**Organizadores:**
*Gerla Castello Branco Chinelate*
*Krause Gonçalves Silveira Albuquerque*
*Keila Priscila do Nascimento*
*Alberto Einstein Pereira de Araujo*
*João Pedro Ferreira*
*Adamirely Bezerra de Melo*

# INOVAÇÃO E INTERDISCIPLINARIDADE NAS CIÊNCIAS DE ALIMENTOS

## VOL. 1

TROPPO
Editora e Eventos

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Inovação e interdisciplinaridade nas ciências de alimentos [livro eletrônico] : vol. 1 / organizadores Gerla Castello Branco Chinelate ... [et al.]. -- Recife, PE : TROPPO Editora & Eventos, 2026.
PDF

Outros organizadores: Krause Gonçalves Silveira Albuquerque, Keila Priscila do Nascimento, Alberto Einstein Pereira de Araujo, João Pedro Ferreira, Adamirely Bezerra de Melo
Vários autores.
Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-978743-1-6

1. Alimentos - Indústria e comércio 2. Inovação - Processos e modelos 3. Qualidade - Controle 4. Segurança alimentar 5. Sustentabilidade 6. Tecnologia de alimentos I. Chinelate, Gerla Castello Branco. II. Albuquerque, Krause Gonçalves Silveira. III. Nascimento, Keila Priscila do. IV. Araujo, Alberto Einstein Pereira de. V. Ferreira, João Pedro. VI. Melo, Adamirely Bezerra de.

26-338113.5 CDD-664

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Segurança alimentar : Tecnologia de alimentos 664

Camila Aparecida Rodrigues - Bibliotecária CRB - SP-010133/O

https://doi.org/10.65747/conali2025v1

PEER REVIEW

OPEN ACCESS

ISBN: 978-65-978743-1-6

**ORGANIZADORES:**

Gerla Castello Branco Chinelate
Krause Gonçalves Silveira Albuquerque
Keila Priscila do Nascimento
Alberto Einstein Pereira de Araujo
João Pedro Ferreira
Adamirely Bezerra De Melo

**CONSELHO EDITORIAL:**

**Editor Chefe:**
Alberto Einstein Pereira de Araujo

**Coordenadora Executiva:**
Gerla Castello Branco Chinelate

**Conselho:**
Keila Priscila do Nascimento
Cybelle Pereira de Oliveira
Edvane Borges da Silva
Jaqueline dos Santos Silva Pinheiro Rodrigues
Jenyffer Medeiros Campos Guerra
João Batista Barbosa
João Pedro Ferreira
Jonas Luiz Almada da Silva
Krause Gonçalves Silveira Albuquerque
Liderlânio de Almeida Araújo
Neila Mello dos Santos Cortez Barbosa
Patrícia Beltrão Lessa Constant
Raimundo Bernadino Filho
Simone Vilela Talma

**MONITORES:**

Adamirely Bezerra de Melo
Augusto Vinícius da Silva Araújo
Cássia Jesyele Maciel dos Anjos
Diogo Marques da Silva
Eduarda Maria de Souza
Humberto Pessoa de Freitas
Jade Lima Silva
Jamilly de Souza Silva
Jara Nicácio de Araújo Gomes
José Rodrigo da Silva
João Vinícius Alves de Almeida
Karina Barbosa dos Santos
Keyvson Henrique Verissimo de Lima
Larissa Mylena Mendes Dias
Layane de Lima Bezerra
Lillyan Eduarda da Silva
Lucas Alves Marques
Tainara de Brito Dourado
Wesley Thiago da Silva Bezerra

**PALESTRANTES:**

Chiara Rego Barros
Danielle Alves da Silva Rios
Edvane Borges da Silva
Gabriele Gruska Benevides Prata
Gerla Castello Branco Chinelate
Hélen Maria Lima da Silva
João Henrique Fernandes Silva
Lorena Barbosa de Souza Almeida
Michelle Rayssa Pereira de Melo
Pedro Henrique Nascimento de Lima
Raimundo Bernadino Filho

**COMISSÃO CIENTÍFICA - AVALIADORES:**

Acenini Lima Balieiro
Artur Xavier Mesquita de Queiroga
Cybelle Pereira de Oliveira
Edvane Borges da Silva
Eric Batista Ferreira
Ewerton Clementino Diniz
Gabriely Ferraz Menezes Leite
Hélen Maria Lima da Silva
Ilsa Cunha Barbosa Vieira
Jaqueline dos Santos Silva Pinheiro Rodrigues
Jenyffer Medeiros Campos Guerra
João Batista Barbosa
João Luiz Crêspo Cavalcanti
João Pedro Ferreira
Jonas Luiz Almada da Silva
Júlio César da Silva Vieira
Kleiton Honorato Cavalcanti
Krause Gonçalves Silveira Albuquerque
Leandro José de Oliveira Mindelo
Liderlânio de Almeida Araújo
Mateus Ribeiro Costa
Mônica Correia Gonçalves
Neila Mello dos Santos Cortez Barbosa
Ninive Bezerra Flôrencio
Patrícia Beltrão Lessa Constant
Pedro César Andrade do Nascimento
Raimundo Bernadino Filho
Regina Maria Chaves Escorel Costa
Simone Vilela Talma
Sonara de França Sousa
Tâmara Lúcia dos Santos Silva
Thayná Habeck Lúcio Silva
Valquíria da Silva

## APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que apresentamos o E-book Inovação e Interdisciplinaridade nas Ciências de Alimentos Vol. 1. Aqui o leitor irá encontrar uma série de trabalhos que unem inovação e ciência com temas com forte inserção na indústria. Os trabalhos apresentam uma diversidade de metodologias, contextos e níveis de pesquisa que caracterizam a ciência e a tecnologia de alimentos no Brasil. Eles representam não apenas um registro das atividades realizadas, mas também um instrumento de promoção do conhecimento científico, da interdisciplinaridade e da inovação. Esperamos que esta coletânea contribua para inspirar futuras pesquisas, fortalecer redes de colaboração e impulsionar soluções que atendam aos desafios contemporâneos do setor alimentício.

Agradecemos a todos os autores, avaliadores, palestrantes, instituições parceiras e patrocinadores. Boa leitura!

# SUMÁRIO

**APRESENTAÇÃO** . . . . . 4

**CHIPS DE QUEIJO COALHO E DO REINO: MODELAGEM COMPUTACIONAL E ANÁLISE DO PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO EM FORNO ELÉTRICO** . . . . . 9

**DESENVOLVIMENTO DE UM ANALISADOR DE TEXTURA DE BAIXO CUSTO PARA AVALIAÇÃO DA VIDA DE PRATELEIRA DE PÃES DE FORMA** 25

**MODELAGEM 3D DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA NO ASSAMENTO DE PEITO DE FRANGO COM USO DE FOTOGRAMETRIA** 44

**MODELAGEM DE FÔRMAS PARA QUEIJOS MATURADOS: APLICAÇÃO DO FILAMENTO PETG NA IMPRESSÃO 3D COMO UMA ALTERNATIVA INOVADORA** . . . . . 68

**ALIMENTOS GENETICAMENTE MODIFICADOS À MESA: PERCEPÇÃO PÚBLICA, INFORMAÇÃO E DESAFIOS DA ROTULAGEM – UMA REVISÃO DE LITERATURA** . . . . . 81

**ANÁLISE FÚNGICA EM CHÁS E INFUSÕES COMERCIALIZADAS A GRANEL NO MUNICÍPIO DE RECIFE – PERNAMBUCO, BRASIL** . . . . . 95

**APLICAÇÃO DO BIOENSAIO TOXICOLÓGICO IN VITRO EM RESÍDUOS DO MARACUJÁ AMARELO** . . . . . 103

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE AUTOAGREGAÇÃO E HIDROFOBICIDADE DE BACTÉRIAS ÁCIDO LÁTICAS** . . . . . 112

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE COAGREGAÇÃO E ANTAGONISMO DE BACTÉRIAS ÁCIDO LÁTICAS** . . . . . 123

**BIOTRANSFORMAÇÕES E DESEMPENHO FERMENTATIVO DE HIDROMEL TIPO METHEGLIN DE HIBISCO (Hibiscus sabdariffa) E LÚPULO (Humulus lupulus L.)** . . . . . 135

**COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS DE SABORIZAÇÃO COM ACEROLA (Malpighia emarginata DC.) NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E BIOATIVIDADE DE KOMBUCHAS DURANTE O ARMAZENAMENTO REFRIGERADO** . . . . . 152

**DEGRADAÇÃO DA MISTURA DOS CORANTES ALIMENTÍCIOS VERMELHO BOURDEAUX E VERDE RÁPIDO POR PROCESSO FOTOFENTON HETEROGÊNEO . . . . . 171**

**DIAGNÓSTICO, CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS E PESQUISA DE RESÍDUOS DE ANTIBIÓTICOS EM LEITE CRU REFRIGERADO DO ALTO SERTÃO SERGIPANO . . . . . 185**

**ERITROSINA E OUTROS CORANTES EM ALIMENTOS INFANTIS: RISCOS À SAÚDE E DESCOMPASSOS REGULATÓRIOS . . . . . 206**

**PROCESSO CINÉTICO FERMENTATIVO DE MEL DE ABELHA PARA PRODUÇÃO DE BEBIDA MISTA . . . . . 218**

**USO DA GLUCOAMILASE NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA . . . . . 242**

**A VALORIZAÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR NA BAHIA ATRAVÉS DA QUALIDADE DE POLPAS DE FRUTAS E CONTRASTE COM O MODELO CONVENCIONAL . . . . . 253**

**ANÁLISE DE ROTULAGEM E LISTA DE ADITIVOS EM BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS . . . . . 269**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE HIGIÊNICO-SANITÁRIA NO COMÉRCIO DE HORTIFRUTIS NO MERCADO DAS MANGUEIRAS EM JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE . . . . . 280**

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA ARMAZENADA EM CISTERNAS NO SERTÃO DA PARAÍBA . . . . . 292**

**BISCOITOS INTEGRAIS: CONFORMIDADES E NÃO CONFORMIDADES DA ROTULAGEM NUTRICIONAL . . . . . 305**

**CADEIA DO FRIO EM PRODUTOS LÁCTEOS: CONSERVAÇÃO, QUALIDADE E RISCOS MICROBIOLÓGICOS . . . . . 322**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE PRODUTOS DERIVADOS DA AMÊNDOA DO LICURI (Syagrus coronata (Mart.) Becc.) . . . . . 332**

**MANIPULADORES DE ALIMENTOS DE ESTABELECIMENTOS DE EDUCAÇÃO INFANTIL: SUA IMPORTÂNCIA FRENTE AO PROCESSO DE BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO E A INCORPORAÇÃO DE INSTRUMENTO PRÉ ADMISSIONAL . . . . . 344**

**QUANTIFICAÇÃO DE BACTÉRIAS LÁTICAS E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE QUEIJOS MATURADOS PRODUZIDOS EM SERGIPE . . . . . 360**

**AVALIAÇÃO HIGIÊNICO-SANITÁRIA E FÍSICO-ESTRUTURAL DE UNIDADES DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO HOSPITALAR DO ESTADO DA PARAÍBA . . . . . 372**

**ANÁLISE DE CONTAMINAÇÃO POR Escherichia coli EM CARNES MOÍDAS COMERCIALIZADAS NA CIDADE DE RIO BRANCO - ACRE . . . . 383**

# EIXO TEMÁTICO

# AUTOMAÇÃO, ENGENHARIA E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS

# CHIPS DE QUEIJO COALHO E DO REINO: MODELAGEM COMPUTACIONAL E ANÁLISE DO PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO EM FORNO ELÉTRICO

# CHEESE CHIPS COALHO AND DO REINO: COMPUTATIONAL MODELING AND ANALYSIS OF THE DEHYDRATION PROCESS IN NA ELETRIC OVEN

**DOI:10.65747/conali2025v1c01**

**Thamires dos Anjos Lopes[1]; Jara Nicácio de Araújo Gomes[2]; Linderlanio de Almeida Araújo[3]; Gerla Castello Branco Chinelate[4]; Alberto Ainstein Pereira de Araújo[5]**

[1]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos – UFAPE; [2]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos – UFAPE; [3]Pós Doutorando do Depto de Engenharia de Alimentos – UFAPE; [4]Docente do Depto de Engenharia de Alimentos – UFAPE; [5]Docente do Depto de Engenharia de Alimentos – UFAPE

Contato: thamiresanjos616@gmail.com

**Resumo:** O queijo é um alimento de relevância nutricional, cultural e econômica, sendo o coalho um dos mais tradicionais e consumidos no Nordeste brasileiro e o do reino um queijo fino de origem europeia, valorizado pelo sabor intenso e pelo potencial de mercado. A necessidade de ampliar a vida útil desses produtos e diversificar sua forma de consumo tem estimulado pesquisas com técnicas de secagem, capazes de gerar derivados práticos e inovadores, como os chips de queijo. Nesse contexto, este estudo investigou a produção de chips de queijo coalho e do reino submetidos à desidratação em forno elétrico, associando ensaios experimentais a simulações computacionais no software Energy2D, com o objetivo de compreender a cinética de secagem e os mecanismos de transferência de calor envolvidos. As análises físico-químicas realizadas em triplicata permitiram avaliar parâmetros como atividade de água, umidade e teor de gordura, enquanto a modelagem computacional possibilitou visualizar a propagação do calor no processo. Os resultados evidenciaram que o queijo coalho apresentou secagem mais intensa, resultando em menor teor de umidade (2,19%) e aumento relativo da fração lipídica (25,34%), o que lhe conferiu maior crocância e concentração de sabor. Já o queijo do reino apresentou menor atividade de água (0,578), favorecendo maior estabilidade microbiológica e vida útil prolongada, além de coloração e textura mais uniformes. Conclui-se, assim, que ambos os queijos possuem potencial para a produção de chips, com atributos distintos que os qualificam tanto para atender à demanda por crocância e sabor marcante quanto para garantir estabilidade e conservação, representando alternativas promissoras de inovação no setor de laticínios.

**Palavras–chave:** chips de queijo; cinética de secagem; modelagem computacional; queijo coalho; queijo do reino

**Abstract:** Cheese is a food of high nutritional, cultural, and economic relevance, with coalho cheese being one of the most traditional and widely consumed in Northeastern Brazil, while reino cheese, of European origin, is regarded as a fine variety, valued for its intense flavor and market potential. The need to extend the shelf life of these products and diversify their consumption formats has driven research into drying techniques capable of generating practical and innovative derivatives, such as cheese chips. In this context, the present study investigated the production of coalho and reino cheese chips subjected to dehydration in an electric oven, combining experimental trials with

computational simulations using the Energy2D software to analyze drying kinetics and heat transfer mechanisms. Physicochemical analyses performed in triplicate evaluated parameters such as water activity, moisture, and fat content, while computational modeling enabled visualization of heat propagation throughout the process. The results indicated that coalho cheese underwent more intense drying, with lower final moisture content (2.19%) and a relative increase in lipid fraction (25.34%), conferring greater crispness and flavor concentration. Conversely, reino cheese exhibited lower water activity (0.578), favoring microbiological stability and extended shelf life, in addition to more uniform texture and color after drying. These findings demonstrate that both cheeses have potential for chip production, each with distinct advantages: coalho for crispness and sensory intensity, and reino for stability and preservation, thus representing promising alternatives for innovation in the dairy sector.

**Keywords:** cheese chips; coalho cheese; drying kinetics; computational modeling; reino cheese

## INTRODUÇÃO

O queijo é um dos derivados lácteos mais antigos e consumidos do mundo, com grande importância nutricional, econômica e cultural (1). No Brasil, destaca-se o queijo Coalho, especialmente na região Nordeste, onde é produzido artesanal e industrialmente, sendo valorizado por sua versatilidade gastronômica e sabor marcante. Queijos finos, como o tipo Reino também estão ganhando reconhecimento e se consolidando como uma das variedades mais apreciadas, devido ao seu sabor único e potencial para ser inserido no mercado internacional (2).

O queijo do Reino, originado na Holanda, tradicionalmente caracterizado por sua textura firme e casca fina, apresenta uma coloração externa vermelha ou rósea, e uma tonalidade interna alaranjada e com pequenas olhaduras. Seu sabor picante e aroma acentuado são características marcantes, assim como a embalagem geralmente sendo latas herméticas (2).

Apesar de sua ampla aceitação, a conservação do queijo Coalho ainda representa um desafio, tornando necessárias tecnologias que aumentem sua vida útil sem comprometer suas características sensoriais, bem como os queijos finos necessitem de tecnologias que ampliem sua forma de apresentação ao mercado, diversificando o consumo desses produtos, tradicionalmente associados a tábuas de frios e preparações sofisticadas, e transformando-os em produtos inovadores, práticos e de maior durabilidade, sem perder o caráter de produtos nobres (3).

Entre as alternativas disponíveis, a secagem se apresenta como uma das técnicas mais antigas e eficazes de preservação de alimentos. Ao reduzir a atividade de água, ela inibe o crescimento microbiológico, facilita o armazenamento e transporte, e possibilita a criação de novos produtos, como os chips de queijo, que atendem à crescente demanda por alimentos práticos e prontos para consumo (4).

A eficiência do processo de secagem depende diretamente do método de aquecimento utilizado. O método de secagem por forno elétrico atua por mecanismos de transferência de calor (condução, convecção e radiação) afetando diretamente a textura, cor, aroma e composição nutricional do alimento. Dessa forma, o controle adequado das variáveis de processo são fundamentais para garantir um produto final de qualidade (5).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo estudar o processo de secagem do queijo coalho e do reino na forma de chips, analisando-os nas condições de calor do forno elétrico e modelando matematicamente a cinética do processo. Para isso, além dos ensaios experimentais, empregou-se a modelagem computacional por meio do software Energy2D (2012), com o intuito de analisar o comportamento da transferência de calor no forno elétrico. A integração entre experimentação e simulação visa compreender e otimizar o processo, contribuindo para o desenvolvimento de um produto inovador, com maior valor agregado e qualidade sensorial aprimorada.

## MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi dividida em dois processos metodológicos distintos: computacional e experimental. O processo computacional envolveu a utilização do software Energy 2D a fim de realizar a simulação do processo de secagem dos queijos coalho e do reino no forno elétrico, realizando-se uma análise detalhada dos mecanismos de transferência de calor (condução, convecção e radiação). O processo experimental inclui experimentos com secagem dos queijos no forno elétrico. Esta abordagem integrada visa fornecer uma compreensão abrangente do comportamento térmico durante a secagem, em ambiente computacional e em condições experimentais reais.

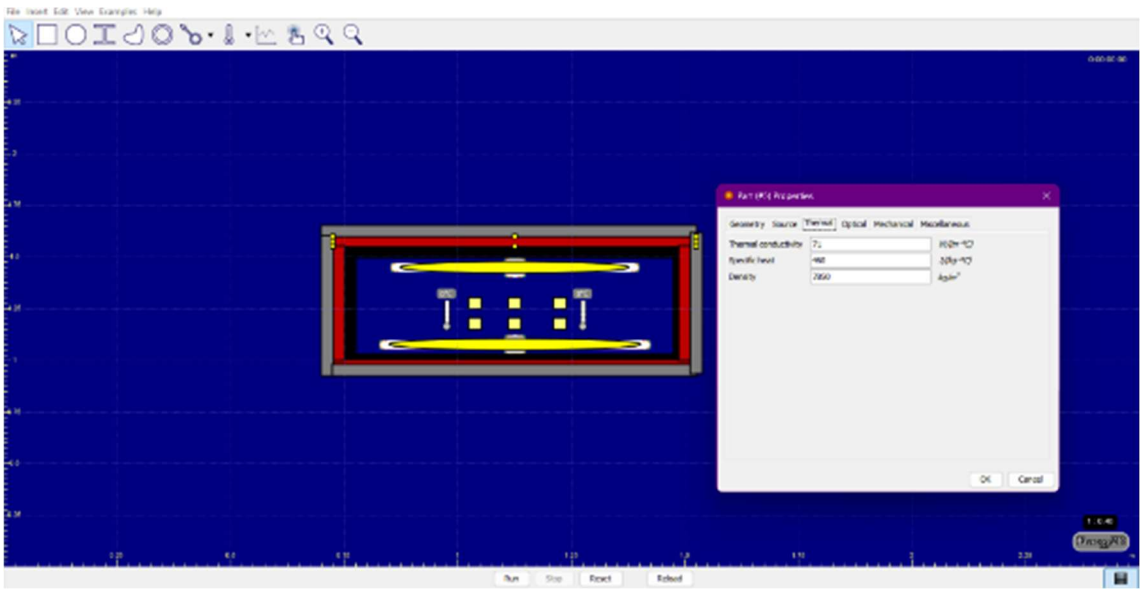
## MÉTODO COMPUTACIONAL

A simulação da transferência de calor no processo de secagem foi realizada com o aplicativo Energy 2D o qual modela de forma interativa os três modos de transferência de calor — condução, convecção e radiação.

Essa ferramenta de modelagem computacional foi escolhida devido sua capacidade de integrar esses três mecanismos de forma eficiente e visual, possibilitando uma análise detalhada das condições térmicas do forno durante a secagem dos queijos coalho, do reino e provolone, além de ser uma abordagem gratuita, o que representa uma importante vantagem, especialmente em projetos acadêmicos com recursos limitados.

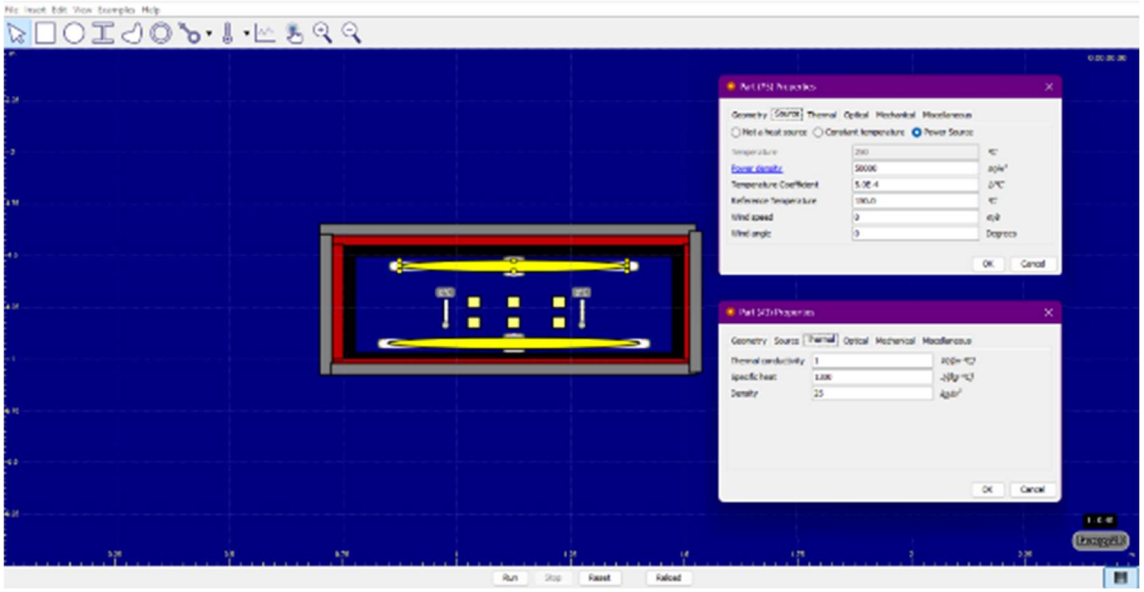
Para a montagem das simulações do forno elétrico, é inicialmente adicionado as paredes dos fornos, em seguida suas fontes de calor e demais elementos, e por fim as fatias de queijo em seu centro, juntamente com seus respectivos parâmetros como condutividade térmica, calor específico, densidade, coeficiente de temperatura e temperatura de referência, como apresentados nas Figuras 1, 2 e 3.

Figura 1: Determinação dos parâmetros das paredes do forno elétrico.



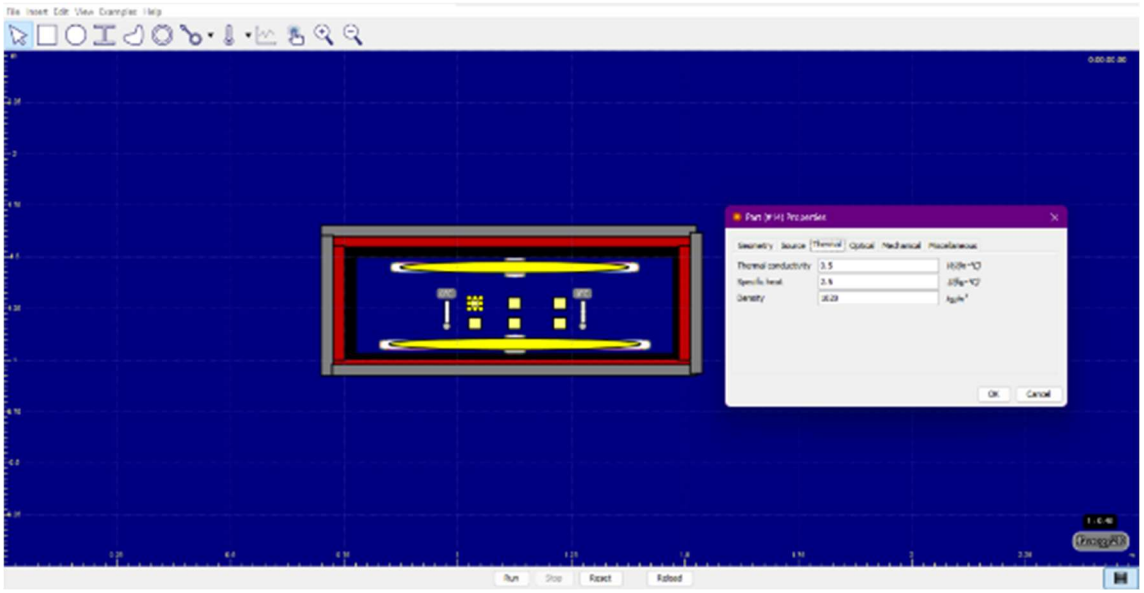
Fonte: Autora, 2025.

Figura 2: Determinação dos parâmetros das resistências do forno elétrico.



Fonte: Autora, 2025.

Figura 3: Determinação dos parâmetros dos queijos dentro do forno elétrico.



Fonte: Autora, 2025.

Onde, as paredes do forno elétrico são feitas de aço, e apresentam condutividade térmica de ~71 W/( m×°C), calor específico de ~460 J/( kg×°C) e densidade de ~7850 kg/$m^3$. A fonte de calor adicionada - resistência elétrica - tem densidade de potência de ~50.000 W/$m^3$, coeficiente de temperatura de ~5,0 ×$10^{-4}$ 1/°C, temperatura de referência de 250°C, condutividade térmica de ~1 W/(m×°C) calor específico de ~1300 J/(kg×°C) e densidade de ~25 kg/$m^3$.

Os queijos, adicionados ao final, tem como valores de condutividade térmica de ~0,5 W/(m×°C), calor específico de ~2,5 J/(kg×°C) e densidade de ~1020 kg/$m^3$, para o queijo coalho; e por fim, condutividade térmica: ~0,40 W/(m×°C), calor específico: ~2.600 J/(kg×°C) e densidade: ~1.010 kg/m³, para queijo do reino.

## MÉTODO EXPERIMENTAL

Os insumos utilizados para a realização das atividades foram adquiridos no comércio local de Garanhuns – PE, sendo os queijos coalho, do reino e provolone os ingredientes principais para a produção dos chips.

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios Multiusuários de Ciência e Tecnologia de Alimentos – LACTAL, da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), em Garanhuns/PE. Inicialmente, os queijos foram fatiados com auxílio de um fatiador com espessuras de 3mm, e uma forma quadrada, 3$\mathrm{cm}^2$ de diâmetro, exclusivamente para o queijo coalho, para análise visual das temperaturas ideais, análise de perda de massa, cinética de secagem e demais análises físico-químicas.

Para que fosse feita a determinação da cinética de secagem, realizou-se o planejamento experimental, onde as fatias de queijo foram distribuídas em bandejas e submetidas à secagem no forno elétrico. Cada tratamento foi realizado em triplicata, sendo representado na Tabela 1.

Tabela 1: Planejamento experimental dos queijos no forno elétrico.

| Tratamento | QUEIJO COALHO | | QUEIJO DO REINO | |
|---|---|---|---|---|
| | Temp. °C | Tempo (min.) | Temp. °C | Tempo (min.) |
| T1 | 200 | 4 | 200 | 4 |
| T2 | 250 | 8 | 250 | 4 |
| T3 | 250 | 4 | 250 | 8 |
| T4 | 200 | 8 | 200 | 8 |
| T5 | 225 | 6 | 225 | 6 |
| T6 | 225 | 6 | 225 | 6 |
| T7 | 225 | 6 | 255 | 6 |

Fonte: Autora, 2025.

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE VISUAL**

A seleção dos melhores tratamentos encontrados no planejamento experimental foi feita por meio de avaliação visual. A aparência dos chips foi avaliada com um índice de qualidade com valores entre 1 (maior qualidade) e 5 (menor qualidade), como apresenta a Tabela 2, sendo realizada por 6 observadores, servindo como uma referência nos testes experimentais. Este tipo de avaliação também foi utilizado em diferentes estudos de secagem de frutas por micro-ondas (6, 7, 8). Embora não seja preciso como um estudo de análise sensorial, traz a informação da impressão visual que o operador tem de sua amostra fresca.

Tabela 2: Índices de avaliação de qualidade visual.

| ÍNDICE | QUALIDADE | DESCRIÇÃO |
|---|---|---|
| **1** | Excelente | Muito boa aparência geral, secagem e cor uniformes |
| **2** | Boa | Boa aparência, secagem menos uniforme, cor uniforme |
| **3** | Satisfatória | Aparência satisfatória, algumas amostras estão sobre ou sub secas, escurecimento torna-se visível |
| **4** | Pobre | Aparência pobre, várias amostras estão sobre ou sub secas, mais intenso escurecimento de algumas amostras |
| **5** | Sem condições de uso | Aparência ruim, várias amostras estão sobre ou sub secas, excessivo escurecimento das amostras |

Fonte: Autora, 2025.

## CINÉTICA DE SECAGEM

Após os testes, foram determinadas as melhores temperaturas e tempos do forno e com isso, realizada a cinética de secagem, também em triplicata, seguindo esses parâmetros. A partir disso também foi possível determinar o tipo de queijo que teve a secagem para produção de chips mais eficiente no forno elétrico.

## ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Após os experimentos, e com os melhores chips devidamente secos, foram realizadas análises físico-químicas a fim de determinar a atividade de água (Aw), umidade e gordura dos mesmos, bem como dos queijos *in natura* para comparação. Todas as análises foram realizadas em triplicata, utilizando os métodos do Instituto Adolf Lutz (9).

Para a análise de gordura com o método de butirômetro, foram utilizados 3g de cada chips e queijos *in natura macerados*, aos quais foram adicionados ácido sulfúrico concentrado para destruir as proteínas e liberar a gordura, seguida da adição de álcool para facilitar a separação da fase gordurosa. Em seguida colocado em um butirômetro, centrifugado e posto em banho-maria para melhor visualização da porcentagem de gordura presente.

Para a atividade de água (Aw) foram macerados algumas gramas dos chips e dos queijos *in natura*, uma quantidade suficiente para cobrir o fundo do recipiente utilizado no equipamento Aqualab.

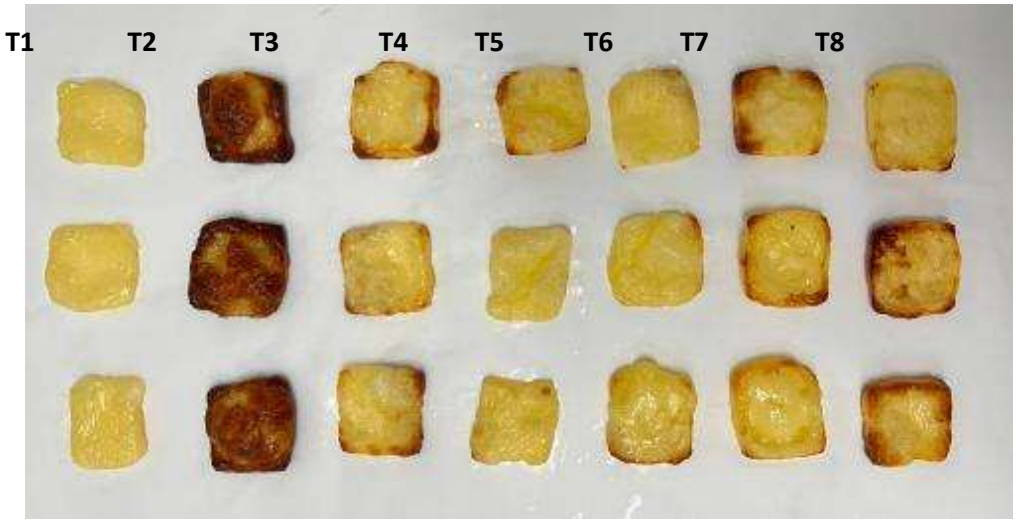
Finalmente, para análise de umidade, foi utilizado a estufa a 105°C, onde foram secos e pesados os cadinhos a serem utilizados, em seguida adicionados a eles 2g de cada chips e também dos queijos *in natura*, os quais foram postos novamente na estufa e após 24h retirados e novamente pesados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

## PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

O planejamento experimental foi realizado para que fossem determinados os melhores tempo x temperatura de cada queijo na secagem em forno elétrico. Os resultados obtidos são apresentados nas Figuras 4 e 5.

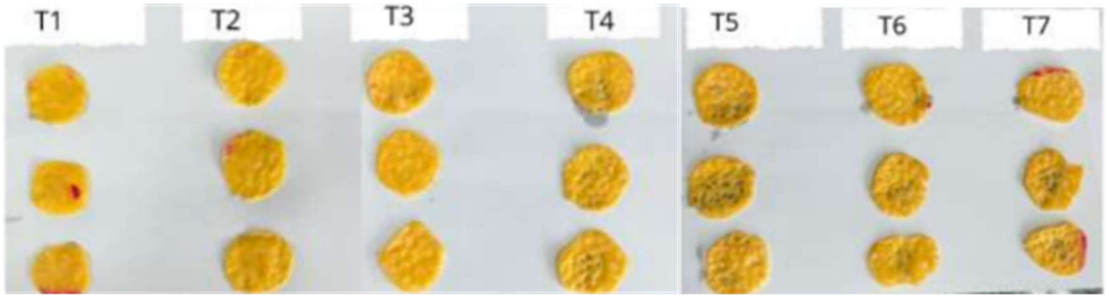
Figura 4: Planejamento experimental do queijo coalho após a secagem no forno elétrico.




Fonte: Autora, 2025.

Notou-se que no forno elétrico o tratamento T2 (250°C por 8 min de secagem) foi o melhor visivelmente, por apresentar maior crocância dentre os demais, apesar de não se apresentar uniforme nem seco totalmente, contendo uma média de Aw = 0,65, bem como umidade de 2,1969% e gordura de 25,34%.

Figura 5: Planejamento experimental do queijo do reino após a secagem no forno elétrico.




Fonte: Autora, 2025.

Nota-se que o tratamento que mais se destacou foi o T3 (250°C por 8 min de secagem), proporcionando um equilíbrio entre crocância e coloração, com formação superficial adequada e sem sinais de degradação ou escurecimento acentuado, contendo uma média de Aw = 0,578, bem como umidade de 5,934% e gordura de 39,0%.

Para confirmação, houve a avaliação visual das características dos chips desenvolvidos considerando os padrões sensoriais dos consumidos, presentes na Tabela 3.

Tabela 3: Média aritmética da análise visual de qualidade dos chips de queijo coalho e do reino submetidos a secagem em forno elétrico.

| QUALIDADE | | |
|---|---|---|
| **QUEIJO** | Coalho | Do Reino |
| **TRATAMENTO** | T2 | T3 |
| **NOTA** | 2,6 | 2,4 |

Fonte: Autora, 2025.

Os resultados das análises físico-químicas citados acima são melhores visualizados na Tabela 4.

Tabela 4: Resultado médio das análises físico-químicas realizadas em triplicata em cada queijo.

| TRATAMENTO | AW | UMIDADE | GORDURA |
|---|---|---|---|
| Coalho *In natura* | 0,94 | 41,1333% | 16,66% |
| Chips de queijo Coalho (T2) | 0,65 | 2,1969% | 25,34% |
| Do Reino *In natura* | 0,881 | 39,653% | 35,33% |
| Chips de queijo do Reino (T3) | 0,578 | 5,934% | 35,0% |

Fonte: Autora, 2025.

A atividade de água mais baixa foi observada nos chips de queijo do reino (Aw=0,578), indicando maior eficiência na remoção de água e, consequentemente, maior estabilidade microbiológica e maior *shelf life*. Entretanto, o queijo coalho não deixou a desejar, tendo, ainda que menor, uma boa remoção de água através da secagem. Valores de Aw inferiores a 0,6 são essenciais para a estabilidade de alimentos desidratados, pois dificultam o crescimento de micro-organismos (10). Em estudo sobre maturação de queijo do reino, observou-se valores de Aw entre 0,55 e 0,65, e associou os valores mais baixos a melhor aceitação sensorial, maior firmeza e estabilidade (2).

Já em relação a umidade, a diferença chega a ser um pouco mais destacada, tendo o queijo coalho a menor umidade apresentada após a secagem (2,1969%), visto que possui maior teor de umidade e estrutura menos densa, facilitando a difusão e a evaporação da água durante a secagem. Queijos de alta umidade, como o coalho, apresentam maior susceptibilidade à desidratação em comparação a queijos semiduros, como o do reino (11). Em concordância, é verificado que processos de secagem em queijos frescos resultam em perdas de umidade mais acentuadas, justamente pela maior quantidade de água livre presente na estrutura, corroborando os resultados observados neste estudo (12).

Por fim, os chips que apresentou maior aumento de teor de gordura foi o queijo do coalho (25,34%), sugerindo uma menor perda lipídica durante a secagem. Esse resultado pode estar relacionado à distribuição homogênea de calor nesse tipo de equipamento, o que reduz a degradação oxidativa dos lipídios. Resultados semelhantes foram observados em estudos que

reportaram aumento do teor de gordura aparente em queijos submetidos à desidratação, atribuídos à redução da umidade e consequente concentração de sólidos (13). Além disso, a retenção de lipídios em queijos submetidos a secagem controlada é fator determinante para manutenção do sabor e da textura característica, o que reforça a importância desses achados (14).

Sendo assim, no forno elétrico, o queijo coalho apresentou maior intensidade de secagem, evidenciada por sua menor umidade final (2,1969%) e pelo aumento relativo do teor de gordura (25,34%), não significando que há mais gordura absoluta, mas sim que a proporção de gordura em relação à massa total aumentou devido a secagem mais intensa, o que indica concentração de sólidos e maior crocância. Já o queijo do reino, apesar de manter umidade superior (5,934%), destacou-se pela menor atividade de água (Aw = 0,578), parâmetro fundamental para a estabilidade microbiológica, além de apresentar melhor uniformidade na textura e coloração após a secagem. Esses resultados demonstram que ambos os queijos possuem potencial para a produção de chips, mas por diferentes razões: o coalho, pela secagem mais intensa e perfil mais crocante, e o do reino, pela estabilidade e equilíbrio sensorial. Assim, a escolha entre um ou outro dependerá do objetivo do processo, seja maximizar a crocância e concentração de sabor, ou priorizar maior estabilidade de conservação.

**CINÉTICA DE SECAGEM**

A cinética de secagem foi realizada utilizando os melhores tempo e temperatura encontrada para produção dos chips de cada queijo no forno elétrico, sendo eles o queijo coalho e o queijo do reino, ambos na temperatura de 250°C por 8 minutos.

Foi então realizado a cinética de secagem, de cada queijo, em triplicata, baseada nos parâmetros definidos, onde se observa a perca de massa a cada minuto. Cada triplicata foi sendo inserida nos fornos e retiradas conforme os tempos indicados, então por exemplo, as primeiras triplicatas foram inseridas e retiradas após 1 minuto, as próximas inseridas e retiradas após 2 minutos e assim consecutivamente. Os tempos e temperaturas utilizados para as cinéticas são mostradas nas Tabelas 5 e 7. A partir disso, foram determinados os pesos inicial e final de cada amostra bem como suas médias, para enfim plotar a curva de secagem de cada método.

Tabela 5: Tempo e Temperatura do forno elétrico para realização de cinética de secagem do queijo coalho.

| QUEIJO COALHO | | |
|---|---|---|
| **Tratamento** | **Temp. °C** | **Tempo (min.)** |
| Qe1 | 250 | 1’ |
| Qe2 | 250 | 2’ |
| Qe3 | 250 | 3’ |
| Qe4 | 250 | 4’ |
| Qe5 | 250 | 5’ |
| Qe6 | 250 | 6’ |
| Qe7 | 250 | 7’ |
| Qe8 | 250 | 8’ |

Fonte: Autora, 2025.

Neste caso, as amostras demonstraram uma gradual perca de peso, resultante da perca de umidade presente no queijo como mostra a Tabela 6. Nos primeiros minutos os queijos apenas derretem, porém a partir do 4° minuto, há o início da formação de crostas na parte de baixo dos queijos e com o aumento do tempo, essa crosta toma o queijo por inteiro, apesar de no último minuto ainda não haver uniformidade.

A seguir, são apresentados os valores médios e o desvio padrão do peso das amostras de queijo coalho, em triplicata, antes e depois da secagem em forno elétrico. Para o queijo do Reino, as condições trabalhadas se deram de acordo com a tabela 7:

Tabela 6: médias e desvio padrão das amostras de queijo coalho analisadas em forno elétrico, em triplicata.

| TEMPO | MÉDIA DO PESO INICIAL (ANTES DA SECAGEM) | MÉDIA DA PERDA DE MASSA (APÓS A SECAGEM) |
|---|---|---|
| Qe1 (1 min.) | 2,99±0,12 | 2,75±0,13 |
| Qe2 (2 min.) | 3,18±0,43 | 2,72±0,42 |
| Qe3 (3 min.) | 2,93±0,34 | 2,40±0,32 |
| Qe4 (4 min.) | 2,81±0,29 | 1,99±0,26 |
| Qe5 (5 min.) | 2,91±0,30 | 1,97±0,33 |
| Qe6 (6 min.) | 2,56±0,37 | 1,50±0,29 |
| Qe7 (7 min.) | 2,76±0,22 | 1,48±0,14 |
| Qe8 (8 min.) | 2,96±0,04 | 1,61±0,01 |

Fonte: Autora, 2025.

Tabela 7: Tempo e Temperatura do forno elétrico para realização de cinética de secagem do queijo do reino.

| QUEIJO DO REINO | | |
|---|---|---|
| **Tratamento** | **Potencia (%)** | **Tempo (min.)** |
| Qr1 | 250 | 1’ |
| Qr2 | 250 | 2’ |
| Qr3 | 250 | 3’ |
| Qr4 | 250 | 4’ |
| Qr5 | 250 | 5’ |
| Qr6 | 250 | 6’ |
| Qr7 | 250 | 7’ |
| Qr8 | 250 | 8’ |

Fonte: Autora, 2025.

Observa-se que até os 3 minutos, o queijo do reino permanece praticamente in natura, e a partir deste momento, inicia-se a secagem do mesmo, chegando, no último minuto a um chips uniforme, crocante e de coloração agradável.

Abaixo, na Tabela 8, estão dispostas as médias dos pesos antes e após a secagem dos chips de queijo do reino no método do forno elétrico.

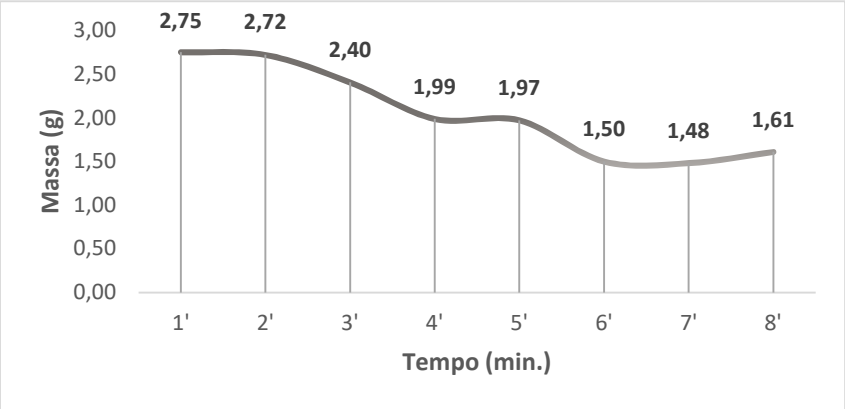
Tabela 8: médias e desvio padrão das amostras de queijo do reino analisadas em forno elétrico, em triplicata.

| TEMPO | MÉDIA DO PESO INICIAL (ANTES DA SECAGEM) | MÉDIA DA PERDA DE MASSA (APÓS A SECAGEM) |
|---|---|---|
| **Qr1 (1 min.)** | 3,083±0,012 | 2,003±0,032 |
| **Qr2 (2 min.)** | 3,091±0,004 | 1,988±0,149 |
| **Qr3 (3 min.)** | 3,083±0,006 | 2,037±0,296 |
| **Qr4 (4 min.)** | 3,090±0,003 | 2,506±0,103 |
| **Qr5 (5 min.)** | 3,089±0,006 | 2,756±0,107 |
| **Qr6 (6 min.)** | 3,085±0,007 | 2,907±0,052 |
| **Qr7 (7 min.)** | 3,061±0,004 | 2,889±0,100 |
| **Qr8 (8 min.)** | 3,055±0,008 | 2,983±0,021 |

Fonte: Autora, 2025.

Com base nos resultados de perca de massa durante a secagem no forno elétrico, apresentados nas Tabelas 4 e 6 do queijo coalho e queijo do reino respectivamente, as Figuras 6 e 7 demonstram essa variação de peso das amostras ao longo do tempo.

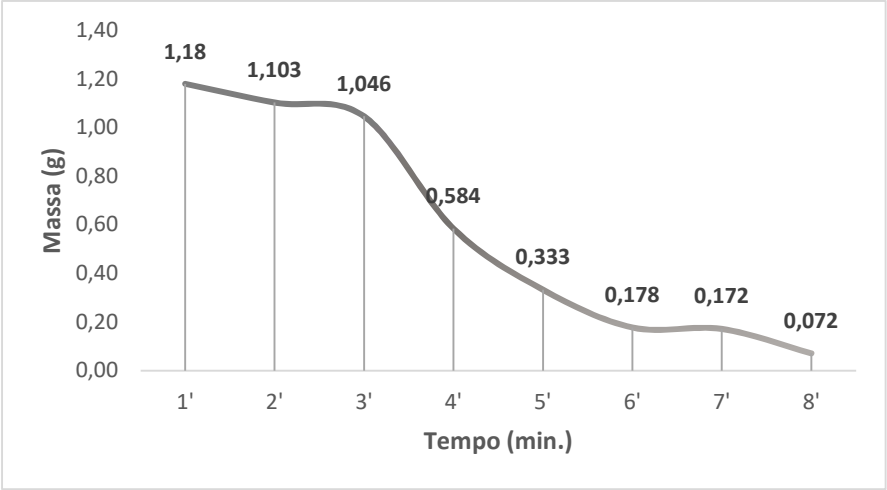
Figura 6: Cinética da perda de massa dos queijos coalho em forno elétrico.




Fonte: Autora, 2025.

Como esperado, há visivelmente uma redução da massa ao decorrer de cada minuto de secagem onde o queijo coalho se inicia com 2,75g e finaliza a secagem com 1,61g.

Figura 7: Cinética da perda de massa dos queijos do reino em forno elétrico.




Fonte: Autora, 2025.

Assim como no queijo coalho, nota-se um gradual declínio de massa já esperada, a qual se inicia com 1,18g e após a secagem completa, finaliza com 0,072g de queijo. Esse perfil indica uma eficiente remoção inicial da umidade superficial, com posterior liberação mais lenta da umidade interna, refletindo um processo de secagem equilibrado e controlado.

A cinética de secagem de ambos os queijos apresentou do início do processo, nos primeiros minutos, até o fim, um aumento gradual de perda de massa esperada, como também, pequenas oscilações. Possíveis explicações para essas variações são a absorção de umidade do ambiente, já que os queijos eram colocados no forno apenas quando os outros eram retirados ou pequenas variações na pesagem.

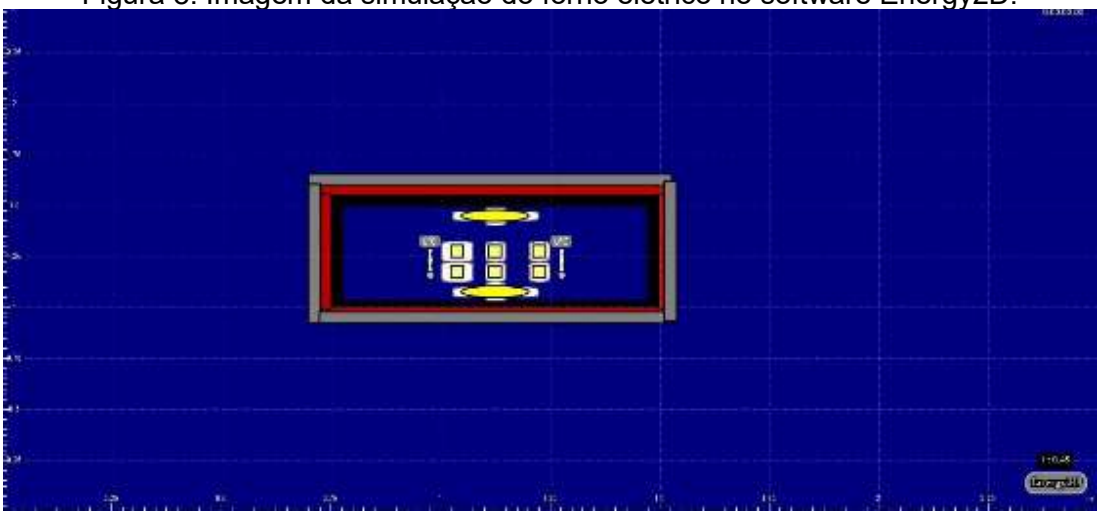
Para que haja uma melhor compreensão do processo, a aplicação de modelos matemáticos pode ajudar a descrever a cinética de secagem e prever o comportamento do produto ao longo do tempo.

## SIMULAÇÃO DO ENERGY 2D

Partindo para a simulação de fato, os elementos quadrados amarelos representam as fatias de queijo distribuídas dentro dos fornos.

No forno elétrico as áreas amarelas compridas na parte superior e inferior correspondem às resistências que irão gerar calor. O fundo azul indica a ausência de transferência térmica significativa nesse instante. O primeiro momento é demostrado na Figura 8.

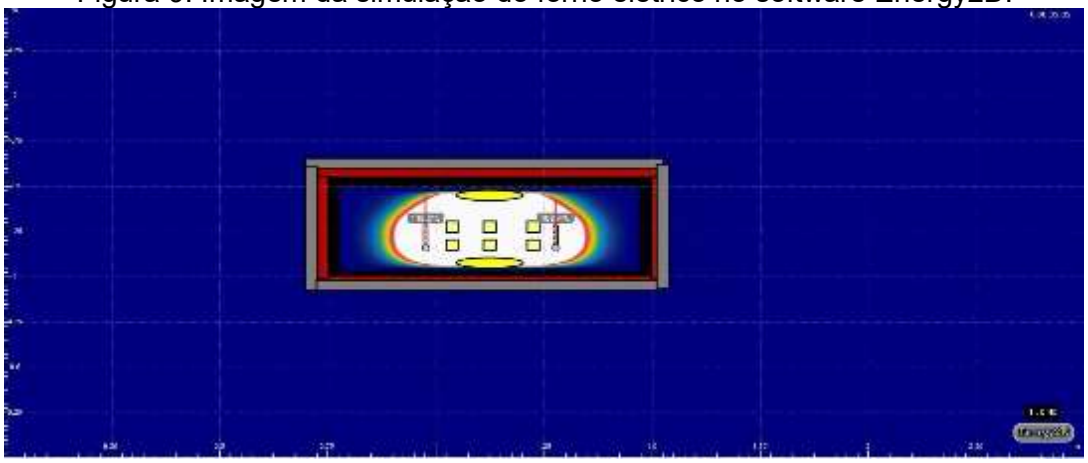
Figura 8: Imagem da simulação do forno elétrico no software Energy2D.



Fonte: Autora, 2025.

Em primeiro momento, a temperatura do sistema ainda está em 0°C, indicando que o aquecimento do queijo e do ambiente do forno ainda não iniciou. Com o aquecimento inicial do forno, representado na Figura 9, inicia-se a propagação do calor dentro do forno.

Figura 9: Imagem da simulação do forno elétrico no software Energy2D.



Fonte: Autora, 2025.

A propagação do calor pode ser visualizada pelas zonas coloridas ao redor do queijo, com gradientes térmicos indicados por contornos concêntricos. Nota-se que o calor se distribui a partir das resistências laterais, aquecendo primeiro as superfícies externas do queijo, enquanto seu núcleo ainda mantém temperaturas relativamente mais baixas. Na simulação, é possível observar a propagação do calor no interior do queijo, com regiões de maior temperatura concentradas na superfície e uma distribuição gradativa para o centro do produto.

## CONCLUSÕES

Com isso, o presente estudo permitiu compreender, de forma integrada, o comportamento do queijo coalho e do queijo do reino durante o processo de secagem em forno elétrico,

evidenciando como suas características físico-químicas influenciam diretamente nos resultados finais. Observou-se que o queijo coalho apresentou maior intensidade de secagem, resultando em menor teor de umidade e aumento relativo da fração lipídica, aspectos que conferem maior crocância e concentração de sabor. Por outro lado, o queijo do reino destacou-se pela menor atividade de água, indicando maior estabilidade microbiológica e *shelf life*, além de apresentar um aspecto visual de coloração mais homogêneo após a secagem. Esses achados demonstram que ambos os queijos possuem potencial para elaboração de chips, cada um com vantagens específicas que podem atender a diferentes demandas do consumidor: o coalho, voltado para quem busca crocância e sabor marcante, e o do reino, ideal para aqueles que priorizam estabilidade e equilíbrio sensorial.

A modelagem computacional com o software Energy2D permitiu compreender a distribuição térmica no forno elétrico, confirmando que a intensidade e a uniformidade do aquecimento variam conforme o mecanismo de transferência de calor predominante, influenciando a cinética de secagem. A integração entre experimentação e simulação contribuiu para a compreensão detalhada do processo, possibilitando a otimização de parâmetros operacionais e contribuindo para o desenvolvimento de produtos lácteos desidratados com maior valor agregado e vida útil estendida. Assim, este trabalho contribui não apenas para o entendimento da transferência de calor aplicada a queijos, mas também para o desenvolvimento de alternativas inovadoras na diversificação de produtos lácteos, valorizando tradições regionais e ampliando as possibilidades de mercado.

**REFERÊNCIAS**


1. VIANA, C. W. R.; DOS SANTOS, C. C. L. **Impactos econômicos e ambientais dos acidentes de trabalho**. Química Industrial em Ação, p. 62. 2023.
2. TAVEIRA, L. B. **Aspectos físico-químicos e sensoriais do queijo reino maturado sob diferentes condições**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG.
3. SILVA, M. R. et al. **Possíveis riscos microbiológicos do consumo de queijos artesanais feitos de leite cru**. 2024.
4. VIEIRA, L. de A. *et al.* **Avaliação da condição microbiológica e da desidratação de queijos prato por secagem através do método de caixas plásticas empilháveis**. 2022.
5. FILHO, J. M. **Instalações Elétricas Industriais**. 2001. 6ª - LTC, Rio de Janeiro, 2001.
6. CORRÊA, J. L. G. et al. ***Analysis of osmotic dehydration variables influences on tomato (Licopersicon esculentum) drying***. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, Curitiba, v. 25, n. 2, p. 315-328, jul./dez. 2007.
7. NORDIN, M. F. M. et al. ***Combined microwave and vacuum drying of red pitaya slices***. In: ASIA-PACIFIC DRYING CONFERENCE, 6., 2009, Bangkok. Proceedings… Bangkok: ADC, 2009. 1 CD-ROM.
8. TULASIDAS, T. N. et al. ***Dielectric properties of grapes and sugar solutions at 2.45 GHz***. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, Mechanicsville*, v. 30, n. 2, p. 117-123, 1995.
9. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

10. SILVA, A. et al. **Tecnologia de alimentos: secagem e conservação.** Revista Brasileira de Alimentos, v. 29, n. 1, p. 45–59, 2023.
11. ALMEIDA, R. A. *et al*. **Efeito da secagem sobre a composição físico-química e sensorial de queijos de alta umidade**. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v. 75, n. 3, p. 215-224, 2020.
12. COSTA, M. F**.** et al. **Cinética de secagem e alterações físico-químicas em queijos frescos submetidos a diferentes métodos de desidratação**. *Food Science and Technology*, v. 42, e86321, 2022.
13. VIEIRA, L. R. *et al.* **Retenção de lipídios e estabilidade sensorial em queijos submetidos a desidratação**. *Dairy Science and Technology*, v. 103, p. 451-463, 2023.
14. OLIVEIRA, J. S. *et al*. **Alterações no teor de gordura e propriedades físico-químicas de queijos submetidos a secagem controlada**. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 24, e2020134, 2021.

# DESENVOLVIMENTO DE UM ANALISADOR DE TEXTURA DE BAIXO CUSTO PARA AVALIAÇÃO DA VIDA DE PRATELEIRA DE PÃES DE FORMA

# DEVELOPMENT OF A LOW-COST TEXTURE ANALYZER FOR ASSESSING THE SHELF LIFE OF LOAF BREADS

**DOI: 10.65747/conali2025v1c02**

**Otavio Aristides Lima[1]; Henrique Pavin Pereira[2]; Mateus Quintino Gama[3]; Analía Verónica Gómez[4]; Rogerio Issamu Yamamoto[5]**

[1] Bacharel em Engenharia de Controle e Automação. – FESA; [2]Bacharel em Engenharia de Controle e Automação. – FESA; [3] Bacharel em Engenharia de Controle e Automação. – FESA; [4]Docente do Depto de Engenharia de Alimentos – FESA; [5]Docente do Depto de Engenharia de Controle e Automação – FESA.

Contato: otavio.a.lima.7@gmail.com

**Resumo:** O monitoramento da vida de prateleira é fundamental para garantir a estabilidade, segurança e aceitação dos alimentos. Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a validação de um analisador de textura (texturômetro) de baixo custo, desenvolvido por alunos da Faculdade Engenheiro Salvador Arena (FESA), e projetado para quantificar, de forma precisa, alterações na textura de alimentos ao longo do armazenamento. O equipamento, construído com componentes acessíveis e tecnologia *open source*, foi validado por meio de análises comparativas com um texturômetro comercial certificado (Stable Micro Systems, modelo TA.XTplusC), utilizando o pão de forma comercial como alimento modelo. Os ensaios seguiram parâmetros do método padrão 74-09 da AACC, aplicando o teste de Análise de Perfil de Textura (*Texture Profile Analysis* - TPA) em diferentes tempos e condições de armazenamento. Os resultados mostraram que o equipamento apresentou precisão de leitura compatível com instrumentos de referência, com erro inferior a 4%. As curvas de tendência revelaram deterioração significativa nas propriedades texturais do pão ao longo de 10 dias, especialmente quando armazenado sem vedação. O protótipo demonstrou eficácia na identificação de alterações na dureza, elasticidade, gomosidade e resiliência, fornecendo suporte objetivo à determinação da vida útil de produtos panificados. A aplicação do texturômetro propicia dados robustos para a indústria de alimentos e pode ser expandida para outros produtos sensíveis à textura.

**Palavras-chave:** análise de textura; pão de forma; texturômetro; vida útil

**Abstract:** Shelf-life monitoring is essential to ensure the stability, safety, and consumer acceptance of food products. This study presents the development and validation of a low-cost texture analyzer (texturometer), designed by students from Faculdade Engenheiro Salvador Arena (FESA), to accurately quantify changes in food texture during storage. The equipment, built with accessible components and open-source technology, was validated through comparative analyses with a certified commercial texture analyzer (Stable Micro Systems, TA.XTplusC model), using a commercial loaf bread as the model food. The tests followed parameters of the AACC standard method 74-09, applying Texture Profile Analysis (TPA) at different storage times and conditions. The results showed that the device achieved reading accuracy comparable to reference instruments, with an error of less than 4%. Trend curves revealed significant deterioration in the textural properties of bread over 10 days, especially when stored unsealed. The prototype proved effective in identifying changes in hardness, elasticity, cohesiveness, and resilience, offering objective support for determining the shelf life of bakery products. The application of this texturometer provides robust data for the food industry and can be extended to other texture-sensitive products.

**Keywords:** sliced bread; texture analysis; texturometer; use-by period

## INTRODUÇÃO

Antes que um produto alimentício possa ser lançado ao mercado, ele deve atender a rigorosos padrões de qualidade definidos tanto por legislações vigentes — como as da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) e do MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária) — quanto por exigências internas das próprias indústrias. Para isso, são utilizadas análises sensoriais e/ou instrumentais, que garantem a conformidade e a aceitação do produto no mercado (1).

Dentre os diversos parâmetros avaliados, a medição da vida de prateleira se destaca como um fator essencial para assegurar a estabilidade, segurança alimentar e aceitabilidade dos alimentos ao longo do tempo. A determinação da vida útil está diretamente relacionada à manutenção das características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas, sendo crucial para prevenir perdas econômicas, garantir a satisfação do consumidor e atender exigências regulatórias (2, 3).

A vida de prateleira é definida como o período em que um alimento permanece seguro e aceitável para consumo, sob condições específicas de armazenamento. Esse intervalo pode ser afetado por diversos fatores, como a presença de microrganismos deteriorantes ou patogênicos, alterações sensoriais (cor, sabor, textura), reações físico-químicas, perda de valor nutricional e até mesmo contaminantes migrados da embalagem(4). Portanto, a correta medição da vida de prateleira torna-se uma ferramenta estratégica tanto para a segurança alimentar quanto para a competitividade da indústria (5).

Além dos parâmetros microbiológicos e nutricionais, as características sensoriais — como textura, cor, odor e sabor — são determinantes para a aceitação do consumidor. Essas propriedades são frequentemente utilizadas como critérios subjetivos de julgamento, mas vêm sendo cada vez mais quantificadas por meio de instrumentos metrológicos, que conferem maior confiabilidade e repetibilidade às análises (6).

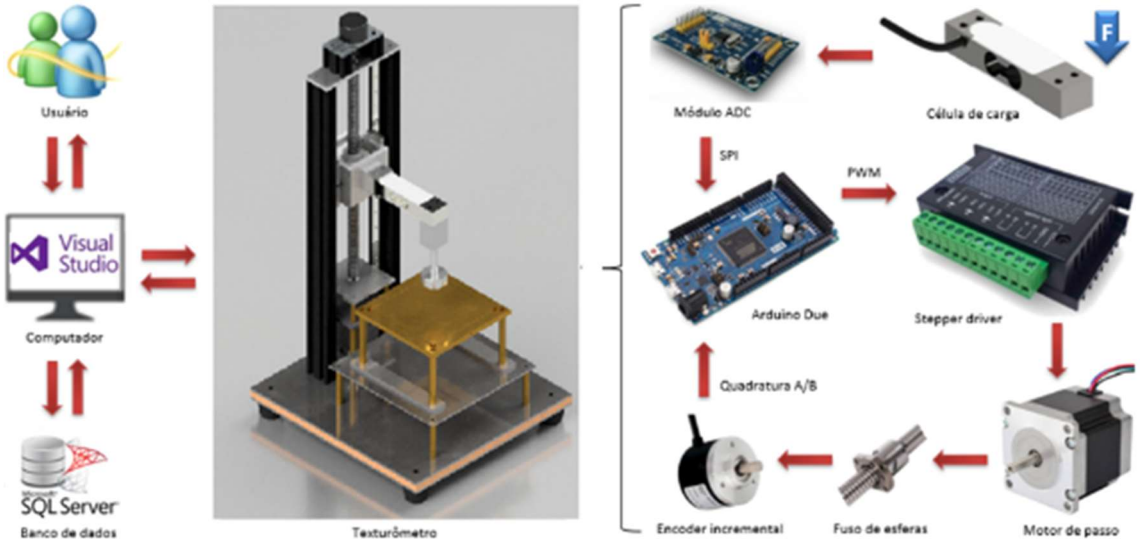
Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um analisador de textura (texturômetro) de baixo custo, capaz de avaliar de forma objetiva a textura de alimentos ao longo de sua vida útil. A proposta visou monitorar alterações físicas em diferentes tempos e condições de armazenamento, oferecendo informações para a determinação da vida de prateleira com base em dados quantitativos. O equipamento foi concebido nas dependências do Centro Educacional da Fundação Salvador Arena (CEFSA), com aplicação inicial nos laboratórios de Engenharia de Alimentos da Faculdade Engenheiro Salvador Arena (FESA). O pão de forma comercial foi selecionado como objeto de estudo, dada sua textura relativamente homogênea em comparação com frutas, carnes e laticínios.

O projeto foi desenvolvido com o objetivo de permitir flexibilidade de ensaios compatível com modelos comerciais, ampliando assim sua aplicabilidade. Além disso, buscou-se garantir facilidade de manutenção tanto de hardware quanto de software, assegurando maior praticidade e eficiência no uso. Outro aspecto considerado foi a limitação do peso do equipamento a, no máximo, 25 kg, em conformidade com as normas de ergonomia. Por fim, foram estabelecidos critérios de desempenho que asseguram precisão e acurácia próximas de 95%, validadas por meio de comparação com equipamento certificado.

## MATERIAL E MÉTODOS

De modo geral, o equipamento proposto neste trabalho foi composto por 9 elementos principais, dos quais 7 foram parte do protótipo físico, sendo: Arduino Due, célula de carga do tipo *Single Point*, módulo de conversão Analógico-Digital (ADC) de 24 bits, motor de passo Nema 23, *stepper driver* com ajuste de micropassos, encoder incremental rotativo e fuso de esferas recirculantes. Na Figura 1, é ilustrado seu diagrama funcional, evidenciando os relacionamentos entre componentes e o fluxo de sinais.

Figura 1 – Visão geral sobre o dispositivo e seu funcionamento




Fonte: Autores, 2024

O sistema é iniciado com a parametrização da máquina pelo usuário através de um computador com a solução de software desenvolvida. Em seguida, comandos são enviados ao Arduino via serial para acionar o *stepper driver* e, assim, efetuar os giros no motor, começando a rotina do ensaio. Paralelamente a isso, o microcontrolador passa a registrar o deslocamento da *probe*, usando o encoder; e a força aplicada sobre a amostra de material, por meio da célula de carga que tem sua leitura transformada em dados pelo módulo ADC. Encerrando o fluxo, as

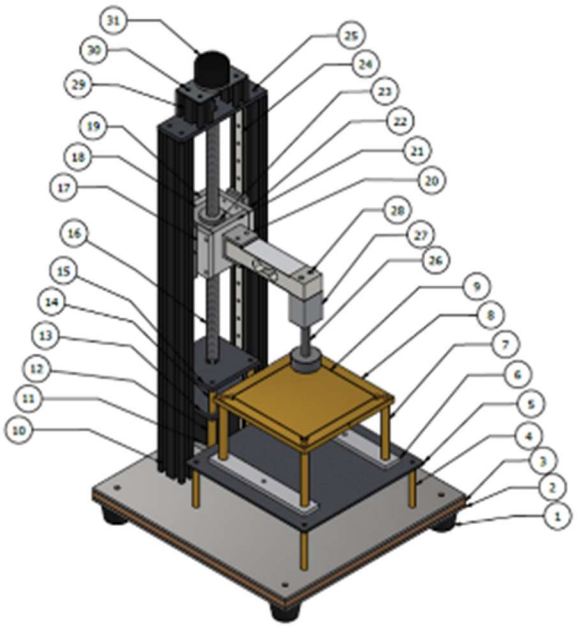
informações coletadas retornam ao software para serem exibidas ao usuário, possibilitando fazer as análises desejadas; assim como serem armazenadas no banco de dados.

Tendo em vista a extensão deste projeto, fez-se necessário dividir o escopo em partes menores, no intuito de melhor gerenciar as atividades que seriam realizadas, definir prioridades e organizar uma cadeia de eventos para sua execução. Nos próximos tópicos, cada uma dessas etapas será mais bem detalhada.

**Estrutura mecânica**

Baseado no trabalho de Nakazato (7) e visando facilitar os processos de fabricação, montagem e manutenção do equipamento, cada um de seus componentes foi modelado em 3D no software Autodesk Inventor®, o qual possui recursos de CAD/CAM/CAE (Desenho, Manufatura e Engenharia Assistido por Computador). O resultado pode ser visto na Figura 2, onde é apresentado o desenho técnico de montagem do texturômetro. Maiores detalhes do projeto podem ser encontrados no repositório do GitHub (https://github.com/MattQG13/Texturometro).

Figura 2 – Vista isométrica do equipamento montado com lista de componentes




| ITEM | QTY | PART NUMBER | MATERIAL |
|---|---|---|---|
| 31 | 1 | Encoder | *Diversos |
| 30 | 1 | Suporte encoder | Zinco |
| 29 | 2 | Perfil alumino 2 | Alumínio |
| 28 | 1 | GLX-150.1 | Aço inoxidável |
| 27 | 1 | Suporte da probe | Alumínio |
| 26 | 1 | Probe | Alumínio |
| 25 | 1 | Suporte superior do eixo | Zinco |
| 24 | 2 | Trilho | Aço inoxidável |
| 23 | 1 | Guia do eixo roscado | *Diversos |
| 22 | 2 | Lateral da caixa de sustentação | Alumínio |
| 21 | 1 | Frente da caixa de susentação | Alumínio |
| 20 | 1 | Suporte da célula de carga | Alumínio |
| 19 | 1 | Traseira da caixa de sustentação | Alumínio |
| 18 | 1 | Suporte da guia do eixo | Alumínio |
| 17 | 4 | Guia do trilho | *Diversos |
| 16 | 1 | Eixo roscado | Aço galvanizado |
| 15 | 1 | Suporte inferior do eixo | Alumínio |
| 14 | 4 | Espaçador do motor | Latão |
| 13 | 1 | Suporte do motor | Aço |
| 12 | 4 | Sustentação do motor | Latão |
| 11 | 1 | Motor | *Diversos |
| 10 | 2 | Perfil alumínio | Alumínio |
| 9 | 1 | Placa da mesa | Latão |
| 8 | 1 | Suporte base da mesa | Latão |
| 7 | 4 | Suporte da mesa | Latão |
| 6 | 2 | Suporte mesa | Alumínio |
| 5 | 1 | Base de apoio | Aço |
| 4 | 4 | Suporte da base de apoio | Latão |
| 3 | 1 | Base madeira | MDF |
| 2 | 2 | Base | Aço |
| 1 | 4 | Pés | Borracha |

Fonte: Autores, 2024

Conforme observado, seu mecanismo de movimentação se resume a uma junta prismática do tipo fuso de esferas, no qual, preso à castanha, há um conjunto mecânico formado pela célula de carga, *probe* cilíndrica e suportes de fixação. Para garantir que não haja desalinhamento, conta com duas guias lineares também de esferas recirculantes fixadas aos perfis de alumino e paralelas ao eixo. Além disso, a união do motor de passo e do encoder às extremidades do fuso ocorre por

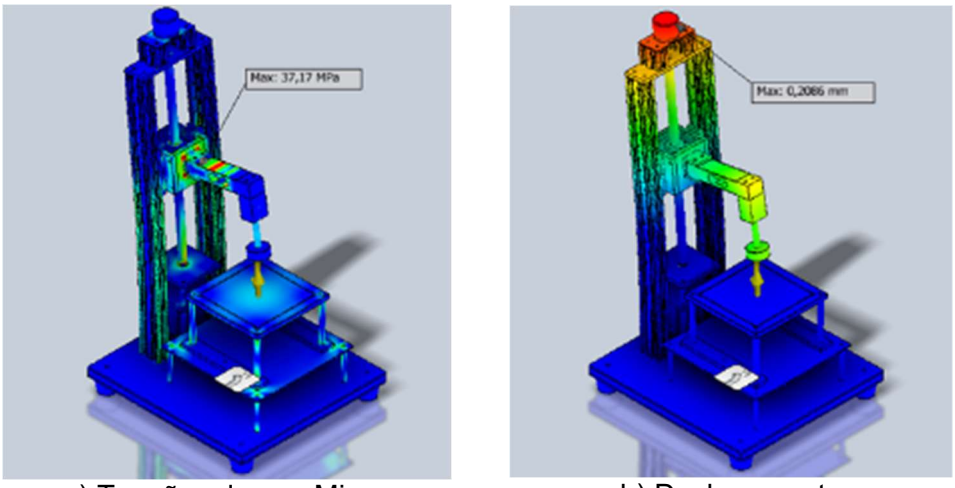
meio de acoplamentos flexíveis de fole, os quais apresentam boa resistência e durabilidade, bem como compensações angulares.

Em relação à sua base, esta foi montada utilizando a “técnica do sanduíche”, na qual uma placa de material fibroso, como madeira, MDF ou compensado; é inserida entre duas chapas de aço para amortecer vibrações do sistema, mas sem perder a rigidez estrutural. O dispositivo eletromecânico também possui uma dupla plataforma, sendo a inferior fixa, reservando um espaço para posicionar os botões e esconder a passagem dos fios; enquanto a superior é removível e com tampa intercambiável, podendo ser trocada por outro tipo a depender do ensaio que se deseja realizar.

Para a fabricação de alguns componentes, foram utilizados recursos cedidos gratuitamente pela Fundação Salvador Arena, como matérias-primas, principalmente tarugos e chapas de alumínio, latão e aço; ferramentas manuais e máquinas operatrizes tanto convencionais quanto a CNC.

Todavia, antes de iniciar todo o processo de usinagem, aproveitou-se dos recursos de simulação do software para validar o projeto e, assim, prevenir potenciais riscos que levariam a sua falha. Deste modo, foi utilizada a Análise de Elementos Finitos (FEA), que é um método que discretiza o material de estudo ao criar uma malha de pontos capaz de replicar o comportamento de suas propriedades físicas, auxiliando na avaliação do protótipo. Na Figura 3, é possível ver parte do relatório gerado pela ferramenta quanto aplicado o esforço mecânico de uma carga de 100 N tanto na *probe* quanto na mesa removível.

Figura 3 – Análise de Elementos Finitos do texturômetro




a) Tensões de von Mises b) Deslocamento

Fonte: Autores, 2024

Dentre os resultados obtidos com a simulação estática, observa-se que os maiores efeitos se deram na fixação da célula de carga ao fuso, atingindo uma tensão de Von Mises de 37,17 MPa; além de causar uma deformação de quase 0,21 mm no topo da estrutura.

Validado o projeto através das simulações, partiu-se para as etapas de fabricação e montagem, resultando na versão final do equipamento conforme Figura 4, que apresentou uma massa de 23,89 kg.

Figura 4 – Texturômetro montado

Fonte: Autores, 2024.

**Circuito elétrico**

A parte elétrica do projeto foi desenvolvida no software Proteus Design Suite® com o módulo ISIS, no intuito de esquematizar as ligações entre os controladores (placa Arduino e *stepper driver*), atuadores (motor de passo, botões e chaves fim de curso) e sensores (célula de carga e encoder); bem como verificar a programação inserida no microcontrolador, simulando as interações entre os componentes do circuito. O arquivo final com o diagrama elétrico pode ser visto no repositório previamente citado no tópico de Estrutura mecânica.

Já na montagem física do protótipo, utilizou-se um motor de passo do modelo SM1.8-D12-MN, da Action Technology, que é do tipo Nema 23 com 200 passos/volta (1,8°/passo), 4 bobinas e 8 fios; sendo ligado na configuração bipolar série. É valido mencionar que este motor foi descontinuado pelo fabricante, o que dificultou um pouco a localização de seu *datasheet* e fez necessário testar alguns parâmetros para confirmar as informações presentes no documento.

Com relação ao *stepper driver*, implementou-se um *microstep driver* TB6600, o qual proporciona uma movimentação mais suave ao motor, permitindo ampliar sua resolução de giro até 6400 passos/volta (0,05625°/passo); além de possuir uma corrente de saída ajustável entre 0,5 A e 3,5 A. Para este projeto, a configuração das chaves no driver foi definida para uma relação de 3200 passos/volta (0,1125°/passo) e uma corrente de 1 A.

Quanto às chaves fim de curso, estas foram posicionadas na parte de trás do equipamento em um dos perfis de alumínio, e sendo eletricamente ligadas em configuração *pull-up* com a placa Arduino para que a queda de tensão sinalize o seu acionamento sempre que forem atingidas as alturas de segurança pelo conjunto mecânico.

Por fim, também foram usados dois botões pulsadores, para realizar as ações de JOG (movimento manual); um botão cogumelo, para acionar o modo de Emergência da máquina; e uma chave seletora de 2 posições, para ligar e desligar da rede tanto a fonte chaveada de 12 V e 10 A quanto um sinaleiro LED.

**Processo de medição**

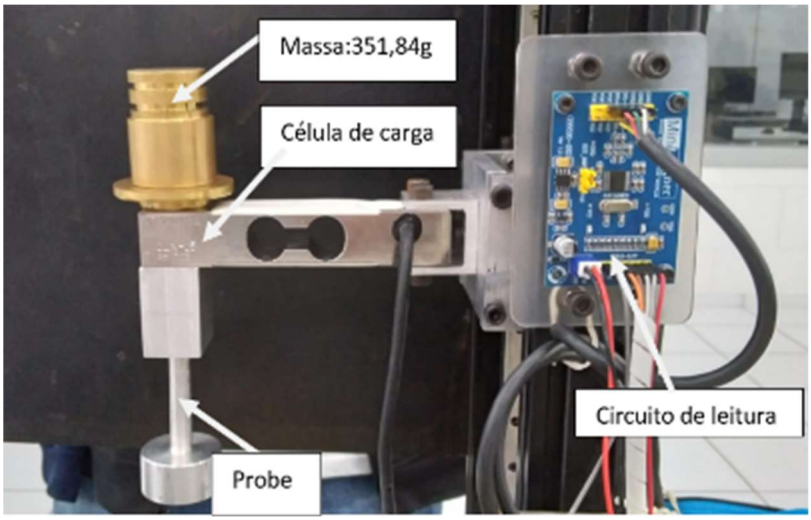
Segundo Kamble, Shinde e Kittur (8), as células de carga são instrumentos projetados de modo que a força atuante em seus corpos seja medida ao longo do seu eixo principal e que não seja afetada por forças em outros eixos. Além disso, a escolha do seu formato depende de alguns fatores, como limitação de tamanho, faixa de medição, performance e custos.

Para validar a prova de conceito, foi utilizada uma célula de carga do modelo GLX15, a qual é de 6 fios para 15 kg e com corpo feito em aço inoxidável; junto a um módulo ADC do modelo CS5530, o qual é de 24 bits e possui uma vasta seleção de taxas de amostragem. A leitura da tensão diferencial nas saídas da ponte de Wheatstone foi configurada em 100 Hz, sendo os dados transmitidos via comunicação SPI entre o módulo ADC e o Arduino Due. Este aplica o método de Média Móvel Aritmética para fazer a filtragem do sinal e, por fim, envia tanto os sinais com quanto sem filtro para o computador através da conexão USB.

A fim de garantir estabilidade durante o ajuste da escala de medição, prendeu-se a célula de carga ao equipamento e, logo após iniciar o Arduino, fez-se tanto a leitura quanto a média de 100 valores para estabelecer a tara do sistema próxima ao zero. Com o uso de uma massa de 351,84 g previamente pesada em uma balança de precisão com 0,01 g de resolução, foi interpolada uma média de 100 valores com o da massa para calibrar sua leitura. A realização desse procedimento é mostrada na Figura 5.

Em seguida, foi removida a massa do ponto de medição da célula de carga e realizada nova leitura do sinal pelo Arduino, restabelecendo-se o valor de tara e dando início tanto à leitura quanto ao envio contínuo dos valores através de comunicação serial. Dessa forma, é adquirido o valor digital da carga e já fazendo sua conversão para gramas de acordo com a escala de calibração.

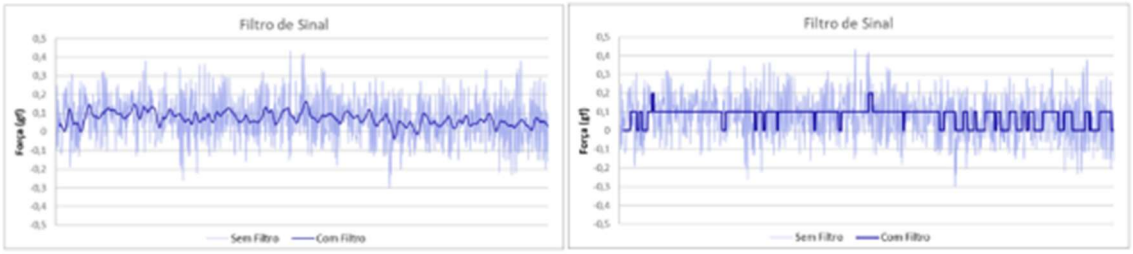
Figura 5 – Ajuste de escala da célula de carga




Fonte: Autores, 2024

Quando analisado um conjunto com cerca de 1000 amostras, foi levantado um desvio padrão de 0,116514 g nos dados sem qualquer tipo de filtro digital. Já fazendo o tratamento deste mesmo sinal ao se aplicar um filtro duplo de média móvel com 8 valores cada, foi possível alcançar um novo desvio padrão de 0,03374 g, representando uma melhoria de 71,04% em comparação ao sinal puro. Com base nisso, utilizou-se um valor de confiança de 99,7% (3σ) para definir uma resolução de 0,1 g para a leitura da célula de carga. Na Figura 6, é possível observar graficamente o contraste entre os sinais puro, filtrado (6a) e com a resolução definida (6b).

Figura 6 – Comparativo entre leitura do sinal com e sem aplicação de filtro digital




a) Sinal puro *versus* filtrado b) Sinal puro *versus* com a nova resolução

Fonte: Autores, 2024

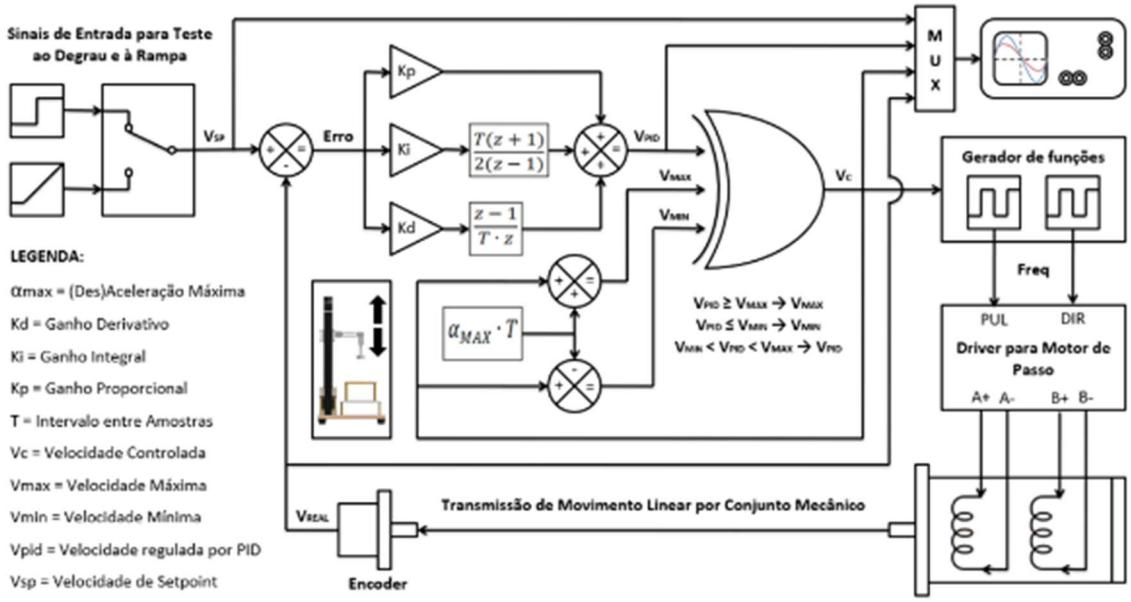
A programação tanto para ajuste da escala de medição quanto para aplicação dos filtros digitais foi escrita em linguagem C++ e pode ser encontrada no repositório apresentado no tópico de Estrutura mecânica.

**Controle do sistema**

Tendo em vista que o texturômetro só possui 1 grau de liberdade em movimento vertical e que é importante garantir uma velocidade constante na maior parte do tempo durante a realização dos ensaios, o uso de uma malha fechada de controle SISO (traduzido do inglês, Uma Entrada, Uma Saída) se torna fortemente recomendado mesmo que se tratando de um motor de passo acoplado a um fuso de esferas, pois existem perturbações intrínsecas no sistema que causam propagação de erro, como folgas e desalinhamentos.

Seguindo as considerações feitas por Cardozo (9), é possível adaptar a lógica empregada para atender as exigências do projeto, redesenhando a malha de controle assim como mostrada na Figura 7.

Figura 7 – Proposta de malha de controle para o mecanismo de deslocamento linear com motor de passo

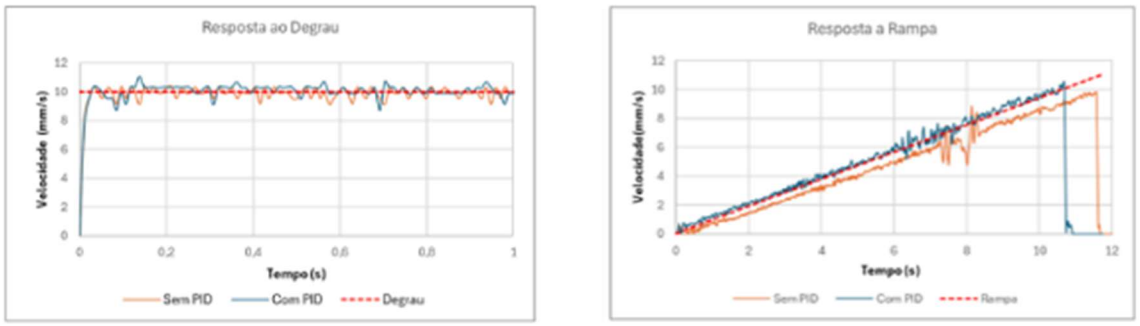



Fonte: Autores, 2024

Desse modo, foi implementado em linguagem C++ no microcontrolador da placa Arduino, um controlador discreto do tipo PID (Proporcional-Integral-Derivativo), cujo *feedback* seria dado através de um encoder incremental rotativo de 600 PPR (pulsos por rotação) acoplado ao fuso na extremidade oposta à do motor. Utilizando a configuração de leitura para sinal de quadratura A/B, foi possível alcançar uma resolução de 1200 PPR com o mesmo encoder. Além disso, também foi feito o ajuste quanto ao passo da rosca para 5,08 mm ao invés de 5 mm na programação, a qual também foi disponibilizada no repositório apresentado no tópico de Estrutura mecânica.

Os valores de ganho do controlador do foram adquiridos de forma empírica, através da observação da curva de resposta de velocidade. Na Figura 8, é demonstrado o comparativo de curva com e sem a aplicação do PID para ambos os sinais de teste.

Figura 8 – Gráficos de resposta da velocidade




Fonte: Autores, 2024

Após a aplicação do PID, houve uma melhora na estabilidade da velocidade na resposta ao degrau de 13,4%. Já na resposta a rampa, nota-se que houve uma diminuição do erro estacionário, e uma maior estabilidade quando a máquina atingiu seus valores de ressonância.

**Supervisão e IHM**

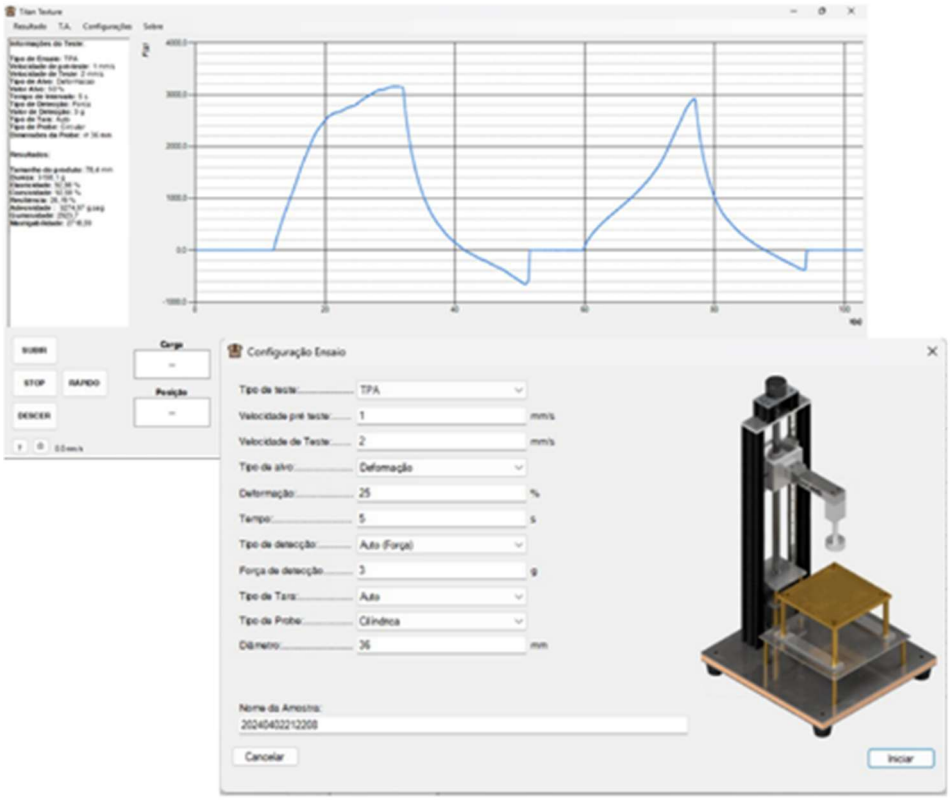
O software de supervisão foi elaborado em linguagem C#, utilizando a biblioteca Windows Forms da plataforma .NET versão 4.7.3 através do Microsoft Visual Studio®. Sua estruturação foi baseada no conceito de objetos e classes, sendo criado um elemento de classe para cada elemento do texturômetro, como corpo de prova, dados do ensaio, célula de carga, motor, encoder, além dos elementos internos de apoio, como o gerenciador dos dados seriais. A criação dos objetos das classes estabelece a interrelação entre eles.

As classes foram desenvolvidas integradas com o conceito de programação orientada a eventos, onde os eventos são disparados conforme ações do usuário ou do sistema que desencadeiam funções específicas para cada tipo. Eventos personalizados foram criados para atender as necessidades do projeto, tais como a mudança dos valores dos sensores, detecção de carga, alteração de velocidade, chegada de informação de algum sensor específico, entre outros.

Com relação à interação entre o usuário e a solução, foi elaborada uma Interface Homem-Máquina (IHM) de layout simples, o qual foi baseado em softwares comerciais. A aplicação desenvolvida possui 7 telas para navegar ao todo, abrangendo desde a configuração da porta de comunicação com o Arduino até a visualização dos dados. Na Figura 9, são mostradas a tela principal, onde é possível monitorar de forma síncrona o andamento do ensaio; e a tela de

configuração do ensaio, onde se parametrizam as variáveis do teste como, por exemplo, o tipo que se deseja realizar (tração, compressão e TPA).

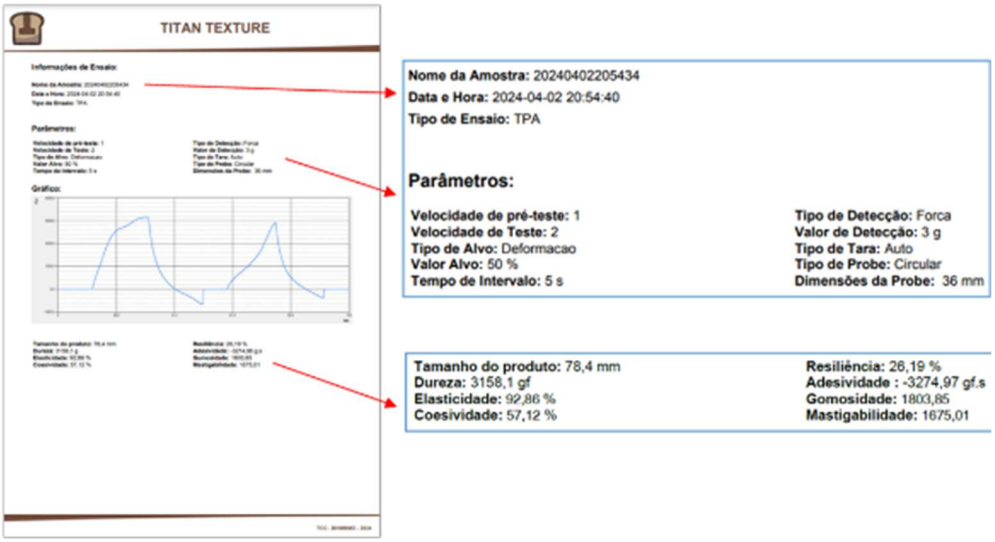
Figura 9 – Interfaces gráficas do software Titan Texture




Fonte: Autores, 2024

Além disso, também conta com o recurso de exportar os dados gerados nos formatos CSV, XLSX (Planilha Excel®) e PDF, sendo o relatório do último mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Relatório PDF gerado ao final do ensaio




Fonte: Autores, 2024

### Custos do projeto

Um ponto crítico em qualquer projeto é quanto a sua viabilidade operacional e econômica, sendo de grande importância saber gerenciar bem os recursos disponíveis e necessários para atingir o resultado proposto. Além da posse já existente de alguns componentes, também foi cedida gratuitamente a matéria-prima para usinagem e a compra de alguns componentes pela instituição. Levando isto em consideração, no Quadro 1 está registrado os custos estimados dos componentes que compõem o texturômetro, além do custo estimado de matéria-prima (por quilograma) e capital humano (por hora trabalhada) envolvidos.

Quadro 1 – Levantamento inicial dos custos envolvidos

| Componentes | Valor (aprox.) | |
|---|---|---|
| Célula de carga GLX 15 | R$ | 1.200,00 |
| Módulo ADC CS5530 | R$ | 179,83 |
| Arduino Due | R$ | 385,00 |
| Motor de passo Nema 23 | R$ | 112,00 |
| Stepper driver TB6600 | R$ | 125,00 |
| Encoder incremental 600 ppr | R$ | 130,00 |
| Fuso de esferas recirculantes | R$ | 190,00 |
| Guia linear (2un.) | R$ | 138,00 |
| Perfil de alumínio 20 x 40 (1,1 m) | R$ | 92,00 |
| Acoplamento flexível 6 x 6,35 (2 un.) | R$ | 49,80 |
| Latão (1,743 kg) | R$ | 296,31 |
| Alumínio (0,846 kg) | R$ | 114,63 |
| Aço (6,29 kg) | R$ | 88,88 |
| **Total (matéria prima)** | **R$** | **3.101,45** |

| Fabricação e montagem (h) | R$/h | | Total | |
|---|---|---|---|---|
| 273 | R$ | 20,00 | R$ | 5.460,00 |

| Especificação técnica (h) | R$/h | | Total | |
|---|---|---|---|---|
| 658 | R$ | 30,00 | R$ | 19.740,00 |

| Programação (h) | R$/h | | Total | |
|---|---|---|---|---|
| 364 | R$ | 30,00 | R$ | 10.920,00 |

| Integração de sistemas (h) | R$/h | | Total | |
|---|---|---|---|---|
| 52 | R$ | 25,00 | R$ | 1.300,00 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Total (mão de obra)** | **R$** | **37.420,00** | |
| **Custo total final do projeto** | **R$** | **40.521,45** | |
| *Custo real de produção é desconsiderado as horas de desenvolvimento, totalizando: | R$ | 9.861,45 | |

Fonte: Autores, 2024

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção se destina a apresentar os resultados que foram sendo obtidos ao longo do processo de calibração do texturômetro, visando trazer fidedignidade às medidas geradas nos ensaios e possibilitando realizar conclusões mais precisas sobre os objetos de estudo avaliados. Dessa forma, iniciar-se-á com uma análise sobre o desempenho observado pelo equipamento após montagem e parametrização, passando em seguida para a fase de validação das medidas quando comparado com outro dispositivo certificado, e finalizando com um retrospecto dos dados coletados sobre o tempo de vida de prateleira para os pães de forma. Nos ensaios com pão, buscou-se seguir alguns parâmetros do método-padrão 74-09 da *Cereal & Grains Association* (10).

### Testes preliminares de funcionamento

Para realizar os testes iniciais de funcionamento, empregou-se um bloco de silicone líquido com dureza por volta de 3 Shore A como “corpo de prova”, devido à sua estabilidade estrutural ao longo do tempo, diferentemente do que acontece com os alimentos. Esse foi posicionado sobre a

mesa da máquina diretamente abaixo da *probe* de compressão de 36 mm de diâmetro, conforme mostra a Figura 11a; e foi realizado um ensaio de TPA, o qual resultou na curva ilustrada na Figura 11b. O procedimento permitiu a observação do comportamento do corpo sob compressão, bem como sua recuperação elástica, uma vez que se trata de um elastômero.

Figura 11 – Ensaio do bloco de silicone

a) Realização do ensaio b) Resultados obtidos

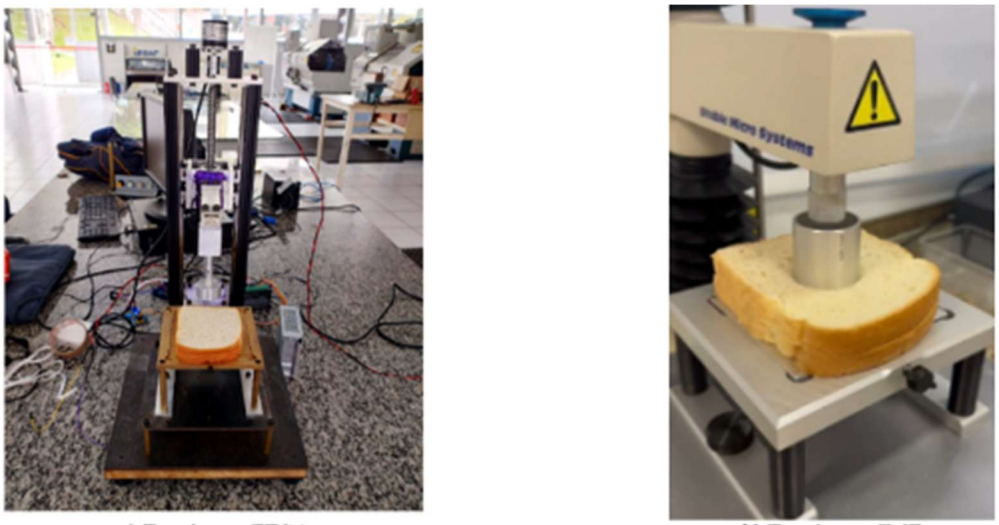
Fonte: Autores, 2024

Posteriormente foram realizados outros testes práticos para verificar as variações da curva gerada, utilizando corpos de prova como, por exemplo, mola, fita adesiva, pão francês, bolo recheado, carne de hambúrguer e geleia.

**Comparativo com dispositivo calibrado**

Para garantir uma boa acuracidade no dispositivo, foram conduzidos ensaios de Análise de Perfil de Textura (*Texture profile Analysis* - TPA) com fatias de pães de forma adquiridas no mercado local, a fim de se comparar os resultados com os dados obtidos em testes no Instituto Mauá de Tecnologia (IMT), conforme mostra a Figura 12. No IMT, foi utilizado um texturômetro comercial modelo TA.XTplusC calibrado (Stable Micro Systems, Reino Unido), sendo ensaiadas duas amostras de pão de forma tradicional (branco) da marca PANCO (modelo pão de forma premium) e uma de pão integral da marca Wickbold (38% integral).

Figura 12 – Ensaio com pães de forma



a) Ensaios na FESA

b) Ensaios no IMT

Fonte: Autores, 2024

O ensaio de TPA foi conduzido em ambas as instituições ao longo de três dias consecutivos, no mesmo horário e nas mesmas condições, sendo as amostras de pães armazenadas em armário a temperatura de 25 ºC durante todo o período de estudo. Os dados foram analisados e revelaram alterações significativas nos parâmetros, conforme mostra a Tabela 1. Aumentos de dureza, elasticidade, resiliência e gomosidade foram observados em todos os testes comparativos realizados. Estes resultados mostram uma influência significativa de determinados parâmetros nas características texturais dos pães estudados, fornecendo informações importantes para melhorar a qualidade destes produtos.

Tabela 1 – Dados obtidos durante os ensaios com pão de forma

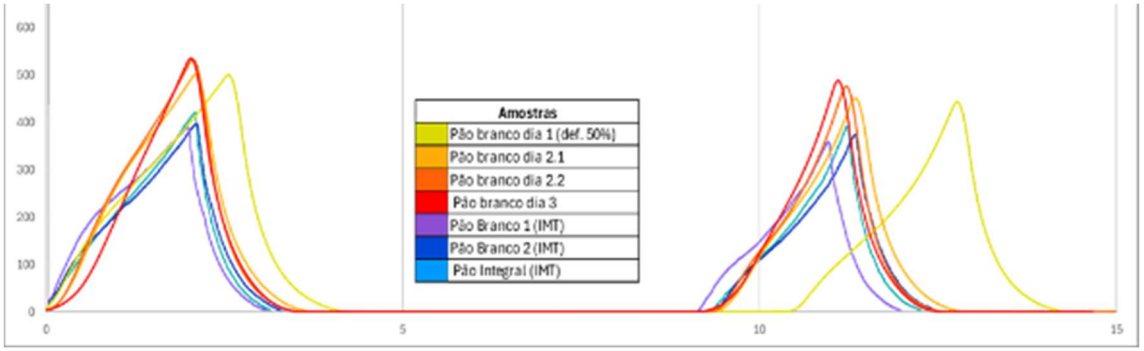
| Pão Branco | Dureza (g) | Elasticidade (%) | Coesividade (%) | Resiliência (%) | Adesividade (g.sec) | Gomosidade | Mastigabilidade |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Amostra 1[a]** | 499,6 | 89,71% | 68,06% | 31,81% | 0,00 | 340,04 | 305,05 |
| **Amostra 2[b]** | 339,1 | 87,02% | 71,72% | 28,39% | 0,00 | 286,25 | 249,09 |
| **Amostra 3[c]** | 380,5 | 95,20% | 71,10% | 26,00% | 0,00 | 270,66 | 257,51 |
| **Amostra 4[c]** | 389,9 | 97,90% | 77,80% | 29,30% | -0,10 | 303,42 | 297,05 |
| **Amostra 5[d]** | 500,7 | 91,03% | 74,89% | 40,69% | 0,00 | 374,95 | 341,32 |
| **Amostra 6[d]** | 531,9 | 89,45% | 72,00% | 38,30% | -0,21 | 382,98 | 342,58 |
| **Amostra 7[d]** | 538,8 | 91,28% | 79,60% | 49,80% | 0,00 | 425,72 | 388,60 |
| **Amostra 8[e]** | 903,4 | 86,19% | 78,15% | 46,92% | 0,00 | 706,01 | 608,51 |
| **Pão Integral** | | | | | | | |
| **Amostra 1[c]** | 407,9 | 97,50% | 75,60% | 27,20% | -0,36 | 308,33 | 300,58 |
| **Amostra 2[d]** | 659,2 | 91,28% | 74,52% | 44,57% | 0,00 | 491,23 | 448,39 |
| **Amostra 3[d]** | 1261,6 | 90,47% | 73,44% | 46,35% | -0,99 | 926,55 | 838,25 |
| **Amostra 4[e]** | 1155,7 | 89,54% | 73,16% | 40,06% | -0,25 | 845,47 | 757,03 |

[a] Ensaio realizado na FESA com velocidade de 5 mm/s e 50% de compressão (dia 1)
[b] Ensaio realizado na FESA com velocidade de 1 mm/s e 50% de compressão (dia 1)
[c] Ensaios realizados no IMT seguindo o método-padrão 74-09 da AACC (dia 1)
[d] Ensaios realizados na FESA com os mesmos parâmetros do IMT (dias 2 e 3)
[e] Ensaios realizados na FESA igual ao item (d), mas com a primeira e a última fatia do filão de pão (dia 3)

Fonte: Autores, 2024

Para uma análise comparativa mais detalhada com as curvas geradas no IMT, foram selecionados especificamente os gráficos das amostras de pão tradicional do tipo D. Ao sobrepor esses gráficos, é possível observar as semelhanças em suas características na Figura 13. Notavelmente, os picos da primeira compressão em nossos ensaios apresentaram resultados ligeiramente superiores aos picos observados na primeira compressão do IMT.

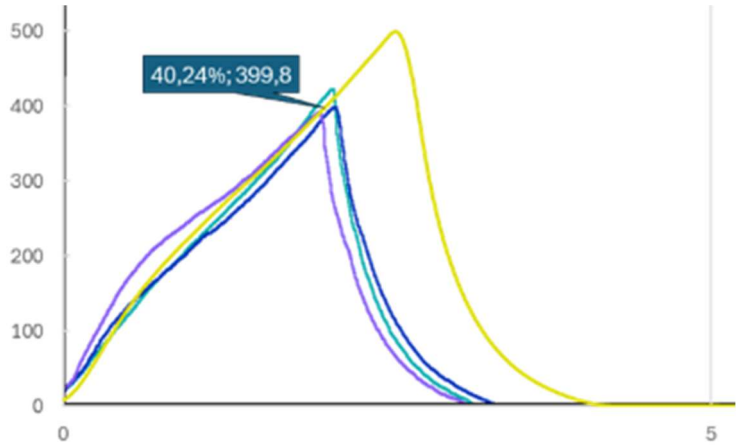
Figura 13 - Gráficos de curvas sobrepostas.




Fonte: Autores, 2024

Contudo, em análise comparativa feita no pão tradicional ensaiado no primeiro dia com taxa de deformação de 50%, a amostra alcançou um valor de 399,8 g ao ser atingido o valor de deformação de 40%, próximo a média dos valores obtidos no IMT (385,2 g), atingindo um erro de aproximadamente 3,8%, como mostrado na Figura 14. Isso indica que a diferença encontrada nos demais dias vêm pela degradação do próprio grupo de amostras.

Figura 14 – Gráfico comparativo de deformação

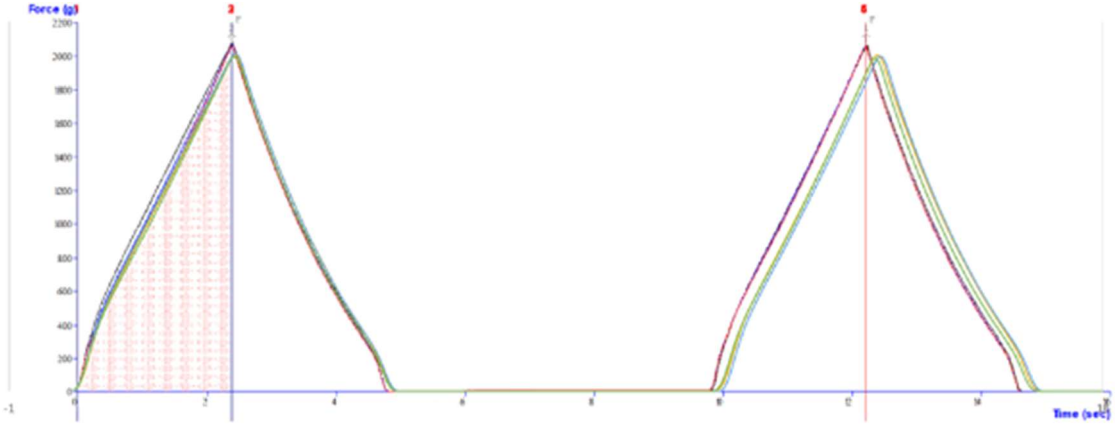



Fonte: Autores, 2024

Também como prova comparativa, foram realizados ensaios em ambos os instrumentos com uma esponja de melamina, que é um corpo de prova mais padronizado, onde foi adquirido sua curva

e valores de pico, podendo-se observar uma pequena variação temporal e do valor de pico proveniente da aplicação do filtro de média móvel, assim como mostra a Figura 15.

Figura 15 – Gráficos sobrepostos

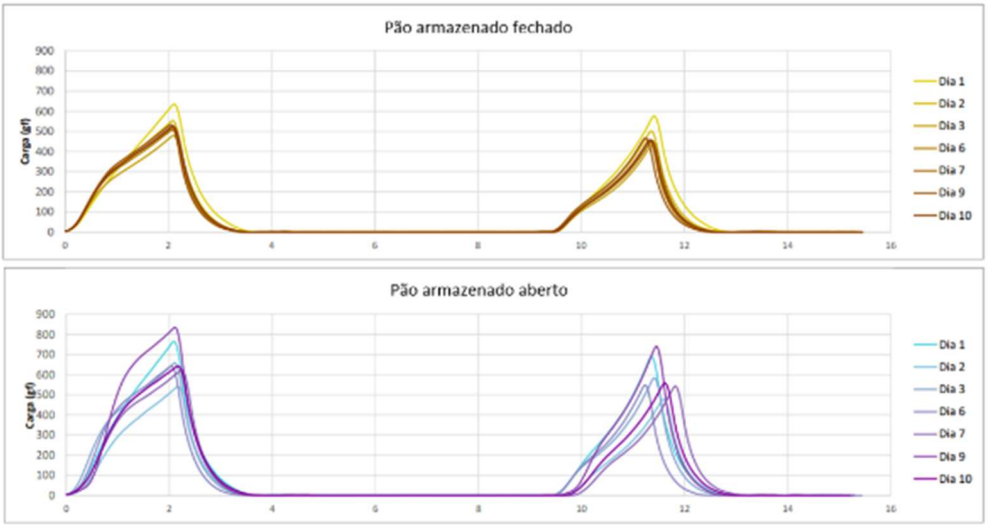



Fonte: Autores, 2024

**Identificação de tendências sobre os pães ao longo dos ensaios**

Visando proporcionar uma análise mais abrangente e fundamentada dos resultados obtidos e contribuindo para uma melhor compreensão dos fenômenos investigados no âmbito deste estudo, foi realizado uma sequência de ensaios durante um período de 10 dias corridos em dois conjuntos de amostras de pão tradicional sobre duas diferentes condições de armazenamento. Um dos sacos foi selado com o amarrilho original da embalagem, enquanto o outro permaneceu em armazenagem incorreta, estando aberto. É possível observar os efeitos adversos das duas formas de armazenamento na Figura 16.

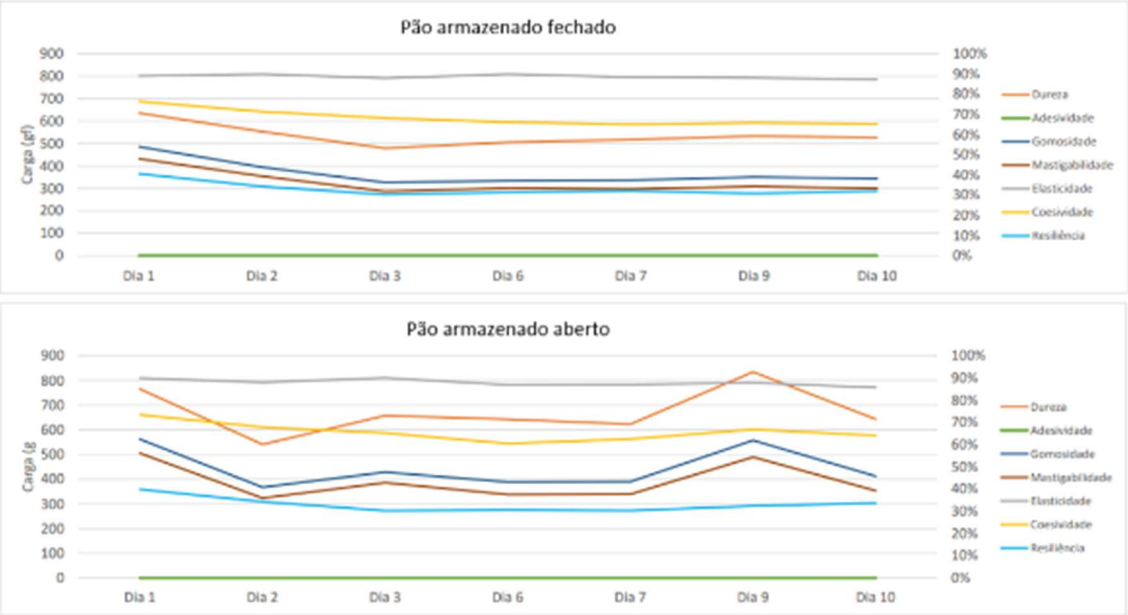
Figura 16 – Gráficos de sobreposição dos dias




Fonte: Autores, 2024

Para uma melhor visualização e compreensão dos dados apresentados, há também um gráfico de tendência das principais características do ensaio de TPA dos dois grupos de amostras na Figura 17.

Figura 17 – Gráficos de tendências.




Fonte: Autores, 2024

Ao analisar os gráficos, percebe-se que os pães apresentam alterações nas características e propriedades ao longo do tempo, com ambos os grupos apresentando significativas mudanças durante o primeiro dia de avaliação. Contudo, é notável a diferença de estabilidade entre as amostras conforme cada forma de armazenamento, onde o pacote de pão que ficou aberto, que ficou exposto ao ambiente, apresenta uma variação muito maior que o pacote que foi fechado conforme padrão de embalagem original. Vale ressaltar que em determinada fase do processo do armazenamento da embalagem fechada observa-se uma tendência à diminuição contínua dessas estruturas, o que indica a fragilidade do produto.

Estas descobertas destacam a importância de compreender a dinâmica das mudanças estruturais do pão durante o armazenamento. Tal compreensão é importante não apenas para melhorar os processos de fabricação, mas também para garantir a qualidade e a satisfação do cliente. Esses resultados podem orientar estratégias de fabricação e armazenamento visando manter as propriedades desejadas do produto ao longo de sua vida útil.

## CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou a viabilidade técnica e econômica do desenvolvimento de um texturômetro de baixo custo como ferramenta para monitoramento da vida de prateleira de

alimentos. O equipamento apresentou resultados compatíveis com texturômetros comerciais, validando sua precisão e reprodutibilidade por meio da análise de pães de forma em diferentes tempos e condições de armazenamento. As variações nos parâmetros texturais — especialmente dureza, elasticidade e gomosidade — evidenciaram a degradação progressiva do produto, reforçando a importância do controle da embalagem para manutenção da qualidade sensorial. Dessa forma, o protótipo se mostrou eficaz para aplicações acadêmicas e industriais, contribuindo para o controle da qualidade e a determinação da vida útil de produtos panificados. Como perspectivas futuras, recomenda-se a expansão da metodologia para outros alimentos e a integração com sistemas de análise automatizada de dados, ampliando o escopo de uso da tecnologia proposta.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às professoras Drª. Lilian de Cassia Santos Victorino e Drª. Tatiana Guinoza Matuda Masaoka do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT), pelo auxílio e disponibilidade na realização das análises de textura no IMT.

## REFERÊNCIAS

(1) CHEN, L.; OPARA, U. L. **Texture measurement approaches in fresh and processed foods: a review**. Food Research International, [*s. l.*] v. 51, n. 2, p. 823-835, maio 2013. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996913000732. Acesso em: 21 maio 2024.

(2) OBARA, T. R. A. **Qualidade na indústria de alimentos: contexto atual e oportunidades**. 2018. 25f. Monografia (Especialista em Engenharia da Qualidade) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/23214. Acesso em: 15 set. 2023.

(3) QUEIROZ, A. M. P. de. **Efeitos do tripolifosfato de sódio sobre as características microbiológicas, físico-químicas e vida-de-prateleira em linguiça frescal de frango**. 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/6758. Acesso em 21 maio 2024.

(4) MARTINS, G. A. de S. **Determinação da vida-de-prateleira por testes acelerados de doce em massa de banana cv. Prata**. 2009. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/2991. Acesso em: 21 maio 2024.

(5) GIMÉNEZ, A.; ARES, F.; ARES, G. **Sensory shelf-life estimation: a review of current methodological approaches**. Food Research International, [*s. l.*], v. 49, n. 1, p. 311-325, nov. 2012. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996912002517. Acesso em: 21 maio 2024.

(6) FREITAS, M. A.; COSTA, J. C. **Shelf life determination using sensory evaluation scores: A general Weibull modeling approach**. Computers And Industrial Engineering, Belo Horizonte, v. 51, p.652-670, maio 2006. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835206000520. Acesso em: 21 maio 2024.

(7) NAKAZATO, A. Z. **Desenvolvimento de máquina universal de ensaios mecânicos portátil de baixo custo para fins didáticos utilizando o conceito *open-source***. 2019. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Guaratinguetá, 2019. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/items/2c730638-8585-4500-a979-f36994b1edbb. Acesso em: 21 maio 2024.

(8) KAMBLE, V. A.; SHINDE, V. D.; KITTUR, J. K. **Overview of Load Cells**. Journal of Mechanical and Mechanics Engineering, [*s. l.*], v. 6, n. 3, p. 22-29, nov. 2020. Disponível em: https://matjournals.co.in/index.php/JOMME/article/view/2739. Acesso em: 21 maio 2024.

(9) CARDOZO, W. S. **Controle de motores de passo aplicado a um manipulador robótico**. 2012. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=20783@1. Acesso em: 21 maio 2024.

(10) CEREAL & GRAINS ASSOCIATION**. AACC Method 74-09: measurement of bread firmness by universal testing machine**. The Association: St. Paul, MN, 1999, 4 p.

# MODELAGEM 3D DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA NO ASSAMENTO DE PEITO DE FRANGO COM USO DE FOTOGRAMETRIA

# 3D MODELING OF HEAT AND MASS TRANSFER IN ROASTING CHICKEN BREAST USING PHOTOGRAMMETRY

**DOI: 10.65747/conali2025v1c03**

**Ana Cristina Mattje Zabot[1]; João Pedro Ferreira[2]; Jhony Tiago Teleken[3]; Mariane Wolf[4]; Bruno Augusto Mattar Carciofi[5]**

[1]Estudante do Curso de Engenharia de Materiais - CTC – UFSC; [2]Docente/pesquisador da Unidade Acadêmica de Belo Jardim – UABJ – UFRPE; [3]Docente/pesquisador da Faculdade de Engenharia Química – UNIFESSPA; [4]Pesquisadora do Núcleo de Ciência, Tecnologia e Inovação do Leite – NCTI – UDESC; [5] Docente/pesquisador do Department of Biological and Agricultural Engineering – University of California, Davis.

Contato: joaoferreira@alimentos.eng.br

**Resumo:** Este trabalho apresenta um modelo matemático para descrever a transferência de calor e massa durante o assamento de peito de frango em forno convectivo. Considerou-se que o calor é transferido entre o alimento e o ambiente por convecção e radiação, incluindo o resfriamento evaporativo decorrente da evaporação superficial. Do exterior ao centro do produto, o transporte de calor ocorre predominantemente por condução, modelada pela Lei de *Fourier*. A transferência de massa foi representada pela difusão de água no interior da carne (Lei de *Fick*) e pelos fenômenos de evaporação e gotejamento na superfície. As equações que regem esses fenômenos foram implementadas no *software COMSOL Multiphysics* 5.5®. O modelo tridimensional foi resolvido numericamente pelo método dos elementos finitos e validado com dados experimentais de temperatura no centro do produto e teor de umidade em base seca, utilizando inicialmente uma geometria simplificada. Após a validação, o modelo foi aplicado a uma geometria realista do peito de frango, obtida por técnicas de fotogrametria. O modelo forneceu informações transientes detalhadas sobre os perfis de temperatura e umidade no produto. Além disso, uma análise paramétrica evidenciou o impacto da difusividade, da taxa de gotejamento, da temperatura do forno e da umidade relativa sobre a perda de água e o tempo de cozimento. Por fim, o modelo proposto demonstrou ser uma ferramenta promissora para o estudo de condições de processo, predição de parâmetros de qualidade e desenvolvimento de produtos e equipamentos, como fornos domésticos e industriais.

**Palavras–chave:** Assamento em forno convectivo; *COMSOL Multiphysic*s; Cozimento de carnes; Geometria realista; Modelagem matemática

**Abstract:** This study presents a mathematical model describing heat and mass transfer during the roasting of chicken breast in a convective oven. Heat transfer between the product and the oven environment was considered to occur by convection and radiation, including evaporative cooling due to surface water evaporation. From the surface to the core of the product, heat transport is predominantly by conduction, modeled using Fourier's Law. Mass transfer was represented by water diffusion within the meat (Fick's Law), along with evaporation and dripping phenomena at the

surface. The governing equations were implemented in COMSOL Multiphysics 5.5. The three-dimensional model was numerically solved using the finite element method and validated with experimental data on core temperature and dry basis moisture content, initially using a simplified geometry. After validation, the model was applied to a realistic chicken breast geometry obtained through photogrammetry techniques. The model provided detailed transient information on temperature and moisture profiles within the product. Additionally, a parametric analysis highlighted the influence of diffusivity, dripping rate, oven temperature, and relative humidity on water loss and cooking time. Ultimately, the proposed model proved to be a promising tool for studying process conditions, predicting quality parameters, and supporting the development of food products and equipment, including household and industrial ovens.

**Keywords:** COMSOL Multiphysics; Convection oven roasting; Cooking meat; Mathematical modeling; Realistic food modeling

## INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva brasileira de avicultura e suinocultura é um dos principais pilares da economia nacional, sendo o Brasil o maior exportador mundial de carne de frango. Apenas no ano de 2021, o Valor Bruto da Produção (VBP) de frangos e suínos superou os R$ 140 bilhões. A tendência é que a oferta de carnes continue a acompanhar a demanda, tanto no mercado interno quanto externo (1). Nesse cenário, o setor de carnes torna-se cada vez mais competitivo e complexo, em função de fatores como o ciclo de vida dos animais, o alto grau de perecibilidade dos produtos e a necessidade de rigorosos controles sanitários. Assim, soluções técnicas que respondam a essas exigências tornam-se cada vez mais necessárias (2).

O cozimento por convecção é amplamente utilizado no preparo de produtos avícolas, sendo um processo presente em ambientes domésticos, cozinhas profissionais e na indústria de alimentos. O objetivo principal é obter um produto seguro do ponto de vista microbiológico e com alta qualidade sensorial (3). Além disso, o preparo térmico da carne torna o alimento mais palatável e facilita a digestão (4). A qualidade da carne cozida, geralmente traduzida por parâmetros como cor, textura, aroma e sabor, está intimamente relacionada aos fenômenos de transferência de calor e massa durante o processo de cocção.

Modelos matemáticos de transferência de calor e massa têm demonstrado eficácia na estimativa da distribuição de temperatura e umidade ao longo do cozimento de carnes (5, 6). Esses modelos vêm se consolidando como ferramentas viáveis para estimar parâmetros de qualidade, otimizar o processo de cocção e auxiliar no desenvolvimento de novos produtos, equipamentos e processos, como fornos industriais e domésticos (7, 9). Dessa forma, busca-se desenvolver modelos que possam contribuir para a melhoria dos processos térmicos aplicados à carne de frango, ampliando seu controle e previsibilidade.

No contexto dos métodos de cocção, os modelos frequentemente descrevem o assamento de carnes em fornos, sendo essa escolha associada às características controladas que os fornos oferecem. Trata-se de um processo que envolve a transferência simultânea de calor e massa: a

energia térmica é transferida ao alimento por convecção (do ar quente) e radiação (das superfícies aquecidas do forno), enquanto a perda de massa ocorre por evaporação e gotejamento (3, 10, 11).

Grande parte dos modelos matemáticos aplicados ao cozimento de carnes utiliza geometrias regulares, como cubos, paralelepípedos e cilindros (12, 17), seja por limitações na resolução numérica ou pela dificuldade de representar adequadamente os cortes cárneos. Para superar essa limitação, diferentes técnicas têm sido empregadas na obtenção de geometrias irregulares, como visão computacional (17), imagem por ressonância magnética (18), tomografia computadorizada de raios X (19) e scanners 3D (11, 18). No entanto, essas técnicas frequentemente requerem conhecimento técnico específico, treinamento especializado e envolvem altos custos e tempo de implementação (20).

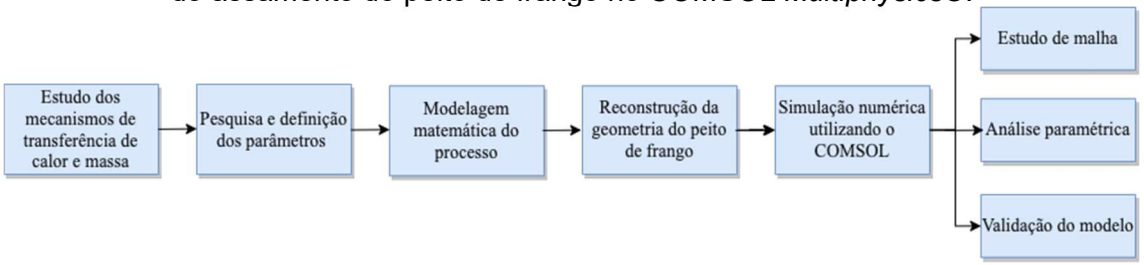
Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo desenvolver um modelo multifísico capaz de descrever o processo de cocção da carne de frango em forno convectivo, visando à predição dos perfis de temperatura e umidade ao longo do processo. Para isso, utilizou-se a técnica de fotogrametria com o intuito de obter o volume e as propriedades morfológicas do peito de frango no formato em que é usualmente comercializado.

## MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia deste estudo envolveu as seguintes etapas: i) estudo dos mecanismos de transferência de calor e massa; ii) levantamento e definição dos parâmetros físicos e termo-higroscópicos; iii) modelagem matemática do processo de assamento; iv) experimentos para validação do modelo; v) reconstrução tridimensional da geometria real do peito de frango por meio de fotogrametria; vi) implementação da modelagem no *software COMSOL Multiphysics*®; e vii) simulação numérica do processo. Após essas etapas, foram realizados estudos de sensibilidade da malha (*mesh refinement*), seguidos da validação do modelo com dados experimentais e de uma análise paramétrica das variáveis de processo.

A Figura 1 apresenta o fluxograma geral das etapas de construção do modelo, desde a aquisição da geometria até a implementação das equações no ambiente computacional.

Figura 1 - Fluxograma do processo de construção do modelo matemático e simulação numérica do assamento do peito de frango no COMSOL *Multiphysics*®.




Fonte: Autores, 2025

## MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA

No modelo proposto, considerou-se que a transferência de calor e massa durante o assamento do peito de frango ocorre por meio de diversos fenômenos interdependentes. O transporte de líquido no interior da carne é descrito por difusão, conforme a Primeira Lei de Fick, enquanto a superfície do alimento está sujeita à evaporação de água e ao gotejamento, resultando em perda de massa. A transferência de calor do forno para a superfície do produto ocorre por convecção e radiação, sendo que, a partir da superfície, o calor é conduzido para o interior do alimento predominantemente por condução térmica, de acordo com a Lei de Fourier. Esses mecanismos foram considerados na formulação do modelo e estão representados esquematicamente na Figura 2.

Figura 2 - Representação esquemática dos mecanismos de transferência de calor e massa considerados no modelo proposto para o assamento do peito de frango.

Fonte: Autores, 2025

## CONSIDERAÇÕES E HIPÓTESES

Para viabilizar a solução do modelo, algumas simplificações foram adotadas: o balanço de massa desconsiderou termos de reação, ou seja, não foram incluídas reações químicas de geração ou consumo de massa (Por considerar que a mudança de fase ocorre somente na superfície); o balanço de energia desconsiderou termos de geração interna de calor, pois no processo estudado não ocorre geração ou consumo energético interno; a transferência de calor considerou o efeito do resfriamento evaporativo, dado que a evaporação superficial consome energia em forma de calor latente para mudança de fase; a evaporação de água foi assumida ocorrer exclusivamente na superfície da carne, onde também ocorrem processos de evaporação e gotejamento; o encolhimento da carne foi desprezado, no entanto, os seus efeitos sob a transferência de calor e massa foram transmitidos para os propriedades físicas como massa específica, calor específico, condutividade térmica, coeficiente de difusão de umidade. Por fim, o transporte interno de gordura foi desconsiderado devido ao baixo teor de gordura no peito de frango (~1%) (3).

EQUAÇÕES GOVERNANTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA

Com base nas hipóteses apresentadas, o modelo matemático foi fundamentado nos balanços de massa e energia, expressos pelas leis de conservação de massa e energia, respectivamente, que descrevem a dinâmica do cozimento da carne e orientam a formulação das equações governantes do processo.

**Transferência de massa**

No interior do frango, a migração de água foi considerada ocorrer por difusão, descrita pela Primeira Lei de Fick, que estabelece que o movimento espontâneo das partículas de soluto é impulsionado por gradientes de concentração, oferecendo assim uma fundamentação para o entendimento da perda de água durante o cozimento do alimento (21). Dessa forma, o balanço de massa é representado pela Equação 1:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \nabla \cdot J = 0 \qquad \text{Equação 1}$$

Onde $\nabla \cdot J$ representa o fluxo de difusão de água dentro da carne e $J = -D\,\nabla_c \,.\, D$, representa o coeficiente de difusão ($m^2 \cdot s^{-1}$) e $c$ a concentração de água ($mol \cdot m^{-3}$). A condição de contorno é dada pela Equação 2:

$$-D\,\nabla_c = -h_m \left(cw_{superfície} - cw_{ar}\right) - \frac{K_w\,(X_{bu} - CRA)}{M_{H_2O}}$$

Equação 2

$$-D\,\nabla_c = -h_m \left(\frac{a_w . p_{sat}}{R.T} - \frac{UR . p_{sat_{ar}}}{R.T_{ar}}\right) - \frac{K_w\,(X_{bu} - CRA)}{M_{H_2O}}$$

Na Equação 2, o coeficiente de transferência de massa ($h_m$, $m \cdot s^{-1}$) descreve o fluxo de umidade entre a superfície da carne e o ar do forno. A atividade de água na superfície da carne é representada por ($a_w$), enquanto a umidade relativa no interior do forno é dada por ($UR, \%$). As pressões de saturação da água na superfície e no ar são indicadas, respectivamente, por ($p_{sat}$) e ($p_{sa\ ar}, Pa$). Pela condição de contorno, observa-se que a água se movimenta do meio de maior para menor concentração, devido à secagem superficial (convecção de massa) causada pela diferença de concentração de água entre a superfície do frango e o ar do forno.

A Equação 1 considera que o transporte de água ocorre exclusivamente por difusão. Dessa forma, são desconsiderados os efeitos do transporte de umidade provocado por gradientes de pressão no interior da carne. Contudo, durante o cozimento, o aumento da temperatura promove a desnaturação térmica das proteínas, reduzindo a capacidade de retenção de água (*CRA*) do alimento (10). Esse fenômeno influencia a quantidade de água perdida, que resulta da combinação da evaporação superficial e do gotejamento, sendo estes últimos considerados na segunda parcela da Equação 2. Conforme descrito por Goñi e Salvadori (17), o balanço considera que a variação do teor de água depende da diferença entre o conteúdo instantâneo e o valor de equilíbrio, que representa a capacidade de retenção de água.

**Transferência de calor**

Durante o assamento do frango em forno convectivo, a energia térmica é transferida para a carne por meio de três mecanismos principais: convecção a partir do ar quente, radiação proveniente das superfícies aquecidas da cavidade do forno, e condução térmica da superfície até o centro do alimento (7). O modelo desenvolvido considera esses três mecanismos, e o balanço de energia é representado pela Equação 3:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot q \ = 0 \qquad \text{Equação 3}$$

Na qual $q = -k_{carne} \cdot \nabla T$, representa o fluxo de calor no interior do produto. E a condutividade térmica é representada por $k_{carne}$ ($W \cdot m^{-1}K^{-1}$), $\rho$ é a massa específica ($kg \cdot m^{-3}$) e $c_p$ é o calor específico ($J \cdot kg^{-1}K^{-1}$) do peito de frango.

Como o calor é transferido na superfície por radiação e convecção, as Equações 4 e 5 foram utilizadas para representar as condições de contorno do modelo:

$$q_{rad} = \sigma \, \varepsilon \left(T_{parede}^4 - T^4\right) \qquad \text{Equação 4}$$

$$q_{conv} = h_T (T_{ar} - T) \qquad \text{Equação 5}$$

Na qual $\sigma$ é a constante de Boltzman ($W \cdot m^{-2}K^{-4}$), $\varepsilon$ é a emissividade do peito de frango e $h_T$ é o coeficiente de transferência de calor sendo igual a 8,5 $W \cdot m^{-2}K^{-1}$, valor medido experimentalmente em estudo anterior realizado no laboratório. A condição de contorno é, portanto, dada pela Equação 6:

$$(q_{conv} + \ q_{rad}) - q_{evap} = \ -k\nabla_T \qquad \text{Equação 6}$$

Considera-se também o fenômeno de resfriamento evaporativo, no qual a superfície do alimento sofre resfriamento devido à energia consumida pela água para a mudança de fase do líquido para o vapor. Essa transferência de calor é representada pela condição de contorno $q_{evap}$ conforme descrito na Equação 7:

$$q_{evap} = \lambda . h_m \left( \frac{UR . p_{sat_{ar}}}{R . T_{ar}} - \frac{a_w . p_{sat}}{R . T} \right) \qquad \text{Equação 7}$$

PARÂMETROS, PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS E VARIÁVEIS DO MODELO

A Tabela 1 apresenta os parâmetros físicos utilizados no modelo, os quais foram obtidos por meio de experimentação própria e a partir de referências bibliográficas relevantes relacionadas ao processo de cocção.

Tabela 1 - Parâmetros físicos constantes adotados no modelo de transferência de calor e massa durante o assamento do peito de frango.

| Parâmetro | Símbolo | Valor | Unidade | Fonte |
|---|---|---|---|---|
| Temperatura do ar do forno | $T_{ar}$ | 200 | $°C$ | Assumido |
| Temperatura inicial do frango | $T_0$ | 25 | $°C$ | Assumido |
| Coeficiente de transferência de calor | $h_T$ | 8,5 | $W \cdot m^{-2}K^{-1}$ | Estimado segundo Feyissa (22) |
| Peso molecular da água | $M_{H_2O}$ | 18 | $g \cdot mol$ | (23) |
| Coeficiente de transferência de massa | $h_m$ | 9,8 x $10^{-2}$ | $m \cdot s^{-1}$ | Calculado |
| Calor latente de vaporização molar da água | $\lambda$ | 2.3x$10^6$ | $J \cdot mol^{-1}$ | (23) |
| Fração de água inicial | $x_{w0}$ | 0,749 | - | Experimental |
| Umidade em base seca inicial | $X_{BS0}$ | 2,984 | $kg \cdot kg^{-1}$ | Experimental |
| Difusividade de umidade | $D$ | $10^{-9}$ e $10^{-7}$ | $m^2 \cdot s^{-1}$ | (5 e 11). |
| Emissividade | $\varepsilon$ | 0,75 | - | Assumido |
| Constante de Boltzmann | $k_b$ | 5,67 x $10^{-8}$ | $kg \cdot s^{-3}K^{-4}$ | (23) |
| Taxa de gotejamento | $K_w$ | 1x $10^{-3}$ | $kg \cdot m^{-2}s^{-1}$ | (17) |
| Temperatura das paredes do forno | $T_{parede}$ | 200 | $°C$ | Assumido |
| Umidade Relativa | $UR$ | 1.0 | % | Assumido |
| Capacidade de retenção de água | $CRA$ | $x_{w0} - \frac{0.345}{1 + 30 * e^{(-0.25*(T-52))}}$ | | (6) |

Fonte: Autores, 2025

A Tabela 2 apresenta os parâmetros adotados no modelo, obtidos por interpolação de dados extraídos da literatura.

Tabela 2 – Parâmetros obtidos por interpolação a partir de dados bibliográficos para o modelo de transferência de calor e massa.

| Parâmetro | Símbolo | Fonte |
|---|---|---|
| Densidade | $\rho$ | |
| Condutividade térmica | $kcarne$ | (24) |
| Atividade de água | $a_w$ | |

Fonte: Autores, 2025

Na Tabela 3, encontram-se as variáveis e parâmetros calculados em função da temperatura e da concentração, utilizados no desenvolvimento do modelo.

Tabela 3 - Variáveis e parâmetros calculados em função da temperatura e concentração para a modelagem da transferência de calor e massa.

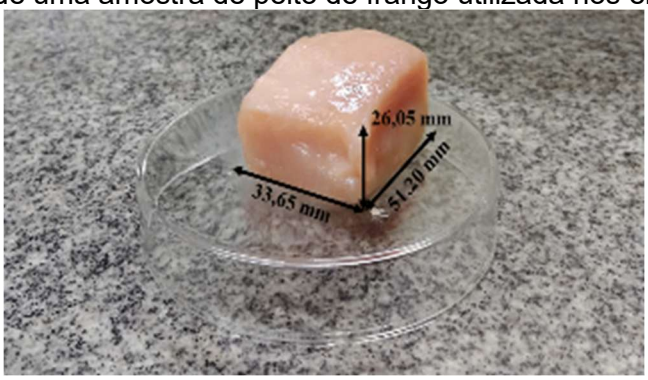
| Parâmetro | Símbolo | Expressão |
|---|---|---|
| Umidade em base seca | $X_{BS}$ | $(c * M_{H_2O})/(\frac{m_{s0}}{V_{total}})$ |
| Umidade em base úmida | $X_{BU}$ | $(c * M_{H_2O})/(\frac{m_{s0}}{V_{total)}} + c * M_{H_2O})$ |
| Calor Específico | $c_p$ | $kcarne(X_{BS})/\alpha(X_{BS}) * \rho(X_{BS})$ |
| Pressão de saturação | $p_{sat}$ | $10^3 * e^{16{,}3872 - 3885{,}7/(T\left[\frac{1}{K}\right] - 42{,}98))}$ |
| Pressão de saturação do ar | $p_{sat_ar}$ | $10^3 * e^{16{,}3872 - 3885{,}7/(T_{ar}\left[\frac{1}{K}\right] - 42{,}98))}$ |

Fonte: Autores, 2025

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para validar o modelo desenvolvido, foram realizados ensaios experimentais de cozimento do peito de frango no Laboratório de Propriedades Físicas dos Alimentos (PROFI). Inicialmente, a umidade inicial das amostras foi determinada pelo método gravimétrico em estufa a 105 ºC por 24 horas. As peças de peito de frango resfriado foram adquiridas em mercado local (Florianópolis, SC), das quais foram extraídos blocos retangulares com dimensões médias de 33,65 ± 2,04 mm × 26,05 ± 3,53 mm × 51,20 ± 0,44 mm, e peso médio de 45,11 ± 0,8 g. A amostra utilizada na etapa experimental é apresentada na Figura 3

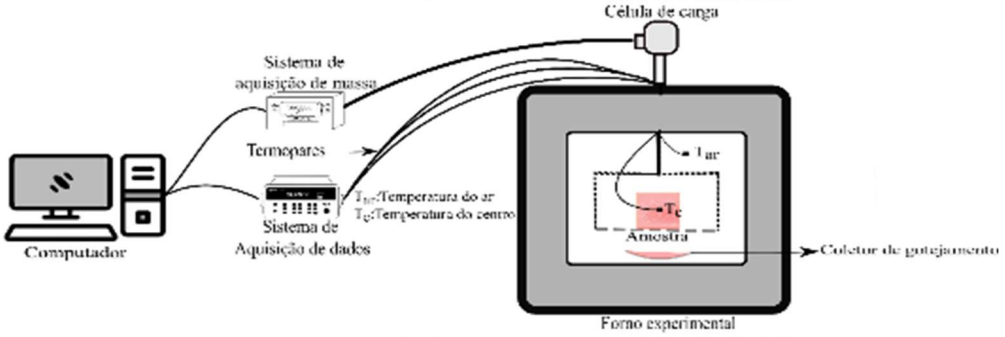
Figura 3 - Fotografia de uma amostra de peito de frango utilizada nos ensaios experimentais.




Fonte: Autores, 2025

Os experimentos de cozimento para coleta de temperatura foram realizados em quatro repetições, utilizando um forno de mufla adaptado conforme Silva et al. (25) (modelo EDG 1800 EDGCON 1P, Brasil). O esquema do equipamento utilizado está apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Esquema do forno de mufla adaptado utilizado nos experimentos de cozimento.




Fonte: Autores, 2025

No interior do forno, foi construída uma câmara retangular de aço inoxidável com dimensões de 96 mm × 96 mm × 150 mm, cujas paredes foram pintadas de preto para melhorar a absorção térmica. O isolamento térmico foi realizado com zircônia microporosa (Zircar Ceramics, Microsil, EUA), e a temperatura do forno foi controlada por um controlador PID (modelo REX – C100). Um termopar tipo T (Iope, Modelo A-TX-TF-TF-R30AWG, Brasil) foi conectado a um sistema de aquisição de dados composto por uma célula de carga (Alfa Instruments, Modelo 3102, Brasil) e um módulo de termopares (Agilent Technologies, Modelo 34970A, EUA), possibilitando medições online de temperatura e massa com taxa de aquisição de 10 Hz (1/10 s). Após o forno atingir a condição estacionária de 200 ºC, o termopar foi inserido no centro das amostras mostradas na Figura 3, que foram posicionadas no centro da câmara por meio de uma haste metálica acoplada ao teto, garantindo que a transferência de calor ocorresse predominantemente por convecção e radiação (25).

A coleta da perda de massa foi realizada no mesmo sistema experimental, com a célula de carga (Tedea-Huntleigh Modelo 1006, transdutores VPG, EUA) conectada ao sistema de aquisição para monitoramento em triplicata da variação de massa durante o cozimento a 200 ºC, conforme o tempo determinado nos ensaios de temperatura. A cinética de perda de massa foi expressa em termos de umidade em base seca, $X_{BS}$ (kg de água · kg de massa seca$^{-1}$), correlacionada com a temperatura das amostras (25).

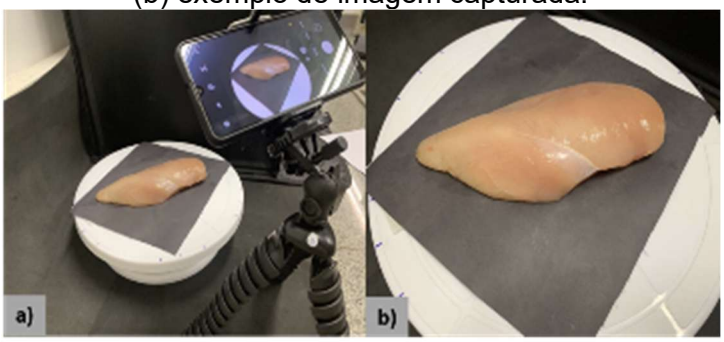
## PROCEDIMENTO DE VALIDAÇÃO DO MODELO

O domínio de cálculo representando os blocos retangulares com suas dimensões, as equações do modelo e os parâmetros citados foram implementos no software e a validação se deu pela comparação dos valores de Temperatura do centro e $X_{BS}$ *vs.* tempo que foram preditos e experimentais variando os parâmetros do modelo ($K_w$ e $D$) de forma incremental visando minimizar o *RMSE (Root Mean Square Error - erro quadrático médio),* conforme a metodologia proposta por Porciúncula et al. (26).

## RECONSTRUÇÃO DA GEOMETRIA DO PEITO DE FRANGO

A fotogrametria tem sido empregada com sucesso na reconstrução tridimensional de alimentos com geometrias irregulares, permitindo a estimativa precisa do volume e das características morfológicas (27). Essa abordagem é especialmente útil para a realização de simulações numéricas mais representativas em comparação às geometrias simplificadas frequentemente adotadas em modelos de cocção de carnes. Neste estudo, um peito de frango foi reconstruído por meio de imagens obtidas no Laboratório de Propriedades Físicas dos Alimentos (PROFI/UFSC). A amostra, previamente descongelada até 22 °C, foi posicionada sobre um prato giratório com fundo preto, enquanto uma câmera de celular de 12 MP, fixada em tripé, capturou 30 imagens em diferentes ângulos. Essa sequência de imagens foi utilizada para gerar a geometria tridimensional da amostra, que serviu como domínio de cálculo nas simulações de transferência de calor e massa. A configuração experimental está ilustrada na Figura 5.

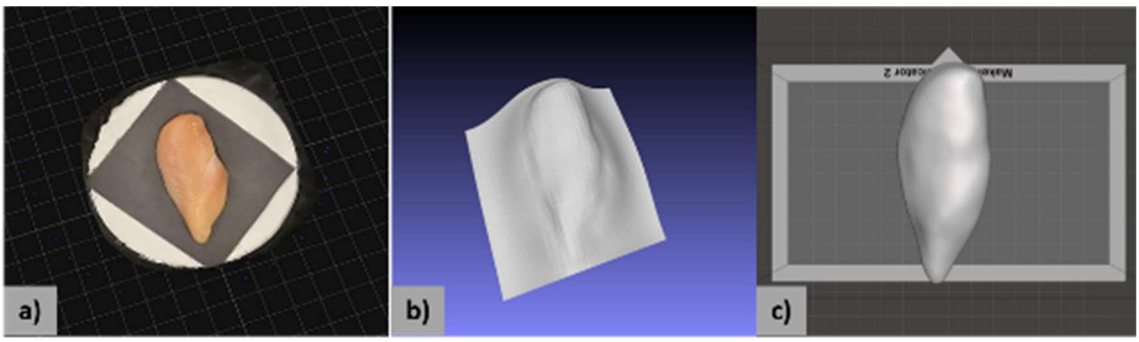
Figura 5 - (a) Configuração experimental utilizada para a captura das imagens por fotogrametria; (b) exemplo de imagem capturada.




Fonte: Autores, 2025

As fotografias obtidas foram tratadas em 3 softwares diferentes: *3DFZephyr*, *MeshLab* e *MeshMixer*, todos *open source*. Inicialmente, o *3DFZephyr* transformou todas as imagens em uma nuvem de pontos, denominada pontos esparsos, que posteriormente foi convertida em uma nuvem de pontos densos para gerar uma representação tridimensional preliminar da amostra, conforme ilustrado na Figura 6a**.** O objeto 3D resultante foi então importado para o *software MeshLab*, que possibilitou a construção da malha, a qual foi posteriormente redimensionada e convertida em um objeto sólido no *MeshMixer*. Este último *software* também permitiu aproximar as dimensões do objeto com base em uma medida real, preparando-o para reconstrução no COMSOL *Multiphysics*®. A malha gerada e o objeto final estão apresentados na Figura 6b e 6c, respectivamente**.**

Figura 6 **-** Etapas da reconstrução 3D e preparação do modelo para simulação: (a) nuvem de pontos esparsos gerada no software *3DFZephyr*; (b) malha obtida no software *MeshLab*; (c) objeto final.




Fonte: Autores, 2025

RESOLUÇÃO NUMÉRICA

A resolução numérica do modelo, baseada no método dos elementos finitos, foi realizada utilizando o software COMSOL Multiphysics® versão 5.5, com uso dos computadores do

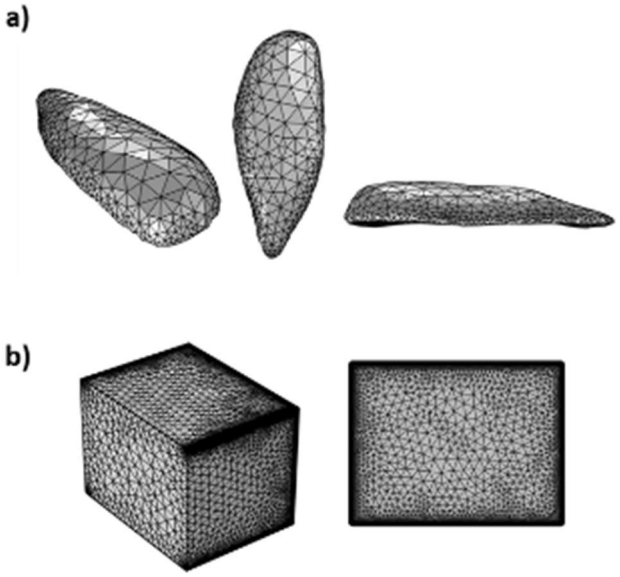
Laboratório de Propriedades Físicas dos Alimentos (PROFI). O equipamento utilizado apresentava as seguintes especificações: sistema operacional Windows 10 (64 bits), processador Intel(R) Core (TM) i7-6850K CPU @ 3.60 GHz, memória RAM de 128 GB e placa gráfica Quadro P600.

Para o cálculo do balanço de massa, foi utilizado o módulo “Transport of Diluted Species”, considerando a difusão de água como força motriz conforme a Lei de Fick. Já a transferência de calor foi modelada por meio do módulo “Heat Transfer in Solids”, englobando condução, convecção e radiação. A equação de temperatura aplicada ao domínio segue a forma diferencial da Lei de Fourier.

Com o objetivo de minimizar o erro numérico, foi conduzido um estudo de malha. Inicialmente, uma malha com número reduzido de elementos foi testada, sendo posteriormente refinada até alcançar-se convergência dos resultados físicos com tempo computacional viável. Para o domínio tridimensional correspondente à geometria real do peito de frango, observou-se que malhas com menos de 1.122 ou mais de 51.843 elementos apresentavam instabilidades de convergência. A malha que atendeu às condições numéricas ideais continha 40.455 elementos, sendo composta por elementos triangulares com tamanhos variando entre 0,33 cm (mínimo) e 1,85 cm (máximo), com refinamento adicional nas bordas da amostra (raio de 0,6 cm), como mostrado na Figura 7a.

Para o modelo utilizado na etapa de validação, adotou-se uma simplificação simétrica do domínio por corte longitudinal ao longo do comprimento da amostra. A malha com melhor desempenho computacional e estabilidade continha 137.971 elementos triangulares, com tamanhos variando entre 0,06 cm e 0,34 cm, também com refinamento nas bordas. Esta configuração está ilustrada na Figura 7b.

Figura 7 - Malhas utilizadas na resolução numérica do modelo no *software* COMSOL *Multiphysics*® 5.5: (a) malha tridimensional aplicada ao domínio com geometria real do peito de frango (40.455 elementos); (b) malha aplicada ao domínio simplificado simétrico utilizado para validação (137.971 elementos).




Fonte: Autores, 2025

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### VALIDAÇÃO DO MODELO

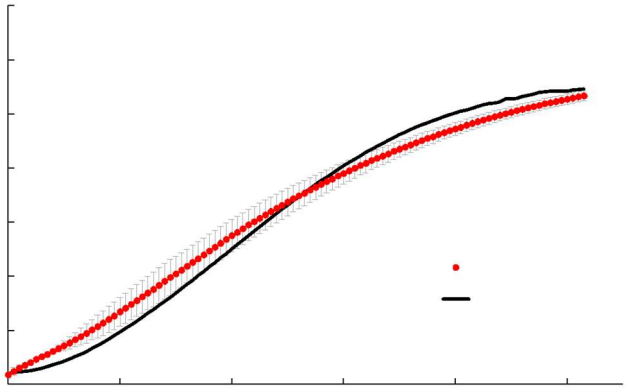
Os melhores valores para os parâmetros ($K_w$)(Taxa de gotejamento) e ($D$) (coeficiente de difusão) foram estimados por meio da resolução do modelo matemático e posterior ajuste da solução numérica aos dados experimentais. As curvas utilizadas para validação consistiram na evolução da temperatura no centro da amostra e no teor de umidade em base seca ($X_{BS}$) ao longo do tempo de cozimento a 200 °C. O ajuste foi realizado por meio de um método exaustivo, com variação incremental dos parâmetros até a minimização do *RMSE*. Os valores ótimos obtidos foram $K_w$= 4.0 x $10^{-3}$ kg·m$^{-2}$s$^{-1}$ e $D$ = 3.0 x $10^{-8}$ m$^{-2}$·s$^{-1}$. Após a validação, esses parâmetros foram empregados na simulação do modelo tridimensional utilizando o domínio de cálculo com as dimensões reais do peito de frango, obtidas por meio da técnica de fotogrametria.

### Cinética de temperatura

De acordo com o *United States Department of Agriculture* (USDA) (28), a temperatura mínima de segurança a ser atingida no interior de produtos avícolas, incluindo o peito de frango, é de 74 °C. Com base nesse valor de referência, a temperatura no centro das amostras foi monitorada durante o cozimento experimental até atingir 74 °C, o que ocorreu, em média, após 1.020 segundos (17 minutos). A temperatura média no centro das quatro amostras ($T_c$) foi comparada com os valores

preditos pela simulação numérica realizada no COMSOL *Multiphysics*®. A cinética de aquecimento ($T_c \ vs. tempo$) para os dados experimentais e simulados é apresentada na Figura 8**.**

Figura 8 - Comparação entre os valores experimentais e preditos pelo modelo para a cinética de aquecimento do centro do peito de frango durante o cozimento a 200 °C.



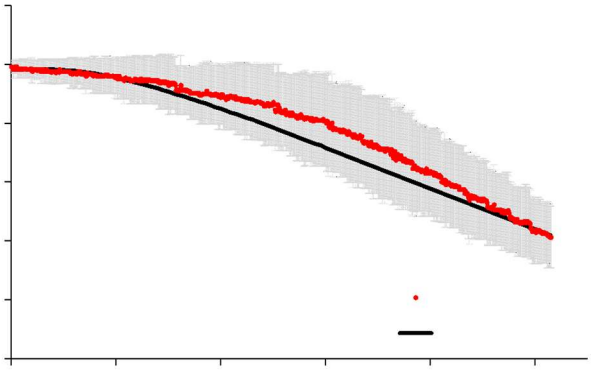
Fonte: Autores, 2025

Os valores preditos pelo modelo (linha preta) apresentaram boa concordância com os dados experimentais médios (pontos vermelhos), considerando o desvio padrão representado pela faixa cinza (variando entre 0,25 e 3,36 °C). O *RMSE* mínimo obtido foi de 2,70 °C, indicando que o modelo matemático desenvolvido — com suas hipóteses, condições de contorno e parâmetros — foi eficaz na descrição da evolução da temperatura central durante o cozimento do peito de frango. O perfil da curva de temperatura é típico de processos de cocção em forno, conforme também observado nos estudos de Feyissa et al. (5), Rabeler e Feyissa (3) e Goñi e Salvadori (17) para produtos cárneos como carne suína, frango e bovina, respectivamente.

**Cinética de perda de massa**

A partir do tempo estimado para que o produto atingisse a temperatura de 74 °C no centro, a umidade global em base seca ($X_{Bs}$) foi monitorada durante o mesmo período de 1.020 segundos. Os valores médios obtidos experimentalmente, juntamente com o desvio padrão (variando entre 0,0210 e 0,1845 kg de água·kg de sólido seco$^{-1}$), representado pela faixa cinza, foram comparados com os valores preditos pelo modelo matemático, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Comparação entre os valores experimentais e preditos para a umidade em base seca ($X_{BS}$) do peito de frango durante o cozimento.



Fonte: Autores, 2025

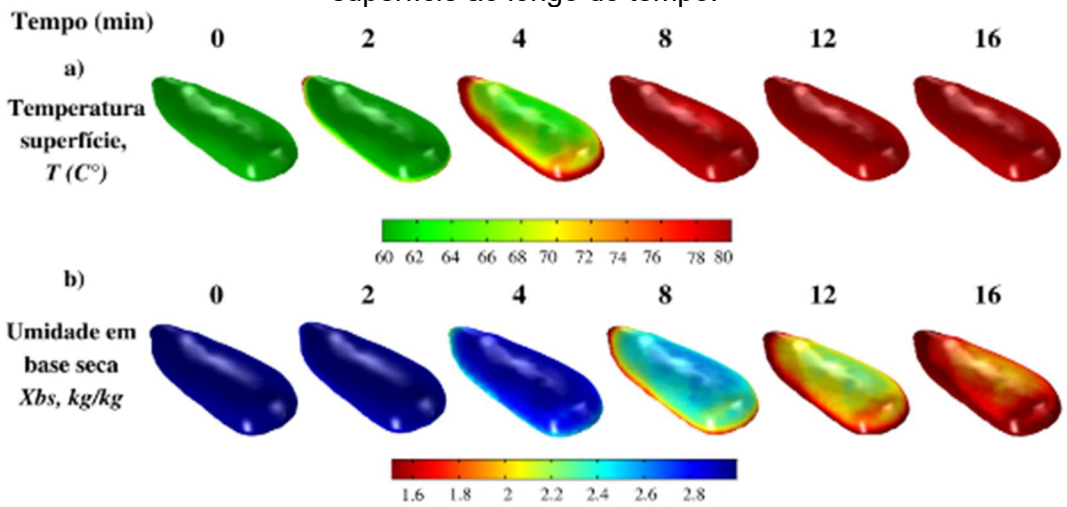
Assim como o perfil de temperatura os resultados experimentais do $X_{BS}$ também mostraram boa concordância com os preditos pelo modelo, obtendo-se um *RMSE* menor que 0,05 kg de água·kg de sólido seco$^{-1}$. Esse resultado validou o modelo na descrição dos fenômenos de transferência de calor e massa simultâneos no processo de cocção do peito de frango.

## PERFIS DE TEMPERATURA E CONCENTRAÇÃO DO PEITO DE FRANGO

Após a validação do modelo e a estimativa dos parâmetros que minimizaram o erro de predição, o modelo matemático foi aplicado considerando o domínio de cálculo tridimensional, representando as dimensões reais do peito de frango. As simulações foram conduzidas sob condição de cozimento com a temperatura do ar do forno ($T_{ar}$) fixada em 200ºC.

Os perfis transientes de temperatura e concentração de água na superfície do produto foram obtidos para um tempo total de 1.030 segundos (pouco mais de 17 minutos), conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 - Resultados da simulação utilizando a geometria real do peito de frango: (a) perfil de temperatura superficial ao longo do tempo de cozimento; (b) perfil de concentração de água na superfície ao longo do tempo.

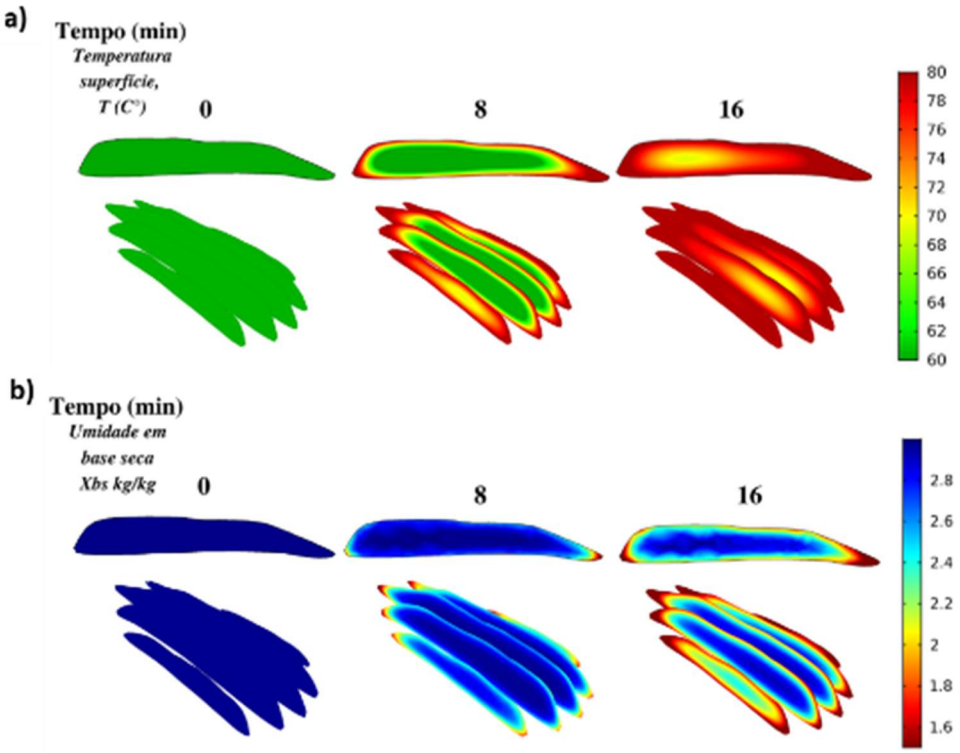



Fonte: Autores, 2025

Inicialmente, toda a superfície do peito de frango apresentava temperatura homogênea de 25 °C. Com o avanço do tempo de cozimento, observou-se que as regiões menos espessas do produto atingiram temperaturas mais elevadas. Esse comportamento pode ser atribuído à menor resistência térmica nessas regiões, o que resulta em uma maior taxa de transferência de calor, conforme previsto pela física do processo.

O comportamento térmico é ilustrado na Figura 11a, que apresenta o perfil de temperatura simulada ao longo do tempo. Nota-se aquecimento mais rápido nas extremidades. A Figura 11b mostra a distribuição espacial da concentração de água, evidenciando a diminuição do teor de umidade nas regiões mais expostas e superficiais devido à evaporação e ao gotejamento. Esses resultados confirmam a coerência física e a robustez do modelo ao representar simultaneamente os fenômenos de transferência de calor e massa durante o assamento.

Figura 11 - Perfis simulados no domínio tridimensional do peito de frango ao longo do tempo de cozimento: (a) distribuição de temperatura na superfície e no centro da amostra; (b) distribuição da concentração de água na superfície e no centro da amostra.




Fonte: Autores, 2025

Como os mecanismos de transferência de calor e massa ocorrem de forma simultânea, o aquecimento da superfície do peito de frango gera um gradiente de temperatura que, por sua vez, induz um gradiente de concentração de umidade. Com o avanço do tempo, observa-se uma redução da concentração de água nas regiões superficiais, especialmente nas áreas menos espessas do produto. Nessas regiões, o aquecimento é mais rápido, promovendo maior evaporação e gotejamento, resultando em maior perda local de umidade.

Adicionalmente, nota-se que a região central do peito de frango mantém maior teor de umidade e atinge temperaturas mais baixas ao longo do processo. Por esse motivo, a temperatura do centro do produto é comumente utilizada como parâmetro de controle para garantir a segurança microbiológica, sendo necessário que atinja, no mínimo, 74 °C. O modelo desenvolvido mostrou-se eficaz para predizer o tempo necessário para alcançar essa temperatura crítica, podendo ser utilizado como ferramenta de apoio na definição de condições adequadas de cocção.

## ESTUDO PARAMÉTRICO E DE CONDIÇÕES DE PROCESSO

Após a validação do modelo e a verificação de sua capacidade preditiva, foi conduzido um estudo paramétrico com o objetivo de avaliar o impacto da variação de parâmetros-chave sobre o comportamento do sistema. Os parâmetros analisados foram a difusividade da água no interior da

carne ($D$) e a taxa de gotejamento na superfície do produto ($K_w$), cujos valores são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Análise paramétrica conduzida no modelo

| Parâmetros | Valores utilizados | | | Avaliações conduzidas |
|---|---|---|---|---|
| Difusividade de umidade ($D$) ($m^2 \cdot s^{-1}$) | $10^{-7}$ | $10^{-8}$ | $10^{-9}$ | Temperatura do centro e umidade em base seca ao longo de 1030 segundos. |
| Taxa de Gotejamento ($K_w$) ($kg \cdot m^{-2} s^{-1}$) | $10^{-2}$ | $10^{-3}$ | $10^{-4}$ | |

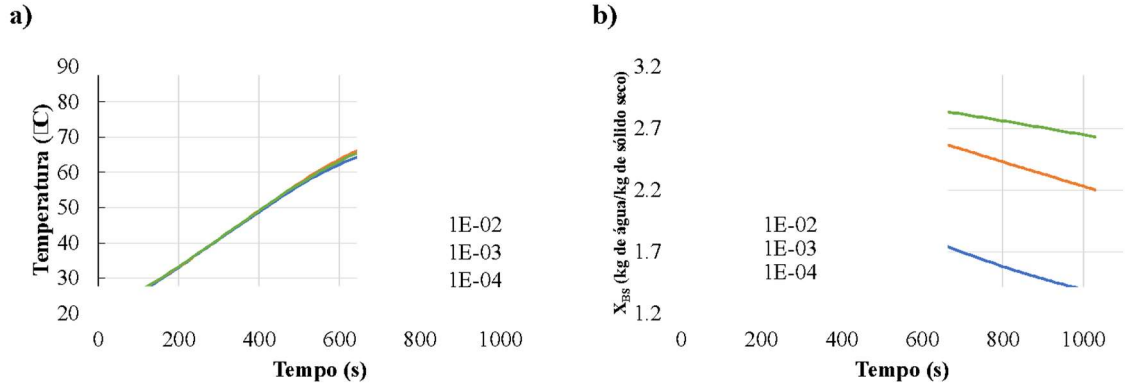
Fonte: Autores, 2025

A escolha desses parâmetros justifica-se por sua influência direta nos mecanismos de perda de massa durante o processo de cocção e pela ampla faixa de valores relatada na literatura. O estudo visou identificar a sensibilidade do modelo a essas variáveis, contribuindo para uma melhor compreensão de seu papel no controle do tempo de cozimento e na retenção de umidade do produto.

Os resultados da análise paramétrica são apresentados nas Figuras 12 **e** 13, nas quais se comparam os perfis de temperatura central e de umidade em base seca ($X_{BS}$) para diferentes valores de $D$ e de $K_w$. As simulações foram conduzidas variando $D$ entre $10^{-7}$ - $10^{-9}$ e da $K_w$ variando entre $10^{-2}$ e $10^{-4}$, mantendo todos os demais parâmetros conforme o modelo validado.

Na Figura 12, observam-se os resultados da variação da difusividade. A alteração de $D$ na faixa estudada não impactou significativamente a temperatura do centro do produto (Figura 12a), sugerindo que a transferência de calor é predominantemente governada pela condução térmica e não afetada por esse parâmetro.

Figura 12 - Estudo paramétrico: efeito da difusividade ($D$) na cocção do peito de frango. (a) Temperatura central ao longo do tempo; (b) Umidade em base seca ($X_{BS}$).

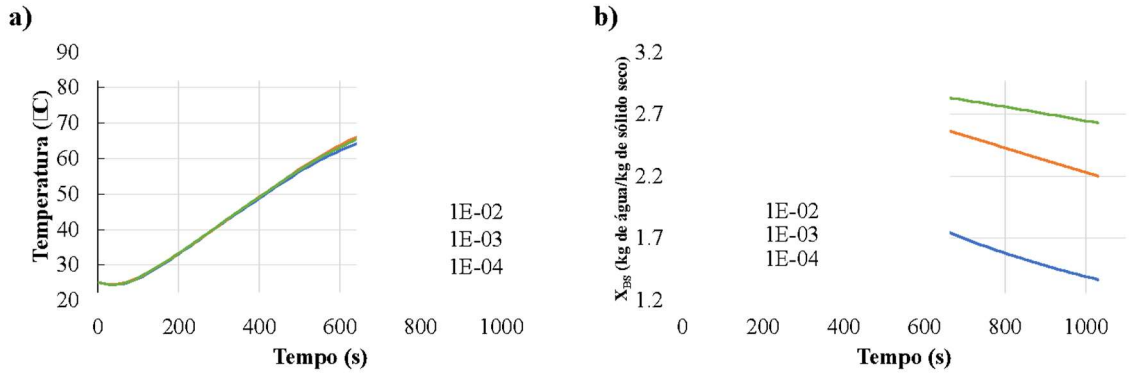



Fonte: Autores, 2025

No entanto, a variação de $D$ teve influência considerável na perda de umidade, como evidenciado na Figura 12b. Difusividades maiores resultaram em maiores perdas de massa ao longo do tempo, especialmente após 500 segundos de cozimento. Esse comportamento é explicado pela intensificação dos mecanismos de transferência de massa promovida pelo aquecimento progressivo do produto, que aumenta os gradientes de concentração e favorece a migração de umidade.

Na Figura 13, são apresentados os resultados da variação da taxa de gotejamento. Nota-se uma leve redução na temperatura central para a maior taxa simulada ($10^{-2}$ kg·m$^{-2}$·s$^{-1}$), como mostrado na Figura 13a. A redução ocorre devido ao efeito do resfriamento evaporativo e da perda acelerada de água. A Figura 13b evidencia que taxas de gotejamento mais elevadas levam a perdas de massa mais intensas e precoces, com queda acentuada do teor de umidade logo nos primeiros minutos de cocção. Esse comportamento está relacionado à intensificação do fluxo de umidade da superfície, que compromete a retenção de água no produto.

Figura 13. Estudo paramétrico: efeito da taxa de gotejamento ($K_w$) na cocção do peito de frango. (a) Temperatura central ao longo do tempo; (b) Umidade em base seca ($X_{Bs}$).




Fonte: Autores, 2025

No entanto, valores excessivamente elevados de $K_w$ como $10^{-2}$ kg·m$^{-2}$s$^{-1}$, podem não representar adequadamente o fenômeno físico real. Esse mecanismo de gotejamento está fortemente associado à desnaturação térmica das proteínas e à consequente redução da capacidade de retenção de água (CRA), sendo mais bem descrito em faixas realistas, como indicam Feyissa et al. (5) e Goñi e Salvadori (6).

Outro estudo realizado envolveu a avaliação do impacto das condições operacionais do forno, com foco em dois parâmetros críticos: a temperatura do ar do forno ($T_{ar}$) e a umidade relativa do ar ($UR$). Esses fatores influenciam diretamente os mecanismos de transferência de calor e massa, afetando tanto a cinética de aquecimento quanto a taxa de evaporação e, consequentemente, a perda de umidade do produto.

As condições simuladas foram definidas com base em faixas operacionais comuns em processos de cocção, sendo os níveis de $T_{ar}$ e $UR$ combinados de forma a representar diferentes

cenários industriais e domésticos. Os valores adotados para o estudo estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Condições de processo avaliadas na simulação do assamento do peito de frango.

| **Parâmetros** | **Valores utilizados** | | | **Avaliações conduzidas** |
|---|---|---|---|---|
| Temperatura do forno ($T_{ar}$) | 180º C | 200ºC | 220ºC | Temperatura do centro e umidade em base seca ao longo de 1030 segundos. |
| Umidade relativa *(UR)* | 1,0% | 2,0% | 3,0% | |

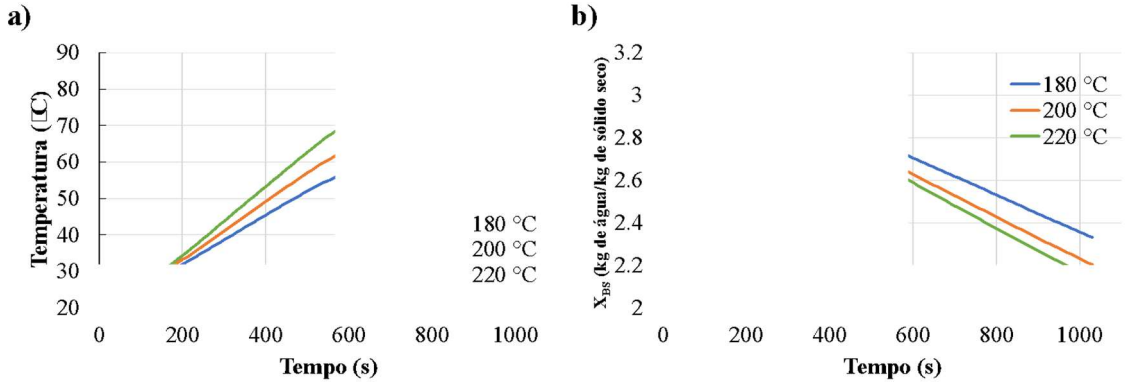
Fonte: Autores, 2025

Na Figura 14 são apresentados os resultados da análise do efeito da temperatura do ar do forno sobre o processo de cocção do peito de frango, mantendo a umidade relativa do ar constante em 1%. Os perfis de temperatura central e de umidade em base seca ($X_{Bs}$) foram simulados para diferentes valores de $T_{ar}$, visando avaliar seu impacto nos tempos de aquecimento e nas perdas de massa do produto.

Conforme ilustrado na Figura 14a, temperaturas mais elevadas do ar do forno aceleram o aquecimento do centro do frango, resultando em uma redução significativa do tempo necessário para atingir o patamar de segurança microbiológica de 74 °C. Esse comportamento é esperado, uma vez que o gradiente de temperatura entre o ar do forno e o alimento se intensifica, promovendo maior fluxo de calor por convecção e radiação.

Na Figura 14b, observa-se que a elevação da temperatura do forno também intensifica a perda de umidade do produto. Isso ocorre devido ao aumento da taxa de evaporação superficial, promovido pelas maiores temperaturas, o que reduz o teor de água na carne de forma mais rápida e intensa. A combinação desses efeitos reforça a importância do controle de $T_{ar}$, no processo de assamento, uma vez que ele afeta simultaneamente o tempo de cocção e a suculência do produto final.

Figura 14 - Estudo de Condições de Processo (Temperatura do forno ($T_{ar}$)): a) Perfil de temperatura e b) Perfil de Umidade em base seca ($X_{Bs}$)




Fonte: Autores, 2025

Como esperado, a temperatura do forno ($T_{ar}$) influenciou significativamente os perfis de temperatura e umidade durante o processo de cocção. Temperaturas mais elevadas resultaram em um aumento mais rápido da temperatura interna do frango, conforme também observado por Rabeler et al. (3), que demonstraram que o aumento de $T_{ar}$ intensifica o fluxo de calor do ar para a superfície do alimento, devido à elevação do gradiente térmico, acelerando o aquecimento do centro do produto.

O tempo necessário para que a temperatura central atingisse o valor de segurança microbiológica (74 °C) diminuiu com o aumento da temperatura do forno, reduzindo-se de aproximadamente 17 minutos a 180 °C para 11 minutos a 220 °C. Este comportamento permite estabelecer condições de cocção otimizadas que garantam a segurança térmica e qualidade sensorial do produto, além de sugerir potencial de economia energética devido à diminuição do tempo de processo.

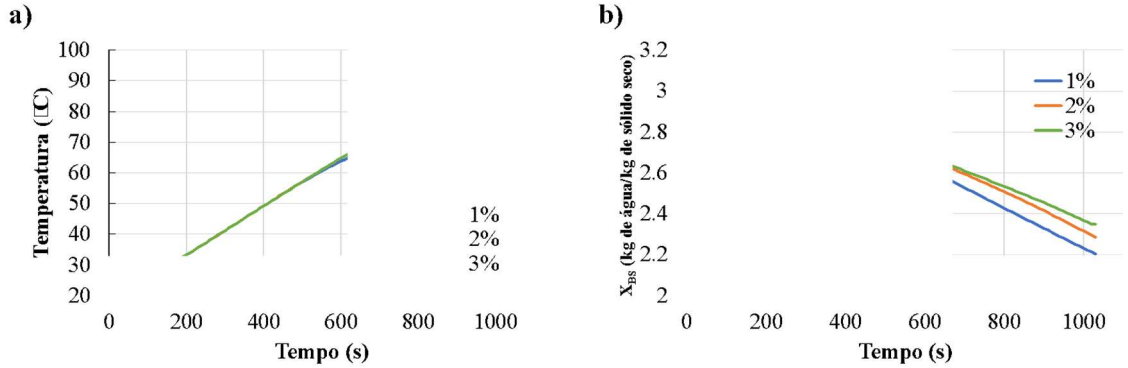
A Figura 15 apresenta os resultados do estudo do efeito da umidade relativa do ar no forno, mantendo a temperatura constante em 200 °C. Observa-se na Figura 15a que a variação da $UR$ do ambiente não impactou significativamente o perfil de temperatura central do produto. No entanto, a Figura 15b mostra que o aumento da $UR$ reduz a perda de umidade do frango ao longo do processo de cocção.

Esse efeito é atribuído à diminuição do gradiente de pressão de vapor entre a superfície da carne e o ar do forno, reduzindo a taxa de evaporação da água na superfície. Ambientes com maior $UR$ atuam como uma barreira à secagem superficial, permitindo maior retenção de água e, consequentemente, maior suculência no produto final. Este resultado reforça a importância do controle da umidade do ar no interior do forno como uma estratégia para otimizar a qualidade do alimento assado.

Nas Figuras 15a e 15b, observa-se o efeito da elevação da $UR$ de 1,0% para 3,0% sobre o comportamento térmico e a perda de massa do peito de frango durante o cozimento. Verifica-se que tanto o teor de umidade quanto a temperatura da amostra são afetados por essa variação, evidenciando que a $UR$ influencia simultaneamente os mecanismos de transferência de calor e massa.

Com o aumento da $UR$, a perda de umidade do produto foi significativamente reduzida, uma vez que o gradiente de pressão de vapor entre a superfície da carne e o ar do forno diminui, restringindo o processo de evaporação. Esse efeito limita o resfriamento evaporativo, o que favorece um aquecimento mais eficiente da carne e acelera a elevação da temperatura interna, conforme demonstrado nos perfis simulados.

Figura 15. Estudo das condições de processo: efeito da umidade relativa do ar ($UR$) no assamento do peito de frango. (a) Temperatura central ao longo do tempo; (b) Umidade em base seca ($X_{BS}$).




Fonte: Autores, 2025

A influência da $UR$ sobre a temperatura central do produto também foi notável. Em ambientes com maior $UR$, observou-se um aquecimento mais rápido, condizente com a menor dissipação de energia pela evaporação de água superficial. Este resultado está em concordância com o estudo de Chen et al. (9), que relatou tempos de cocção reduzidos em ambientes com $UR$ elevada, atribuídos ao aumento do fluxo de calor líquido transferido para o alimento sob essas condições.

## CONCLUSÕES

Neste estudo, foi desenvolvido um modelo matemático tridimensional para descrever os fenômenos de transferência de calor e massa durante o assamento de peito de frango em forno por convecção natural. Diferentemente de trabalhos anteriores, que frequentemente adotam geometrias simplificadas ou modelos bidimensionais, este estudo incorporou técnicas de fotogrametria para reconstruir a geometria realista do produto, aproximando as simulações das condições reais de cocção industrial e doméstica.

As equações de conservação de energia e massa, associadas a parâmetros físico-químicos e condições iniciais e de contorno, foram implementadas e resolvidas numericamente no software *COMSOL Multiphysics*®. O modelo demonstrou boa capacidade preditiva ao reproduzir com precisão os perfis de temperatura e umidade em diferentes regiões do alimento ao longo do tempo. Outra contribuição inédita foi a avaliação paramétrica integrada da difusividade da água, taxa de gotejamento, temperatura do forno e umidade relativa do ar, permitindo identificar os fatores mais críticos tanto para a eficiência do processo quanto para a qualidade final do alimento.

Portanto, mesmo com as simplificações assumidas, o modelo proposto se mostrou eficaz para descrever os principais fenômenos físicos envolvidos na cocção de carnes e se diferencia dos modelos tradicionais ao integrar geometria real, análises paramétricas múltiplas e potencial de acoplamento com cinéticas de qualidade. Ele pode ser utilizado como ferramenta preditiva inédita

para estimar tempo de cozimento, perda de umidade e otimizar condições de processo, além de apresentar potencial para prever atributos como cor, textura, encolhimento e inativação microbiana, contribuindo diretamente para o desenvolvimento de produtos e equipamentos em ambientes industriais e domésticos.

## REFERÊNCIAS


1. ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. *Relatório anual 2022*. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1.pdf.
2. PEREIRA, S. Gerenciamento de cadeia de suprimentos: análise da avaliação de desempenho de uma cadeia de carne e produtos industrializados de frango no Brasil [tese]. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas; 2003. 357 p. https://doi.org/10.1590/s1981-67232013005000033.
3. RABELER, F.; FEYISSA, A. H. Modelling the transport phenomena and texture changes of chicken breast meat during the roasting in a convective oven. *Journal of Food Engineering*. 2018;237:60–8. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.05.016.
4. PATHARE, P. B.; ROSKILLY, A. P. Quality and energy evaluation in meat cooking. *Food Engineering Reviews*. 2016;8(4):435–47. https://doi.org/10.1007/s12393-016-9143-5.
5. FEYISSA, A. H. *Robust modelling of heat and mass transfer in processing of solid foods* [tese]. Lyngby: Technical University of Denmark; 2013.
6. VAN DER SMAN, R. G. M. Moisture transport during cooking of meat: an analysis based on Flory–Rehner theory. *Meat Science*. 2007;76(4):730–8. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.02.014.
7. BISCEGLIA, B. et al. Food cooking process: numerical simulation of the transport phenomena. *COMSOL Conference*, 2013. Disponível em: https://www.comsol.com/paper/food-cooking-process-numerical-simulation-of-the-transport-phenomena-15441.
8. RABELER, F. *Mechanistic modelling of heat and mass transfer in processing of solid and semi-solid foods* [tese]. Lyngby: Technical University of Denmark; 2020.
9. CHEN, H.; MARKS, B. P.; MURPHY, R. Y. Modeling coupled heat and mass transfer for convection cooking of chicken patties. *Journal of Food Engineering*, London, v. 42, n. 3, p. 139–146, 2000.
10. FEYISSA, A. H.; ADLER-NISSEN, J.; GERNAEY, K. Model of heat and mass transfer with moving boundary during roasting of meat in convection-oven. In: *COMSOL European Conference*, 2009.
11. VAN DER SMAN, R. G. M. Modeling cooking of chicken meat in industrial tunnel ovens with the Flory-Rehner theory. *Meat Science*. 2013;95(4):940–57. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.037.
12. AHMAD, S.; KHAN, M. A.; KAMIL, M. Mathematical modeling of meat cylinder cooking. *LWT – Food Science and Technology*. 2015;60(2):678–83. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.061.
13. DATTA, A.; RAKESH, V. *An introduction to modeling of transport processes*. Cambridge: Cambridge University Press; 2010.
14. OILLIC, S.; PEÑA, M.; BOLTE, J. Kinetic analysis of cooking losses from beef and other animal muscles heated in a water bath – effect of sample dimensions and prior freezing and ageing. *Meat Science*. 2011;88(3):338–46. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.01.001.
15. CHIAVARO, E.; MAGNANI, A.; RINALDI, M.; ROSE, C.; BACCI, M. Cooking of pork Longissimus dorsi at different temperature and relative humidity values: effects on selected physico-chemical properties. *Journal of Food Engineering*. 2009;93(2):158–65. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.01.010.
16. VAN KOERTEN, K. N.; DE JONG, P.; BUS, M.; VAN DER POL, C.; VAN DER SCHOOT, B.; LAMMERTINK, R. G. H. Modelling water evaporation during frying with an evaporation dependent heat transfer coefficient. *Journal of Food Engineering*. 2017;197:60–7. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.11.007.

17. GOÑI, S. M.; SALVADORI, V. O. Vision system for 3D reconstruction of irregular food products. *Journal of Food Engineering*. 2010;99(3):327–33. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.03.021.
18. GOÑI, S. M.; PURLIS, E.; SALVADORI, V. O. Geometry modelling of food materials from magnetic resonance imaging. *Journal of Food Engineering*. 2008;88(4):561–7. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.03.020.
19. SCHOEMAN, M.; LORENZ, K.; ENGELHARDT, M.; DREYER, M.; BAUER, S. Imaging food microstructure using X-ray computed tomography. *Food Research International*. 2016;89:195–210. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.004.
20. DATTA, A. K. Toward computer-aided food engineering: mechanistic frameworks for evolution of product, quality and safety during processing. *Journal of Food Engineering*. 2016;176:9–27. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.10.010.
21. ZHOU, L.; NYBERG, K.; ROWAT, A. C. Understanding diffusion theory and Fick's law through food and cooking. *Advances in Physiology Education*. 2015;39(3):192–7. https://doi.org/10.1152/advan.00133.2014.
22. FEYISSA, A. H.; ADLER-NISSEN, J.; GERNAEY, K. Modelling of coupled heat and mass transfer during a contact baking process. *Journal of Food Engineering*. 2011;106(3):228–35. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.05.014.
23. SMITH, J. M.; VAN NESS, H. C.; ABBOTT, M. M. *Introdução à termodinâmica da engenharia química*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC; 2007.
24. PEREIRA, T. E. J.; SANTOS, J. P. dos; SOUZA, C. S. de; ARAUJO, M. A. M. Propriedades termofísicas da carne branca de frango: efeito da temperatura e do conteúdo de umidade. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2013;16(4):278–84.
25. SILVA, T. H. L.; MONTEIRO, R. L.; SALVADOR, A. A.; LAURINDO, J. B.; CARCIOFI, B. A. M. Kinetics of bread physical properties in baking depending on actual finely controlled temperature. *Food Control*. 2022;137:108898. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108898.
26. PORCIUNCULA, B. D. A.; HUBINGER, M. D.; HENRIQUES, J. A. Determining the effective diffusion coefficient of water in banana (Prata variety) during osmotic dehydration and its use in predictive models. *Journal of Food Engineering*. 2013;119(3):490–6. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.06.011.
27. ALINOVI, M.; MUCCHETTI, G. A coupled photogrammetric–finite element method approach to model irregular shape product freezing: mozzarella cheese case. *Food and Bioproducts Processing*. 2020;122:98–110. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.03.010.
28. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Safe minimum internal temperature chart*. Washington, D.C.: USDA; 2020. Disponível em: https://www.fsis.usda.gov/food-safety/safe-food-handling-and-preparation/food-safety-basics/safe-temperature-chart.

# MODELAGEM DE FÔRMAS PARA QUEIJOS MATURADOS: APLICAÇÃO DO FILAMENTO PETG NA IMPRESSÃO 3D COMO UMA ALTERNATIVA INOVADORA

# MOLD MODELING FOR MATURED CHEESE: APPLICATION OF THE PETG FILAMENT IN 3D PRINTING AS AN INNOVATIVE ALTERNATIVE

**DOI: 10.65747/conali2025v1c04**

**Diogo Marques da Silva[1]; Jacinta Silva Oliveira[2]; Daniel Filipe Ribeiro dos Santos[3]; Humberto Pessoa de Freitas[4]; Gerla Castello Branco Chinelate[5]**

[1]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos – UFAPE; [2]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos – UFAPE; [3]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos – UFAPE; [4]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos – UFAPE; [5]Docente do curso de Graduação de Engenharia de Alimentos – UFAPE.

Contato: diogoengdealimentos@gmail.com

**Resumo:** A manufatura aditiva tem se destacado como uma tecnologia versátil para produção de peças personalizadas, incluindo aplicações na indústria alimentícia. Este trabalho teve como objetivo desenvolver fôrmas para queijos maturados utilizando filamento PETG (Polietileno Tereftalato Glicol), avaliando suas vantagens em comparação ao PLA (Ácido Polilático), como resistência térmica, durabilidade e conformidade com normas de segurança alimentar. A metodologia envolveu a modelagem 3D no software Blender, a impressão de um protótipo inicial em PLA e a versão final em PETG. Os resultados demonstraram que o PETG apresenta maior estabilidade térmica, resistência química e capacidade de deformação plástica tornando-o mais adequado para o processo de maturação de queijos. Além disso, o design da fôrma foi aprimorado com canais de drenagem e validado por um produtor artesanal, que destacou sua funcionalidade e facilidade de limpeza. Concluiu-se que o PETG é uma alternativa inovadora e viável para a produção de fôrmas personalizadas, combinando tecnologia, eficiência e sustentabilidade.

**Palavras–chave:** manufatura aditiva; queijos maturados; segurança alimentar

**Abstract:** Additive manufacturing has stood out as a versatile technology for the production of customized parts, including applications in the food industry. This work aimed to develop molds for matured cheeses using PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol) filament, evaluating its advantages compared to PLA (Polylactic Acid), such as thermal resistance, durability and compliance with food safety standards. The methodology involved 3D modeling in Blender software, printing an initial prototype in PLA, and the final version in PETG. The results showed that PETG has greater thermal stability, chemical resistance and plastic deformation capacity, making it more suitable for the cheese maturation process. In addition, the formwork design has been enhanced with drainage channels and validated by an artisan producer, who has highlighted its functionality and ease of cleaning. It was concluded that PETG is an innovative and viable alternative for the production of customized formwork, combining technology, efficiency and sustainability.

**Keywords:** additive manufacturing; matured cheeses; food safety

## INTRODUÇÃO

Apesar de que a manufatura aditiva seja regularmente associada a um processo de fabricação recente, tendo ganhado destaque em meados de 2010, ela surgiu em 1983 no Japão

como um processo conhecido como Stereolithography. Daí em diante, esse processo vem ganhando notoriedade devido à sua ampla gama de aplicações e ao seu potencial tecnológico no quesito versatilidade e agilidade de fabricação de produtos únicos e customizáveis (1).

A fabricação de peças em 3D pode ser classificada em três abordagens principais: manufatura subtrativa, formativa e aditiva. Segundo Wiltgen e Lopes (2), a manufatura aditiva (impressão 3D) constrói objetos camada por camada, adicionando material até atingir a geometria desejada, sendo ideal para peças complexas com alta precisão e mínimo desperdício.

Já a manufatura subtrativa remove material de um bloco sólido por meio de processos como usinagem, fresagem ou torneamento, esculpindo a peça final a partir de uma matéria-prima maior. Por fim, a manufatura formativa molda materiais em formas específicas utilizando técnicas como forjamento, estampagem ou moldagem por injeção, aplicando forças externas para deformar o material sem adição ou remoção significativa.

Com um faturamento de R$ 68,7 bilhões em 2018, registrando queda de 2,1% em relação a 2017, a indústria de laticínios brasileira é o segundo segmento mais importante do setor de alimentos, ficando atrás apenas dos derivados da carne e superando os segmentos de café, chá, cereais e açúcares (3). Segundo Siqueira (4) o leite longa vida ainda é o produto lácteo mais consumido no país, mas os queijos vêm apresentando maiores taxas de crescimento nas vendas nos últimos anos. Esse aumento se deve, principalmente, às mudanças no perfil do consumidor brasileiro, que hoje é mais jovem e busca nutrição, praticidade, conveniência, personalização e outros atributos. Essa tendência reflete a diversificação nos padrões de consumo de lácteos, com os brasileiros optando por produtos de maior valor agregado. Além de oferecer uma ampla variedade de tipos, sabores e tamanhos, os queijos atendem à demanda por alimentos nutritivos e ao mesmo tempo práticos para o consumo.

O setor lácteo brasileiro tem enfrentado significativas mudanças tecnológicas, elevando a competitividade dos produtores mais modernizados. No entanto, esse cenário acentua a exclusão dos produtores menos adaptados às inovações tecnológicas e de gestão. Nesta circunstância, a tendência é que permanecerão na atividade os produtores que possuírem uma melhor visão de negócio, que se adaptarem à nova realidade de adoção de tecnologia, melhorias na gestão e maior eficiência técnica e econômica. Isto é, o processo de consolidação no campo deve continuar e aqueles produtores e laticínios menos eficientes tendem a perder espaço (5).

Diante do exposto, **este trabalho tem como objetivo desenvolver uma fôrma para queijos maturados em tamanho reduzido utilizando filamento PETG em impressão 3D, analisando suas vantagens em comparação ao PLA, desenvolvendo inicialmente um protótipo para validação do design e funcionalidade, aprimorando-o para a versão final e submetendo o produto à avaliação de um produtor artesanal para garantir sua adequação às**

**demandas do mercado, demonstrando assim uma solução inovadora que alia tecnologia, customização e sustentabilidade na produção de queijos.**

## MATERIAL E MÉTODOS

O projeto de desenvolvimento da fôrma para queijo maturado foi executado na Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), empregando a técnica de manufatura aditiva com filamentos de PLA (Ácido Polilático) e PETG (Polietileno Tereftalato Glicol). A metodologia adotada priorizou a integração entre design, funcionalidade e conformidade com as normas de segurança alimentar, assegurando um produto adequado à produção artesanal de queijos. Foi conduzido também um estudo comparativo entre os dois filamentos analisando as suas propriedades.

Inicialmente, foi produzido um protótipo utilizando filamento de PLA, material amplamente difundido em impressão 3D devido à sua facilidade de manipulação e custo reduzido. A modelagem 3D da fôrma foi realizada no software Blender (versão 4.1), selecionado por sua capacidade de gerar modelos precisos e detalhados. Blender tem sido amplamente utilizado em diversas áreas, desde a criação de protótipos industriais (6) até a modelagem de elementos arquitetônicos complexos (7). Sua flexibilidade e capacidade de integração com outras ferramentas o tornam uma escolha popular para o desenvolvimento de modelos 3D de alta qualidade. O design considerou as dimensões ideais para queijos tipo reino em porções menores, atendendo às necessidades de produtores artesanais e consumidores.

O modelo 3D foi exportado para o software Cura (versão 8.5), responsável pela conversão do projeto em instruções executáveis pela impressora 3D. Cura é um software de fatiamento *open-source* amplamente utilizado na comunidade de impressão 3D (8). Sua facilidade de uso e ampla gama de configurações o tornam uma ferramenta essencial para otimizar o processo de impressão e garantir a qualidade das peças finais (9). A impressão do protótipo em PLA foi realizada na impressora Ender 3 Neo, com duração aproximada de 13 horas.

Após validação do protótipo, a versão definitiva da fôrma foi fabricada em PETG, material escolhido por sua resistência mecânica, durabilidade e compatibilidade com normas de segurança alimentar. O PETG oferece vantagens como facilidade de higienização e resistência a desgastes químicos e térmicos, essenciais para o processo de maturação. O tempo de impressão manteve-se equivalente ao do protótipo, garantindo precisão dimensional e funcionalidade.

Todas as etapas foram documentadas, incluindo ajustes dimensionais e avaliação preliminar por um produtor artesanal local. Essa abordagem permitiu refinar os parâmetros técnicos e operacionais, transformando o Produto Mínimo Viável (MVP) em uma solução prática para a produção de queijos maturados.

O desenvolvimento do MVP seguiu uma estrutura sistemática, dividida em quatro etapas principais (Figura 1).

Figura 1 – Desenvolvimento do produto mínimo viável (MVP)

Fonte: Autores, 2025

1. **Modelagem 3D (Blender):** Criação do design da fôrma com precisão dimensional, definindo formato e características específicas.
2. **Configuração (Cura 8.5):** Ajuste de parâmetros de impressão e geração do código G para a impressora 3D.
3. **Impressão (PLA):** Fabricação do protótipo por deposição camada a camada, assegurando integridade estrutural.
4. **Validação:** Inspeção dimensional e funcional do protótipo, com ajustes iterativos para correção de eventuais inconsistências.

Para a versão final do produto, o mesmo fluxograma foi mantido, substituindo apenas o material (PETG) e refinando os parâmetros com base nos resultados do protótipo. O processo iterativo garantiu um produto final alinhado às exigências do mercado, combinando eficiência, segurança e aplicabilidade prática.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta as características dimensionais e o peso da versão inicial (PLA) do MVP da fôrma para queijo maturado. Ela descreve os diâmetros da boca da tampa e da base, bem como as alturas de cada componente, além do peso total do protótipo. Esses dados são essenciais para avaliar a conformidade do produto com os requisitos projetuais e sua adequação ao processo de maturação do queijo.

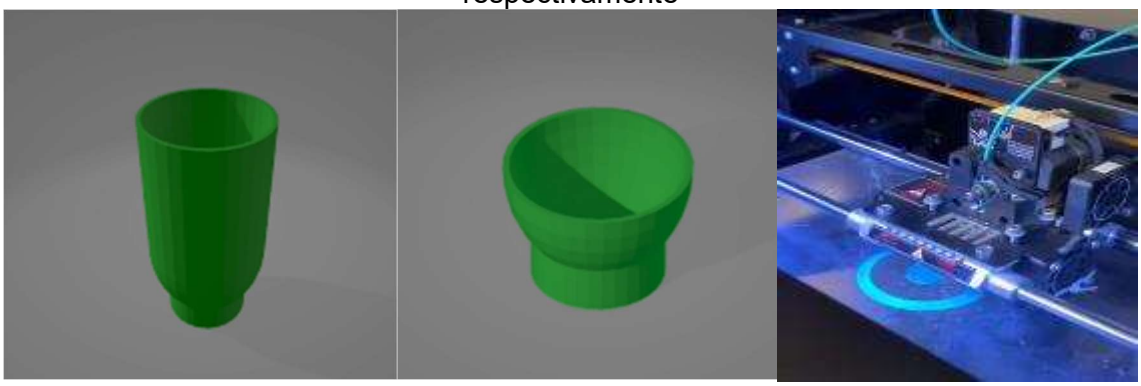
Tabela 1 – Dimensão da fôrma (Ácido Polilático - PLA) da forma para queijos maturados.

| Características | Versão inicial (PLA) |
|---|---|
| Diâmetro da boca da tampa (mm) | 78 |
| Diâmetro da base (mm) | 80 |
| Altura da tampa (mm) | 50 |
| Altura da base (mm) | 80 |
| Peso (g) | 99 |

Fonte: Autores, 2025

Nas figuras 2,3 e 4 temos a representação da modelagem com o PLA. Esta fase inicial nos permitiu avaliar a adequação dimensional, onde foi verificado se as medidas propostas garantiam o peso final desejado de 380g de queijo. Bem como a ergonomia e manuseio, através de testes de encaixe entre tampa e base, facilidade de desenformagem e limpeza.

Figuras 2,3 e 4 - Modelagem 3D no Blender parte inferior da fôrma, superior e impressão respectivamente



Fonte: Autores, 2025

A Tabela 2 apresenta as dimensões finais impressa em PETG. A estrutura foi projetada com diferentes diâmetros internos e externos, além de alturas específicas para as partes superior e inferior, garantindo um encaixe adequado e funcionalidade durante o processo de maturação. O peso final do produto também foi registrado, refletindo a escolha do material e o design aprimorado em relação à versão anterior. Essas especificações foram definidas para otimizar o armazenamento e a qualidade do queijo maturado.

Tabela 2 - Dimensão final (Poli-tereftalato de etileno - PETG) da fôrma para queijos maturados.

| Características | Versão final (PETG) |
|---|---|
| Diâmetro de dentro (diâmetro do queijo) (mm) | 80 |
| Diâmetro de fora (mm) | 90 |

| | |
|---|---|
| Altura da parte de baixo da forma (mm) | 945 |
| Cilindro menor da parte de baixo e fora (mm) | 45 / 596 |
| Cilindro menor da parte de cima, diâmetro menor e o maior (mm) | 40,1 / 47 |
| Peso | 116 |

Fonte: Autores, 2025

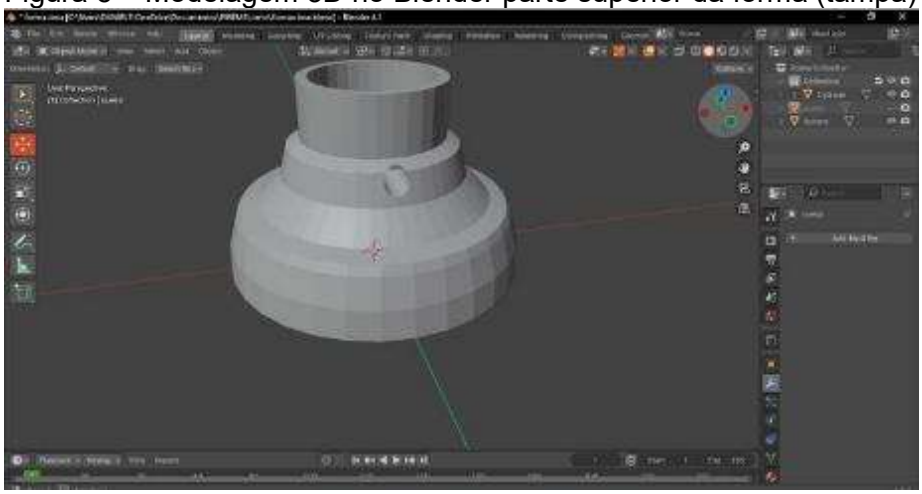
Além disso, foram incorporados canais de drenagem otimizado para escoamento do soro durante a prensagem. *O PETG foi escolhido após análise comparativa de suas propriedades mecânicas e químicas, sendo o mais adequado para aplicações em laticínios.* No trabalho desenvolvido por Folha (10), foi observado que o PETG apresentou vantagens significativas quando submetido ao tratamento térmico, especialmente a 100°C, com um aumento de até 271% na tensão de escoamento e melhoria no alongamento na ruptura, demonstrando maior resistência mecânica e ductilidade. Além disso, o material mostrou redução na absorção de água após o tratamento, indicando maior estabilidade em ambientes úmidos.

De acordo com Srinivasan *et al*. (11), o PETG apresenta propriedades mecânicas superiores quando comparado a outros materiais como PLA e ABS, especialmente em termos de resistência à tração e alongamento na ruptura. Em seu trabalho, foi observado que o aumento do nível de preenchimento (de 20% para 100%) elevou significativamente a resistência à tração do PETG, passando de 17,38 MPa para 32,12 MPa, reforçando a importância da densidade interna na qualidade mecânica das peças. Outro aspecto relevante foi destacado por Cano-Vicent *et al.* (12), que ressaltaram a facilidade de processamento do PETG em impressoras 3D FDM/FFF, além de sua biocompatibilidade e sustentabilidade. Em seu trabalho, foi observado que o PETG oferece uma boa adesão entre camadas e menor propensão a empenamentos em comparação ao ABS, tornando-o ideal para peças que requerem precisão dimensional. Essas características foram confirmadas neste estudo, onde o PETG apresentou excelente estabilidade durante a impressão.

Por fim, Besko, Bilyk e Sieben (13) compararam as propriedades do PETG com outros materiais e destacaram sua resistência química e térmica, além da capacidade de reciclagem. Em seu trabalho, foi observado que o PETG combina as vantagens do ABS (resistência mecânica) e do PLA (facilidade de impressão), tornando-o uma escolha versátil para aplicações industriais e tecnológicas. O mesmo foi observado por **Santana *et al.* (14),** onde analisaram as propriedades mecânicas e térmicas de filamentos de **PLA** e **PETG** impressos em 3D. Os resultados demonstraram que o **PETG** apresentou maior resistência ao impacto e melhor ductilidade em comparação ao PLA, que é mais rígido e frágil. Além disso, o PETG mostrou melhor estabilidade térmica e adesão entre camadas, tornando-o mais adequado para aplicações que exigem maior durabilidade e resistência à deformação.

Para ilustrar o processo de desenvolvimento da fôrma para queijos maturados, são apresentadas duas imagens geradas no Blender. A **Figura 5** exibe a modelagem 3D da parte superior (tampa).

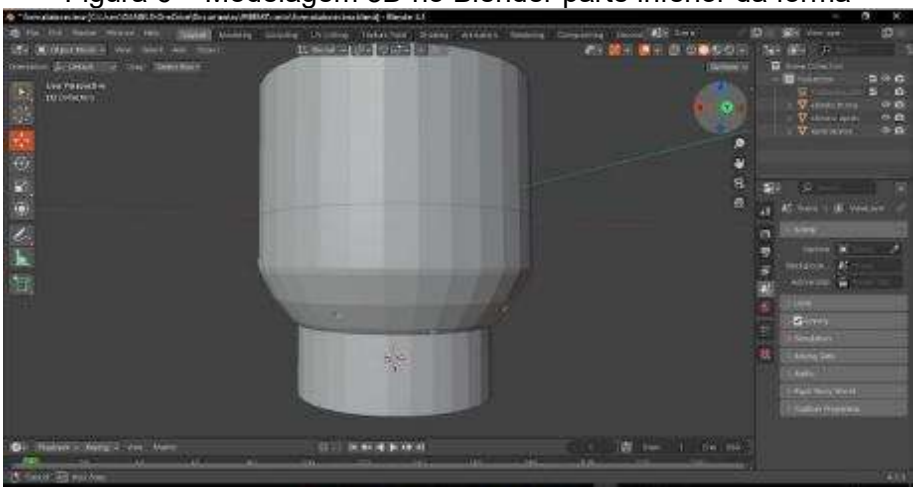
Figura 5 – Modelagem 3D no Blender parte superior da fôrma (tampa)



Fonte: Autores, 2025

A Figura 6 apresenta, em detalhes, a região inferior da fôrma, destacando de forma clara e precisa a disposição dos furos destinados à drenagem, essenciais para o correto escoamento do soro durante o processo.

Figura 6 – Modelagem 3D no Blender parte inferior da fôrma



Fonte: Autores, 2025

Através dessas figuras, é possível observar as estruturas da fôrma, incluindo suas paredes, bordas e outros elementos críticos para sua funcionalidade. A visualização em 3D facilita a

identificação de possíveis ajustes e valida o design antes da produção física, demonstrando como a ferramenta auxilia no refinamento do produto.

A seguir, são apresentadas (Figuras 7 e 8) as fôrmas já impressas, representando a versão inicial em PLA e a final em PETG. Através delas é possível realizar uma comparação visual direta entre os dois estágios do projeto, destacando as melhorias e ajustes realizados no design e no material ao longo do desenvolvimento.

Figura 7 e 8 – Fôrmas impressas em PLA e PETG respectivamente

Fonte: Autores, 2025

No estágio final do projeto, foi realizada uma apresentação da fôrma para um possível cliente, um produtor artesanal que atua no setor de laticínios. Durante este encontro, destacamos as características técnicas e os benefícios da fôrma, enfatizando suas inovações em relação às formas convencionais utilizadas atualmente. A fôrma foi apresentada como uma solução projetada para atender às necessidades específicas do mercado, com dimensões otimizadas e um design que facilita o processo de produção do queijo tipo reino. O cliente teve a oportunidade de observar de perto a fôrma, permitindo uma avaliação prática de sua funcionalidade e ergonomia.

Além disso, foram discutidos os diferenciais competitivos da fôrma, como a utilização do material PETG, que oferece maior resistência e segurança alimentar, em comparação com as formas tradicionais de plástico. O cliente expressou interesse nas vantagens que a fôrma poderia proporcionar, como a personalização do tamanho e a facilidade de limpeza, aspectos que são cruciais para a eficiência operacional em sua produção.

A interação direta com o cliente não apenas reforçou a relevância do produto desenvolvido, mas também possibilitou a coleta de feedback valioso, que será fundamental para futuras melhorias e adaptações do design. Essa apresentação foi um passo importante para alinhar as expectativas

do cliente com as soluções propostas, garantindo que a fôrma atenda plenamente às demandas do mercado para queijos maturados.

O quadro 1 compara as propriedades físicas e mecânicas dos filamentos PLA e PETG, com base em dados referenciais de Portela (15). Essa análise é fundamental para entender o comportamento dos materiais em diferentes aplicações, especialmente no desenvolvimento de fôrmas para queijos maturados, onde fatores como resistência térmica, durabilidade e segurança alimentar são críticos.

Quadro 1 – Propriedades dos filamentos

| **Propriedades** | **PLA** | **PETG** |
|---|---|---|
| Densidade (g/cm³) | 1,24 | 1,27 |
| Temp. Fusão (°C) | 185 | 240 |
| Tg (°C) | 60 | 80 |
| Tensão de Escoamento (MPa) | 66 | 51 |
| Resistência à Flexão (MPa) | 130 | 72 |
| Módulo de Elasticidade (MPa) | 4350 | 2120 |
| Tensão de Escoamento (MPa) | 24,8 | 18,6 |
| Módulo de Elasticidade (MPa) | 1896,0 | 1067,9 |
| Tensão de Ruptura (MPa) | 46 | 32,6 |
| Alongamento (%) | 3,69 | 7,74 |
| Temperatura HDT (°C) | 55,11 | 67,3 |

Fonte: Portela, 2017

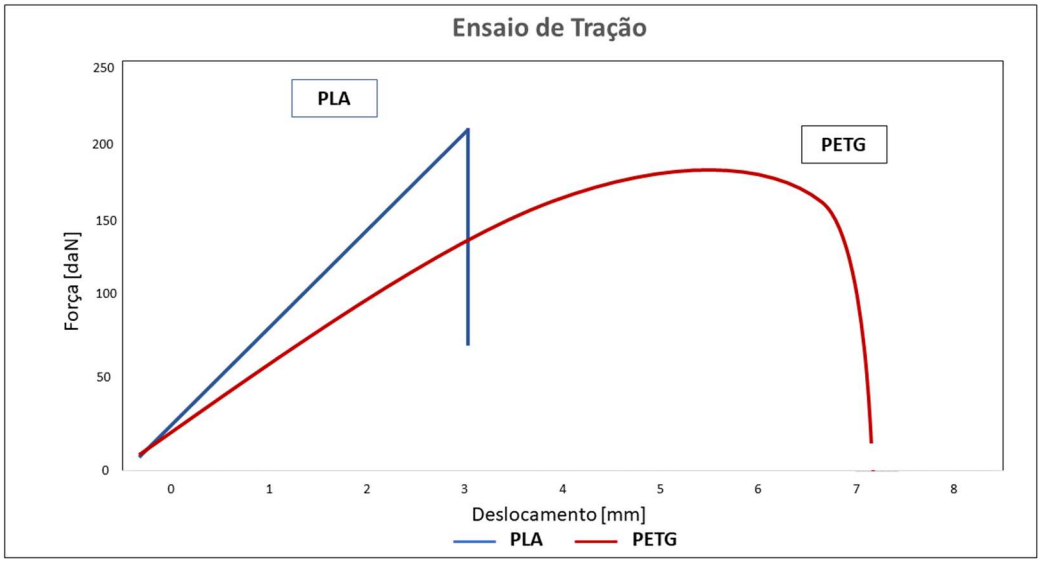
O PLA apresenta temperatura de fusão relativamente baixa (185°C) e temperatura de transição vítrea (Tg) de 60°C, o que o torna menos adequado para ambientes com temperaturas elevadas. No entanto, essas características facilitam o processo de impressão 3D, reduzindo problemas como empenamento (*warping*) e permitindo o uso em impressoras sem estrutura fechada. Além disso, sua alta dureza superficial (85 Shore D) confere resistência ao desgaste, embora torne o acabamento mais trabalhoso. A temperatura de deflexão térmica (HDT) de 55,11°C, próxima à Tg, reforça sua sensibilidade ao calor, limitando sua aplicação em peças expostas a condições térmicas adversas, como luz solar direta ou ambientes aquecidos.

Em contraste, o PETG demonstra maior estabilidade térmica, com Tg de 80°C e HDT de 67,3°C, além de um alongamento significativamente maior (de 7,74% contra 3,69% do PLA). Essa combinação de propriedades o torna ideal para aplicações que exigem durabilidade em ambientes variáveis, como fôrmas para queijos maturados, que estão sujeitas a umidade e variações de

temperatura. Sua resistência química e certificação para contato com alimentos (*Food Safety*) são vantagens decisivas para uso na produção alimentícia. Embora apresente valores inferiores em alguns parâmetros mecânicos, como tensão de ruptura (32,6 MPa contra 46 MPa do PLA), sua tenacidade e capacidade de absorver impactos sem fraturar compensam essas limitações.

A seguir, apresenta-se um estudo de ensaio de tração (Figura 9) desenvolvido por Portela (15). Os resultados demonstram diferenças marcantes entre os materiais analisados.

Figura 9 – Análise do gráfico do ensaio de tração




Fonte: Portela, 2017

Através do estudo desenvolvido por Portela (15), foi revelado características marcantes de cada material. O PLA demonstrou elevada resistência à tração, suportando 215 kgf antes da ruptura, porém com deformação limitada (apenas 3,69%), evidenciando seu comportamento frágil. Em contraste, o PETG apresentou menor resistência (162 kgf), mas destacou-se por sua notável ductilidade, deformando-se até 7,74% antes da ruptura. Essa combinação de propriedades faz do PETG o material mais versátil para aplicações práticas, a sua capacidade de absorver energia mecânica através da deformação plástica o torna ideal para componentes que exigem tanto resistência quanto tenacidade, superando o PLA em situações onde a fragilidade é um fator limitante.

## CONCLUSÕES

Este trabalho demonstrou com clareza a modelagem e a utilização do PETG na fabricação de fôrmas para queijos maturados por impressão 3D, cumprindo integralmente seus objetivos. A análise comparativa entre os filamentos revelou que o PETG apresenta vantagens decisivas para a aplicação proposta, especialmente no que diz respeito à resistência térmica, maior durabilidade em ambientes úmidos e conformidade com normas de segurança alimentar. O desenvolvimento desde

o protótipo em PLA até a versão final em PETG nos permitiu otimizar o design da fôrma, incorporando elementos funcionais como os canais de drenagem.

Os resultados dimensionais da versão final comprovaram a adequação do produto para a produção de queijos maturados, atendendo à demanda por produtos personalizados. A avaliação positiva por parte do produtor artesanal confirmou não apenas a funcionalidade da fôrma, mas também seu potencial para agregar valor à produção de queijos especiais.

Como perspectivas futuras, sugerimos a avaliação do desempenho do material em ciclos repetidos de limpeza e esterilização e a **adaptação do design para diferentes variedades de queijo.**

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos especialmente ao Departamento de Inovação Tecnológica e Empreendedorismo (DITE) pelo incentivo à inovação e ao empreendedorismo, e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação ao Empreendedorismo e Startups (PIBEMS), do qual fazemos parte. O PIBEMS tem sido fundamental para o desenvolvimento deste projeto, oferecendo não apenas suporte financeiro, mas também um ambiente propício para a criação de soluções inovadoras e sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

1. KOCOVIC, Petar. **History of additive manufacturing**. In: 3D Printing and Its Impact on the Production of Fully Functional Components: Emerging Research and Opportunities. Hershey: IGI Global, 2017. p. 1–24. Disponível em: https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2289-8.ch001.
2. WILTGEN, Filipe; LOPES, Marcelo. Artigo: **Manufatura aditiva e subtrativa na construção de moldes mecânicos híbridos para aplicação em manufatura formativa**. **Revista de Tecnología**, v. 15, p. 45–63, out. 2022.
3. ABIA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO. **Números do setor: Faturamento 2018**. Disponível em: https://www.abia.org.br/vsn/anexos/faturamento2018.pdf.
4. SIQUEIRA, Kennya Beatriz *et al*. **O mercado consumidor de leite e derivados**. 2019.
5. CARVALHO, Glauco Rodrigues. **Anuário Leite 2024: Competitividade e Desafios do Leite Brasileiro**. Embrapa Gado de Leite, 2024.
6. SMITH, J. **3D Modeling with Blender for Industrial Prototyping**. Journal of Engineering Design, 25(3), 123-145, (2018).
7. JONES, L., & BROWN, K. (2020). **Architectural Visualization using Blender: A Practical Guide**. Architectural Review, 45(2), 78-92.

8. ANDERSON, P. (2019). A Review of Open-Source Slicing Software for 3D Printing. Additive Manufacturing Journal, 12(4), 201-215.

9. WILLIAMS, R. **Optimizing 3D Printing Parameters with Cura: A Case Study**. Rapid Prototyping Journal, 27(1), 34-48. (2021).

10. FOLHA, Luis Felipe Pereira. **Análise dos efeitos do tratamento térmico nas propriedades mecânicas de corpos de prova de PETG obtidos por impressão 3D**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2024.

11. SRINIVASAN, R. *et al*. **Effect on infill density on mechanical properties of PETG part fabricated by fused deposition modelling**. **Materials Today: Proceedings**, v. 27, p. 1838–1842, 1 jan. 2020.

12. CANO-VICENT, A. et al. Fused deposition modelling: Current status, methodology, applications and future prospects. **Additive Manufacturing**, v. 47, 1 nov. 2021.

13. BESKO, M.; BILYK, C.; SIEBEN, P. G. **Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D**. **Gestão e Tecnologia e Inovação**, v. 1, n. 3, 2017.

14. SANTANA, L. *et al.* **Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica**. Matéria (Rio de Janeiro), v. 23, n. 4, p. e12267, 2018.

15. PORTELA, S. **Conheça as propriedades técnicas dos materiais para impressora 3D**. 2017.

# EIXO TEMÁTICO

# BIOQUÍMICA, MICROBIOLOGIA, TOXICOLOGIA E BIOTECNOLOGIA DE ALIMENTOS

# ALIMENTOS GENETICAMENTE MODIFICADOS À MESA: PERCEPÇÃO PÚBLICA, INFORMAÇÃO E DESAFIOS DA ROTULAGEM – UMA REVISÃO DE LITERATURA

# GENETICALLY MODIFIED FOODS ON THE TABLE: PUBLIC PERCEPTION, INFORMATION, AND LABELING CHALLENGES – A LITERATURE REVIEW

**DOI: 10.65747/conali2025v1c05**

**Luan Costa Ferreira[1,2]; Antônia Luciana Rocha da Silva[3]; Carliza Silva Araújo[3]; Ludimily Lima Fernandes[3]; Maria Rafaela Matos Bezerra[3]**

[1]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos - UCA; [2]Docente do Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Ceará – IFCE campus Ubajara; [3]Estudante do curso de Tecnologia em Agroindústria – IFCE campus Ubajara

Contato: E-mail: luan.costa@ifce.edu.br

**Resumo:** O presente estudo examina a percepção pública sobre alimentos geneticamente modificados (OGMs), com ênfase na rotulagem e nos desafios da comunicação entre ciência e sociedade. A biotecnologia moderna, impulsionada pela tecnologia do DNA recombinante a partir da década de 1970, trouxe avanços significativos na agricultura e na produção de alimentos. Apesar dos benefícios apontados, os OGMs geram controvérsias devido à desinformação, à baixa alfabetização científica e à influência da mídia. O objetivo principal da pesquisa é compreender como fatores culturais, legais, econômicos e comunicacionais moldam o comportamento do consumidor frente à presença de transgênicos nos alimentos. A metodologia adotada foi uma revisão de literatura qualitativa e exploratória, com análise crítica de 52 documentos selecionados a partir de 87 fontes identificadas em bases acadêmicas e institucionais. A análise concentrou-se em cinco eixos: histórico da biotecnologia, percepção social, legislação, comunicação científica e impactos econômicos da rotulagem. Os resultados indicam que a rotulagem é uma ferramenta essencial para o direito à informação e à cidadania alimentar, mas enfrenta desafios relacionados à clareza, interpretação e resistência de parte da indústria. Conclui-se que, para além da regulamentação, é necessário investir em educação científica acessível, estratégias de comunicação inclusivas e fortalecimento da confiança nas instituições reguladoras. A proposta contribui para o debate sobre OGMs ao integrar aspectos técnicos, sociais e políticos, e sugere caminhos para uma sociedade mais crítica, informada e participativa no que tange à biotecnologia alimentar.

**Palavras–chave:** biotecnologia; organismos geneticamente modificados; percepção pública; rotulagem alimentar.

**Abstract:** This study examines public perception of genetically modified foods (GMOs), with an emphasis on labeling and the challenges of communication between science and society. Modern biotechnology, driven by recombinant DNA technology since the 1970s, has brought advances in agriculture and food production. Despite the perceived benefits, GMOs generate controversy due to misinformation, low scientific literacy, and media influence. The main objective of the research is to

understand how cultural, legal, economic, and communicational factors shape consumer behavior regarding the presence of GMOs in food. The methodology adopted was a qualitative and exploratory literature review, with a critical analysis of 38 documents selected from 87 sources identified in academic and institutional databases. The analysis focused on five axes: history of biotechnology, social perception, legislation, scientific communication, and the economic impacts of labeling. The results indicate that labeling is an essential tool for the right to information and food citizenship, but faces challenges related to clarity, interpretation, and resistance from the industry. The conclusion is that, beyond regulation, it is necessary to invest in accessible scientific education, inclusive communication strategies, and strengthening trust in regulatory institutions. The proposal contributes to the debate on GMOs by integrating technical, social, and political aspects and suggests paths toward a more critical, informed, and participatory society regarding food biotechnology.

**Keywords:** biotechnology; genetically modified organisms; public perception; food labeling.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da biotecnologia moderna, especialmente a partir da década de 1970 com a descoberta da tecnologia do DNA recombinante, promoveu avanços significativos na agricultura e na indústria alimentícia. A introdução de organismos geneticamente modificados (OGMs) marcou uma nova era na produção de alimentos, com promessas de maior produtividade, resistência a pragas e aumento do valor nutricional dos produtos (1). Contudo, apesar dos benefícios apontados, o uso de OGMs na alimentação humana permanece como um tema controverso e cercado por desinformações, sobretudo em razão da complexidade da comunicação científica e da percepção social sobre os riscos e benefícios desses produtos (2, 3).

No Brasil, a rotulagem de alimentos transgênicos é regulamentada por leis como a nº 11.105/2005, a RDC nº 26/2015 da ANVISA e o Decreto nº 4.680/2003. Tais normativas garantem o direito do consumidor à informação, assegurando que produtos que contenham mais de 1% de ingredientes transgênicos em sua composição sejam devidamente identificados nos rótulos (4, 5). A rotulagem também é adotada por países como Japão, Austrália e membros da União Europeia, embora existam divergências quanto à obrigatoriedade e à forma de apresentação dessas informações (6).

A percepção pública sobre os alimentos transgênicos, no entanto, é fortemente influenciada por fatores culturais, sociais, econômicos e políticos. A mídia exerce papel fundamental na formação dessa opinião, podendo reforçar medos ou promover maior aceitação conforme o enfoque dado à temática (7). Além disso, há resistência por parte de segmentos da indústria alimentícia quanto à rotulagem clara dos transgênicos, sob o argumento de que ela pode gerar rejeição injustificada dos consumidores (8). A falta de compreensão dos dados científicos por grande parte da população também colabora para esse cenário, revelando a necessidade urgente de educação científica e alimentar mais acessível (9).

Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo examinar a percepção pública acerca dos alimentos transgênicos, com ênfase nos desafios relacionados à rotulagem e à

comunicação entre ciência e sociedade. Busca-se compreender como fatores regulatórios, culturais e midiáticos influenciam o comportamento do consumidor e quais estratégias podem ser adotadas para ampliar a confiança nas instituições científicas e garantir o direito à informação.

A relevância do estudo reside na necessidade de promover um debate qualificado sobre o uso de OGMs, equilibrando os avanços tecnológicos com os direitos fundamentais do consumidor. A rotulagem clara, o acesso à informação e a educação científica crítica são essenciais para a construção de uma cidadania alimentar consciente e participativa, especialmente em um cenário global de intensas transformações tecnológicas e desafios ambientais.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho trata-se de uma revisão de literatura, de natureza qualitativa e caráter exploratório, voltada à análise crítica da percepção pública, dos desafios da rotulagem e da comunicação científica envolvendo alimentos geneticamente modificados (transgênicos). O foco principal recai sobre o contexto brasileiro, com paralelos estabelecidos com modelos internacionais. A seleção das fontes baseou-se em critérios de relevância científica, atualidade e pertinência temática. Para isso, foram realizadas buscas sistemáticas nas bases SciELO, Google Acadêmico, Periódicos CAPES e em documentos oficiais disponibilizados em plataformas institucionais, como os portais da ANVISA, da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), do Planalto Federal, da União Europeia e da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO).

As buscas foram orientadas por descritores combinados com o uso de operadores booleanos, utilizando termos como: “alimentos transgênicos”, “organismos geneticamente modificados”, “rotulagem de transgênicos”, “percepção pública”, “biotecnologia moderna”, “direito à informação”, “legislação sobre OGMs”, “comunicação científica” e “educação alimentar”. Foram considerados para inclusão artigos científicos, capítulos de livros, legislações nacionais e internacionais, dissertações e documentos técnicos publicados entre 2003 e 2024, que apresentassem abordagem teórica ou empírica sobre OGMs, segurança alimentar, percepção social, regulação e rotulagem, estratégias de comunicação ou impactos no consumo e mercado.

Foram excluídas da revisão publicações com enfoque estritamente técnico, sem discussão sociocultural ou comunicacional; textos opinativos ou jornalísticos desprovidos de base científica; materiais anteriores a 2003 (salvo legislações vigentes ou documentos históricos relevantes) e estudos repetidos ou redundantes. A triagem inicial resultou em 87 documentos, dos quais 52 foram selecionados para leitura integral e análise detalhada, conforme os critérios de elegibilidade adotados.

A análise dos textos selecionados ocorreu em duas etapas: leitura exploratória para familiarização com os conteúdos e leitura analítica para extração de dados relevantes, permitindo a identificação de categorias temáticas. Os materiais foram organizados em cinco eixos principais: (1) histórico e desenvolvimento da biotecnologia e dos OGMs; (2) percepção pública e fatores socioculturais; (3) legislação e práticas de rotulagem no Brasil e em outros países; (4) comunicação científica e transparência institucional; e (5) implicações econômicas e comportamentais da rotulagem na cadeia alimentar. Para garantir uma abordagem multidisciplinar, foram utilizados autores das áreas de direito, sociologia, ciência dos alimentos, educação e comunicação pública da ciência, assegurando amplitude e profundidade na análise dos resultados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Percepção pública sobre alimentos transgênicos: fatores que influenciam a opinião

Desde os primeiros antropoides até o homem de Neandertal e até mesmo em eras bem recentes, o homem vivia exclusivamente da “apreensão” de alimentos, seja de frutas silvestres, seja da caça de animais. Eram os caçadores-coletores. As tribos viviam em ambientes que suportavam sua necessidade de alimentos (10, 11).

Os avanços tecnológicos na produção de alimentos estão relacionados com a evolução da humanidade, à medida que o ser humano se desenvolvia cognitivamente ocorria aprimoramento de diversas áreas, entre elas a produção de alimento, que foi seguindo a necessidade do homem. Um marco importante é o surgimento da agricultura, que só foi possível após a transição do homem de nômade para sedentário. Essa mudança de estilo de vida permitiu uma mudança na base alimentar do ser humano, que antes se alimentava de raízes, passando a diversificar sua alimentação. Desde então, houve várias mudanças no setor alimentar (10, 12, 13).

A revolução agrícola neolítica que: primeiro, possibilitou a fixação dos grupos humanos no espaço, reduzindo a importância do mover-se; e, segundo, constituiu uma mudança cultural inédita, pois permitiu o controle do ser humano sobre o meio natural. Estes dois aspectos, de maneira interrelacionada, são centrais para o entendimento da importância do surgimento da agricultura e da criação na constituição social do ser humano (11, 12, 14).

A revolução agrícola foi seguida por uma série de revoluções industriais, iniciadas na segunda metade do século XVIII. A marca dessas revoluções foi a transição da força muscular para energia mecânica, a qual evoluiu até a atual quarta revolução industrial, momento em que a produção humana é aumentada por meio da potência aprimorada da cognição (13, 14).

Atualmente, grandes mudanças na produção de alimentos têm gerado opiniões acaloradas e controversas sobre os OGM. O desenvolvimento dessa tecnologia ocorreu por volta de 1973, quando os cientistas Cohen e Boyer, que coordenavam um grupo de pesquisas em Stanford e na University of California, deram o passo inicial para o mundo da transgenia. Eles conseguiram transferir um gene de rã para uma bactéria, utilizando a técnica do DNA recombinante (15). Segundo

Alves, a biotecnologia é, hoje, um dos principais campos dentro do conhecimento da ciência. O processo de globalização possibilitou o desenvolvimento do comércio de sementes entre as mais diversas economias do planeta, com disseminação em larga escala dos transgênicos (16).

O surgimento dos alimentos transgênicos representa um grande avanço tecnológico na produção de alimentos. Segundo o relatório *The State of Food and Agriculture 2003–2004: Agricultural Biotechnology – Meeting the Needs of the Poor* (FAO), a biotecnologia tem sido extremamente importante no combate à fome e pode trazer grandes benefícios às pessoas pobres, devido à eficiência e alta produção proporcionada pelos OGMs (15). No entanto, existem opiniões contrárias que afirmam que a biotecnologia causará desordem ambiental sem precedentes, uma vez que realiza alterações no código genético das plantas, e que tais alterações impactam negativamente a alimentação. Além disso, há quem defenda que ingerir alimentos modificados geneticamente pode causar doenças, como câncer. Mas até onde essas afirmações são verdadeiras? (17, 18 e 19)

O medo e a insegurança em relação aos OGM se devem ao impacto que as inovações trazidas pela biotecnologia exercem sobre a formação dos seres vivos. Os impactos precisam ser avaliados para que não acarretem consequências maiores que os benefícios. Diante disso, o controle da utilização da biotecnologia é essencial (19). O fator que torna a opinião pública negativa é a falta de conhecimento relacionado ao assunto, pois pouco se fala sobre transgênicos. A mídia tem grande influência sobre a opinião, segundo Leite, Rebeca: “à medida que é capaz de favorecer uma ou outra narrativa. Sua capacidade formadora de opinião tem impacto sobre como essas narrativas sobre os alimentos geneticamente modificados são posicionadas diante da opinião pública, capazes de atingir maior ou menor grau de popularidade e, a partir disso, beneficiar ou não um mercado. Ao negligenciar esse papel, a mídia se torna obsoleta” (20).

Outro ponto a ser considerado são as diferenças regionais e culturais. O Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN, determina que o direito à alimentação adequada é um direito fundamental humano que será regido pela segurança alimentar de acesso a alimentos de qualidade, considerando aspectos culturais e sociais de todos os indivíduos (21, 22).

Sendo assim, é garantido o direito de escolha pelo uso ou não de sementes transgênicas pela comunidade, como geralmente é o caso dos assentamentos indígenas que preferem optar pelo uso de sementes crioulas para preservar suas tradições culturais, bem como o equilíbrio ambiental (20, 21).

Nesse cenário de mudança cultural, as grandes corporações do agronegócio estão impondo suas leis e regras, visto que em alguns cenários locais há ingenuidade, ignorância ou complacência no trato da questão regulatória. A tudo isso se associa uma visão tecnocêntrica do desenvolvimento sustentável, contribuindo para sua inefetividade, promovendo um desenvolvimento inadequado e profundamente inequitativo, onde há preponderância dos fatores econômicos (23). Destaca-se ainda a importância da confiança e da credibilidade das instituições científicas e reguladoras na

aceitação dos alimentos transgênicos. É necessário que haja transparência na divulgação das informações para que se reduza o medo sobre o desconhecido (23, 24).

A percepção do público é influenciada por diversos fatores, como cultura, política, economia do local, contexto histórico-cultural, bem como as informações fornecidas pelas mídias, pelas instituições de pesquisa e pelas instituições reguladoras, que possuem, vez ou outra, a responsabilidade de criar, regulamentar e fiscalizar as normas de segurança alimentar vigentes. Para promover uma maior aceitação, é necessário investir em educação e buscar estabelecer um vínculo de confiança entre cientistas e instituições reguladoras, a fim de garantir conhecimento e segurança alimentar (20, 21, 23).

**Rotulagem de alimentos transgênicos: legislação e práticas no Brasil e no mundo**

A rotulagem de alimentos que contêm OGMs, dos quais os transgênicos fazem parte, é uma ferramenta essencial para garantir a transparência e assegurar o direito do consumidor à informação. Esse processo está inserido em um debate global que envolve questões científicas, econômicas, éticas e políticas, refletidas nas diferentes abordagens adotadas por países em suas legislações (18, 19).

No Brasil, a regulamentação é baseada em normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), enquanto outras nações adotam posturas variadas entre rotulagem obrigatória e voluntária. No contexto brasileiro, a rotulagem de alimentos transgênicos é regulamentada principalmente pela Lei nº 11.105/2005, que dispõe sobre a política nacional de biossegurança, e pela Resolução RDC nº 26/2015 da ANVISA, que determina a obrigatoriedade de informar no rótulo a presença de transgênicos nos alimentos e ingredientes com mais de 1% de OGMs em sua composição. A CTNBio é responsável por avaliar a biossegurança dos organismos geneticamente modificados e aprovar seu uso comercial, alimentício e ambiental (20, 25).

Segundo o Decreto nº 4.680/2003, regulamentado pela Portaria nº 2.658/2003, o rótulo deve apresentar um triângulo amarelo com um "T" preto dentro, seguido de uma frase indicando que o produto é ou contém transgênico. Além disso, na lista de ingredientes, deve constar a espécie doadora do gene (25).

A Lei 11.105, em seu artigo 40, determina que produtos alimentícios para consumo humano ou animal que contenham organismos geneticamente modificados ou sejam derivados deles precisam exibir essa informação em seus rótulos, conforme o regulamento específico (25).

No cenário internacional, os modelos de rotulagem variam substancialmente. Na União Europeia (UE), a legislação é uma das mais rigorosas do mundo. De acordo com o Regulamento (CE) nº 1829/2003, todos os alimentos e rações que contenham, consistam ou sejam produzidos a partir de OGMs devem ser rotulados, independentemente do percentual de presença. Essa abordagem busca garantir o direito à informação plena, sendo o modelo da UE considerado referência mundial em termos de proteção ao consumidor (26).

Segundo a legislação europeia, a Lei nº 1829/2003, a rotulagem deve conter informações objetivas de que um alimento para consumo humano ou animal consiste em, contém ou é fabricado a partir de OGM. Uma rotulagem clara, independentemente da detectabilidade de DNA ou proteína a partir da modificação genética no produto final, atende às exigências expressas em inúmeras pesquisas por uma grande maioria de consumidores, facilita a escolha informada e previne potenciais induções em erro quanto aos métodos de fabricação ou produção. A rastreabilidade garante que as informações relevantes relativas a qualquer modificação genética estejam disponíveis em cada fase da colocação no mercado (26, 27).

"Os alimentos geneticamente modificados não devem ter efeitos adversos na saúde humana, na saúde animal ou no ambiente, induzir o consumidor em erro, diferir do alimento que se pretende substituir a tal ponto que o seu consumo normal seria nutricionalmente desvantajoso para o consumidor" (União Europeia, 2003, art. 4º) (25).

Outros países apresentam variações interessantes: Austrália, Japão e China também adotam a rotulagem obrigatória, enquanto Canadá e Argentina preferem modelos voluntários. Essas diferenças refletem fatores culturais, sociais e econômicos, bem como a pressão de grupos industriais e de consumidores (24, 27).

A rotulagem de alimentos transgênicos apresenta impactos importantes na transparência das relações de consumo. Quando os consumidores têm acesso a informações claras, podem exercer sua autonomia de escolha, o que fortalece a cidadania e a responsabilidade das empresas (24, 29).

Os setores da indústria argumentam que a rotulagem pode gerar rejeição injustificada a produtos seguros, baseada no desconhecimento ou em preconceitos. Entretanto, estudos mostram que o uso da transparência tende a aumentar a confiança do consumidor a longo prazo. Além disso, a rotulagem pode impulsionar práticas mais sustentáveis e a rastreabilidade na produção de alimentos. Entretanto, o consumidor possui o dever de receber informação clara e objetiva do fornecedor de produto ou serviço, para garantir o direito a ser informado prévia e adequadamente acerca das características (quantidade, qualidade, composição, origem etc.) (23, 30, 31).

A problemática que envolve a rotulagem dos alimentos transgênicos se baseia na necessidade de se proteger os direitos dos consumidores constitucionalmente previstos (direito à informação) e de se possibilitar ao consumidor que seja realizada uma escolha consciente relacionada aos alimentos que irá consumir (29, 31).

A rotulagem de alimentos transgênicos é um tema complexo que envolve a interseção entre ciência, direito, ética e política. O Brasil apresenta uma legislação firme, mas ainda enfrenta desafios de fiscalização e aprimoramento das normas. No cenário global, o debate continua evoluindo, refletindo as diferentes visões de mundo e as demandas dos consumidores. Independentemente do modelo adotado, é essencial que o princípio da transparência seja mantido como eixo central da regulamentação, garantindo o direito à informação e à escolha consciente

(26, 27).

Entretanto, a presença desses alimentos no setor alimentar levanta discussões importantes sobre a segurança, meio ambiente e, sobretudo, o direito do consumidor à informação. O direito à informação está previsto na Constituição Federal de 1988, na parte intitulada “Direitos e Garantias Fundamentais”. A Lei nº 12.527/2011 estabelece que o acesso à informação pública é um direito fundamental, sendo responsabilidade dos órgãos públicos garantir a transparência e a divulgação ativa de dados de interesse coletivo (28, 29).

**Informação científica *versus* percepção social: o desafio da comunicação**

A partir da década de 70 com a descoberta da tecnologia do DNA recombinante e a grande utilização da chamada biotecnologia moderna, profundas mudanças vêm ocorrendo nos níveis sociais, econômicos e tecnológicos. Os transgênicos representam parte da aplicação desta biotecnologia e consiste na introdução de genes exógenos ou aumento na produção de certas proteínas dentro de um organismo que passa a expressar uma nova característica de interesse, tais como maior durabilidade das frutas, aumento do conteúdo nutritivo ou maior resistência a herbicidas (30, 31, 32, 33).

A tecnologia de OGMs introduzida ao nível alimentar deu lugar a uma discussão muito animada que transcende a perspectiva estritamente científica e abarca perspectivas sociais, políticas e éticas. No entanto, com os avanços tecnológicos feitos, e diante da prova científica de que o que estamos fazendo agora para destruir nossa fonte ou patrimônio genético, ou seja lá como você queira chamar (com os OGMs), não é prejudicial ao público, mas sim benéfico, ainda existe uma lacuna considerável entre o que é cientificamente conhecido e o que é comumente acreditado. Esta disparidade destaca a necessidade de as estratégias de comunicação serem mais eficazes quando consideram as percepções sociais e aumentam a conscientização sobre a educação alimentar e científica acessível e inclusiva (28, 32, 33, 34).

É possível entender a compra de alimentos como uma esfera na qual é claramente identificável a relação entre a compreensão da informação técnica que consta nos rótulos de produtos e o comportamento do consumidor no que diz respeito à decisão de aquisição ou não desses produtos. Seria, pois, baseado nessa informação dos rótulos que o consumidor exerce seu direito de escolha e é também nela que são concretizados os princípios da proteção do consumidor garantidos pelos sistemas regulatórios. O consumidor certamente possui um nível de conhecimento sobre ciência e tecnologia dos alimentos, embora não haja igualdade entre conhecimento real e percebido, conforme relatado por outros estudos. Existe um risco de resistência ou conformidade acrítica entre essa lacuna, que pode depender da confiança nas instituições e da percepção de risco. Por exemplo, uma pesquisa mostrou que o público tende a confiar mais em defensores do consumidor, em vez do governo e da indústria, para informá-los sobre a tecnologia genética (35, 36, 37).

É certo que a opinião pública deve-se fazer presente no cerne desta discussão, sendo o

fundamento principal para a tramitação de leis que legislem sobre a produção e comercialização dos alimentos transgênicos, contribuindo para uma cidadania responsável e para a construção de um planeta mais sustentável. No entanto, poucas são as pesquisas no Brasil sobre a aceitação dos transgênicos e de novas tecnologias quando comparado com os países europeus, revelando a desconsideração da participação pública nos debates biotecnológicos. Além disso, a interpretação e percepção em torno da rotulagem de OGMs em produtos alimentícios, reconhecida como uma ferramenta-chave para a transparência nas cadeias alimentares, é desafiadora tanto para fornecer quanto para ser compreendida pelos consumidores. Há muita frustração dos consumidores que nos dizem que a informação nos rótulos não está sendo comunicada de maneira simples e amigável (29, 33, 35).

A educação alimentar e nutricional (EAN) é vital na criação de uma população letrada em termos de alimentos e hábitos alimentares. As escolas devem envolver-se com a EAN de uma forma multidisciplinar, com conteúdos sociais, culturais e científicos. Além disso, colaborações entre professores, alunos e a comunidade escolar também têm sido bem-sucedidas em aumentar a adesão a hábitos alimentares saudáveis e promover o conhecimento crítico de questões complexas como os OGMs (32, 35, 37, 38).

Além disso, instruções que ajudem os alunos a pesquisarem e criticarem alegações, como debates e análise de rótulos de alimentos, poderiam ajudar a alcançar o objetivo de produzir cidadãos cientificamente letrados que possam se engajar em conversas sobre questões baseadas em ciência e tecnologia. É importante usar palavras diretas para cobrir informações científicas para uma variedade de comunidades. Devemos reduzir os jargões e fornecer a informação sem preconceitos da fonte dos dados para combater a falta de confiança nos dados sobre OGMs. O enquadramento da mídia também tem impacto na percepção pública sobre a tecnologia genética. A mídia tem a responsabilidade de relatar com responsabilidade, baseada em fatos cientificamente sólidos, sem causar pânico ou espalhar declarações falsas (29, 32, 34, 35).

**Implicações da rotulagem na decisão de compra e no mercado de alimentos**

A crescente inserção de OGMs na cadeia produtiva de alimentos tem gerado amplos debates envolvendo ciência, legislação, mercado e consumidores. A legislação de rotulagem dá ao consumidor o direito à informação, permite o rastreamento e o controle pós-comercialização de produtos alimentares. Dessa maneira possibilita o controle da qualidade de alimentos. Neste sentido, compreender os fatores que influenciam a decisão de compra frente à rotulagem de transgênicos torna-se essencial, sobretudo diante das estratégias utilizadas pelos produtores e da percepção do consumidor (39, 40).

No contexto da rotulagem de alimentos transgênicos, pesquisas observaram que a forma como a mídia aborda o tema exerce influência significativa na percepção do consumidor. Os resultados dessa pesquisa indicam, ainda, que a maioria das informações veiculadas sobre os transgênicos são tratadas de forma superficial, com ênfase nos possíveis riscos à saúde e impactos

ambientais, deixando em segundo plano os benefícios e o potencial inovador dessa tecnologia. Essa abordagem parcial contribui para a construção de uma imagem negativa junto ao público, o que pode afetar diretamente a aceitação desses produtos (39, 40, 41).

Consequentemente, há uma resistência por parte dos produtores em declarar a presença de ingredientes geneticamente modificados nos rótulos, com receio de prejudicar as vendas. Tal resistência é reforçada, segundo os mesmos autores, por argumentos da própria indústria, que considera o processo de rotulagem oneroso e enxerga a inclusão do símbolo de transgênico como um alerta visual que pode gerar desconfiança nos consumidores, associando esses alimentos a possíveis riscos, uma reação amplificada pela falta de informação adequada (41). Nessa linha de raciocínio, estudos destacam que diversos estudos identificam a dificuldade dos consumidores em compreender as informações presentes nos rótulos, o que pode comprometer a efetividade da rotulagem como ferramenta de escolha consciente (41, 42, 43).

A União Europeia estabeleceu o regime mais rigoroso do mundo em relação à importação de OGM (44). Nesse contexto, destaca-se a relevância de estudos ao apontarem que a segregação entre grãos transgênicos e convencionais é fundamental para preservar a confiança internacional e assegurar a rastreabilidade dos produtos, aspecto especialmente importante para o Brasil, enquanto país exportador. Assim, a rotulagem não é apenas uma exigência legal ou um direito do consumidor, mas também uma medida preventiva que permite identificar a origem dos ingredientes em casos de problemas de saúde pública (43, 45).

Nota-se assim, que no aspecto econômico, a rotulagem gera impactos distintos ao longo da cadeia produtiva. Para os produtores e indústrias que trabalham com OGMs, há custos adicionais relacionados à segregação, rastreabilidade, testes laboratoriais e adequação de embalagens. Pequenos produtores e empresas com menos recursos enfrentam dificuldades para se adequar, enquanto os grandes conglomerados podem absorver esses custos com mais facilidade (45, 46).

Um estudo brasileiro verificou que 43% dos consumidores brasileiros procuram, nos rótulos das embalagens, informações sobre os benefícios para a saúde no momento da compra dos alimentos (42), sendo que em alguns países onde a rotulagem de ingredientes geneticamente modificados (GM) é obrigatória também existem diretrizes voluntárias para rotular alimentos livres de transgênicos, como Japão e União Europeia. Esse sistema misto, que combina rotulagem obrigatória e facultativa, é adotado especialmente em contextos onde os consumidores demonstram interesse em pagar por produtos ausentes de ingredientes geneticamente modificados (46, 47, 48).

Dessa forma, observa-se uma valorização crescente de produtos rotulados como "livres de transgênicos", o que tem impulsionado o marketing baseado em rótulos "clean label". O termo “clean label” significa "rótulo limpo", baseia-se em proporcionar um alimento saudável com um rótulo claro e enxuto. Como exemplos de apelos nas embalagens “clean label” tem-se: não contém aditivos, conservantes, corantes artificiais, geneticamente modificados, dentre outros. Esses produtos, muitas vezes, são percebidos como mais naturais, saudáveis ou ambientalmente responsáveis - atributos que os tornam mais atrativos para determinados nichos de mercado, mesmo sem

comprovação científica de superioridade (49, 50, 51, 52).

## CONCLUSÕES

A introdução dos organismos geneticamente modificados (OGMs) na cadeia alimentar representa um dos marcos mais significativos da biotecnologia moderna, com potencial para melhorar a produtividade agrícola, combater a fome e aumentar o valor nutricional dos alimentos. No entanto, esse avanço científico é acompanhado por intensos debates sociais, políticos e éticos, influenciados por fatores como desinformação, baixa alfabetização científica e ausência de uma comunicação eficaz entre as instituições de pesquisa e a população. A percepção pública em relação aos alimentos transgênicos é moldada não apenas pelo conteúdo científico, mas por valores culturais, regionais e históricos, além da influência decisiva da mídia na construção de narrativas que muitas vezes reforçam medos e desconfianças infundadas.

A rotulagem de alimentos que contêm OGMs surge como uma ferramenta fundamental para garantir o direito à informação e o exercício da cidadania alimentar. No Brasil, embora existam normas regulamentadoras relativamente robustas, como a Lei nº 11.105/2005 e a RDC nº 26/2015 da ANVISA, ainda há desafios quanto à sua efetiva aplicação, fiscalização e compreensão por parte dos consumidores. A experiência internacional mostra diferentes modelos regulatórios, com a União Europeia adotando os padrões mais rígidos, enquanto outros países seguem posturas mais flexíveis ou voluntárias. Essas diferenças refletem não apenas aspectos econômicos e comerciais, mas também o peso atribuído à autonomia do consumidor e à transparência nas relações de consumo.

O impacto da rotulagem vai além da garantia legal: influencia diretamente o comportamento de compra, a confiança nos produtos e as estratégias de mercado das indústrias alimentícias. Embora setores produtivos argumentem que a rotulagem possa gerar rejeição infundada, estudos mostram que a transparência tende a fortalecer a confiança a longo prazo. Além disso, a crescente valorização de produtos rotulados como “livres de transgênicos” evidencia a importância da rastreabilidade e da clareza nas informações para nichos de consumidores mais críticos. Contudo, a efetividade da rotulagem depende não apenas de sua presença legal, mas da capacidade dos consumidores de interpretar adequadamente os dados disponíveis.

Nesse contexto, torna-se urgente o investimento em educação científica e alimentar, tanto em espaços escolares quanto comunitários, a fim de reduzir a lacuna entre conhecimento técnico e percepção pública. Estratégias de comunicação mais acessíveis, com linguagem clara e sem jargões, aliadas à promoção da alfabetização científica e à atuação responsável da mídia, são essenciais para promover uma sociedade mais informada e apta a tomar decisões conscientes. Fortalecer a confiança nas instituições científicas e reguladoras, assegurar o direito à escolha informada e incentivar o debate público sobre a biotecnologia são caminhos fundamentais para o exercício pleno da cidadania e para a construção de um sistema alimentar justo, seguro e sustentável.

Por fim, temos que este estudo espera contribuir para o aprofundamento do debate público sobre os OGMs, promovendo uma análise crítica e fundamentada da percepção social, da rotulagem e da comunicação científica sobre alimentos transgênicos. Como resultados esperados, busca-se identificar os principais entraves à compreensão e aceitação dos produtos que utilizam essa tecnologia pelo público, avaliar o papel das legislações e estratégias de rotulagem na garantia do direito à informação, e propor caminhos para melhorar a confiança nas instituições científicas e reguladoras. Espera-se, ainda, fornecer subsídios teóricos que possam apoiar ações educativas e comunicacionais voltadas para uma cidadania alimentar mais informada, crítica e participativa.

## REFERÊNCIAS


1. Oliveira G. Biotecnologia e alimentos: promessas e desafios dos transgênicos. Rev Ciênc Aliment. 2015;35(2):145–52.
2. Einsiedel E. Publics and their participation in science and technology. Sci Commun. 2002;23(4):395–409.
3. Qin W, Brown JL. Public reactions to information about genetically modified foods: Effects of information formats and male/female differences. Public Underst Sci. 2006;15(1):43–58.
4. Brasil. Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005. Dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança. Diário Oficial da União. 2005 mar 28.
5. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 26, de 13 de julho de 2015. Dispõe sobre os requisitos para rotulagem de alimentos que contenham ou sejam produzidos a partir de OGMs. Diário Oficial da União. 2015 jul 14.
6. União Europeia. Regulamento (CE) n.º 1829/2003, de 22 de setembro de 2003. Relativo a géneros alimentícios e alimentos para animais geneticamente modificados. Jornal Oficial da União Europeia. 2003 out 18.
7. Carvalho EA, Oliveira G. Representações sociais da biotecnologia e dos alimentos transgênicos: a influência da mídia. Rev Bras Ciênc Soc. 2017;32(95):1–21.
8. Lopes MC, Padilha MCG. A rotulagem de transgênicos no Brasil: tensões entre ciência, mercado e direito à informação. Cad Saúde Pública. 2019;35(6):e00046518.
9. Castro AF, Young M, Lima MRS. Comunicação pública e percepção social sobre transgênicos: limites da mediação. Rev Tecnol Soc. 2011;7(12):30–45.
10. Feldens L. Evolução alimentar humana: da caça e coleta à agricultura. 2018.
11. Ghidini MH, Mormul RP. A revolução agrícola neolítica e sua influência cultural. Rev Hist Antropol. 2020;15(2):45–59.
12. Martinez P, García-Argudo G, Morales JI, Lozano S. Energetics of Mesolithic subsistence in the Iberian Peninsula: A quantitative approach. Holocene. 2022;32(8):771–83.
13. Brown TA. The role of humans in a protracted transition from hunting-gathering to plant domestication in the Fertile Crescent. Front Plant Sci. 2018;9:1287.
14. Pontzer H, Wood BM. Effects of evolution, ecology, and economy on human diet: Insights from hunter-gatherers and other small-scale societies. Annu Rev Nutr. 2021;41:363–85.
15. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum. 2016.
16. Cohen SN, Boyer HW. Genetic engineering: pioneering recombinant DNA technology. J Biol Chem. 1973;248(17):6213–6.
17. Alves GS. Biotecnologia e globalização no comércio de sementes. Ciência e Tecnologia. 2019;27(3):112–20.
18. FAO. The State of Food and Agriculture 2003–2004: Agricultural Biotechnology – Meeting the Needs of the Poor. Rome: FAO; 2004.
19. Naves LT, Silva FM. Impactos da biotecnologia na formação dos seres vivos: um olhar crítico. Biosci J. 2021;37(1):87–98.
20. Leite R. O papel da mídia na formação da opinião sobre alimentos geneticamente modificados. Comun Soc. 2019;34(1):65–78.

21. Brasil. Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN. Lei nº 11.346, 15 de setembro de 2006.
22. Massarani L, Buys B, Ramalho M, Amorim L, Brotas A. Perceptions of genetically modified foods in Brazil: A study on public communication of science. Public Underst Sci. 2019;28(4):486–502.
23. Pengue WA. Desenvolvimento sustentável e a visão tecnocêntrica: desafios para o agronegócio. Rev Ambiente Soc. 2005;8(2):23–38.
24. Gaskell G, Stares S, Allansdottir A, Allum N, Castro P, Esmer Y, et al. Europeans and biotechnology in 2010: Winds of change? Nat Biotechnol. 2010;28(6):503–6.
25. Brasil. Decreto nº 4.680, de 24 de abril de 2003. Regulamenta a Lei nº 11.105/2005. Portaria nº 2.658, de 17 de setembro de 2003. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
26. União Europeia. Regulamento (CE) nº 1829/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de setembro de 2003, relativo a alimentos e rações geneticamente modificados. Jornal Oficial da União Europeia. 2003.
27. Gruère GP, Rao SR. A review of international labeling policies of genetically modified food to evaluate India's proposed rule. AgBioForum. 2007;10(1):51–64.
28. Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília: Senado Federal; 1988.
29. Brasil. Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações públicas. Diário Oficial da União. 2011 nov 18.
30. Costa-Font M, Gil JM, Traill WB. Consumer acceptance, valuation of and attitudes towards genetically modified food: Review and implications for food policy. Food Policy. 2008;33(2):99–111.
31. Frewer LJ, van der Lans IA, Fischer ARH, Reinders MJ, Menozzi D, Zhang X, et al. Public perceptions of agri-food applications of genetic modification – A systematic review and meta-analysis. Trends Food Sci Technol. 2013;30(2):142–52.
32. Smith J, Lee T. Global approaches to GMO food labeling: a comparative review. Food Policy. 2018;78:1–12.
33. Domingo JL, Bordonaba JG. A literature review on the safety assessment of genetically modified plants. Environ Int. 2011;37(3):734–42.
34. Qiu J. China plans $3.5-billion GM crops initiative. Nature. 2008;453(7193):134–5.
35. Silva AC, Pereira M. Impactos da rotulagem obrigatória de alimentos transgênicos na confiança do consumidor. Rev Bras Ciênc Tecnol. 2019;16(3):134–45.
36. McFadden JR, Lusk JL. What consumers don't know about genetically modified food, and how that affects beliefs. Food Policy. 2015;53:143–50.
37. Pozzetti J, Alves R, Souza L. Direitos do consumidor e rotulagem de alimentos transgênicos no Brasil. Direito Soc. 2020;12(1):45–58.
38. Bawa AS, Anilakumar KR. Genetically modified foods: safety, risks and public concerns—a review. J Food Sci Technol. 2013;50(6):1035–46.
39. Oliveira A. Biotecnologia moderna e organismos geneticamente modificados: impactos e aplicações. Cienc Cult. 2015;67(2):25–30.
40. Hossain F, Onyango B, Adelaja A, Schilling B, Hallman W. Consumer acceptance of food biotechnology: willingness to buy genetically modified food products. J Int Food Agribus Mark. 2003;15(1–2):53–76.
41. Qin W, Brown JL. Consumer opinions about genetically engineered salmon and information effect on consumer attitudes. J Agric Environ Ethics. 2006;19(3):273–93.
42. Guivant JS. Os transgênicos no Brasil: controvérsias, incertezas e política pública. In: Castro R, Young M, Lima M, organizadores. Sociedade e biotecnologia: uma construção inacabada. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia; 2014. p. 45–63.
43. Marin V, Ribeiro H. Transgênicos e alimentos: o direito à informação do consumidor. Saúde Soc. 2010;19(3):607–16.
44. Carvalho AS, Oliveira AKM. Percepção dos consumidores sobre alimentos transgênicos e influência da mídia. Rev Interface. 2017;21(61):355–64.
45. Gruère GP, Carter CA, Farzin YH. Explaining international differences in genetically modified food labeling policies. Rev Int Econ. 2009;17(3):393–408.
46. Lopes LB, Padilha JAC. A rotulagem de alimentos geneticamente modificados: a percepção dos produtores e as implicações para o consumo. Rev Adm Pública. 2019;53(2):299–319.

47. Câmara AMCS, Santos NFD, Peres R, organizadores. Alimentos geneticamente modificados: segurança alimentar, rotulagem e rastreabilidade. Brasília: Ministério da Saúde; 2008.
48. Ganancio L. Clean label: tendência na indústria alimentícia e a busca do consumidor por produtos mais naturais. In: Lens P, Silva R, organizadores. Tendências de consumo e inovação em alimentos. São Paulo: Editora Ciências do Alimento; 2021. p. 55–72.
49. Einsiedel EF. Publics and their participation in science and technology. Sci Commun. 2002;23(4):359–90.
50. Marin V, Costa EA. O princípio da precaução e a rotulagem de alimentos geneticamente modificados: uma análise da legislação europeia. Rev Direito Sanit. 2009;10(3):100–22.
51. Asioli D, Aschemann-Witzel J, Caputo V, Vecchio R, Annunziata A, Næs T, et al. Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. Food Res Int. 2017;99:58–71.
52. Bearth A, Cousin ME, Siegrist M. The consumer’s perception of artificial food additives: influences on acceptance, risk and benefit perceptions. Food Qual Prefer. 2014;38:14–23.

# ANÁLISE FÚNGICA EM CHÁS E INFUSÕES COMERCIALIZADAS A GRANEL NO MUNICÍPIO DE RECIFE – PERNAMBUCO, BRASIL

# FUNGAL CONTAMINATION ASSESSMENT OF BULK TEAS AND INFUSIONS SOLD IN RECIFE – PE, BRAZIL

**DOI: 10.65747/conali2025v1c06**

Fabiana Lima de Melo[1]; Cibele Maria de Araújo Rocha[2]; João Paulo da Nóbrega Barbosa[3]

[1]Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Nutricionista, docente de Nutrição; Faculdade Pernambucana de Saúde – FPS; [2]Doutora em Nutrição, Nutricionista, Docente de Nutrição; Faculdade Pernambucana de Saúde – FPS; [3]Graduado em Nutrição pela Faculdade Pernambucana de Saúde – FPS;

Contato: fabianalimma@yahoo.com.br

**Resumo:** O consumo de chás e infusões é uma prática amplamente disseminada mundialmente, ocupando a segunda posição entre as bebidas mais consumidas, apenas superado pela água. Esses produtos apresentam efeitos benéficos à saúde, atribuídos à presença de compostos bioativos, como polifenóis, flavonoides, alcaloides e terpenos, com funções antioxidantes, cardioprotetoras, anti-inflamatórias e estimulantes. Apesar da ampla aceitação, observa-se a ausência de regulamentações brasileiras específicas quanto aos níveis de contaminação fúngica, especialmente no comércio a granel, modalidade em que os produtos ficam expostos ao ambiente e ao manuseio repetido. O objetivo deste estudo foi avaliar a contaminação fúngica em chás e infusões comercializados a granel na cidade do Recife, Pernambuco. Foram analisadas quatro espécies vegetais (camomila, chá preto, chá verde e hibisco), totalizando 16 amostras coletadas em dois tipos de estabelecimentos: mercados públicos e lojas de produtos naturais. As análises microbiológicas seguiram os procedimentos do *Compendium of Methods for Examination of Foods*. As contagens de fungos variaram de $1 \times 10^2$ a $23 \times 10^5$ UFC/g, com tendência de menores níveis em amostras provenientes de lojas privadas em comparação aos mercados públicos. A maioria dos valores obtidos encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde ($\leq 5 \times 10^4$ UFC/g para materiais vegetais destinados à preparação de chás e infusões). Os achados reforçam a necessidade de atenção às boas práticas de fabricação, armazenamento e manipulação em produtos a granel, contribuindo para a segurança alimentar, qualidade dos produtos e confiança do consumidor.

**Palavras-chave:** Chá; Contaminação biológica; Regulamentação

**Abstract:** The consumption of teas and infusions is a widespread practice worldwide, ranking as the second most consumed beverage, surpassed only by water. These products exhibit beneficial health effects attributed to the presence of bioactive compounds, such as polyphenols, flavonoids, alkaloids, and terpenes, which play antioxidant, cardioprotective, anti-inflammatory, and stimulant roles. Despite their wide acceptance, there is a lack of specific Brazilian regulations regarding fungal contamination levels, particularly in bulk sales, where products are exposed to the environment and frequent handling. The objective of this study was to evaluate fungal contamination in teas and infusions sold in bulk in Recife, Pernambuco, Brazil. Four plant species (chamomile, black tea, green tea, and hibiscus) were analyzed, totaling 16 samples collected from two types of establishments: public markets and health food stores. Microbiological analyses followed the procedures described in the *Compendium of Methods for the Examination of Foods*. Fungal counts ranged from $1 \times 10^2$ to $23 \times 10^5$ CFU/g, with a tendency toward lower levels in samples from health food stores compared

to public markets. Most values were within the limits established by the World Health Organization (≤ 5 × 10⁴ CFU/g for plant materials intended for the preparation of teas and infusions). The findings highlight the need for attention to good manufacturing, storage, and handling practices in bulk products, contributing to food safety, product quality, and consumer confidence.

**Keywords:** Tea; Biological contamination; Regulation

## INTRODUÇÃO

O consumo de chás e infusões ocupa a segunda posição entre as bebidas mais consumidas globalmente, sendo superado apenas pela água. Frequentemente associado a conforto, lazer ou rituais culturais, esse hábito remonta a séculos, com registros históricos que evidenciam seu uso em cerimônias religiosas, práticas medicinais tradicionais e na socialização em diferentes culturas da Ásia, Europa e América (1,2).

Em 2022, o consumo global de chás e infusões atingiu aproximadamente 3,5 milhões de toneladas, com estimativas de alcançar 4,06 milhões até 2032. Esse crescimento reflete tanto o aumento populacional quanto a maior demanda por produtos naturais. Além disso, a popularidade dos chás está alinhada a tendências contemporâneas de bem-estar, alimentação funcional e estilos de vida saudáveis, evidenciando seu papel cultural, econômico e nutricional (1).

No Brasil, a legislação define os chás como produtos obtidos de uma ou mais partes de espécies vegetais, inteiras, fragmentadas ou moídas, com ou sem fermentação, podendo conter adição de aromas ou especiarias para conferir sabor. O termo chá aplica-se especificamente às bebidas da planta *Camellia sinensis* (verde, preto, branco e variações), enquanto infusões abrangem preparações a partir de outras partes vegetais, como flores, folhas, frutos e raízes (3).

Estudos recentes destacam a relevância dos fitoquímicos presentes em chás e infusões, como polifenóis, flavonoides, alcaloides e terpenos, pelos seus efeitos benéficos à saúde (4). Entre os polifenóis, sobressaem as catequinas e a epigalocatequina galato, reconhecidas por propriedades antioxidantes, cardioprotetoras e anti-inflamatórias, associadas à redução do risco de doenças cardiovasculares e metabólicas (4, 5).

Flavonoides como quercetina e miricetina também apresentam ação antioxidante, anti-inflamatória, neuroprotetora e moduladora do colesterol, contribuindo para a manutenção da saúde vascular e prevenção de doenças crônicas (4, 6). Alcaloides, a exemplo da cafeína, exercem efeito estimulante sobre o sistema nervoso central, promovendo melhora do desempenho cognitivo, do estado de alerta e do metabolismo energético, além de favorecer a oxidação de lipídios (4, 7).

Já os terpenos, presentes em infusões de hibisco, camomila e hortelã, demonstram atividades antimicrobianas, sedativas e digestivas, auxiliando no controle da ansiedade, relaxamento e equilíbrio gastrointestinal (4, 6). Esses compostos bioativos conferem aos chás e infusões propriedades funcionais que justificam seu consumo crescente como parte de uma alimentação saudável (2, 4).

No Brasil, um hábito comum de aquisição dessas ervas é o comércio a granel, caracterizado pela ausência de embalagens individuais, sendo os produtos armazenados em dispensadores e

vendidos com base no peso (2, 8). Embora essa prática atenda à demanda por sustentabilidade e redução de embalagens, a ausência de barreiras físicas aumenta os riscos de contaminação microbiológica, considerando os diversos processos aos quais esses produtos são submetidos antes de chegar ao consumidor final, incluindo transporte, manipulação e exposição ambiental (8, 9).

A venda a granel exige atenção especial às boas práticas de higiene, manipulação e armazenamento em todas as etapas do processo, desde a aquisição da matéria-prima até a comercialização final, a fim de reduzir a proliferação de microrganismos e assegurar a inocuidade dos produtos (3,10). A contaminação fúngica não apenas compromete características sensoriais, como cor, aroma e sabor, mas também pode ocasionar perdas econômicas significativas, afetando diretamente a aceitação comercial e a sustentabilidade do setor (2, 8).

Diante desses riscos e da crescente demanda por produtos naturais, o presente estudo teve como objetivo avaliar a contaminação fúngica em chás e infusões comercializados a granel na cidade do Recife, Pernambuco, fornecendo subsídios para medidas de controle e regulamentação mais eficazes.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Amostragem

O estudo analisou quatro espécies vegetais: camomila (*Chamomilla recutita*), chá preto (*Camellia sinensis*), chá verde (*Camellia sinensis*) e hibisco (*Hibiscus sabdariffa*). Uma amostra de cada espécie foi coletada em quatro estabelecimentos diferentes, duas lojas privadas de produtos naturais e dois mercados públicos, localizados na cidade do Recife, Pernambuco, totalizando 16 amostras.

A coleta foi realizada aleatoriamente, garantindo representatividade da diversidade de espécies comercializadas. As amostras foram acondicionadas em embalagens plásticas transparentes e lacradas, minimizando contaminação externa durante transporte e armazenamento pré-análise. As amostras foram encaminhadas para análise no Laboratório de Análises Microbiológicas da Faculdade Pernambucana de Saúde, onde foram adotados rigorosos critérios de biossegurança e manipulação estéril.

### Preparação das amostras

As amostras, pesadas em frações de 25 g, foram transferidas para frascos estéreis contendo 225 mL de solução salina a 0,85%. O preparo considerou a especificidade de cada tipo de material: folhas de chás, flores desidratadas e alguns talos, seguindo protocolos que preservam a integridade das estruturas fúngicas. Após agitação vigorosa, as amostras permaneceram em repouso em ambiente controlado por 10 minutos, permitindo a estabilização e uniformização do inóculo antes da semeadura.

**Análise microbiológica**

As análises microbiológicas foram realizadas em duplicata, seguindo os parâmetros do *Compendium of Methods for Examination of Foods* (11), garantindo reprodutibilidade e confiabilidade dos resultados. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises Microbiológicas da Faculdade Pernambucana de Saúde, sob critérios de biossegurança e manipulação asséptica.

Frações de 0,1 mL de cada amostra foram submetidas a diluições decimais de $10^{-1}$ a $10^{-5}$ e semeadas superficialmente em placas de Potato Dextrose Agar (PDA) utilizando alça de Drigalski, assegurando distribuição uniforme do inóculo e formação de colônias isoladas. As placas foram incubadas invertidas a 25 ºC por cinco dias. Após incubação, as colônias foram contadas manualmente e os resultados expressos em Unidades Formadoras de Colônias por grama (UFC/g).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises das amostras de chás e infusões coletadas em mercados públicos e lojas privadas de produtos naturais revelaram níveis consideravelmente elevados de contaminação, conforme demonstram os dados descritos na Tabela 1.

**Tabela 1** - Contagem total de fungos em chás e infusos obtidos a granel na cidade do Recife-Pernambuco

| Chá | Local de Compra | Contagem em UFC/g |
|---|---|---|
| Camomila *Chamomilla recutita* | Mercado Público 1 | $3 \times 10^5$ |
| | Mercado Público 2 | $9 \times 10^3$ |
| | Local Privado 1 | $1 \times 10^5$ |
| | Local Privado 2 | $2 \times 10^4$ |
| Hibisco *Hibiscus sabdariffa* | Mercado Público 1 | $1 \times 10^3$ |
| | Mercado Público 2 | $2 \times 10^2$ |
| | Local Privado 1 | $1 \times 10^2$ |
| | Local Privado 2 | $1 \times 10^3$ |
| Preto *Camellia sinensis* | Mercado Público 1 | $4 \times 10^4$ |
| | Mercado Público 2 | $23 \times 10^5$ |
| | Local Privado 1 | $3 \times 10^3$ |
| | Local Privado 2 | $2 \times 10^2$ |
| Verde *Camellia sinensis* | Mercado Público 1 | $5 \times 10^2$ |
| | Mercado Público 2 | $9 \times 10^2$ |
| | Local Privado 1 | $5 \times 10^3$ |
| | Local Privado 2 | $1 \times 10^3$ |

**Fonte:** Autores, 2025

Esses achados sugerem que, embora os produtos apresentem aparentemente condições adequadas de armazenamento, eles podem ter sido expostos a fatores ambientais e operacionais que favorecem o crescimento microbiano, como umidade, temperatura inadequada e manipulação frequente pelos consumidores (2).

Embora não haja normas regulamentadoras específicas para fungos em chás e infusões, os resultados indicam possível ausência de controle rigoroso das boas práticas de fabricação em todas as etapas do processo, desde a produção da matéria-prima até o acondicionamento final para comercialização (3, 10).

Observou-se que a contagem total de fungos variou de $1 \times 10^2$ UFC/g a $23 \times 10^5$ UFC/g, sendo o menor valor encontrado na infusão de hibisco comercializada no Local Privado 1 e o maior valor no chá preto vendido a granel no Mercado Público 2. De modo geral, amostras provenientes de lojas privadas apresentaram níveis de contaminação inferiores em comparação às amostras de mercados públicos, tendência verificada nas quatro espécies analisadas.

Diversos fatores intrínsecos e extrínsecos influenciam a qualidade microbiológica dos alimentos vendidos a granel. Entre os fatores intrínsecos, destaca-se a natureza do produto; entre os extrínsecos, incluem-se as condições ambientais, como temperatura e umidade, determinantes para o crescimento microbiano (12). A exposição dos produtos ao ambiente, a ausência de embalagens adequadas e as condições de acondicionamento tornam os alimentos a granel mais suscetíveis à contaminação por fungos (2, 12, 13).

Outro fator relevante é o tempo e o volume de armazenamento, quanto maior a quantidade armazenada, maior tende a ser o período de exposição, aumentando o risco de contaminação fúngica (13, 14, 15). Estudos prévios reforçam essa relação; conforme Oliveira *et al*., amostras de farinha de linhaça comercializadas a granel apresentaram elevados níveis de contaminação devido à baixa rotatividade do produto, que favorece o acúmulo prolongado e aumenta a suscetibilidade à deterioração microbiológica (16).

Neste sentido, a observância de normas de higiene é, portanto, essencial. O Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação estabelece que os estabelecimentos que manipulam alimentos devem cumprir normas rigorosas de limpeza, garantindo que as superfícies em contato direto com os produtos estejam em bom estado de conservação e livres de rachaduras ou trincas (3, 10).

Nos estabelecimentos visitados, contudo, verificou-se baixa higienização dos dispensadores. Em um deles, o reabastecimento ocorreu antes do esvaziamento completo do recipiente, sem procedimentos adequados de limpeza e secagem, favorecendo a sobreposição de lotes e a proliferação microbiana. Diante disso, recomenda-se a adoção rigorosa da estratégia de estocagem "*First in, first out*" (FIFO), priorizando a utilização dos produtos mais antigos antes da inserção de novos lotes, garantindo que os recipientes sejam esvaziados, higienizados e secos

antes de novo reabastecimento (13).

O alto nível de contaminação fúngica identificado neste estudo é consistente com achados de outros autores em diferentes alimentos a granel, incluindo especiarias desidratadas e condimentos vendidos em feiras e supermercados, com presença de gêneros produtores de micotoxinas, como *Aspergillus* e *Penicillium* (2, 8, 12, 14, 15).

Oliveira *et al*. (17) analisaram especiarias desidratadas comercializadas no Mercado do Porto de Cuiabá, Mato Grosso, e observaram que manjericão e pimenta-do-reino apresentaram os maiores níveis de contaminação (>100 × $10^1$ UFC/g), enquanto o alecrim registrou a menor contagem (2,8 × $10^1$ UFC/g). De maneira similar, Silva et al. (18), na cidade de Teresina, Piauí, identificaram risco biológico em condimentos a granel comercializados em feiras e supermercados, sendo que 77,7% das 36 amostras analisadas apresentaram resultados positivos para fungos, com os maiores valores registrados para pimenta-do-reino (9,4 × $10^4$ UFC/g) e cominho (8,2 × $10^4$ UFC/g).

Em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Garcia (19) evidenciou que, com exceção do cravo-da-índia, todas as outras sete especiarias analisadas apresentaram níveis significativos de contaminação fúngica. Brito (20), em Campinas, São Paulo, analisou 70 amostras de pimentas (vermelha e rosa) e identificou um total de 985 fungos, distribuídos em 19 grupos distintos. Ramos (21) e Costa (12) destacam que fatores como condições higiênicas precárias durante secagem e armazenamento contribuem significativamente para a contaminação.

No agreste pernambucano, Pimentel (9) encontrou contagens de fungos variando de 8,6× $10^3$ a 1,3 × $10^5$ UFC/g em cominho, pimenta-do-reino e açafrão-da-terra, com presença de gêneros produtores de micotoxinas como aflatoxinas e ocratoxina A.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (22), o limite microbiológico aceitável para materiais vegetais destinados à preparação de chás e infusões é de até 5,0 × $10^4$ UFC/g, e para uso interno até 5,0 × $10^3$ UFC/g. Nesse contexto, as amostras analisadas neste estudo encontraram-se dentro desses limites. Embora os valores estejam dentro dos parâmetros recomendados, a contaminação fúngica ainda pode comprometer características sensoriais e a qualidade comercial dos produtos.

No Brasil, a legislação estabelece limites microbiológicos para chás e infusões apenas quanto à presença de *Salmonella spp*. e *Escherichia coli*, sem contemplar limites específicos para fungos (23, 24). Essa lacuna normativa reforça a necessidade de revisão da legislação, considerando que fungos podem produzir micotoxinas termoestáveis com potenciais efeitos tóxicos, neurotóxicos e carcinogênicos (12).

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo indicam que os estabelecimentos analisados apresentam lacunas nas boas práticas de higiene e manejo, o que pode contribuir para aumento da carga fúngica nos produtos. A contaminação observada evidencia que procedimentos inadequados

de armazenamento, manipulação e exposição ambiental influenciam a qualidade microbiológica dos chás e infusões.

Determinados fungos presentes nos produtos analisados podem produzir micotoxinas termoestáveis, como aflatoxinas e ocratoxina A, com potenciais efeitos nocivos à saúde humana, incluindo toxicidade aguda, efeitos sobre o sistema imunológico e risco carcinogênico. Esses achados reforçam a importância de que as autoridades sanitárias brasileiras considerem a definição de padrões microbiológicos específicos para bolores e leveduras em alimentos a granel, assim como regulamentações técnicas que orientem e fiscalizem a comercialização desses produtos, promovendo práticas de higiene adequadas.

A implementação de normas claras, aliada à fiscalização efetiva, contribui para a segurança alimentar e para a melhoria da qualidade dos produtos e da confiabilidade do mercado de chás e infusões a granel. A adoção de estratégias como a correta aplicação do sistema FIFO, treinamento contínuo de manipuladores e inspeções periódicas dos pontos de venda são medidas essenciais para reduzir a contaminação.

Estudos futuros devem investigar estratégias de redução da carga fúngica em diferentes tipos de alimentos a granel, avaliar métodos de conservação mais eficazes e explorar a aplicação de tecnologias emergentes para monitoramento microbiológico, contribuindo para a segurança, qualidade e competitividade do setor alimentício.

**REFERÊNCIAS**


1. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. Relatório sobre o mercado global de chá: situação atual e perspectivas de médio prazo até 2032. Roma: FAO, 2023. Disponível em: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c1cad039-4e40-4888-bc74-3073d3ed7963/content. Acesso em: 1 jul. 2025.
2. ANDRADE, R. G. C. Avaliação microbiológica de chás e infusões a granel comercializados em feiras de Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.
3. BRASIL. Resolução de diretoria colegiada – RDC n.º 267, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico de espécies vegetais para o preparo de chás.
4. KUMAR, A.; ABRAHAM, T.; JOSEPH, A. Bioactive compounds in herbal teas: Impact on health and well-being. Phytomedicine, v. 85, p. 153513, 2021.
5. WANG, Y.; LI, Y.; WANG, X.; MA, X.; ZHANG, C. Catechins: A molecular target for promoting longevity and health span. Nutrients, v. 12, n. 5, p. 1450, 2020.
6. XU, M.; ZHANG, Y.; CHEN, C.; ZHOU, J.; WANG, R. Flavonoids and cardiovascular health: A review. Molecules, v. 26, n. 18, p. 5378, 2021.
7. SHARMA, S.; HOSSAIN, S.; SHARMA, B. Cafeína e desempenho cognitivo: Uma revisão sistemática de ensaios clínicos recentes. Frontiers in Neuroscience, v. 16, p. 905234, 2022.
8. VIEIRA, R. S.; et al. Qualidade microbiológica de ervas e chás consumidos em um hospital público de Campina Grande. BIOFARM, v. 13, n. 1, 2017.
9. PIMENTEL, E. N. A.; SANTOS, W. L. Análise da contaminação microbiológica em especiarias comercializadas em feira livre do Agreste de Pernambuco. Revista Sociedade Científica, v. 2, n. 5, 2020.
10. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC n° 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2004.

11. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Compendium of Methods for Examination of Foods. 4. ed. Washington: APHA, 2001.
12. COSTA, B. G. Presença de fungos potencialmente toxigênicos em amostras de especiarias comercializadas no Brasil: uma revisão. Florianópolis, 2021.
13. PIKORA, M.; TRZASKA, K.; PONDER, A. Assessment of the Impact of the Functioning of the FIFO on the Occurrence of Organic Products with an Exceeded Use-By Date. Environmental Protection and Natural Resources, v. 32, n. 3(89), p. 29-36, 2021.
14. ALBUQUERQUE, M. C.; AZEVEDO, L. N.; SANTOS, E. M.; CUNHA, I. G. Análises microbiológicas de granolas comercializadas no Bairro São José na cidade de Recife-PE. Brazilian Journal of Health Review, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 1743-1753, 2019.
15. IHA, M. H.; TRUCKSESS, M. W. Management of Mycotoxins in Spices. Journal of AOAC International, v. 102, n. 6, p. 1732-1739, 2019.
16. OLIVEIRA, F. B.; MIRANDA, A. S.; JUNIOR, N. M. V.; SANTANA, R. F. Qualidade Microbiológica de Farinhas de Linhaça Dourada e Marrom. UNOPAR Científica, Bahia, Ciências Biológicas e da Saúde, v. 17, n. 3, p. 176-180, 2015.
17. OLIVEIRA, A. P. et al. Avaliação da presença de fungos em temperos comercializados no Mercado do Porto, Cuiabá-MT. Brazilian Journal of Food Research, v. 7, n.1, 2016.
18. SILVA, L. P. et al. Contaminação fúngica em condimentos de feiras livres e supermercados. Revista Instituto Adolfo Lutz, v. 71, n. 1, 2012.
19. GARCIA, M. V. Contaminação fúngica de especiarias e potencial micotoxigênico dos isolados. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
20. BRITO, G. C. Avaliação da contaminação de pimenta vermelha (Capsicum frutescens e Capsicum baccatum) e pimenta rosa (Schinus terebinthifolius) por fungos toxigênicos, aflatoxinas e ocratoxina A. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 2018.
21. RAMOS, B. C. N. Revisão da literatura do estudo microbiológico de especiaria pimenta do reino (Piper nigrum). Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.
22. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Safety evaluation of certain mycotoxins in food. WHO Food Additives Series, Geneva, 2002.
23. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 6 jul. 2022.
24. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 724, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os limites microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1 jul. 2022.

# APLICAÇÃO DO BIOENSAIO TOXICOLÓGICO IN VITRO EM RESÍDUOS DO MARACUJÁ AMARELO

# APPLICATION OF *IN VITRO* TOXICOLOGICAL BIOASSAY ON YELLOW PASSION FRUIT RESIDUES

**DOI: 10.65747/conali2025v1c07**

**Yago Kenedy Martins Claudino[1]; Jordan Dias Sousa da Silva[2]; Yasmin Diniz de Morais[3]; Aline Diniz Barbosa Arriel[4]; Aluska da Silva[5]; Deyzi dos Santos Gouveia[6]**

[1]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos- CTRN– UFCG; [2]Mestrando em Engenharia de Alimentos- CTRN– UFCG; [3]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos- CTRN– UFCG; [4]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos- CTRN– UFCG; [5]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos- CTRN– UFCG; [6]Dorcente do Depto. de Engenharia de Alimentos– CTRN – UFCG.

Contato: yago.kenedy@estudante.ufcg.edu.br

**Resumo:** Os alimentos de matriz vegetal em sua composição podem conter compostos tóxicos advindos de sua própria matriz, de resíduos agrotóxicos ou de processamentos tecnológicos. Deste modo, a presente pesquisa realizou a avaliação toxicológica em resíduos de maracujá amarelo após processamento térmico, visando a obtenção de um resíduo mais palatável que possa ser utilizado como ingrediente em diversos produtos. Para isso utilizou-se o bioensaio toxicológico em *Artêmia salina* onde foram estudados resíduos do maracujá amarelo (RMA) cozidos por 12 minutos denominados em RM1 (Casca), RMA2 (albedo) e RMA3 (casca + albedo). Foram consideradas tóxicos os resíduos que apresentavam $DL_{50}$ inferior a 1000 ppm. Com isto, foi avaliado que nenhum dos resíduos estudados se apresentavam tóxicos, evidenciando o potencial uso destes resíduos de maracujá amarelo para a produção de produtos alimentícios.

**Palavras–chave:** Albedo; Casca; Compostos tóxicos; Resíduos agroindustriais;

**Abstract:** Plant-based foods may contain toxic compounds originating from their intrinsic matrix, pesticide residues, or technological processing. In this context, the present study carried out a toxicological assessment of yellow passion fruit residues after thermal processing, aiming to obtain a more palatable ingredient with potential applications in various food products. Toxicological bioassays were performed using *Artemia salina* sp., in which yellow passion fruit residues (YPR) cooked for 12 minutes were evaluated and classified as YPR1 (peel), YPR2 (albedo), and YPR3 (peel + albedo). Residues with an $LD_{50}$ below 1000 ppm were considered toxic. The results demonstrated that none of the tested residues exhibited toxicity, underscoring the potential of thermally processed yellow passion fruit residues for use in the development of food products.

**Keywords:** Albedo; Peel; Toxic compounds; Agro-industrial waste;

## INTRODUÇÃO

A toxicologia é a ciência que estuda os efeitos das interações de substâncias químicas, físicas ou biológicas com o organismo sob determinadas condições. Entende-se como agente tóxico determinada substância que é capaz de gerar injúrias a um sistema biológico comprometendo suas funções ou até mesmo levando à morte do organismo (1).

A dose letal ($DL_{50}$) é um parâmetro importante da toxicologia. Ela é definida como a quantidade de um agente tóxico, ingerido por via oral, capaz de produzir a morte de 50% da população de um organismo alvo em um curto intervalo de tempo. Para o ensaio quantitativo da $DL_{50}$, comumente são utilizados organismos como camundongos, ratos, peixes, coelhos e diversas espécies de macacos (2,3).

A *Artemia salina* sp. é um microcrustáceo de água salgada, altamente comercializada como cisto para alimentação de peixes. Devido a sua alta sensibilidade à compostos bioativos, este microcrustáceo pode ser utilizado para o estudo da letalidade de substâncias (4).

Meyer e colaboradores desenvolveram uma metodologia utilizando a *Artemia salina sp.* para classificação da toxicidade de substâncias. Os autores estabeleceram uma relação entre o grau de toxicidade e a $DL_{50}$, apresentada por extratos de plantas sobre as larvas destes microcrustáceos. A partir da pesquisa efetuada pelos autores, considera-se uma substância tóxica aquela que obtiver $DL_{50}$ inferior a 1000 ppm, e atóxica a substância que obtiver $DL_{50}$ superior a 1000 ppm, para o ensaio toxicológico (5).

Os alimentos têm uma grande variedade de substâncias em sua composição que podem ou não apresentar potencial tóxico. Essas substâncias podem estar presentes originalmente na matriz dos alimentos ou podem ser formadas durante o processamento, sendo os que envolvem adição de calor os principais responsáveis por gerar substâncias tóxicas (6, 7). Alguns compostos agrotóxicos, que utilizados em diferentes etapas do cultivo de alimentos, incluindo a pós-colheita, podem ser considerados de classe tóxica. Os resíduos agrotóxicos tendem a se bioconcentrar ou acumular nos tecidos dos organismos vivos, trazendo malefícios ao sistema fisiológico. A maioria desses resíduos é ingerida por via oral, por meio do consumo de alimentos (8).

O maracujá (*Passiflora edulis*) é uma fruta tropical nativa do Brasil produzida em todas as regiões do país, durante todo o ano, sendo o estado do Nordeste a região com maior número de produtores. As indústrias extratoras de suco são responsáveis, mundialmente, por gerarem o maior índice de resíduos agroindustriais. As extratoras de suco de maracujá geram resíduos compostos por cascas, sementes e albedos, que correspondem de 65% a 70% do peso do fruto (9).

O resíduo do maracujá, especialmente o albedo, é rico em fibras alimentares, vitamina B3 e minerais como ferro, cálcio e fósforo, além de apresentar compostos antioxidantes em sua composição. Devido ao seu alto teor nutricional, nos últimos anos vem sendo notada uma crescente demanda por estudos que utilizam ou evidenciam o uso desse resíduo na elaboração de diversos produtos, visando ao seu enriquecimento e contribuindo para a saúde fisiológica dos consumidores. A presença de fibras e compostos antioxidantes em alimentos ajuda a prevenir doenças gastrointestinais e gera uma ação anti-hiperglicêmica, respectivamente (10).

Porém, em sua composição, o fruto do maracujá apresenta naturalmente compostos cianogênios, exceto na semente, os quais fazem parte do sistema de defesa vegetal contra

predadores. Ao serem ingeridas, essas substâncias aderem à circulação sanguínea e liberam cianeto, que compromete o processo de respiração celular, podendo levar o organismo à morte, dependendo da concentração de compostos cianogênicos consumidos (11). Portanto embora os produtos à base de plantas sejam geralmente considerados seguros, sua toxicidade não deve ser descartada devido aos constituintes cianogênios de diversas espécies.

Diante deste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a toxicidade do resíduo do maracujá amarelo submetido ao processamento tecnológico envolvendo a adição de calor, visando a obtenção de um resíduo íntegro e mais palatável, que possa ser utilizado para a elaboração de diversos produtos.

## METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados na Unidade de Engenharia de Alimentos, nos laboratórios de Análise Sensorial e de Análises Microbiológicas da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, campus Campina Grande.

O fruto do maracujá amarelo foi obtido no Empasa de Campina Grande- PB, o qual foi selecionado pelo estado de maturação maduro. Após a obtenção, o fruto do maracujá amarelo foi higienizado por meio de lavagem com água e sanitizado a 150 ppm de água sanitária durante 12 minutos. O despolpamento do fruto foi realizado de forma manual onde foram utilizados faca e colher de aço inox. O resíduo de maracujá amarelo (RMA) foi separado, acondicionado em sacos plásticos identificados e armazenado sob refrigeração a 4 ºC. Para o ensaio da toxicidade, foram estudados três RMA que foram agrupados de acordo com os seus constituintes como pode ser verificado na Tabela 1. Para a elaboração do RMA3 utilizou-se as mesmas proporções de albedo e casca encontrada no fruto do maracujá amarelo.

Os resíduos foram submetidos ao processo de cozimento por 20 minutos em água mineral, utilizando panela de aço inoxidável. Após o cozimento, estes foram imersos em água quente por um período suficiente para remover o amargor (13).

Tabela 1- Resíduos do maracujá amarelo

| Resíduos | Constituintes |
|---|---|
| RMA1 | Casca |
| RMA2 | Albedo |
| RMA3 | Casca+Albedo |

Fonte: Autores, 2025

Para o estudo de toxicidade foi utilizada a metodologia adaptada descrita por Ngute, *et al*. (12). Para a eclosão dos cistos de *Artemia Salina* sp. foi utilizada uma solução salina artificial

(Solução mãe). Quando necessário o seu pH foi ajustado entre 8-9, adicionando gotas de NaOH 0,1 mol*$L^{-1}$.

Os ovos de *A. salina* (0,1 g de cistos por litro) foram incubados na solução mãe sob condições de aeração contínua, iluminação artificial constante e temperatura ambiente, durante 48 horas.

Para o preparo das soluções das amostras, foi pesada e triturada 0,1 g de cada amostras (RMA1, RMA2 e RMA3), sendo posteriormente suspensas em uma mistura de 5 mL de água destilada e 5 mL de solução mãe. Após a eclosão dos ovos de *Artêmia salina*, 10 (dez) microcrustáceos foram transferidas para tubos de ensaio contendo a solução mãe, água destilada e as diferentes concentrações das amostras, conforme detalhado na Tabela 2.

Tabela 2- Planejamento experimental utilizado para o bioensaio de Artemia Salina sp.

| **Ensaio** | **Conc. (ppm)** | **VA (µL)** | **AS (mL)** | **AD (mL)** | **QART (Unidade)** |
|---|---|---|---|---|---|
| Controle | 0 | 0 | 5 | 5 | 10 |
| 1 | 250000 | 2500 | 5 | 5 | 10 |
| 2 | 125000 | 1250 | 5 | 5 | 10 |
| 3 | 25000 | 250 | 5 | 5 | 10 |
| 4 | 12500 | 125 | 5 | 5 | 10 |
| 5 | 6200 | 62 | 5 | 5 | 10 |

Cada ensaio foi realizado em triplicata

Conc.= Concentrações Testadas; VA= Volume das amostras; AS= Solução mãe; AD= Água Destilada, QART= Quantidade de Artemia Salina sp. por concentração.

Fonte: Autores, 2025

Após um período de 24 horas, foi realizada a contagem de *Artêmias salinas* vivas em cada tubo de ensaio. Com base nos resultados obtidos, calculou-se a média de *Artêmias salinas* mortas por tubo, seguida de sua percentagem correspondente. Uma dose letal capaz de causar a morte de 50% da população ($DL_{50}$) foi estimada a partir da relação linear entre a porcentagem de *Artêmias salinas* mortas e as concentrações das amostras testadas, utilizando uma planilha eletrônica para processamento dos dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos para a porcentagem de *Artêmias salinas* mortas em cada concentração para cada resíduo de maracujá amarelo (RMA), estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3- Porcentagem de *Artêmias salinas* mortas por concentração

| Ensaios | Concentrações testadas (ppm) | RMA1 (%) | RMA2 (%) | RMA3 (%) |
|---|---|---|---|---|
| Controle | 0 | - | - | - |
| 1 | 250.000 | 50±0,41 | 33,33±0,00 | 0,00±0,00 |
| 2 | 125.000 | 11,11±0,82 | 11,11±0,00 | 0,00±0,00 |
| 3 | 25.000 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 |
| 4 | 12.500 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 |
| 5 | 6.200 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 | 0,00±0,00 |

Os valores de porcentagem para as *Artêmias salinas* mortas foram obtidos através da fórmula: %= (média*100)/Quant. de *Artêmias salinas* vivas no controle.

RMA1- Casca ; RMA2- Albedo; RMA3- Casca+Albedo.

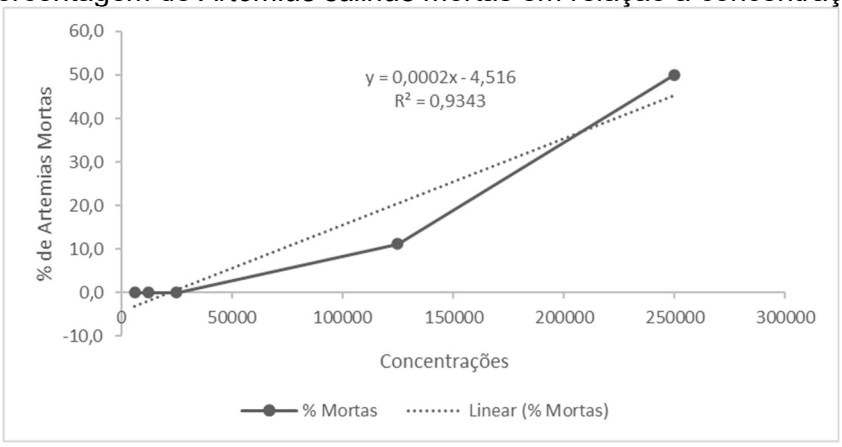
Fonte: Autores, 2025

Com base nos resultados apresentados na Tabela 3, observa-se que as diferentes concentrações dos resíduos testados tiveram efeitos variados sobre a mortalidade de *Artemia salina sp.*. No controle, onde não houve exposição a resíduos, não houve mortalidade, confirmando a viabilidade dos organismos sob condições normais.

Para o resíduo RMA1 (casca), a mortalidade foi de 50% na concentração de 250.000 ppm, indicando um efeito tóxico significativo nesta concentração. Já na concentração de 125.000 ppm, a mortalidade reduziu para 11,11%, e nas concentrações inferiores (25.000, 12.500 e 6.200 ppm), não houve mortalidade observada. Isso sugere que a mortalidade de *Artêmias salinas* do RMA1 diminui com a redução da concentração. O resíduo RMA2 (albedo) apresentou um padrão semelhante, com 33,33% de mortalidade na concentração de 250.000 ppm e 11,11% na concentração de 125.000 ppm. Nas concentrações mais baixas (25.000, 12.500 e 6.200 ppm), também não houve mortalidade, indicando uma menor mortalidade das *Artêmias salinas* em concentrações menores. Por outro lado, o resíduo RMA3 (casca + albedo) não apresentou mortalidade em nenhuma das concentrações testadas, incluindo a mais elevada de 250.000 ppm. Isso sugere que a combinação dos resíduos, na proporção avaliada, não exerce efeitos tóxicos significativos sobre as *Artêmias salinas*, indicando uma possível redução ou eliminação da toxicidade quando os resíduos são utilizados em conjunto.

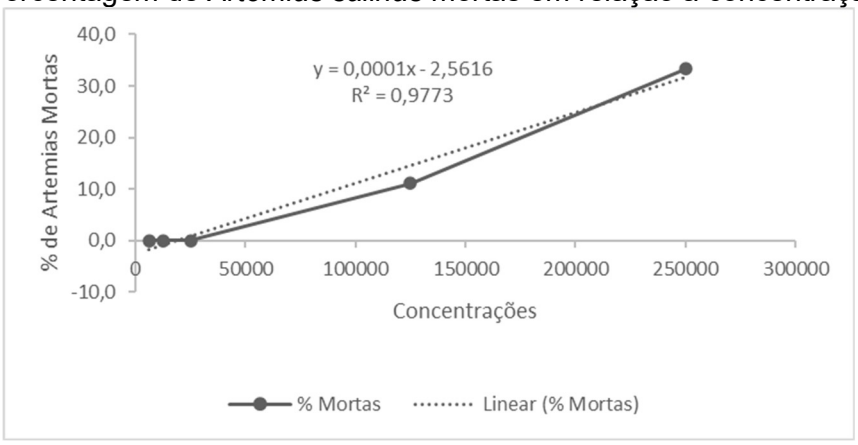
A partir dos valores de mortalidade observados para o RMA1 e RMA2, obteve-se gráficos de progressão linear (Figura 1 e 2) de concentração versus porcentagem de mortalidade, os quais permitiram determinar a dose letal capaz de matar 50% da população de *Artêmias salinas* ($DL_{50}$) para cada resíduo. Esses dados são essenciais para avaliar a toxicidade relativa dos resíduos e seu potencial uso ou descarte seguro, contribuindo para a compreensão do impacto ambiental desses materiais.

Figura 1 – Porcentagem de *Artêmias salinas* mortas em relação à concentração do RMA1




Fonte: Autores, 2025

Figura 2 – Porcentagem de *Artêmias salinas* mortas em relação à concentração do RMA2




Fonte: Autores, 2025

Os cálculos para obtenção da $DL_{50}$ de cada amostra foram obtidos através da equação y = a*x + b, substituindo y por 50%. Observa-se na Tabela 4 a $DL_{50}$ encontrada para cada amostra e sua respectiva classificação.

Tabela 4- Dose letal de cada amostra em ppm

| **Amostra** | ***DL*$_{50}$ (ppm)** | **Classificação** |
|---|---|---|
| 1 | 272.580,00 | Atóxico |
| 2 | 525.616,00 | Atóxico |

Fonte: Autores, 2025

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), são considerados tóxicos compostos que possuem $DL_{50}$<1000 ppm para o bioensaio de *Artemia salina sp*. (5). Deste modo, nenhuma das amostras testadas se apresenta tóxica, dado que, os resíduos constituídos de casca e de albedo (RMA1 e RMA2) apresentaram $DL_{50}$ acima de 1000 ppm. Esses resultados sugerem que os resíduos de maracujá amarelo, após cozimento por 20 minutos, não apresentam toxicidade significativa e podem ser considerados seguros para uso na produção de alimentos ou outros produtos, sem risco à saúde.

A presença de compostos cianogênios é encontrado em todo o fruto do maracujá, com exceção da semente. Para o resíduo de maracujá amarelo (in natura), na literatura, encontram-se valores de teores de cianogênios que variam de 65 a 594 $mg*Kg^{-1}$, como exposto por Nascimento, *et al.* (11,13). A dose letal capaz de matar 50% de uma população (*DL50*), neste estudo, encontra-se menor para o resíduo que contém apenas albedo do maracujá, tal fato pode ocorrer por um maior teor de compostos cianogênios neste resíduo. Para o albedo do maracujá amarelo, Matsuura, *et al.* (14), encontrou um teor de compostos cianogênios de 90,1 mg/kg (14).

Diversos estudos envolvendo a toxicidade do resíduo ou de produtos obtidos a partir do resíduo de maracujá amarelo, e demais variedades, vem sendo desenvolvidos nos últimos tempos. Medeiros, *et al.* (15) efetuaram ensaios clínicos toxicológicos na farinha de resíduo de maracujá amarelo, encontrando resultados satisfatórios, que indicaram que a farinha obtida se apresentava atóxica, podendo ser consumida sem gerar injurias a o organismo humano (15). Cabral (16), estudou a composição química e o perfil toxicológico e farmacológico dos extratos obtidos a partir do resíduo industrial dos frutos de Passiflora *edulis f. flavicarpa O. Deg*. A autora concluiu a partir de um estudo toxicológico oral em *Rattus norvegicus*, que os extratos obtidos não apresentam riscos a saúde humana, podendo ser utilizados para obtenção de novos fitoterápicos (16). Wurlitzer, *et al.* (17) caracterizaram o maracujá-alho desidratado e averiguaram sua toxicidade frente ao bioensaio em *Artêmias salina,* onde verificaram que o produto não possuía característica toxica (17).

## CONCLUSÕES

Os ensaios efetuados frente a toxicidade dos resíduos de maracujá amarelo em *Artemia salina* mostraram resultados satisfatórios. Verificou-se que todas as amostras estudadas, casca, albedo e casca+albedo, do resíduo do maracujá amarelo, cozidas por 12 minutos, se mostraram atóxicas, evidenciando seu uso para a elaboração de diversos produtos. Esses resultados reforçam a viabilidade do reaproveitamento desses resíduos e contribuem para a sustentabilidade e a redução de desperdícios.

Sendo assim, os resíduos estudados podem ser utilizados para obtenção de diversos alimentos, como bolos, sobremesas, geleias e compotas. Permitindo que novos produtos possam gerados com a reutilização de resíduos agroindustriais, contribuindo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis da Organização das Nações Unidas (ONU), mais especificamente os objetivos 11 e 12, consumo responsável e cidades e comunidades sustentáveis.

Ainda, recomenda-se a realização de novas pesquisas, variando o tempo de cozimento e empregando outras metodologias, para aprofundar a avaliação da toxicidade e ampliar o entendimento sobre a segurança do uso desses resíduos.

## REFERÊNCIAS


(1) Oga, S; Camargo, M. M. de A; Batistuzzo, J. A. de O. **Fundamentos de toxicologia**. 5. ed. São Paulo, SP: **Atheneu**, 2021. *E-book*. Disponível em: https://plataforma.bvirtual.com.br. Acesso em: 15 fev. 2024.

(2) Pimentel, L. C. F; Chaves, C. R; Freire, L. A; Afonso, J. C. O Inacreditável Emprego de Produtos Químicos Perigosos no Passado. **Quim. Nova**, Vol. 29, No. 5, 1138-1149, 2006.

(3) Swanson, M. B.; Davis, G. A.; Kincaid, L. E.; Environ. Toxicol. Chem. 16, 372, 1997.

(4) Moreira, A. O. M. **Avaliação da Atividade Tóxica em Artemia Salina Leach. de Extratos de Duas Espécies da Família Melastomataceae**. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso para Obtenção de Título de Licenciatura em Química)- Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Goiás, Licenciatura em Química. Goiás, 2013.

(5) Meyer, B. N. et al. A convenient general bioassay for active plant constituents. **Planta Médica**, v.45, p.31-34, 1982.

(6) Teixeira, D; Pestana, D; Calhau, C; Graça, P. Linhas de Orientação Sobre Contaminantes de Alimentos. Programa Nacional para a Promoção da Alimentação Saudável. **Linhas de Orientação sobre Contaminantes de Alimentos**, 2015.

(7) Lemos, A. C; Scaglione, P. T; Borba, V. S; Furlong, E. B; Contaminantes formados durante o processamento de alimentos. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos** - Volume 1, 111-157, 2020.

(8) Jardim, I. C. S. F; Andrade, J. de A. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global – um enfoque às maçãs. **Quim. Nova**, Vol. 32, No. 4, 996-1012, 2009.

(9) Zeraik, M. L; Pereira, C. A. M.; Zuin, V. G; Yariwake, J. H. Maracujá: um alimento funcional?. **Revista Brasileira de Farmacognosia,** 20(3): 459-471, Jun./Jul. 2010.

(10) OLIVEIRA, A. .; MALTA, H. . CASCA DE MARACUJÁ: ASPECTOS GERAIS, PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS, APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, *(S. l.)*, v. 18, n. 38, 2021. Disponível em: https://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/5371. Acesso em: 1 nov. 2024.

(11) NASCIMENTO, E. M. da G. C. do; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. de; GALDEANO, M. C. Benefícios e perigos do aproveitamento da casca de maracujá (passiflora edulis) como ingrediente na produção de alimentos. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, *(S. l.)*, v. 72, n. 1, p. 1–9, 2013. DOI: 10.18241/0073-98552013721536. Disponível em: https://periodicos.saude.sp.gov.br/RIAL/article/view/32889. Acesso em: 1 nov. 2024.

(12) Nguta, J. M.; Mbaria, J. M.; Gakuya, D. W.; Gathumbi, P. K.; Kabasa, J. D.; Kiama, S. G. Biological screening of Kenyan medicinal plants using Artemia Salina L. (Artemiidae). **Pharmacologyonline 2**, p. 458-478, 2011.

(13) CHAGAS, I. M. B; MARADINI FILHO, A. M. Análises físico-químicas e sensoriais de geleia elaborada com polpa e casca de maracujá. **Tecnologia de Alimentos: Tópicos físicos, químicos e biológicos**. v. 3, c. 2, p. 22-37. 2020.

(14) MATSUURA, F. C. A. U.; MATSUURA, M. I. da S. F.; MENEZES, H. C. de. Albedo de maracujá amarelo: propriedades físicas e funcionais. **In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS**, 6., 2005, Campinas/SP. Ciência de alimentos: abrindo caminhos para o desenvolvimento científico, tecnológico e industrial. Campinas/SP: FEA/Unicamp, 2005.

(15) MEDEIROS, J. DOS S. et al. Ensaios toxicológicos clínicos da casca do maracujá-amarelo (Passiflora edulis, f. flavicarpa), como alimento com propriedade de saúde. **Revista brasileira de farmacognosia: orgao oficial da Sociedade Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 2a, p. 394–399, 2009.

(16) CABRAL, Bárbara. **Avaliação da composição química e do perfil toxicológico e farmacológico dos extratos obtidos do resíduo industrial dos frutos de Passiflora edulis f. flavicarpa O. Deg**. 2020. 198f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

(17) WURLITZER N.J;HOLANDA D.K.R; DIONÍSIO A.P; CAMPOS A.R; IUNES M.F; COSTA A.M. CARACTERIZAÇÃO DE MARACUJÁ-ALHO (Passiflora tenuifila Killip) E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL TÓXICO COM USO DE BIOENSAIO COM Artemia salina. **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de alimentos**, 2016.

# AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE AUTOAGREGAÇÃO E HIDROFOBICIDADE DE BACTÉRIAS ÁCIDO LÁTICAS

# EVALUATION OF THE AUTOAGGREGATION CAPACITY AND SURFACE HYDROPHOBICITY OF LACTIC ACID BACTERIA

**DOI: 10.65747/conali2025v1c08**

**Matheus Oliveira Silveira[1]; Heliabe Kadmiel Mendonça Ferreira[1]; Ana Caroline Chagas Nascimento[1]; Anna Giselle Cavalcanti Vaz Mendes Silva[2]; José Erick Galindo Gomes[3]; Keila Aparecida Moreira[4]**

[1]Estudante do Curso de Medicina Veterinária - UFAPE; [2]Doutoranda em Biociência Animal - UFRPE; [3]Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos – UFAPE; [4]Docente do Curso de Medicina Veterinária – UFAPE;

Contato: matheussilveira488@gmail.com

**Resumo:** As bactérias ácido láticas (BAL) são microrganismos cruciais na indústria de derivados lácteos, reconhecidas como "GRAS" e valorizadas por seu caráter probiótico, conferindo benefícios como melhoria da digestão e modulação imunológica. O presente estudo teve como objetivo avaliar a capacidade de autoagregação e de adesão a superfícies hidrofóbicas de cepas de BAL isoladas de queijo de coalho artesanal do Agreste Meridional de Pernambuco. Inicialmente, as cepas foram ativadas em caldo MRS a 37 ºC por 24 horas. Para o teste autoagregação, as cepas foram padronizadas e incubadas em diferentes temperaturas (4 ºC, 37 ºC e 42 ºC). Com relação a adesão a superfícies hidrofóbicas esta foi avaliada utilizando n-hexadecano como meio hidrofóbico. Dentre as cepas avaliadas, a cepa A2 apresentou os melhores resultados de autoagregação, com médias de 87,62% (4 ºC), 85,94% (37 ºC) e 86,41% (42 ºC). Para a análise de adesão a superfícies hidrofóbicas a cepa A3 exibiu o maior potencial (87,14%). Portanto, as cepas analisadas apresentam propriedades promissoras de potencial probiótico para aplicação em alimentos fermentados funcionais, contribuindo com dados relevantes para futuras pesquisas na área de ciência e tecnologia de alimentos.

**Palavras-chave:** alimentos funcionais; lácteos fermentados; probióticos

**Abstract:** Lactic acid bacteria (LAB) are crucial microorganisms in the dairy industry, recognized as "GRAS" (Generally Recognized as Safe) and valued for their probiotic character, conferring benefits such as improved digestion and immune modulation. The present study aimed to evaluate the auto-aggregation and adhesion to hydrophobic surfaces capabilities of LAB strains isolated from artisanal queijo de coalho (a type of cheese) from the Agreste Meridional region of Pernambuco, Brazil. Initially, the strains were activated in MRS broth at 37 °C for 24 hours. For the auto-aggregation test, the strains were standardized and incubated at different temperatures (4 °C, 37 °C, and 42 °C). Regarding adhesion to hydrophobic surfaces, this was evaluated using n-hexadecane as the hydrophobic medium. Among the strains evaluated, strain A2 showed the best auto-aggregation results, with averages of 87.62% (4 °C), 85.94% (37 °C), and 86.41% (42 °C). For the hydrophobic surface adhesion analysis, strain A3 exhibited the highest potential (87.14%). Therefore, the analyzed strains present promising properties with probiotic potential for application in functional

fermented foods, contributing relevant data for future research in the field of food science and technology.

**Keywords:** functional foods; fermented dairy products; probiotics

## INTRODUÇÃO

Na indústria de derivados lácteos, a aplicação de culturas microbianas específicas possibilita a produção de iogurtes e queijos com texturas e sabores diferenciados, além de prolongar a vida útil desses alimentos. A utilização dessas culturas microbianas, por exemplo, permite a produção de iogurtes com menor teor de açúcar sem comprometer o sabor doce natural do produto. Essas inovações refletem o compromisso da indústria em oferecer alimentos mais saudáveis e alinhados às tendências do consumo consciente (1, 2).

Para o desenvolvimento de derivados lácteos funcionais, essas inovações vem sendo cada vez mais focadas no estudo das bactérias ácido láticas, microrganismos amplamente utilizados em produtos fermentados. A partir da fermentação de compostos orgânicos, como a lactose, esses microrganismos auxiliam na fabricação de produtos benéfico à saúde humana e animal, devido ao seu caráter probiótico (3, 4, 5).

As bactérias ácido láticas (BAL), são microrganismos Gram-positivos, difundidos pelos diferentes ambientes no ecossistema, não apenas em produtos lácteos. São microrganismos conhecidos pela sua capacidade de fermentação de carboidratos, principalmente a lactose, produzindo ácido lático como resultado desse processo, além de vitaminas do complexo B e substâncias antimicrobianas como as bacteriocinas. A maioria das BAL são representadas pelos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, que colonizam porções distintas do intestino, como o íleo e o cólon, respectivamente (6).

Esse grupo de microrganismos são amplamente reconhecidas como “GRAS” (Generally Recognized As Safe), devido ao fato de não apresentarem malefícios ao organismo, pois não produzem toxinas, não possuem genes associados à virulência ou à patogenicidade, e são, na maioria dos casos, microrganismos comensais ou benéficos. Seu papel na saúde humana e animal está associado à melhora da digestão, à regulação do sistema imunológico e à prevenção de infecções intestinais, reforçando sua importância como probióticos. A capacidade de produzir compostos antimicrobianos naturais e de interagir positivamente com o organismo humano, sem induzir efeitos adversos, consolida sua segurança para consumo (7).

Produtos lácteos probióticos são classificados como alimentos funcionais, pois contêm microrganismos vivos que, quando consumidos em quantidades adequadas, proporcionam benefícios à saúde do consumidor. Nesse contexto, o uso de BAL é fundamental na fabricação de alimentos com propósito probiótico. Esses microrganismos não apenas conferem a capacidade funcional, mas também são adicionados para promover alterações benéficas nos alimentos, melhorando suas características físico-químicas. Estudos científicos têm demonstrado a eficácia

dos probióticos na prevenção e no tratamento de doenças, como a síndrome do intestino irritável e diarreias associadas ao uso de medicamentos. A administração regular de alimentos que contêm probióticos em sua formulação está diretamente ligada à redução da incidência e da duração dessas patologias. Um vez que, os probióticos presentes em alimentos tem papel de estimular o sistema imunológico humano e animal, aumentando a resistência do organismo a infecções e contribuindo para a manutenção da saúde gastrointestinal. Há evidências que o consumo regular de probiótico reduz a concentração séria de colesterol, o que favorece a saúde cardiovascular (8, 9, 10, 11, 12).

Embora os gêneros de BAL mais utilizados para esta finalidade sejam os *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Bifidobacterium* e *Streptococcus*, outras bactérias ácido láticas também podem ser empregadas e desempenham efeitos positivos similares, como algumas espécies de *Enterococcus* (13). As diferentes vias de administração dos probióticos devem facilitar a sua passagem até o sítio alvo para que os microrganismos possam desempenhar a função desejada. Além disso, é necessário que as cepas utilizadas completem esse trajeto de forma metabolicamente ativa e em quantidades suficientes para a futura colonização, sobrevivendo as adversidades do trato gastrointestinal. A principal via de administração utilizada é a oral, uma vez que é considerada como prática, segura e convenientemente acessível, principalmente se tratando de produtos probióticos alimentícios para comercialização (14).

A colonização da microbiota intestinal por probióticos é baseada na competição que desempenham em detrimento a microbiota já existente nos intestinos. Isso implica que, ao passo que esses microrganismos são administrados, sua presença gera uma disputa por sítios de colonização, o que por consequência diminui a população de patógenos oportunistas no epitélio intestinal. Além disso, para essa finalidade é necessário que se estabeleça uma relação de simbiose, com a associação de prebióticos, para garantir a viabilidade desses microrganismos. Essa prática é muito difundida na formulação de produtos fermentados destinados ao consumo humano e animal, como iogurtes e Kefir, além de ser também aplicada em fármacos específicos para a recuperação da microbiota intestinal (15,16).

Nesse viés, para determinar sua capacidade probiótica, as bactérias ácido láticas desempenham a habilidade de autoagregação e aderência às superfícies hidrofóbicas. A autoagregação de BAL refere-se a aptidão desses microrganismos aderirem entre si, formando agregados auto associados. Esse fenômeno envolve interações físico-químicas na superfície celular da bactéria, como a expressão de proteínas de adesão, que permitem a formação desses agregados (17). Estudos como o de Roghmann e McGrail (18), afirmam que para um microrganismo ser considerado um probiótico em potencial, sua capacidade de autoagregação deve ser acima de 40%.

Do ponto de vista funcional, essa propriedade pode contribuir positivamente para a eficácia probiótica das BAL, os agregados formados favorecem a colonização local e sua persistência no trato gastrointestinal, além de formar uma barreira física que limita a adesão de patógenos à

mucosa. Com isso, a quantidade de células viáveis de microrganismos probióticos no ambiente intestinal aumenta, o que fortalece ainda mais os efeitos benéficos desempenhados e sua capacidade antagônica direta pela competição nos sítios de adesão (19).

Outro fator determinante da capacidade probiótica de BAL é a adesão aos sítios hidrofóbicos contidos nas células epiteliais do intestino. À medida que os microrganismos colonizam as células-alvo através dessa capacidade, modulam o microbioma local ali presente e a resposta imune do hospedeiro. Esse processo é mediado por diversas moléculas de superfície como as proteínas mucinas, os ácidos lipotecóicos e outras proteínas de camada superficial que favorecem a interação da bactéria com a superfície do adipócito (20).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de autoagregação e de adesão às superfícies hidrofóbicas das bactérias ácido láticas isoladas do queijo de coalho artesanal do Agreste Meridional de Pernambuco.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Microrganismos

As dez cepas de bactérias ácido láticas (BAL) utilizadas para a realização deste trabalho foram isoladas previamente a partir de amostras de queijos coalho artesanais produzidos no Agreste Meridional de Pernambuco. As BAL foram armazenadas a -80 ºC no Laboratório de Microbiologia, Tecnologia Enzimática e Bioprodutos (LMTEB) da UFAPE.

### Potencial de autoagregação

O teste de autoagregação foi realizado de acordo com Todorov e Dicks (21). As cepas de bactérias ácido láticas (BAL) foram ativadas em caldo MRS por 24 h a 37 °C. Em seguida, o pellet bacteriano de cada cepa foi obtido através de centrifugação a 7000 x *g* por 10 min. a 4 °C, lavado duas vezes e ressuspenso em solução salina 0,85% estéril, para atingir densidade óptica ajustada de DO660nm = 0,3 ($10^8$ UFC/mL). A suspensão celular (1 mL) com densidade óptica ajustada foi transferida para um microtubo estéril de 2 mL, e as amostras foram incubadas aerobiamente a 4 °C, 37 °C e 42 °C por 60 min. Essas temperaturas são escolhidas para avaliar o comportamento das cepas na temperatura de armazenamento refrigerado (4 °C), temperatura corporal (37 °C) e temperatura de incubação do leite fermentado (37 e 42 °C). O teste de autoagregação foi determinado através de espectrofotômetro, onde a densidade óptica foi medida antes e depois de um período de incubação de 60 minutos em temperatura ambiente (± 27 ºC), seguido de uma centrifugação de 2 minutos a 300 x *g*. A porcentagem de autoagregação foi calculada com base na

diferença entre a densidade ótica inicial e final: % Autoagregação = $((DO_0 - DO_{60}) / DO_0) \times 100$. As análises foram realizadas em triplicata.

### Hidrofobicidade da superfície celular

A capacidade da superfície da bactéria para aderir a compostos hidrofóbicos foi avaliada de acordo com o método relatado por Todorov e Dicks (22). As cepas foram cultivadas aerobiamente em caldo MRS a 37 °C por 18 h. As células posteriormente passaram pelo processo de centrifugação (6700 x *g* por 6 min a 4 °C) e o pellet bacteriano foi lavado duas vezes em tampão fosfato 0,1 M e posteriormente ressuspenso na mesma solução. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 580 nm. Em seguida, foram adicionados 1,5 mL de n-hexadecano em agitação por 2 minutos. As fases aquosa e orgânica passaram por processo de separação em temperatura ambiente durante 30 minutos. Posteriormente, uma alíquota de 1 mL da fase aquosa foi removida para determinar absorbância a 580 nm. A porcentagem de hidrofobicidade foi determinada pela equação: % hidrofobicidade = $((DO_0 - DO_{30}) / DO0) \times 100$, em que $DO_0$ se refere a DO inicial e $DO_{30}$ se refere ao valor de DO medido após 30 minutos. Os testes foram realizados em triplicata, em três momentos diferentes (n = 9).

### Análise estatística

A análise estatística foi realizada utilizando o software estatístico R (R CORE TEAM, 2024). ANOVA de uma via seguida do teste de Tukey foi aplicada para verificar diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre os ensaios.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta o resultado dos testes de autoagregação realizados com 10 cepas de bactérias ácido láticas isoladas de queijos coalho artesanais produzidos no Agreste de Pernambuco.

Tabela 1 **-** Autoagregação (%) de bactérias ácido láticas isoladas de queijos coalho artesanais produzidos em municípios da região Agreste Meridional de Pernambuco.

| | Temperatura (°C) | | |
|---|---|---|---|
| **Cepa** | **4** | **37** | **42** |
| A1 | 32,23±0,80$^{f}$ | 27,91±1,42$^{h}$ | 28,41±1,42$^{h}$ |
| A2 | 87,62±1,06$^{a}$ | 85,94±1,80$^{a}$ | 86,41±0,43$^{a}$ |
| A3 | 82,23±0,58$^{b}$ | 80,11±1,73$^{b}$ | 80,57±1,15$^{b}$ |
| A4 | 44,44±2,41$^{e}$ | 43,95±1,72$^{f}$ | 41,67±1,07$^{g}$ |
| A5 | 70,79±1,71$^{c}$ | 70,07±2,58$^{c}$ | 67,08±1,25$^{c}$ |
| A6 | 54,33±4,15$^{d}$ | 49,75±1,80$^{e}$ | 48,56±1,21$^{ef}$ |
| A7 | 45,11±2,28$^{e}$ | 49,71±1,52$^{e}$ | 44,25±2,46$^{fg}$ |
| A8 | 66,92±1,93$^{c}$ | 59,94±1,33$^{d}$ | 55,35±1,33$^{d}$ |
| B1 | 82,97±1,94$_{b}$ | 83,61±1,31$^{ab}$ | 84,80±2,19$^{ab}$ |
| B2 | 42,57±1,05$_{e}$ | 38,58±1,02$^{g}$ | 49,07±2,43$^{ef}$ |

Diferentes letras minúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$). Os resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 3).

É possível verificar através da tabela 1 que a cepa A2 apresentou os melhores resultados para todas as temperaturas avaliadas, diferindo significativamente das demais. Além disso, a cepa B1, também apresentou bons resultados e não diferiu significativamente da cepa A2 para as temperaturas de 37 e 42 ºC. Os resultados referentes a essas 2 bactérias contam com médias acima de 80% para todas as temperaturas, o que implica afirmar que estas cepas possuem um alto potencial de se agregarem (18).

A cepa A1, apresentou a menor taxa de autoagregação para as três temperaturas quando comparadas a todas as outras bactérias testadas. Esse fato pode ser explicado pela possibilidade dessa bactéria não expressar os mecanismos de autoagregação citados anteriormente, o que diminuiria sua capacidade de formar agregados nas temperaturas testadas.

A capacidade probiótica das bactérias ácido láticas está diretamente associada ao seu potencial de autoagregação, uma vez que este irá influenciar na sua habilidade de adesão epitelial nas vilosidades intestinais. Nesse contexto, algumas características intrínsecas à bactéria ácido lática devem ser levadas em conta para tal feito, tais como a produção de exopolissacarídeos (EPS), propriedades hidrofóbicas de superfície celular e presença de proteínas de adesão (23, 24).

Os exopolissacarídeos são produzidos por muitas BAL para atuarem como agentes de adesão, o que favorece a formação dos agregados. Além disso, analogamente, as adesinas, ou proteínas de adesão que estão presentes em suas superfícies de membrana, atuam como mediadores de união entre as bactérias ácido láticas, de forma que, aquelas que tenham mais dessas proteínas nas membranas consigam se agregar de uma forma mais fácil. Por fim, as propriedades hidrofóbicas de superfície celular dizem respeito à presença de lipídeos de membrana e outros componentes de parece celular, que geram uma carga líquida nula para a célula bacteriana e favorecem sua agregação pelas forças de Van der Waals (25, 26).

Trabalhos científicos, como o de Carlos (27), que testou o potencial de autoagregação de bactérias ácido láticas isoladas de queijos artesanais portugueses e obteve valor máximo de 24%, revelam que essa propriedade varia de acordo com o isolado trabalhado e suas respectivas características intrínsecas. Em contrapartida, o estudo de Colombo *et al.* (28) demostrou altos valores de autoagregação de bactérias ácido láticas de diferentes gêneros, como *Lactobacillus* e *Pediococcus*, com resultados entre 62% e 91% para o primeiro gênero e 78% a 96% para o segundo. Além disso, é importante destacar estudos como os de Park *et al.* (29), os quais reportam baixo percentual dessa capacidade probiótica em bactérias ácido láticas testadas do gênero *Pediococcus* em condições experimentais *in vitro*, com médias em torno de 18%. Dessa forma, é possível observar que as cepas analisadas no presente trabalho demonstraram alta capacidade de autoagregação, refletindo seus potenciais como candidatas a microrganismos probióticos.

A temperatura de incubação pode exercer influência direta sobre a capacidade de autoagregação das cepas. Aos 4 °C, por exemplo, a taxa metabólica do microrganismo está reduzida, porém não deve impedir sua capacidade de autoagregação. Dessa forma, as médias elevadas das cepas A2 e B1, com 87,62% e 82,97%, respectivamente, refletem um potencial promissor em baixas temperaturas. Ainda, à temperatura de 37 °C, considerada próxima a faixa ótima de metabolismo da grande maioria das BAL, sua taxa metabólica favorece a produção de EPS, o que auxilia na formação de seus agregados, por essa razão as mesmas cepas continuam mostrando-se promissoras pois detém as maiores médias, de 85,94% e 83,61%, respectivamente, aos 37 ºC (30). Por fim, as bactérias A2 e B1, que também possuem os melhores valores de média à 42 °C, com 86,41% e 84,80%, respectivamente, são consideradas termotolerantes e podem ser utilizadas em processos fermentativos, visto que essa é a temperatura utilizada para a produção de produtos fermentados lácteos em geral (31).

Na tabela 2 é possível observar os resultados do potencial de adesão a superfícies hidrofóbicas testado com as 10 cepas estudadas. A cepa A3 apresentou o melhor resultado, com média de 87,14% para a hidrofobicidade, diferindo estatisticamente das demais. Em contrapartida, a cepa A7 apresentou o menor resultado com apenas 3,13%.

Tabela 2 **–** Hidrofobicidade (%) de bactérias ácido láticas isoladas de queijos coalho artesanais produzidos em municípios da região Agreste Meridional de Pernambuco.

| Cepa | Hidrofobicidade (%) |
|---|---|
| A1 | $34,94 \pm 1,96^{d}$ |
| A2 | $81,45 \pm 0,78^{b}$ |
| A3 | $87,14 \pm 2,45^{a}$ |
| A4 | $23,24 \pm 1,75^{e}$ |
| A5 | $24,18 \pm 1,31^{e}$ |
| A6 | $12,56 \pm 1,53^{f}$ |
| A7 | $3,13 \pm 0,24^{h}$ |
| A8 | $11,67 \pm 0,54^{f}$ |
| B1 | $6,11 \pm 0,66^{g}$ |
| B2 | $47,17 \pm 0,87^{c}$ |

Diferentes letras minúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$). Os resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 3).

O trabalho de Shivani *et al.* (32) mostrou que a hidrofobicidade da cepa de bactéria ácido lática trabalhada foi superior a 85%, utilizando experimentalmente o mesmo meio hidrofóbico (n-hexadecano). Os autores afirmam que esse valor é considerado como um forte potencial aderente. Neste sentido, a cepa A3 tem uma promissora capacidade de adesão à superfícies hidrofóbicas, pois a mesma apresentou 87,14% de hidrofobicidade.

O estudo de Kos *et al.* (33), demonstrou que a exposição de estruturas de superfície como as adesinas e os ácidos lipotecóicos favorecem tanto a capacidade de agregação das bactérias

ácido láticas, quanto a de adesão a superfícies hidrofóbicas, a depender de como esses microrganismos expõem essas moléculas. Dessa forma, pode-se inferir que um alto valor de hidrofobicidade sugere uma maior exposição dessas estruturas.

Além disso, a presença da proteína “S” é outro fator extremamente importante a ser destacado. Essa proteína de estrutura cristalina é uma molécula que apresenta vários domínios hidrofóbicos ao longo de sua cadeia aminoacídica, os quais funcionam como receptores para os sítios que estão disponíveis para adesão. É válido destacar que nem todas as bactérias ácido láticas apresentam essa camada em sua estrutura, porém as que a contém, demonstram uma alta habilidade de ligação a superfícies hidrofóbicas justamente pela semelhança de polaridade dos sítios e da proteína, que medeia essa interação. Dessa forma, se a BAL expressa a camada “S”, poderá interagir com as regiões hidrofóbicas do substrato com uma maior facilidade e alta afinidade (34).

A produção de exopolissacarídeos também influencia na hidrofobicidade da célula bacteriana, pois são moléculas essencialmente hidrofílicas, implicando na não afinidade de ligação com superfícies hidrofóbicas (35). Nesse contexto, bactérias ácido láticas que expressam mais facilmente EPS, acabam por não terem uma habilidade de adesão a superfícies hidrofóbicas tão pronunciada, uma vez que a diferença de polaridade entre essa estrutura e a superfície em questão não permite esse intermédio (36, 37).

Portanto, é possível supor que a cepa A3 apresenta em sua estrutura, os fatores que favorecem sua adesão a superfícies hidrofóbicas, devido ao seu alto potencial de hidrofobicidade em relação as demais cepas testadas (38, 39). Por outro lado, a cepa A7, que apresentou menor taxa de hidrofobicidade, de 3,13% apenas, possivelmente não apresenta os fatores discutidos anteriormente. É importante destacar que a baixa capacidade de adesão às superfícies hidrofóbicas não é incomum. O estudo de Guan *et al.* (40) testou essa propriedade de bactérias ácido láticas de diferentes gêneros e obteve resultados variáveis, com intervalo de 14,8% a 57,3% de capacidade hidrofóbica, o que demonstra a heterogeneidade desse fator perante as BAL.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo confirmam o elevado potencial probiótico das bactérias ácido láticas isoladas do queijo de coalho artesanal do Agreste Meridional de Pernambuco. A avaliação da autoagregação e da adesão a superfícies hidrofóbicas permitiu encontrar cepas robustas e promissoras para aplicações biotecnológicas. As cepas A2 e B1 demonstraram as maiores taxas de autoagregação, independente das temperaturas de incubação. Esta estabilidade térmica e a alta capacidade de agregação são atributos cruciais, pois sugerem uma maior viabilidade e persistência dessas cepas ao longo da cadeia de produção e no trato gastrointestinal, favorecendo a colonização e a exclusão competitiva de patógenos. Por outro lado, a cepa A3

destacou-se com a maior taxa de adesão a superfícies hidrofóbicas. Este achado é particularmente significativo, pois a hidrofobicidade da superfície celular é um preditor chave da capacidade de adesão ao epitélio intestinal do hospedeiro, um pré-requisito fundamental para a modulação da microbiota e da resposta imune. Portanto, as cepas A2, B1 e A3 são cepas de alto valor para serem empregadas no desenvolvimento de alimentos funcionais e simbióticos. A diferença acentuada entre o perfil de alta agregação (A2 e B1) e o perfil de alta adesão (A3) indica a diversidade de mecanismos probióticos presentes nos isolados. O isolamento de microrganismos com tais características a partir de um produto artesanal regional ressalta o potencial da biodiversidade microbiana brasileira para a inovação na indústria láctea. Além disso, é importante destacar que, estudos futuros são necessários para avaliar outras propriedades consideradas como probióticas para melhorar a confiança na utilização das cepas avaliadas no presente trabalho, como resistência das BAL a antibióticos e ao trato gastrointestinal.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Microbiologia, Tecnologia Enzimática e Bioprodutos (LMTEB), pelo apoio técnico, científico e pela infraestrutura disponibilizada durante o desenvolvimento deste trabalho. À Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## REFERÊNCIAS

(1) DE ASSIS SILVA, C. R. *et al*. Biotecnologia aplicada a produção de alimentos fermentados. **Revista Científica Unilago**, v. 1, n. 1, 2017.

(2) DE OLIVEIRA DOMINGOS, E. M. *et al*. Utilização de fosfolipases em queijos – uma revisão. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 2, n. 7, p. 38-51, 2021.

(3) DOS SANTOS LOPES, M. J. *et al*. Biotecnologia microbiana: inoculação, mecanismos de ação e benefícios às plantas. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 12, 2021.

(4) CARVALHO, C.; BESSA, E. M. As bactérias ácido láticas no contexto da biotecnologia. **MilkPoint**, 2022.

(5) PEREIRA, W. A. *et al*. Advances in tilapia farming: statistical analysis of the use of probiotics and assessment of their potentials and challenges. **Preprints**, 2023.

(6) MOKOENA, M. P.; OMATOLA, Cornelius A.; OLANIRAN, Ademola O. Applications of lactic acid bacteria and their bacteriocins against food spoilage microorganisms and foodborne pathogens. **Molecules**, v. 26, n. 22, p. 7055, 2021.

(7) PLAVEC, T. V.; BERLEC, Aleš. Safety aspects of genetically modified lactic acid bacteria. **Microorganisms**, v. 8, n. 2, p. 297, 2020.

(8) GUIMARÃES, J. T. *et al*. Efeitos dos probióticos no perfil lipídico: revisão sistemática. **Jornal Vascular Brasileiro**, Porto Alegre, v. 18, 2019.

(9) DE SOUZA ROSA, L.; DA CRUZ, A. G.; TEODORO, A. J. Produtos lácteos probióticos e câncer – uma revisão narrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, 2022.

(10) KOMATSU, T. R.; LEONE, R. S. R.; SAAD, S. M. I. Inovação, persistência e criatividade superando barreiras no desenvolvimento de alimentos probióticos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 3, p. 421-432, 2008.

(11) VANDENPLAS, Y.; HUYS, G.; DAUBE, G. Probióticos: informações atualizadas. **Jornal de Pediatria**, v. 91, p. 6-21, 2015.

(12) RABÊLO, C. A. C. *et al*. Quantificação da microbiota presente em produtos lácteos industrializados comercializados como probióticos. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, v. 5, 2022.

(13) PRADHAN, D.; MALLAPPA, R. H.; GROVER, S. Comprehensive approaches for assessing the safety of probiotic bacteria. **Food Control**, v. 108, p. 106872, 2020.

(14) BUSANELLO, M. Probióticos, seus modos de ação e a produção animal. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 4, p. 14-24, 2012.

(15) LEE, E. S. *et al*. Probióticos na saúde e doença humana: de nutribióticos a farmacobióticos. **Journal of Microbiology**, v. 56, p. 773-782, 2018.

(16) FRAKOLAKI, G. *et al*. A review of the microencapsulation techniques for the incorporation of probiotic bacteria in functional foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 9, p. 1515-1536, 2021.

(17) KRAUSOVA, G.; HYRSLOVA, I.; HYNSTOVA, Iveta. In vitro evaluation of adhesion capacity, hydrophobicity, and auto-aggregation of newly isolated potential probiotic strains. **Fermentation**, v. 5, n. 4, p. 100, 2019.

(18) ROGHMANN, M.-C.; MCGRAIL, L. Novel ways of preventing antibiotic-resistant infections: what might the future hold? **American Journal of Infection Control**, v. 34, n. 8, p. 469-475, 2006.

(19) COIMBRA-GOMES, J. *et al.* Evaluating the probiotic potential of lactic acid bacteria implicated in natural fermentation of table olives, cv. Cobrançosa. **Molecules**, v. 28, n. 8, p. 3285, 2023.

(20) MONTEAGUDO-MERA, A. *et al.* Adhesion mechanisms mediated by probiotics and prebiotics and their potential impact on human health. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 103, n. 16, p. 6463-6472, 2019.

(21) TODOROV SD, FURTADO DN, SAAD SM, TOME E, FRANCO BD. Potential beneficial properties of bacteriocin-producing lactic acid bacteria isolated from smoked salmon. **Journal of Applied Microbioly.** 110:971–986, 2011.

(22) TODOROV SD, DICKS LM. Evaluation of lactic acid bactéria from kefir, molasses and olive brine as possible probiotics based on physiological properties. **Annals of Microbiol** 58:661-670, 2008.

(23) PAIXÃO, Í. da S. F. Caracterização de bactérias ácido láticas autóctones de leite de cabra e sua funcionalidade no queijo coalho caprino artesanal. 2016. **Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco,** Petrolina, 2016.

(24) LOURENÇO, M. L. M. C. Potencial probiótico de microrganismos isolados de grãos de kefir: uma análise in vitro. 2021. **Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Ceará,** Sobral, 2021.

(25) HERMANNS, G. *et al*. Potencial bacteriocinogênico e probiótico de bactérias ácido láticas isoladas de leite e queijos artesanais. 2013. **Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal de Santa Maria,** Santa Maria, 2013.

(26) ARAÚJO, L. M. de. Avaliação de propriedades probióticas de bactérias ácido láticas isoladas de queijo coalho do sertão da Paraíba. 2017. **Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, 2017.

(27) CARLOS, E. A. de A. Avaliação do potencial tecnológico e probiótico de bactérias ácido láticas isoladas de queijos tradicionais portugueses. 2022. **Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária**, Lisboa, 2022.

(28) COLOMBO, M. et al. Beneficial properties of lactic acid bacteria naturally present in dairy production. **BMC microbiology**, v. 18, n. 1, p. 219, 2018.

(29) PARK, Sang-Kyu et al. Probiotic properties of Pediococcus pentosaceus JBCC 106 and its lactic acid fermentation on broccoli juice. **Microorganisms**, v. 11, n. 8, p. 1920, 2023.

(30) BALDUINO, R.; OLIVEIRA, A. S. de; HAULY, M. C. de O. Influência da fonte de carbono e da temperatura sobre a fermentação lática desenvolvida por cultura mista de bactérias láticas. **Food Science and Technology**, v. 19, p. 363-366, 1999.

(31) SILVESTRINI, R.; BARBOZA NETO, E. S.; SANTANA, R. M. C. Influência da temperatura na produção de ácido lático por via microbiológica a partir do soro de leite. **Congresso Brasileiro de Polímeros,** 14., 2017. São Paulo, 2017.

(32) SHIVANI, Tholla Madana; SATHIAVELU, Mythili. Probiotic evaluation, adherence capability and safety assessment of Lactococcus lactis strain isolated from an important herb “Murraya koenigii”. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 15565, 2024.

(33) KOS, B. V. Z. E. *et al*. Adhesion and aggregation ability of probiotic strain *Lactobacillus acidophilus M92*. **Journal of Applied Microbiology**, v. 94, n. 6, p. 981-987, 2003.

(34) LEBEER, S.; VANDERLEYDEN, J.; DE KEERSMAECKER, S. C. J. Genes and molecules of Lactobacilli supporting probiotic action. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, Washington, DC, v. 72, n. 4, p. 728-764, 2008.

(35) SALIMI, F.; FARROKH, P. Recent advances in the biological activities of microbial exopolysaccharides. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 39, n. 8, p. 213, 2023.

(36) VAN TASSELL, M. L.; MILLER, M. J. *Lactobacillus* adhesion to mucus. **Nutrients, Basel**, v. 3, n. 5, p. 613-636, 2011.

(37) CASTRO-BRAVO, N. *et al*. Interactions of surface exopolysaccharides from *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* within the intestinal environment. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, p. 2426, 2018.

(38) GIAOURIS, E.; CHAPOT-CHARTIER, M. P.; BRIANDET, R. Surface physicochemical analysis of natural *Lactococcus lactis* strains reveals the existence of hydrophobic and low charged strains with altered adhesive properties. **International Journal of Food Microbiology,** v. 131, n. 1, p. 2-9, 2009.

(39) TARAZANOVA, M. *et al*. Cell surface properties of *Lactococcus lactis* reveal milk protein binding specifically evolved in dairy isolates. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, p. 1691, 2017.

(40) GUAN, Chengran et al. In vitro studies of adhesion properties of six lactic acid bacteria isolated from the longevous population of China. **RSC Advances**, v. 10, n. 41, p. 24234-24240, 2020.

# AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE COAGREGAÇÃO E ANTAGONISMO DE BACTÉRIAS ÁCIDO LÁTICAS

# EVALUATION OF THE COAGGREGATION AND ANTAGONISTIC CAPACITY OF LACTIC ACID BACTERIA

**DOI: 10.65747/conali2025v1c09**

**Heliabe Kadmiel Mendonça Ferreira[1]; Matheus Oliveira Silveira[1]; Ana Caroline Chagas Nascimento[1]; Anna Giselle Cavalcanti Vaz Mendes Silva[2]; José Erick Galindo Gomes[3]; Keila Aparecida Moreira[4]**

[1]Estudante do Curso de Medicina Veterinária - UFAPE; [2]Doutoranda em Biociência Animal - UFRPE; [3]Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos – UFAPE; [4]Docente do Curso de Medicina Veterinária – UFAPE;

Contato: heliabe.mendonca@ufape.edu.br

**Resumo:** Os produtos lácteos são alimentos de elevado valor nutricional e constituem um meio favorável para o desenvolvimento de microrganismos benéficos, como as bactérias ácido láticas, amplamente reconhecidas por seu potencial probiótico. Além da capacidade fermentativa, esses microrganismos podem atuar de maneira direta na promoção da segurança alimentar. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de coagregação e antagonismo de cepas de bactérias ácido láticas isoladas de queijos de coalho artesanais produzidos no Agreste Meridional de Pernambuco frente a microrganismos patogênicos de relevância para a indústria alimentícia. O ensaio de coagregação foi conduzido a partir da incubação de suspensões padronizadas de BAL e patógenos, sendo a atividade avaliada por espectrofotometria. A atividade antagonista foi avaliada pela exposição de patógenos a BAL previamente inativadas e posterior mensuração dos halos de inibição. Os resultados revelaram que várias cepas apresentaram índices elevados de coagregação, com destaque para a cepa A6, que atingiu 91,98% frente a *Salmonella Typhimurium*, além da cepa A4 e A8, ambas superiores a 89% contra cepas de *Listeria monocytogenes*. Com relação ao antagonismo, todas as cepas apresentaram capacidade inibitória, com destaque para as cepas A4, A6, A7 e B2. Esses achados reforçam a relevância das bactérias ácido láticas como potenciais culturas probióticas aplicáveis em alimentos funcionais, contribuindo não apenas para a inibição de patógenos, mas também para a melhoria da segurança microbiológica em derivados lácteos. Dessa forma, as cepas avaliadas apresentam elevado potencial biotecnológico, fornecendo subsídios valiosos para pesquisas futuras e aplicações inovadoras na indústria de alimentos.

**Palavras-chave:** patógenos; probióticos; segurança alimentar.

**Abstract:** Dairy products are nutrient-rich foods that provide a favorable environment for beneficial microorganisms, such as lactic acid bacteria (LAB), widely recognized for their probiotic potential and contribution to human health. Besides their fermentative capacity, these microorganisms can directly promote food safety. This study aimed to evaluate the coaggregation and antagonistic potential of ten LAB strains isolated from artisanal coalho cheeses produced in the Agreste Meridional region of Pernambuco, Brazil, against pathogenic microorganisms relevant to the food industry. The coaggregation assay was conducted by incubating standardized suspensions of LAB and pathogens, with activity assessed by spectrophotometry. Antagonistic activity was evaluated by

exposing pathogens to previously inactivated LAB, followed by measurement of inhibition zones. Results showed that several strains exhibited high coaggregation indices, notably strain A6, which reached 91.98% against Salmonella Typhimurium, and strains A4 and A8, both above 89% against Listeria monocytogenes strains. Regarding antagonism, all strains demonstrated inhibitory capacity, with strains A4, A6, A7, and B2 standing out. These findings reinforce the relevance of LAB as potential probiotic cultures applicable in functional foods, contributing not only to pathogen inhibition but also to improving microbiological safety in dairy products. Thus, the evaluated strains present high biotechnological potential, providing valuable support for future research and innovative applications in the food industry.

**Keywords:** pathogens; probiotics; food safety.

## INTRODUÇÃO

Os produtos lácteos são alimentos considerados de alto valor nutricional para a dieta. As substâncias que fazem parte de sua composição química como lactose, proteínas, enzimas, vitaminas, sais, lipídeos, etc., também favorecem o desenvolvimento de microrganismos. Dentre estes, destacam-se as bactérias ácido láticas (BAL), consideradas benéficas ao homem. As BAL são fundamentais no processo de fermentação dos alimentos, conferindo características organolépticas aos produtos e também produzindo substâncias antimicrobianas, capazes de preservar a vida útil do alimento, impedindo a proliferação de patógenos (1, 2).

As bactérias ácido láticas (BAL) são definidas como Gram-positivas, em formato de bastonetes e cocos, produtoras de ácido lático, não formadoras de esporos e catalase negativa. Estas bactérias são muito importantes para a indústria de alimentos por terem a classificação de "GRAS" (*Generally Recognized as Safe*), sendo utilizadas como culturas iniciadoras, principalmente na produção de alimentos fermentados (3, 4).

As BAL são capazes de produzir um grande número de enzimas glicolíticas, proteolíticas e lipídicas, que transformam os nutrientes presentes nos alimentos, em compostos com propriedades sensoriais específicas, alterando suas características organolépticas. Uma das principais fontes de bactérias ácido láticas em derivados lácteos é o queijo de coalho artesanal, mas também podem ser encontradas nos mais diversos tipos de alimentos, como o vinho, pães, carnes e outros produtos lácteos, facilitando assim seu isolamento e identificação (5).

Vale destacar ainda que, algumas BAL são consideradas como microrganismos probióticos, ou seja, aqueles que quando consumidos em quantidade adequada, são capazes de conferir benefícios à saúde do hospedeiro, principalmente por sua atividade antagonista contra microrganismos patogênicos da microbiota intestinal, reforço da barreira intestinal, modulação do sistema imune, e integração na composição e atividade da microbiota intestinal. Neste sentido, os produtos considerados como probióticos devem apresentar características que garantam sua permanência e proliferação no trato gastrointestinal, como a resistência a ácidos, bile e aderência ao epitélio intestinal (3, 6). Ademais, algumas BAL também podem fornecer, a partir do seu processo fermentativo das matrizes alimentícias, atividades biológicas, como por exemplo, potencial antioxidante para prevenir e controlar doenças causadas pelo estresse oxidativo nos hospedeiros

(5).

As bactérias ácido láticas são capazes de produzir substâncias com atividade antimicrobiana, denominadas de bacteriocinas, que contribuem para a ação probiótica, aumentando ainda mais sua importância para a indústria de leite e derivados. Pesquisas demonstram que bactérias ácido láticas produtoras de bacteriocinas impedem as cepas de bactérias patogênicas de invadir o cólon, mantendo as populações microbianas do intestino estáveis. Outros metabólitos antimicrobianos também são produzidos por essas bactérias, como os ácidos orgânicos, contribuindo para inibir a proliferação de microrganismos potencialmente patogênicos. Dessa forma, a vida de prateleira de produtos fermentados produzidos com BAL, torna-se cada vez maior, garantindo a segurança alimentar dos consumidores (3, 4).

Outros fatores importantes para a capacidade probiótica das BAL estão associados a são sua capacidade de agregação de células bacterianas de uma mesma espécie de BAL (autoagregação), bem como a capacidade de agregação entre diferentes espécies de BAL e/ou bactérias patogênicas (coagregação) (7). A habilidade de coagregação contribui para a capacidade inibitória contra microrganismos patogênicos, formando complexos que impedem a aderência e proliferação desses microrganismos nocivos nas mucosas do hospedeiro e em alimentos. Essa propriedade é considerada benéfica tanto do ponto de vista da saúde do hospedeiro, quanto para a qualidade de produtos lácteos probióticos (8).

A coagregação contribui para a exclusão competitiva de patógenos, uma vez que a proximidade física facilita a inibição de seu crescimento e reduz sua capacidade de aderência as superfícies intestinais ou industriais. Além disso, de um modo geral, a coagregação pode favorecer a ação sinérgica de compostos antimicrobianos produzidos pelas bactérias ácido láticas, intensificando o efeito protetor. Através desses mecanismos, os níveis de segurança e estabilidade microbiológica do alimento são mantidos (1, 9).

A capacidade de aderência a superfícies industriais ou intestinais através da formação de biofilmes por microrganismos patogênicos é um dos maiores desafios para a indústria alimentícia. A formação de biofilmes potencializa mecanismos de sinalização celular e compartilhamento de substratos para o crescimento de colônias bacterianas patogênicas (10). Neste sentido, algumas bactérias ácido láticas isoladas de alimentos, também são capazes de diminuir a formação desses biofilmes através da produção de bacteriocinas e metabólitos nocivos aos microrganismos patogênicos (11).

Diante do exposto, a pesquisa teve como objetivo avaliar o potencial de coagregação e antagonismo de cepas de bactérias ácido láticas isoladas de queijos de coalho artesanais produzidos no Agreste Meridional de Pernambuco frente a diferentes espécies de microrganismos patogênicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Microrganismos

As dez cepas de bactérias ácido láticas (BAL) utilizadas para a realização deste trabalho foram isoladas previamente a partir de amostras de queijos coalho artesanais produzidos no Agreste Meridional de Pernambuco. As BAL foram armazenadas a -80 ºC no Laboratório de Microbiologia, Tecnologia Enzimática e Bioprodutos (LMTEB) da UFAPE.

### Potencial de coagregação

O teste de coagregação foi realizado de acordo com Todorov e Dicks (12). As cepas de bactérias ácidos lácticas foram ativadas em caldo MRS por 24 h a 37 °C, e as cepas de bactérias patogênicas foram ativadas em caldo BHI por 24 h a 37 °C. Para a realização desta análise, foram utilizadas como cepas patogênicas *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Listeria monocytogenes* (ATCC 19117), *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028), *Listeria monocytogenes* Scott A (ATCC 49594) e *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212). Todas as cepas foram colhidas por centrifugação (7.000 x *g* por 10 min a 20 °C). Em seguida, foram lavadas duas vezes e diluídas em solução salina 0,85% estéril. A suspensão celular de cada cepa, foi ajustada (DO660nm = 0,3) e transferida (1 mL) para um microtubo estéril de 2 mL. Cada cepa de BAL foi pareada com as cepas patogênicas de forma individual, sendo misturadas e incubadas aerobiamente por 60 minutos a 37 ºC. Essa temperatura foi escolhida para avaliar o comportamento das cepas em temperatura corporal (37 °C). Transcorrido o tempo de incubação, as amostras foram centrifugadas (300 x *g* por 20 min a 20 °C), e a densidade ótica do sobrenadante foi determinada a 660 nm. A porcentagem de coagregação foi calculada com base na diferença entre a densidade ótica inicial e final: %Coagregação = $((DO_0 - DO_{60}) / DO_0) \times 100$. As análises foram realizadas em triplicata.

### Atividade antagonista

O teste de antagonismo foi realizado de acordo com Tagg, *et al*. (13). As cepas de bactérias ácidos lácticas foram ativadas em caldo MRS por 24 h a 37 °C, e as cepas de bactérias patogênicas foram ativadas em caldo BHI nas mesmas condições de tempo e temperatura das BAL. Para a realização desta análise, foram utilizadas como cepas patogênicas *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Listeria monocytogenes* (ATCC 19117), *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028), *Listeria monocytogenes* Scott A (ATCC 49594) e *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212). Após o crescimento das BAL, 5 µL de cada cultivo foram colocados sobre a superfície de uma placa de Petri contendo ágar MRS e incubados por 48 h a 37 °C. Posteriormente, 1 mL de clorofórmio foi colocado sobre a superfície do meio de cultura contendo as BAL crescidas em placa de Petri, deixando-o agir por 30 minutos em temperatura ambiente sob fluxo exaustor e mais 30 minutos sobre luz ultravioleta, visando eliminar os microrganismos e permanecer apenas as substâncias inibidoras. Em seguida, foram adicionados 3,5 mL de ágar BHI semi-sólido contendo as bactérias patogênicas para cada placa onde as cepas de BAL foram cultivadas, de forma individual. As placas foram novamente incubadas por 48 horas a 37 ºC, essa temperatura foi escolhida para avaliar o comportamento das

cepas em temperatura corporal. Em seguida, o halo de inibição foi medido (mm) com auxílio de paquímetro digital. As análises foram realizadas em triplicata.

**Análise estatística**

A análise estatística foi realizada utilizando o software estatístico R (R CORE TEAM, 2024). ANOVA de uma via seguida do teste de Tukey foi aplicada para verificar diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre os ensaios.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Tabela 1 apresenta os resultados de coagregação obtidos para as dez cepas de BAL avaliadas frente as cinco espécies de microrganismos patogênicos: *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* Scott A e *Enterococcus faecalis*.

Para o teste realizado com *E. coli* ATCC 25922, a BAL que demonstrou maior potencial de coagregação foi a A6, com um percentual de 90,22%, diferindo estatisticamente das demais. Os testes realizados apresentam maiores resultados quando comparados aos resultados observados nos estudos de Oliveira *et al.* e Collado *et al.* (11, 18), que apresentaram valores de 15% a 26%. Neste sentido as cepas isoladas e utilizadas no presente trabalho demonstram-se como boas candidatas a microrganismos probiótico quando comparadas a outros isolados, o que sugere possibilidade de utilização industrial.

A alta capacidade de coagregação frente a esse microrganismo é explicada por mecanismos moleculares e interações físico-químicas específicas. A presença de **adesinas bacterianas** permite o reconhecimento direto de estruturas superficiais dos patógenos, especialmente por meio das fímbrias no caso da *E. coli.* Adicionalmente, as **interações hidrofóbicas** entre moléculas da superfície da bactéria ácido lática e os lipopolissacarídeos (LPS) das bactérias patogênicas promovem adesão estável (14, 15). Outro mecanismo crucial é **o mimetismo molecular**, no qual *uma BAL* expressa estruturas superficiais semelhantes às dos patógenos, confundindo os sistemas de adesão de *E. coli*, sequestrando-os (16, 17, 18).

Tabela 1 **-** Coagregação (%) de bactérias ácido láticas isoladas de queijos coalho artesanais produzidos em municípios da região Agreste Meridional de Pernambuco.

| Cepa | *E. coli* | *L. monocytogenes* | *S. typhimurium* | *L. monocytogenes* Scott A | *E. faecalis* |
|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 81,38±2,95$^{bc}$ | 82,02±0,72$^{b}$ | 84,05±2,12$^{b}$ | 78,70±2,55$^{f}$ | 78,52±0,63$^{e}$ |
| A2 | 81,97±2,50$^{bc}$ | 81,34±0,92$^{b}$ | 91,48±0,07$^{a}$ | 73,92±0,41$^{g}$ | 84,55±0,90$^{c}$ |
| A3 | 82,10±0,70$^{c}$ | 87,92±0,22$^{a}$ | 83,51±1,65$^{b}$ | 70,18±0,26$^{g}$ | 87,77±0,11$^{b}$ |
| A4 | 87,05±0,20$^{ab}$ | 89,82±0,18$^{a}$ | 86,88±0,89$^{b}$ | 84,99±1,26$^{c}$ | 81,20±1,68$^{cde}$ |
| A5 | 81,09±0,90$^{c}$ | 84,08±1,70$^{ab}$ | 80,43±0,80$^{bc}$ | 78,17±1,08$^{f}$ | 81,99±0,43$^{cd}$ |
| A6 | 90,22±0,44$^{a}$ | 85,71±1,61$^{a}$ | 91,98±0,33$^{a}$ | 82,88±0,64$^{d}$ | 81,61±1,74$^{cde}$ |
| A7 | 81,35±0,36$^{c}$ | 80,70±0,05$^{b}$ | 77,00±0,95$^{c}$ | 90,74±0,51$^{a}$ | 88,21±1,30$^{ab}$ |
| A8 | 85,89±0,66$^{b}$ | 72,30±0,36$^{c}$ | 84,64±0,32$^{b}$ | 92,32±0,04$^{a}$ | 90,63±0,56$^{a}$ |
| B1 | 82,09±0,63$^{c}$ | 82,92±0,97$^{b}$ | 85,43±0,41$^{b}$ | 88,07±0,52$^{b}$ | 85,65±1,11$^{bc}$ |
| B2 | 71,85±2,29$^{d}$ | 72,88±0,92$^{c}$ | 77,85±1,09$^{c}$ | 71,91±1,84$^{g}$ | 72,34±4,84$^{f}$ |

Diferentes letras minúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$). Os

resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 3).

A ocorrência de *E. coli* em produtos lácteos é um indicativo robusto de contaminação fecal e de falhas nos controles higiênico-sanitários ao longo da cadeia de produção (ordenha, transporte, pós-pasteurização), e certas linhagens, em especial as produtoras de toxinas Shiga (STEC), constituem risco direto para a saúde humana pois, estas toxinas lesionam o epitélio intestinal. A *E. coli* apresenta capacidade de se associar à fração lipídica do leite, o que pode proteger células bacterianas de algumas etapas de processamento físico-químico. Sua detecção em leite cru e derivados é usada como indicador de risco sanitário e de potencial presença de agentes patogênicos. Dessa forma, alimentos funcionais probióticos, com microrganismos capazes de desempenhar um papel benéfico ao hospedeiro através de sua coagregação com patógenos como a *E. coli*, são fundamentais para a indústria alimentícia (19).

Para os resultados de coagregação frente as bactérias do gênero *Listeria*, as cepas mais promissoras foram a A4, com um percentual de 89,92%, para a espécie *L. monocytogenes* ATCC 19117, entretanto, não houve diferença significativa entre esta e as cepas A3, A5 e A6. Já para *L. monocytogenes* Scott A ATCC 49594, a cepa A8 apresentou o maior potencial de coagregação com um percentual de 92,32%, não diferindo estatisticamente com a cepa A7. Os resultados corroboram com os achados por Abdel *et al.* (21), onde quatro isolados probióticos de BAL demonstraram valores entre 87% e 93% após duas horas completas de incubação.

A alta eficácia de coagregação das cepas analisadas no presente trabalho frente a patógenos do gênero *Listeria* pode ser atribuída a semelhança de polaridade de superfície celular das bactérias, e é um importante mediador de coagregação. A característica hidrofóbica da superfície das bactérias ácido láticas, como as adesinas e os ácidos lipotecóicos, favorece a interação com a membrana celular de patógenos hidrofóbicos, como os do gênero *Listeria*, fazendo com que se coagreguem mais facilmente (21).

Além disso, a fermentação lática pode favorecer indiretamente o processo de coagregação, visto que com a diminuição do pH, tanto a *Listeria monocytogenes* Scott A quanto a *Listeria monocytogenes*, aumentam ou alteram sua exposição dos lipídeos de membrana como forma de adaptação à adversidade. Esse fenômeno favorece a coagregação pela possibilidade de aumento de hidrofobicidade e fluidez de membrana em resposta a fermentação pela BAL. Ademais, estudos sugerem que a formação de biofilmes competitivos em superfícies de adesão não só inibem a colonização por esses patógenos, mas também favorecem sua coagregação, justamente para inibir seu estabelecimento (22, 23).

*É importante pontuar que Listeria monocytogenes* é especialmente problemática em produtos lácteos por três características principais: tolerância ao frio, capacidade de sobreviver a condições de redução de água e salinidade, como presentes em alguns queijos e persistência de biofilmes sobre superfícies industriais. Essas propriedades tornam esse patógeno uma ameaça tanto em produtos prontos para consumo quanto em etapas pós-pasteurização, pois a

contaminação frequentemente ocorre por reintrodução no ambiente de processamento e não por falha da pasteurização em si. A persistência em nichos de equipamentos e a formação de biofilmes dificultam a higienização, elevam o risco de contaminação cruzada e motivam ações regulatórias rigorosas quando detectada em linhas de leite ou queijos maturados. A presença de BAL nesses produtos pode acabar desempenhando um papel antagônico a esses patógenos visto que propiciam um ambiente não favorável para que os mesmos se desenvolvam (24, 25, 26).

Para o teste realizado com *S. typhimurium* ATCC 14028, a BAL que demonstrou maior potencial de coagregação foi a A6, com um percentual de 91,98%, não diferindo estatisticamente da cepa A2. Os resultados para a coagregação de 8 cepas isoladas na pesquisa de Gómez *et al.* (3) variaram entre 40% e 75%, o que sugere que os resultados das 10 cepas analisadas no trabalho possuem maior destaque ao tratar do potencial de coagregação desses microrganismos.

Os altos resultados para a coagregação de BAL e microrganismos patogênicos como *Salmonella typhimurium* também é explicada pela presença de adesinas bacterianas e seu reconhecimento direto por estruturas superficiais, como as proteínas de membrana do microrganismo patogênico (15, 16). Adicionalmente, a produção de **exopolissacarídeos (EPS)** atua como uma matriz extracelular adesiva, aglutinando fisicamente os patógenos e reforçando a coagregação. Por fim, a aplicação de microrganismos probióticos faz com que a fermentação e seus produtos ácidos diminuam o pH, que por sua vez, aumenta expressão de adesinas das BAL e altera a carga superficial das bactérias patogênicas (16, 17, 18).

Bactérias do gênero *Salmonella*, em especial *Salmonella typhimurium*, permanecem como um agente de destaque em surtos alimentares ligados a produtos lácteos, sobretudo quando o leite é consumido cru ou quando há contaminação pós-processamento. *S. typhimurium* pode sobreviver a certas etapas de processamento e ser isolada de queijos e leites crus. Além disso, baixos inóculos são suficientes para causar doença em humanos, o que torna a sua presença intolerável do ponto de vista de segurança alimentar. Investigações epidemiológicas, incluindo surtos vinculados a leite cru e queijos envelhecidos, demonstram que práticas ineficazes de proteção da matéria-prima e de controle ambiental podem levar a contaminações de larga escala, com impacto sanitário e econômico substancial. A monitorização frequente de matérias-primas aliada ao uso de bactérias ácido láticas competitivas aos microrganismos do gênero *Salmonella* são, portanto, medidas essenciais (20).

Por fim, nos testes feitos frente à bactéria patogênica *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, a cepa A8 também demonstrou o melhor resultado, com 90,63% de coagregação, diferindo estatisticamente das demais cepas avaliadas. Segundo os resultados de Todorov *et al.* (27), diferentes cepas de BAL apresentaram resultados de coagregação frente a *Enterococcus faecalis* variando de 87% a 91%. Estes valores reforçam a alta capacidade de coagregação dos microrganismos probióticos e a expressão de características metabólicas e fatores intrínsecos entre as cepas (28).

Embora alguns enterococos sejam utilizados como culturas adjuntas em certos queijos, espécies como *Enterococcus faecalis* são microrganismos patogênicos oportunistas presentes em matérias-primas e produtos finais devido à sua associação com fatores de virulência, capacidade de formar biofilmes e, sobretudo, por frequentemente carrear genes de resistência antimicrobiana. A presença de *E. faecalis* em leite cru e queijos pode indicar condições precárias de higiene e constitui um vetor potencial para a disseminação de genes de resistência e de elementos de virulência ao longo da cadeia alimentar. Estudos recentes sobre enterococos em produtos lácteos documentam não só a prevalência em amostras de leite e queijos, mas também o perfil resistente a antibióticos e a capacidade de persistência em linhas de produção, o que reforça medidas de controle, como o fenômeno de antibiose natural promovido pela produção de bacteriocinas das bactérias ácido láticas (29).

A Tabela 2 apresenta os resultados de antagonismo obtidos para as dez cepas de BAL avaliadas frente a cinco espécies de microrganismos patogênicos: *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* Scott A e *Enterococcus faecalis.*

Tabela 2 **-** Antagonismo (mm) de bactérias ácido láticas isoladas de queijos coalho artesanais produzidos em municípios da região Agreste Meridional de Pernambuco.

| Cepa | *E. coli* | *L. monocytogenes* | *S. typhimurium* | *L. monocytogenes* Scott A | *E. faecalis* |
|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 3,50±0,10$^{c}$ | 3,75±0,35$^{a}$ | 3,65±0,07$^{ab}$ | 2,90±0,10$^{cd}$ | 2,40±0,28$^{e}$ |
| A2 | 2,65±0,35$^{d}$ | 3,35±0,21$^{ab}$ | 3,35±0,21$^{ab}$ | 3,25±0,35$^{c}$ | 4,15±0,21$^{bc}$ |
| A3 | 3,00±0,28$^{cd}$ | 3,16±0,28$^{ab}$ | 4,03±0,41$^{a}$ | 2,66±0,05$^{d}$ | 3,33±0,32$^{d}$ |
| A4 | 3,20±0,00$^{c}$ | 3,40±0,28$^{ab}$ | 3,55±0,07$^{ab}$ | 2,50±0,14$^{d}$ | 3,30±0,14$^{d}$ |
| A5 | 3,10±0,14$^{c}$ | 3,70±0,36$^{a}$ | 3,25±0,35$^{ab}$ | 2,96±0,15$^{cd}$ | 2,96±0,05d$^{e}$ |
| A6 | 4,4±0,14$^{b}$ | 3,30±0,14$^{ab}$ | 2,85±0,07$^{c}$ | 6,53±0,45$^{a}$ | 4,05±0,07$^{c}$ |
| A7 | 9,00±0,00$^{a}$ | 3,75±0,35$^{a}$ | 2,70±0,28$^{c}$ | 5,10±0,28$^{b}$ | 5,75±0,35$^{a}$ |
| A8 | 3,10±0,65$^{c}$ | 3,23±0,25$^{a}$ | 2,90±0,36$^{c}$ | 5,95±0,07$^{ab}$ | 3,16±0,28$^{de}$ |
| B1 | 3,76±0,25$^{c}$ | 3,05±0,05$^{b}$ | 3,40±0,14$^{ab}$ | 4,8±0,30$^{b}$ | 5,25±0,25$^{ab}$ |
| B2 | 4,00±0,26$^{c}$ | 3,83±0,20$^{a}$ | 3,36±0,20$^{ab}$ | 3,10±0,17$^{c}$ | 4,80±0,28$^{b}$ |

Diferentes letras minúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$). Os resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 3).

É importante destacar que os resultados com o maior halo sugerem uma atividade inibitória mais eficiente contra a proliferação de microrganismos patogênicos (30). Essa atividade pode ser explicada por diversos compostos. Por exemplo, as bacteriocinas são peptídeos de baixo peso molecular, com mecanismos de ação bacteriostáticos ou bactericidas, com alta capacidade de atuação em diferentes espécies de bactérias patogênicas. Além disso, outros compostos antimicrobianos, incluindo ácidos, peróxido de hidrogênio, diacetil, dióxido de carbono, álcool e aldeído funcionam como conservante naturais (31, 32).

Os resultados da capacidade antagonista para *E. coli* mostram que todas as cepas analisadas apresentaram halo. A cepa A7 demonstrou o maior resultado (9 mm), o que sugere que as substâncias produzidas por esta cepa detém uma maior capacidade de inibição. Resultados semelhantes foram descritos por Neto *et al.* e Andrade *et al.* (30, 35), demonstrando que a similaridade estrutural da parede celular é um fator de importância para os compostos

antimicrobianos (33).

Para as análises de antagonismo realizadas contra *Listeria monocytogenes*, as cepas apresentaram potencial de inibição semelhantes com halos que variaram entre 3,05 e 3,83 mm. Apenas a cepa B2, que apresentou o menor resultado, diferiu estatisticamente entre as demais. Com relação a *L. monocytogenes* Scott A, a cepa A6 apresentou maior halo de inibição (6,53 mm), entretanto, não diferiu estatisticamente com a cepa A8. Estes resultados estão de acordo com a literatura de Filho *et al.*, Andrade *et al.* e Duarte *et al.* (30, 35, 36). Concomitante à produção de bacteriocinas e outras metabólitos antimicrobianos, a diminuição do pH também interfere na atividade metabólica de microrganismos do gênero *Listeria* (22, 23, 33).

A avaliação da capacidade antagonista das cepas de BAL contra *S. typhimurium* revelou que a cepa A3 apresentou maior halo de inibição (4,03 mm), não diferindo estatisticamente as cepas A1, A2, A4, A5, B1 e B2, demonstrando o potencial dessas cepas de inibir o crescimento do microrganismo patogênico avaliado. Estes resultados diferem do encontrados por Filho *et al.* (30), onde microrganismos probióticos não apresentaram halo de inibição contra *S. typhimurium*. Mesmo que a eficiência da inibição por bacteriocinas seja diminuída por causa da estrutura complexa de parede celular de bactérias consideradas Gram-negativas, a capacidade acidificante de algumas BAL pode ser o fator chave para inibir a proliferação de microrganismos patogênicos do gênero *Salmonella* (3, 4, 33).

Por fim, para as análises de antagonismo frente ao microrganismo *E. faecalis*, todas as dez cepas apresentaram halo de inibição. Dentre todos os isolados, a cepa A7 apresentou o maior resultado (5,75 mm), entretanto não diferiu estatisticamente com a cepa B1. Estes resultados demonstram a importância da avaliação de cepas de microrganismos probióticos como as BAL para o combate de microrganismos patogênicos com fatores de virulência e resistentes a antibióticos como o *E. faecalis* (30).

## CONCLUSÕES

Este estudo demonstra a importância da avaliação de bactérias ácido láticas no combate de microrganismos patogênicos presentes em alimentos, principalmente em derivados lácteos fermentados, contribuindo para o aumento da vida de prateleira destes produtos. Através dos dados, foi possível determinar que as cepas de bactérias ácido láticas isoladas de queijos coalho artesanais produzidos no Agreste Meridional de Pernambuco revelaram alto potencial de coagregação e antagonismo frente a microrganismos patogênicos relevantes para a indústria de alimentos, com potencial utilização tecnológica. Dessa forma, estudos complementares precisam ser realizados para aprofundar o entendimento desses mecanismos probióticos, e avaliar os aspectos e parâmetros para a utilização desses microrganismos na indústria de alimentos. Não obstante, os dados adquiridos reforçam e aprofundam o entendimento sobre o assunto, servindo como base para futuras pesquisas.

**AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Laboratório de Microbiologia, Tecnologia Enzimática e Bioprodutos (LMTEB), pelo apoio técnico, científico e pela infraestrutura disponibilizada durante o desenvolvimento deste trabalho. À Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

**REFERÊNCIAS**

(1) COLOMBO, M. *et al.* Beneficial properties of lactic acid bacteria naturally present in dairy 2production. **BMC microbiology**, v. 18, n. 1, p. 219, 2018.

(2) ARTILHA, C. A. F. *et al*. Leites fermentados – uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 4956–4968, 2020.

(3) GÓMEZ, N. C.; RAMIRO, J. M. P.; QUECAN, B. X. V.; FRANCO, B. D. G. M. Use of potential probiotic lactic acid bacteria (LAB) biofilms for the control of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, and *Escherichia coli* O157:H7 biofilms formation. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, 2016.

(4) LIMA, C. H. G. S.; COSTA, J. S.; CARBONERA, N.; HELBIG, E. Propriedades tecnológicas de bactérias ácido-lácticas em lacticínios: Revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 76, n. 4, p. 243–256, 2021.

(5) LIMA, C. P. Avaliação do potencial probiótico e tecnológico de bactérias ácido láticas isoladas de queijo de coalho. 2015. 105 f. **Tese (Doutorado em Biotecnologia - RENORBIO).** Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

(6) ARAUJO, L. M. Avaliação de propriedades probióticas de bactérias ácido láticas isoladas de queijo coalho do sertão da Paraíba. 2017. 72 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia). **Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, 2017.

(7) ABDULLA, A. A.; ABED, T. A.; SAEED, A. M. Adhesion, autoaggregation and hydrophobicity of six Lactobacillus strains. **British Microbiology Research Journal**, v. 4, n. 4, p. 381–391, 2014.

(8) BREYER, G. M.; Avaliação do potencial probiótico de bactérias lácticas isoladas de leite de búfala. 2020. 66 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente). **Universidade Federal do Rio Grande do Sul,** Porto Alegre, 2020.

(9) KATHARIOS-LANWERMEYER, S. *et al*. Mini-review: Microbial coaggregation: ubiquity and implications for biofilm development. **Biofouling**, v. 30, n. 10, p. 1235–1251, 24 nov. 2014.

(10) TODHANAKASEM, T.; KETBUMRUNG, K. Using potential lactic acid bacteria biofilms and their compounds to control biofilms of foodborne pathogens. **Biotechnology Reports**, v. 26, p. e00477, 2020.

(11) OLIVEIRA, G. S. *et al*. Bioprotective potential of lactic acid bacteria and their metabolites against enterotoxigenic Escherichia coli. **Microbiology**, v. 168, n. 7, p. 001216, 2022.

(12) TODOROV, S. D. *et al*. Potential beneficial properties of bacteriocin-producing lactic acid bacteria isolated from smoked salmon. **Journal of Applied Microbiology**, v. 110, p. 971-986, 2011.

(13) TAGG, J. R.; DAJANI, A. S.; WANNAMAKER, L. W. Bacteriocins of gram-positive bacteria**.** **Bacteriological Reviews**, v. 40, n. 3, p. 722–756, set. 1976.

(14) MERCIER-BONIN, M.; CHAPOT-CHARTIER, M-P. Surface proteins of *Lactococcus lactis*: bacterial resources for muco-adhesion in the gastrointestinal tract. **Frontiers in microbiology**, v. 8, p. 2247, 2017.

(15) KRASOWSKA, A.; SIGLER, K. How microorganisms use hydrophobicity and what does this mean for human needs?. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 4, p. 112, 2014.

(16) LEBEER, S.; VANDERLEYDEN, J.; DE KEERSMAECKER, S. CJ. Host interactions of probiotic bacterial surface molecules: comparison with commensals and pathogens. **Nature Reviews Microbiology**, v. 8, n. 3, p. 171-184, 2010.

(17) FOX, J. W. When should we expect microbial phenotypic traits to predict microbial abundances?. **Frontiers in Microbiology**, v. 3, p. 268, 2012.

(18) COLLADO, M. C.; MERILUOTO, J.; SALMINEN, S.. Medição das propriedades de agregação entre probióticos e patógenos: avaliação in vitro de diferentes métodos. **Journal of Microbiological Methods**, v. 71, n. 1, p. 71-74, 2007.

(19) BAGEL, A.; SERGENTET, D. Shiga toxin-producing Escherichia coli and milk fat globules. **Microorganisms**, v. 10, n. 3, p. 496, 2022.

(20) WEINSTEIN, E. Outbreak of Salmonella Typhimurium Infections Linked to Commercially Distributed Raw Milk—California and Four Other States, September 2023–March 2024. **MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report**, v. 74, 2025.

(21) ABDEL TAWAB, F. I. *et al*. Probiotic potentials of lactic acid bacteria isolated from Egyptian fermented food. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 16601, 2023.

(22) DIAKOGIANNIS, I. *et al*. Growth and membrane fluidity of food-borne pathogen *Listeria monocytogenes* in the presence of weak acid preservatives and hydrochloric acid. **Frontiers in Microbiology**, v. 4, p. 152, 2013.

(23) ARCARI, T. *et al*. Comparative review of the responses of *Listeria monocytogenes* and Escherichia coli to low pH stress. **Genes**, v. 11, n. 11, p. 1330, 2020.

(24) JARA, J. *et al*. Role of Lactobacillus biofilms in *Listeria monocytogenes* adhesion to glass surfaces. **International Journal of Food Microbiology**, v. 334, p. 108804, 2020.

(25) MELO, J.; ANDREW, P. W.; FALEIRO, M. L. Listeria monocytogenes in cheese and the dairy environment remains a food safety challenge: The role of stress responses. **Food Research International**, v. 67, p. 75-90, 2015.

(26) NOWAK, J. *et al*. Biofilm formation by Listeria monocytogenes 15G01, a persistent isolate from a seafood-processing plant, is influenced by inactivation of multiple genes belonging to different functional groups. **Applied and environmental microbiology**, v. 87, n. 10, p. e02349-20, 2021.

(27) TODOROV, S. D. *et al.* Boza, a natural source of probiotic lactic acid bacteria. **Journal of Applied Microbiology,** v. 104, n. 2, p. 465–477, 2008.

(28) GOŁAŚ-PRĄDZYŃSKA, M.; ŁUSZCZYŃSKA, M.; ROLA, J. G.. Dairy Products: a potential source of Multidrug-Resistant Enterococcus faecalis and Enterococcus faecium Strains. **Foods**, v. 11, n. 24, p. 4116, 2022.

(29) STĘPIEŃ-PYŚNIAK, D. *et al*. Biofilm formation capacity and presence of virulence factors among commensal Enterococcus spp. from wild birds. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 11204, 2019.

(30) NETO, L. G., *et al*. Atividade antimicrobiana de bactérias ácido-lácticas isoladas de queijos de coalho artesanal e industrial frente a microrganismos indicadores. **Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, p. 245–250, 1 set. 2005.

(31) FILHO, A. S. C. Identificação de bactérias ácido-láticas de leite bovino do estado da paraíba com capacidade antagonista contra patógenos de relevância para o setor agropecuário. **Tese de mestrado (Programa de pós-graduação em Zootecnia) em Zootecnia**, Universidade Federal da Paraíba – Campus Areia, 2023.

(32) RODRÍGUEZ, E. *et al*. Diversity of bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from raw milk. **International Dairy Journal**, v. 10, n. 1–2, p. 7–15, jan. 2000.

(33) BROMBERG, R. *et al.* Características da bacteriocina produzida por *Lactococcus lactis ssp. hordniae* CTC 484 e seu efeito sobre *Listeria monocytogenes* em carne bovina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 135–144, mar. 2006

(34) DEEGAN, L. H. *et al.* Bacteriocins: Biological tools for bio-preservation and shelf-life extension. **International Dairy Journal**, v. 16, n. 9, p. 1058–1071, set. 2006.

(35) ANDRADE, C. R. G. *et al.* Propriedades probióticas in vitro de *Lactobacillus spp*. isolados de queijos minas artesanais da Serra da Canastra - MG. **Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 5, p. 1592–1600, 1 out. 2014.

(36) DUARTE, M. C. K. H. *et al*. Ação antagonista de *lactobacillus acidophilus* frente a estirpes patogênicas inoculadas em leite fermentado. **Journal of bioenergy and food science**, v. 3, n. 1, p. 1–10, 2016.

# BIOTRANSFORMAÇÕES E DESEMPENHO FERMENTATIVO DE HIDROMEL TIPO *METHEGLIN* DE HIBISCO (*Hibiscus sabdariffa*) E LÚPULO (*Humulus lupulus* L.)

# BIOTRANSFORMATIONS AND FERMENTATION PERFORMANCE OF METHEGLIN-TYPE MEAD FROM HIBISCUS (*Hibiscus sabdariffa*) AND HOPS (*Humulus lupulus* L.)

**DOI: 10.65747/conali2025v1c10**

**Rayane Lycia Ferreira Duvale[1]; Isabel Pereira de Carvalho[2]; Laiza de Andrade Santos[3]; Camila Cristina da Silva Lopes[4]; Julice Dutra Lopes[5], Marcelo Barbosa Muniz[6]**

[1,4]Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PPGCTA – CT – UFPB; [2]Mestranda Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PPGCTA – CT – UFPB; [3]Graduanda do curdo de Engenharia Química – CT – UFPB; [5]Docente do Departamento de Engenharia Química – CT – UFPB; [6]Docente do Departamento de Engenharia de Alimentos – CT – UFPB

Contato: rayanelfduvale@gmail.com

**Resumo:** O mercado de hidromel tem crescido, impulsionando inovações como a adição de frutas e especiarias, incluindo hibisco e lúpulo, que enriquecem o perfil sensorial e funcional. No entanto, esses ingredientes podem interferir na fermentação. Nesse contexto, este estudo avaliou o efeito de diferentes concentrações de *Saccharomyces cerevisiae* nas transformações químicas e parâmetros cinéticos do hidromel com hibisco e lúpulo. Três formulações (0,25; 0,50; 0,75 g/L de levedura) foram fermentadas a 20 °C por 21 dias. A cada três dias analisaram-se pH, acidez, sólidos solúveis totais (SST) e teor alcoólico; açúcares totais (AT) foram medidos no início e fim; e os parâmetros cinéticos foram calculados. Os dados foram tratados por ANOVA e teste de Tukey ($p>0,05$). A cinética de fermentação indicou redução de SST e aumento da acidez e do teor alcoólico ao longo do processo, sem diferença significativa no teor alcoólico final (7,7 °GL). A menor concentração de levedura (H25) gerou maiores teores de AT e SST, maior rendimento de etanol por célula e substrato, maior taxa de consumo de substrato e menor tempo de duplicação celular. H50 e H75 apresentaram menor teor de AT e maior produtividade, com excesso de biomassa em H75 elevando a acidez. Hibisco e lúpulo não comprometeram a viabilidade celular, independentemente da concentração. Concentrações acima de 0,5 g/L não promoveram ganhos expressivos em multiplicação celular, consumo de substrato e produtividade. Os resultados contribuem para otimizar custo, tempo e padronização na produção de hidromel com hibisco e lúpulo.

**Palavras–chave:** biomassa; mosto de mel; parâmetros cinéticos; viabilidade celular.

**Abstract:** The mead market has grown, driving innovations such as the addition of fruits and spices, including hibiscus and hops, which enrich the sensory and functional profile. However, these ingredients can interfere with the fermentation process. Therefore, this study evaluated the effect of different concentrations of *Saccharomyces cerevisiae* on the chemical transformations and kinetic parameters of mead with hibiscus and hops. Three formulations (0.25, 0.50, and 0.75 g/L of yeast) were fermented at 20°C for 21 days. Every three days, pH, acidity, total soluble solids (TSS), and

alcohol content were analyzed; total sugars (TS) were measured at the beginning and end; and kinetic parameters were calculated. Data were analyzed using ANOVA and Tukey's test ($p > 0.05$). Fermentation kinetics indicated a reduction in TSS and an increase in acidity and alcohol content throughout the process, with no significant difference in final alcohol content (7.7 °GL). The lowest yeast concentration (H25) generated higher TA and TSS contents, higher ethanol yield per cell and substrate, higher substrate consumption rate, and shorter cell doubling time. H50 and H75 presented lower TA contents and higher productivity, with excess biomass in H75 increasing acidity. Hibiscus and hops did not compromise cell viability, regardless of concentration. Concentrations above 0.5 g/L did not promote significant gains in cell multiplication, substrate consumption, or productivity. The results contribute to optimizing cost, time, and standardization in the production of mead with hibiscus and hops.

**Keywords:** biomass; cell viability; honey must; kinetic parameters.

## INTRODUÇÃO

O mercado de hidromel tem apresentado crescimento significativo nos últimos anos, impulsionando o aumento da produção e incentivando os produtores a adotarem estratégias inovadoras que agreguem valor e promovam a diversificação do produto (1). Nesse contexto, a utilização de adjuntos fermentativos, como frutas e especiarias, surge como uma alternativa promissora para ampliar o perfil químico e sensorial da bebida (2, 3). No entanto, ainda existem lacunas relevantes no conhecimento e no desenvolvimento tecnológico, especialmente no que diz respeito ao comportamento fermentativo diante da presença de insumos diferenciados. Esses ingredientes, ao enriquecerem o mosto com maior complexidade nutricional, podem alterar significativamente a atividade da levedura e a síntese de metabólitos (4).

Entre as estratégias para aprimorar características químicas do hidromel, destaca-se a utilização de adjuntos como o hibisco (*Hibiscus sabdariffa*) e o lúpulo (*Humulus lupulus L.*), especiarias que dão origem a variação *Metheglin* da bebida. O hibisco, rico em antocianinas, ácidos orgânicos e compostos fenólicos, é responsável por atributos como coloração intensa e acidez marcante. O lúpulo, tradicional na indústria cervejeira, contribui com propriedades aromáticas e amargor equilibrado, além de fornecer compostos bioativos como alfa e beta-ácidos (5, 6). A adição desses ingredientes modifica substancialmente a composição do mosto, tornando o ambiente fermentativo mais complexo e impactando diretamente o metabolismo das leveduras (4, 7).

Embora os benefícios químicos, sensoriais e funcionais da adição do hibisco e lúpulo sejam bem documentados, ainda são escassos os estudos que avaliem os impactos tecnológicos e fermentativos decorrentes dessa prática na produção de hidromel. A maior complexidade nutricional e a presença de compostos potencialmente inibitórios podem interferir na cinética de fermentação, transformações bioquímicas e na estabilidade do processo (4, 3, 8). Esses fatores comprometem a eficiência do processo produtivo, tornando o entendimento das condições fermentativas um ponto-chave para o desenvolvimento de processos mais econômicos e tecnicamente viáveis para os produtores (9).

Dentre os fatores críticos da fermentação alcoólica, destaca-se a concentração de inóculo utilizada. A quantidade de levedura inoculada influencia diretamente a velocidade do processo fermentativo, a formação de compostos voláteis, a produção de subprodutos indesejáveis e o consumo completo dos açúcares presentes no mosto (10). O uso de leveduras do gênero *Saccharomyces cerevisiae*, amplamente reconhecido por sua robustez e eficiência fermentativa, exige ajustes finos na quantidade aplicada, especialmente quando o meio é enriquecido com ingredientes bioativos e não convencionais (11, 12, 3). Um inóculo em baixas concentrações pode comprometer a eficiência do processo (fermentação lenta e incompleta) e a qualidade final da bebida, enquanto um excesso representa desperdício de biomassa e aumento de custos (13, 10).

Dessa forma, compreender os efeitos da variação da concentração de levedura na fermentação de hidroméis elaborados com hibisco e lúpulo é essencial para a otimização do processo, redução de custos e padronização da bebida. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo desenvolver formulações de hidromel do tipo *Metheglin*, avaliando as alterações físico-químicas, o crescimento e a vitalidade celular das leveduras, bem como os parâmetros cinéticos do processo, sob diferentes concentrações de inóculo. Os resultados visam fornecer subsídios tecnológicos para a produção de hidromel eficiente, padronizada e de alta qualidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material

Para a elaboração dos hidroméis, foi utilizado mel monofloral de algaroba (*Prosopis juliflora*), produzido por abelhas da espécie *Apis mellifera* e fornecido por apicultores do município de Catolé do Rocha – PB (Latitude: 06°20′38″ S; Longitude: 37°44′48″ O), localizado na região do semiárido brasileiro. As pétalas secas de hibisco, o lúpulo Citra® em pellets (13,8% de α-ácidos) e a levedura comercial liofilizada *Saccharomyces cerevisiae* (Fermento Red Star – Premier Côte des Blancs) foram adquiridos no comércio local de João Pessoa – PB (Latitude: 07°06′55″ S; Longitude: 34°51′40″ O).

### Processo de obtenção dos hidroméis tipo *Metheglin* de hibisco e lúpulo

- Obtenção do extrato de hibisco

O extrato de hibisco foi obtido por extração termossonificada, com base no método descrito por Stella *et al.* (14), com adaptações. As pétalas secas foram submetidas a banho ultrassônico (modelo USC-1400, Unique, Brasil) em proporção de 1:50 (massa/volume, hibisco:água), sob frequência de 40kHz, temperatura de 60 °C e tempo de 20 minutos. Após a extração, o extrato foi filtrado com tecido tipo voal e armazenado sob refrigeração, em frascos escuros, até sua utilização.

- Preparo do mosto e formulação

As formulações de hidromel foram desenvolvidas com três tratamentos distintos, variando-se a concentração de levedura, conforme descrito na Tabela 1. Os tratamentos foram codificados como H25, H50 e H75, e inoculados com 0,25, 0,50 e 0,75 g/L de levedura, respectivamente. A avaliação de diferentes concentrações de levedura é fundamental para indicar aos produtores a quantidade de inóculo mais adequada que permita otimizar o processo, a eficiência produtiva e a economia de produção.

Tabela 1 – Formulações experimentais de hidroméis elaborados com hibisco e lúpulo e inoculados com diferentes concentrações de levedura

| **Matéria-prima** | **Formulações** | | |
|---|---|---|---|
| | **H25** | **H50** | **H75** |
| Mel (%) | 19,16 | 19,16 | 19,16 |
| Água mineral (%) | 56,59 | 56,59 | 56,59 |
| Extrato de hibisco (%) | 24,25 | 24,25 | 24,25 |
| Lúpulo (g/L) | 1 | 1 | 1 |
| Levedura (g/L) | 0,25 | 0,50 | 0,75 |

Fonte: Autores, 2025

Para a preparação do mosto, foi utilizado uma proporção de 19,16%, 56,59% e 24,25% de mel, água e extrato de hibisco (p/v/v) (Tabela 1), respectivamente, de modo a alcançar uma concentração de 16 °Brix, verificada por meio de refratômetro de bancada. Esse valor de sólidos sol úteis totais representa uma concentração ideal para obtenção de uma bebida alcoólica com teor entre 7% e 9% (v/v), em conformidade com os padrões legais estabelecidos no Brasil (15; 16). A concentração de extrato de hibisco foi definido com base em testes preliminares que indicaram uma coloração intermediária desejável (17). Além disso, a adição de lúpulo foi padronizada em 1 g/L de mosto, conforme proposto por Hrabia et al. (18).

- Fermentação alcoólica, trasfega e envase

A fermentação foi conduzida em batelada, em biorreatores de vidro com capacidade de 3 L, previamente higienizados. Os biorreatores eram dotados de torneira em suas extremidades inferiores que viabilizaram a coleta de amostras em diferentes intervalos de tempo durante a fermentação. A hidratação do inóculo foi realizada por sua dispersão em aproximadamente 200 mL de mosto, sob leve agitação, seguida da adição dessa suspensão ao volume restante no biorreator.

O processo fermentativo foi conduzido a temperatura controlada de 20 ± 2 °C, utilizando-se uma incubadora refrigerada tipo BOD. O término da fermentação foi determinado com base na estabilização dos sólidos solúveis totais (SST) e do teor alcoólico, indicando a ausência de atividade fermentativa significativa.

Concluída a fermentação, os fermentados foram submetidos a uma etapa de clarificação por decantação estática, denominada trasfega, mantidos em repouso por 24 horas a uma temperatura de 0 ± 2 °C. Posteriormente, o sobrenadante foi transferido para novo recipiente, promovendo a separação da biomassa sedimentada. A biomassa final foi coletada e submetida à análise de viabilidade celular. O envase foi realizado em garrafas de vidro âmbar com volume de 300 mL, previamente sanitizadas, vedadas com tampas metálicas tipo coroa e armazenadas sob refrigeração (0–5 °C).

**Métodos**

- Crescimento e viabilidade celular

A concentração e a viabilidade celular foram estimadas pelo método de contagem direta em câmara de Neubauer. Para a diferenciação entre células viáveis e inviáveis, utilizou-se o corante azul de metileno (0,01%), preparado pela diluição de 100 mL da solução estoque (0,01 g/L) em solução de citrato de sódio a 2% (p/v), conforme descrito por Pierce (19). Uma alíquota de 0,5 mL da biomassa final diluída foi misturada com 0,5 mL da solução corante, sendo a mistura aplicada na câmara de Neubauer e coberta com lamínula. A contagem das células foi realizada ao microscópio óptico, em quadrantes de 1 mm². A estimativa da concentração celular (células/mL) considerou o número médio de células contadas, o número de quadrantes analisados e o fator de diluição empregado. As contagens celulares foram realizadas a cada 72 horas (3 dias), ao longo de todo o processo fermentativo. A viabilidade celular (%) foi determinada na biomassa final, com base na proporção entre células viáveis e o total de células observadas (20).

- Acompanhamento cinético dos parâmetros físico-químicos

Durante a fermentação alcoólica, foram realizadas análises físico-químicas em triplicata, com coletas em intervalos de 72 horas (3 dias) até o término do processo. Os parâmetros avaliados incluíram pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável e teor alcoólico. Adicionalmente, as concentrações de açúcares redutores (AR) e açúcares totais (AT) foram determinadas no início e ao final da fermentação.

➢ pH: A determinação do pH foi realizada por leitura direta em potenciômetro digital (QUIMIS, modelo Q400AS), devidamente calibrado através das soluções tampões pH 7,0 e 4,0, à 20

°C. As leituras foram efetuadas em alíquotas de 50 mL das amostras, conforme metodologia da AOAC (21).

- ➢ Sólidos Solúveis Totais: A quantificação dos sólidos solúveis totais foi realizada por refratometria, utilizando refratômetro de bancada tipo ABBE, de acordo com o procedimento nº 932.12 da AOAC (21), pelo método refratométrico de leitura direta, sendo os resultados expressos em °Brix.
- ➢ Acidez: A acidez total foi quantificada através de titulação com NaOH 0,1 M (21), sendo expressa em mEq/L de hidromel. Para isso, 1 mL da amostra foi diluído em 50 mL de água destilada e adicionado de três gotas de solução alcoólica de fenolftaleína a 1%. A titulação foi conduzida até o ponto de viragem, identificado pelo aparecimento de coloração rosa claro persistente.
- ➢ Teor alcoólico: A determinação do teor alcoólico foi realizada por ebuliometria, com os resultados expressos em graus Gay-Lussac (°GL). O método consistiu inicialmente na calibração do equipamento com água destilada, para obtenção do ponto de ebulição de referência. Em seguida, procedeu-se à leitura da temperatura de ebulição da amostra alcoólica. A concentração de etanol foi estimada por meio de régua de conversão específica, com base na diferença entre os pontos de ebulição da amostra e da água.
- ➢ Açúcares redutores e totais (g/L): A quantificação dos açúcares redutores (AR) e totais (AT) foi realizada por espectrofotometria (modelo DU-8200, DRAWELL, China), utilizando o reagente ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS), conforme descrito por Miller (22). As amostras foram reagidas com DNS sob aquecimento em banho-maria (100 °C, 5 min), seguidas de resfriamento e leitura da absorbância a 540 nm. Para açúcares totais, as amostras foram previamente hidrolisadas com HCl 1 mol/L e neutralizadas com NaOH 1 mol/L. A quantificação foi realizada por interpolação em curva padrão de glicose, com os resultados expressos em g/L.

- Parâmetros cinéticos

Os parâmetros cinéticos da fermentação foram avaliados com base na produtividade do produto, taxa específica de crescimento celular (μ), tempo de duplicação celular (td) e taxa específica de consumo de substrato (qs). Os coeficientes de conversão considerados incluíram o rendimento do produto em relação ao substrato (YP/S) e o rendimento do produto em relação à biomassa (YP/X). Todos os parâmetros foram calculados conforme as equações apresentadas no Quadro 1, seguindo a metodologia proposta por Maia et al. (9).

Quadro 1 – Equações para o cálculo de parâmetros cinéticos de fermentação

| **Equações:** | |
|---|---|
| $Produtividade\ (gL^{-1}h^{-1}) = \frac{P_f}{t\ total}$ | $\mu\ (h^{-1}) = \frac{1}{X_0} \times \frac{X_f - X_0}{t\ total}$ |
| $Y_{p/s}\ (\%) = \frac{P_f}{S_0 - S}$ | $td\ (h) = \frac{0.693}{\mu}$ |
| $Y_{p/x}\ (\%) = \frac{P_f}{X - X_0}$ | $qs\ (h^{-1}) = \frac{1}{X_0} \times \frac{S_0 - S_f}{t\ total}$ |
| Legendas: $P_f$: teor alcoolico final (g/L); $S_0$: Teor de açúcares inicial (g/L); $S_f$: Teor de açúcares final (g/L); $X_0$: Biomassa inicial (g/L); $X_f$: Biomassa final (g/L); t total: tempo total de fermentação (h). | |

Fonte: Autores, 2025

### Análise estatística

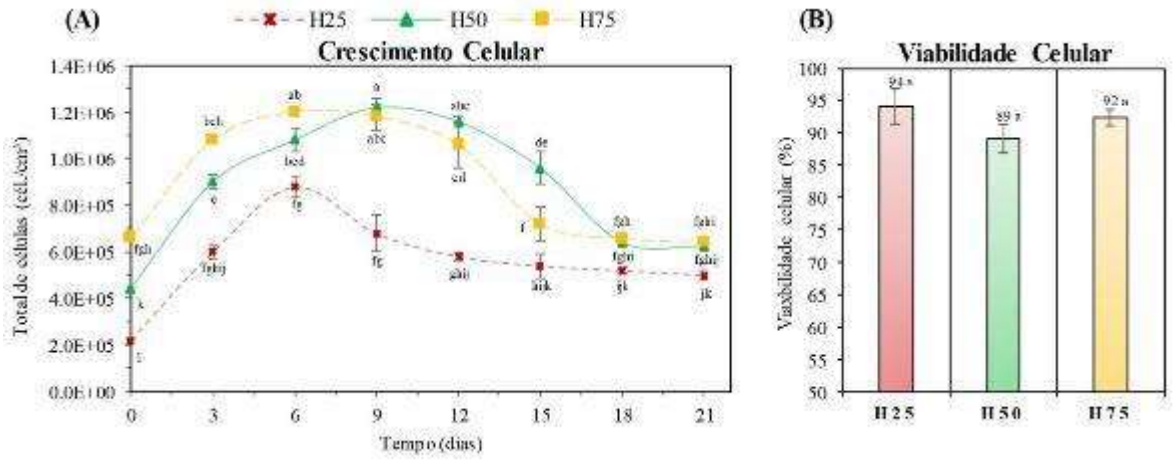
Os dados foram analisados por ANOVA unidirecional, seguida do teste de Tukey ($p<0,05$), utilizando o software STATISTICA 7.0. Também foi realizada uma ANOVA bidirecional para avaliar os efeitos da formulação, do tempo de fermentação e da interação entre essas variáveis, com comparações múltiplas conduzidas por meio do teste de Tukey. Os resultados foram representados por gráficos cinéticos e por tabelas contendo as médias ± desvio padrão. Diferenças estatisticamente significativas foram indicadas por diferentes letras minúsculas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Crescimento e viabilidade celular

A viabilidade e o crescimento celular são parâmetros essenciais para avaliar a qualidade e o desempenho da fermentação. A Figura 1 apresenta o efeito da concentração de células no mosto de hidromel com adição de hibisco e lúpulo sobre esses indicadores. Os resultados de viabilidade celular (Figura 1B) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, com uma média de 90,74% de células vivas. Isso sugere que a variação na concentração inicial de leveduras não compromete sua sobrevivência. Considerando que o valor mínimo recomendado para uma fermentação eficiente é de 70% de células viáveis (23), os dados indicam ainda que a presença de hibisco e lúpulo não cria um ambiente inibitório para o metabolismo celular. Dessa forma, os resultados da cinética fermentativa e dos parâmetros associados refletem predominantemente o efeito da quantidade de biomassa inoculada, e não do tipo de adjunto utilizado.

Figura 1 – Crescimento (A) e viabilidade celular (B) das formulações de hidromel H25, H50 e H75




Notas: Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre as variáveis ($p<0,05$) pelo teste de Tukey de múltiplos fatores. H25 = hidromel inoculado com 0,25 g/L; H50 = hidromel inoculado com 0,50 g/L; H75 = hidromel inoculado com 0,75 g/L.

Fonte: Autores, 2025.

O crescimento microbiano de *Saccharomyces cerevisiae* ao longo dos 21 dias de fermentação está representado na Figura 3A. Observou-se crescimento contínuo no início da fermentação, com adaptação eficiente das células ao meio. O pico de crescimento ocorreu entre o 6º e o 9º dia, atingindo 8,8 × $10^5$ células/cm³ em H25 e 1,2 × $10^6$ células/cm³ em H50 e H75, aproximadamente o dobro da concentração inicial em todos os tratamentos, resultado semelhante ao reportado por García et al. (24). Após esse período, a biomassa começou a declinar, exceto em H50, cujo decréscimo foi observado apenas após o 9º dia. A estabilização da contagem celular por volta do 18º dia reflete o efeito inibitório do etanol acumulado, típico das fermentações alcoólicas (8).

O tratamento com concentração intermediária de inóculo (H50) apresentou o melhor desempenho, atingindo o pico celular mais elevado e mantendo o crescimento por um período mais prolongado. Esse efeito é particularmente evidente no 15º dia de fermentação, quando a concentração de leveduras foi estatisticamente superior em relação às demais amostras. Além disso, os tratamentos com 0,50 e 0,75 g/L de inóculo encerraram o processo com quantidades finais de biomassa semelhantes, indicando que a adição de levedura acima de 0,5 g/L não promove ganhos expressivos em termos de crescimento celular.

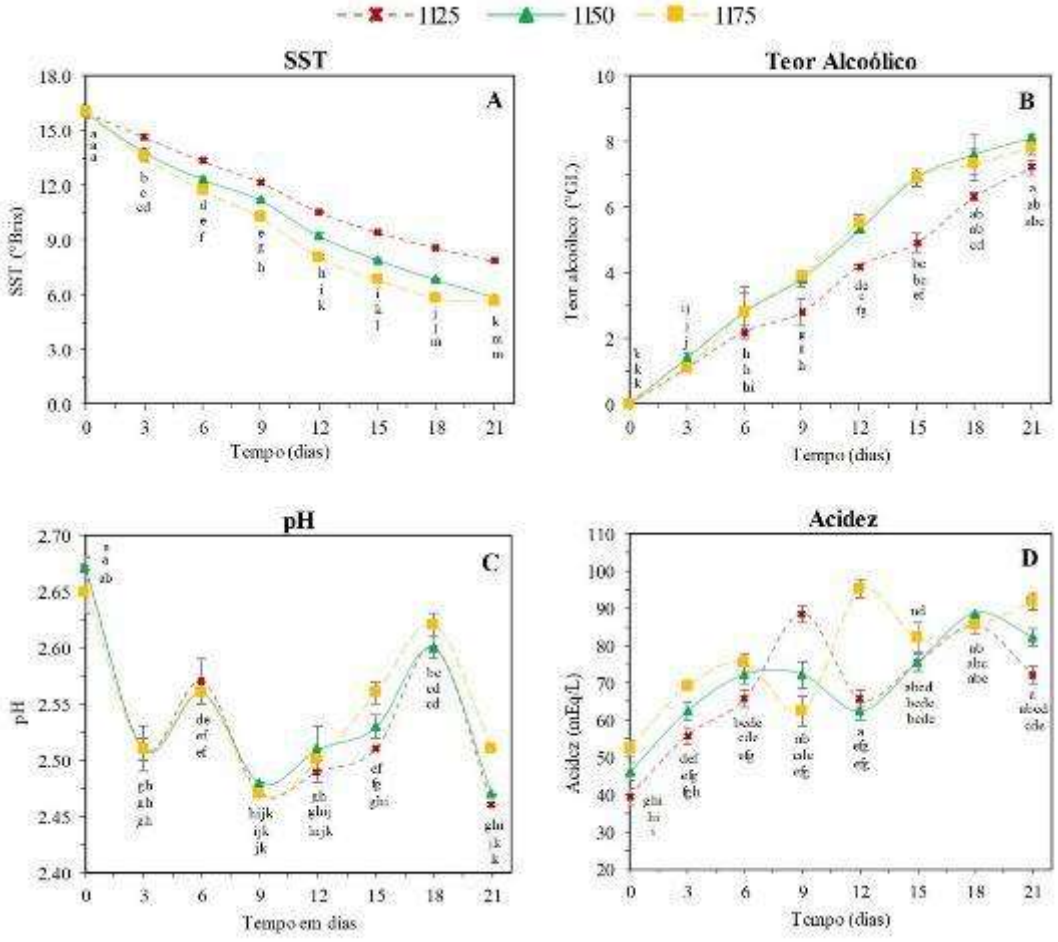
A maior capacidade adaptativa observada no inóculo intermediário pode ser atribuída a um equilíbrio mais eficiente entre a densidade celular e a disponibilidade de nutrientes. Concentrações muito baixas de inóculo (como H25) tendem a limitar a síntese de enzimas essenciais à multiplicação celular, resultando em uma adaptação mais lenta ao meio. Por outro lado, concentrações elevadas (como H75) podem levar ao consumo rápido dos nutrientes disponíveis, promovendo competição precoce e induzindo estresse metabólico (25, 24). Assim, a condição

intermediária parece favorecer um ambiente mais estável para o desenvolvimento celular e para o desempenho fermentativo.

**Cinética de fermentação**

As transformações físico-químicas ocorridas ao longo do processo fermentativo estão representadas na Figura 2. A fermentação teve duração total de 21 dias (504 horas), durante os quais foram observadas variações significativas nos parâmetros de sólidos solúveis totais (Figura 2A), teor alcoólico (Figura 2B), pH (Figura 2C) e acidez total titulável (Figura 2D) entre os diferentes tratamentos. Esses resultados indicam que a qualidade físico-química do hidromel é influenciada diretamente pela concentração de inóculo utilizada.

Figura 2 – Variação dos parâmetros de SST (A), teor alcoólico (B), pH (C) e acidez (D) em função do tempo das formulações de hidromel H25, H50 e H75.




Notas: Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre as variáveis ($p<0,05$) pelo teste de Tukey de múltiplos fatores. H25 = hidromel inoculado com 0,25 g/L; H50 = hidromel inoculado com 0,50 g/L; H75 = hidromel inoculado com 0,75 g/L.

Fonte: Autores, 2025.

O teor inicial de sólidos solúveis totais (SST) nos mostos foi de 16 °Brix, valor que representa, majoritariamente, a quantidade de substratos solúveis disponíveis para a fermentação. Ao longo de todo o processo fermentativo, observaram-se diferenças estatísticas na redução dos SST entre os tratamentos analisados. De modo geral, a diminuição dos níveis de SST foi proporcional à densidade celular inicial, com maior redução observada no tratamento H75 e menor no H25, enquanto a amostra H50 apresentou um consumo intermediário de açúcares solúveis. No entanto, no 21º dia de fermentação, os teores de SST das formulações H50 e H75 tornaram-se semelhantes, indicando uma possível estabilização do processo fermentativo nesses dois tratamentos.

Ao final da fermentação, o teor de SST residual foi de 7,8 °Brix em H25, enquanto os tratamentos H50 e H75 apresentaram valores médios de 5,7 °Brix, sem diferença significativa entre ambas. Esses dados sugerem que as concentrações de 0,5 g/L e 0,75 g/L de inóculo foram igualmente eficazes na redução dos sólidos solúveis totais ao término da fermentação. Resultados semelhantes foram observados por Da Silva Santos et al. (26), que relataram valores finais de 8,6 °Brix em sua caracterização físico-química do hidromel. A tendência de decréscimo nos valores de SST ao longo da fermentação é esperada, pois reflete o metabolismo fermentativo da levedura, no qual os açúcares (medida indireta) e demais sólidos solúveis são convertidos principalmente em etanol e dióxido de carbono (2).

O teor alcoólico aumentou progressivamente ao longo dos 21 dias de fermentação, atingindo uma média final de 7,7 °GL (v/v), sem diferença estatística significativa entre os tratamentos. Esse resultado indica que, embora o tratamento H25 tenha apresentado maiores níveis residuais de sólidos solúveis totais, foi igualmente eficiente na produção de etanol quando comparado às formulações H50 e H75. Além disso, não foram observadas diferenças no teor alcoólico entre os tratamentos H50 e H75 durante todo o processo fermentativo, sugerindo que concentrações de inóculo superiores a 0,50 g/L não promovem ganhos adicionais na síntese de etanol. Isso aponta para uma ineficiência produtiva associada ao uso excessivo de biomassa, resultando em custos operacionais desnecessários.

O teor alcoólico final observado neste estudo foi inferior aos valores reportados por De Almeida (27), que identificaram 11,06 °GL (v/v) e 11,01 °GL (v/v) em hidroméis elaborados com *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces boulardii*, respectivamente. Essa diferença pode estar relacionada à maior concentração inicial de sólidos solúveis totais (20 °Brix) utilizada por esses autores, que proporcionou maior disponibilidade de substrato para a síntese de etanol.

As variações no pH ao longo do processo fermentativo (Figura 2C) revelaram uma queda acentuada nos primeiros três dias. Esse comportamento é esperado, uma vez que, no início da fermentação, há um aumento na produção de ácidos orgânicos (Figura 2D), os quais contribuem para a acidificação do meio. Entre o 9º e o 18º dia, observou-se uma tendência de elevação dos valores de pH, atingindo uma média de 2,61, sem diferença estatisticamente significativa entre os

tratamentos ($p<0,05$). O aumento gradual do pH nessa fase pode ser atribuído a mecanismos regulatórios do metabolismo das leveduras, como o consumo de prótons, a liberação de dióxido de carbono ($CO_2$) durante a descarboxilação do piruvato e a remoção de grupos ácidos do sistema celular (28). Ao final do processo fermentativo, as formulações H25 e H50 apresentaram valores médios de pH inferiores (2,47; $p<0,05$), enquanto a formulação H75 exibiu pH ligeiramente superior (2,51).

De forma geral, os baixos valores de pH observados são desejáveis, pois contribuem para a inibição do crescimento de microrganismos indesejáveis, favorecendo a estabilidade microbiológica, a conservação e o aumento da vida útil dos hidroméis. Além disso, os valores obtidos neste estudo foram inferiores aos relatados por Amorim et al. (29), que, ao caracterizar hidroméis elaborados com cupuaçu, encontraram pH variando entre 3,81 e 3,85. Essa diferença pode estar associada ao menor potencial hidrogeniônico das matérias-primas utilizadas neste experimento, refletindo um perfil de acidez mais pronunciado.

A acidez total titulável apresentou aumento até o 6º dia de fermentação, seguido por variações entre os tratamentos ao longo do restante do processo. Ao término da fermentação, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre o tratamento H50 e as demais formulações, conforme indicado pelo teste de Tukey. Os valores finais de acidez foram de 72,23 mEq/L para H25, 82,08 mEq/L para H50 e 91,93 mEq/L para H75, todos dentro da faixa considerada adequada para o produto (51–94 mEq/L), conforme descrito por Dantas (30).

Observa-se que a menor concentração de inóculo (0,25 g/L) resultou na menor produção de ácidos orgânicos ao final da fermentação, enquanto a maior concentração (0,75 g/L) promoveu maior acúmulo desses compostos. Esse comportamento reforça a relação direta entre a densidade celular e a intensidade das atividades metabólicas que levam à produção de ácidos. Assim, formulações com maior carga celular ativa tendem a apresentar maior conversão de açúcares em ácidos, elevando a acidez total da bebida.

O aumento da acidez durante a fermentação está associado principalmente à formação de ácidos cítrico, málico e succínico, sintetizados pelas leveduras através do ciclo do ácido tricarboxílico (TCA). Nessa via metabólica, diversos compostos tamponantes são utilizados como precursores na produção desses ácidos. Além disso, o ácido acético também pode se acumular como subproduto da regulação redox do meio, especialmente em condições de alta concentração de açúcares residuais. Nesse contexto, o excesso de glicose leva ao acúmulo de acetaldeído, que é subsequentemente convertido em ácido acético como mecanismo de ajuste do balanço de cofatores redox (31, 32).

**Consumo de açúcares**

Os teores de açúcares redutores (AR) e açúcares totais (AT) no início e ao final da fermentação estão apresentados na Tabela 2. Observa-se que os açúcares foram intensamente consumidos ao longo do processo fermentativo, sendo a principal fonte de carbono para o metabolismo das leveduras. As reduções nos teores de AR e AT foram, respectivamente: 65% e 58% em H25, 89% e 80% em H50, e 85% e 77% em H75. Esse padrão evidencia a elevada atividade fermentativa, especialmente no tratamento H50, indicando que concentrações intermediárias de células favorecem o consumo de açúcares pelas leveduras.

Tabela 2 – Teor de açúcares redutores e açúcares totais no início (dia 0) e final da fermentação (dia 21) das formulações H25, H50 e H75.

| Parâmetros | Tempo de fermentação | Formulações | | |
|---|---|---|---|---|
| | | H25 | H50 | H75 |
| AR (g/L) | 0 (dia) | 122,23 ± 2,81 b | 132,50 ± 0,69 a | 121,17 ± 1,78 b |
| | 21 (dia) | 42,51 ± 2,45 a | 14,25 ± 0,04 c | 18,32 ± 1,19 b |
| AT (g/L) | 0 (dia) | 130,11 ± 7,31 b | 152,10 ± 1,52 a | 136,46 ± 2,19 b |
| | 21 (dia) | 54,18 ± 1,44 a | 30,80 ± 0,88 b | 31,43 ± 0,22 b |

Letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ($p<0,05$) entre si pelo teste de Tukey. H25 = hidromel inoculado com 0,25 g/L; H50 = hidromel inoculado com 0,50 g/L; H75 = hidromel inoculado com 0,75 g/L; AR = açúcares redutores; AT = açúcares totais.

Fonte: Autores, 2025

As leveduras demonstraram preferência pelo consumo de AR, como glicose e frutose, que são prontamente assimiláveis. Em contrapartida, a sacarose, principal açúcar não redutor presente no mosto de mel, requer hidrólise enzimática para sua metabolização, apresentando absorção mais lenta (33). Além disso, é bem estabelecido que *Saccharomyces cerevisiae* metaboliza preferencialmente a glicose, seguida da frutose (8).

Ao final dos 21 dias de fermentação, os teores de AT nas formulações H50 e H75 não apresentaram diferenças significativas, comprovando que concentrações de inóculo superiores a 0,50 g/L não promovem ganhos adicionais na conversão de açúcares. A presença de açúcares residuais nas formulações pode estar relacionada à baixa fermentabilidade de certos carboidratos, como a maltose, que requer mecanismo de absorção celular pelas leveduras, visto que a enzima maltase é de origem endógena. Isso dificulta sua metabolização, justificando sua persistência no meio ao final da fermentação (8).

Resultados semelhantes aos deste estudo foram relatados por Vitorino-Junior et al. (8), que encontraram 25,91 g/L de AR em hidromel tradicional após 30 dias de fermentação de um mosto

contendo 141,6 g/L de AT. No presente estudo, a maior concentração de açúcares não redutores ao final da fermentação foi observada em H50 (16,58 g/L), sugerindo maior teor de sacarose residual. Por outro lado, a menor concentração em H25 (11,67 g/L) pode indicar maior hidrólise de sacarose e maltose, possivelmente favorecida pela menor competição por substrato, permitindo maior alocação de energia celular para reações de degradação enzimática (10).

**Parâmetros cinéticos de fermentação**

Os parâmetros cinéticos estão apresentados na Tabela 3 e compreendem indicadores cruciais para o entendimento do processo de fermentação. Dentre os tratamentos avaliados, H25 apresentou a maior taxa de crescimento microbiano, com $\mu = 0{,}006\ h^{-1}$, o que resultou no menor tempo de duplicação celular (td = 119 h) e na maior taxa de consumo de substrato ($qs = 0{,}6\ h^{-1}$). Contrariamente, a formulação H75 apresentou a menor taxa de crescimento específica ($\mu = 0{,}004\ h^{-1}$), associada a um tempo de duplicação mais prolongado e a uma menor taxa de consumo de substrato.

Tabela 3 – Parâmetros cinéticos das formulações de hidromel H25, H50 e H75 inoculados com diferentes concentrações de levedura.

| **Parâmetros cinéticos** | **Formulações** | | |
|---|---|---|---|
| | **H25** | **H50** | **H75** |
| Produtividade (g/L.h) | 0,11 ± 0,00 b | 0,13 ± 0,00 a | 0,12 ± 0,00 a |
| $Y_{p/s}$ (g etanol/g substrato) | 0,75 ± 0,03 a | 0,53 ± 0,01 c | 0,59 ± 0,01 b |
| $Y_{p/x}$ (g etanol/g células) | 77,62 ± 3,08 a | 50,54 ± 1,08 b | 37,74 ± 1,37 c |
| $\mu$ ($h^{-1}$) | 0,006 a | 0,005 b | 0,004 c |
| td (h) | 119,28 ± 1,86 c | 138,11 ± 2,18 b | 158,97 ± 2,89 a |
| qs ($h^{-1}$) | 0,60 ± 0,01 a | 0,48 ± 0,00 b | 0,28 ± 0,00 c |

Letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ($p<0{,}05$) entre si pelo teste de Tukey. H25 = hidromel inoculado com 0,25 g/L; H50 = hidromel inoculado com 0,50 g/L; H75 = hidromel inoculado com 0,75 g/L; Y = coeficientes de rendimento; $\mu$ = taxa de crescimento microbiano; td = tempo de duplicação celular; qs = taxa de consumo de substrato.

Fonte: Autores, 2025

A taxa de crescimento celular e o consumo de substrato apresentaram comportamento inversamente proporcional à concentração de biomassa inoculada nas diferentes formulações. Nesse contexto, o uso de 0,25 g/L de levedura (H25) favoreceu uma conversão mais eficiente de açúcares em etanol, utilizando uma menor quantidade de células para alcançar rendimentos proporcionais aos obtidos nos tratamentos H50 e H75. Esse resultado indica que o hidromel fermentado com menor

densidade celular apresenta maior eficiência metabólica na síntese de etanol. No entanto, apesar dessa maior eficiência relativa, o volume total de etanol produzido e a quantidade de açúcares consumidos foram inferiores aos das formulações com maior concentração de inóculo. Isso se deve ao número reduzido de células no meio, limitado pela inoculação inicial. Como consequência, a cinética fermentativa do tratamento H25 resulta em maior teor residual de açúcares, o que pode conferir ao hidromel um perfil sensorial mais doce e com menor teor alcoólico em comparação aos demais tratamentos.

O rendimento em produto por substrato (Yp/s) e por biomassa (Yp/x) também foi superior no tratamento H25, indicando que uma menor densidade celular promoveu menor competição por substrato e maior eficiência na conversão de açúcares em etanol, mesmo com uma quantidade reduzida de leveduras. Por outro lado, a produtividade volumétrica foi mais elevada nos tratamentos H50 e H75 (média de 0,125 g/Lh; $p<0,05$), em comparação com a formulação H25 (0,11 g/Lh). Esses resultados indicam que uma concentração mínima de 0,50 g/L de biomassa é suficiente para maximizar a produção de etanol por litro de fermentado em menor tempo. Resultados semelhantes foram observados por Brito (34), que obteve produtividades entre 0,07 e 0,17 g/Lh na produção de hidromel tradicional, utilizando 1,5 g/L de levedura em diferentes estratégias fermentativas (batelada simples e alimentada).

A compreensão dos parâmetros cinéticos é fundamental para otimizar a condução da fermentação alcoólica, permitindo o desenvolvimento de modelos preditivos capazes de simular o comportamento do processo em diferentes condições operacionais (25). Os dados do presente estudo indicam que o aumento da concentração de leveduras na fermentação de hidromel adicionados de hibisco e lúpulo promoveu maior produtividade de etanol (g/Lh), refletindo em uma fermentação mais rápida. No entanto, a formulação H25, com menor densidade celular inicial, demonstrou maior eficiência na conversão de açúcares em etanol e melhor desempenho em termos de crescimento microbiano. Esses achados sugerem que concentrações elevadas de inóculo podem induzir estresse osmótico, reduzindo a capacidade fermentativa das células (9, 35).

Além disso, o uso de concentrações mais elevadas de células na fermentação de bebidas fermentadas também compreendem vantagens adicionais, como sua contribuição para inibir contaminantes indesejáveis, como bactérias. Isso ocorre em virtude da maior competição por nutrientes, o que, por vezes, está associado a fermentações mais robustas. Entretanto, essa condição também pode resultar em desvios metabólicos, com aumento da acidez e menor produção de etanol (Figura 2), uma vez que o excesso de biomassa favorece a canalização da fonte de carbono para a síntese de ácidos orgânicos (32). Portanto, o entendimento desses fatores é essencial para otimizar a produção de hidromel, seja por meio da elevação da produtividade, seja pela adoção de estratégias que favoreçam maior rendimento com menor custo fermentativo.

## CONCLUSÕES

Este estudo evidenciou que a modulação da concentração de inóculo (0,25; 0,50; 0,75 g/L) exerce papel estratégico na dinâmica fermentativa e na qualidade final de hidroméis tipo *Metheglin* elaborados com hibisco e lúpulo. O teor alcoólico final e a vitalidade celular não sofreram influência da concentração de biomassa empregada. Menor densidade de biomassa produziu hidromel com menor nível de acidez, maior teor de açúcares e sólidos solúveis totais e favoreceu uma conversão mais eficiente do substrato em etanol. Por outro lado, concentrações mais elevadas de biomassa promoveu maior produtividade de etanol, refletindo em uma fermentação mais rápida. Os resultados indicam que concentrações acima de 0,5 g/L de levedura não exibem benefícios adicionais nas transformações físico-químicas e no crescimento de células. Assim, esses achados contribuem para o avanço produtivo e oferecem subsídios tecnológicos para otimizar custo, tempo e padronização na produção de hidroméis elaborados com hibisco e lúpulo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e ao Laboratório Análises e Pesquisas de Bebidas Alcoólicas (LBA) pelo suporte técnico e infraestrutura disponibilizados. Estendemos nossa gratidão aos coautores e ao corpo docente pelas contribuições científicas e orientações que possibilitaram a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

1 NAKADA, Jéssica Pestrini; CACIATORI, Lidia Urbano; PANDOLFI, Marcos Alberto Cláudio. Viabilidade da implantação de uma indústria produtora de hidromel. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 431-443, 2020.

2 GOMES, Luis Felipe et al. Pitaya melomel: preparation, fermentation kinetics and physical-chemical and volatile characterization. **Food Bioscience**, p. 106703, 2025.

3 STAROWICZ, Małgorzata; GRANVOGL, Michael. Trends in food science & technology an overview of mead production and the physicochemical, toxicological, and sensory characteristics of mead with a special emphasis on flavor. **Trends in food science & Technology**, v. 106, p. 402-416, 2020.

4 BASILIO, Natieli Silva; VIEIRA, Vanessa Amaro. Produção de hidromel: aspectos de qualidade e perspectivas de mercado. **Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 01, p. e17103-e17103, 2025.

5 DUQUE-SOTO, Carmen et al. Bioactive potential of aqueous phenolic extracts of spices for their use in the food industry - a systematic review. Foods, v. 12, n. 16, p. 3031, 2023.

Traditional and present use, and future potential. **Economic botany**, v. 75, n. 3, p. 302-322, 2021.

6 KORPELAINEN, Helena; PIETILÄINEN, Maria. Hop (*Humulus lupulus* L.): Traditional and present use, and future potential. **Economic botany**, v. 75, n. 3, p. 302-322, 2021.

7 ZHANG, Guoqing et al. Hop bitter acids: Resources, biosynthesis, and applications. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 105, n. 11, p. 4343-4356, 2021.

8 VITORINO-JUNIOR, Jeferson S. et al. Sugar consumption profiles in mead production using accessible control analysis. **Kuwait Journal of Science**, v. 51, n. 2, p. 100204, 2024.

9 MAIA, Luanna et al. Unveiling the influence of autochthonous yeasts selected from spontaneous fermentation of cachaça on ethanol, ester and fermentation kinetics. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 118, n. 8, p. 104, 2025.

10 WEBSTER, Claire E. et al. Mead production and quality: A review of chemical and sensory mead quality evaluation with a focus on analytical methods. **Food Research International**, p. 115655, 2025.

11 AMORIM, Thaise Souza et al. Influence of acerola pulp concentration on mead production by Saccharomyces cerevisiae AWRI 796. **LWT**, v. 97, p. 561-569, 2018.

12 QUEIROZ, Edinara Lacerda et al. Optimization of the fermentation process for mead production: a review. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 1, p. 3103-3133, 2024.

13 PEREIRA, Ana Paula et al. High-cell-density fermentation of Saccharomyces cerevisiae for the optimisation of mead production. **Food Microbiology**, v. 33, n. 1, p. 114-123, 2013.

14 STELLA, Thainá Rodrigues et al. Hibiscus (Hibiscus Sabdariffa L.) extracts freeze-dried and encapsulated by ionic gelation: an approach for yogurt application. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 17, n. 3, p. 2630-2638, 2023.

15 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade das bebidas fermentadas: fermentado de fruta; fermentado de fruta licorosa; fermentado de fruta composto; sidra; hidromel; fermentado de cana; saquê ou sake. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 nov. 2012. Seção 1, p. 3.

16 BUNPHAN, Darika et al. Estimation methods and parameter assessment for ethanol yields from total soluble solids of sweet sorghum. **Industrial Crops and Products**, v. 63, p. 349-356, 2015.

17 SAVIĆ, Aleksandar et al. Influence of blackberry juice addition on mead fermentation and quality. **Foods and Raw materials**, v. 9, n. 1, p. 146-152, 2021.

18 HRABIA, Olga et al. Effect of dry hopping on the oxidative stability of beer. **Food Chemistry**, v. 394, p. 133480, 2022.

19 PIERCE, J. S.; ANALYSIS COMMITTEE. Institute of Brewing: Analysis committee measurement of yeast viability. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 76, n. 5, p. 442-443, 1970.

20 DA-SILVA, José Renato et al. Mandacaru fruit pulp (*Cereus jamacaru* DC) as an adjunct and its influence on Beer properties. **Food Chemistry**, v. 406, p. 135066, 2023.

21 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 19th ed. Washington, DC: AOAC International, 2005.

22 MILLER, Gail Lorenz. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

23 TESNIÈRE, Catherine et al. Impact of nutrient imbalance on wine alcoholic fermentations: nitrogen excess enhances yeast cell death in lipid-limited must. **PLoS One**, v. 8, n. 4, p. e61645, 2013.

24 GARCÍA, Gustavo et al. Kinetic modeling of Mead production. **Journal of the american Society of Brewing chemiStS**, v. 82, n. 2, p. 170-178, 2024.

25 JOSE-SALAZAR, Jorge Alberto et al. Kinetic Evaluation of the Production of Mead from a Non-Saccharomyces Strain. **Foods**, v. 13, n. 12, p. 1948, 2024.

26 DA SILVA SANTOS, Edilaine Alves et al. Desenvolvimento e caracterização físico-química do hidromel. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 57775-57787, 2021.

27 DE ALMEIDA, Jaqueline Milagres et al. Fermentation monitoring in mead production with the use of *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces boulardii*. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 22-28, 2021.

28 CYERT, Martha S.; PHILPOTT, Caroline C. Regulation of cation balance in Saccharomyces cerevisiae. **Genetics**, v. 193, n. 3, p. 677-713, 2013.

29 AMORIM, Leonardo Moraes et al. Elaboração de hidromel de cupuaçu e caracterização físico-química. **Revista Foco**, v. 18, n. 6, p. e9063-e9063, 2025.

30 DANTAS, T. M. O. **Avaliação cinética da fermentação alcoólica de mel industrial como substrato para produção de hidromel.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia de Alimentos. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, 2016.

31 CORREIA-LIMA, Lys et al. Applying beet peels as a brewing adjunct and its impact on flavour formation. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 35, p. 100846, 2024.

32 RIBEIRO-FILHO, Normando et al. Influence of essential inorganic elements on flavour formation during yeast fermentation. **Food Chemistry**, v. 361, p. 130025, 2021.

33 BASSO, Thiago O. et al. Engineering topology and kinetics of sucrose metabolism in Saccharomyces cerevisiae for improved ethanol yield. **Metabolic engineering**, v. 13, n. 6, p. 694-703, 2011.

34 BRITO, A. F. D. S. **Análise cinética e estudos dos parâmetros fermentativos para a produção de hidromel.** Trabalho de conclusão de curso. Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos. Universidade Federal de Campina Grande, 2015.

35 PINU, Farhana R. et al. The effect of yeast inoculation methods on the metabolite composition of Sauvignon Blanc wines. **Fermentation**, v. 9, n. 8, p. 759, 2023.

# COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS DE SABORIZAÇÃO COM ACEROLA (Malpighia emarginata DC.) NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E BIOATIVIDADE DE KOMBUCHAS DURANTE O ARMAZENAMENTO REFRIGERADO

# COMPARISON OF FLAVORING METHODS WITH ACEROLA (*Malpighia emarginata* DC.) ON THE PHYSICAL-CHEMICAL QUALITY AND BIOACTIVITY OF KOMBUCHA DURING REFRIGERATED STORAGE

**DOI: 10.65747/conali2025v1c11**

**Laiza de Andrade Santos[1]; Amanda Rodrigues de Sousa Ehlert[2]; Rayane Lycia Ferreira Duvale[3]; Camila Cristina da Silva Lopes[4]; Maria Conceição Ramos da Soledade Bezerra Silva[5]; Marcelo Barbosa Muniz[6]**

[1]Discente do Curso de Engenharia Química - CT – UFPB; [2]Graduada do curso de Biotecnologia – CBIOTEC – UFPB; [34]Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos - CT - UFPB; [5]Doutora em Ciência e Engenharia de Materias, UFSCar; [6]Docente do Departamento de Engenharia de Alimentos - CT - UFPB;

Contato: laiza.andrade@academico.ufpb.br

**Resumo:** A kombucha é uma bebida fermentada com reconhecido potencial funcional. A adição de frutas na saborização, como a acerola, pode intensificar suas propriedades antioxidantes e aprimorar o perfil sensorial. No entanto, a eficiência dessa incorporação depende da técnica utilizada, uma vez que diferentes métodos influenciam a liberação e retenção de compostos bioativos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto de diferentes técnicas de saborização da kombucha de chá branco com acerola sobre características físico-químicas e bioativas durante o armazenamento refrigerado. A kombucha tradicional foi produzida com chá branco adoçado e fermentado por 10 dias, sendo posteriormente saborizada com acerola por três técnicas: infusão da fruta macerada (AIN), suco prensado a frio (APR) e polpa comercial (APO). As amostras foram analisadas nos dias 0, 7 e 14 de armazenamento refrigerado pós saborização quanto a pH, acidez, açúcares, compostos fenólicos, atividade antioxidante (DPPH, ABTS, FRAP) e cor instrumental. APR promoveu maior acidez e atividade antioxidante inicial, enquanto AIN apresentou maior liberação de fenólicos e desempenho superior ao final da fermentação. APO apresentou menores valores bioativos, associados ao processamento industrial. A análise de cor indicou maior intensidade e saturação na AIN, atribuída à extração eficiente de antocianinas e flavonoides. Conclui-se que os métodos de saborização influenciaram a liberação de compostos bioativos e a atividade antioxidante, com AIN preservando melhor compostos fenólicos e APR favorecendo a extração de açúcares e ácidos. A adição de acerola macerada foi mais eficiente para incorporar maior potencial antioxidante, resultando em kombuchas com desempenho funcional potencializado.

**Palavras-chave:** atividade antioxidante; bebida fermentada; compostos fenólicos; fruta tropical.

**Abstract:** Kombucha is a fermented beverage with recognized functional potential. The addition of fruits in flavoring, such as acerola, can enhance its antioxidant properties and improve its sensory

profile. However, the efficiency of this incorporation depends on the technique used, as different methods influence the release and retention of bioactive compounds. In this context, the aim of this study was to evaluate the impact of different flavoring techniques of white tea kombucha with acerola on physicochemical and bioactive characteristics during refrigerated storage. Traditional kombucha was prepared with sweetened white tea and fermented for 10 days, and then flavored with acerola using three techniques: infusion of macerated fruit (AIN), cold-pressed juice (APR), and commercial pulp (APO). Samples were analyzed on days 0, 7, and 14 of refrigerated storage after flavoring for pH, acidity, sugars, phenolic compounds, antioxidant activity (DPPH, ABTS, FRAP), and instrumental color. APR promoted higher initial acidity and antioxidant activity, while AIN showed greater release of phenolics and superior performance at the end of fermentation. APO exhibited the lowest bioactive values, associated with industrial processing. Color analysis indicated higher intensity and saturation in AIN, attributed to efficient extraction of anthocyanins and flavonoids. It is concluded that the flavoring methods influenced the release of bioactive compounds and antioxidant activity, with AIN better preserving phenolic compounds and APR favoring the extraction of sugars and acids. The addition of macerated acerola was the most efficient technique for enhancing antioxidant potential, resulting in kombuchas with improved functional performance.

**Keywords:** antioxidant activity; fermented beverage; fruta tropical; phenolic compounds; tropical fruit

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o interesse por alimentos com propriedades funcionais tem crescido significativamente, impulsionado por uma mudança no comportamento dos consumidores, que passam a valorizar produtos capazes de promover a saúde e prevenir doenças (1). Nesse cenário, destaca-se a kombucha, uma bebida antiga originária da China, produzida a partir da fermentação aeróbia do chá da *Camellia sinensis* com associação de uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras chamada *SCOBY (symbiotic culture of bacteria and yeast)* (2). Nos últimos anos, a kombucha tem se destacado nas esferas científica e industrial devido ao seu potencial funcional, especialmente pelas suas propriedades desintoxicantes, antioxidantes e anti-inflamatórios amplamente documentados (3).

Na indústria, o processo de saborização constitui uma etapa estratégica, voltada à incorporação de compostos capazes de conferir sabor, cor, aroma e propriedades bioativas à bebida, além de potencializar sua atratividade sensorial junto aos consumidores. No entanto, a definição do método de saborização mais adequado permanece um desafio, considerando que diferentes técnicas podem impactar significativamente as características físico-químicas, sensoriais e funcionais do produto final (4).

O conhecimento sobre os efeitos das diferentes técnicas de saborização é essencial para a indústria e para produtores de bebidas fermentadas, pois permite a escolha estratégica do método que melhor favorece a extração e preservação de compostos bioativos, como fenólicos e antioxidantes. Essa tomada de decisão pode resultar não apenas em produtos com maior perfil bioativo, mas também em menor custo de produção, maior estabilidade e maior apelo mercadológico. Técnicas mais eficientes podem ser exploradas como diferencial competitivo em

estratégias de marketing voltadas ao consumidor que busca alimentos saudáveis, contribuindo para a inovação e expansão no mercado de bebidas funcionais (1, 10, 11, 12).

Diversas técnicas de saborização têm sido empregadas na inserção de frutas em bebidas fermentadas, com o objetivo de agregar valor sensorial e funcional. Entre elas, destacam-se a maceração (5), a infusão (6, 7) e a prensagem (8). Embora amplamente utilizadas, ainda são escassos os estudos que avaliem os efeitos específicos dessas práticas na liberação de compostos bioativos da acerola (*Malpighia emarginata*), fruto nativo da América tropical e amplamente cultivado no Brasil. A acerola destaca-se por sua expressiva atividade antioxidante, atribuída principalmente à presença de compostos fenólicos como ácido gálico, ácido ferúlico, ácido clorogênico e flavonoides totais, cuja concentração pode variar conforme a variedade, o grau de maturação e o método de processamento da fruta (9).

Nesse contexto, a adição de acerola na saborização de kombuchas elaboradas com chá branco pode representar uma estratégia relevante para o desenvolvimento de bebidas funcionais com maior aporte de compostos bioativos. Embora o chá branco apresente perfil fenólico característico, sua capacidade antioxidante geralmente é inferior à observada em kombuchas produzidas a partir de chá verde ou chá preto (13,14). Por outro lado, seu caráter sensorial mais suave, marcado por notas doces, florais e frutadas, aliado à menor intensidade de amargor e adstringência, favorece a aceitação por consumidores menos habituados a bebidas fermentadas (15). Dessa maneira, a incorporação de acerola, reconhecida por seu elevado teor de compostos antioxidantes, surge como uma alternativa para intensificar a atividade antioxidante dessas formulações, ao mesmo tempo em que preserva ou amplia sua atratividade sensorial.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes técnicas de saborização com acerola em kombuchas de chá branco, considerando sua influência sobre a atividade antioxidante, o teor de compostos fenólicos totais e os parâmetros de cor durante o armazenamento refrigerado.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Matérias-primas

O chá branco utilizado na elaboração das kombuchas foi adquirido em loja de produtos naturais na cidade de João Pessoa (PB, Brasil), da marca QLY Ervas (São Paulo, Brasil). A cultura *starter* foi obtida por doação de uma produtora artesanal em João Pessoa. As acerolas foram adquiridas em feira livre local, enquanto o açúcar cristal e a polpa congelada de acerola comercial (isenta de conservantes) foram obtidos em supermercados da região. As acerolas *in natura* foram higienizadas, sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm e armazenadas em sacos tipo ziplock a -18 °C, até o momento da saborização.

**Preparo do Chá**

Para o preparo do chá, 2 L de água foram aquecidos em panela de inox até atingir 80 °C. Em seguida, a fonte de calor foi desligada, e adicionaram-se 10 g de folhas de chá branco, que permaneceram em infusão por 15 minutos. Após esse período, a infusão foi filtrada com o auxílio de um tecido branco tipo voal, previamente higienizado e sanitizado, e adicionou-se sacarose a 7 % (p/v) sob agitação manual até completa dissolução.

**Fermentação do chá branco**

O chá adoçado foi transferido para um biorreator de vidro com capacidade de 3 L e mantido em repouso até atingir a temperatura ambiente (27 ± 2 °C), para posterior inoculação com 10 % (v/v) da cultura *starter* e 3 % (p/v) de placa de SCOBY (16). O biorreator foi coberto com tecido de voal para reduzir contaminações e permitir a aeração. A fermentação foi conduzida em condições aeróbicas, à temperatura ambiente (27 ± 2 °C), durante 10 dias. Após esse período, o SCOBY foi retirado manualmente e a bebida filtrada com tecido de voal. Após a filtragem, obteve-se a kombucha tradicional (KCB), utilizada como base para os tratamentos de saborização.

**Saborização da kombucha**

Na etapa de saborização da bebida, foram aplicados três tratamentos distintos, utilizando 10% (p/v) de acerola em relação ao volume de KCB. No primeiro tratamento (APO), foi adicionada à bebida a polpa de acerola comercial. No segundo (AIN), acerolas *in natura* foram maceradas manualmente e mantidas em infusão direta na bebida por 20 horas em biorreator fechado, sob temperatura controlada (5 ± 1 °C). O terceiro tratamento (APR) consistiu na adição do suco da fruta obtido por prensagem a frio com prensa hidráulica manual (30 toneladas, marca SKAY). Em todos os casos, após aplicação das técnicas de saborização, as bebidas foram homogeneizadas, filtradas, envasadas em garrafas de 100 mL e armazenadas sob temperatura controlada (5 ± 1 °C).

As amostras foram coletadas nos tempos 0, 7 e 14 dias para análise das características físico-químicas, quantificação de compostos fenólicos totais e avaliação da capacidade antioxidante. A análise instrumental de cor foi realizada no 14º dia de armazenamento sob refrigeração.

**Análises físico-químicas**

O pH das kombuchas foi medido por meio de um medidor de pH digital da Quimis (São Paulo, Brasil). A acidez total titulável das amostras foi determinada por meio de titulação com NaOH 0,1 M, com o desfecho identificado pela mudança de cor da fenolftaleína em pH 8,2. A acidez total titulável foi expressa como a porcentagem de ácido acético (17). Os teores de açúcares redutores (AR) e totais (AT) foram determinados por espectrofotometria, segundo o método do ácido

dinitrosalicílico (DNS), descrito por Miller (18), utilizando um espectrofotômetro UV-Vis (ASTRAL CIENTÍFICA, EEQ9011J.UV). Para a análise de AR, 0,5 mL da amostra diluída foi misturado com 0,5 mL do reagente DNS, aquecido em banho-maria fervente por 5 minutos, resfriado à temperatura ambiente, diluído com 4,0 mL de água destilada e, então, a absorbância foi lida a 540 nm. Para AT, 0,5 mL das amostras foram previamente hidrolisadas com 0,5 mL de HCl 2 M, aquecidas nas mesmas condições e neutralizadas com 1,5 mL de NaOH 1 M antes de seguir com o procedimento do DNS de forma identica à análise de AR. Os resultados foram expressos em gramas por litro.

**Capacidade antioxidante**

A atividade antioxidante foi determinada por meio dos testes de inibição dos radicais DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil), 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) (ABTS) e pelo método de poder redutor do íon ferroso (FRAP), com leituras de absorbância realizadas em espectrofotômetro UV-vis (ASTRAL CIENTÍFICA, EEQ9011J.UV). O ensaio com DPPH foi realizado segundo a metodologia de Rufino et al. (19), na qual 0,1 mL da amostra foi reagido com 3,9 mL da solução de DPPH, sendo a absorbância lida a 515 nm após 30 minutos em ambiente escuro. O teste com ABTS baseou-se no método descrito por Re et al. (20), no qual 30 µL da amostra foram adicionados a 3000 µL da solução de ABTS, com leitura da absorbância a 734 nm após 6 minutos.

O método FRAP, adaptado de Benzie e Strain (21), consistiu na reação de 90 µL da amostra com 270 µL de água e 2,7 mL do reagente FRAP (composto por uma solução tampão de acetato, TPTZ — 2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina — e solução aquosa de cloreto férrico, pH 3,6), incubado a 37 °C por 30 minutos, com leitura a 593 nm. Os resultados foram expressos em µmol de equivalentes de Trolox (TE)/100 mL.

**Compostos fenólicos totais**

A determinação dos fenólicos totais seguiu o protocolo descrito por Biluca et al. (22), no qual 50 µL da amostra foram adicionados a 250 µL do reagente de Folin-Ciocalteu e, em seguida, a 750 µL de solução de carbonato de sódio a 20% (m/v). Após incubação por 2 horas, a absorbância foi medida a 765 nm em espectrofotômetro UV-vis (ASTRAL CIENTÍFICA, EEQ9011J.UV). Os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico (mg GAE) por 100 mL.

**Cor instrumental**

A cor foi avaliada por meio de um colorímetro portátil Minolta® CR300. O sistema utilizado foi o CIEL*a*b*, onde foram medidas as coordenadas: L*, representando a luminosidade em uma escala de 0 (preto) a 100 (branco); a* que representa uma escala de tonalidade variando de vermelho (0 + a) a verde (0 - a) e b* que representa uma escala de amarelo (0 + b) a azul (0 - b).

**Análise estatística**

Os resultados das análises físico-químicas e dos compostos antioxidantes foram submetidos à análise de variância de dois fatores (two-way ANOVA) e, quando verificado efeito significativo ($p \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o software Statistica® (versão 12). Para a análise de cor, empregou-se a análise de variância de um fator (one-way ANOVA), também seguida do teste de Tukey. Para as comparações dos parâmetros de cor em relação à kombucha não saborizada (controle), utilizou-se ANOVA seguida do teste post hoc de Dunnett, com nível de significância de 5%. Todos os resultados foram expressos como média de três repetições ± desvio padrão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Características físico-químicas da kombucha tradicional

A caracterização físico-química da kombucha tradicional ao final de 10 dias de fermentação está apresentada na Tabela 1. Nesse período, a kombucha elaborada com chá branco apresentou pH de 3,23, valor superior ao reportado por Zheng et al. (23), que observou pH de aproximadamente 2,5 após sete dias de fermentação utilizando o mesmo tipo de chá como substrato. Ainda assim, o valor obtido encontra-se dentro da faixa estabelecida pela legislação brasileira, que determina limites entre 2,5 e 4,2 para bebidas fermentadas não alcoólicas (IN nº 41/2019) (24). A diferença observada pode ser atribuída a fatores como a variação do perfil microbiológico da cultura utilizada, como o observado por Malbaša et al. (25) que avaliou starters com diferentes composições microbiológicas, a composição química das folhas, a origem geográfica do chá, além de condições específicas do processo fermentativo, como temperatura e tempo. Por outro lado, o valor se aproxima do observado por Alves (26), que relatou pH de 3,14 no décimo dia de fermentação em condições similares.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos e compostos bioativos da kombucha tradicional

| Análises | KCB |
|---|---|
| pH | 3,23 ± 0,05 |
| Acidez (g ácido acético/100 mL) | 0,37 ± 0,01 |
| Açúcares Totais (g/L) | 56,44 ± 0,90 |
| Açúcares Redutores (g/L) | 56,44 ± 0,90 |
| FRAP (µmol/100 mL) | 997,1 ± 33,18 |
| ABTS (µmol/100 mL) | 1723,71 ± 46,22 |
| DPPH (µmol/100 mL) | 2770,82 ± 21,03 |
| Fenólicos totais (mg Ac Gál./100 mL) | 29,81 ± 0.351 |

Autores, 2025

A acidez observada na kombucha deste estudo foi superior (0,37 g/100mL) àquela reportada por Alves et al. (26), que encontrou valores entre 0,119 e 0,227 g/100 mL em kombucha elaborada com chá verde após 10 dias de fermentação. De forma semelhante, outro estudo (27) registrou acidez de 0,20 g/100 mL aos 5 dias de fermentação, também utilizando chá verde como substrato. Esses resultados corroboram a ideia de que o chá branco pode conferir maior acidez à bebida em comparação ao chá verde, possivelmente devido ao seu processamento no qual não há a inativação de enzimas oxidativas (26).

Em relação à composição de açúcares da KCB, observou-se que, ao final da fermentação, a concentração de açúcares totais atingiu 56,44 g/L. Considerando que a bebida foi inicialmente formulada com 70 g/L de sacarose, esse valor indica um consumo aproximado de 20% dos açúcares adicionados no início do processo fermentativo. Esse resultado corrobora com o de Zheng et al. (23), que relataram concentrações semelhantes após sete dias de fermentação. Essa quantidade residual de açúcar ocorre devido à reduzida velocidade de fermentação na kombucha, especialmente durante sua fase inicial, pois há uma competição dos microorganismos pelo substrato. Como a fermentação da kombucha pode se estender por várias semanas, e até por mais de 30 dias em práticas tradicionais (28), a presença de açúcares residuais após um ciclo de fermentação mais curto, como o de 7 a 14 dias, é considerada esperada.

A concentração de açúcares redutores ao final da primeira fermentação foi de 13,45 g/L, representando a fração da sacarose hidrolisada em glicose e frutose. Esses monossacarídeos são utilizados pelas leveduras na produção de etanol, e também para a produção de ácidos orgânicos pelas bactérias acéticas (26). A disponibilidade desses açúcares é essencial para o avanço da fermentação, impactando tanto a atividade microbiana quanto características sensoriais, como dulçor e acidez.

O teor de compostos fenólicos totais obtido na kombucha de chá branco foi de 29,809 ± 0,351 mg ác gál/100 mL, valor superior ao encontrado por Jakubczyk et al. (13) após 14 dias de fermentação (22,81 ± 0,5 mg ác gál/100 mL), ainda segundo a autora, o conteúdo de fenólicos totais dos chás estudados aumentou progressivamente ao longo da fermentação. De acordo com Alves et al. (26), essa concentração pode variar significativamente em função dos parâmetros iniciais da fermentação, como a quantidade de folhas de chá, a concentração de açúcar e a proporção de inóculo utilizados no preparo da bebida.

Os compostos fenólicos são antioxidantes naturais presentes em plantas, conhecidos por sua capacidade de neutralizar radicais livres. Em bebidas fermentadas como a kombucha, esses compostos podem ser potencializados pela ação microbiana ao longo do processo fermentativo. Além disso, segundo Paiva et al. (29), o chá branco tende a apresentar maior concentração de compostos fenólicos totais em comparação com variedades como o chá preto ou o oolong.

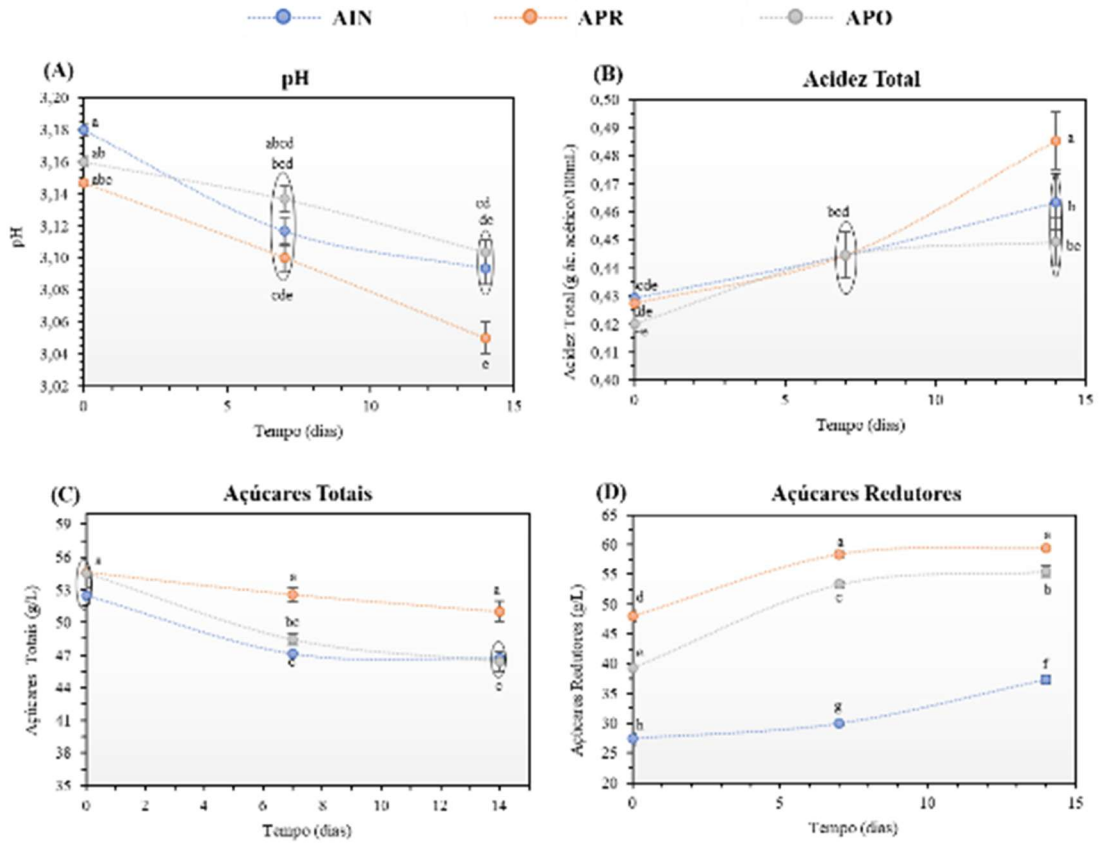
Apresenta perfil mais suave e uma composição distinta em compostos fenólicos, em razão da menor oxidação das folhas durante o processamento do chá, o que preserva melhor seus constituintes bioativos (29). No entanto, quando comparado ao chá verde, seu teor de compostos fenólicos é inferior. Isso se deve ao fato de que o chá verde é submetido a um tratamento térmico que inativa enzimas oxidativas, como a polifenol oxidase, responsáveis pela degradação dos polifenóis, favorecendo, assim, uma maior preservação de seus antioxidantes (26).

Os resultados obtidos nas análises da KCB, antes da adição dos adjuntos, evidenciam sua expressiva atividade antioxidante. A bebida apresentou valores expressivos nos ensaios de ABTS (1723,71 ± 46,22 µmol/100 mL) e DPPH (2770,82 ± 21,03 µmol/100 mL), sendo este último superior ao relatado por Silva Júnior et. al (1) para a kombucha tradicional de chá verde (2142,12 ± 42,06 µmol/100 mL). No entanto, esses valores foram inferiores aos registrados por Alves et al. (26) para kombuchas de chá verde preparadas com diferentes concentrações de chá, açúcar e inóculo. No ensaio de FRAP, o valor encontrado (997,1 ± 33,18 µmol /100 mL) foi consideravelmente menor que o intervalo observado por Alves et al. (26) , que variou entre 4661,42 ± 80,81 e 9647,14 ± 40,41 µmol/100 mL. Esses resultados sugerem que o chá verde apresenta maior capacidade de redução do íon ferroso ($Fe^{2+}$) do que o chá branco, refletindo diferenças na composição fenólica entre os dois tipos de chá.

**Transformações bioquímicas durante o armazenamento**

As modificações físico-químicas ao longo do armazenamento refrigerado dos tratamentos AIN, APR e APO estão exibidas na Figura 1. Foi observado variações quanto os aspectos de pH, acidez total e açúcares redutores e totais durante 14 dias de armazenamento. Os resultados demonstram que a forma de adição do adjunto influencia diretamente a dinâmica fermentativa, e que o monitoramento dos parâmetros físico-químicos ao longo do processo é essencial para garantir a segurança e a qualidade química da bebida final.

Figura 1 - Características físico-químicas das diferentes técnicas de saborização da kombucha durante o armazenamento refrigerado.




Letras distintas no mesmo tempo indicam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Círculos indicam que não houve diferença significativa entre as formulações. AIN: kombucha saborizada por infusão de acerola macerada; APR: kombucha saborizada com suco obtido por prensagem a frio da acerola; APO: kombucha saborizada com polpa de acerola comercial.

Fonte: Autores, 2025

A adição da acerola à kombucha tradicional resultou na redução do pH (Dia 0) em todos os tratamentos (3,14 a 3,18), sem diferenças estatísticas (Fig. 1A), em comparação com a kombucha tradicional (KCB). Durante o armazenamento refrigerado os valores continuaram caindo, chegando a 3,05 no dia 14 do tratamento com polpa prensada (APR), sendo significativamente inferior aos demais (AIN: 3,09; APO: 3,10). Essa queda é típica do processo fermentativo, reflexo da produção de ácidos orgânicos como o acético, glucônico e glucurônico, essenciais para a segurança e estabilidade microbiológica da bebida (30; 31).

Simultaneamente, a acidez total apresentou aumento imediato no dia 0 em comparação com KCB, atingindo 0,429 g/100 mL (AIN), 0,428 g/100 mL (APR) e 0,420 g/100 mL (APO), sendo este último valor estatisticamente inferior aos demais. Esse incremento inicial deve-se à presença dos ácidos naturais da acerola, que incluem compostos orgânicos responsáveis pela acidez da fruta (32). Ao fim do processo (dia 14), os valores evoluíram para 0,464; 0,485 e 0,449 g/100 mL, respectivamente, com o tratamento APR apresentando acidez total significativamente maior que o APO, enquanto o AIN permaneceu estatisticamente equivalente aos demais. Esse aumento da

acidez é associado à intensificação da atividade enzimática e microbiana, promovendo a síntese de compostos orgânicos bioativos (28).

Com base nos dados de pH e acidez total, é possível inferir que a técnica de extração utilizando polpa prensada foi mais eficiente na liberação dos ácidos da acerola para a bebida, resultando em uma maior concentração desses compostos na kombucha. Esse comportamento reforça o caráter ácido da acerola e a contribuição dos seus ácidos orgânicos para a acidificação da kombucha, influenciando diretamente as propriedades sensoriais e microbiológicas da bebida. Enquanto isso, a saborização com a polpa comercial apresentou valores ligeiramente menores, sugerindo que parte dos compostos bioativos e ácidos pode ter sido perdida durante o processamento industrial.

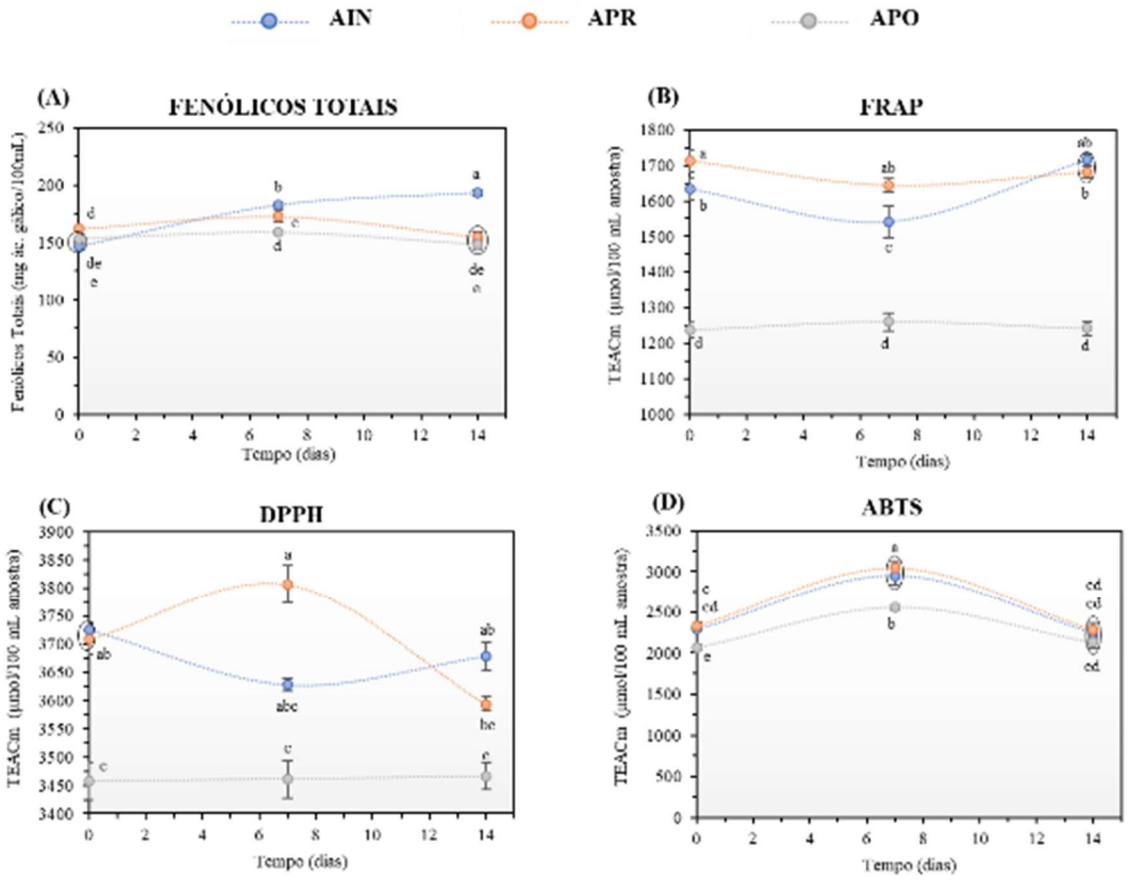
Em relação aos açúcares totais (AT), todos os tratamentos apresentaram queda após a saborização (dia 0), sendo a maior redução inicial observada no tratamento com infusão (AIN), que atingiu 52,43 g/L, valor inferior aos de APR e APO (média de 54,55 g/L; $p > 0,05$). Essa diferença inicial pode ser atribuída à liberação limitada de açúcares quando a fruta é adicionada em pedaços, já que parte deles permanece retida no material sólido posteriormente descartado, comportamento semelhante ao observado para pH e acidez. Ao longo da fermentação, observou-se tendência de queda nos AT em todos os tratamentos, com valores finais de 51,01 g/L em APR e média de 47,05 g/L em AIN e APR, sem diferença significativa entre ambas. Ainda assim, os valores observados foram superiores aos reportados por Surhe et al. (33), que encontraram concentrações finais entre 10 e 20 g/L em kombuchas saborizadas com polpa de frutas brasileiras como o butiá, araçá-vermelho e jabuticaba, partindo de níveis iniciais entre 60 e 80 g/L.

Os açúcares redutores apresentaram aumento ao longo da fermentação em todos os tratamentos, com destaque para a APR e APO, cujos valores iniciais foram de 48,03 g/L e 39,33 g/L, respectivamente, com diferença estatística entre eles durante todo o período de armazenamento. O tratamento com infusão (AIN) apresentou o menor valor inicial (27,39 g/L), o que corrobora a menor disponibilidade de compostos solúveis nessa técnica de saborização. A acerola, embora possua menor teor total de açúcares em comparação à kombucha tradicional, apresenta elevada proporção de açúcares redutores, o que favorece sua fermentabilidade (34). Ao final do período de análises, os valores aumentaram para 59,38 g/L (APR), 55,46 g/L (APO) e 37,32 g/L (AIN). Esse comportamento pode ser atribuído à hidrólise da sacarose em glicose e frutose através mecanismos enzimáticos (invertase) das células microbianas. Este processo é amplamente descrito na literatura como relatado por Surhe et al. (33), visando transformar açúcares complexos em moléculas que atuem como fonte de energia. Esses açúcares redutores são posteriormente metabolizados, resultando na produção de etanol, dióxido de carbono e, também, de ácidos orgânicos sendo o principal o acético.

**Evolução do conteúdo fenólico total e da atividade antioxidante**

A evolução dos compostos fenólicos totais ao longo do armazenamento refrigerado (Figura 2A) evidencia que as técnicas de saborização com acerola nas formulações de kombucha AIN, APR e APO exercem influência significativa neste parâmetro. No tempo inicial (dia 0), os teores de fenólicos totais foram semelhantes entre as formulações AIN e APO (média de 149,70 mg ácido gálico/100 mL), enquanto a APR apresentou valor superior (161,70 mg ácido gálico/100 mL). Durante o armazenamento, a formulação AIN destacou-se por um aumento progressivo e significativo, alcançando cerca de 193,37 mg ácido gálico/100 mL no 14º dia. Em contraste, as formulações APR e APO apresentaram declínio nos teores após o 7º dia (média de 165,70 mg ácido gálico/100 mL; $p > 0,05$). Esses resultados indicam que o método de infusão adotado na AIN favoreceu um maior percentual de compostos fenólicos bioativos ao longo do armazenamento refrigerado.

Figura 2 - Variação dos compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante da kombucha saborizada com acerola por diferentes técnicas durante o armazenamento refrigerado.




Letras distintas no mesmo tempo indicam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Círculos indicam que não houve diferença significativa entre as formulações. AIN: kombucha saborizada por infusão de acerola macerada; APR: kombucha saborizada com suco obtido por prensagem a frio da acerola; APO: kombucha saborizada com polpa de acerola comercial.

Autores, 2025

A formulação APO, elaborada com polpa comercial de acerola, passou por processamento industrial prévio visando o aumento da vida útil do produto, o que possivelmente resultou na redução dos teores de compostos fenólicos e da atividade antioxidante. Esse comportamento é compatível com o que foi descrito por Toydemir et al (34), ao afirmarem que o processamento pode afetar significativamente a estabilidade e a biodisponibilidade de compostos bioativos, como os antioxidantes, dependendo das condições e tecnologias aplicadas e das características da matéria-prima. Diante disso, a formulação AIN, preparada por infusão de acerola in natura, apresentou o melhor desempenho em termos de teor de compostos fenólicos totais ao final do período de armazenamento. Em bebidas fermentadas, os compostos fenólicos, como antocianinas, taninos e carotenoides, desempenham um papel relevante na modulação da cor, aroma e sabor, podendo conferir características sensoriais, a depender do tipo de bebida e do perfil sensorial (33).

Neste estudo, a atividade antioxidante determinada pelo método FRAP no tempo zero apresentou diferenças significativas entre os métodos de extração utilizados (Fig. 2B), sendo mais elevada na kombucha elaborada com acerola prensada (APR), com aproximadamente 1.712 µmol TEACm/100 mL, seguida pela formulação com infusão (AIN), com cerca de 1.632 µmol TEACm/100 mL. Observou-se uma redução significativa ($p < 0,05$) nos valores de FRAP, especialmente no 7º dia de armazenamento das kombuchas saborizadas. No entanto, ao final do processo fermentativo (dia 14), houve um aumento na capacidade de complexação do íon ferroso nas formulações AIN e APR (média de 1.656 µmol TEACm/100 mL), sem diferença significativa entre ambas. Dessa forma, a técnica FRAP quantifica a habilidade dos compostos antioxidantes de reduzir o íon $Fe^{3+}$ a $Fe^{2+}$, ou seja, mede a capacidade de doação de elétrons desses compostos. Estudos clássicos identificaram como principais contribuintes flavonoides (como quercetina, rutina e catequina), taninos, ácidos fenólicos (galato, cafeico, ferúlico) e resveratrol, cuja predominância varia de acordo com o tipo de chá utilizado e com as condições do processo fermentativo (35).

O comportamento fermentativo observado por Suhre et al. (33) foi semelhante ao verificado neste estudo, possivelmente em decorrência da ação dos microrganismos presentes na bebida. Os resultados de atividade antioxidante obtidos pelo método FRAP neste estudo mostram-se consistentes com os relatados para outras bebidas fermentadas, destacando-se por apresentarem, em sua maioria, valores superiores aos encontrados por Xiong et al. (35), que investigaram kombuchas produzidas com folhas de bambu e amoreira, alcançando aproximadamente 800 µmol TEAC/100 mL após 15 dias de fermentação.

No que se refere à atividade antioxidante avaliada pelo método DPPH, observou-se no dia 0 que apenas APO diferiu estatisticamente dos demais tratamentos apresentando o menor valor (3.457 µmol TEAC/100 mL) (Figura 2C). As kombuchas elaboradas com acerola por infusão (AIN) e prensagem (APR) apresentaram os maiores valores (média de 3.717 µmol TEAC/100 mL). No 7º dia do armazenamento refrigerado a formulação APR demonstrou um aumento progressivo na atividade antioxidante, atingindo 3.805 µmol TEAC/100 mL, seguido por uma redução até o 14º dia.

Esse comportamento é consistente com os dados relatados por Silva Junior et al. (1), que analisaram kombuchas saborizadas com pitanga e umbu-cajá e observaram um aumento na atividade antioxidante no 7º dia de fermentação, com valores em torno de 2.691 µmol TEAC/100 mL para o teste de DPPH.

Em contraste, o tratamento AIN obteve comportamento inverso, com redução da capacidade antioxidante pelo teste de DPPH no 7º dia (3.627 µmol TEAC/100 mL) de armazenamento, seguida de aumento no 14º dia (3.678 µmol TEAC/100 mL). Ao final do processo de saborização, não foi observado diferença significativa entre o tratamento APR e demais formulações. Esses resultados sugerem que o método de extração influencia a disponibilidade dos compostos antioxidantes inicialmente presentes, e que o armazenamento pode tanto potencializar quanto reduzir a atividade, a depender da interação entre os microrganismos suspensos e a matriz bioativa.

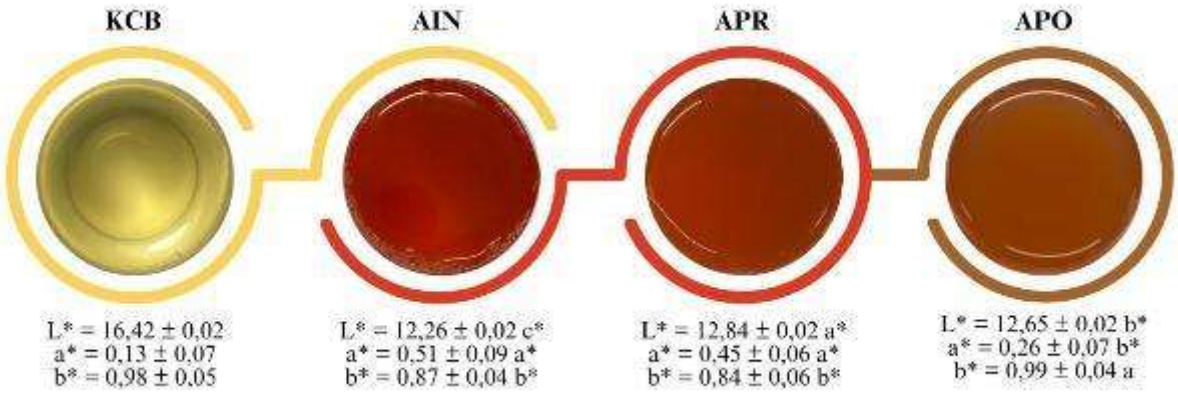
Os resultados de eliminação do radical ABTS demonstraram variabilidade entre as formulações ao longo do tempo (Figura 2D). Inicialmente (dia 0), as kombuchas AIN e APR apresentaram os maiores valores (2.308 µmol TEAC/100 mL), diferindo significativamente da APO (2.065 µmol TEAC/100 mL). No 7º dia, todas as formulações apresentaram aumento na atividade antioxidante através deste teste, com AIN e APR mantendo níveis superiores (2.996 µmol TEACm/100 mL). No 14º dia, a atividade antioxidante das três formulações mostrou tendência de redução, embora sem diferença estatística significativa entre todas as amostras (2.218 µmol TEAC/100 mL). Esse resultado indica possível degradação de compostos fenólicos mais reativos, que independente da técnica de saborização aplicada, tendem a se igualar ao longo tempo. Padrão semelhante de fermentação foi relatado por Jakubczyk et al. (36) em um estudo com bebida fermentada de beterraba (Beta vulgaris L.), no qual se observou um aumento nos valores de ABTS até o 7º dia de fermentação, seguido por leve decréscimo dos níveis antioxidantes até o final do processo. Sob essa ótica, é interessante que se consuma a bebida preferencialmente no período de 7 dias após o início da fermentação, visando usufruir das propriedades antioxidantes (13,37).

Portanto, os resultados obtidos evidenciam que o método de extração da acerola influência de forma significativa o conteúdo fenólico total e a atividade antioxidante das kombuchas ao longo do armazenamento refrigerado. A formulação AIN, destacou-se pelos maiores valores de fenólicos totais. Este tratamento, juntamente com o tratamento APR, alcançou os melhores desempenhos antioxidantes pelos testes de DPPH e FRAP. De modo geral, foi observado que a saborização potencializou a capacidade antioxidante e o teor de compostos fenólicos presentes no chá branco fermentado. Além disso, a escolha da técnica de saborização pode ser utilizada como estratégia para produzir kombuchas com maior potencial antioxidante.

**Cor Instrumental**

A cor é um atributo sensorial essencial para a qualidade dos alimentos e a aceitação pelos consumidores (38). Os resultados presentes na Figura 3 revelam que a kombucha tradicional (KCB) apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) nos parâmetros do sistema CIEL*ab** quando comparada às amostras saborizadas (AIN, APR e APO) pelo teste de Dunnett, evidenciando o impacto da adição de acerola. Além disso, entre as técnicas de saborização utilizadas, observaram-se diferenças consistentes entre AIN e APO, reforçando que o método empregado influencia diretamente a coloração final da bebida.

Figura 3 - Parâmetros de cor das kombuchas saborizadas.




Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Um asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa em relação ao controle (KCB) pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). KCB: kombucha tradicional; AIN: kombucha saborizada por infusão de acerola macerada; APR: kombucha saborizada com suco obtido por prensagem a frio da acerola; APO: kombucha saborizada com polpa de acerola comercial. Valores expressos como média ± desvio padrão (n = 3).

Autores, 2025

A amostra controle (KCB), sem adição de acerola, apresentou a coloração mais clara dentre os tratamentos, caracterizada pelo maior valor de luminosidade (L* = 16,42) e pelos baixos valores de a* (0,13) e b* (0,98). Tal resultado era esperado, uma vez que, além da ausência de pigmentos oriundos da acerola, o chá branco utilizado como substrato possui menor concentração de compostos oxidados, os quais são responsáveis por tonalidades mais escuras em variedades como chá preto e chá oolong (39).

A coloração avermelhada observada nas amostras com acerola está associada à presença de antocianinas, pigmentos conhecidos por sua sensibilidade à degradação enzimática e não enzimática durante o processamento e armazenamento (38). Entre os tratamentos saborizados, a

infusão com acerola macerada (AIN) apresentou cor mais intensa, com menor luminosidade (L* = 12,26) e maior valor de a* (0,51), sugerindo uma extração mais eficiente de antocianinas e flavonoides (39). Em contrapartida, a kombucha saborizada com suco prensado a frio (APR) apresentou maior luminosidade (L* = 12,84) e valor intermediário de a* (0,45), enquanto a formulação com polpa comercial (APO) exibiu coloração menos saturada, com menor intensidade de vermelho (a* = 0,26), possivelmente em razão da degradação de pigmentos como carotenoides e antocianinas durante o processamento industrial (34, 40).

As análises colorimétricas confirmaram diferença estatística significativa na coordenada L* entre todos os tratamentos. Para a coordenada a*, os valores de AIN e APR foram semelhantes (média de 0,48), enquanto a APO apresentou valor inferior. O parâmetro b* foi positivo em todas as formulações, indicando predominância de tonalidade amarelada, sendo mais acentuada na APO (0,99), que diferiu estatisticamente das formulações APR e AIN (média de 0,86). Esses resultados evidenciam que o método de saborização influencia de forma significativa a coloração da kombucha: a infusão de acerola macerada (AIN) favoreceu a preservação dos pigmentos naturais, resultando em coloração mais intensa, enquanto a polpa comercial (APO) apresentou menor saturação devido ao processamento industrial.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que as diferentes técnicas de saborização com acerola influenciaram de forma significativa as propriedades físico-químicas, bioativas e sensoriais da kombucha de chá branco. A adição da fruta, independentemente do método aplicado, promoveu aumento da acidez, modificação no perfil de açúcares, e incremento da atividade antioxidante e de fenólicos totais da bebida em relação à kombucha tradicional, confirmando o potencial funcional da acerola como adjunto na produção de bebidas fermentadas.

Entre os métodos avaliados, a infusão de acerola in natura (AIN) destacou-se por promover maior retenção de compostos fenólicos totais ao longo do armazenamento, além de preservar melhor os pigmentos naturais, conferindo coloração mais intensa e atrativa à bebida. Embora a prensagem a frio (APR) tenha resultado em maior liberação inicial de açúcares, ácidos e compostos antioxidantes, observou-se uma queda desses parâmetros ao longo do tempo. A formulação com polpa industrializada (APO) apresentou desempenho inferior, possivelmente em razão da degradação de compostos bioativos durante o processamento prévio da matéria-prima.

Dessa forma, o estudo oferece subsídios relevantes para a formulação de kombuchas mais nutritivas e atrativas, destacando a infusão de acerola in natura como técnica mais promissora. Os resultados também reforçam o potencial da acerola como ingrediente funcional e contribuem para

decisões técnicas tanto para a indústria quanto para a produção artesanal, incentivando o uso de frutos nativos e métodos de processamento mais eficientes.

**AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e ao Laboratório de Bebidas Alcoólicas (LBA) pelo suporte técnico e pela infraestrutura disponibilizada. Nosso reconhecimento também se estende aos autores e ao corpo docente pelas contribuições científicas e orientações que foram fundamentais para a realização deste estudo.

**REFERÊNCIAS**

1 SILVA JÚNIOR, J. C. et al. Traditional and flavored kombuchas with pitanga and umbu-cajá pulps: Chemical properties, antioxidants, and bioactive compounds. **Food Bioscience**, v. 44, p. 101380, 2021.

2 LAU, Y. L.; TANG, P. L. Exploring the effects of fermentation time and the addition of paraprobiotic strain K-1 on the physicochemical, chemical, and antioxidant properties of black and green tea kombuchas sweetened with different sugars. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 40, p. 101152, jun. 2025.

3 DELORME, M. M. et al. Harnessing arabica and canephora coffee cascara as substrates for kombucha: Comparative study of chemical, antioxidant, antibacterial and antifungal properties. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 66, p. 103570, jun. 2025.

4 PAIVA, Y. F. et al. Physicochemical aspects, bioactive compounds, phenolic profile and in vitro antioxidant activity of tropical red fruits and their blend. **Journal of Food Science**, v. 15, n. 3, p. 120-135, 2023.

5 ONYIA, M. E. et al. Effect of pressed palm oil fruit fibre on mechanical properties of sandcrete masonry blocks using Taguchi-grey relational analysis optimization technique. **Cleaner Materials**, v. 5, 100124, set. 2022.

6 DASDEMIR, Y.; FINDIK, B. T.; YILDIZ, H.; BIRISCI, E. Blueberry-added black tea: Effects of infusion temperature, drying method, fruit concentration on the iron-polyphenol complex formation, polyphenols profile, antioxidant activity, and sensory properties. **Food Chemistry**, v. 410, p. 135463, 2023.

7 LIMA, A. S. L. et al. Fermentation of passion fruit leaf tea with Kombucha inoculum: An upcycling approach for the development of functional fermented beverages. **Food Research International**, v. 218, p. 116870, out. 2025.

8 CEJUDO-BASTANTE, M. J. et al. Study of the volatile composition and sensory characteristics of new Sherry vinegar-derived products by maceration with fruits. **LWT** - Food Science and Technology, v. 50, n. 2, p. 469–479, 2013.

9 LAURINDO, L. F. et al. Health benefits of acerola (Malpighia spp.) and its by-products: A comprehensive review of nutrient-rich composition, pharmacological potential, and industrial applications. **Food Bioscience**, v. 62, p. 105422, dez. 2024.

10 GRANATO, D. et al. Functional foods and non-dairy probiotic food development: trends, concepts, and products. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 6, p. 2021–2043, 2020.

11 KAMILOGLU, S. et al. Influence of food matrix on the content, absorption and bioavailability of dietary bioactive compounds: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, n. 7, p. 934–959, 2015.

12 VERNI, M. et al. Innovative strategies to design functional cereal-based beverages enriched with bioactive compounds: Focus on bioaccessibility and bioavailability. **Trends in Food Science & Technology**, v. 132, p. 154–166, 2023.

13 JAKUBCZYK, K., et al. Perfil químico e atividade antioxidante da bebida de kombucha derivada de chá branco, verde, preto e vermelho. Antioxidants, 9 , 447, 2020.

14 SHANNON, E.; JAISWAL, A. K.; ABU-GHANNAM, N. Polyphenolic content and antioxidant capacity of white, green, black, and herbal teas: a kinetic study. **Food Research**, v. 2, n. 1, p. 1–11, 2018.

15 HUANG, J. et al. Análise sensorial do sabor do chá branco Jinggu: explorando os mecanismos de formação de aromas doces e frutados. **Química dos Alimentos: X**, v. 24, p. 102026, 2024.

16 LE et al. Coffee husk by-product as novel ingredients for cascara kombucha production. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 34, n. 3, p. 673-680, 2024.

17 **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC.** Official methods of analysis of the AOAC International. 19th ed. Washington, DC: AOAC International, 2005.

18 MILLER, Gail Lorenz. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

19 RUFINO, M. D. S. M. et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007.

20 RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9, p. 1231–1237, 1999.

21 BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70–76, 1996.

22 BILUCA, F. C. et al. Physicochemical parameters, bioactive compounds, and antibacterial potential of stingless bee honey. **Journal of Food Processing and Preservation**, Hoboken, v. 45, n. 2, p. e15127, 2021.

23 ZHENG, Y. et al. Comprehensive evaluation of quality and bioactivity of kombucha from six major tea types in China. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 36, p. 100910, 2024.

24 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa no 41, de 17 de setembro de 2019. Estabelecer o Padrão de Identidade e Qualidade da Kombucha em todo o

território nacional, na forma desta Instrução Normativa e do seu Anexo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 de setembro, 2019. Seção 1, p. 13.

25 MALBAŠA, R. V. et al. Influence of starter cultures on the antioxidant activity of kombucha beverages. **Food Research International**, v. 44, n. 4, p. 851–857, 2011.

26 ALVES, R. O. et al. Evaluation of the impact of fermentation conditions, scale up and stirring on physicochemical parameters, antioxidant capacity and volatile compounds of green tea kombucha. **Fermentation**, Basel, v. 11, p. 201, 2025.

27 LACERDA, U. V. et al. Antioxidant, antiproliferative, antibacterial, and antimalarial effects of phenolic-rich green tea kombucha. **Beverages**, Basel, v. 11, p. 7, 2025.

28 LEAL, J. M. et al. A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. **CyTA - Journal of Food**, London, v. 16, n. 1, p. 390–399, 2018.

29 PAIVA, L. et al. Comparative analysis of the polyphenols, caffeine, and antioxidant activities of green tea, white tea, and flowers from Azorean *Camellia sinensis* varieties affected by different harvested and processing conditions. **Antioxidants**, Basel, v. 10, p. 183, 2021.

30 AYED, L.; ABID, S.; HAMDI, M. Development of a beverage from red grape juice fermented with the Kombucha consortium. **Annals of Microbiology**, Cham, v. 67, p. 111–121, 2017.

31 JAYABALAN, R. et al. A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Hoboken, v. 13, n. 4, p. 538–550, 2014.

32 FERREIRA, I. C. et al. Brazilian varieties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) produced under tropical semi-arid conditions: bioactive phenolic compounds, sugars, organic acids, and antioxidant capacity. **Journal of Food Biochemistry**, v. 45, p. 13829, 2021.

33 SUHRE, T. et al. Fermentation of native Brazilian fruits with kombucha: A novel opportunity for producing low-alcohol beverages. **Food Bioscience**, v. 65, p. 106122, 2025.

34 TOYDEMIR, Gamze et al. Effect of food processing on antioxidants, their bioavailability and potential relevance to human health. **Food Chemistry: X**, v. 14, p. 100334, 2022.

35 XIONG, R. G. et al. Atividades antioxidantes, compostos fenólicos e aceitabilidade sensorial de bebidas fermentadas com kombucha de folhas de bambu e amoreira. **Antioxidant**, v. 12, n. 8, p. 1573, 2023.

36 JAKUBCZYK, K. et al. Phenolic compounds and antioxidant properties of fermented beetroot juices enriched with different additives. **Foods**, v. 13, n. 1, p. 102, dez. 2023.

37 ABACI, N. et al. Kombucha – An ancient fermented beverage with desired bioactivities: A narrowed review. **Food Chem X**, v. 14, p. 100302, 6 abr. 2022.

38 GERALDI, M. V. et al. Influence of high isostatic pressure and thermal pasteurization on chemical composition, color, antioxidant properties and sensory evaluation of jabuticaba juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 139, p. 110548, 2021.

39 MARTIHANDINI, N.; ROCHIMAT, I. Characteristics of Four Variants of Kombucha Tea as Candidate of Functional Health Drink. **Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia**, v. 10, n. 1, p. 227–237, 2024. DOI: https://doi.org/10.35311/jmpi.v10i1.519.

40 MARAFON, Karine et al. An opportunity for acerola pulp (*Malpighia emarginata* DC) valorization evaluating its performance during the block cryoconcentration by physicochemical, bioactive compounds, HPLC–ESI-MS/MS, and multi-elemental profile analysis. **Food Research International**, v. 176, p. 113793, 2024.

# DEGRADAÇÃO DA MISTURA DOS CORANTES ALIMENTÍCIOS VERMELHO BOURDEAUX E VERDE RÁPIDO POR PROCESSO FOTO-FENTON HETEROGÊNEO

# DEGRADATION OF THE FOOD COLORING MIXTURE BOURDEAUX RED AND FAST GREEN BY HETEROGENEOUS PHOTO-FENTON PROCESS

**DOI: 10.65747/conali2025v1c12**

**Maria Clara Barbosa Nascimento[1]; Marina Gomes Silva[2]; Alice Maria Zeferino dos Santos[3], Gabriel Paiva Ourem[4], Glória Maria Vinhas[5], Daniella Carla Napoleão[6]**

[1]Estudante do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, UFRPE; [2]Pesquisador do Depto de Engenharia Química, UFPE; [3]Estudante do Curso de Engenharia Química, UFPE; [4]Pesquisador do Depto de Engenharia Química, UFPE; [5]Docente do Depto de Engenharia Química, UFPE; [6]Docente do Depto de Engenharia Química, UFPE.

Contato: mariaclara.nascimento@ufrpe.br

**Resumo:** Os aditivos utilizados em alimentos industrializados como conservantes e corantes estão entre os contaminantes que têm causado problemas ambientais, visto que apresentam estruturas complexas que lhes conferem alta estabilidade físico-química, tornando-os persistentes no meio ambiente. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência da degradação da mistura de corantes vermelho bordeaux e verde rápido a partir do processo foto-Fenton heterogêneo, empregando magnetita sintetizada como catalisador e radiação do tipo UV-C. Inicialmente foi avaliada a capacidade adsortiva do catalisador, durante 60 min, obtendo-se valores irrelevantes para a remoção dos poluentes. Em seguida, avaliou-se a influência da concentração de $H_2O_2$ na degradação dos contaminantes, em que 90 $mg \cdot L^{-1}$ conduziu ao maior percentual de degradação (27, 86 e 92% para os grupamentos monitorados em 213, 529 e 624 nm). Posteriormente, foi verificada a influência da concentração do catalisador em que 0,5 $g \cdot L^{-1}$ foi o valor selecionado que promoveu maior eficiência do tratamento. Por fim, os dados obtidos do acompanhamento cinético apresentaram um ajuste satisfatório ao modelo proposto por Nichela *et al.,* (33), sugerindo uma cinética de pseudo-primeira ordem. Desse modo, fica evidente que o processo foto- Fenton heterogêneo, empregando magnetita, apresenta potencial para degradação dos corantes alimentícios em estudo.

**Palavras–chave:** Magnetita, Modelos cinéticos, POA.

**Abstract:** Additives used in processed foods, such as preservatives and colorants, are among the contaminants that have caused environmental problems. Their complex structures confer high physical and chemical stability, making them persistent in the environment. Therefore, the objective of this study was to evaluate the degradation efficiency of a mixture of Bordeaux red and Fast Green dyes using the heterogeneous photo-Fenton process, using synthesized magnetite as a catalyst and UV-C radiation. Initially, the adsorptive capacity of the catalyst was evaluated for 60 min, yielding values that were irrelevant for pollutant removal. Subsequently, the influence of $H_2O_2$ concentration on contaminant degradation was evaluated, with 90 $mg \cdot L^{-1}$ leading to the highest degradation rates (27, 86, and 92% for the groups monitored at 213, 529, and 624 nm). Subsequently, the influence of the catalyst concentration was verified, with 0.5 $g \cdot L^{-1}$ being the value selected to promote greater treatment efficiency. Finally, the data obtained from the kinetic monitoring presented a satisfactory fit to the model proposed by Nichela *et al.,* (33), suggesting pseudo-first-order kinetics. Thus, it is evident that the heterogeneous photo-Fenton process, using magnetite, has the potential to degrade the food dyes under study.

**Keywords:** Magnetite, Kinetic Models, AOP.

## INTRODUÇÃO

O crescimento populacional acelerado, especialmente no último século, proporcionou o aumento da demanda por bens de consumo, alimentos processados, medicamentos, vestuário e embalagens, que ocasionou a expansão e diversificação do parque industrial mundial (1). Essa realidade, colaborou para a expansão das linhas de produção que adotaram processos automatizados e eficientes a fim de não apenas aumentar a fabricação, mas também oferecer produtos com durabilidade, alto valor agregado, estética agradável e aceitação dos consumidores diante de um setor cada vez mais competitivo e diversificado (2).

Nesse contexto, destaca-se a indústria de alimentos que acompanha a evolução do parque industrial por meio da complexidade e diversidade de seus processos que englobam desde alimentos frescos minimamente processados, até produtos ultraprocessados com vida útil longa (3). Essa amplitude reflete a capacidade de atender às necessidades do mercado, mas também à evolução tecnológica que envolve, por exemplo, técnicas de conservação e incorporação de aditivos como corantes e antioxidantes na busca pela padronização sensorial e estabilidade físico-química (4).

Em contrapartida, a utilização dessas substâncias tem gerado preocupações com relação à saúde pública e seus impactos ambientais. Apesar da eficiência na manutenção do alimento como na aparência e sabor, muitos desses compostos apresentam baixa degradabilidade (5). Em casos de despejos de efluentes, podem se acumular no ambiente e causar problemas como distúrbios metabólicos, mas também no ecossistema natural de corpos hídricos, que promove a morte de animais e o desequilíbrio ambiental (6). Estas águas residuais, por sua vez, têm apresentado em sua constituição compostos orgânicos sintéticos como pesticidas, fármacos e corantes sintéticos, que são responsáveis por essa problemática (7).

Dentre os poluentes citados, destacam-se os corantes. Esses, são substâncias naturais, sintéticas ou artificiais produzidas quimicamente a partir de derivados petroquímicos como a tartrazina (E 102) e o amaranto (E 123), que se destacam pela alta estabilidade térmica, solubilidade, intensidade de cor e baixo custo (8). Além disso, existem também os extraídos de fontes naturais como os vegetais, animais ou minerais como a beterraba e a cúrcuma que vêm ganhando espaço devido à crescente demanda por produtos mais saudáveis e sustentáveis (9).

Outros corantes que se destacam na indústria alimentícia são o vermelho de bordeaux (VB) e o verde rápido (VR), que apresentam características químicas e propriedades que possibilitam a estabilidade físico-química dos produtos alimentícios a fim de conferir as necessidades desejadas pela indústria e seus consumidores (10). Esses compostos apresentam características como boa solubilidade em água, resistência a luz e calor, que os tornaram úteis na formulação de produtos como doces, xaropes, bebidas e balas (11).

O corante VB, pertence à classe dos corantes tipo azo (N=N) obtido pela diazotação do ácido 4-amino-1-naftaleno sulfônico com o ácido 3-hidroxi-2,7-naftaleno dissulfônico com coloração vermelho-púrpura intenso, tornando-se rosado em soluções diluídas (12). O VR, por sua vez, é um corante do tipo triarilmetano de tonalidade azul-esverdeada que apresenta em sua cadeia central três anéis aromáticos ligados a um átomo de carbono central (C-tri-substituído) (13). Este é obtido a partir da síntese química orgânica, no qual os anéis são funcionalizados com grupos sulfonatos (– $SO_3Na$) para torná-lo solúvel em água, e com grupos amino (–$NH_2$) ou substituintes que conferem cor e estabilidade (14). Nesse contexto, o VR é valorizado, especialmente, para produtos que sofrem variações durante o armazenamento, devido a sua alta estabilidade à luz e pH. No entanto, assim como o vermelho de bordeaux, é alvo de restrições regulatórias como os da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (15). Dentre elas, destaca-se a Resolução RDC nº 778/2023 que autoriza sua utilização de forma restrita e específica para alimentos como confeitos e balas com limite máximo de 50 mg por quilograma do produto (16).

Além dessas características, os corantes, especialmente o verde rápido, são considerados um poluente recalcitrante, ou seja, resistente a métodos biológicos tradicionais de degradação devido às suas estruturas complexas que dificultam a remoção por processos de digestão aeróbica, filtração e coagulação (17). Nesse sentido, a presença desses em efluentes exige de tecnologias e tratamentos avançados capazes de romper com suas ligações e reduzir seus potenciais tóxicos (18).

Dentre as tecnologias existentes, destacam-se os processos oxidativos avançados (POA) que se baseiam na geração de agentes oxidantes altamente reativos e não seletivos como o radical hidroxila (•OH) capazes de interagir com diferentes tipos de poluentes e promover sua degradação total ou parcial em tempos relativamente curtos (19). Esses processos envolvem uma série de tecnologias que rompem as ligações químicas de moléculas complexas em substâncias mais simples ou completamente mineralizadas ($CO_2$, $H_2O$ e sais inorgânicos) (20). Dentre os principais tipos de POA, destacam-se o foto-Fenton que utiliza peróxido de hidrogênio ($H_2O_2$) e íons ferroso ($Fe^{2+}$) para gerar radicais hidroxila, na presença de radiação, para reagir com poluentes em meio aquoso (21). Dessa forma, os POA são técnicas alternativas que vêm sendo exploradas visto que apresentam alta eficiência na destruição de poluentes, bem como devido à sua versatilidade aos diferentes tipos de corantes presentes em efluentes distintos (22).

Esse tipo de POA apresenta grande relevância por substituir catalisadores homogêneos, como o íon ferroso ($Fe^{2+}$), por sólidos heterogêneos, que também podem ser empregados de forma conjunta com o peróxido de hidrogênio ($H_2O_2$). Isso se dá por meio da aplicação de materiais como os óxidos de ferro (como $Fe_2O_3$, $Fe_3O_4$) na presença de radiação ultravioleta (UV) ou luz visível (23). Assim, a luz promove a excitação do ferro, provocando a geração de espécies reativas que agem nos poluentes orgânicos, degradando-os (24).

Dentre as principais vantagens do sistema foto-Fenton, destacam-se a redução de custos operacionais e do impacto ambiental, visto que possibilitam a recuperação e reutilização do catalisador, bem como a menor toxicidade residual devido à separação do catalisador sólido com o meio tratado por processos simples como a filtração (25). Zhang e colaboradores (26), por exemplo, obtiveram a degradação de 92% de corante laranja de metila presente em efluentes têxteis ao utilizar catalisador heterogêneo por pirólise. Além desses, o estudo de Castro *et al.,* (27) promoveu a otimização de dose de catalisador, concentrações de $H_2O_2$ e pH, e obteve 100% de degradação em pH 4 e 91% em pH 10. Dessa forma, fica evidente a importância e contribuições desse processo oxidativo avançado na busca por processos industriais mais sustentáveis e seguros.

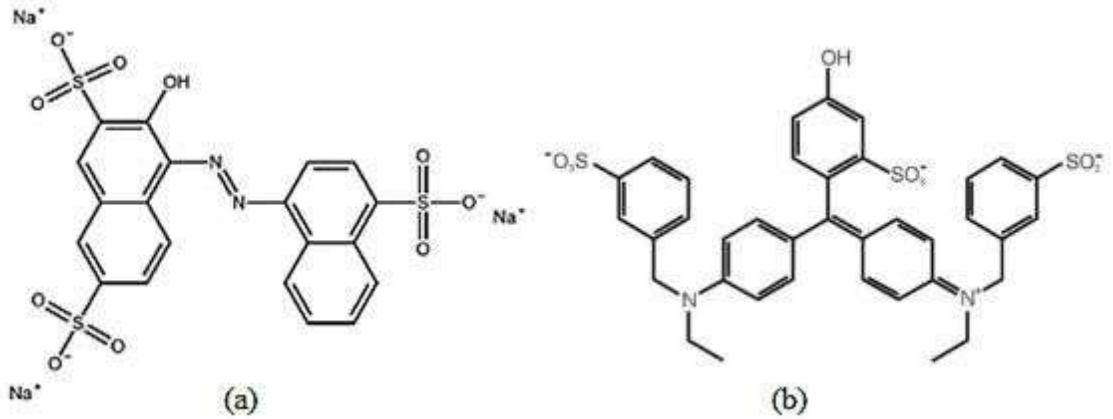
Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de degradação da mistura dos corantes alimentícios vermelho de bordeaux e verde rápido em solução aquosa, empregando a magnetita ($Fe_3O_4$) como catalisador no processo foto-Fenton heterogêneo como alternativa para o tratamento dos resíduos das indústrias alimentícias.

## METODOLOGIA

### IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS ANALITOS

Inicialmente, foi preparada uma solução estoque da mistura dos corantes vermelho bordeaux e verde rápido, com estruturas químicas apresentadas na Figura 1, a uma concentração de 1000 $mg \cdot L^{-1}$. A partir disso, os contaminantes foram identificados e quantificados pela técnica de espectrofotometria de absorção molecular na região do ultravioleta/visível (UV/Vis) (Metash UV-5100). Vale ressaltar que a varredura espectral foi realizada na faixa de 200 a 700 nm, com intuito de identificar os picos característicos (λ).

Figura 1 – Estrutura química do corante (a) vermelho bordeaux e (b) verde rápido




Fonte: adaptado de Andrade *et al.* (28) e Xu *et al.* (29).

Após identificar os λ, foram construídas as curvas analíticas com faixa linear de 1 até 20 $mg \cdot L^{-}$

[1] para realizar a quantificação dos analitos antes e após os tratamentos.

TRATAMENTO VIA FOTO-FENTON HETEROGÊNEO

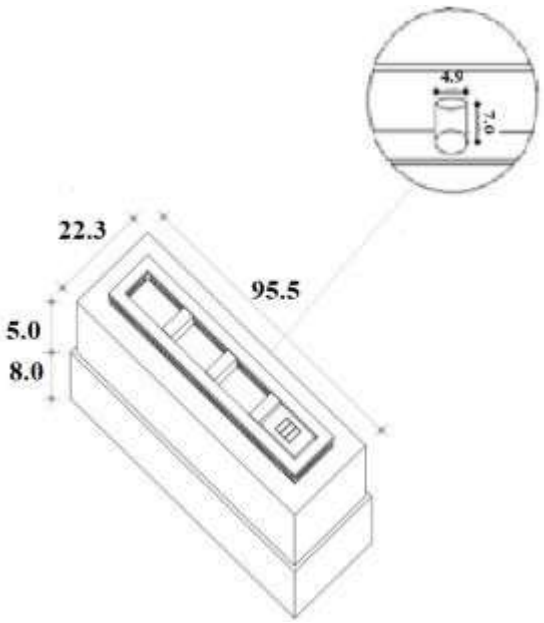
O estudo preliminar consistiu em preparar uma solução aquosa da mistura de corantes em estudo com concentração de 15 $mg \cdot L^{-1}$ de cada. Para essa etapa do tratamento, os reagentes utilizados foram peróxido de hidrogênio ($H_2O_2$) 30% V/V e magnetita sintetizada ($Fe_3O_4$) como fonte de ferro.

A síntese da magnetita foi realizada com base na metodologia descrita por Unal *et al.* (30). Esta emprega uma mistura de soluções de cloreto férrico hexa-hidratado ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) (Neon) (1 $mol \cdot L^{-1}$) e sulfato ferroso heptahidratado ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) (Dinâmica) (2 $mol \cdot L^{-1}$) (F Maia), preparado em ácido clorídrico (HCl) (Merck) 2 $mol \cdot L^{-1}$, em uma proporção de 4:1 (V:V), respectivamente. Em seguida, a mistura das soluções supracitadas foi transferidas para a solução de hidróxido de amônio ($NH_4OH$) (Química Moderna, 30%) (0,7 $mol \cdot L^{-1}$, pH 11), sob agitação, a uma temperatura de 60 °C, durante 1 h, empregando agitador magnético (Tecnal) com bastão magnético (2 cm). Após esse período, a solução foi filtrada para separação do catalisador da fase líquida.

De posse do catalisador, verificou-se o contributo do processo adsortivo na estrutura da magnetita durante o tratamento da mistura dos corantes via Foto-Fenton. Para isso, béqueres contendo 50 mL da solução aquosa da mistura de corantes e 0,5 $g.L^{-1}$ de catalisador foram mantidos sob ausência de radiação durante 60 min. Por fim, os contaminantes foram identificados e quantificados pela técnica de espectrometria na região ultravioleta/visível (UV/Vis) (Metash UV-5100).

Além disso, também foi verificado o contributo da fotólise na degradação dos contaminantes. Dessa forma, os experimentos foram realizados em batelada, em béqueres, durante 60 min e volume de solução de 50 mL. A radiação empregada nesse estudo foi UV- C, a qual estava inserida em uma câmara de radiação revestida com folha de alumínio equipada com três lâmpadas UV-C, 30 W e 90 cm cada (Philips, dispostas em paralelo) (Figura 2).

Figura 2 – Desenho esquemático da câmara de radiação equipados com lâmpadas UV-C, com cotas em cm.




Fonte: adaptado de Cavalcanti *et al*. (31).

A câmara de radiação apresentada na Figura 2 foi utilizada para os tratamentos de fotólise e foto-Fenton heterogêneo. Inicialmente, a concentração do catalisador ((catalisador)) foi fixada em 0,5 $g \cdot L^{-1}$ e a concentração de $H_2O_2$ (($H_2O_2$)) variada de 30 a 100 $mg \cdot L^{-1}$, com pH da solução aquosa natural (5), tendo em vista que os sistemas heterogêneos visam expandir a faixa de pH de trabalho. Após selecionar a ($H_2O_2$) que conduziu ao maior percentual de degradação, seguiu-se para avaliação da influência da (catalisador) no processo. Sendo assim, a (catalisador) foi variada em 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 $g \cdot L^{-1}$. Diante disso, foi possível selecionar as condições experimentais que promoveram as maiores eficiências de tratamento. Em seguida, foi realizado o acompanhamento cinético de degradação dos corantes.

ESTUDO CINÉTICO

A partir das condições experimentais selecionadas foi realizado o acompanhamento cinético, o qual foi feito utilizando um reator (béquer) com 50 mL de solução para cada tempo da cinética (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 45, 60, 90 e 120 min). Em seguida, os dados obtidos durante o acompanhamento da cinética de degradação foram testados para os modelos cinéticos de Chan e Chu (32) e Nichela *et al*., (33), conforme as Equações 1 e 2, respectivamente.

$$\frac{C}{C_0} = 1 - \frac{t}{\rho + \sigma t} \quad (1)$$

$$\frac{[C]}{[C_0]} = \frac{1 - a.t - D}{1 + \left(\frac{t}{b}\right)C} + D \quad (2)$$

Em que: C é a concentração num instante de tempo, $C_0$ é a concentração inicial, $\rho$ é a reacional (min), $\sigma$ é a capacidade oxidativa (adimensional), a ($min^{-1}$) a taxa média de oxidação (taxa inicial aparente), b (min) o tempo necessário para atingir metade da concentração inicial (meia-vida aparente), C a inclinação média durante a fase rápida e D o valor residual final.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

### IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO ANALITO

Inicialmente, a fim de verificar os comprimentos de onda característicos (λ) para a solução aquosa contendo a mistura dos corantes VB e VR, realizou-se uma varredura espectral de 200 a 700 nm. O espectro obtido está apresentado na Figura 3.

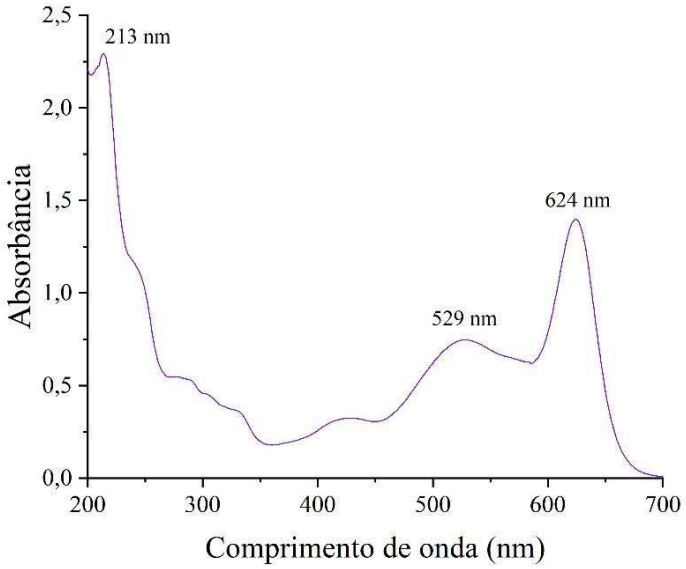



Figura 3 – Espectro de UV/Vis da solução contendo a mistura dos corantes vermelho bourdeaux e verde rápido

Fonte: Autores, 2025.

Diante da Figura 3, nota-se a presença de três picos nos comprimentos de onda (λ) de 213, 529 e 624 nm. O primeiro λ é referente aos grupos dos aromáticos, enquanto os outros dois representam os grupamentos cromóforos (34). Dessa forma, foram selecionados os 3 λ supracitados para serem acompanhados durante a degradação da mistura dos corantes alimentícios VB e VR.

Diante disso, foram construídas curvas analíticas para quantificar as concentrações nos determinados λ, cujos coeficientes de correlação (r) foram, respectivamente, 0,99; 0,99 e 0,98 para 266, 337 e 664 nm. Segundo o INMETRO (35) valores de r elevados são um bom indicativo de que a equação da reta é adequada como modelo matemático, atestando a linearidade do

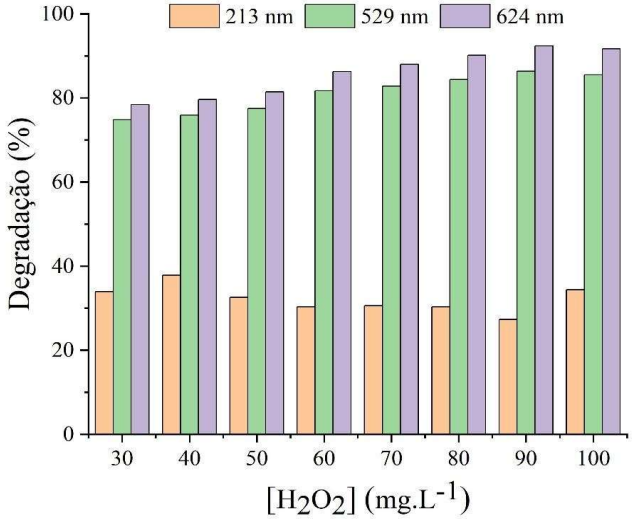
método.

TRATAMENTO VIA FOTO-FENTON HETEROGÊNEO

Após a produção do catalisador, verificou-se que a magnetita apresentou baixa capacidade adsortiva para os corantes VB e VR, após 60 min, com porcentagens de remoção de 7,84; 7,37 e 9,47% para os respectivos λ de 213, 529 e 624 nm. Além disso, avaliou-se o contributo da fotólise na degradação dos contaminantes, também durante 60 min, com porcentagens de degradação de 7,46; 14,29 e 12,86 % para os grupos monitorados nos λ de 213, 529 e 624 nm respectivamente.

Diante disso, seguiu-se para a avaliação da influência da ($H_2O_2$) na degradação da mistura de corantes pelo processo foto-Fenton heterogêneo empregando magnetita como catalisador na concentração fixa de 0,5 $g.L^{-1}$. Ademais, os estudos foram conduzidos no pH natural da solução (pH = 5), uma vez que os POA heterogêneos visam ampliar a faixa de pH de degradação a fim de evitar o uso de ácidos e bases nos sistemas, reduzindo assim os custos dos tratamentos propostos (31). Os resultados obtidos, após 60 min de degradação sob radiação UV-C, estão apresentados na Figura 4.

Figura 4 – Estudo da influência da ($H_2O_2$) para degradação da mistura de corantes VB e VR



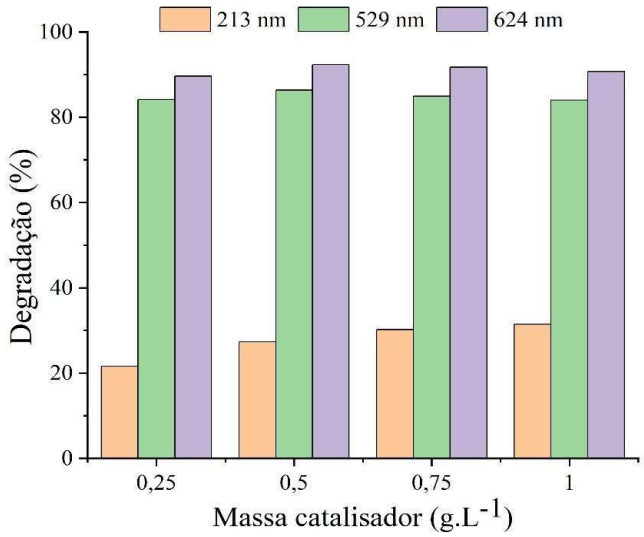

Fonte: Autores, 2025.

De acordo com a Figura 4, nota-se que as porcentagens de degradação crescem à medida que se aumenta a ($H_2O_2$), atingindo seu máximo em 90 $mg.L^{-1}$ para o grupamento dos cromóforos. Esta concentração conduziu a degradações de, aproximadamente, 27, 86 e 92% para os λ de 213, 529 e 624 nm, respectivamente. Isto pode ser atrelado ao aumento de radicais HO• no sistema que favorece a degradação dos contaminantes VB e VR (36). Entretanto, ao aumentar a concentração para 100 $mg{\cdot}L^{-1}$, percebeu-se uma queda na eficiência de degradação, especificamente para os grupamentos cromóforos. Esse comportamento pode

estar relacionado com o fato de a adição de $H_2O_2$ em excesso beneficiar a formação de radicais hidroperoxilas ($HO_2$•), que atuam sequestrando os radicais HO• e têm menor potencial oxidativo (Ayed *et al.,* 2021), indicando que a concentração de 90 $mg.L^{-1}$ é a dita concentração limite de oxidante para o tratamento dos corantes em estudo.

Após selecionar a ($H_2O_2$) que conduziu ao maior percentual de degradação dos corantes alimentícios VB e VR, avaliou-se a influência da concentração do catalisador (magnetita) no processo. Para esse estudo, foram mantidas as condições de pH natural da solução (pH = 5) e ($H_2O_2$) de 90 $mg.L^{-1}$, com duração de 60 min, cujos resultados estão apresentados na Figura 5.

Figura 5 – Degradação da mistura dos corantes VB e VR em diferentes concentrações de catalisador




Fonte: Autores, 2025.

Diante da Figura 5, é possível observar um aumento na eficiência de degradação dos contaminantes à medida que se aumenta a concentração da magnetita de 0,25 para 0,5 $g.L^{-1}$. Esse crescimento na eficiência catalítica foi de aproximadamente 6,2 e 3% para os λ de 213, 529 e 624 nm, respectivamente. Isso pode ser atribuído ao aumento do número de sítios ativos disponíveis na superfície do catalisador para ativação de agente oxidante ($H_2O_2$) (23).

Em contrapartida, ao comparar a eficiência catalítica dos sistemas contendo 0,5 e 1,0 $g.L^{-1}$, observa-se que a degradação dos corantes VB e VR passou de 27, 86 e 92% para 31, 84 e 90%, respectivamente, para os λ de 213, 529 e 624 nm. Ou seja, é possível perceber que à medida que se aumentou ainda mais a concentração do catalisador houve uma diminuição na degradação dos contaminantes. Isso possivelmente ocorreu devido ao excesso de catalisador no sistema que levou ao aumento da turbidez e reduziu a absorção e o espalhamento de luz pelo catalisador (37). Li *et al.* (1) também utilizaram a concentração de 0,5 $g.L^{-1}$ de um catalisador

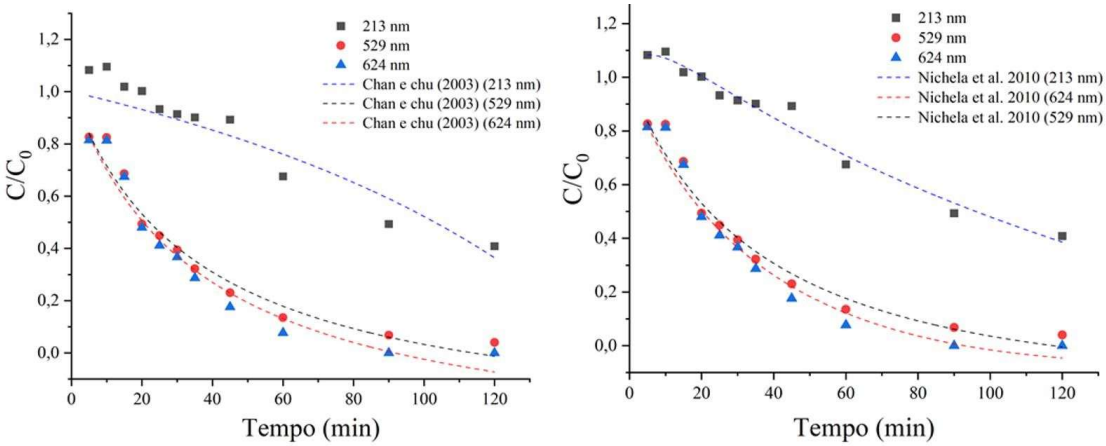
heterogêneo, produzido a partir de um subproduto do processo de extração de alumina do minério de bauxita, para degradar o fármaco tetraciclina por processo foto-Fenton.

De posse das melhores condições operacionais do sistema foto-Fenton/magnetita, passou-se a etapa de avaliação da cinética reacional.

ESTUDO CINÉTICO

Após a otimização dos parâmetros, monitorou-se a cinética reacional do processo foto-Fenton heterogêneo, utilizando a ($H_2O_2$) de 90 $mg \cdot L^{-1}$, 0,5 $g.L^{-1}$ de magnetita como catalisador e pH natural da solução (pH=5) por 120 min. Em seguida, os dados obtidos foram ajustados aos modelos cinéticos propostos por Chan e Chu (32) e Nichela *et al.,* (33), conforme apresentado na Figura 6 a) e b), respectivamente.

Figura 6 – Ajuste cinético aos modelos a) Chan e Chu (32) e b) Nichela et al. (33). Condições: V = 50 mL de solução da mistura de corantes, pH = 5, ($H_2O_2$) = 90 $mg \cdot L^{-1}$, T = 31 ± 1ºC, p = 1 atm.




Fonte: Autores, 2025.

A partir da Figura 6, observa-se que a taxa de decaimento é mais acentuada nos primeiros 45 min de experimento para os grupamentos cromóforos (λ = 529 e 624 nm). Em contrapartida, verifica-se que os grupamentos aromáticos (λ = 213 nm) apresentaram uma menor taxa de decaimento, possivelmente, devido ao fato de as ligações dos anéis aromáticos serem mais difíceis de quebrar. Assim, após 120 min de degradação, o sistema foto-Fenton heterogêneo apresentou uma eficiência catalítica de 59, 96 e 100% para os λ de 213, 529 e 624 nm, respectivamente. Analisando o comportamento dos cromóforos é possível constatar uma degradação em dois estágios: 1- rápido decaimento até 30 min e 2- decaimento lento até estabilização após 90 min. Além do exposto, os parâmetros dos ajustes dos dados aos modelos cinéticos de Chan e Chu (32) e Nichela *et al.*, (33) estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros cinéticos e coeficientes de regressão linear para os modelos propostos

| Modelos | Parâmetros | λ = 213 nm | λ = 529 nm | λ = 624 nm |
|---|---|---|---|---|
| Chan e Chu (32) | $1/\rho$ (min$^{-1}$) | 0,003 | 0,036 | 0,038 |
| | $1/\sigma$ | 0,967 | 1,321 | 1,402 |
| | $R^2$ | 0,88 | 0,96 | 0,96 |
| Nichela *et al.* (33) | a (min$^{-1}$) | 0,090 | 0,558 | 0,320 |
| | b (min) | 36,644 | 52,919 | 112,792 |
| | C | 0,863 | 1,005 | 1,020 |
| | D | 4,061 | 29,000 | 35,023 |
| | $R^2$ | 0,94 | 0,95 | 0,95 |

Fonte: Autores, 2025

Diante da Tabela 1, é possível observar que os dados obtidos na cinética de degradação dos cromóforos (λ de 529 e 624 nm) apresentaram bons ajustes aos dois modelos utilizados. Isso porque os valores dos coeficientes de regressão linear ($R^2$) foram maiores que ≥ 0,95 para os dois modelos testados. Para o modelo de Chan e Chu (32), verifica-se que a taxa de oxidação ($1/\rho$) das moléculas dos corantes VB e VR apresentam valores bem próximos. No trabalho desenvolvido por Santana *et al.* (38), os dados cinéticos obtidos da degradação de corantes por magnetita, via foto-Fenton, também foram bem ajustados a modelos de pseudo-primeira ordem.

Quanto ao modelo de Nichela *et al.,* (33), verifica-se que houve um bom ajuste dos dados cinéticos de todos os λ estudados, com $R^2$ ≥ 0,94. Esse modelo sugere que a degradação do contaminante ocorre em duas etapas: uma fase inicial lenta, seguida por uma fase mais rápida, corroborando o que foi observado na análise da Figura 6. Diante da Tabela 1, é possível notar que a taxa média de oxidação (a) para os grupamentos cromóforos é maior do que para os compostos aromáticos, reforçando mais uma vez que as ligações dos anéis aromáticos são mais difíceis de serem degradadas (39).

## CONCLUSÕES

O processo foto-Fenton heterogêneo, empregando a magnetita como catalisador, demonstrou ser eficiente na degradação da mistura dos corantes alimentícios vermelho bordeaux e verde rápido. Esse fato indica que a metodologia da síntese da magnetita se mostrou eficiente, produzindo um material com características catalíticas que conduziram ao aumento da eficiência do tratamento. Além disso, o material catalítico apresentou baixa capacidade adsortiva para todos os λ avaliados. Ademais, a fotólise apresentou um baixo

contributo na degradação dos contaminantes. Diante disso, ao adicionar e selecionar os reagentes de Fenton ($H_2O_2$ e catalisador à base de ferro) ao sistema foi alcançado 27, 86 e 92% de degradação para 213, 529 e 624 nm, respectivamente. Por fim, foi realizado o acompanhamento cinético em que os dados apresentaram um bom ajuste ao modelo proposto por Nichela *et al.* (33), sobretudo no que diz respeito aos grupamentos aromáticos. Sendo assim, o processo de tratamento proposto, bem como a síntese da magnetita apresentam potencial para degradação dos corantes alimentícios vermelho bordeaux e verde rápido.

**AGRADECIMENTOS**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE).

**REFERÊNCIAS**

1. LI, T et al. High removal efficiency of antibiotic and dyes by heterogeneous photo-Fenton process using red mud and waste Maotai distillers' grains as catalyst precursors. **Applied Surface Science**, v. 692, 2025.

2. BAI, C. et al. Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. **International Journal of Production Economics**, v. 229, 2020.

3. BARROS, J. R. et al. Conservação de alimentos pelo uso de aditivos: uma revisão. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 37, n. 2, 2021.
4. SILVA, A. B. et al. Industrialização de alimentos: processos, técnicas e impactos. **Observatório da Economia Latino-americana**, v. 22, n. 12, p. 1-19, 2024.
5. PESSOA JÚNIOR, W. A. G.; AZEVEDO, F. R. P. Corantes sintéticos e seus impactos ambientais: desafios, legislação e inovações tecnológicas sustentáveis. **Revista Ibero- Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 12, 2022.
6. LIN, J. et al. Environmental impacts and remediation of dye-containing wastewater. **Nature Reviews Earth & Environment**, V. 4, N. 11, P. 785-803, 2023.
7. BRILLAS, E. A review on the photoelectro-Fenton process as efficient electrochemical advanced oxidation for wastewater remediation. Treatment with UV light, sunlight, and coupling with conventional and other photo-assisted advanced technologies, **Chemosphere**, v. 250, 2020.
8. MORATO, D. T.; PEREIRA, L.; SANTOS, J. B. Natural food colorants and preservatives: a review, a demand, and a challenge. **Foods**, v. 11, p. 1021–1038, 2022.

9. PRAJAPATI, R. A.; JADEJA, G. C. Natural pigments: anthocyanins, carotenoids, chlorophylls, and betalains as colorants in food products. **Food Bioscience**, v. 52, 2023.
10. SANTOS, M. A. R.; LIMA, G. M.; FREITAS, S. B. Propriedades físico-químicas e toxicidade do corante Fast Green FCF: uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, v. 38, 2021.

11. PEREIRA, A. C.; GONÇALVES, E. R.; ALMEIDA, P. F. Comparação de stabilizantes e

corantes sintéticos e naturais na indústria de alimentos. **Food Science and Technology**, v. 45, n. 3, p. 399-412, 2023.
12. OLIVEIRA, R. S.; CASTRO, J. S.; MELO, L. V. Avaliação toxicológica e regulatória do corante Vermelho de Bordeaux em produtos alimentícios. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 42, 2022.

13. ALI, M. A.; BASHIER, S. A. Electro-oxidation of a food dye: Fast Green FCF and its analytical applications. **Analytical & Bioanalytical Electrochemistry**, v. 8, n. 1, p. 38–50, 2021.
14. PREMA, P. et al**.** Kinetics of oxidation of Fast Green FCF dye with 1-chlorobenzotriazole in alkaline medium: mechanistic and spectrophotometric study. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 10, 2022.

15. SMITH, J.; DOE, A.; LEE, R. Removal of food dyes using biological materials via adsorption: a review. **Food Chemistry**, v. 450, n. 12, p. 1–19, 2024.

16. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. Instrução Normativa nº 211, de 1º de março de 2023. **Estabelece as funções tecnológicas, limites máximos e condições de uso dos aditivos alimentares autorizados**. Diário Oficial da União, Brasília, 8 mar. 2023.
17. VAIANO, V. et al. Advanced Oxidation Processes for the Removal of Food Dyes in Wastewater. **Current Organic Chemistry**, v. 21, n. 12, p. 1–17, 2021.

18. PAŹDZIOR, K. et al. A review on progresses in reactive dye-containing wastewater treatment. **Water Practice & Technology**, v. 19, n. 7, p. 2712–2725, 2023.

19. LIMA, D. R. S.; ALMEIDA, I. L. A.; PAULA, V. I. Degradação de Corantes por Processos Oxidativos Avançados. **Revista Eletrônica Multidisciplinas FASCEAR**, v. 2, n. 6, 2024.
20. ARAÚJO, M. A. M. et al. Aplicações recentes dos processos oxidativos avançados no tratamento de efluentes industriais: uma revisão. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 4, p. 749-762, 2022.
21. SILVA, T. C.; OLIVEIRA, F. M.; PEREIRA, L. A. Fotocatálise heterogênea com $TiO_2$ para degradação de corantes: princípios e aplicações. **Química Nova**, v. 45, n. 7, p. 890-900, 2022.
22. SILVA, M; C; R; S; BARROS, J. C. A. Avaliação dos impactos ambientais no tratamento de efluentes têxteis que utilizam processos oxidativos avançados (POA): revisão da literatura sob a ótica da análise de ciclo de vida. **Revista Semiárido de Visu,** v. 11, n. 2, p. 398–416, 2023.
23. WANG, X. et al**.** Nanostructured semiconductor supported iron catalysts for heterogeneous photo-Fenton oxidation: a review. **Journal of Materials Chemistry**, v. 8, n. 31, p. 15513– 15546, 2020.
24. CASTILHO, M. M. B et al. Heterogeneous Photo-Fenton Reaction for Olive Mill Wastewater Treatment—Case of Reusable Catalyst. **Catalysts**, v. 11, n. 5, 2021.
25. SUN, Y. et al**.** Reusable $Fe_3O_4$/SBA-15 nanocomposite as an efficient photo-Fenton catalyst for the removal of sulfamethoxazole and Orange II. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 2, 2021.
26. ZHANG, X. et al. Heterogeneous Photo-Fenton Removal of Methyl Orange Using the Sludge Generated in Dyeing Wastewater as Catalysts. **Water**, v. 14, n. 4, p. 629, 2022.
27. CASTRO, D. F et al**.** Cationic Dye Degradation and Real Textile Wastewater Treatment by Heterogeneous Photo-Fenton, Using a Novel Natural Catalyst. **Catalysts**, v. 11, n. 11, 2020.

28. ANDRADE, G. J. C. et al. Enhanced Removal of Bordeaux B and Red G Dyes Used in Alpaca Wool Dying from Water Using Iron-Modified Activated Carbon. **Water**, v. 14, n.15, 2022.

29. XU, F. et al. Fast green FCF alleviates pain hypersensitivity and down-regulates the levels of spinal P2X4 expression and pro-inflammatory cytokines in a rodent inflammatory pain model. **Frontiers in Pharmacology**, v. 9, 2018.
30. UNAL, B. O. et al. Adsorption and Fenton oxidation of azo dyes by magnetite nanoparticles deposited on a glass substrate. **Journal de Water Process Engineering**, v. 32, 2019.

31. CAVALCANTI, V. O. M et al. Preparation and characterization of composites based on pyrite and zinc oxide and their effects on the degradation of β-blocking drugs: Advanced oxidation, kinetics and toxicity. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 216, p. 486-498, 2025.
32. CHAN, K. H.; CHU, W. Modeling the reaction kinetics of Fenton's process on the removal of atrazine. **Chemosphere**. v. 51, n. 4, p. 305-311, 2003.

33. NICHELA, D. et al. Degradation kinetics of hydroxy and hydroxynitro derivatives of benzoicacid by Fenton-like and photo-Fenton techniques: A comparative study. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 98, p. 171–179, 2010.

34. GOROZABEL-MENDOZA, M. L et al. Degradation of Blue 1 and Yellow 6 Dyes in Binary Mixture Using Photo-Fenton/Sunlight System: Optimization by Factorial Designs. **Water Air Soil Pollution**, v.232, n.500, 2021.

35. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). DOQ- CGCRE-008: Orientações sobre Validação de Métodos Analíticos. Rev. 04, 2011.

36. ÇALIK, Ç.; ÇIFÇI, D. İ. Comparison of kinetics and costs of Fenton and photo-Fenton processes used for the treatment of a textile industry wastewater. **Journal of Environmental Management**, v. 304, 2022.

37. BARROS, T. S. B. et al. Photo-Fenton-like activity of Fe/ZnO structure applied as a heterogeneous catalyst for the methylene blue dye removal in aqueous matrices. **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 185, 2025.

38. SANTANA, R. M. R. et al. Efficient microbial cellulose/Fe3O4 nanocomposite for photocatalytic degradation by advanced oxidation process of textile dyes. **Chemosphere**, v. 326, 2023.
39. SILVA, M. et al. Degradation of aqueous mixture of textile dye via photo-Fenton process using bacterial cellulose/iron nanocomposite as catalyst. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 29, n. 183, 2024.

# DIAGNÓSTICO, CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS E PESQUISA DE RESÍDUOS DE ANTIBIÓTICOS EM LEITE CRU REFRIGERADO DO ALTO SERTÃO SERGIPANO

# DIAGNOSIS, SOMATIC CELL COUNTING AND RESEARCH FOR ANTIBIOTIC RESIDUES IN REFRIGERATED RAW MILK FROM THE ALTO SERTÃO SERGIPANO REGION

**DOI: 10.65747/conali2025v1c13**

**Nayane Melo Silva[1]; Vaelma Gomes dos Santos[2]; José Manoel Wanderley Duarte Neto[3]; João Batista Barbosa[4]; Simone Vilela Talma[5]**

[1]Tecnóloga em Laticínios – Instituto Federal de Sergipe, Campus Glória – IFS; [2]Tecnóloga em Laticínios – Instituto Federal de Sergipe, Campus Glória – IFS; [3]Docente do Curso Superior de Tecnologia em Laticínios – Instituto Federal de Sergipe, Campus Glória – IFS; [4]Docente do Departamento de Agroindústria – Instituto Federal de Sergipe, Campus São Cristóvão – IFS; [5]Docente do Curso Superior de Tecnologia em Laticínios – Instituto Federal de Sergipe, Campus Glória – IFS.

*Contato:* nayane.silva073@academico.ifs.edu.br

**Resumo:** O leite cru refrigerado deve atender a critérios rigorosos de higiene e parâmetros físico-químicos e microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente, garantindo a segurança alimentar e a viabilidade para o processamento de derivados lácteos. O objetivo deste trabalho foi realizar um diagnóstico de tanques de armazenamento de leite cru refrigerado produzido no Alto Sertão Sergipano, por meio da contagem de células somáticas (CCS), da pesquisa de resíduos de antibióticos e de análises físico-químicas. Foi aplicado um checklist em 15 locais de armazenamento e foram coletadas amostras para analise no Instituto Federal de Sergipe, Campus Glória quanto à CCS, contagem padrão em placas (CPP), resíduos de antibióticos e análises físico-químicas, de junho a outubro de 2023. Os resultados mostraram uma CCS de 50.000 a 275.000 CS/ml (limite legal máximo de 500.000 CS/ml). No entanto, apenas 6,7% das amostras atenderam ao limite permitido para a CPP de 3,0 x $10^5$ UFC/ml, indicando desafios na qualidade microbiológica. Quanto aos resíduos de antibióticos, a presença do grupo das tetraciclinas foi detectada em 20% das amostras da primeira coleta, 6,7% da segunda e 13,3% da terceira, enquanto os grupos de betalactâmicos e cefalexina não foram detectados. Os resultados indicam que, embora a CCS esteja dentro dos limites, a alta CPP e a presença de tetraciclinas em algumas amostras demonstram desafios na qualidade do leite cru refrigerado. Melhorias nas práticas de ordenha, higiene e controle do uso de antibióticos, poderiam garantir um leite mais seguro na região.

**Palavras-Chave:** antimicrobianos em leite; contagem padrão em placas; higiene de ordenha; qualidade microbiológica do leite; tetraciclinas.

Refrigerated raw milk must meet strict hygiene criteria and physical, chemical, and microbiological parameters established by current legislation, ensuring food safety and viability for the processing of dairy products. The objective of this study was to diagnose refrigerated raw milk storage tanks produced in the Alto Sertão region of Sergipe, using somatic cell count (SCC), antibiotic residue testing, and physicochemical analysis. A checklist was applied to 15 storage locations, and samples were collected for analysis at the Federal Institute of Sergipe, Glória Campus, from June to October 2023. The

results showed a SCC of 50,000 to 275,000 SC/ml (maximum legal limit of 500,000 SC/ml). However, only 6.7% of the samples met the permitted limit for SCC of 3.0 x $10^5$ CFU/ml, indicating challenges in microbiological quality. Regarding antibiotic residues, the presence of tetracyclines was detected in 20% of the samples from the first collection, 6.7% from the second, and 13.3% from the third, while beta-lactam and cephalexin residues were not detected. The results indicate that, although SCC is within the limits, the high SCC and the presence of tetracyclines in some samples demonstrate challenges in the quality of refrigerated raw milk. Improvements in milking practices, hygiene, and antibiotic control could ensure safer milk in the region.

**Keywords:** antimicrobials in milk; standard plate count; milking hygiene; microbiological quality of milk; tetracyclines.

## INTRODUÇÃO

A produção de leite no Alto Sertão Sergipano desempenha um papel fundamental tanto na economia quanto na sociedade local, contribuindo significativamente para o desenvolvimento da região. O estado de Sergipe, junto com Alagoas e Pernambuco, está entre as principais regiões produtoras de leite do Brasil. As cidades de Sergipe que se destacam pela maior produção leiteira, baseada no sistema de agricultura familiar, são: Nossa Senhora da Glória, Monte Alegre de Sergipe, Poço Redondo, Porto da Folha e Canindé do São Francisco (1).

Nesta localidade, especificamente na cidade de Nossa Senhora da Glória e regiões adjacentes, o leite é popularmente denominado “ouro branco do Sertão” devido à sua relevância socioeconômica. A atividade leiteira não apenas proporciona uma fonte de renda para os produtores, mas também fortalece os vínculos familiares com a terra. Assim, a bacia leiteira da região contribui não apenas para o desenvolvimento econômico, mas também para a preservação e valorização da cultura local (2).

Conforme a Instrução Normativa (IN) 76, o leite é o produto obtido em propriedades rurais, que é refrigerado e destinado a estabelecimentos de leite e derivados sob inspeção oficial. Este produto deve apresentar características sensoriais típicas, como ser um líquido branco opalescente homogêneo, com odor característico. Além disso, o leite cru refrigerado não deve conter substâncias estranhas à sua composição, tais como agentes que inibam o crescimento microbiano, neutralizantes de acidez ou substâncias que alterem a densidade ou o índice crioscópico do leite (3).

A IN 76 estabelece parâmetros físico-químicos e microbiológicos para o leite cru refrigerado e pasteurizado, enquanto a IN 77 busca assegurar a produção de leite seguro e de alta qualidade, com ênfase no controle de doenças como mastite, brucelose e tuberculose, e na organização da propriedade (4).

A presença de resíduos de antibióticos no leite cru representa um dos principais desafios para a garantia da qualidade do produto. Esses resíduos são classificados como contaminantes químicos e são frequentemente detectados em amostras de leite no Brasil e em diversos outros países. Dentre os antibióticos mais encontrados, destacam-se os pertencentes ao grupo dos β-lactâmicos e das tetraciclinas, devido ao seu amplo uso no tratamento de enfermidades em rebanhos leiteiros. A permanência desses resíduos no leite está diretamente relacionada a práticas inadequadas de manejo, especialmente ao descumprimento do período de carência que varia de acordo com o fármaco utilizado. Durante esse período, as substâncias administradas aos animais são eliminadas pelo leite, tornando essencial o descarte da produção até que os níveis de resíduos estejam abaixo dos limites estabelecidos pela legislação vigente (5).

De acordo com o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), é proibida a comercialização de leite que não atenda às suas características físico-químicas naturais, bem como que contenha resíduos de substâncias estranhas à sua composição, como medicamentos veterinários acima dos limites permitidos (6).

As principais causas da detecção de resíduos de antimicrobianos no leite incluem o uso indiscriminado de antibióticos, a aplicação inadequada das dosagens recomendadas e o não cumprimento do período de carência. A presença desses resíduos em leite e seus derivados pode comprometer a qualidade dos produtos e representar riscos à saúde pública, incluindo o desenvolvimento de resistência microbiana, reações alérgicas em consumidores, desequilíbrio da flora intestinal e efeito teratogênico (7).

Os resíduos de antibióticos no leite representam um desafio significativo para os órgãos de saúde pública. Mesmo com pasteurização ou refrigeração, resíduos de antibióticos podem provocar reações alérgicas (incluindo a grupos β-lactâmicos), além de toxicidade associada a compostos como cloranfenicol e nitrofuranos. Há ainda o risco de seleção de bactérias resistentes no trato intestinal, favorecendo a transferência gênica entre microrganismos (8).

A contagem de células somáticas (CCS) no tanque de refrigeração é um parâmetro fundamental para o monitoramento da qualidade do leite e da saúde da glândula mamária em rebanhos. Esse indicador permite identificar a ocorrência de mastite subclínica, além de auxiliar na avaliação de possíveis impactos econômicos associados a essa enfermidade (9).

As células somáticas presentes no leite têm origem no sangue, incluindo linfócitos, macrófagos e neutrófilos, bem como nas células epiteliais descamadas da glândula mamária. A presença dessas células no leite é um indicador da ocorrência de processos inflamatórios intramamários, sendo amplamente utilizada como critério para distinguir glândulas mamárias infectadas de não infectadas (10).

Os parâmetros microbiológicos e contagem de células somáticas (CCS) sofreram alterações importantes. O leite cru refrigerado de tanque individual ou de uso comunitário deve apresentar médias geométricas trimestrais de Contagem de Células Somáticas (CCS) de no máximo 500.000 CS/ml e Contagem Padrão em Placas (CPP) de no máximo 300.000 UFC/ml (3).

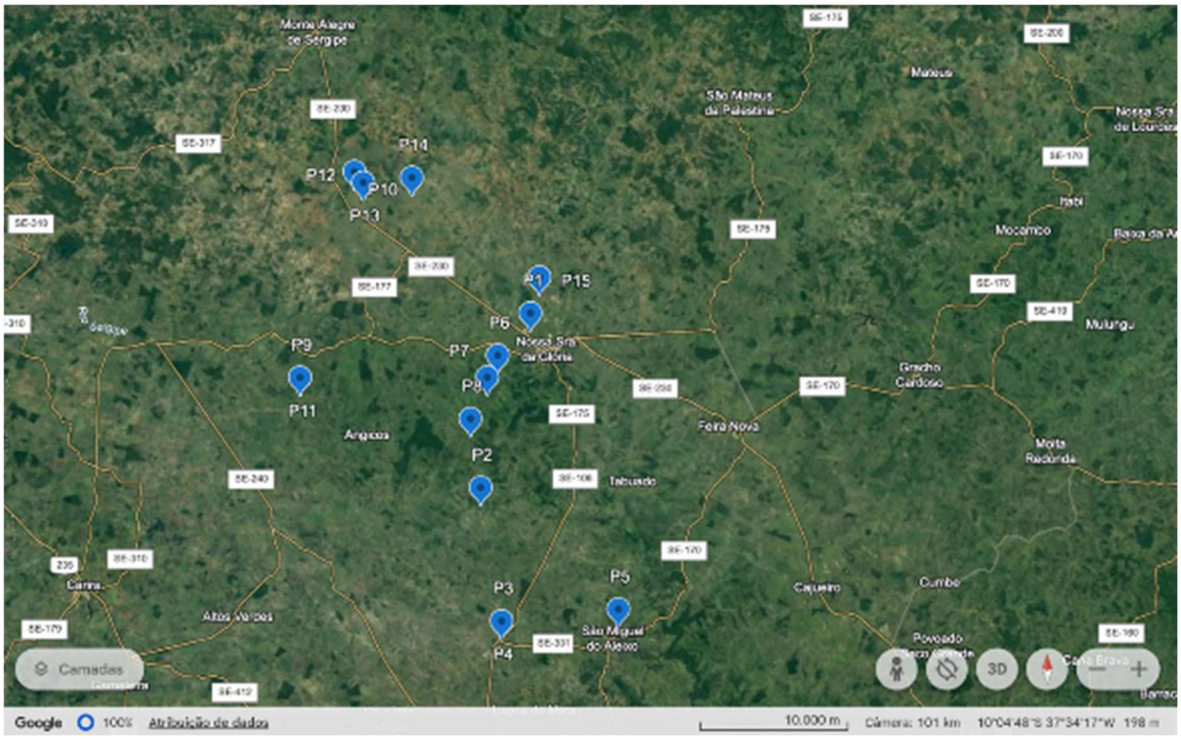
Este trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico dos locais de tanques de armazenamento de leite cru refrigerado produzido no Alto Sertão Sergipano, por meio contagem de células somáticas (CCS), pesquisa de resíduos de antibióticos, contagem padrão em placas e análises físico-químicas do leite cru refrigerado produzido no alto sertão sergipano.

## MATERIAL E MÉTODOS

Essa pesquisa atendeu quinze (15) tanques de leite cru refrigerado do Alto Sertão Sergipano nos munícipios de São Miguel do Aleixo, Nossa Senhora Aparecida, Nossa Senhora da Glória, Carira e Monte Alegre no período entre junho a outubro de 2023. Foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Sergipe, sob o parecer nº 3.999.705.

Com auxílio de GPS foi realizado o mapeamento desses tanques de refrigeração na região conforme a Figura 1.

Figura 1: Localização geográfica das propriedades estudadas no alto sertão sergipano




Fonte: Autores, 2025.

## DIAGNÓSTICO DOS LOCAIS DE TANQUES DE ARMAZENAMENTO DE LEITE CRU REFRIGERADO

Em cada local de tanque de armazenamento de leite cru refrigerado, foi realizado um diagnóstico, por meio da aplicação de um questionário estruturado e adaptado do check-list da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) no 275 de 2002 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e conforme Santos (2017), com o intuito de verificar as boas práticas na ordenha e refrigeração do leite (11, 12).

## COLETA E ANÁLISES DAS AMOSTRAS

As amostras do leite cru provenientes de cada tanque de expansão estudado foram coletadas em frascos estéreis e transportados sob refrigeração em caixas térmicas até o Laboratório 1 e 2 do Instituto Federal de Sergipe, Campus Glória para posterior análise.

## ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

A quantificação da Contagem Padrão em Placa (CPP) no leite cru de cada tanque de expansão foi realizada em ágar padrão utilizando a técnica de pour-plate de acordo com o Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal (6).

### CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS (CCS)

A amostra de leite cru de cada tanque de expansão foi submetida a contagem de células somáticas utilizando o Kit Somaticell de acordo com o Manual de Instruções da empresa Tex Tech Soluções Eletrônicas Ltda.

### PESQUISA DE RESÍDUOS DE ANTIBIÓTICOS

As amostras de leite cru de foram submetidas a pesquisa de resíduos de antibióticos dos grupos betalactâmicos (grupo 1), tetraciclinas (grupo 2) e cefalexinas (grupo 3) tais análises foram executadas por meio do teste rápido a frio, conforme o Manual de Instruções da empresa Tex Tech Soluções Eletrônicas Ltda.

### ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

A análise de acidez titulável foi realizada utilizando acidímetro e os resultados foram expressos em graus Dornic. A análise de pH foi realizada utilizando pHmetro (modelo W3B, marca BEL).

As análises de gordura, lactose, proteína, densidade, índice crioscópico e teor de sólidos não gordurosos (ESD) das amostras de leite cru de cada comunidade rural foram realizadas no equipamento Master Mini (marca TexTech, modelo mini).

### ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos a partir dos questionários foram submetidos à análise estatística descritiva utilizando o programa Microsoft Excel, expressando os resultados em %.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

## QUESTIONÁRIOS APLICADOS AOS PRODUTORES DE LEITE

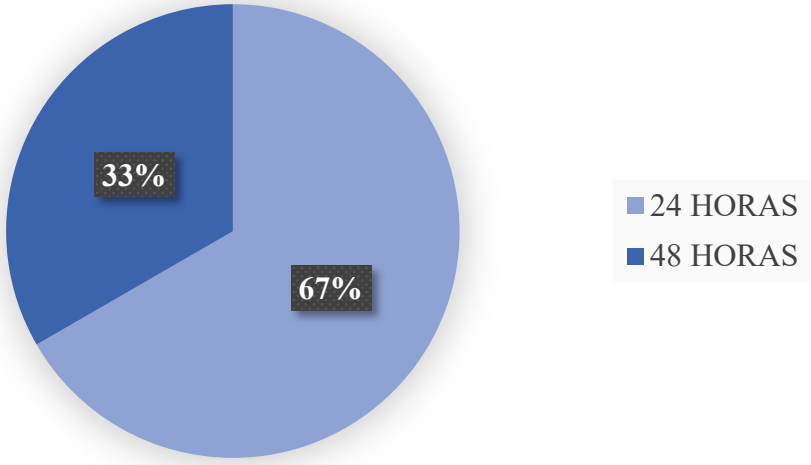
Os resultados obtidos por meio da aplicação do questionário estão divididos nos subtópicos a seguir.

## DADOS DE PRODUÇÃO

Para os dados de produção, o número de vacas em lactação variou entre 7 e 26 animais por produtor, vale lembrar que se trata de pequenos produtores que fazem uso de tanques comunitários por isso números relativamente baixos.

O leite produzido nas propriedades dos cinco municípios estudadas é destinado para fábricas, tendo sua frequência de coleta diária em 67% das propriedades uma vez ao dia (Figura 2). A média de produção das 15 propriedades estudadas foi de 853 litros/dia.

Figura 2: Dados de frequência de coleta de leite de propriedades de municípios do Alto Sertão Sergipano.




Fonte: Autores, 2025.

## MANEJO

De acordo com os resultados encontrados, foi possível observar que a ordenha mecânica prevaleceu em 90% dos produtores. Apenas 10% dos produtores utilizavam ordenha manual.

Santos (2020) em estudo realizado na região norte de Minas Gerais, demonstraram que o tipo de ordenha adotado pela maioria dos produtores (74%) era do tipo manual com a presença de bezerro ao pé, os restantes adotavam a ordenha mecânica (1).

Essa diferença pode refletir uma evolução nas práticas de manejo, influenciada por fatores como acesso à tecnologia, capacitação dos produtores, regionalidade e busca por maior eficiência e qualidade na produção leiteira.

## INSTALAÇÕES

Das 15 propriedades visitadas no Alto Sertão Sergipano, todas apresentaram área externa das instalações com algum tipo de irregularidade, como, por exemplo, a presença de objetos estranhos como embalagens de medicamentos, garrafas pet, entre outros (Figura 3). Além destes fatores, as vias de acesso ao tanque eram, em todas as propriedades inadequadas, como por exemplo possuindo paredes sem cerâmica.

Figura 3: Irregularidades nas instalações de propriedades de leite cru refrigerado

Fonte: Autores, 2025.

Com relação às condições preconizadas para os pisos, tetos, paredes e portas, em todas as propriedades pesquisadas, tais estruturas físicas estavam inadequadas, de acordo com as diretrizes preconizadas pela RDC nº 275 de 21 de outubro de 2002 regida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (11).

As inadequações foram: piso sem superfície lisa e resistente, sem drenagem e sem declive, e impermeável. Tetos sem acabamento liso e de difícil limpeza. A ausência

de portas e/ou quando presentes, eram de materiais com superfície porosa de difícil higienização, ajustadas aos batentes, com falhas de revestimento (Figura 3).

Essas falhas acabam aumentando o risco de contaminação física, química e biológica, especialmente porque comprometem a eficiência da higienização. Além disso, vale a pena destacar o fato que chamou mais atenção, foi o local de acesso ao tanque de leite cru refrigerado não possuir porta e, portanto, não ter controle de quem acessa esses locais incluindo animais.

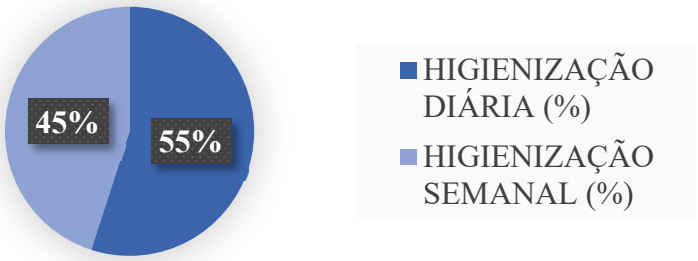
As instalações do local de ordenha devem ser mantidas limpas e secas, garantindo a remoção adequada de resíduos, como esterco, urina e restos de alimentos. Após essa remoção, recomenda-se a lavagem do ambiente com água de qualidade. Além disso, a sala de ordenha deve contar com cobertura, iluminação adequada e ventilação eficiente, proporcionando um ambiente higiênico e seguro para os animais e trabalhadores. Também é essencial dispor de infraestrutura adequada, incluindo sanitários, vestiários e acessos à área de ordenha equipados com lavatórios abastecidos com papel-toalha para a correta higienização das mãos (13).

Os tanques de resfriamento e os tanques de expansão devem receber os mesmos procedimentos de higienização aplicados ao equipamento de ordenha, seguindo a mesma sequência. É fundamental atentar-se ao material utilizado para a fricção do interior do tanque, evitando aqueles que possam causar ranhuras em suas paredes, pois essas imperfeições favorecem o acúmulo de resíduos e micro-organismos. Além disso, o material de limpeza deve ser adequado para evitar a liberação de cerdas ou fragmentos que possam contaminar o tanque (14).

## HIGIENIZAÇÃO DO LOCAL DE ORDENHA E DOS EQUIPAMENTOS E UTENSÍLIOS

Em relação à higienização do local de ordenha, equipamentos e/ou utensílios, 55% dos produtores apresentaram frequência diária de higienização do local, equipamentos e/ou utensílios satisfatórios. Porém, todos os produtores responderam que não possuíam um responsável pela higienização devidamente capacitado e nem registro de controle de higienização (Figura 4).

Figura 4: Dados de frequência de higienização de equipamentos.




Fonte: A própria autora.

Entretanto, 50% dos produtores armazenavam em local adequado e devidamente identificado os produtos de higienização. Desses produtores, 40% utilizam produtos de higienização regularizados (indicados para higienização), porém apenas 10% realizavam a diluição de forma correta, o que prejudica a eficiência do processo (Quadro 1).

Quadro 1: Dados sobre os produtos de higienização

| Critério de Avaliação | Porcentagem dos Produtores |
|---|---|
| Armazenamento Adequado e Identificado | 50% |
| Produtos de higienização regularizados (dos que armazenam adequadamente) | 40% (de 50%, ou seja, 20%) |
| Diluição correta (dos que usam produtos regularizados) | 10% (de 20%, ou seja, 2%) |

Fonte: Autores, 2025.

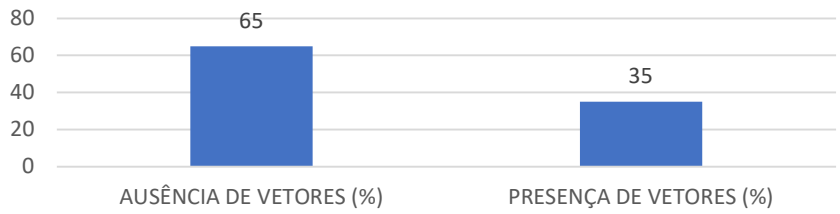
Outro aspecto crítico no processo de higienização dos equipamentos de refrigeração é a qualidade microbiológica da água utilizada. A utilização de água inadequada pode comprometer a segurança do leite, tornando-se um ponto crítico no controle da qualidade. Dessa forma, recomenda-se que a água empregada na limpeza e sanitização seja de qualidade assegurada, sendo devidamente tratada e clorada (14).

## CONTROLE DE PRAGAS E VETORES

Das propriedades avaliadas, 65% (Figura 5) não apresentaram visivelmente a presença de pragas urbanas, porém havia a presença de animais domésticos no ambiente de ordenha, tais como, cachorro, gato e galinhas, o que pode favorecer a

contaminação cruzada (Figura 6). A presença deles na sala de ordenha compromete a segurança do leite, pois estes animais podem introduzir microrganismos por meio de pelos, patas e fezes, contaminando o ambiente, os equipamentos e o produto final. A Embrapa reforça que tais animais devem ser mantidos fora da área de ordenha para garantir as condições higiênico-sanitárias exigidas (15).

Figura 5: Dados de pragas urbanas e/ou animais domésticos no ambiente de ordenha.




Fonte: Autores, 2025.

Figura 6: Animais domésticos próximas ao local de armazenamento de leite cru refrigerado

Fonte: Autores, 2025.

## ORDENHADORES

Nenhum ordenhador utilizava roupas adequadas para realizar a ordenha. Apenas 10% lavavam as mãos e antebraços antes da ordenha, utilizando somente água e 90% não lavavam (Figura 7).

O ordenhador desempenha um papel fundamental na aplicação das boas práticas de ordenha, sendo o principal responsável pela obtenção de leite de qualidade. Suas atribuições incluem o manuseio adequado dos equipamentos, o cuidado com os animais e a identificação de possíveis pontos críticos no processo. Para garantir a qualidade do leite, é essencial que o ordenhador tenha afinidade com a atividade, seja cauteloso e tranquilo, utilize vestimentas limpas e apropriadas, evite o consumo de alimentos, bebidas alcoólicas e o hábito de fumar durante a ordenha, além de adotar rigorosos hábitos de higiene (1).

Figura 7: Dados sobre os ordenhadores.

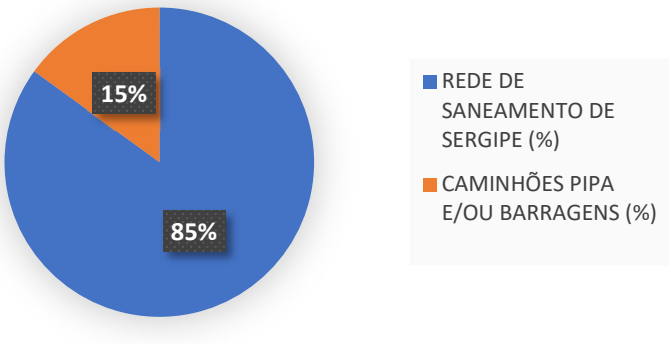
Fonte: Autores, 2025.

O não cumprimento das boas práticas de ordenha pode comprometer a qualidade do leite e causar prejuízos à saúde dos consumidores. A falta de higiene do ordenhador pode levar à contaminação do leite por bactérias, aumentando o risco de doenças.

## ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A água utilizada nos currais era 85% tratada e oriunda da companhia de saneamento de Sergipe e 15% de caminhões pipa ou barragens (Figura 8).

Figura 8: Dados sobre abastecimento de água.




Fonte: Autores, 2025.

O abastecimento de água deve garantir qualidade adequada e volume suficiente para assegurar uma pressão adequada, atendendo às necessidades do processo (13). A água é essencial para a limpeza de equipamentos, do ambiente e para a higiene do ordenhador. Se estiver contaminada, pode comprometer a qualidade do leite e aumentar os riscos de contaminação, por isso deve ser potável e tratada.

## QUANTIFICAÇÃO DA CONTAGEM DE CÉLULA SOMÁTICA (CCS) DO LEITE CRU ARMAZENADO EM TANQUE DE REFRIGERAÇÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos a partir da média da Contagem de Células Somáticas realizada em leite cru refrigerado em três coletas consecutivas.

Verifica-se que os valores variam de 50.000 a 275.000 CS/ml (células por mililitro). De acordo com a legislação brasileira, o leite cru refrigerado de tanque individual ou de uso comunitário deve apresentar médias geométricas trimestrais para a contagem de células somáticas de no máximo 500.000 CS/ml (3). Desta forma, constatou-se que todas as amostras analisadas apresentaram valores dentro do limite preconizado pela legislação.

Melo *et al.* (2021) em estudo semelhante sobre CCS obteve resultados das contagens de células somáticas (CCS) apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as 30 amostras de leite cru refrigerado, com valores variando entre 214.333 células/ml e 408.333 células/ml. Segundo a Instrução Normativa nº 76, o limite máximo permitido para CCS em leite cru refrigerado é de 500.000 células/ml, indicando que todas as amostras analisadas estão em conformidade com a legislação vigente (16).

Oliveira *et al*. (2025), ao comparar as médias de Contagem de Células Somáticas (CCS) entre as estações do ano de 2022, observou que os meses de outono apresentaram a maior média, aproximadamente 800.000 células por ml. As demais

estações, verão, inverno e primavera, apresentaram médias semelhantes, todas superiores a 600.000 células por ml (17).

Tabela 1: Contagem de Células Somáticas em leite cru refrigerado de 15 propriedades no Alto Sertão Sergipano

| Produtor/ Amostras | Contagem de Células Somáticas (CCS/ml) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1ª Coleta | 2ª Coleta | 3ª Coleta | Média geométrica trimestral |
| 1 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 |
| 2 | 50.000 | 50.000 | 75.000 | 58.333 |
| 3 | 75.000 | 50.000 | 50.000 | 58.333 |
| 4 | 50.000 | 75.000 | 75.000 | 66.667 |
| 5 | 100.000 | 100.000 | 50.000 | 83.333 |
| 6 | 50.000 | 50.000 | 150.000 | 83.333 |
| 7 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 |
| 8 | 200.000 | 50.000 | 50.000 | 100.000 |
| 9 | 50.000 | 50.000 | 75.000 | 58.333 |
| 10 | 50.000 | 50.000 | 100.000 | 66.667 |
| 11 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 |
| 12 | 50.000 | 250.000 | 50.000 | 116.667 |
| 13 | 75.000 | 75.000 | 50.000 | 66.667 |
| 14 | 175.000 | 200.000 | 75.000 | 150.000 |
| 15 | 275.000 | 75.000 | 75.000 | 141.667 |

Fonte: Autores, 2025.

## QUANTIFICAÇÃO DA CONTAGEM PADRÃO EM PLACA (CPP) DO LEITE ARMAZENADO EM TANQUE DE REFRIGERAÇÃO

De acordo com a legislação brasileira, o leite cru refrigerado de tanque individual ou de uso comunitário deve apresentar médias geométricas trimestrais para a contagem padrão em placas de no máximo 3,0 x $10^5$ UFC/ml (3). Desta forma, constatou-se que apenas 6,7% das amostras analisadas apresentaram se valores dentro do preconizado pela legislação vigente para a contagem padrão em placas (Tabela 2).

A alta Contagem Padrão em Placas (CPP) no leite cru indica contaminação microbiológica excessiva, geralmente causada por falhas na higiene durante a ordenha e no armazenamento. Essa condição pode comprometer a qualidade sensorial do leite, reduzir sua vida útil, dificultar o processamento industrial e até representar riscos à saúde do consumidor. Além disso, pode levar à desvalorização econômica do produto na cadeia produtiva (18).

Ströher *et al.* (2023), ao realizarem a contagem padrão em placas do leite cru refrigerado revelou inconformidade em três produtores, representando 8,57% das amostras analisadas. A média da CPP nessas amostras foi de 111.000 UFC $ml^{-1}$, tendo como valor máximo 553.000 UFC/$ml^{-1}$ (19).

Tabela 2: Contagem padrão em placas em leite cru refrigerado de 15 propriedades no alto sertão sergipano

| Produtor/ Amostras | Contagem Padrão em Placas (UFC/ml) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1ª Coleta | 2ª Coleta | 3ª Coleta | Média geométrica trimestral |
| 1 | $8,3 \times 10^5$ | $8,0 \times 10^5$ | $1,5 \times 10^6$ | $1,0 \times 10^6$ |
| 2 | $1,6 \times 10^7$ | $1,8 \times 10^6$ | $7,3 \times 10^5$ | $6,2 \times 10^6$ |
| 3 | $2,2 \times 10^5$ | $2,2 \times 10^7$ | $1,9 \times 10^6$ | $8,0 \times 10^6$ |
| 4 | $2,1 \times 10^6$ | $<2,5 \times 10^1$ | $1,6 \times 10^6$ | $1,2 \times 10^6$ |
| 5 | $<2,5 \times 10^1$ | $5,2 \times 10^5$ | $5,3 \times 10^7$ | $1,8 \times 10^7$ |
| 6 | $1,8 \times 10^5$ | $1,7 \times 10^5$ | $2,0 \times 10^5$ | $1,8 \times 10^5$ |
| 7 | $1,0 \times 10^6$ | $6,9 \times 10^5$ | $1,2 \times 10^4$ | $5,7 \times 10^5$ |
| 8 | $1,5 \times 10^5$ | $<2,5 \times 10^1$ | $9,6 \times 10^6$ | $3,2 \times 10^6$ |
| 9 | $6,5 \times 10^5$ | $1,3 \times 10^5$ | $2,5 \times 10^5$ | $3,4 \times 10^5$ |
| 10 | $6,9 \times 10^5$ | $2,2 \times 10^5$ | $2,0 \times 10^5$ | $3,7 \times 10^5$ |
| 11 | $2,0 \times 10^5$ | $5,3 \times 10^7$ | $1,0 \times 10^6$ | $1,8 \times 10^7$ |
| 12 | $2,3 \times 10^6$ | $1,8 \times 10^6$ | $9,3 \times 10^7$ | $3,2 \times 10^7$ |
| 13 | $1,7 \times 10^6$ | $5,9 \times 10^7$ | $1,3 \times 10^6$ | $2,1 \times 10^7$ |
| 14 | $1,8 \times 10^6$ | $4,7 \times 10^5$ | $>2,5 \times 10^6$ | $1,6 \times 10^6$ |
| 15 | $1,8 \times 10^6$ | $1,7 \times 10^4$ | $9,2 \times 10^5$ | $9,1 \times 10^5$ |

Fonte: Autores, 2025.

O tratamento clínico da vaca acometida por algum tipo de infecção no canal dos tetos (mastites), no próprio úbere ou por outra via de administração do fármaco, é feito na maioria das vezes, com a aplicação de antibióticos. O leite de vacas em tratamento com antibióticos não pode ser utilizado para fins comerciais e consumo humano durante um período de no mínimo sete dias, em razão de os resíduos de antibióticos estarem presentes em quantidades consideráveis (20, 21).

Os resultados obtidos na pesquisa de resíduos de antibióticos das amostras de leite cru refrigerado nas três coletas realizadas estão apresentados na Tabela 3.

Atualmente a legislação brasileira preconiza análises de no mínimo dois princípios ativos a cada recebimento para análises de resíduos de antibióticos de leite cru refrigerado (22). Este trabalho realizou a pesquisa de três princípios ativos (3 grupos) na qual detectou presença do grupo de tetraciclinas em 20% das amostras na primeira coleta, 6,7% nas amostras da segunda coleta e 13,3% nas amostras da terceira coleta. Nenhuma amostra apresentou presença do grupo de betalactâmicos e cefalexina.

A presença de resíduos de antibióticos no leite ocorre, geralmente, quando não é respeitado o período de carência após o tratamento das vacas com medicamentos veterinários. Esse resíduo pode causar sérios prejuízos à saúde pública, como reações alérgicas e o desenvolvimento de resistência bacteriana. Além disso, pode comprometer os processos industriais, especialmente os que dependem de fermentação, como a produção de queijos e iogurtes. A Instrução Normativa nº 76/2018 do MAPA determina que é responsabilidade do produtor garantir que o leite enviado esteja isento de resíduos antimicrobianos, sendo fundamental a realização de testes específicos antes do envio ao laticínio (3, 23).

Tabela 3**:** Resultados da análise de resíduos de antibióticos no leite cru refrigerado

| **Amostra/ Produtor** | **Resíduos de Antibióticos** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1ª Coleta** | | | **2ª Coleta** | | | **3ª Coleta** | | |
| | **Beta** | **Cefa** | **Tetra** | **Beta** | **Cefa** | **Tetra** | **Beta** | **Cefa** | **Tetra** |
| 1 | N | N | P | N | N | N | N | N | N |
| 2 | N | N | N | N | N | N | N | N | N |
| 3 | N | N | N | N | N | N | N | N | N |
| 4 | N | N | N | N | N | N | N | N | N |
| 5 | N | N | N | N | N | N | N | N | P |
| 6 | N | N | N | N | N | N | N | N | N |
| 7 | N | N | N | N | N | N | N | N | N |
| 8 | N | N | N | N | N | N | N | N | N |
| 9 | N | N | N | N | N | N | N | N | N |
| 10 | N | N | N | N | N | N | N | N | P |
| 11 | N | N | N | N | N | N | N | N | N |
| 12 | N | N | P | N | N | P | N | N | N |
| 13 | N | N | N | N | N | N | N | N | N |
| 14 | N | N | N | N | N | N | N | N | N |
| 15 | N | N | P | N | N | N | N | N | N |

N: Negativo; P: Positivo; Beta: Betalactâmicos; Cefa: Cefalexina; Tetra: Tetraciclinas.

Fonte: Autores, 2025.

No estado do Rio Grande do Norte, região Nordeste, Souza *et al.* (2017) realizaram a análises de leite cru provenientes de seis municípios. Durante o estudo, foi detectada a presença de resíduos de antibióticos pertencentes aos grupos dos betalactâmicos e tetraciclinas em 6,72% das amostras (5).

## AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS – QUÍMICOS DO LEITE CRU REFRIGERADO

Conforme pode ser observado nos resultados obtidos nas análises físico-químicas das amostras de leite cru refrigerado (Tabela 4), 24,4% das amostras

apresentaram em desacordo com os valores preconizados pela legislação vigente na análise de acidez titulável, 44,4% para crioscopia, 24,4% para densidade, 2,2% para gordura e 4,4% para extrato seco desengordurado. As amostras analisadas só atenderam totalmente em relação aos parâmetros quantitativos de teor de proteínas e lactose.

A acidez titulável do leite representa a quantidade de ácidos presentes, especialmente o ácido lático, sendo um indicador indireto da carga microbiana e da conservação do leite; valores elevados podem sugerir fermentação indesejada. A crioscopia avalia o ponto de congelamento do leite, utilizado principalmente para detectar fraudes por adição de água, uma vez que o leite possui um ponto de congelamento inferior ao da água pura. A densidade está relacionada à concentração de sólidos no leite, podendo indicar diluições ou retirada de componentes, como a gordura (3, 18, 24).

O teor de gordura é um dos principais parâmetros de qualidade e valor nutricional do leite, sendo essencial também para a fabricação de derivados. O extrato seco desengordurado (ESD) corresponde à soma dos sólidos presentes no leite, excluindo-se a gordura, como proteínas, lactose e minerais, refletindo a composição nutricional do produto. Já os teores de proteína e lactose são fundamentais para caracterizar o valor nutricional e energético do leite, influenciando suas propriedades tecnológicas e o rendimento industrial (18, 25).

Tabela 4: Resultados da análise físico-química do leite cru refrigerado em 15 propriedades do Alto Sertão Sergipano

| Amostras | Coleta | Acidez (°D) | Crioscopia (H°) | Densidade (g/ml) | Gordura (%) | ESD (%) | Proteína (%) | Lactose (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 20 | -0,521 | 1,034 | 3,22 | 9,43 | 3,48 | 5,17 |
| | 2 | 19 | -0,534 | 1,034 | 3,36 | 9,58 | 3,53 | 5,23 |
| | 3 | 17 | -0,533 | 1,030 | 3,58 | 8,85 | 3,07 | 5,68 |
| 2 | 1 | 19 | -0,530 | 1,040 | 3,90 | 10,0 | 3,69 | 5,47 |
| | 2 | 19 | -0,550 | 1,035 | 3,42 | 9,90 | 3,69 | 5,42 |
| | 3 | 16 | -0,534 | 1,033 | 3,42 | 8,93 | 3,26 | 5,05 |
| 3 | 1 | 19 | -0,514 | 1,034 | 3,32 | 9,48 | 3,49 | 5,19 |
| | 2 | 20 | -0,541 | 1,034 | 3,34 | 9,50 | 3,51 | 5,20 |
| | 3 | 17 | -0,526 | 1,031 | 3,28 | 8,45 | 3,12 | 4,82 |
| 4 | 1 | 19 | -0,524 | 1,034 | 3,49 | 9,54 | 3,53 | 5,24 |
| | 2 | 17 | -0,541 | 1,034 | 3,37 | 9,57 | 3,53 | 5,24 |
| | 3 | 17 | -0,527 | 1,034 | 3,52 | 8,52 | 3,13 | 5,06 |
| 5 | 1 | 18 | -0,525 | 1,034 | 3,58 | 9,71 | 3,58 | 5,27 |
| | 2 | 17 | -0,534 | 1,034 | 3,44 | 9,78 | 3,60 | 5,35 |
| | 3 | 17 | -0,528 | 1,032 | 3,54 | 8,61 | 3,26 | 5,21 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 1 | 17 | -0,529 | 1,034 | 4,28 | 9,78 | 3,61 | 5,34 |
| | 2 | 16 | -0,541 | 1,034 | 3,19 | 9,62 | 3,53 | 5,26 |
| | 3 | 16 | -0,532 | 1,034 | 2,93 | 8,15 | 3,98 | 5,21 |
| 7 | 1 | 18 | -0,514 | 1,035 | 4,06 | 9,99 | 3,69 | 5,46 |
| | 2 | 16 | -0,544 | 1,035 | 3,43 | 9,69 | 3,61 | 5,30 |
| | 3 | 16 | -0,520 | 1,034 | 3,41 | 8,81 | 3,22 | 5,03 |
| 8 | 1 | 17 | -0,514 | 1,035 | 4,06 | 9,99 | 3,69 | 5,46 |
| | 2 | 18 | -0,544 | 1,034 | 3,19 | 9,49 | 3,54 | 5,20 |
| | 3 | 17 | -0,509 | 1,034 | 3,43 | 8,44 | 3,12 | 5,20 |
| 9 | 1 | 17 | -0,522 | 1,034 | 3,35 | 9,58 | 3,53 | 5,24 |
| | 2 | 16 | -0,534 | 1,033 | 3,11 | 9,35 | 3,57 | 5,12 |
| | 3 | 14 | -0,501 | 1,034 | 3,51 | 8,33 | 3,15 | 5,18 |
| 10 | 1 | 19 | -0,515 | 1,035 | 3,35 | 9,80 | 3,61 | 5,36 |
| | 2 | 16 | -0,541 | 1,034 | 3,15 | 9,36 | 3,50 | 5,23 |
| | 3 | 15 | -0,527 | 1,034 | 3,64 | 8,93 | 3,29 | 5,48 |
| 11 | 1 | 20 | -0,536 | 1,034 | 4,94 | 9,58 | 3,59 | 5,34 |
| | 2 | 17 | -0,534 | 1,033 | 3,24 | 9,52 | 3,45 | 5,12 |
| | 3 | 16 | -0,527 | 1,033 | 3,47 | 8,44 | 3,18 | 5,27 |
| 12 | 1 | 18 | -0,518 | 1,031 | 4,63 | 9,99 | 3,50 | 5,13 |
| | 2 | 17 | -0,534 | 1,033 | 3,24 | 9,52 | 3,45 | 5,12 |
| | 3 | 17 | -0,545 | 1,033 | 3,58 | 8,63 | 3,23 | 5,26 |
| 13 | 1 | 18 | -0,537 | 1,035 | 3,58 | 9,46 | 3,68 | 5,40 |
| | 2 | 16 | -0,539 | 1,034 | 3,35 | 9,77 | 3,45 | 5,19 |
| | 3 | 17 | -0,523 | 1,035 | 3,55 | 8,61 | 3,21 | 5,20 |
| 14 | 1 | 17 | -0,534 | 1,035 | 3,55 | 9,86 | 3,63 | 5,40 |
| | 2 | 17 | -0,540 | 1,035 | 3,34 | 9,71 | 3,61 | 5,34 |
| | 3 | 16 | -0,531 | 1,034 | 3,56 | 8,73 | 3,16 | 5,25 |
| 15 | 1 | 19 | -0,521 | 1,034 | 3,23 | 9,54 | 3,52 | 5,23 |
| | 2 | 17 | -0,534 | 1,035 | 3,03 | 9,68 | 3,57 | 5,31 |
| | 3 | 15 | -0,533 | 1,033 | 3,42 | 8,73 | 3,19 | 5,03 |
| Legislação (3) | | 14 a 18 | -0,530 a -0,555 | 1,028 a 1,034 | Mín 3,0 | Mín 8,4 | Min 2,9 | Mín 4,3 |
| % em desacordo | | 24,4 | 44,4 | 24,4 | 2,2 | 4,4 | 0 | 0 |

Fonte: Autores, 2025.

Sobreira (2022), em sua pesquisa de leite cru refrigerado no Sertão Sergipano nas cidades de Nossa Senhora da Glória, Nossa Senhora Aparecida e Feira Nova analisou três amostras em duplicata e identificou que 22,23% dos produtores analisados não atingiram o teor mínimo de 4,3 g/100 g de lactose no leite cru. Para o Extrato Seco Total (EST), 11,12% das propriedades apresentaram valores abaixo do mínimo exigido de 11,4 g/100 g. Para o Extrato Seco Desengordurado (ESD) não foi atingido o valor mínimo de 8,4 g/100 g em 22,22% das propriedades avaliadas (26).

Em um estudo semelhante, Arbello *et al.* (2021) analisaram o Ponto de Congelamento do leite e identificou que das quinze amostras, seis (40%) apresentaram valores fora dos limites permitidos. Além disso, observou-se que a acidez das amostras

também estava em desacordo com os padrões estabelecidos, com seis amostras (40%) dos produtores analisados apresentando valores inadequados (27).

As irregularidades nos parâmetros físico-químicos do leite cru refrigerado, como acidez elevada, alterações na crioscopia e baixa gordura, afetam diretamente os processos tecnológicos e a qualidade dos derivados lácteos. Esses desvios podem indicar adulterações ou má conservação, prejudicando o rendimento, a textura e o sabor dos produtos finais (3).

## CONCLUSÕES

Conclui-se que o leite cru refrigerado produzido no Alto Sertão Sergipano ainda enfrenta desafios significativos no que se refere à qualidade higiênico-sanitária e à conformidade com as exigências estabelecidas pelas legislações vigentes do Ministério da Agricultura e Pecuária do Brasil. Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de políticas públicas mais eficazes, incentivo à capacitação dos produtores e maior suporte técnico, visando à melhoria dos processos de produção, ao controle da mastite bovina e à redução do uso inadequado de antibióticos. Tais medidas são essenciais para garantir a segurança do alimento, a valorização da cadeia produtiva e o fortalecimento da agroindústria regional.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Sergipe, Campus Nossa Senhora da Glória e a Pró-reitoria de Pesquisa e Extensão, pelo apoio institucional, técnico, científico e financeiro indispensáveis à realização desta pesquisa. Estendemos nossos sinceros agradecimentos ao Laticínios Lac Glória e aos produtores de leite da região, que gentilmente colaboraram com a pesquisa, contribuindo de forma essencial para o desenvolvimento deste estudo.

## REFERÊNCIAS

1. Santos TC. Diagnóstico do ambiente de ordenha em propriedades rurais do Alto Sertão Sergipano (Trabalho de Conclusão de Curso). Nossa Senhora da Glória (SE): Universidade Federal de Sergipe; 2020. Disponível em: https://ri.ufs.br/handle/riufs/15632.
2. Andrade MJC, Araújo JH, Macedo AML. Cadeia produtiva do leite em Santa Rosa do Ermírio (Poço Redondo/SE). Geop (UFRRJ) (Internet). 2024;29(1):42–59. Disponível em: https://www.scielo.br/j/geop/a/cVMP3JbzQJ8CGBdGFzFCLzp/?format=pdf&lang=pt.

3. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Diário Oficial da União. 2018 nov 30; seção 1(230):9.
4. Müller T, Rempel C. Qualidade do leite bovino produzido no Brasil – parâmetros físico-químicos e microbiológicos: uma revisão integrativa. Vigil Sanit Deb (Internet). 2021;9(3):122–9. Disponível em: https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/download/1738/1325/12388
5. Souza LB, Fernandes Júnior A, Santos EA, Rocha E, Costa J, Almeida L. Resíduos de antimicrobianos em leite bovino cru no estado do Rio Grande do Norte. Ciênc Anim Bras (Internet). 2017;18:e23050. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1089-6891v18e-23050.
6. BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017 — Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Diário Oficial da União. 2017 mar 29.
7. Silva DBC, Almeida LFM, Oliveira Júnior A, Souza S, Pereira R. Antibacterianos e condutas adotadas por produtores de leite em Goiás, Brasil. Ciênc Anim Bras (Internet). 2023;24. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1809-6891v24e-73715P.
8. Rodrigues MX. Presença de resíduos de antibióticos em leite e derivados: riscos à saúde humana e prejuízos à indústria de laticínios. Segur Aliment Nutr (Internet). 2013;20(2):1–12. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8634609.
9. Lopes MA, Pereira AL, Silva RF, Santos DC, Almeida AM, Carvalho LF. Influência da contagem de células somáticas sobre o impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos leiteiros. Arq Inst Biol São Paulo (Internet). 2011;78(4):493–499. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1808-1657v78p4932011.
10. Lacerda LM, Mota RA, Sena MJ. Contagem de células somáticas, composição e contagem bacteriana total do leite de propriedades leiteiras nos municípios de Miranda do Norte, Itapecurú–Mirim e Santa Rita, Maranhão. Arq Inst Biol São Paulo (Internet). 2010;77(2):209–215. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1808-1657v77p2092010.
11. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. Diário Oficial da União. 2002 nov 6; Seção 1:196. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/anexos/anexo_res0275_21_10_2002_rep.pdf.
12. Santos WBR, Silva FG, Costa RS, Almeida ML. Mastite bovina: uma revisão. Colloquium Agrariae (Internet). 2017;13:301–314. Disponível em: https://journal.unoeste.br/suplementos/agrariae/vol13nr2/MASTITE%20BOVINA%20UMA%20REVIS%C3%83O.pdf.
13. Sibioni CC. Armazenamento do leite de vaca pós-ordenha: revisão bibliográfica (Trabalho de Conclusão de Curso). Jaboticabal (SP): Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; 2024. Disponível em: https://hdl.handle.net/11449/255545.
14. Augusto MCLS, Silva AB, Carvalho MP. Qualidade do leite cru: impactos na produção de derivados. MilkPoint Ventures Serviços de Inteligência de Mercado; 2022. Disponível em: https://www.milkpoint.com.br/colunas/lipaufv/qualidade-do-leite-Cru-impactos-na-producao-de-derivados-229719.
15. EMBRAPA. Cartilha Boas práticas de ordenha. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; 2017. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1084539/1/CartilhaBoasPraticasdeordenha.pdf.

16. Melo CWB, Santos VJ, Lima ER. Quimiometria na classificação de leite cru refrigerado. Segur Aliment Nutr (Internet). 2021;28:e021020. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8661832.
17. Oliveira GH, Silva A, Ferreira LM, Souza M. Contagem de células somáticas no leite: um estudo da influência sazonal com registros da região Noroeste do Rio Grande do Sul. Brazilian Journal of Development (Internet). 2025;11(2):e77519. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/77519.
18. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011. Diário Oficial da União. 2011 dez 30; seção 1(251):6.
19. Ströher JA, Pereira A, Rocha LS, Martins TL. Avaliação socioeconômica e parâmetros de qualidade do leite cru refrigerado de pequenas propriedades leiteiras do Vale do Taquari, RS. Cadernos de Ciência e Tecnologia (Internet). 2023;40:27206. Disponível em: http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2023.v40.27206.
20. Santos MV, Fonseca LFL. Estratégias de controle de mastite e melhoria da qualidade do leite. Barueri: Manole; 2007.
21. Brito MAVP, Silva JM, Oliveira LC. Padrão de infecção intramamária em rebanhos leiteiros: exame de todos os quartos mamários de vacas em lactação. Arq Bras Med Vet Zootec (Internet). 1999;51:129–135. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09351999000200001.
22. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 77, de 26 de novembro de 2018. Diário Oficial da União. 2018 nov 30; seção 1(230):10.
23. Ribeiro MG, Almeida LS, Costa FR, Santos DP. Resíduos de antibióticos no leite e implicações na saúde pública e na indústria. Rev Bras Med Vet (Internet). 2016;38(3):278–284.
24. Martins JF, Souza DP, Almeida FC. Qualidade do leite: uma abordagem prática. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; 2006. 120 p. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/tmpn5cnWWGzNZx6LqSCbrrB/?lang=pt
25. Fox PF, McSweeney PLH. Dairy Chemistry and Biochemistry. 2nd ed. London: Springer; 2015. 587 p.
26. Sobreira ACF, Oliveira TC, Silva RL, Costa GM. Perfil físico-químico e microbiológico de leite cru refrigerado produzido no Sertão Sergipano. Brazilian Journal of Development (Internet). 2022;8(3):20950–20963. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/45647.
27. Arbello DDR, Souza FL, Martins PC. Análise microbiológica e físico-química do leite produzido na cidade de Santana do Livramento, Rio Grande do Sul. Research, Society and Development (Internet). 2021;10(6):e15561. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15561.

# ERITROSINA E OUTROS CORANTES EM ALIMENTOS INFANTIS: RISCOS À SAÚDE E DESCOMPASSOS REGULATÓRIOS

# ERYTHROSINE AND OTHER DYES IN INFANT FOODS: HEALTH RISKS AND REGULATORY MISMATCHES

**DOI: 10.65747/conali2025v1c14**

**Anuara Juliet Matos Santos[1]; Gerla Castello Branco Chinelate[2]; Hellen Vitória Santos de Andrade[3]; João Batista Barbosa[4]; Juliana Serio[5]; Krause Gonçalves de Silveira Albuquerque[6]**

[1]Estudante do Curso de Superior em Tecnologia em Alimentos- CSTAL – IFS; [2]Engenharia de Alimentos - UFAPE; [3]Estudante do Curso Subsequente em Manutenção e Suporte em Informática- CSTMSI – IFS; [4]Docente/pesquisador do Depto de Alimentos – IFS; [5]Docente/pesquisador do Depto de Alimentos – IFS; [6]Engenharia de Alimentos – UFAPE.

Contato: anuara.santos026@academico.ifs.edu.br

**Resumo:** O presente estudo realiza uma análise comparativa sobre o uso de corantes alimentares em produtos voltados ao público infantil nos Estados Unidos e no Brasil, com foco nas regulamentações vigentes e implicações para a saúde. O objetivo é identificar diferenças nas legislações, nos tipos de corantes permitidos e na rotulagem, além de avaliar os riscos associados ao consumo por crianças. A metodologia envolveu a revisão das normas da ANVISA e da FDA, além da análise de 40 produtos comercializados no Brasil, como balas, pirulitos, marshmallows e chocolates. Os resultados revelam que o Brasil permite 14 corantes, enquanto os EUA autorizam apenas 8, com maior rigor na certificação e controle dos sintéticos. Observou-se o uso recorrente de corantes sintéticos em produtos brasileiros, incluindo substâncias banidas em outros países, como a eritrosina. A rotulagem brasileira apresenta lacunas, não destacando os corantes como ingredientes críticos, o que dificulta a conscientização dos consumidores. A ingestão diária aceitável (IDA) pode ser facilmente ultrapassada por crianças devido à baixa massa corporal e ao consumo frequente desses produtos. Conclui-se que há necessidade de revisão das políticas públicas brasileiras, maior alinhamento com padrões internacionais e estratégias educativas para reduzir a exposição infantil a aditivos potencialmente nocivos.

**Palavras–chave:** aditivos alimentares; corantes sintéticos; infância; legislação; saúde pública.

**Abstract:** This study presents a comparative analysis of the use of food colorants in products aimed at children in the United States and Brazil, focusing on current regulations and health implications. The objective is to identify differences in legislation, permitted colorants, and labeling practices, as well as assess risks associated with children's consumption. The methodology included a review of ANVISA and FDA regulations and an analysis of 40 products sold in Brazil, such as candies, lollipops, marshmallows, and chocolates. Results show that Brazil allows 14 colorants, while the US permits only 8, with stricter certification and control of synthetic additives. Frequent use of synthetic colorants was observed in Brazilian products, including substances banned in other countries, such as erythrosine. Brazilian labeling lacks emphasis on colorants as critical ingredients, hindering consumer awareness. Children are more

vulnerable to exceeding the acceptable daily intake (ADI) due to their lower body mass and frequent consumption. The study concludes that Brazilian public policies need revision, greater alignment with international standards, and educational strategies to reduce children's exposure to potentially harmful aditives.

**Keywords:** food additives; legislation; public health; synthetic colorants; Youth.

## INTRODUÇÃO

O consumo de alimentos ultraprocessados entre crianças tem apresentado cre scimento expressivo nos últimos anos, impulsionado por estratégias de marketing que exploram recursos visuais e personagens lúdicos para aumentar sua atratividade. Ess es produtos frequentemente contêm ingredientes desprovidos de valor nutricional, com o os corantes artificiais, cuja ingestão tem sido associada a efeitos adversos à saúde, i ncluindo reações alérgicas, quadros de hiperatividade e, em situações específicas, risc o potencial de desenvolvimento de tumores (1, 2).

A dificuldade em adotar hábitos alimentares mais saudáveis reflete, em grande parte, padrões inadequados presentes no ambiente familiar. O *Guia Alimentar para a População Brasileira* (2014) introduziu uma nova classificação dos alimentos, ressaltando a influência da natureza, do escopo e do propósito do processamento industrial sobre a qualidade do sistema alimentar e seus impactos na saúde (3). Ainda assim, a introdução precoce de produtos ultraprocessados na dieta infantil permanece comum, sendo impulsionada por estratégias de marketing que promovem alimentos ricos em açúcares e gorduras, em sua maioria destinados a crianças (4).

Grande parte desses produtos contém corantes alimentícios, aditivos que, embora aumentem a atratividade visual, não agregam valor nutricional e estão associados a possíveis efeitos adversos, como alergias, hiperatividade e risco de desenvolvimento de tumores quando consumidos em excesso (5). Corante é definido como substância ou mistura de substâncias capaz de intensificar a coloração de alimentos e bebidas, excluindo-se sucos e extratos vegetais naturalmente coloridos. Eles podem ser classificados como: orgânicos naturais (de origem vegetal ou animal), orgânicos sintéticos idênticos aos naturais, artificiais (sintéticos e ausentes na natureza), inorgânicos (à base de compostos minerais) e caramelos, obtidos de forma natural ou sintética (6).

Estudos indicam que os alimentos com maior quantidade de corantes são majoritariamente voltados ao consumo infantil, como produtos à base de cereais, confeitos, balas, gomas de mascar, xaropes para gelados, gelatinas, pudins, refrigerantes, iogurtes, leites aromatizados, *petit-suisse,* entre outros. Tais produtos frequentemente apresentam uma variedade de corantes sintéticos em suas formulações (7). Essa realidade é preocupante, pois os valores de Ingestão Diária Aceitável (IDA) são calculados de acordo com a massa corporal. Assim, crianças por apresentarem menor peso têm maior probabilidade de ultrapassar esses limites, aumentando o risco de reações adversas, risco que tende a ser menor em adultos devido à maior resistência fisiológica (8).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) monitora o uso desses aditivos com base em diretrizes internacionais, como as do *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* (JECFA), Codex Alimentarius e regulamentos do Mercosul (9). Essas normas visam estabelecer limites seguros de ingestão para prevenir problemas de saúde de curto e longo prazo (10). A legislação brasileira autoriza o uso de quatorze corantes, enquanto nos Estados Unidos apenas oito são permitidos atualmente (11). Em 2025, o corante eritrosina foi banido nos EUA devido à associação com risco de câncer; já a Noruega também proibiu o aditivo em 2025 após evidências de tumores em animais (12). No Brasil, apesar de permitido, seu possível banimento vem sendo discutido, uma vez que seu uso apresentar riscos a saúde, poderá ocorrer o banimento também no Brasil (13).

A crescente preocupação com a segurança alimentar tem impulsionado o debate sobre a redução do uso de aditivos. Uma medida recente foi a publicação da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 727, de 2022, que aprimora a rotulagem nutricional de alimentos embalados, introduzindo, por exemplo, a lupa frontal para advertir sobre nutrientes críticos. No entanto, a norma não contempla os corantes, que permanecem ausentes da tabela nutricional, apesar dos potenciais riscos associados (14).

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar e comparar o uso de corantes alimentares em produtos infantis nos Estados Unidos e no Brasil, destacando as diferenças nas regulamentações e sua aplicação pela indústria alimentícia, bem como discutir seus possíveis impactos na saúde do público infantil.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo configura-se como uma pesquisa documental de caráter comparativo, com abordagem quantitativa, direcionada à análise da rotulagem de

corantes alimentares presentes em produtos infantis comercializados no Brasil e nos Estados Unidos. Seu objetivo central é identificar divergências nas regulamentações vigentes entre os dois países, bem como avaliar a frequência de uso de corantes cuja autorização é restrita em um deles, mas ainda permitida no outro.

*1. Levantamento das regulamentações vigentes*

### 1.1. Brasil: Regulamentação pela ANVISA no âmbito do Mercosul

No Brasil, a regulação de corantes alimentares é competência da **Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)**, que atua em conformidade com as diretrizes técnicas harmonizadas no âmbito do **Mercosul**. Conforme estabelece a Instrução Normativa nº 211/2023, o sistema regulatório brasileiro adota o princípio da **lista positiva**, permitindo exclusivamente o uso de aditivos expressamente autorizados, com limites máximos estabelecidos para cada categoria de alimento (15).

O marco regulatório principal é estabelecido pela **Instrução Normativa (IN) nº 211, de 1º de março de 2023**, que consolida as listas de aditivos alimentares permitidos, incluindo corantes, com suas respectivas condições de uso. Esta norma é periodicamente atualizada por atos normativos subsequentes, como a **IN nº 286/2024** e a **IN nº 334/2024**, que realizam ajustes técnicos e incorporam novas evidências científicas (15, 16, 17).

No que se refere à rotulagem, a **Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 727/2022** estabelece a obrigatoriedade de declaração da função tecnológica do aditivo, seguida de seu nome específico ou do código INS (Sistema Internacional de Numeração de Aditivos Alimentares), garantindo assim transparência ao consumidor (14).

### 1.2. Estados Unidos: Regulamentação pela Food and Drug Administration (FDA)

Nos Estados Unidos, a regulação de corantes alimentares é de responsabilidade da **Food and Drug Administration (FDA)**, fundamentada no **Título 21 do Code of Federal Regulations (CFR)**. O sistema norte-americano classifica os corantes em duas categorias distintas:

1. **Corantes isentos de certificação (21 CFR Part 73)**: Constituídos majoritariamente por corantes de origem natural, que não requerem certificação obrigatória (18);

2. **Corantes sujeitos à certificação (21 CFR Part 74)**: Referem-se aos corantes sintéticos, designados como **FD&C Colors**, que exigem certificação de lote antes da comercialização( 19).

Diferentemente do sistema brasileiro, os corantes sintéticos nos EUA como FD&C Blue 1, Red 40 e Yellow 5 estão submetidos a um rigoroso sistema de **certificação por lote**, que avalia a pureza e conformidade de cada produção. As disposições de rotulagem são estabelecidas na **21 CFR 101.22**, permitindo a identificação dos corantes tanto pelo nome comum quanto pela nomenclatura FD&C (20).

### 1.3. Base Científica Internacional

Para contextualizar as decisões regulatórias de ambos os países, consultaram-se ainda documentos de referência internacional, incluindo:

- Normas do **Codex Alimentarius**, em especial o *General Standard for Food Additives* (GSFA);
- Relatórios de avaliação de segurança do **Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)**;
- Diretrizes técnicas da **Organização Mundial da Saúde (OMS)** e da **Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO)**.

Estas fontes fornecem o embasamento científico comum que orienta as decisões regulatórias em ambos os países, ainda que suas implementações nacionais apresentem particularidades (21).

### 2. Seleção e análise de produtos infantis

A análise documental foi complementada por um estudo de 40 produtos pertencentes à categoria de guloseimas infantis comercializadas no Brasil. A amostra incluiu itens como marshmallows, balas de goma (jujubas), gomas de mascar, chocolates, pirulitos e guloseimas com formatos lúdicos (como ursos, frutas e tubos), selecionados com o objetivo de representar a diversidade de produtos disponíveis no mercado nacional.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seleção e análise documental foram fundamentais para possibilitar a comparação das legislações atualmente vigentes, incluindo resoluções como a RDC (Brasil), as normas da FDA (EUA) e o Codex Alimentarius, permitindo um melhor

entendimento sobre o uso de aditivos alimentares. Além da análise documental, o estudo foi complementado pela avaliação de 40 produtos infantis, pertencentes à categoria de guloseimas comercializadas no Brasil, conforme detalhado na Tabela 1.

**Tabela 1** - Categorização dos produtos analisados no estudo.

| Categoria de Guloseima | Exemplos de Produtos Incluídos na Amostra |
|---|---|
| Marshmallow | Marshmallow tradicional |
| Jujuba | Jujubas Sortidas |
| Amendoim Confeitado | Amendoim com coberturas coloridas |
| Balas Coloridas | Balas sortidas e coloridas |
| Goma de Mascar | Goma de marcas tradicional |
| Guloseimas Sabor Tutti-Frutti | Diversas (Sabor tutti-frutti) |
| Goma de Mascar Sabor Tutti-Frutti | Goma de marcar (Sabor tutti-frutti) |
| Balas de Goma | Ursinhos de goma, entre outros formatos variados. |
| Chocolates | Em barra, bombom, chocolate com coco |
| Guloseimas Sabor Tutti-Frutti Formato Tubo | Formato de tubo (Sabor tutti-frutti) |

Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa, 2025.

A amostra foi composta por itens como marshmallows, balas de goma (jujubas), gomas de mascar, chocolates, pirulitos e guloseimas com formatos lúdicos (ursos, frutas, tubos), os quais foram selecionados para representar a diversidade de produtos disponíveis no mercado brasileiro. A identificação dos corantes em cada produto foi realizada mediante análise de seus rótulos, cujos resultados consolidados encontram-se na **Tabela 2**:

**Tabela 2 -** Categorização dos produtos analisados

| Guloseima (BR) | Corantes Identificados (INS | Nome Comum (BR/EUA) | Status No Brasil | Status No EUA (FDA) | Quantidade |
|---|---|---|---|---|---|
| Marshmallow | Ins 102, Ins 110, Ins 129 | Tartazina, Amarelo Crepusculo Fcf, Vermelho 40 | Permitido | Permitido | 4 |
| Jujuba | Ins 102, Ins 110, Ins 129, Ins 133, Ins 127 | Tartazina, Amarelo Crepusculo Fcf, Vermelho 40, Azul Brilhante Fcf, Eritrosina | Permitido | Não Permitido | 3 |
| Amendoim Confeitado | Ins 1 102, Ins 129, Ins 133 | Tartazina, Vermelho 40, Azul Brilante Fcf | Permitido | Permitido | 2 |
| Balas Coloridas | Ins 102, Ins 110, Ins 129, Ins 133 | Tartazina, Amarelo Crepusculo Fcf, Vermelho 40, Azul Brilhante Fcf | Permitido | Permitido | 5 |
| Goma De Mascar | Ins 102, Ins 110, Ins, 129, Ins 133 | Tartazina, Amarelo Crepusculo Fcf, Vermelho 40, Azul Brilhante Fcf | Permitido | Permitido | 3 |
| Guloseimas Sabor Tutti-Frutti | Ins 102, Ins 110, Ins 129, Ins 133, Ins 127 | Tartazina, Amarelo Crepusculo Fcf, Vermelho 40, Azul Brilhante Fcf, Eritrosina | Permitido | Não Permitido | 5 |

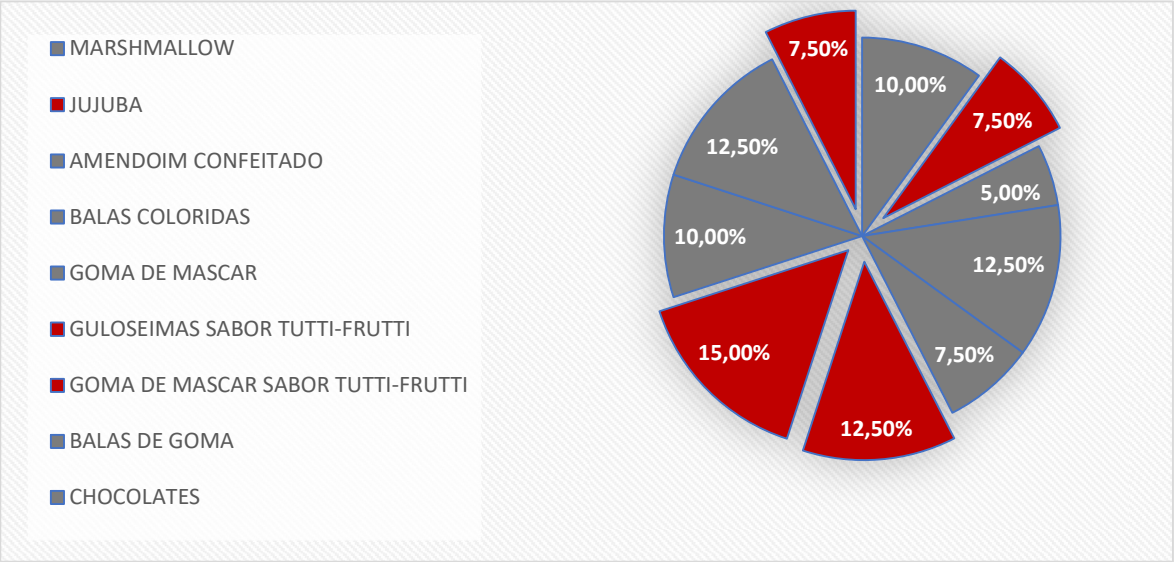
| Guloseima (BR) | Corantes Identificados (INS | Nome Comum (BR/EUA) | Status No Brasil | Status No EUA (FDA) | Quantidade |
|---|---|---|---|---|---|
| Goma De Mascar Sabor Tutti-Frutti | Ins 102, Ins 110, Ins 129, Ins 133, Ins 127 | Tartazina, Amarelo Crepusculo Fcf, Vermelho 40, Azul | Permitido | Não Permitido | 6 |
| Balas De Goma | Ins 102, Ins 129 | Tartazina, Vermelho 40 | Permitido | Permitido | 4 |
| Chocolates | Ins 129, Ins 150d, | Vermelho 40, Caramelo Iv | Permitido | Permitido | 5 |
| Guloseimas Sabor Tutti-Frutti Formato Tubo | Ins 102, Ins 110, Ins 129, Ins 133, Ins 127 | Tartazina, Amarelo Crepusculo Fcf, Vermelho 40, Azul Brilhante Fcf, Eritrosina | Permitido | Não Permitido | 3 |
| **TOTAL** | | | | | **40** |

Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa, 2025.

A análise dos 40 produtos infantis revelou predomínio de corantes artificiais como tartrazina (INS 102), amarelo crepúsculo FCF (INS 110), vermelho 40 (INS 129) e azul brilhante FCF (INS 133).

A tabela de Corantes por Categoria de Produto (Tabela 1) apresenta a quantidade itens por categoria de produtos analisados sendo eles os corantes identificados, seus nomes comuns, status regulatório no Brasil e nos EUA. Outro aspecto crítico identificado foi a presença de eritrosina (INS 127) em algumas categorias, como jujubas e guloseimas sabor tutti-frutti, esses dados estão apresentados no figura 1 abaixo:

Figura 1. Percentual por produtos analisados que contém Eritrosina (em vermelho) e produtos que não contém Eritrosina (em verde).




Fonte: autores, 2025

Esses aditivos estão entre os mais consumidos por crianças em diferentes países e têm sido associados a potenciais riscos à saúde quando a ingestão ultrapassa a Ingestão Diária Aceitável (IDA). Estudos recentes reforçam essa preocupação: no Brasil, pesquisa com pré-escolares demonstrou que parte das crianças já excede a IDA de determinados corantes (8). De forma semelhante, em estudo realizado na Turquia, o consumo de guloseimas e bebidas artificiais levou pré-escolares a ultrapassar os limites para tartrazina e vermelho 40 (24).

Esses achados são particularmente preocupantes no público infantil, já que a menor massa corporal aumenta a probabilidade de exceder os limites seguros. Além disso, há evidências de que a ingestão frequente de ultraprocessados coloridos

artificialmente pode contribuir para quadros de hiperatividade e distúrbios de comportamento (2). Isso reforça a necessidade de políticas de restrição e de educação alimentar voltadas para esse grupo populacional.

A eritrosina foi banido nos Estados Unidos em 2025, após evidências de risco carcinogênico em modelos animais, decisão acompanhada também por países europeus (11, 13). A manutenção de seu uso no Brasil revela um atraso regulatório que pode ampliar a exposição infantil a riscos desnecessários. Nesse sentido, o alinhamento das normas nacionais com os padrões internacionais mais restritivos torna-se essencial para reduzir discrepâncias e proteger a saúde dos consumidores mais vulneráveis.

No tocante à rotulagem, observou-se que, embora os corantes estejam listados nos rótulos, não recebem o mesmo destaque que nutrientes críticos (açúcares, gorduras e sódio), conforme estabelecido pela RDC nº 727/2022 (14). Isso dificulta que pais e responsáveis identifiquem rapidamente a presença desses aditivos. Em contraste, a FDA exige rotulagem clara dos corantes sintéticos, tanto pelo nome comum quanto pela nomenclatura FD&C, além da certificação de pureza por lote (2). Essa diferença pode impactar diretamente a consciência do consumidor e a capacidade de fazer escolhas.

Portanto, os dados obtidos neste estudo reforçam a necessidade de revisão da legislação brasileira, especialmente quanto ao banimento de substâncias questionadas internacionalmente e ao aprimoramento da rotulagem. Além disso, surge a implementação de estratégias educativas voltadas para reduzir o consumo de produtos ultraprocessados ricos em aditivos artificiais, incentivando alternativas mais naturais, que já vêm sendo exploradas pela indústria alimentícia (9).

## CONCLUSÕES

Este estudo revelou discrepâncias relevantes entre as regulamentações brasileiras e norte-americanas quanto ao uso de corantes artificiais em alimentos infantis. Enquanto os Estados Unidos adotam critérios mais restritivos, o Brasil ainda permite substâncias como a eritrosina, associada a riscos carcinogênicos e já banida em outros países.

A análise dos rótulos mostrou que, embora os corantes sejam declarados, sua identificação é pouco acessível ao consumidor, dificultando escolhas alimentares seguras para crianças. Diante disso, é urgente revisar a legislação brasileira, aprimorar

a rotulagem de aditivos e promover estratégias educativas que incentivem o consumo de alternativas naturais desde a infância.

## REFERÊNCIAS


1. ALMEIDA, G. M.; KAMISNKI, T. A. A nova rotulagem nutricional para alimentos embalados: principais modificações nos rótulos dos produtos alimentícios. *Brazilian Journal of Food Research*, Campo Mourão, v. 13, n. 3, p. 13-35, 2022.

2. LOUZADA, M. L. C. et al. Impacto do consumo de alimentos ultraprocessados na saúde de crianças, adolescentes e adultos: revisão de escopo. *Cadernos de Saúde Pública*, 2021. Disponível em: https://www.scielo.br/j/csp/a/57BygZjXKGrzqFTTSWPh8CC/. Acesso em: 23 ago. 2025.

3. JESUS, J. A. A.; CASTRO, M. R. P. O guia alimentar para a população brasileira no discurso de uma transnacional de bebidas açucaradas na internet. *Programa de Iniciação Científica – PIC/UniCEUB – Relatórios de Pesquisa*, v. 3, n. 1, 2017.

4. APARÍCIO, G. Ajudar a desenvolver hábitos alimentares saudáveis na infância. *Millenium – Journal of Education, Technologies, and Health*, n. 38, p. 283-298, 2016.

5. SOUZA, B. A. et al. Aditivos alimentares: aspectos tecnológicos e impactos na saúde humana. *Revista Contexto & Saúde*, v. 19, n. 36, 2019.

6. MENDONÇA, E. R. et al. Corantes na indústria de alimentos. *Revista de Química Industrial*, n. 771, p. 54-64, 2014. Disponível em: https://www.abq.org.br/rqi/2014/771/RQI-771-pagina54-Artigo-Tecnico.pdf. Acesso em: 31 ago. 2025.

7. GOMES, L. M. M. Inclusão de carotenóides de pimentão vermelho em ciclodextrinas e avaliação da sua estabilidade, visando aplicação em alimentos. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

8. SILVA, A. O. A. Investigação do consumo de corantes sintéticos por crianças em fase pré-escolar no município de Macau/RN. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Angicos, Angicos-RN, 2022.

9. HAMERSKI, L.; REZENDE, M. J. C.; SILVA, B. V. Usando as cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia. *Revista Virtual de Química*, v. 5, n. 3, p. 394-420, 2013.

10. BATISTA, J. V. R. Microbiologia dos alimentos e o papel dos conservantes: revisão bibliográfica. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Cesumar, Maringá, 2020.

11. MALINOSKI, A. Corantes alimentícios artificiais: depois dos EUA, Brasil pode proibir? *GaúchaZH*, Porto Alegre, 6 maio 2025. Disponível em: https://gauchazh.clicrbs.com.br/saude/noticia/2025/04/intencao-dos-eua-de-proibir-

corantes-alimenticios-artificiais-pode-influenciar-o-brasil-cma3081d400v4014opimpycua.html. Acesso em: 31 ago. 2025.

12. IDEC – INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR. Pesquisa "Guloseimas perigosas": utilização de corantes em alimentos e irregularidades na rotulagem. *Revista do Idec*, n. 102, p. 22–23, 2006. Disponível em: https://www.idec.org.br/uploads/revistas_materias/pdfs/2006-08-ed102-pesquisa-corantes.pdf. Acesso em: 30 ago. 2025.

13. CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA – 4ª REGIÃO (CRQ-SP). A proibição do corante vermelho eritrosina nos EUA pode chegar ao Brasil? São Paulo: CRQ-SP, 24 jan. 2025. Disponível em: https://crqsp.org.br/a-proibicao-do-corante-vermelho-eritrosina-nos-eua-pode-chegar-ao-brasil/. Acesso em: 31 ago. 2025.

14. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 727, de 1º de julho de 2022. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 1 jul. 2022. Seção 1, p. 100.

15. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Sistema Internacional de Numeração de Aditivos Alimentares – INS. Brasília: ANVISA, 2010. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-de-produtos-origem-vegetal/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/sistema-internacional-de-numeracao-de-aditivos-alimentares-ins.pdf/@@download/file. Acesso em: 23 ago. 2025.

16. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa – IN nº 211, de 1º de março de 2023. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 1 mar. 2023. Seção 1, p. 85.

17. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa – IN nº 286, de 25 de abril de 2024. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 25 abr. 2024. Seção 1, p. 72.

18. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa – IN nº 334, de 2 de agosto de 2024. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2 ago. 2024. Seção 1, p. 94.

19. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). 21 CFR Part 73 – Listing of Color Additives Exempt from Certification. Washington, DC, 2024.

20. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). 21 CFR Part 74 – Listing of Color Additives Subject to Certification. Washington, DC, 2024.

21. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). 21 CFR Part 101.22 – Food Labeling. Washington, DC, 2024.

22. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Disponível em: https://www.who.int/groups/jecfa. Acesso em: 24 ago. 2025.

23. SILVA AOA. Investigação do consumo de corantes sintéticos por crianças em fase pré- escolar no município de Macau/RN (Trabalho de Conclusão de Curso). Angicos: Universidade Federal Rural do Semi-Árido; 2022.

24. KARAMAN Ş, ÖZKAN G. EXPOSURE assessment of synthetic food dyes among preschool children in Turkey. Food Addit Contam Part B. 2023;16(2):131-40.

# PROCESSO CINÉTICO FERMENTATIVO DE MEL DE ABELHA PARA PRODUÇÃO DE BEBIDA MISTA

# KINETIC FERMENTATION PROCESS OF BEE HONEY FOR PRODUCTION OF MIXED BEVERAGES

**DOI: 10.65747/conali2025v1c15**

**Arthur Fernandes Araújo[1], Natália Ferreira Negreiros[2], Jordan Dias de Souza Silva[3], Vitória Larissa Melquíades da Silva[4], Deyzi Santos Gouveia[5], Adriano Sant'ana Silva[6]**

[1]Engenheiro de Alimentos - CCTA - UFCG; [2]Estudante do Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - CCT – UFPB; [3]Estudante do Curso de Mestrado em Engenharia de Alimentos - CTRN – UFCG; [4]Estudante do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola - CTRN – UFCG; [5]Docente do Depto de Engenharia de Alimentos – CTRN – UFCG [6]Docente do Depto de Engenharia de Alimentos – CTRN – UFCG

Contato: engaliarthur.fernandes@gmail.com

**Resumo:** O uso de mel de abelha na elaboração de bebidas alcoólicas mistas acompanhando processo fermentativo para melhorias de otimização e valorização dessa classe de produtos se demonstra uma alternativa promissora, especialmente para as regiões do Nordeste do Brasil, visto que se trata de um produto regional muito consumido, agregando valor à produção apícola. No entanto, ainda são escassos os estudos que avaliam as variáveis que influenciam no processo de fermentação. Dentro dessa perspectiva o presente estudo teve como objetivo analisar o comportamento cinético da fermentação alcoólica do mel de abelha com adição de lúpulo, visando a produção de uma bebida alcoólica mista. Foram conduzidos quatro experimentos variando as concentrações de sólidos solúveis totais (10 e 18 °Brix) e de levedura *Saccharomyces cerevisiae*, além de um ponto central com quatro repetições, verificando quais variáveis têm interferência no processo. O processo fermentativo foi monitorado quanto ao consumo de açúcares redutores, produção de etanol e concentração celular. Os resultados demonstraram que a produção de etanol foi influenciada significativamente apenas pela concentração de substrato, enquanto a concentração de leveduras não exerceu efeito relevante, o que é um ponto positivo da perspectiva econômica para a indústria. Observou-se consumo de aproximadamente 80% dos açúcares redutores nos experimentos com maior carga de levedura, atingindo teores de 11,7 g/L e 38,3 g/L em 48 horas. A maior produção de etanol foi registrada nos experimentos 3 e 4, com 69,52 g/L. A caracterização físico-química do mel confirmou a adequação aos padrões legais exigidos pela legislação vigente. Ainda verificou-se uma discreta redução nos açúcares redutores nos mostos com maior concentração de leveduras, o que pode impactar no perfil sensorial da bebida. Conclui-se, portanto, que a produção de bebida alcoólica mista de mel de abelha e lúpulo é tecnicamente viável, representando uma alternativa de diversificação produtiva para o setor agroindustrial do Alto Sertão Paraibano e do Nordeste.

**Palavras–chave:** bebida alcoólica; leveduras, fermentação

**Abstract:** The use of honey in the preparation of mixed alcoholic beverages, accompanied by the fermentation process, to improve the optimization and value of this

class of products, has proven to be a promising alternative, especially for the Northeast regions of Brazil, as it is a widely consumed regional product, adding value to beekeeping production. However, studies evaluating the variables that influence the fermentation process are still scarce. From this perspective, the present study aimed to analyze the kinetic behavior of the alcoholic fermentation of honey with the addition of hops, aiming at the production of a mixed alcoholic beverage. Four experiments were conducted, varying the concentrations of total soluble solids (10 and 18°Brix) and Saccharomyces cerevisiae yeast, in addition to a central point with four replicates, verifying which variables influence the process. The fermentation process was monitored for reducing sugar consumption, ethanol production, and cell concentration. The results demonstrated that ethanol production was significantly influenced only by substrate concentration, while yeast concentration had no significant effect, which is a positive economic outlook for the industry. Approximately 80% of the reducing sugars were consumed in the experiments with the highest yeast load, reaching levels of 11.7 g/L and 38.3 g/L within 48 hours. The highest ethanol production was recorded in experiments 3 and 4, with 69.52 g/L. The physicochemical characterization of the honey confirmed compliance with the legal standards required by current legislation. A slight reduction in reducing sugars was also observed in the musts with the highest yeast concentration, which may impact the beverage's sensory profile. Therefore, it is concluded that the production of a mixed alcoholic beverage from honey and hops is technically feasible, representing an alternative for productive diversification for the agroindustrial sector of the Alto Sertão region of Paraíba and the Northeast.

**Keywords:** alcoholic beverage; yeast, fermentation

## INTRODUÇÃO

O mel de abelha é um dos alimentos mais antigos consumidos pelo ser humano, sendo amplamente valorizado não apenas por seu sabor, mas também por suas propriedades funcionais, como ação antimicrobiana, antioxidante e nutricional (1). No cenário apícola brasileiro, o mel é tradicionalmente produzido para comercialização como alimento in natura, porém a necessidade de diversificação de produtos e o aproveitamento de méis fora do padrão de comercialização estimulam a busca por alternativas industriais, como a elaboração de bebidas fermentadas.

As bebidas alcoólicas obtidas a partir do mel, como o hidromel, apresentam um mercado em expansão devido ao interesse dos consumidores por produtos artesanais e diferenciados (2). No entanto, a produção de bebidas alcoólicas mistas a partir do mel, que combinam ingredientes como frutas, especiarias ou lúpulo, surge como uma alternativa promissora para agregar valor, criar novas experiências sensoriais e ampliar o mercado de produtos fermentados (3, 4).

A fermentação do mel ocorre por meio da ação de leveduras, principalmente do gênero Saccharomyces, que convertem os açúcares em etanol e outros metabólitos (5). Entretanto, o processo cinético fermentativo do mel apresenta particularidades relacionadas à composição do substrato, como a elevada concentração de açúcares

simples, o baixo pH e a carência de nutrientes essenciais para o metabolismo microbiano, exigindo ajustes nos parâmetros fermentativos para garantir eficiência e qualidade do produto final (6, 7).

Além disso, a literatura ainda carece de estudos detalhados sobre as variáveis que influenciam a cinética da fermentação do mosto de mel para bebidas mistas, como a influência do °Brix, da concentração de leveduras e do tempo de fermentação. A compreensão desses fatores é fundamental para otimizar o processo e garantir a padronização da bebida (3).

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o processo cinético fermentativo do mel de abelha para a produção de uma bebida alcoólica mista, visando contribuir com o desenvolvimento tecnológico e com a diversificação da cadeia produtiva do mel no Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e Controle de Processos Químicos, da Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campus Pombal, Paraíba.

O mel de abelha (*Apis mellifera*) decantado foi adquirido na Cooperativa dos Apicultores de Catolé do Rocha (COAPIL), em baldes de 25 quilogramas. Ao ser recepcionado no laboratório o mel foi caracterizado quanto à acidez total titulável, pH, açúcares redutores e redutores totais, sólidos solúveis totais, teor de cinzas, teor de umidade e hidroximetilfurfural.

### Planejamento experimental

O processo de fermentação do mosto de mel de abelha adicionado de lúpulo foi avaliado mediante a aplicação de um planejamento experimental 22 composto por 4 pontos centrais. As variáveis de entrada concentração de levedura e sólidos solúveis totais, foram utilizadas para se avaliar as respostas conversão (C) e fator de conversão em células (Yx/s)

Na Tabela 1 encontram-se, respectivamente, os níveis reais e codificados das variáveis de entrada estudados na fermentação alcoólica do mel de abelha. Os níveis reais foram estabelecidos mediante pesquisa na literatura especializada.

Tabela 1 – Níveis reais e codificados das variáveis de entrada empregados na fermentação alcoólica do mel de abelha

| **Variáveis de entrada** | **Níveis** | | |
|---|---|---|---|
| | **-1** | **0** | **+1** |
| Sólidos solúveis totais (°Brix) | 10 | 14 | 18 |
| Concentração de levedura (g/L) | 1 | 2,5 | 4 |

Fonte: dos autores (2025).

Para a análise dos resultados obtidos utilizou-se o programa computacional Statistica v.5.0. A partir da análise no programa computacional, foi possível obter o gráfico de Pareto, o modelo matemático para a representação dos dados experimentais, validar o modelo matemático por meio da análise de variância (ANOVA) e pelo gráfico de valores previstos versus valores observados, e gerar os gráficos de superfície de resposta e curvas de nível.

O gráfico de Pareto foi utilizado para avaliar os efeitos das variáveis sobre as respostas em estudo. A ANOVA dos modelos gerados válida se o mesmo representa e prediz com precisão o processo.

Os gráficos de superfície de resposta e curvas de nível representam graficamente o modelo matemático obtido e indicam o perfil das variáveis independentes sobre as respostas em estudo. O modelo matemático ainda foi avaliado quanto à significância de sua regressão ao nível de 95% de confiança, ao coeficiente de determinação (R2) e falta de ajuste (8).

**Processo fermentativo**

O modo de operação do processo fermentativo foi em batelada, sendo utilizados biorreatores em polipropileno de grau alimentício, com capacidade de 5 litros.

O mosto foi preparado mediante diluição do mel de abelha com água potável da rede pública, duplamente filtrada em filtro de carvão ativado, retenção de cloro C-III e retenção de partículas P-III (≥5 a <15 µm) e filtro de polipropileno atóxico, retenção de

partículas P-II (>1 a <5 μm). Diferentes mostos foram preparados mediante a diluição do mel de abelha e água, sendo os sólidos solúveis ajustados conforme planejamento experimental.

Para cada experimento, contendo 4 litros de mosto final foram adicionados 100 ppm de SO2, tendo o metabisulfito de potássio enológico (K2S2O5) (Indupropil) como fonte e 1 g de nutriente enológico da Perdomini-IOC® (fosfato de amônia dibásico - 23%; sulfato de amônio E517 - 63%; cloridrato de tiamina - 0,2% e excipiente perlita).

O lúpulo utilizado nos experimentos, foi o lúpulo Nugget, da LNF, com 13,3% de ácido alfa. A adição do lúpulo ocorreu no início da fermentação por maceração ("*dry hop*"), na concentração de 10 g/L.

Para a fermentação utilizou-se a levedura comercial da Perdomini-IOC®, Blastosel-Gama® (*Saccharomyces bayanus*). O preparo do inóculo consistiu na pesagem da levedura, conforme estabelecido no planejamento experimental, e posterior reidratação em 200 mL de mosto diluído a 8°Brix por 10 minutos.

Após este tempo, o frasco erlenmeyer de 500 mL contendo 200mL de mosto de mel de abelha e levedura foi levado para um agitador magnético para a propagação por 12 horas a 30 °C. As leveduras propagadas foram transferidas para os fermentadores para dar início a inoculação do mosto cervejeiro.

O acompanhamento do processo fermentativo, ocorreu mediante a coleta de alíquotas de 100 mL foram coletadas dos fermentadores em recipientes tipo PET nos tempos 0, 12, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas, para as análises físico-químicas.

**Análises físico-químicas**

Ao longo do processo fermentativo, as alíquotas coletadas em tempos pré-estabelecidos, foram caracterizadas quanto acidez total titulável, potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais (SST) com refratômetro de bancada tipo Abbe Bel RMT, açúcares redutores totais (ART), pelo método descrito por (9), a concentração celular (biomassa) do fermentado foi determinado conforme metodologia descrita por (10), a qual utiliza câmara de Neubauer para contagem de célula (cel/L) e o teor alcoólico foi determinado por ebuliometria.

**Parâmetros cinéticos fermentativos**

Ao término do processo fermentativo foram determinados os parâmetros de conversão (C), fator de conversão substrato produto (Yp/s), fator de conversão substrato célula (Yx/s) e tempo de geração (tg).

$$Y_{\frac{X}{S}} = \frac{X - X_0}{S_0 - S}$$

$$Y_{\frac{P}{S}} = \frac{P - P_0}{S_0 - S}$$

$$Conversão(\%) = \frac{P}{(S_0 \times 0{,}511)} \times 100$$

$$t_g\ (h) = \frac{0{,}693}{\mu_{máx}}$$

Em que “X0” representa a concentração inicial de células (cel/mL); “X” é a concentração de células final (cel/mL); “P0” é a concentração inicial de produto (g/L); “P” é a concentração final de produto (g/L); “S0” é a concentração inicial de substrato (g/L); “S” é a concentração final de substrato (g/L); “tg” é o tempo de fermentação (h).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização físico-química do mel

O mel de abelha é um produto amplamente consumido no Brasil e no mundo, sendo constituído principalmente por glicose e fruto.

Na Tabela 2 encontram-se os valores médios referentes à caracterização do mel de abelha quanto à acidez total titulável, pH, açúcares redutores, sólidos solúveis, teor de água e cinzas.

Tabela 2 – Caracterização físico-química do mel para a bebida alcoólica mista de mel de abelha e lúpulo.

| Parâmetros | Resultados | MAPA |
|---|---|---|
| Acidez Total (meq/kg) | 33,1 ± 0,55 | Máx. 50 meq/kg |
| pH | 4,5 ± 0,1 | NR |
| Açúcares redutores (%) | 79 ± 0,2 | Mín. 65 |
| Sólidos solúveis | 83 ± 0,0 | NR |
| Teor de água (%) | 17 ± 0,0 | Máx. 20 |
| Cinzas (%) | 0,11 ± 0,01 | Máx. 0,6 |

| | | |
|---|---|---|
| 5-Hidroximetilfurfural (mg/kg) | 43,2 ± 1,03 | Máx. 60 mg/kg |

Fonte: dos autores (2025).

Para acidez total, foi determinado valor médio de 70,5 meq/kg, no qual podemos observar que o mesmo se encontra fora das recomendações propostas pelo padrão de identidade e qualidade de méis brasileiro. Na legislação brasileira para este parâmetro é determinado que o seu valor máximo seja de 50 meq/kg (11).

Este comportamento é ocasionado devido a uma série de mudanças no mel, que se relaciona com o grau de deterioração do produto frente a variação nos fatores extrínsecos, que vai desde a coleta do produto até sua comercialização e armazenamento. De acordo com (12), a acidez é tida como um dos parâmetros de avaliação do estado de maturação e deterioração do mel, sabendo-se que quando o mel apresenta certas mudanças em sua composição desencadeará uma série de reações e alterações, entre elas a fermentação. Como consequência desta ação a acidez tende a aumentar. Segundo (13), os maiores valores de acidez podem ser devidos à fermentação por microrganismos que convertem os açúcares da oxidação de ácidos carboxílicos em álcoois, enquanto a alta umidade e altas temperaturas favorecem esses tipos de reações químicas.

Desse modo, é possível determinar que o mel, em sua etapa de armazenamento para comércio, não apresentou condições ambientais ideais para manter sua preservação e qualidade durante a estocagem.

Para o pH, foi encontrado valor médio de 3,25. Na legislação vigente não há indicativo de faixas de valores para este parâmetro, embora seja considerado como importante na determinação da qualidade do produto. O pH é tido como sendo uma variável auxiliar na determinação da qualidade do mel, visto que sua análise permite indicar o grau de deterioração e adulteração caso o produto tenha sido submetido. Valores próximos foram observados por (14) onde verificaram valores para pH entre 3,05 a 3,91, (15) relatou variação de 3,15 a 3,83 para o respectivo parâmetro.

Em determinação aos açúcares redutores, foi verificado valor médio de 83,2%. Estando dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira (11), onde determina que o valor mínimo seja de 65%. (13) expressa que os açúcares redutores presentes no mel são compostos por frutose e glicose, apresentando capacidade de reduzir íons de cobre em solução alcalina. Um outro destaque para os méis nativos é por mostrarem menor teor de açúcar e o sabor doce de forma marcante. A frutose irá atuar no mel como componente a favorecer a doçura, já a glicose como agente de cristalização.

Valores aproximados aos do presente estudo foram encontrados por (16) ao analisarem méis nativos, apresentando resultados em torno 59,9 a 70,9 %. De modo semelhante foi observado por (17) obtendo valores na faixa de 51,8 a 62,1% para o respectivo parâmetro.

Para teor de água, o valor médio determinado foi de 19,4%, apresentando conformidade com os padrões determinados pela legislação brasileira (11) no qual estabelece valor máximo de 20% para o respectivo parâmetro. Valores próximos foram encontrados por (18) em estudos de méis do curimataú paraibano variando entre 19,4 a 19,8%. Um aspecto preocupante nos resultados determinados trata-se do valor que se apresentou próximo ao limite permitido, pois a umidade é o fator de qualidade que determina a capacidade atual do mel de abelha permanecer estável e livre de fermentação. Quanto menor a umidade, menor a probabilidade de o mel fermentar ao longo de seu período de armazenamento (19) (20).

Igualmente ao pH, os sólidos solúveis totais (ºBrix) também não são indicados pela legislação brasileira. O valor médio observado foi de 80,6 ºBrix, valor este próximo ao encontrado por (21) que verificaram uma faixa de variação de 67,50 a 77,50 ºBrix para méis produzidas no Pará. No entanto, tal estudo foi necessário para obter o valor inicial em °Brix e realizar os procedimentos de diluições de acordo com os experimentos deste trabalho dispostos na Tabela 2.

O percentual do teor de cinzas foi observado e obteve valor médio de 0,05%. Segundo a legislação vigente (11) este valor se encontra dentro dos padrões estabelecidos, no qual determina que o conteúdo de cinzas para mel floral seja no máximo até 0,6%. A análise de cinzas permite detectar algumas irregularidades do mel, como falta de higiene, falha na decantação, falha na filtragem ou aquisição do mel através da prensagem dos favos (22). De acordo com (23) foi encontrado valores próximos ao do presente estudo, variando de 0,04 a 0,78%, (16) obtiveram valores que variaram de 0,09% a 1,41% para méis de abelhas nativas do Acre.

Para hidroximetilfurfural (HMF) o valor observado foi de 92,7 mg/kg, este resultado indica não conformidade com os padrões preconizados pela legislação brasileira (11), onde estabelece valor máximo de 60 mg/kg para o parâmetro em estudo. HMF é considerado um indicador de deterioração da qualidade, indicando que o produto pode ser antigo ou que tenha sido submetido à adulteração. No mel recém-colhido, sua concentração às vezes é tida como ausente, a depender das condições a qual o produto foi armazenado, ou seja, não se apresenta no mel. Entretanto, sua concentração tende

a aumentar com o tempo de armazenamento uma vez quando exposto a fatores extrínsecos (luminosidade, umidade, oxigênio e calor) (19).

Conforme abordado anteriormente, a presença deste componente não se relaciona exclusivamente à adulteração do produto. Quando analisada a presença deste componente nos alimentos, em especial aquele cujo apresenta em sua composição valores considerados de carboidratos (glicose e frutose), uma vez que é submetido a processamento térmico ocasionará na formação do furfural e hidroximetilfurfural.

(24) e (18) encontraram valores próximos aos do presente estudo, variando de 23,18 a 82,90 mg/kg, 29,74 a 169,30 mg/kg, respectivamente, em pesquisas de méis.

**Planejamento experimental**

Na Tabela 3 encontram-se apresentados a matriz do planejamento experimental 22 com 4 pontos centrais, tendo como variáveis independentes o ºBrix e a concentração de levedura e como resposta teor alcoólico do fermentado.

Tabela 3 – Matriz do planejamento com os valores reais das variáveis e resultados.

| Experimentos | ºBrix | Conc. Levedura (g/L) | Teor alcoólico (g/L) | Teor alcoólico (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10,0 | 1,0 | 36,34 | 4,6 |
| 2 | 10,0 | 4,0 | 36,34 | 4,6 |
| 3 | 18,0 | 1,0 | 69,52 | 8,8 |
| 4 | 18,0 | 4,0 | 69,52 | 8,8 |
| 5 | 14,0 | 2,5 | 51,00 | 6,4 |
| 6 | 14,0 | 2,5 | 50,56 | 6,4 |
| 7 | 14,0 | 2,5 | 50,56 | 6,4 |
| 8 | 14,0 | 2,5 | 50,00 | 6,3 |

Fonte: dos autores, 2025

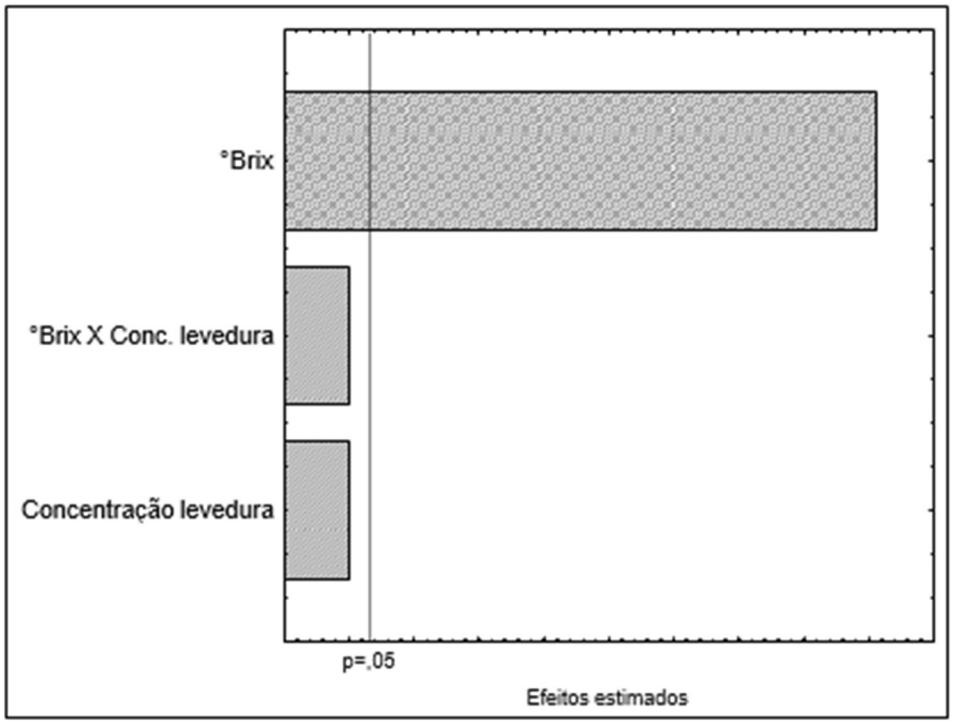
A análise dos resultados obtidos permitiu avaliar os efeitos das variáveis independentes sobre a variável dependente, por meio de análise estatística, com intervalo de confiança de 95%. Além disso, verificou-se que se o fermentado alcoólico de mel de abelha e lúpulo for direcionado para a formulação de bebida alcoólica mista, o teor alcoólico obtido para todos os experimentos encontram-se na faixa de valores exigida pela Instrução Normativa (IN) N° 55 de 31 de outubro de 2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (25) a qual determina que a bebida alcoólica mista deve conter teor alcoólico entre 0,5 e 54%. (26) ao estudar a dinâmica de fermentação do vinho de mel etíope fermentado espontaneamente, encontrou teores alcoólicos máximos de álcool 12,02 ± 0,02 g/100 mL foi registrado após 24 dias de fermentação em amostras. O teor alcoólico obtido neste estudo foi de 69,52 g/L, valor inferior ao reportado por (26).

No estudo de (14) que trabalhou no desenvolvimento de bebida de mel fermentada e Kombucha com infusão de erva-mate, no preparo do experimento relata ter adicionados sacarose (Controle), mel de abelha Apis , mel de abelha Borá e mel de

abelha Mandaguari, até atingir 10° Brix, valor esse contido na matriz de planejamento do presente estudo.

Na Figura 1 encontra-se apresentado o gráfico de Pareto, utilizado para a avaliação dos efeitos significativos das variáveis independentes na produção de álcool em um nível de 95% de confiança.

Figura 1 – Diagrama de Pareto para os efeitos das variáveis independentes sobre o teor alcoólico.




Fonte: dos autores, 2025

A partir da análise do diagrama de Pareto, constatou-se que a produção de etanol foi significativamente influenciada apenas pela concentração de substrato, não sendo observados efeitos relevantes da concentração de leveduras, tampouco da interação entre concentração de substrato e concentração celular. Verificou-se que o aumento da concentração de sólidos solúveis totais na fermentação alcoólica resultou em incremento no teor alcoólico do produto final, evidenciando um efeito positivo sobre a resposta.

Com base nos resultados obtidos na análise dos efeitos da concentração de leveduras e do °Brix sobre o teor alcoólico, procedeu-se à análise de regressão para o ajuste de um modelo matemático representativo do comportamento dos dados experimentais. No modelo gerado, foram incluídas apenas as variáveis que

apresentaram efeito estatisticamente significativo, considerando um nível mínimo de confiança de 95%.

Dessa forma, o modelo de regressão que relaciona o teor alcoólico às variáveis independentes está representado na equação:

$$Teor\ Alcoólico\ \left(g\ L^{-1}\right) = -6{,}335 + 4{,}147 \times °Brix$$

Na Tabela 4 encontra-se o quadro da análise de variância para o planejamento experimental utilizado neste estudo, bem como o coeficiente de determinação (R2) e o erro relativo médio (ERM).

Tabela 4 – Análise de variância simplificada para o processo fermentativo.

| | **SQ** | **GL** | **Fcal** | **Ftab** | **Fcal/Ftab** | **$R^2$** | **ERM** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Regressão** | 1100,912 | 3 | 122,084 | 6,59 | 18,5 | 98,9 | 2,44% |
| **Resíduo** | 12,024 | 4 | | | | | |
| **Falta de ajuste** | 11,520 | 1 | | | | | |
| **Erro puro** | 0,504 | 3 | | | | | |
| **Total** | 1112,936 | 7 | | | | | |

Fonte: dos autores, 2025

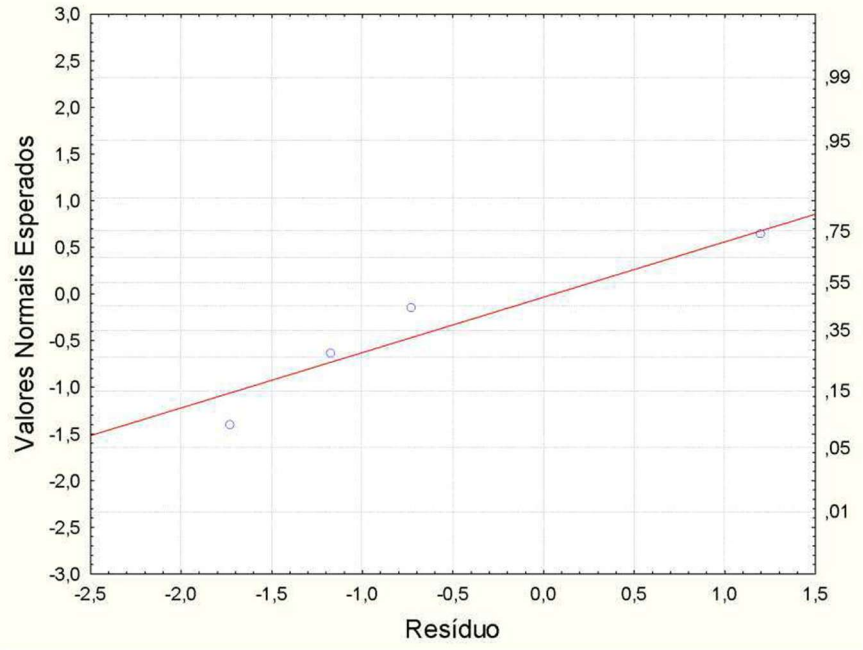
Com base nos resultados apresentados verificou-se que o modelo obtido é estatisticamente significativo, com erro relativo médio inferior a 5% e coeficiente de determinação da regressão R2 superior a 98,5 para o modelo de primeira ordem obtido, indicando que ele explica 98,9% da variação dos dados observados. Segundo (27) o coeficiente de determinação (R2) mede a proporção da variação total da resposta que é explicada pelo modelo. Dessa forma, quanto maior o R2, isto é, quanto mais próximo de 1, menor será o erro e melhor o modelo.

Além disso, o valor de Fcalculado foi 18,52 vezes maior do que o Ftabelado, mostrando que o modelo obtido além de ser estatisticamente significativo, é também

altamente preditivo dentro da faixa experimental estudada, pois, conforme (28), e (27), para que uma regressão seja não apenas estatisticamente significativa, mas também válida para fins preditivos, o valor de Fcalculado deve ser, no mínimo, 4 a 5 vezes o valor de Ftabelado e o R2 deve ser maior ou igual a 60%.

Na Figura 2 encontra-se apresentado a probabilidade normal dos resíduos obtidos nos experimentos do processo fermentativo da bebida alcoólica mista de mel de abelha e lúpulo.

Figura 2 – Gráfico da probabilidade normal dos resíduos obtidos nos experimentos.

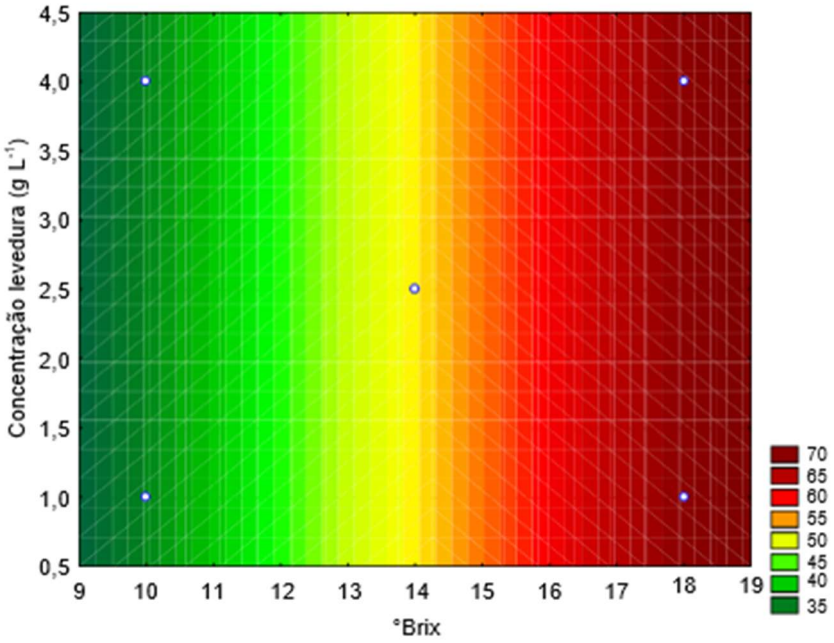



Fonte: dos autores, 2025

Através do gráfico gerado, verificou-se que os resíduos seguem uma distribuição normal, visto que os pontos experimentais estão próximos da linha contínua, o que é representativo de um bom modelo. Segundo (29) quanto mais próximos os pontos experimentais estiverem da linha contínua, mais será válida a suposição da normalidade dos resíduos e se os erros forem distribuídos normalmente, aproximadamente 95% dos resíduos padronizados cairão no intervalo (-2,+2). Ao contrário, se os resíduos encontrados estiverem muito longe dessa faixa, tem-se caracterizada assim a presença de “outliers”, pontos que são muito diferentes dos demais dados experimentais.

Com o modelo validado, foi possível gerar uma curva de contorno que serve para definir melhor a região de máximo da variável dependente teor alcoólico, apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Curva de contorno obtida para o teor alcoólico no processo fermentativo da bebida alcoólica mista de mel de abelha e lúpulo.




Fonte: dos autores, 2025

A partir da curva de contorno, verificou-se que o teor alcoólico aumenta à medida que a concentração do °Brix aumenta também, comprovando a influência positiva desta variável, de modo que índices mínimos de etanol foram atingidos quando se processou em concentrações mais baixas (10 °Brix) e índices máximos sob concentrações extremas (18 °Brix). Como visto, a concentração de levedura em nada influenciou o teor alcoólico alcançado, podendo-se afirmar que com qualquer concentração de levedura utilizada poderá se obter os níveis de etanol obtidos neste experimento. Entretanto, menores quantidades de levedura são indicadas por tornarem o processo mais viável do ponto de vista econômico e favorece o âmbito industrial.

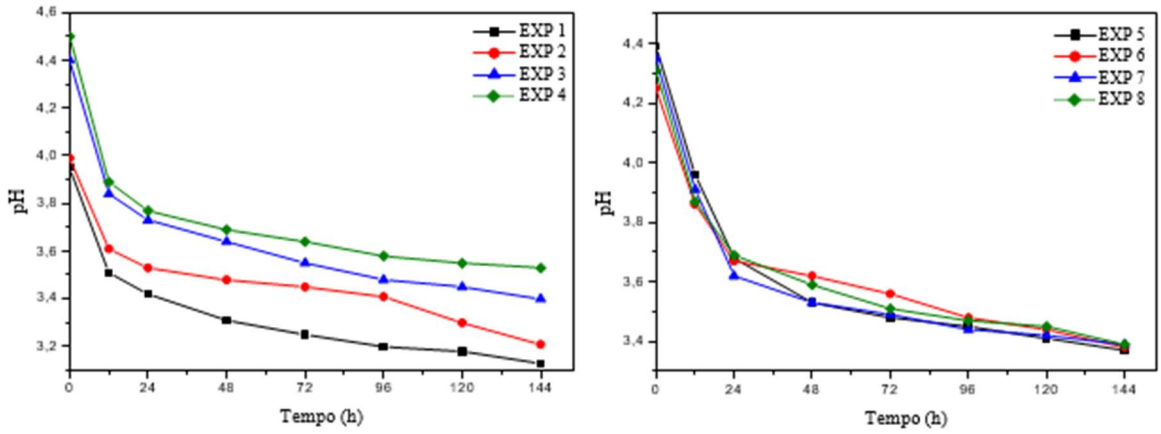
**Processo cinético fermentativo**

O estudo cinético de todas as variáveis do processo de fermentação alcoólica é necessário para a produção de bebidas alcoólicas de alta qualidade e seguras para o

consumo, pois é através dos valores obtidos neste estudo que se pode confrontar com outros dados experimentais já estudados e assim, delinear parâmetros que possa ser útil a um novo produto que está sendo produzido. A legislação brasileira não dispõe de padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas mistas. Estabelece apenas os limites mínimos e máximos de teor alcoólico que devem variar entre 0,5 a 54%, limitando a comparação de resultados com outras bebidas obtidas por mistura, como é o caso do fermentado de frutas misto e outras pesquisas de mesma natureza.

Na Figura 4 encontram-se apresentados a variação do pH para os 8 experimentos executados ao longo de 144 horas, tempo este selecionado para a análise dos dados no planejamento experimental do processo fermentativo.

Figura 4 – Perfil da variação do pH do mosto no processo fermentativo da bebida alcoólica mista de mel de abelha e lúpulo.




Fonte: dos autores, 2025

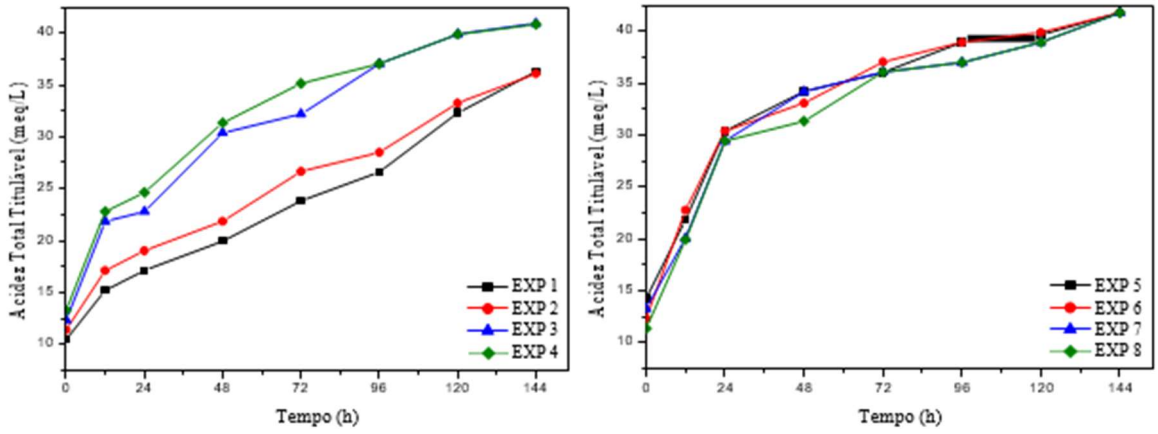
Por meio dos gráficos obtidos, verificou-se que os experimentos 1, 2, 3 e 4 apresentaram entre si um comportamento similar com uma redução brusca do pH nas primeiras 12 h de fermentação, seguida de uma suave redução ao longo do processo, no entanto com valores finais distintos. Por outro lado, para os experimentos 5, 6, 7 e 8, que também apresentaram comportamentos similares, foi observado uma queda brusca no valor de pH até o tempo de 24 h de fermentação, seguida de uma suave redução ao longo do processo.

Essa queda brusca no pH evidencia o início da fase de fermentação principal ou tumultuosa, caracterizada pela intensa liberação de gás carbônico, pela elevação da acidez do mosto e, consequentemente, a redução do pH no meio.

No final da fermentação, o maior valor de pH encontrado foi 3,53 para o experimento 4 e o menor foi 3,13 para o experimento 1. Valores semelhantes aos obtidos por (30), que trabalhou com vinho de mel obteve valores de pH das três formulações, respectivamente, F1 (3,98–3,73), F2 (4,12–3,72) e F3 (4,23–3,82), diminuíram do 1º dia para o 21º dia devido ao aumento da fermentação e do tempo de armazenamento, ressaltando um comportamento mais gradual entretanto ressaltando o perfil de queda do pH.

Na Figura 5 encontram-se os resultados referentes à acidez total titulável dos experimentos do processo fermentativo da bebida alcoólica mista de mel de abelha e lúpulo.

Figura 5 – Curvas de acidez total titulável obtido no processo de fermentação alcoólica.



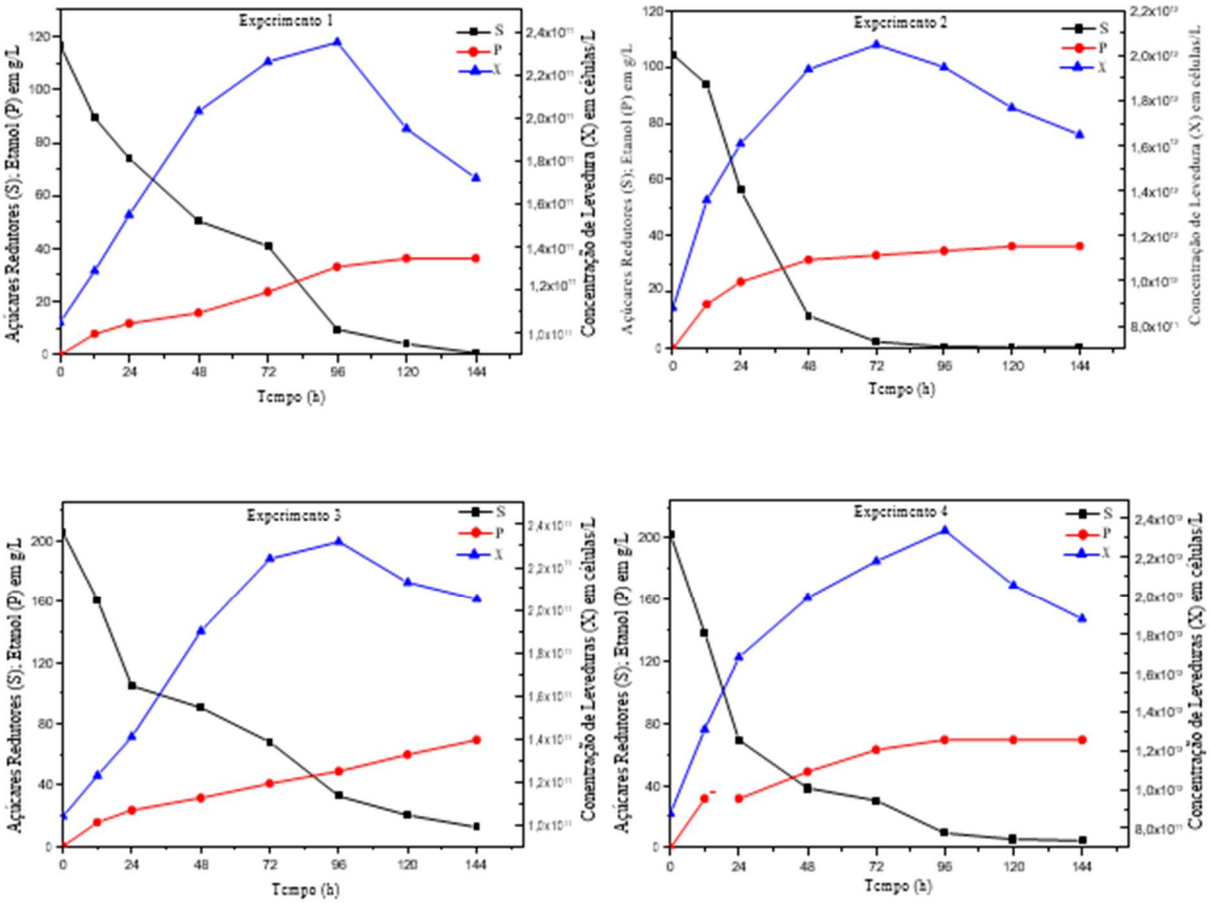

Fonte: dos autores, 2025

Nas curvas da acidez, observou-se que houve um aumento gradativo ao longo de todo o processo de fermentação para os experimentos de 1 a 4. No trabalho de (31) a acidez total das diferentes formulações variou de 61,22 a 94,43 mEq.L −1, com a formulação C apresentando o maior valor, seguida por D, B e A (B: 5% de polpa de pitaya; C: 10% de polpa de pitaya; D: 15% de polpa de pitaya), essa maior acidez observada nas formulações B, C e D pode ser atribuída à presença de ácidos orgânicos da polpa de pitaya, que traz essa característica nos processos fermentativos. Segundo (32), o aumento da acidez e a redução do pH no processo de fermentação se deve, provavelmente, à produção de ácidos orgânicos, lático, acético e succínico. Ademais, pode ter ocorrido adsorção do dióxido de carbono no fermentado.

Os resultados mostraram que a acidez da bebida ficou entre 36,1 e 41,8 meq/L. Esses valores são baixos quando comparados com a legislação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o fermentado de frutas misto, onde teor de acidez total deve está compreendido na faixa de 50 a 130 meq/L (33). A adição de ácidos orgânicos ao mosto do mel pode ser uma alternativa para o ajuste da acidez total. Os valores dos dados experimentais referentes às variações de concentração de substrato (açúcares redutores), concentração de produto (etanol) e concentração de levedura estão representados pelas Figuras 6 e 7.

Na Figura 6 encontram-se apresentados os resultados referentes à cinética fermentativa referente aos experimentos 1, 2, 3 e 4 do planejamento experimental.

Figura 6 – Cinética fermentativa referente aos experimentos do planejamento experimental.




Fonte: dos autores, 2025

De acordo com a Figura 6, observou-se nos experimentos 2 e 4, que apresentaram concentrações de sólidos solúveis totais de 10 e 18 °Brix, respectivamente, mas com concentrações de leveduras iguais, um comportamento semelhante quanto à cinética de consumo de açúcares redutores. Em ambos os casos, ocorreu uma acentuada redução dos açúcares até 48 horas de fermentação alcoólica. Nesse período, o experimento 2 apresentou um teor de 11,7 g/L e o experimento 4, 38,3 g/L de açúcares redutores, correspondendo a um consumo aproximado de 80% do substrato inicial. Essa rápida redução é atribuída, provavelmente, à elevada concentração de leveduras nesses tratamentos.

Por outro lado, os experimentos 1 e 3, conduzidos com menor concentração de leveduras, apresentaram uma velocidade inferior de consumo do substrato. Após 48 horas, foram registrados teores de açúcares redutores de 50,5 g/L e 90,7 g/L, respectivamente, correspondendo a um consumo em torno de 55%.

Em relação à produção de etanol, todos os experimentos alcançaram valores dentro da faixa estabelecida pela legislação vigente para bebidas alcoólicas mistas (3,95

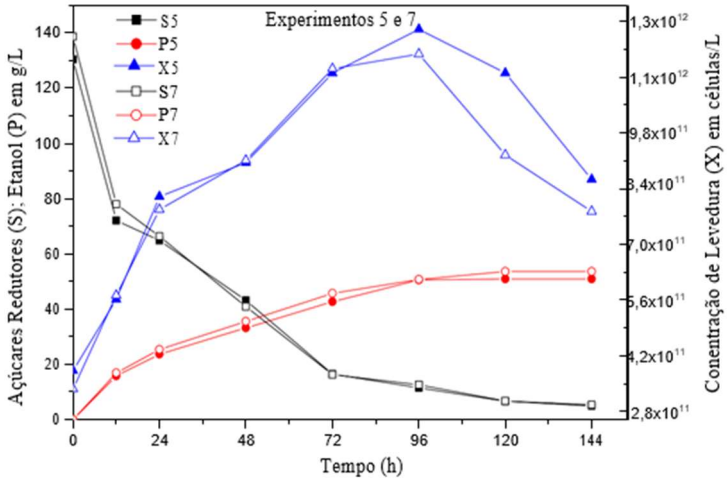
a 426,6 g/L). Os experimentos 1 e 2, que possuíam a mesma concentração inicial de sólidos solúveis totais, apresentaram teor alcoólico final de 36,34 g/L e atingiram a estabilização em 120 horas. No entanto, o experimento 2 já havia alcançado 33,18 g/L em apenas 48 horas de fermentação, demonstrando uma progressão mais acelerada da fermentação alcoólica, provavelmente em decorrência da maior concentração celular.

Nos experimentos 3 e 4, que continham uma maior concentração de sólidos solúveis totais e diferiram entre si apenas quanto à quantidade de leveduras, verificou-se a maior produção de etanol (69,52 g/L), atingida em 144 horas no experimento 3 e em 96 horas no experimento 4.

Quanto à concentração celular, constatou-se um aumento do número de células em todos os experimentos. Após 96 horas de fermentação, foi observado o declínio populacional, após atingirem os valores máximos de 2,35 × $10^{11}$, 2,32 × $10^{11}$ e 2,34 × $10^{12}$ células/L para os experimentos 1, 3 e 4, respectivamente. No experimento 2, a concentração de leveduras aumentou gradativamente até atingir o pico máximo de 2,05 × $10^{12}$ células/L em 72 horas, seguido de um declínio, atribuído à redução do substrato disponível no meio. Em todos os experimentos, observou-se um crescimento exponencial da população celular até as 12 horas iniciais de fermentação, indicando a inexistência de uma fase de adaptação prolongada pelas leveduras.

O comportamento cinético dos experimentos do ponto central do planejamento experimental feito em quatro repetições pode ser observado através da Figura 7.

Figura 7 – Cinética fermentativa referente ao ponto central (experimentos 05 e 07).




Fonte: dos autores, 2025

Observa-se que os experimentos do ponto central apresentaram boa reprodutibilidade quanto aos parâmetros analisados. Nota-se que, durante todo o processo praticamente, à medida que a concentração de açúcares redutores diminui ocorre um aumento proporcional de etanol, característico do perfil ideal da fermentação alcoólica. Com relação à produção de etanol, pode-se perceber uma progressão lenta durante todo o processo de fermentação, alcançando com 120 horas decorridas (mesmo tempo dos experimentos 1 e 2), um teor alcoólico médio de 50,56 g/L. A maior concentração de leveduras encontradas nestes experimentos foi de 1,24 x 109 células/L, no tempo de 96 horas de fermentação, assim como os experimentos 1, 3 e 4.

Na Tabela 5 estão os resultados do percentual de conversão do processo fermentativo da bebida alcoólica mista de mel de abelha e lúpulo.

Tabela 5 – Resultados do percentual de conversão do processo fermentativo da bebida alcoólica mista de mel de abelha e lúpulo.

| **Experimentos** | **ºBrix** | **Conc. Levedura (g/L)** | **Conversão (%)** |
|---|---|---|---|
| 1 | 10,0 | 1,0 | 60,83 |
| 2 | 10,0 | 4,0 | 68,11 |
| 3 | 18,0 | 1,0 | 66,16 |
| 4 | 18,0 | 4,0 | 67,23 |
| 5 | 14,0 | 2,5 | 76,53 |
| 6 | 14,0 | 2,5 | 76,43 |
| 7 | 14,0 | 2,5 | 76,53 |
| 8 | 14,0 | 2,5 | 76,32 |

Fonte: dos autores, 2025

A baixa conversão encontrada neste estudo pode ter sido ocasionada pela levedura utilizada, visto que se utilizou uma estirpe específica da produção de vinho, sendo que a maior parte das leveduras enológicas não está adaptada às condições presentes no mosto de mel, devido aos níveis de açúcar elevados, aos valores de pH baixos e as concentrações reduzidas de azoto. Segundo (21) concentrações acima de 5 mg/L dos princípios ativos presentes no lúpulo também podem causar alteração no

crescimento e metabolismo das *Saccharomyces cerevisiae*, reduzindo a eficiência do processo. No entanto, pequenas quantidades de lúpulo foram utilizadas neste estudo, não sendo esse limite ultrapassado.

Dessa forma, em vista de se obter maiores percentuais de conversão, recomendam-se estudos mais contundentes acerca da levedura utilizada no processo de fermentação alcoólica do mosto de mel de abelha.

## CONCLUSÕES

Os experimentos realizados demonstraram que a produção de etanol foi significativamente influenciada apenas pela concentração de substrato, sem efeito da concentração de leveduras ou da interação entre ambos os fatores. Observou-se que o aumento dos sólidos solúveis totais resultou em maior teor alcoólico no produto final. Detectou-se uma discreta redução nos açúcares redutores nos mostos com maior concentração de leveduras, o que pode impactar no perfil sensorial da bebida.

A caracterização físico-química indicou que os parâmetros do mel utilizado estavam dentro dos padrões legais, evidenciando a integridade e a adequada manipulação da matéria-prima. Ressalta-se, no entanto, que méis fora dos padrões de identidade e qualidade também podem ser empregados na fermentação alcoólica. Para maximizar a conversão alcoólica, recomenda-se aprofundar os estudos sobre o comportamento da levedura no processo fermentativo do mel de abelha.

Conclui-se, por fim, que a produção de uma bebida alcoólica mista de mel de abelha e lúpulo é tecnicamente viável, configurando-se como alternativa promissora para o fortalecimento da agroindústria e incremento da renda de produtores rurais do Alto Sertão Paraibano e do Nordeste.

## REFERÊNCIAS


1. CARDOSO, Viviannie Amélia de Aquino. Apicultura no semiárido norte mineiro: um panorama detalhado através da revisão sistemática da literatura. **Ciências Agrárias**, 31 maio 2024. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.11399175.

2. BASILIO, Natieli Silva; VIEIRA, Vanessa Amaro. Produção de hidromel: aspectos de qualidade e perspectivas de mercado. **Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 1, e17103, 2025. DOI: https://doi.org/10.52138/citec.v17i01.403.

3. LIU, Yang; JIANG, Bokai; WANG, Kai. A review of fermented bee products: sources, nutritional values, and health benefits. **Food Research International**, v. 174, p. 113506, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113506.

4. MORALES-DE LA PEÑA, Mariana; MIRANDA-MEJÍA, Graciela A.; MARTÍN-BELLOSO, Olga. Recent trends in fermented beverages processing: the use of emerging technologies. **Beverages**, v. 9, n. 2, p. 51, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/beverages9020051.

5. EIDT, Gustavo *et al.* Desenvolvimento e testes de aceitação pelo consumidor de uma bebida à base de mel fermentada por uma cultura inicial multiespécies. **Food Bioscience**, v. 56, p. 103182, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103182.

6. CICHA-WOJCIECHOWICZ, Daria; DRABIŃSKA, Natália; MAJCHER, Małgorzata Anna. Influência de variedades de mel, técnicas de fermentação e processo de produção nas propriedades sensoriais e compostos odoríferos ativos em hidroméis. **Molecules**, v. 29, n. 24, p. 5913, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules29245913.

7. MAICELO-QUINTANA, Jorge L. *et al.* Potential application of bee products in food industry: an exploratory review. **Heliyon**, v. 10, n. 1, e24056, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24056.

8. RODRIGUES, Adriana *et al.* Análise físico-química dos méis das abelhas Apis mellifera e Melipona scutellaris produzidos em regiões distintas no Estado da Paraíba. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1164–1168, 2005. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000500028.

9. VASCONCELOS, N. M.; PINTO, G. A. S.; ARAGAO, F. A. S. Determinação de açúcares redutores pelo ácido 3,5-dinitrosalicílico: histórico do desenvolvimento do método e estabelecimento de um protocolo para o laboratório de bioprocessos. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2013. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 87).

10. WHITE, C. **Yeats: the practical guide to beer fermentation.** New York: Brewes Publications, 2010. 226 p.

11. BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000.** Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 out. 2000. Seção 1, p. 16-17.

12. SOARES, V. G. **Teor de composto fenólicos e análises físico-químicas em diferentes condimentos in natura e desidratado de alecrim, hortelã, manjericão e orégano.** Morrinhos, GO: IF Goiano, 2020. 29 f.

13. PARPINELLI, R. S. **Qualidade microbiológica e caracterização físico-química de amostras de mel de abelhas sem ferrão de seis regiões do estado do Paraná.** 2016. 81 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

14. SANTOS, David Fernando dos *et al.* Honey-kombucha beverage with yerba maté infusion: development, polyphenols profile, and sensory acceptance.

**International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 36, p. 100909, jun. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.100909.

15. CARVALHO, C. A. L. de; SOUZA, B. de A.; SODRÉ, G. da S.; ALVES, R. M. de O.; MARCHINI, L. C. **Mel de abelhas sem ferrão: contribuição para a caracterização físico-química.** Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia/SEAGRI-BA, 2005. 32 p.

16. SANTOS, F. C. F. dos; ANGULO, E. L. H.; SANTOS, M. E. C. dos. Caracterização físico-química de amostras do mel de abelhas nativas. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 5, p. 2366-2382, 2021.

17. SANTOS, A. C. A. **Produção artesanal de hidromel a partir de mel coletado na região sul do Estado do Tocantins como uma fonte alternativa de renda para o apicultor familiar.** 2019. 43 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) – Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, Tocantins, 2019.

18. LUCENA, R. M. **Caracterização do mel de abelha da espécie Apis mellifera L. da região do Curumataú Oriental Paraibano.** 2020. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroindústria) – Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, 2020.

19. CRANE, E. **O livro do mel.** São Paulo: Nobel, 1983. 225 p.

20. VARGAS, T. **Avaliação da qualidade do mel produzido na região dos Campos Gerais do Paraná.** 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa do Paraná, Ponta Grossa, 2006.

21. OLIVEIRA, A. J. *et al.* **Métodos para o controle microbiológico na produção de açúcar e álcool.** Piracicaba: FERMENTEC/FEALQ/ESALQ, 1996. 89 p.

22. ANACLETO, D. A.; SOUZA, B. A.; MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C. Composição de amostras de mel de abelha Jataí (*Tetragonisca angustula* Latreille, 1811). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 535-541, 2009. DOI: https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000300012.

23. KROLOW, A. C. *et al.* Estabilidade físico-química de amostras de méis da região Sul do Rio Grande do Sul no período de armazenamento. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 19796-19806, 2020. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-229.

24. SOUZA, J. M. **Preparação e caracterização físico-química de aguardente de pimenta.** São Cristóvão, 2017. 26 f.

25. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 55, de 31 de outubro de 2008.** Aprova os regulamentos técnicos para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas por mistura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 out. 2008. Seção 1, p. 5.

26. FENTIE, Eskindir Getachew *et al.* Dinâmica de fermentação do vinho de mel etíope fermentado espontaneamente, Tej. **LWT**, v. 155, p. 112927, 1 fev. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112927.

27. BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos.** 2. ed. Campinas: Ed. UNICAMP, 1995. 299 p.

28. BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experiments: an introduction to design, data analysis and model building.** New York: Wiley e Sons Inc., 1978. 653 p.

29. CALADO, V.; MONTGOMERY, D. C. **Planejamento de experimentos usando o Statistica.** Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2003. 260 p.

30. GEBREMICHAEL, Weleba Muesho *et al.* Padronização e caracterização do processo de Mies: vinho de mel etíope. **Heliyon**, v. 10, n. 20, e39272, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39272.

31. GOMES, Luís Felipe de Medeiros *et al.* Pitaya melomel: preparação, cinética de fermentação e caracterização físico-química e de voláteis. **Food Bioscience**, v. 68, p. 106703, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106703.

32. BORZANI, W.; BARALLE, S. B. Correction of results obtained in laboratory-scale studies of batch fermentation kinetics. **Biotechnology and Bioengineering**, v. 25, p. 3201-3206, 1983.

33. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 35, de 16 de novembro de 2010.** Padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas por mistura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 nov. 2010. Seção 1, p. 2.

# USO DA GLUCOAMILASE NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

# USE OF GLUCOAMYLASE IN THE BEER PRODUCTION PROCESS: A SYSTEMATIC REVIEW

**DOI: 10.65747/conali2025v1c16**

**Augusto Vinícius da Silva Araújo[1]; Lucas Albuquerque Ramalho[2]; Adamirely Bezerra de Melo[3]; Krause Gonçalves Silveira Albuquerque[4]; Liderlânio de Almeida Araújo[5]; Gerla Castello Branco Chinelate [6]**

[1]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos – UFAPE; [2]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos – UFAPE; [3]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos – UFAPE; [4]Mestrando em Ciências Ambientais- UFAPE; [5]Docente/pesquisador do Depto de Engenharia de Alimentos/PPCIAM – UFAPE; [6]Docente/pesquisador do Depto de Engenharia de Alimentos – UFAPE;

Contato: augustovinicius720@gmail.com

**Resumo:** A produção de cerveja é um processo biotecnológico complexo, diferentes enzimas desempenham papéis na conversão de amidos e açúcares, impactando diretamente a qualidade sensorial e o teor alcoólico da bebida. Nesse contexto, a glucoamilase tem ganhado destaque como uma alternativa promissora para otimizar a fermentação e ampliar a variedade de estilos de cerveja. Este trabalho consiste numa revisão sistemática sobre a utilização da enzima glucoamilase no processo de produção de cerveja. A investigação teve como objetivo estudar a aplicação dessa enzima, com foco na melhoria do grau de atenuação, na conversão dos açúcares fermentáveis e no impacto na qualidade final da cerveja. Os estudos publicados entre 2019 e 2023 foram analisados nas plataformas Google Scholar, Scielo, Periódico Capes e PubMed/MEDLINE. Dos 366 artigos inicialmente identificados, apenas 3 cumpriram os critérios de inclusão, sendo eles: Estudos que abordassem processos de fabricação de cerveja; pesquisas que incluíssem análises físico-químicas de cervejas e artigos autorais que discutissem o uso da enzima glucoamilase. Os estudos selecionados centram-se na aplicação da glucoamilase em cervejas artesanais e industriais, com o objetivo de melhorar a fermentação e aumentar a conversão do amido em açúcares simples, como a glicose, resultando numa maior atenuação e num maior teor alcoólico, principalmente em cervejas de corpo mais leve e elevado teor alcoólico, como o estilo Brut IPA. A revisão sublinha que a glucoamilase é eficaz na redução dos açúcares residuais e na obtenção de cervejas mais secas, além de otimizar o processo produtivo em casos de variabilidade da qualidade do malte.

**Palavras–chave:** Enzimas**;** Biotecnologia; Fermentação.

**Abstract:** Beer production is a complex biotechnological process; different enzymes play a role in the conversion of starches and sugars, directly impacting the beverage's sensory quality and alcohol content. In this context, glucoamylase has gained prominence as a promising alternative for optimizing fermentation and expanding the variety of beer styles. This work consists of a systematic review of the use of the glucoamylase enzyme in the beer production process. The research aimed to investigate the application of this enzyme, focusing on improving the degree of attenuation, the conversion of fermentable sugars, and its impact on the final beer quality. Studies published between 2019 and 2023 were analyzed on Google Scholar, Scielo, Periódico Capes, and PubMed/MEDLINE. Of the 366 articles initially identified, only three met the inclusion criteria: studies addressing beer brewing processes; research including physicochemical analyses of beers; and authored articles discussing the use of the glucoamylase enzyme. The selected studies focus on the application of glucoamylase in craft and industrial beers, aiming to improve fermentation and increase the conversion of starch into simple sugars, such as glucose, resulting in greater attenuation and higher

alcohol content, particularly in lighter-bodied, high-alcohol beers, such as Brut IPA. The review highlights that glucoamylase is effective in reducing residual sugars and producing drier beers, in addition to optimizing the production process in cases of malt quality variability.

**Keywords:** Enzymes; Biotechnology; Fermentation.

## INTRODUÇÃO

A Instrução Normativa nº 65, de 10 de dezembro de 2019, define cerveja como a bebida resultante da fermentação, a partir de levedura de cerveja, mosto de cevada maltada ou extrato de malte, e previamente submetida à cozedura com adição de lúpulo. A Instrução Normativa aborda as normas de fiscalização utilizadas pelos organismos responsáveis e os regulamentos sobre aditivos e ingredientes utilizados no processo de fabrico de cerveja (1).

Pressupõe que as bebidas fermentadas surgiram há cerca de 30 mil anos. Alguns estudos relatam que a produção da cerveja teve seu início por volta de 4000-6000 a.C., sendo essa bebida desenvolvida paralelamente aos processos de fermentação de cereais. Na Antiguidade, propagou junto com as culturas de milho, centeio e cevada, entre os povos da Suméria, Babilônia e Egito. Também foi elaborada por gregos e romanos durante o apogeu destas civilizações. Com a Revolução Industrial, a forma de produção e distribuição mudou sensivelmente, instituíram-se, então, fábricas cada vez maiores em todo o mundo (2).

A cerveja é uma das bebidas alcoólicas mais consumidas no mundo. Os seus primeiros registos de produção datam de cerca de 7000 a.C., na região que corresponde ao atual Irã. Nesta época, a bebida era feita a partir da fermentação de pão e cereais maltados. Com a Revolução Industrial, o processo de fabrico tornou-se mais eficiente e passou a ser mecanizado, dando origem às cervejarias comerciais. A partir do século XIX, com a imigração europeia, as tradições de produção de cerveja espalharam-se para outros continentes, como a América do Norte e do Sul (3).

Conhecida como uma bebida equilibrada, a cerveja tem um baixo teor alcoólico e contém importantes vitaminas, minerais e antioxidantes úteis ao organismo humano. Atualmente, é a terceira bebida mais consumida no mundo, atrás da água e do café. Contudo, por se tratar de uma bebida alcoólica, o seu consumo deve ser moderado para que os seus efeitos benéficos superem os efeitos negativos associados (4).

Apresenta em sua composição antioxidantes, sendo determinados como compostos, naturais ou sintéticos, em que demonstra elevada estabilidade oxidativa e que têm propriedade de evitar a oxidação de outras substâncias como proteínas, ácidos nucleicos e lipídeos (5).

A cerveja é uma bebida com baixo risco de contaminação, mas existem contaminações por bactérias e leveduras que impactam no resultado final da produção, provocando alterações indesejáveis no odor e sabor. Assim sendo, as etapas de controlo de qualidade durante o processo de fabrico da cerveja são de extrema importância para garantir um produto livre de contaminações

que provoquem alterações sensoriais, evitando assim a perda do lote em caso de incumprimento do estabelecido na lei (6).

Em relação à produção de cerveja, são utilizados malte, água, lúpulo, leveduras e em alguns casos, frutas. A água utilizada no processo de fabricação, corresponde à 93% da formulação e possui um valor de pH em torno de 5,0. Em relação ao lúpulo, característico de climas frios, confere o amargor, aroma e sabor da cerveja, resultando na unidade International Bitterness Units (IBU). A existência dos diferentes tipos de malte é devida à temperatura e ao tempo de secagem, e sua coloração característica está relacionada ao grau de torrefação (7).

A quantidade e a qualidade do malte utilizado possuem efeito direto em propriedades características organolépticas da cerveja produzida. Apesar de vários cereais como trigo, sorgo, aveia, arroz e milho poderem ser transformados em malte, através dos processos de maceração e germinação, o malte de cevada é o preferido na produção de cervejas do tipo Lager, Alee Stout. Cada estrutura que compõe o grão é responsável por uma característica do malte produzido. O processo é dividido em 3 etapas, sendo elas: maceração, germinação e secagem (8).

As enzimas são catalisadores biológicos específicos, compostos principalmente por proteínas, que aceleram as reações metabólicas sem alterar o equilíbrio dessas reações. Cada enzima é específica para uma única reação e só funciona eficientemente quando a sua estrutura tridimensional (níveis terciário e quaternário) é preservada. Possuem uma região chamada sítio ativo, onde o substrato se liga, ativando a enzima. A sua função está diretamente relacionada com a redução da entropia nas reações, evitando que os substratos interajam de forma aleatória, tornando o processo mais eficiente. Quando a enzima entra em ação, a energia de ativação é reduzida, mantendo-se o equilíbrio da reação. A atividade enzimática é geralmente regulada pela própria célula, com base na codificação das proteínas, e pode ser interrompida por fatores externos que alteram as suas condições ideais de funcionamento (9)

No final de uma reação, as enzimas regressam ao seu estado inicial, dissociam-se do substrato e estão prontas para continuar a sua ação. Por serem proteínas, podem desnaturar a altas temperaturas ou ambientes de pH extremo, comprometendo as suas ligações e funções. A desnaturação ocorre devido a alterações no grau de ionização das moléculas, provocando alterações na estrutura proteica da enzima (10).

A utilização da tecnologia enzimática no processamento de alimentos é uma prática antiga, ainda que inicialmente inconsciente. Entre as vantagens da utilização de enzimas neste contexto está a capacidade de transformar matérias-primas em ingredientes com características desejáveis ou adequados para futuras etapas de processamento. A sua função está relacionada com a decomposição de moléculas complexas, convertendo-as em estruturas mais simples e estáveis, justificando a sua aplicação em larga escala na indústria alimentar (11).

Estudos recentes demonstram que, além das enzimas clássicas envolvidas na sacarificação, como α- e β-amilases, coadjuvantes e ingredientes alternativos com potencial enzimático podem influenciar significativamente o rendimento fermentável. Por exemplo, Black *et al,.* (12) exploraram o uso de fava-adjuvante (faba bean) como complemento no mosto, aplicando enzimas como amyloglucosidases para melhorar a sacarificação e liquefação do amido, o que resultou em melhor fermentabilidade sem comprometer a estabilidade de viscosidade ou clarificação do mosto.

Em termos de produção de cerveja com poucas calorias, enzimas como a Brut GA (Glucoamilase) são utilizadas para gerar a decomposição dos açúcares não fermentáveis. Estes açúcares provêm em parte do amido presente no malte, que é libertado durante a cozedura e forma o mosto. Outra parte provém do açúcar invertido utilizado no priming, onde a sacarose é convertida em glicose e frutose após diluição em água e aquecimento. No final do processo, a levedura é responsável por consumir todo o açúcar disponível (13).

Nesse sentido, o referido estudo visa explicar como funciona a enzima glucoamilase no processo de produção de cerveja, por meio de uma revisão de literatura.

## MATERIAL E MÉTODOS

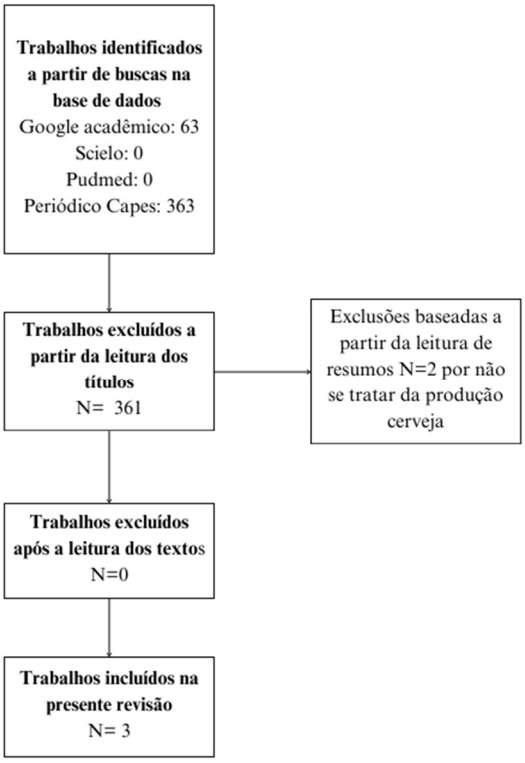
Este trabalho consiste em um estudo de revisão sistemática que investiga a aplicação da enzima glucoamilase no processo de produção de cerveja, guiado pela questão central: Qual a aplicação da glucoamilase na produção de cerveja?. Para a identificação dos estudos relevantes, foi utilizada a estratégia de busca com os descritores **"**glucoamilase" OR "cerveja". Adotou-se como um dos critérios de filtragem inicial o recorte temporal de publicações entre os anos de 2019 e 2023, durante a análise preliminar de títulos e resumos. A busca bibliográfica foi realizada no período de agosto a setembro de 2024 nas bases de dados Google acadêmico, scielo, periódico Capes e PubMed/MEDLINE. Os critérios estabelecidos para a inclusão de artigos na revisão foram: estudos que abordassem processos de fabricação de cerveja; pesquisas que incluíssem análises físico-químicas de cervejas e artigos autorais que discutissem o uso da enzima glucoamilase;

A síntese dos artigos selecionados foi compilada e apresentada na Tabela 1, a qual contém as seguintes informações: identificação do estudo, preparação avaliada, referência completa (autores, ano de publicação, local de publicação), tipo de cerveja e objetivo da aplicação da enzima. Ressalta-se que não foram realizadas avaliações da qualidade metodológica dos estudos incluídos, uma vez que, para o propósito da pergunta central formulada, a aplicação de critérios metodológicos rígidos não se mostrou necessária ou exclusiva.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise dos artigos, nas plataformas Google acadêmico, scielo, periódico capes e PubMed/MEDLINE, foram encontrados um total de trezentos e sessenta e seis trabalhos no geral, onde foram eliminados cerca de trezentos e sessenta pelo o título por não estarem associados ao tema geral da revisão, restando assim seis trabalhos que seguiram para a segunda etapa de seleção, onde foi verificado os resumos dos mesmos, sendo excluídos três artigos por não se encaixarem na proposta. Ao final do crivo metodológico, três trabalhos foram incluídos na atual revisão. A Figura 1 apresenta a síntese do processo de seleção dos artigos.

Figura 1: Síntese seletiva dos artigos




Fonte: Autores, 2024.

O trabalho de Fernandes (15), intitulado de Avaliação da atividade antifúngica dos metabólitos secundários dos fungos endofíticos da *Anadenanthera macrocarpa* (Bnth) Brenan, teve sua exclusão devido tratar da parte microbiológica da enzima utilização de glucoamilase não associada a produção de cerveja.

Em estudo realizado por Ferreira (16), intitulado de Enriquecimento do mosto de milho com nutrientes nitrogenados e fosfatados para melhoria da fermentação alcoólica, por seu conteúdo ser sobre a produção de etanol a partir do milho, não se encaixando no tema central da seguinte revisão.

A seguinte tabela (tabela 1) apresenta de forma geral os principais pontos dos trabalhos selecionados.

Tabela 1. Principais pontos abordados nos artigos selecionados.

| TÍTULO | DATA | OBJETIVO | TIPO DE CERVEJA | FINALIDADE DA ENZIMA | RESULTADO PRINCIPAL |
|---|---|---|---|---|---|
| Análise físico-química de cervejas artesanais produzidas com enzima glucoamilase | 2022 | Analisar as características físico-químico em cervejas artesanais produzidas com a enzima glucoamilase. identificando a presença de açúcares não fermentáveis em cervejas industrializadas. | Cerveja artesanal | Coadjuvante tecnológico, a fim de comprovar a total hidrólise do amido devido à sua capacidade de quebra das ligações α-1,4 e α-1,6 das cadeias de amilopectina. | O resultado principal foi a presença deste insumo reduz de fato os níveis de açúcar presentes, sem alterar suas características finais. |
| Otimização do processo de fabrico de mosto de cerveja | 2021 | Melhorar o controle da atenuação limite: obter valores superiores e menor tempo de brassagem. | Não especificado | Melhorar o grau de atenuação limite da cerveja, especialmente em situações de baixa qualidade do malte. | O resultado principal alcançado foi o aumento do grau de atenuação, sem impactar negativamente o produto final. |
| Aplicação de amiloglucosidase purificada de A*spergillus niger* para produção de mosto cervejeiro | 2023 | Verificar a eficiência da suplementação de amiloglucosidase purificada no mosto moído, como simulação do procedimento cervejeiro. | Cerveja leve | A adição da amiloglucosidase visa aumentar o teor de açúcares fermentáveis no mosto cervejeiro, melhorando a conversão do amido em glicose. | O principal resultado alcançado foi um aumento de 7,58% no teor de açúcares fermentáveis, além de um teor de 9 ºbrix no mosto com a enzima |

Fonte: Autor, 2024

## ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE CERVEJAS ARTESANAIS PRODUZIDAS COM ENZIMA GLUCOAMILASE

O artigo analisado aborda a utilização da enzima glucoamilase no processo de produção de cerveja artesanal, focando a sua aplicação como auxiliar tecnológico para a quebra das ligações α-1,4 e α-1,6 da amilopectina. A principal função da enzima é promover a hidrólise completa do amido, resultando na conversão das dextrinas em açúcares fermentáveis. Como parte do processo de produção, a enzima glucoamilase foi adicionada após o início da fermentação, no terceiro dia deste processo. A presença da enzima permitiu uma maior conversão dos açúcares residuais não fermentáveis, resultando numa cerveja mais seca e com um teor alcoólico mais elevado (ABV de 3,5% na cerveja com glucoamilase, em comparação com 3,1% na cerveja sem glucoamilase).

Este aumento do título alcoométrico resulta numa maior capacidade da levedura em consumir os açúcares disponíveis no mosto, que foram transformados por ação da enzima. O processo enzimático da glucoamilase atinge o seu máximo, onde atua sobre os restantes açúcares complexos, após uma fase inicial de mosturação e fermentação. A adição da enzima tem como objetivo melhorar a fermentação, garantindo que uma maior proporção de açúcares é convertida em álcool, particularmente em estilos de cerveja como a Brut IPA ou cervejas light, que exigem um baixo corpo e um elevado teor alcoólico.

## OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICO DE MOSTO DE CERVEJA

Neste contexto, a enzima foi desenvolvida como auxiliar enzimático para otimizar o processo produtivo da maioria das cervejas, principalmente quando a qualidade do malte ou outros fatores provocam desvios no grau de limite de atenuação. No processo de produção de cerveja, a glucoamilase é adicionada durante a hidratação do malte e atua ao máximo para aumentar a conversão do amido em açúcares fermentáveis. Isto ajuda a melhorar o grau de atenuação do mosto, o que garante que são consumidos mais açúcares durante a fermentação, resultando num maior teor alcoólico e numa menor doçura residual na cerveja.

No caso específico deste estudo, a glucoamilase foi validada como um recurso eficaz em momentos em que o grau de atenuação não é controlado devido à variabilidade da matéria-prima, nomeadamente o malte. A adição de glucoamilase permite manter um processo de fermentação estável sem impacto negativo na qualidade do produto em termos de aplicação enzimática. A glucoamilase é responsável pela sacarificação do amido, completando a etapa de manipulação enzimática do mosto após as ações da α-amilase e β-amilase. Isto ocorre principalmente na fase final da fermentação, promovendo a conversão das dextrinas em açúcares simples, como a glicose, que são mais facilmente fermentados pelas leveduras.

## APLICAÇÃO DE AMILOGLUCOSIDASE PURIFICADA DE *ASPERGILLUS NIGER* PARA PRODUÇÃO DE MOSTO CERVEJEIRO

O artigo aborda a utilização da amiloglucosidase purificada de *Aspergillus niger* na produção de mosto de cerveja, com o objetivo de melhorar a conversão do amido em açúcares fermentáveis. A enzima foi produzida por fermentação em estado sólido utilizando farelo de arroz como substrato, seguida de purificação por precipitação fracionada com etanol, obtendo-se uma recuperação enzimática de 52,1%. O mosto de cerveja suplementado com glucoamilase apresentou um aumento de 7,58% no teor de açúcar fermentável, em comparação com o mosto controle. O teor de sólidos solúveis (medido em ºBrix) foi também superior no mosto enzimático (9 ºBrix) em comparação com o controlo (7,18 ºBrix), sugerindo uma melhor eficiência de conversão do amido em glicose. No entanto, o aumento de açúcares foi inferior ao observado em estudos anteriores (20–23%), indicando que ajustes no processo poderiam aumentar a eficiência.

A utilização da amiloglicosidase tem-se mostrado promissora na produção de mostos com maior teor de açúcares fermentescíveis, mas a investigação sugere a necessidade de mais estudos para otimizar o processo e validar a sua aplicação à escala industrial. A suplementação enzimática pode reduzir os custos de produção de cerveja porque reduz a quantidade de cevada necessária como substrato.

## COMPARAÇÃO ENTRE OS ESTUDOS

A análise comparativa dos três estudos selecionados evidencia diferentes enfoques na aplicação da glucoamilase no processo cervejeiro, mas com resultados convergentes em relação ao aumento da conversão de amido em açúcares fermentáveis. O primeiro estudo, voltado para a análise físico-química de cervejas artesanais, destacou que a enzima foi capaz de reduzir os açúcares residuais sem comprometer as características sensoriais da bebida, resultando em uma cerveja mais seca e com maior teor alcoólico.

Já o segundo estudo priorizou a otimização do processo produtivo, sobretudo em contextos de baixa qualidade do malte, demonstrando que a adição da glucoamilase garantiu maior grau de atenuação sem impactar negativamente o perfil final da cerveja. Por sua vez, o terceiro trabalho, que investigou a suplementação de amiloglucosidase purificada de *Aspergillus niger*, apresentou um ganho quantitativo expressivo, com aumento de 7,58% nos açúcares fermentáveis e elevação do teor de sólidos solúveis (ºBrix), indicando maior eficiência na sacarificação.

Apesar das diferenças metodológicas, todos os estudos corroboram a relevância da glucoamilase como ferramenta biotecnológica para o setor cervejeiro. Enquanto os trabalhos com cervejas artesanais e de mosto otimizado reforçam a viabilidade prática do uso da enzima para

melhorar o rendimento e a qualidade sensorial, o estudo com a enzima purificada aponta perspectivas de inovação tecnológica e de redução de custos, sobretudo pela possibilidade de menor dependência da cevada como insumo. Dessa forma, o conjunto de resultados demonstra que a aplicação da glucoamilase atende tanto a demandas de escala artesanal quanto industrial, evidenciando seu potencial em ampliar estilos de cerveja e garantir maior padronização do processo produtivo.

## CONCLUSÕES

Por meio da revisão, foi possível constatar que a glucoamilase representa uma ferramenta biotecnológica promissora na produção de cerveja, por favorecer a maior atenuação, a conversão eficiente de amido em açúcares fermentáveis e a obtenção de bebidas mais secas e com maior teor alcoólico. Sua aplicação mostra-se especialmente útil em cenários de variabilidade da qualidade do malte, assegurando a estabilidade do processo fermentativo sem prejuízo sensorial. Assim, a utilização dessa enzima contribui para otimizar a eficiência produtiva e ampliar as possibilidades de desenvolvimento de cervejas com perfis específicos de corpo e doçura. Como perspectivas futuras, destaca-se a necessidade de aprofundar os estudos sobre a dosagem ideal da glucoamilase em diferentes tipos de mosto, bem como a investigação de sua interação com outras enzimas durante a produção cervejeira. Além disso, pesquisas voltadas para avaliar os impactos sensoriais a longo prazo, a aceitação do consumidor e o potencial de aplicação em cervejas artesanais e funcionais podem ampliar ainda mais seu uso. Também se faz relevante explorar a engenharia de enzimas para obter variantes de glucoamilase com maior estabilidade térmica e eficiência catalítica, o que poderia impulsionar a inovação no setor cervejeiro e contribuir para processos mais sustentáveis e economicamente viáveis.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao FNDE pelo apoio financeiro através do Programa de Educação Tutorial - PET e ao Grupo de Pesquisa GPLac - UFAPE pela orientação e possibilidade de realizar a presente pesquisa.

## REFERÊNCIAS

1. BRASIL. Decreto nº 9.902, de 8 de Julho de 2019. Brasília, DF: Presidência da República, 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9902.htm#art2. Acesso em: 04 set. de 2024.

2. AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A. Biotecnologia Industrial. São Paulo: Edgard Blücher. 4 ed. p. 91 - 143. 2001. Acesso em: 04 set. de 2024.

3. PEREIRA, Conrado Mioni. **Cerveja: história e cultura**. Editora Senac São Paulo, 2021.

4. MORADO, Ronaldo. Larousse da cerveja: A história e as curiosidades de uma das bebidas mais populares do mundo. 1. ed. São Paulo: Alaúde, 2017.

5. RAMPAZZO, V. Caracterização da composição fenólica e capacidade antioxidante de cervejas comerciais de diferentes processos de fermentação. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014. Acesso em: 04 set. de 2024

6. ORIZZONTE,<https://orizzonte.com.br/controle-de-qualidade-na-producao-decerveja/. >Acesso em: 04 set. de 2024.

7. REBELLO F. F. P. Produção de Cerveja. Revista Agrogeo ambiental, p. 145-155, 2009.SILVA, H. A.; LEITE, M. A.; PAULA, A. R. de. Cerveja e sociedade. Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade. São Paulo, v. 4, n. 2, p. 85-91, 2016. Acesso em: 04 set. de 2024.

**8.** TOZETTO, L. M.; DO NASCIMENTO, R. F. OLIVEIRA, M. H. de, VAN BEIK, J.;CANTERI, M. H. G. Production and physicochemical characterization of craft beer with ginger (Zingiber officinale). Food Science and Technology, v. 39, n. 4, p. 962-970, 2019. Acesso em: 04 set. de 2024.

9. REVIELLO, Juliana da Silva. Introdução à Bioquímica. 1. ed. (S.l.): Freitas Bastos Digital, 2025. eBook. ISBN 978-65-5675-485-7. Acesso em: 29 Ago. de 2025.

10. NELSON, D.L; COX, M.M. Princípios de Bioquímica de Lehninger. 7ª ed. Porto Alegre: Artmed. 2019. Acesso em: 04 set. de 2024.

11. SINDHU, R.; SHIBURAJ, S.; SABU, A; et al. Innovative Food Processing Technologies. A Comprehensive Review. p.191-215, 2021. WHITEHURST, E.J.; OORT E.V. Enzymes in food technology. 2ª ed. Hawthorne: Wiley-Blackwell. 2009: 384.

12. BLACK, J. L.; et al. *Optimised processing of faba bean (Vicia faba L.) kernels as a brewing adjunct.* Journal of the Institute of Brewing, v. 127, n. 3, p. 324-334, 2021. DOI: 10.1002/jib.632.

13. GRANGEIRO, Efrahin Alves; STIER, Paulo Henrique. **Análise físico-química de cervejas artesanais produzidas com a enzima glucoamilase**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Centro Universitário Internacional UNINTER.

14. TORREZAN, Gabriel Oliveira. **Ferramentas de qualidade aplicadas na fabricação industrial da cerveja**. 2022. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Faculdade Anhanguera Pitágoras de Jundiaí, Jundiaí, 2022. Acesso em: 04 set. de 2024.

15. FERNANDES, Antonia Isadora et al. Avaliação da atividade antifúngica dos metabólitos secundários dos fungos endofíticos da Anadenanthera macrocarpa (Bnth) Brenan. 2019.

16. FERREIRA, Rafaela Leandra Silva et al. Enriquecimento do mosto de milho com nutrientes nitrogenados e fosfatados para melhoria da fermentação alcoolica. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 26131-26142, 2021.

# EIXO TEMÁTICO

# CONTROLE DE QUALIDADE E LEGISLAÇÃO DE ALIMENTOS

# A VALORIZAÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR NA BAHIA ATRAVÉS DA QUALIDADE DE POLPAS DE FRUTAS E CONTRASTE COM O MODELO CONVENCIONAL

# THE VALORIZATION OF FAMILY FARMING IN BAHIA THROUGH THE QUALITY OF FRUIT PULPS AND CONTRAST WITH THE CONVENTIONAL

**DOI: 10.65747/conali2025v1c17**

**Liz Oliveira dos Santos[1], Adriana Silva de Santana[2], Maiara Viana de Ataide[2], Samantha Serra Costa[3], Tatiana Ribeiro Velloso[3], Uillian Mozart Ferreira da Mata Cerqueira[2]**

[1] Docente do Centro de Tecnologia em Energia e Sustentabilidade - CETENS – UFRB; [2]Estudante do Curso de Tecnologia em Alimentos - CETENS – UFRB; [3]Docente do Centro de Tecnologia em Energia e Sustentabilidade – CETENS – UFRB; [4]Analista da EMBASA – BAHIA

Contato: liz@ufrb.edu.br

**Resumo:** As polpas de frutas constituem uma alternativa relevante para o aproveitamento de frutos regionais e a preservação de nutrientes, especialmente quando oriundas da agricultura familiar, que mantém práticas tradicionais e fortalece a conexão entre produtores e consumidores. Este estudo teve como objetivo comparar as características físico-químicas de polpas de acerola (*Malpighia emarginata*), manga (*Mangifera indica*) e goiaba (*Psidium guajava*), produzidas em sistemas convencionais e familiares, comercializadas no município de Irará – BA. Foram determinados parâmetros de qualidade como pH, umidade, acidez total titulável, sólidos solúveis e teor de vitamina C, além da composição mineral referente a ferro (Fe), sódio (Na), zinco (Zn), potássio (K), cálcio (Ca), manganês (Mn) e magnésio (Mg). As análises foram realizadas em triplicata, segundo metodologias padronizadas, assegurando a reprodutibilidade dos resultados. Observou-se que todas as amostras apresentaram valores de pH compatíveis com os limites legais, porém houve discrepâncias quanto à acidez, sólidos solúveis e vitamina C. As polpas da agricultura familiar destacaram-se pelos maiores teores de sólidos solúveis e menores valores de umidade, diferindo das convencionais, que em alguns casos apresentaram resultados abaixo dos mínimos exigidos. O teor de vitamina C foi inferior ao previsto pela legislação em todas as amostras, possivelmente em razão da instabilidade do ácido ascórbico durante o processamento e armazenamento. A análise mineral revelou níveis satisfatórios, sobretudo para potássio e zinco. Conclui-se que as polpas da agricultura familiar apresentam melhor desempenho em relação à maioria dos parâmetros avaliados, representando produtos mais adequados em termos de qualidade nutricional e valorização da agrobiodiversidade local.

**Palavras–chave:** agricultura familiar; análise físico-química; composição mineral; polpas de frutas; qualidade nutricional.

**Abstract:** Fruit pulps represent an important alternative for the use of regional fruits and the preservation of nutrients, especially when produced by family farming, which values

traditional practices and strengthens the connection between producers and consumers. This study aimed to compare the physicochemical characteristics of acerola (*Malpighia emarginata*), mango (*Mangifera indica*), and guava (*Psidium guajava*) pulps, produced in conventional and family farming systems, commercialized in the municipality of Irará – BA, Brazil. Quality parameters including pH, moisture, titratable acidity, soluble solids, and vitamin C content were analyzed, as well as mineral composition involving iron (Fe), sodium (Na), zinc (Zn), potassium (K), calcium (Ca), manganese (Mn), and magnesium (Mg). Analyses were performed in triplicate, following standardized methodologies, ensuring reproducibility and reliability of the results. All samples showed pH values within the limits established by Brazilian legislation, although discrepancies were found for acidity, soluble solids, and vitamin C. Pulps from family farming stood out for presenting higher soluble solids and lower moisture values, while conventional pulps in some cases showed values below the minimum required standards. Vitamin C levels were below normative standards in all samples, possibly due to the instability of ascorbic acid during processing and storage. Mineral composition showed satisfactory levels, especially for potassium and zinc. It can be concluded that fruit pulps from family farming presented better performance in most evaluated parameters, being more suitable in terms of nutritional quality and contributing to the valorization of local agrobiodiversity.

**Keywords:** family farming; physicochemical analysis; mineral composition; fruit pulps; nutritional quality.

## INTRODUÇÃO

A polpa de fruta é definida, conforme a Instrução Normativa nº 01, de 07 de janeiro de 2000 e complementada com a de nº 49, de 26 de setembro e nº 37, de 01 de outubro ambas de 2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que regulamenta polpas de frutas no Brasil, como “o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtida de frutos polposos, por meio de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto” (1, 2). Com isso, o produto não pode conter adição de água ou qualquer outro líquido, seguir condições higiênico-sanitária antes, durante e depois da produção que assegure sua qualidade até o momento do consumo.

Referente a sua designação, a polpa de frutas pode ser classificada como simples (contendo apenas uma fruta) ou mista (obtida através de duas ou mais frutas) e sua denominação é relacionada ao tipo de fruta utilizada. As mesmas devem ser produzidas a partir de frutas sãs, maduras com as suas características físicas, químicas e organolépticas preservadas (3).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em todo o mundo são mais de 800 milhões de toneladas de frutas produzidas em 60 milhões de hectares de área colhida, movimentando, anualmente, mais de US$ 230 bilhões. Neste cenário, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas com cerca de 45 milhões de toneladas ao ano, sendo que mais da metade é produzido pela agricultura familiar

(4). Diante disso, é notório que durante os períodos de safras há uma vasta quantidade de frutas, porém nem todas são beneficiadas contribuindo assim para as perdas tanto na lavoura quanto no pós-colheita, sendo necessário investir em qualidade no manejo ao longo da cadeia produtiva.

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) no que tange a erradicação da fome e a pobreza, perdas é a redução não intencional de alimentos disponíveis para o consumo humano, resultando na ineficiência da cadeia produtiva, tais como: infraestrutura e logística deficientes e/ou falta de tecnologias para a produção. As perdas ocorrem, principalmente, na produção, pós-colheita e processamento, quando, por exemplo, o alimento não é colhido em tempo hábil ou é danificado durante o processamento, armazenamento e transporte (5). Com isso, as perdas das frutas podem ocasionar prejuízos financeiros quando não é aproveitada em sua totalidade e colhida com o seu grau de maturação adequado.

No mundo, as perdas e desperdício de alimentos ocorrem durante toda cadeia produtiva e tem causas econômicas, políticas, culturais e tecnológicas, que abrangem as principais etapas da cadeia de movimentação como: produção, transporte, comercialização, sistema de embalagem e armazenamento. As perdas e desperdício são sinônimo de falta de qualidade e deve ser evitado por meio de um planejamento adequado, a fim de que não existam excessos de produção e consequentes sobras (6).

O Brasil é o maior produtor mundial de frutas in natura, entretanto, por serem produtos altamente perecíveis, grande parte dessas frutas sofre deterioração em poucos dias, tendo sua comercialização dificultada, principalmente, quando envolvem longas distâncias. Portanto, a conservação das frutas na forma de polpa de fruta congelada é uma alternativa para minimizar desperdícios e para o fornecimento do alimento fora do período de safra (7).

As frutas são deterioráveis devido ao alto teor de água em sua composição química, possuindo assim, uma vida útil limitada no pós-colheita. Uma forma de conservação da mesma é o seu processamento para obtenção de polpas congeladas que, por sua vez, tende a assegurar as características sensoriais e nutricionais da fruta, tendo uma durabilidade maior, contribuindo para a valorização da fruta nativa sazonal, podendo ser consumida no período de entressafra, sendo também uma outra fonte de renda para o produtor.

No Brasil, a qualidade das polpas de frutas comercializadas é regulamentada pela Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001 e pelo Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa

de Frutas - Instrução Normativa nº 01/2000 e nº 49 e 37/2018 que estabelecem bioindicadores da qualidade higiênica. A qualidade da polpa também está relacionada à preservação dos nutrientes e às suas características físico-químicas e sensoriais, que devem ser próximas da fruta in natura, de forma a atender às exigências do consumidor e da legislação vigente. Desse modo, aspectos como pH, sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares totais naturais, sólidos totais e composição mineral são determinados nas normas específicas de cada tipo de polpa de fruta, conforme as suas características específicas (1, 2).

Sendo assim observa-se a necessidade de que as empresas produtoras de polpas busquem a adequação dos padrões de qualidade e de segurança de seus produtos aos níveis exigidos pelos consumidores cada vez mais conscientes e por legislações cada vez mais rigorosas (8). As frutas devem ser preparadas através de processos tecnológicos adequados que assegurem uma boa qualidade das suas características físico-químicas, nutricionais e microbiológicas, desde o processamento até chegar ao consumidor. As polpas são avaliadas 8 quanto as suas características físico-químicas pelas seguintes análises: pH, sólidos solúveis, acidez, vitamina c, sólidos totais e açúcares totais (1).

A relevância deste estudo reside na sua contribuição para a compreensão da qualidade nutricional das polpas de frutas que estão sendo comercializadas no município de Irará - BA. Além disso, os resultados deste estudo podem ter implicações práticas para os produtores de polpa de frutas, bem como para os consumidores que buscam produtos de alta qualidade, no que se refere a um produto seguro, tendo suas propriedades organolépticas preservadas, valorização do fruto, contribuindo assim para a geração de renda local pois as polpas agroecológicas possuem em sua composição apenas a fruta sem adição de outros constituintes. Diferente das polpas convencionais, que podem conter a fruta acrescentado de outros ingredientes, como: aditivos químicos, acidulantes como regulador de acidez, conservantes químicos e corantes naturais, que são permitidos pela legislação em quantidades máxima para cada tipo de polpa.

A hipótese é que possam existir diferenças significativas entre as polpas convencionais e as provenientes da agricultura familiar em termos de características físico-químicas como: teor de vitamina C (ácido ascórbico - AA), sólidos solúveis - SS, acidez total - AT, umidade, pH (potencial hidrogeniônico) e composição mineral, devido aos tipos de manejos, beneficiamento e processamento da matéria-prima serem diferenciados em ambos os processos tecnológicos para a produção das mesmas.

Tendo em vista a importância das polpas como alimentos e a averiguação da conformidade das características físico-químicas com os Padrões de Identidade e Qualidade - (PIQs) de polpa, este trabalho teve o objetivo de comparar a qualidade das características físicoquímicas bem como a composição mineral das polpas de acerola (*Malpighia emarginata*), manga (*Mangifera indica*) e goiaba (*Psidium guajava*) congeladas, comercializadas em um supermercado da cidade de Irará - BA, sendo estas provenientes da agricultura familiar e convencionais. Além disso, esse trabalho também objetivou: verificar a conformidade das polpas de fruta em termos de teores de vitamina C, sólidos solúveis, acidez, umidade, pH e composição mineral com os requisitos de qualidade estipulados pela legislação; destacar possíveis desvios da qualidade das polpas de frutas e suas implicações para os consumidores; reafirmar a importância das polpas da agricultura familiar como preservadoras de tradições agrícolas e promotoras da biodiversidade local; gerar resultados formais acerca das contribuições nutricionais oriundos do consumo de polpas de frutas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local do estudo e amostragem

As análises foram conduzidas no Laboratório de Química da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Campus CETENS, em Feira de Santana – BA, pelas discentes do curso de Tecnologia em Alimentos (turma de 2020). Foram adquiridas polpas congeladas de acerola, manga e goiaba, em duas categorias de produção: agricultura familiar e convencional, todas comercializadas no município de Irará – BA.

### Análises físico-químicas

As determinações de pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável, teor de vitamina C e umidade foram realizadas de acordo com os métodos oficiais descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (9), em triplicata para cada amostra.

- O pH foi medido em potenciômetro digital (Instrutherm, modelo PH–5000, São Paulo, Brasil), previamente calibrado.
- Os sólidos solúveis foram determinados em refratômetro digital (Compact Brix, China), depositando uma gota da amostra sobre o prisma e realizando leitura direta.

- O teor de vitamina C foi obtido por titulação com iodato de potássio 0,02 mol $L^{-1}$, utilizando solução de ácido sulfúrico a 20%, iodeto de potássio a 10% e amido a 1% como indicadores, conforme padronização com ácido ascórbico.
- A acidez titulável foi determinada pela titulação com solução de NaOH 0,1 mol $L^{-1}$, empregando fenolftaleína 1% como indicador e expressando os resultados em ácido cítrico.
- A umidade foi obtida por secagem em estufa (SL–100, SOLAB) a 105 °C até peso constante, utilizando cadinhos previamente esterilizados e resfriados em dessecador.

**Determinação de minerais**

A decomposição das amostras foi realizada por via úmida em sistema semiaberto, utilizando 1,0 g de amostra, 3 mL de ácido nítrico concentrado e 2 mL de peróxido de hidrogênio, em bloco digestor (Tecnal, modelo TE 0851, Piracicaba, Brasil), a 110–120 °C por aproximadamente 180 minutos. Após resfriamento, os extratos foram diluídos para 25 mL com água deionizada.

A quantificação de cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn) e potássio (K) foi realizada por espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS) e espectrometria de emissão atômica de chama (FAES), em equipamento Perkin Elmer Analyst 200 (Norwalk, EUA), utilizando lâmpadas de cátodo oco específicas e parâmetros de operação recomendados pelo fabricante. A calibração foi efetuada com soluções padrão de 1000 ± 2 μg $mL^{-1}$, devidamente diluídas.

**Tratamento dos dados**

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos como média ± desvio padrão. Os teores minerais foram reportados em mg/g.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As amostras analisadas em relação às suas características organolépticas, se enquadram nos parâmetros estabelecidos pela legislação vigente (1, 2). Efetuando-se a comparação entre as amostras, a consistência das polpas da agricultura familiar apresentou-se mais firme, em relação às polpas convencionais as quais apresentaram uma textura mais líquida. As avaliações de cor, sabor e aroma indicaram ser

característico para cada fruta utilizada. De acordo com o informado, as polpas da agricultura familiar apenas continham a fruta da referida polpa sem acréscimo de qualquer produto de outra natureza, com validade de seis meses. Por outro lado, as polpas convencionais possuíam conservante (INS 211) e acidulante (INS 330) em todos os sabores analisados, válido por doze meses conforme indicado nas embalagens.

Figura 1. Amostras de polpas descongeladas para análise.

Fonte: Autoras, 2024

A primeira etapa compreendeu a execução das análises de pH, umidade, sólidos solúveis - SS, acidez titulável - AT e vitamina C (ácido ascórbico - AA). O parâmetro pH é fundamental na análise de alimentos que contém frutas, vinculado a manutenção do sabor-odor destes tipos de produtos, assim como a inspeção do estágio de maturação da fruta. A umidade de um alimento está associada com sua conservação, qualidade e composição (10).

O teor de acidez em frutas modifica conforme com o tipo da fruta, reduzindo-se no decorrer do amadurecimento na maior parte dos frutos tropicais ou convertido em açúcares ao longo do processo respiratório. Já o teor de Sólidos Solúveis Totais (ºBrix) é uma medida indireta do conteúdo de açúcares, visto que seu valor cresce quando este é acumulado no fruto maduro (10).

O ácido ascórbico é amplamente inserido como agente antioxidante para conservar e estabilizar a cor e o aroma do alimento. Esse micronutriente é usado em enriquecimento de alimentos ou restauração para alcançar a normalidade do valor nutricional reduzido através do processamento. A determinação do índice de vitamina C em frutas e seus derivados é relevante, uma vez que possui funções necessárias na nutrição do homem, além disso sua decomposição pode facilitar o escurecimento não enzimático e ocasionar o aparecimento de sabor estranho (10).

Todos os experimentos foram realizados em triplicata, obtendo-se um valor médio para cada amostra de polpa. Os resultados das análises são dispostos na tabela 2, bem como um comparativo com outros trabalhos.

**Tabela 2.** Composição físico-química das polpas de manga

| Polpa de manga | pH | SS °Brix | AT g/100g | AA mg/100g | Umidade % |
|---|---|---|---|---|---|
| Agroecológica | 4,29 | 14,00 | 0,92 | 30,7 | 87,59 |
| Convencional | 4,03 | 8,90 | 0,98 | 7,05 | 88,23 |
| (BUENO *et al.*, 2002) | 3,30 | 13,50 | 15,6 | - | 85,10 |
| (ANJOS; CALDEIRA; GROSSI, 2017) | 4,21 | 22,01 | 0,70 | - | - |
| (PESSOA; SANTIAGO, 2016) | 3,89 | 11,00 | 0,50 | - | - |
| (CARVALHO; SANTOS, 2022) | 4,75 | 17,00 | 0,62 | 4,31 | - |
| PIQ – Mín. | 3,50 | 11,00 | 0,30 | 6,10 | - |

PIQ: Padrão de Identidade e Qualidade.

Com base nos dados obtidos, é possível observar que a polpa de manga da agricultura familiar está dentro dos padrões aceitáveis para todos os parâmetros analisados (pH, sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico), estabelecido pela legislação brasileiro (1, 2). Já a polpa de manga convencional, no que se refere aos sólidos solúveis, obteve-se um valor de 8,900 ºBrix, abaixo do valor mínimo que é de 11 ºBrix. Este fato pode ter ocorrido devido à falta de padronização dos frutos, ou seja, processamento de frutos em estágios diferentes de maturação, o processo de pasteurização, adição de água no preparo das polpas ou as frutas utilizadas no processamento foram colhidas em período chuvoso, podendo ocasionar a diluição dos sólidos solúveis. Em relação a umidade, a legislação não determina valores máximos ou mínimos, porém em comparação com outros estudos, ambas as polpas estão com valores próximos ao encontrado (8).

Fazendo um comparativo com os trabalhos de (11, 12), pode-se observar que a polpa da agricultura familiar obteve valores semelhantes nas análises de pH e acidez total e divergiu em sólidos solúveis e ácido ascórbico. O trabalho de (8) apresentou valores de pH e acidez total relativamente distintos aos encontrados nesse trabalho. Adicionalmente, observa-se que o trabalho conduzido por (13) apresentou distinção para o parâmetro pH. Para as polpas convencionais, os resultados de (14) em ácido ascórbico foram parecidos. Sendo que os sólidos solúveis e acidez total de (11) e (8) foram diferentes.

Ao analisar a tabela 3 é possível verificar que as polpas de goiaba da agricultura familiar relacionada aos parâmetros pH, sólidos solúveis e acidez total estão em conformidade com a legislação vigente. Contudo, o padrão ácido ascórbico está abaixo do preconizado no atual regimento, assim como o ácido ascórbico da polpa de goiaba convencional, uma vez que foram encontrados os valores de 9,880 e 5,170 mg/100g, respectivamente e o limite mínimo é de 24 mg/100g. Em outras análises também foram

encontrados valores inferiores ao que é estabelecido no PIQ como em (15) e em (10). Para a polpa convencional avaliada nesse trabalho os parâmetros pH e acidez total estão de acordo com a legislação. No entanto, os sólidos solúveis estão abaixo do que é exigido, sendo observado um valor médio de 4,70ºBrix, quando o mínimo exigido é de 7 ºBrix, análogo com aquele observado por (10).

**Tabela 3.** Composição físico-química das polpas de goiaba

| Polpa de goiaba | pH | SS °Brix | AT g/100g | AA mg/100g | Umidade % |
|---|---|---|---|---|---|
| Agroecológica | 3,66 | 8,20 | 0,94 | 9,88 | 89,52 |
| Convencional | 3,51 | 4,70 | 1,48 | 5,17 | 92,40 |
| (BRASIL *et al.*, 2016) | 3,52 | 10,06 | 0,75 | 10,90 | - |
| (BUENO *et al.*, 2002) | 3,80 | 8,70 | 12,00 | 62,10 | 89,20 |
| (LIMA *et al.*, 2015) | 3,96 | 4,00 | 0,40 | 6,59 | 6,59 |
| (CARVALHO; SANTOS, 2022) | 3,91 | 7,00 | 1,95 | 24,00 | - |
| PIQ – Mín. | 3,50 | 7,00 | 0,40 | 24,00 | - |

PIQ: Padrão de Identidade e Qualidade.

Foi possível observar semelhanças nos parâmetros de pH dos dois tipos de polpas analisados, nos trabalhos de: (15); (8); (10) e (14), divergindo assim com os resultados de umidade atingido por (10) e acidez titulável por (8), sendo similares ao teor de umidade deste autor.

**Tabela 4.** Composição físico-química das polpas de acerola

| Polpa de acerola | pH | SS °Brix | AT g/100g | AA mg/100g | Umidade % |
|---|---|---|---|---|---|
| Agroecológica | 2,98 | 6,80 | 3,38 | 93,36 | 93,58 |
| Convencional | 2,98 | 5,70 | 3,69 | 228,90 | 94,26 |
| (BRASIL *et al.*, 2016) | 3,14 | 7,92 | 0,83 | 482,40 | - |
| (NASCIMENTO *et al.*, 2018) | 3,63 | 5,08 | 20,24 | 633,04 | 95,67 |
| (LIMA *et al.*, 2015) | 2,80 | 6,15 | 0,74 | 401,74 | 6,50 |
| (CARVALHO; SANTOS, 2022) | 3,34 | 5,00 | 1,84 | 12,67 | - |
| PIQ – Mín. | 2,80 | 5,50 | 0,80 | 800,00 | - |

PIQ: Padrão de Identidade e Qualidade.

Com base nesses dados, observa-se que ambas as polpas de frutas estão em concordância com o último regimento para os requisitos de pH, sólidos solúveis e acidez titulável, com níveis abaixo do regulamentado para ácido ascórbico, tendo como o mínimo 800 mg/100g, e encontrado 93,36 mg/100g para a polpa da agricultura familiar

e 228,9 mg/100g para polpa convencional. O baixo valor encontrado pode ser justificado pelo fato de a vitamina C ser um antioxidante fácil de se deteriorar, tendo sua concentração diminuída desde o início do processo de fabricação das polpas de frutas e durante o período de armazenamento, reduzindo, inevitavelmente, com o passar do tempo. A respeito desse assunto, (16) relatam que:

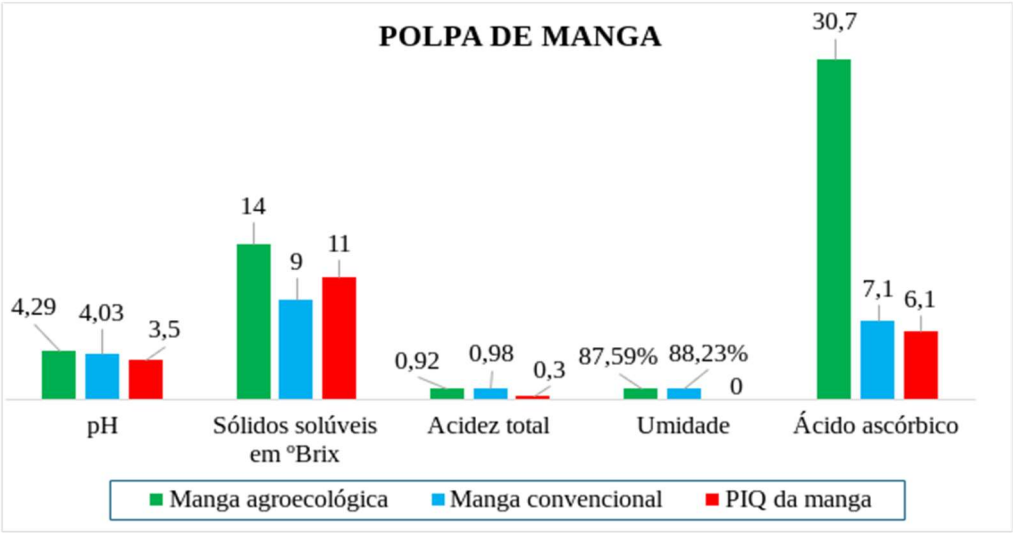
> O ácido ascórbico é também um índice de qualidade dos alimentos e pode ser influenciado pelas condições de cultivo, processamento e armazenamento de matéria prima e produto final (...). As não conformidades observadas podem ser relacionadas as práticas de processamento, exposição à luz e oxigênio e as condições inadequadas de armazenamento, uma vez que o ácido ascórbico é altamente reativo (16).

Desta forma, condições de armazenamento, tempo, temperatura e embalagem são fatores que influenciam na taxa de redução da vitamina C, que por sua vez, pode ser oxidada devido a sua instabilidade, no qual o armazenamento ao congelar o produto pode retardar os teores de concentração deste micronutriente (17). Sendo assim, quanto mais próximo da data de validade a polpa estiver, menor será o teor de ácido ascórbico devido ao grande período de congelamento. Além disso, a baixa concentração de vitamina C pode estar associada ao estágio de maturação do fruto (18).

As análises realizadas por (15); (18); (10) e (12) mostram que os índices de ácido ascórbico também foram menores que o indicado na legislação. Sendo que os teores de pH e sólidos solúveis estão assemelhados com as polpas em questão e apenas os resultados de umidade com o segundo autor. Os números obtidos para as polpas estudadas diferem por meio da acidez total com (18) tal como (10) sendo dissemelhante também a umidade em comparação com este último trabalho.

Através dos gráficos é possível visualizar detalhadamente os valores para cada análise feita. Na figura 2 é apresentado os dados das polpas da agricultura familiar e convencionais da polpa de manga em comparação com os valores mínimos estipulados pelo Padrão de Identidade e Qualidade para cada sabor, bem como se há ou não divergências entre elas.

**Figura 2.** Parâmetros físico-químico da polpa de manga



Fonte: Autoras 2024

Fazendo um comparativo na observação dos gráficos com ambas as polpas do mesmo sabor, a polpa produzida pela agricultura familiar e a polpa convencional, existe uma diferença notória entre elas, organolépticamente pela consistência e alguns índices que não estão em conformidade com a legislação. É observado também que as polpas da agricultura familiar possuem um menor teor de umidade e um maior teor de sólidos solúveis, indicando uma maior quantidade de açúcares dissolvidos. Além disso, a polpa de manga apresentou maior valor de pH e menor valor de acidez total titulável, enquanto a polpa de acerola apresentou menor valor de pH e maior valor de acidez. Desta forma, o pH é uma medida direta do teor de acidez, uma vez que, maior acidez está correlacionada a menor pH e vice-versa, influenciando na conservação da polpa por inibir o crescimento de microorganismos.

De acordo com os resultados obtidos, os valores de ácido ascórbico encontram-se em divergência com o valor destacado pela legislação, prejudicando o consumidor que compra o produto acreditando estar dentro dos padrões de qualidade de análises físico-químicas na qual a normativa estabelece.

**Composição mineral**

A determinação quantitativa de metais nas amostras de polpa de frutas é fundamental para o monitoramento das suas características nutricionais em termos de micronutrientes. Dentre as ferramentas empregadas para essa análise, as curvas analíticas são essenciais, pois permitem a correlação entre a concentração de um metal específico e a resposta de um instrumento analítico, como a absorbância no caso da espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS) ou a intensidade do sinal na

espectrometria de emissão atômica com chama (FAES). As curvas analíticas construídas nesse trabalho, foram construídas utilizando uma série de soluções-padrão com concentrações conhecidas de cada metal de interesse. A resposta obtida do instrumento para cada uma dessas soluções foi registrada, permitindo a construção de um gráfico que relaciona concentração e sinal analítico. A curva resultante foi utilizada como referência para determinar a concentração de metais nas amostras de polpas de frutas em análise.

Os teores de minerais presentes nas polpas de frutas estão expressos na Tabela 5. Dos sete minerais analisados (cálcio, zinco, potássio, ferro, sódio, magnésio e manganês), apenas dois deles (sódio e manganês) não foram detectados pelo equipamento, devido ao baixo nível de concentração, ou seja, as quantidades presentes nas polpas estavam abaixo do menor nível de sensibilidade da técnica, o que inviabilizou a sua determinação.

Os valores encontrados para os LODs (Limite de Detecção) que consiste na concentração mais baixa de possível de ser detectada, foram: 0,075; 0,036; 0,12; 0,042; 0,038; 0,11 e 0,011 $mg.L^{-1}$ e para os LOQs (Limite de Quantificação) que é a concentração mais baixa de analito possível de ser quantificada, foram: 0,25; 0,12; 0,38; 0,14; 0,13; 0,36 e 0,367 $mg.L^{-1}$ para Ca, Fe, Mn, Zn, Na, K e Mg, respectivamente.

A precisão (%RSD) foi acessada em termos de repetibilidade para dez medições de uma solução 0,5 $mg.L^{-1}$, obtendo-se os valores 4,2; 2,7; 4,0; 2,2; 3,8, 0,68 e 4,1% para Ca, Fe, Zn, Mn, Na, Mg e K, respectivamente.

**Tabela 5.** Composição mineral das polpas de frutas agroecológicas e convencionais (média ± desvio padrão)

| Polpas | Cálcio (mg/kg) | Zinco (mg/kg) | Potássio (mg/kg) | Magnésio (mg/kg) | Ferro (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| Manga Convencional | 49,05 ± 2,04 | 0,32 ± 0,0003 | 1207,2 ± 264,6 | 34,10 ± 0,79 | 14,95 ± 0,27 |
| Manga Agroecológica | 117,60 ± 2,56 | 0,35 ± 0,004 | 1360,3 ± 33,7 | 30,010 ± 0,34 | 14,96 ± 0,14 |
| Acerola Convencional | 10,11 ± 0,15 | 0,39 ± 0,009 | 1101,1 ± 118,4 | 32,98 ± 1,53 | 18,33 ± 0,54 |
| Acerola Agroecológica | 55,38 ± 1,27 | 0,62 ± 0,008 | 1501,0 ± 70,0 | 41,31 ± 1,34 | 19,03 ± 0,66 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Goiaba Convencional | 24,12 ± 0,92 | 0,40 ± 0,004 | 1390,8 ± 23,1 | 13,92 ± 0,40 | 15,09 ± 0,43 |
| Goiaba Agroecológica | 72,70 ± 5,13 | 0,49 ± 0,028 | 1805,3 ± 334,2 | 38,70 ± 1,79 | 15,57 ± 0,41 |

Analisando a tabela, nota-se que as polpas apresentaram valores significativos para os seguintes minerais: cálcio, zinco, potássio, magnésio e ferro. É também observável que as polpas agroecológicas obtiveram quantidades de minerais superiores quando comparadas com as polpas convencionais. Uma exceção desse perfil deu-se na avaliação do ferro, que apresentou valores similares ou próximos em todos os sabores. É importante frisar que todas as polpas: manga, acerola e goiaba, tanto da agricultura familiar quanto convencional, contém maiores teores de potássio e menores teores de zinco.

De acordo com (19), a polpa da manga Tommy obteve 7; 0,1; tr; 138; 0,1; 8 e 0,34 mg/100g para os seguintes minerais: magnésio, ferro, sódio, potássio, zinco, cálcio e manganês, respectivamente. Sendo que, dos sete minerais analisados, apenas o zinco possui valores semelhantes com as polpas de manga convencionais e agroecológicas pesquisadas.

A acerola in natura e o suco natural de acerola abordados em (20) apresentaram nessa ordem para a fruta: 12; 0,20; 18; 146; 7 e 0,10 mg/100g para cálcio; ferro; magnésio; potássio, sódio e zinco, no qual o suco alcançou: 10; 0,50; 12; 97; 3 e 0,10 mg/100g para estes mesmos minerais. Em comparação com as polpas de acerola do presente estudo, foi possível verificar similaridade com os minerais cálcio e zinco, contradizendo com os demais.

Os valores de minerais encontrados por (21) na polpa de goiaba para o cálcio foi de 87,00 ± 0,01, magnésio 91,00 ± 0,027, potássio 1943 ± 0,97, manganês 1,63 ± 0,72 e zinco 2,72 ± 0,35 ($mg.100g^{-1}$). Dos macronutrientes analisados, somente o cálcio e potássio estão com valores aproximados ao da polpa de goiaba agroecológica.

No estudo feito por (22), o cálcio da casca de manga e de maracujá obtiveram o resultado de 39,80 ± 0,14 e 58,65 ± 0,14 mg/100g, similares os valores das polpas convencionais, no qual o potássio com 205,79 ± 1,96 e 690,02 ± 1,29 mg/100g, respectivamente, divergiram com as polpas analisadas. O ferro da casca de maracujá foi de 13,52 ± 0,04 mg/100g semelhante com os números encontrados nas referidas análises, sendo diferente da casca de manga de 3,93 ± 0,33 mg/100g. Já o zinco foi de 1,82 ± 0,11 mg/100g para a primeira casca com valores próximos ao obtido e de 13,49

± 0,19 mg/100g para a segunda casca, distanciando-se dos índices dos dois tipos de polpas.

Nas análises de minerais da polpa de juçaí descrita por (23) encontraram-se 94,8 ± 11,2 mg/100g para o potássio, 4,3 ±1,0 mg/100g para o cálcio e 46,6 ± 1,5 mg/100g para o ferro, diferindo-se das polpas da tabela anterior, sendo que as polpas de manga, acerola e goiaba convencionais e agroecológicas possuem maior teor de potássio, cálcio e menor valor de ferro em comparação a polpa de juçaí.

No trabalho de (24) eles analisaram alguns minerais dos seguintes frutos do cerrado brasileiro: araçá; araticum; cagaita; caju-do-cerrado; chichá; gabiroba; macaúba; mangaba; murici; pitomba; puçá, obtendo no final uma média geral, 44,5; 0,92; 1,22 mg/100g, para cálcio, zinco e ferro, respectivamente. Desta maneira, fazendo um comparativo, o cálcio da polpa de manga convencional está semelhante aos frutos do cerrado, bem como o zinco para todas as polpas, havendo divergências do ferro nessas amostras. Encontrou-se também números próximos para o cálcio na polpa de acerola da agricultura familiar, distanciando dos valores das duas polpas de goiaba.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos para pH e acidez total pode-se concluir que todas as polpas analisadas atenderam a legislação em vigor para os padrões de identidade e qualidades.

Em relação aos teores de vitamina C obtidos das polpas, estes se encontraram fora do padrão estabelecido pela legislação e o teor de sólidos solúveis das polpas de goiaba e manga convencionais estão fora das exigências do referido regulamento.

Os resultados apontam para a necessidade de padronização dos processos produtivos das polpas para garantir a qualidade e segurança dos produtos.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB (TSC0035_2024) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (312068/2022-0).

## REFERÊNCIAS

(1) BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta**. Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000. Disponível em: https://docs.google.com/document/d/118hh9vmAFADUTglcBbi_nnhIpdtfSMvt. Acesso em: 26 mar. 2024.

(2) BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Parâmetros analíticos e quesitos complementares aos padrões de identidade e qualidade de polpa de fruta**. Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304988/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37. Acesso em: 30 abr. 2024.

(3) BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Padronização, classificação, registro, inspeção, produção e fiscalização de bebidas**. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2009/decreto-6871-4-junho-2009-588673-normaatualizada-pe.html. Acesso em: 4 abr. 2024.

(4) INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA: **produção de frutas no Brasil**. 2022.

(5) ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (FAO). ***Salvar alimentos: iniciativa global sobre perda de alimentos e redução de desperdício***. Roma: FAO, 2014. 18 p. Disponível em: https://www.fao.org/3/at144e/at144e.pdf. Acesso em: 21 mar. 2024.

(6) SILVÉRIO, G. A.; OLTRAMARI, K. Desperdício de alimentos em unidades de alimentação e nutrição brasileiras. ***Revista Ambiência***, v. 10, p. 125-133, 2014.

(7) MORAIS, F. A.; ARAÚJO, F. M. M. C.; MACHADO, A. V. Influência da atmosfera modificada sob a vida útil pós-colheita do mamão 'Formosa'. ***Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável***, v. 5, p. 1-9, 2010.

(8) BUENO, S. M. et al. Avaliação da qualidade de polpas de frutas congeladas. ***Revista do Instituto Adolfo Lutz***, v. 62, p. 121-126, 2002.

(9) INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). ***Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análises de alimentos***. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1002 p.

INSTITUTO INTERNACIONAL DO POTÁSSIO (IPI). Nutrição e saúde: a importância do potássio. São Paulo, 2013. 18 p. DOI: 10.3235/978-3-905887-08-2.

(10) LIMA, L. S. et al. Avaliação da composição físico-química de polpas de frutas comercializadas em cinco cidades do Alto Sertão paraibano. ***Revista Verde***, v. 10, p. 49-55, 2015.

(11) ANJOS, R. A.; CALDEIRA, S. R. D. M.; GROSSI, E. C. Avaliação físico-química de polpas de frutas produzidas pela COPABASE/Arinos - MG. In: **SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FEDERAL DO NORTE DE MINAS GERAIS (IFNMG)**, 6., 2017, Januária. *Anais...* Januária: IFNMG, 2017. 3 p.

(12) CARVALHO, S. P.; SANTOS, L. O. **Laudo técnico sobre análises físico-químicas de polpa de acerola da Matinha: 03/2022**. Feira de Santana: Laboratório de Alimentos – UFRB/CETENS, 2022. 1 p.

(13) PESSOA, M. J. O.; SANTIAGO, A. F. J. Avaliação da qualidade físico-química de polpas de frutas congeladas comercializadas na cidade de Nova Cruz – RN. In: **SEMANA DE QUÍMICA – IFRN**, 4., 2016, Natal. *Anais...* Natal: IFRN, 2016. p. 138-142.

(14) CARVALHO, S. P.; SANTOS, L. O**. Laudo técnico sobre análises físico-químicas de polpa de manga da Matinha: 04/2022**. Feira de Santana: Laboratório de Alimentos – UFRB/CETENS, 2022. 1 p.

(15) BRASIL, A. S. et al. Avaliação da qualidade físico-química de polpas de fruta congeladas comercializadas na cidade de Cuiabá-MT. ***Revista Brasileira de Fruticultura***, v. 38, p. 167-175, 2016.

(16) BATISTA, A. G. et al. Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas: uma abordagem para produção do agronegócio familiar no Alto Vale do Jequitinhonha. ***Revista do Instituto Adolfo Lutz***, v. 7, p. 49-54, 2013.

(17) SEBASTIANY, E.; REGO, E. R.; VITAL, M. J. S. Qualidade microbiológica de polpas de frutas congeladas. ***Revista do Instituto Adolfo Lutz***, v. 68, p. 224-231, 2009.

(18) FERREIRA, R. M. A. et al. Ponto de colheita da acerola visando à produção industrial de polpa. ***Revista Verde***, v. 4, p. 13-16, 2009.

(20) FREITAS, C. A. S. et al. Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. ***Revista Brasileira de Agrociência***, v. 12, p. 395-400, 2006.

(21) ZIMMER, S.; KIRCHNER, G.; BIZHANG, M.; BENEDIX, M. **Influence of Various Acidic Beverages on Tooth Erosion**. Evaluation by a New Method. Plos one, June 2, 2015.

(22) FELIPE, E. M. F. et al. Avaliação da qualidade de parâmetros minerais de pós-alimentícios obtidos de casca de manga e maracujá. *Revista Alimentos e Nutrição*, v. 17, p. 79-83, 2006.

(23) RIBEIRO, L. O.; MENDES, M. F.; PEREIRA, C. S. S. Avaliação da composição centesimal, mineral e teor de antocianinas da polpa de juçaí (Euterpe edulis Martius). ***Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia de Vassouras***, v. 4, p. 5-16, 2011.

(24) SILVA, M. R. et al. Caracterização química de frutos nativos do cerrado**. *Revista Ciência Rural***, v. 38, p. 1790-1793, 2008.

# ANÁLISE DE ROTULAGEM E LISTA DE ADITIVOS EM BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS

# LABELING ANALYSIS AND LIST OF ADDITIVES IN NON-ALCOHOLIC BEVERAGES

**DOI: 10.65747/conali2025v1c18**

Beatriz Damasceno Do Nascimento[1], Beatriz Aires Maia[2], Mirla Dayanny Pinto Farias[3], Francisca Joyce Elmiro Timbó Andrade[4], Leiliane Teles César[5], Georgia Maciel Dias De Moraes[6]

[1]Estudante do Curso de Tecnologia em Alimentos – Eixo de Produção Alimentícia – IFCE Campus Sobral; [2]Estudante do Curso de Tecnologia em Alimentos – Eixo de Produção Alimentícia – IFCE Campus Sobral; [3]Docente/pesquisadora do Eixo de Produção Alimentícia – IFCE - Campus Sobral; [4]Docente/pesquisadora do Eixo de Produção Alimentícia – IFCE - Campus Sobral; [5]Docente/pesquisadora do Eixo de Produção Alimentícia – IFCE – Campus; [6]Docente/pesquisadora do Eixo de Produção Alimentícia – IFCE - Campus Sobral.

Contato: beatriz.damasceno.nascimento05@aluno.ifce.edu.br

**Resumo:** O mercado das bebidas não alcoólicas à base de frutas tem crescido notoriamente, pois muitas bebidas são ricas em nutrientes, atualmente, têm surgido diferentes formulações e muitas elaboradas com aditivos alimentares. Com base na alimentação do consumidor brasileiro e nas legislações vigentes, o estudo objetivou avaliar a rotulagem e a presença de aditivos em diferentes marcas e sabores de bebidas não alcoólicas à base de frutas comercializadas na cidade de Sobral-CE. Realizou-se seis visitas em seis supermercados no mês de dezembro de 2024, o estudo embasou-se na IN n° 75, de 8 de outubro de 2020 e na IN n° 211, de 1 março de 2023 - ANVISA. Foram catalogados 106 produtos de 8 nichos: polpas de fruta, águas de coco, cajuínas, sucos integrais, sucos mistos, néctares, refrescos e refrigerantes. Muitos rótulos apresentaram uma ou mais inconformidade, por exemplo, não apresentaram o volume por volume (v/v), ausência de indústria brasileira, quadro da informação nutricional impresso de forma incorreta, presença de informações que induziram a erro e ausência da lista de ingredientes. Além disso, foi verificado que a maioria dos aditivos encontrados nas bebidas foram corantes, antioxidantes, edulcorantes e estabilizantes, atenta-se para a presença de antocianina e hexametafosfato de sódio que não constam na lista de aditivos autorizados pela legislação para refresco e refrigerante. Dessa forma, pode-se concluir que o consumidor deve atentar-se aos rótulos para saber o que está adquirindo, as indústrias devem garantir alimentos inócuos à saúde do consumidor e a fiscalização de bebidas mais efetiva pelos órgãos competentes.

**Palavras-chave:** Rótulo; Informação nutricional; Ingredientes.

**Abstract:** The market for non-alcoholic fruit-based beverages has grown significantly, as many beverages are rich in nutrients. Currently, different formulations have emerged, many of which are made with food additives. Based on Brazilian consumer diets and current legislation, the study aimed to evaluate the labeling and presence of additives in different brands and flavors of non-alcoholic fruit-based beverages sold in the city of Sobral, Ceará. Six visits were conducted to six supermarkets in December 2024. The study was based on Normative Instruction No. 75 of October 8, 2020, and Normative Instruction No. 211 of March 1, 2023 (ANVISA). A total of 106 products from eight niches were cataloged: fruit pulp, coconut water, cashew juices, whole juices, mixed juices, nectars, soft drinks, and carbonated drinks. Many labels presented one or more nonconformities, such as failure to list the volume per volume (v/v), lack of Brazilian manufacturing, incorrectly printed nutritional information, misleading information, and a missing ingredient list. Furthermore, it was found that most of the additives found in the beverages were colorants, antioxidants, sweeteners, and

stabilizers. Note the presence of anthocyanin and sodium hexametaphosphate, which are not on the list of additives authorized by law for soft drinks and carbonated beverages. Therefore, it can be concluded that consumers should pay close attention to labels to understand what they are purchasing, manufacturers should ensure food is safe for consumers, and the competent authorities should ensure more effective beverage inspections.

**Keywords:** Label; Nutritional information; Ingredients.

## INTRODUÇÃO

De acordo com a legislação vigente, bebida não alcoólica é a bebida com graduação alcoólica até meio por cento em volume, a vinte graus Celsius, de álcool etílico potável (1).

O Anuário das Bebidas Não Alcoólicas elaborado em 2024 pelo Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA (2) mostra o aumento de 3,8% de agroindústrias processadoras de água de coco e as de suco ou polpa de fruta foram registradas pela Secretaria de Defesa Agropecuária no ano de 2023, correspondendo um total de 2277 de agroindústrias legalizadas e em funcionamento no Brasil.

A pesquisa realizada por Lelli, Viana e Tobal (3) mostrou que mesmo com o alto consumo de bebidas não alcoólicas muitas pessoas não desenvolveram o hábito de ler os rótulos dos produtos alimentícios o que acaba causando percepções errôneas quanto a determinados produtos, como a ilusão que toda bebida a base de frutas comercializado é saudável, no entanto a maioria se apresenta com aditivos, conservantes e adição de açúcar em quantidades elevadas. A pesquisa constatou ainda que 77% das polpas e bebidas de frutas catalogadas em dezembro de 2021, em uma das maiores redes de supermercados, continham aditivos e foram mapeados 14 tipos, entre eles aromatizantes, acidulantes e antioxidantes encontrados com frequência.

O inciso I, II e III, art. 6°, do Código de Defesa do Consumidor (4) destaca a importância da rotulagem dos alimentos, contendo informações de quantidade, característica, composição, qualidade, preço e alertas de risco ao consumidor para garantir sua segurança, saúde e consumo consciente do produto ofertado.

A rotulagem permite a comunicação do fabricante com o consumidor pelas informações presentes no painel principal contendo informações de nomenclatura, logotipo e informações importantes, o painel secundário apresenta informações sobre o produto constando lista de ingredientes, tabela nutricional, alergênicos além do lote e datas de fabricação e/ou validade, ademais após a lista de ingredientes se encontram a lista de aditivos presentes que é de suma importância uma vez que muitos podem apresentar danos a saúde do consumidor como o corante tartrazina que pode causar reação alérgica de asma brônquica (5).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) providenciou a criação de legislações que regem a qualidade e segurança dos alimentos comercializados e destacam-se as mais recentes IN n° 75, de 8 de outubro de 2020, estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem

nutricional nos alimentos embalados e a IN n° 211, de 1 março de 2023, estabelece as funções tecnológicas, os limites máximos e as condições de uso para os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em alimentos (6,7).

Para proporcionar a visualização mais clara e simples das informações mais relevantes para o consumidor foi desenvolvida a rotulagem nutricional frontal, aderindo a colocação de uma lupa para indicar se o produto contém alto teor de açúcar adicionado, gordura saturada e sódio (6).

O presente estudo objetivou avaliar os dizeres de rotulagem de diferentes marcas e sabores de bebidas não alcoólicas à base de frutas comercializadas na cidade de Sobral - CE, analisando a rotulagem e a presença de aditivos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo tem caráter observacional, descritivo, com coleta e análise de dados quantitativos e qualitativos sobre análise de rótulos, informação nutricional e os aditivos encontrados nas bebidas não alcoólicas à base de frutas.

### Local de estudo

Foram realizadas seis visitas em seis grandes supermercados da cidade de Sobral durante o mês de dezembro de 2024.

### Análise de produtos catalogados

Os produtos foram registrados para os respectivos nichos: Polpa de fruta, água de coco, cajuína, suco integral, suco misto, néctar, refresco e refrigerante.

### Análise dos dados

As análises foram realizadas com base na IN n° 75, de 8 de outubro de 2020, que estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados e a IN n° 211, de 1 março de 2023, que estabelece as funções tecnológicas, os limites máximos e as condições de uso para os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em alimentos, criadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. As análises dos rótulos também foram feitas com base no Decreto n° 6871 de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei n° 8918 de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, estabelecido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA (1,6,7).

### Tabulação dos dados

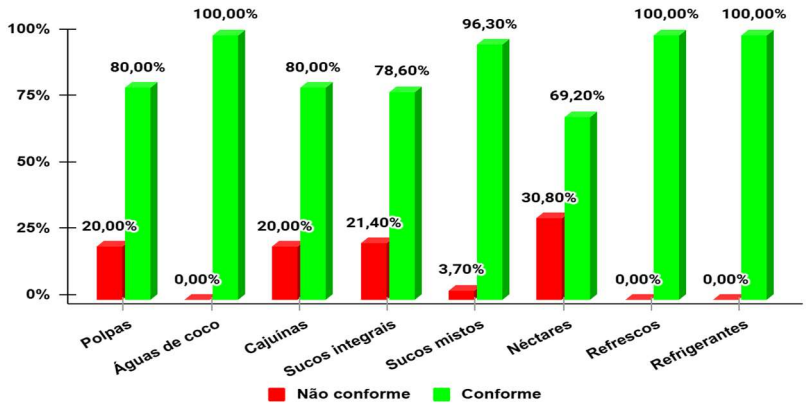
Os dados foram tabulados com auxílio da ferramenta Google documentos e Google planilhas, avaliando-se por meio de check list os parâmetros: Nome do fabricante; Endereço do estabelecimento; Denominação do produto Marca comercial; Expressão “Indústria Brasileira”; Conteúdo; Teor alcoólico; Lote; Prazo de validade; Classificação da água de coco; N° de registro do MAPA, Ingredientes; Orientações; Declaração que pode causar erro; Quadro da informação nutricional conforme a IN n° 75 de 2020; Rotulagem nutricional frontal; Alegações nutricionais; Porção, medida caseira, valores diários de referência (VDR).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram catalogados 106 produtos de 32 marcas diferentes, conforme disponibilidade de venda durante as visitas, com 8 nichos específicos, sendo: 25 polpas de fruta, 5 águas de coco, 5 cajuínas, 14 sucos integrais, 18 sucos misto, 13 néctares, 12 refrescos e 14 refrigerantes.

No gráfico 1 encontra-se a análise dos rótulos dos produtos.

**Gráfico 1:** Percentual de adequação e inadequação dos rótulos por categoria de bebidas.




Fonte: Autores, 2025.

Foi verificado que 84,9% dos rótulos estavam conformes, ou seja 90 rótulos e 15,1%, 16 rótulos apresentaram uma ou mais inconformidades. Contudo, os rótulos não devem apresentar nenhum erro, pois são uma ferramenta do controle de qualidade da empresa e etiqueta para o consumidor, influenciando na tomada de decisão de compra (5).

Dos oito nichos analisados apenas as águas de coco, refrescos e refrigerantes encontravam-se com 100% dos rótulos conforme com as legislações vigentes (Gráfico 1). Ao todo 10 rótulos não apresentaram o volume por volume (v/v), em números inteiros, com o valor numérico e o sinal de porcentagem (%), sendo 5 polpas, 1 cajuína, 2 sucos integrais e 2 mistos, 4 néctares não apresentaram a indicação de indústria brasileira, 3 produtos não estavam com o quadro de informação nutricional correto, sendo 1 cajuína, 1 suco integral e 1 misto, 2 néctares continham informações que induziram a erro, e 1 cajuína não continha a lista de ingredientes. Em estudo sobre

“Suco clarificado de Caju “Cajuína” - um estudo experimental em tempos de COVID-19” por De Holanda Gonçalves *et al.* (8) detectaram que de 14 cajuínas analisadas 2 rótulos estavam inconformes por não apresentarem a informação nutricional.

Sobre a presença da lupa da rotulagem frontal, apenas 1 refrigerante precisou aderir a legislação recomenda para açúcar e sódio. Os refrigerantes são ricos nestes ingredientes, houve um refrigerante de guaraná com 11 g/100ml de açúcar adicionado ultrapassando o limite de 7,5g/ 100ml, dessa forma a marca utilizou a lupa alto em açúcar adicionado conforme pede a legislação vigente (6). O estudo sobre “Avaliação da rotulagem de bebidas não alcoólicas com informação nutricional complementar (INC)” realizado por Silva (13) encontrou 15 tipos de inconformidades, as mais encontradas foram a ausência do lote, ausência de indicação do prazo de validade e o uso inadequado de termos autorizados para utilização da INC, desta forma é necessária uma maior fiscalização das autoridades responsáveis para que não haja mais a venda de produtos inadequados.

O excesso no consumo de aditivos é um problema de saúde pública, a industrialização proporcionou o fácil acesso no preparo e consumo de alimentos, porém os alimentos industrializados podem apresentar muitos aditivos, o público infantil se destaca como o mais vulnerável, pois é facilmente influenciado pela aparência que o marketing dos produtos proporcionam e muitos pais, por falta de tempo, procuram alimentos industrializados como alternativa de lanche para as crianças, isso contribui em possível desenvolvimento de doenças como o câncer, pela ingestão excessiva de alimentos ricos em aditivos (9). O Quadro 1 apresenta os aditivos encontrados nas bebidas analisadas e suas funções.

**Quadro 1:** Aditivos encontrados nas bebidas e suas funções com base na IN n° 211 de 01/03/2023.

| FUNÇÃO | INS | ADITIVOS | Bebidas |
|---|---|---|---|
| Acidulante: Substância que aumenta a acidez ou confere um sabor ácido aos alimentos. | 330 | Ácido cítrico | 13 Néctares; 12 Refrescos; 2 Suco misto; 12 Refrigerantes. |
| | 334 | Ácido tartárico | 1 Refrigerante. |
| Antioxidante: Substância que retarda o aparecimento de alteração oxidativa no alimento. | 220 | Dióxido de enxofre | 4 Suco integral; 8 Suco misto |
| | 223 | Metabissulfito de sódio | 3 Polpas de frutas; 3 Águas de coco; 1 Néctar. |
| | 300 | Ácido ascórbico | 1 Água de coco; 1 Suco integral; 13 Néctares; 9 Refrescos; 8 Suco misto; 2 Refrigerante. |
| | 385 | EDTA cálcio dissódico | 1 Refrigerante. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Não consta na legislação | 452i | hexametafosfato de sódio | 1 Refrigerante. |
| Antiespumante:<br>Substância que previne ou reduz a formação de espuma. | 900a | Polidimetilsiloxano | 3 Néctares. |
| Aromatizante:<br>Substância ou mistura de substâncias com propriedades aromáticas ou sápidas, capazes de conferir ou reforçar o aroma ou sabor dos alimentos. | Todos os aromatizantes autorizados pela RDC nº 725, 2022 | Aromatizante natural ou sintético | 13 Néctares; 12 Refrescos; 14 Refrigerantes. |
| Conservante:<br>Substância que impede ou retarda a alteração dos alimentos provocada por microrganismos ou enzimas. | 202 | Sorbato de potássio | 1 Suco integral; 8 Refrigerante. |
| | 211 | Benzoato de sódio | 10 Polpas de frutas; 14 Refrigerantes. |
| Corante:<br>Substância que confere, intensifica ou restaura a cor de um alimento | 102 | Tartrazina | 2 Refrigerante. |
| | 110 | Amarelo crepúsculo FCF | 3 Refrigerante. |
| | 122 | Azorrubina (carmoisina) | 1 Refrigerante. |
| | 123 | Vermelho Bordeaux ou Amaranto | 2 Refrigerante. |
| | 129 | Vermelho allura Ac | 1 Refrigerante . |
| | 133 | Azul brilhante FCF | 3 Refrigerante. |
| | 150a | Caramelo I caramelo simples | 1 Néctar. |
| | 150d | Caramelo IV - caramelo processo sulfito-amônia | 6 Refrigerantes. |
| | 160a(ii) | Beta-carotenos | 2 Néctares; 1 Refresco. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | vegetais | |
| | 160 a(i) | Beta-caroteno sintético | 4 Refrescos. |
| | 163(ii) | Extrato de casca de uva | 2 Refrescos. |
| Não consta na legislação | 163 (i) | Antocianina | 1 Refresco. |
| Edulcorante: Substância diferente dos açúcares que confere sabor doce ao alimento. | 950 | Acesulfame de potássio | 3 Néctares; 3 Refrescos; 5 Refrigerantes. |
| | 952(iv) | Ciclamato de sódio | 14 Refrigerantes. |
| | 954(iv) | Sacarina sódica | 10 Refrigerantes. |
| | 955 | Sucralose | 3 Néctares; 3 Refrescos; 5 Refrigerantes. |
| | 961 | Neotame | 4 Refrigerantes. |
| Estabilizante: Substância que torna possível a manutenção de uma dispersão uniforme de duas ou mais substâncias imiscíveis em um alimento. | 412 | Goma Guar | 5 Refrescos. |
| | 331 (i) | di-hidrogenocitrato de sódio | 4 Refrigerante. |
| | 331 (iii) | Citrato trissódico | 2 Refrigerante. |
| | 415 | Goma xantana | 4 Néctar; 1 Refresco. |
| Nutriente para levedura: Substância que nutre os fermentos biológicos para que mantenham seu desempenho durante o processo de fermentação | - | sulfato de zinco | 8 Refrescos. |
| Regulador de acidez: Substância que altera ou controla a acidez ou alcalinidade dos alimentos. | 296 | Ácido málico | 2 Refrigerante. |
| | 338 | Ácido fosfórico | 1 Refrigerante. |
| Sequestrante: Substância que forma complexos químicos com íons metálicos. | 452(i) | Polifosfato de sódio | 1 Refrigerante. |

Fonte: Autores, 2025.

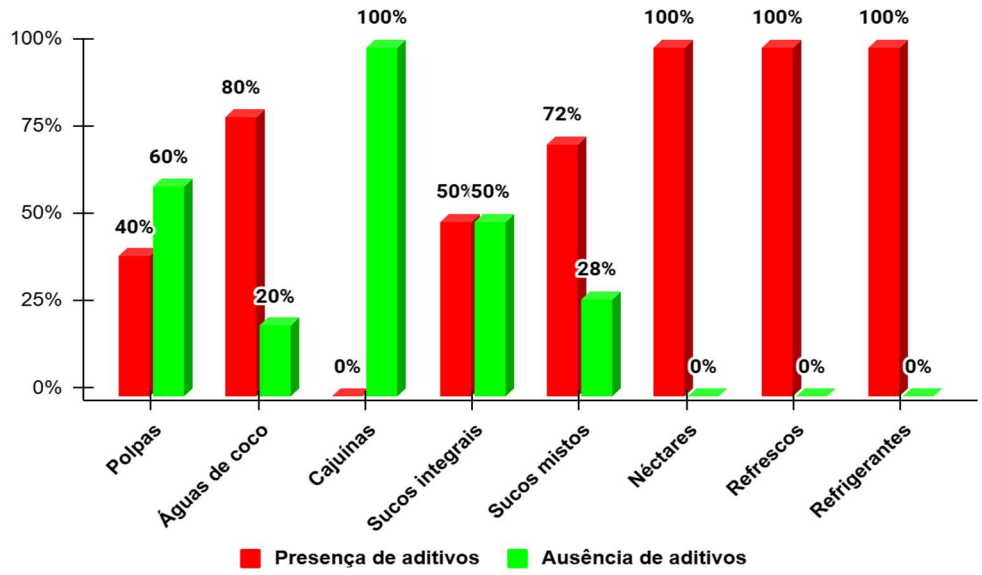
Os aditivos alimentares são substâncias que modificam as características sensoriais dos alimentos sem nenhum propósito de nutrir, também podem preservar o alimento de reações

deteriorantes, a IN 211/2023 destaca 43 funcionalidades, foram encontrados 73 rótulos com presença de aditivos para 11 funcionalidades diferentes (1).

O antioxidante hexametafosfato e o corante antocianina não estão presentes na nova legislação IN 211/2023, ou seja, não tem permissão de serem adicionados nos alimentos, um refresco de morango e um refrigerante de laranja se encontram inadequados por apresentarem esses aditivos não permitidos (Quadro 1). A avaliação de toxicidade e de quantidade permitida é elaborada pela Comissão do Codex Alimentarius, criada pela Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS) que declaram se o aditivo pode ser usado, em quais alimentos e qual será a funcionalidade dele, avaliando o risco a saúde do consumidor (10).

O Gráfico 2 apresenta o percentual de aditivos presentes nas bebidas por categoria.

**Gráfico 2:** Percentual de aditivos presentes nas bebidas por categoria.



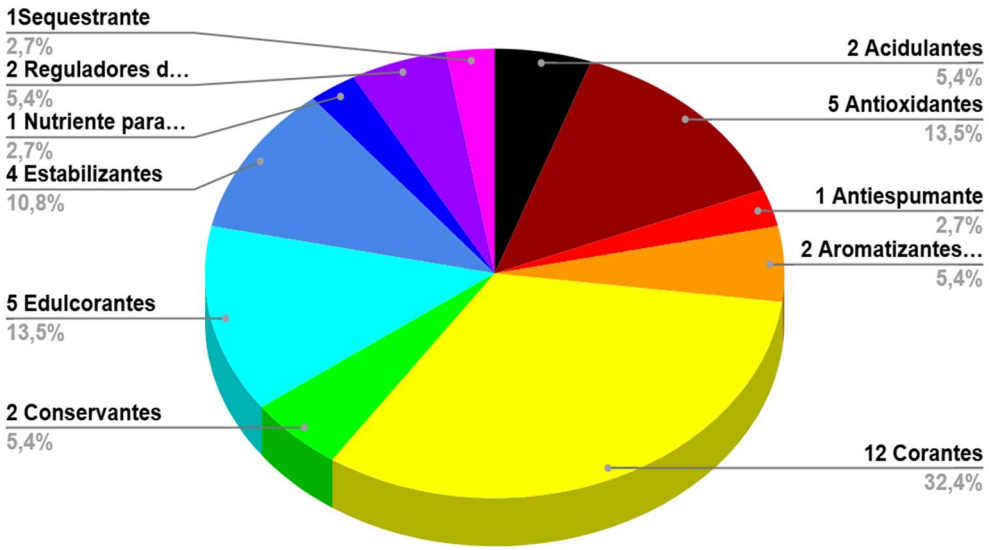

Fonte: Autores, 2025.

O Gráfico 2 mostra um alto percentual da presença de aditivos, destacando os néctares, refrescos e refrigerantes com 100% de presença de um ou mais aditivos. Mesmo que o uso de aditivos confira em muitos casos uma necessidade da indústria para melhorar as propriedades sensoriais e/ou fornecer segurança aos produtos, muitos aditivos são extremamente tóxicos e prejudiciais à saúde, como o corante tartrazina e amaranto encontrados em algumas bebidas avaliadas (Quadro 1), a legislação obriga a declaração do nome completo no rótulo para o corante tartrazina, estudos apontam potencial toxicológico e mutagênico, modificando enzimas e alterando a funcionalidade do sistema metabólico do corpo humano. Além disso, tartrazina é proibida em alguns países, mas no

Brasil a ANVISA com o Comitê de Estudo sobre Aditivos Alimentares (JECFA) e a OMS ao realizarem avaliações comprovaram seu uso seguro com ingestão diária aceitável de 7,5 mg/Kg (5,11).

O Gráfico 3 apresenta o percentual de aditivos de acordo com sua função tecnológica.

**Gráfico 3:** Percentual de aditivos encontrados de acordo com sua função.




Fonte: Autores, 2025.

Dos 37 aditivos encontrados 12, em sua maioria, foram de corantes, seguido de 5 antioxidantes, 5 edulcorantes e 4 estabilizantes (Gráfico 3), encontrados principalmente em refrigerantes, refrescos e néctares. Os corantes são utilizados para colorir a bebida, que cativa o olhar das pessoas, principalmente de crianças e adolescentes, visto que o estímulo visual é um dos fatores de compra das bebidas, pois o consumidor associa a aparência ao sabor (9); Os antioxidantes são utilizados para retardar a ação oxidativa, impedindo a degradação precoce e aumentando o prazo de validade do alimento; Os edulcorantes são utilizados como alternativa na substituição do açúcar, dependendo da quantidade utilizada e do tipo ele pode ajudar na prevenção de diabetes e obesidade, os mais conhecidos são o aspartame e a sacarina, estudos apontam o aspartame por conter efeito colateral atingindo o sistema neurológico; Os estabilizantes são utilizados principalmente em alimentos panificados e de confeitaria por seu poder de emulsão, melhorando a aparência dos alimentos (12).

Das 106 bebidas não alcoólicas à base de frutas analisadas 16 apresentaram os rótulos com uma ou mais inconformidade, ou seja, 15,1% estavam inconformes, sendo 5 polpas, 1 cajuína, 3 sucos integrais, 3 sucos mistos, 4 néctares, com inconformidades em relação a não conter a expressão “Indústria Brasileira”, lista de ingredientes, apresentar declaração que pode confundir o consumidor, o quadro da informação nutricional não estar com fundo branco e letra preta e não

conter nas polpas e sucos o volume por volume (v/v) com o valor numérico e o sinal de porcentagem (%). Além disso, apenas 1 refrigerante precisou aderir a lupa da nova rotulagem frontal. Foram encontradas 73 bebidas com aditivos, sendo 68,9%, ou seja, mais da metade das bebidas continham um ou mais aditivos presentes em sua composição, se destacaram os néctares, refrescos e refrigerantes com 100% de presença de um ou mais aditivos, dos 37 aditivos encontrados 12, em sua maioria, foram de corantes, seguido de 5 antioxidantes, 5 edulcorantes e 4 estabilizantes, encontrados principalmente em refrigerantes, refrescos e néctares.

## CONCLUSÕES

A indústria das bebidas não alcoólicas vem crescendo a cada dia devido aos hábitos alimentares da população estarem em mudança, na procura por uma alimentação adequada, sem riscos à saúde, bebidas que proporcionam praticidade no consumo a fim de otimizar o tempo das famílias que foi reduzido com a globalização. No entanto, muitas pessoas acreditam que as bebidas ao conterem frutas estão auxiliando na ingestão de nutrientes por apresentar suco e/ou polpa de fruta na composição, mas não é bem assim, o estudo mostrou que é necessário um consumo moderado das bebidas, pois em refrescos, néctares e principalmente nos refrigerantes há um alto índice de açúcares adicionados, sódio e aditivos alimentares, e o teor de adição do suco da fruta ou polpa é bem menor nessas bebidas.

Além disso, o estudo constatou o descumprimento do direito básico do consumidor de obter informações claras sobre o produto, visto que obtiveram rótulos com informações inadequadas conforme solicita a legislação, vedando informações ao não inserir a lista de ingredientes, por exemplo, dificultando a leitura da informação nutricional. Este estudo proporcionou ainda a visualização de uma fiscalização ineficaz, por apresentar bebidas com erros na rotulagem e até mesmo a presença de aditivos não presentes na legislação.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia - IFCE pelo apoio a esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

(1) BRASIL, 2009. **Presidência da República Lei N° 6.871, de 4 de junho de 2009**. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. <Decreto nº 6871> Acesso em 22/11/2024.
(2) BRASIL, 2024. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Anuário das bebidas não alcoólicas 2024: ano de referência 2023**. / Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: MAPA/SDA, 2024. 104 p. il. color.

(3) LELLIS, Leticia; VIANA, MARIA; TOBAL, Thaise Mariá. Avaliação da presença de Aditivos Alimentares em Bebidas e Polpas de Frutas. In: **1° Congresso de Segurança e Qualidade dos Alimentos**. 2022.
(4) BRASIL, 1990. **Presidência da República Lei N° 8.078 de 11 de setembro de 1990**. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078.htm> Acesso em 22/11/2024.
(5) DA SILVEIRA QUEIROZ, Herlene Greyce; SOARES RODRIGUES PAIER, Cinthia. **Controle de qualidade e segurança de alimentos**. SertãoCult, 2024. DOI: https://doi.org/10.35260/54211598-2024 Disponível em: repositorio.editorasertaocult.com.br/index.php/omp/catalog/book/169 . Acesso em 2 junho. 2025.
(6) BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Instrução Normativa n°75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, Brasília/DF, 9 de outubro de 2020.
(7) BRASIL, 2023. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Instrução Normativa n° 211, de 1 março de 2023. Estabelece as funções tecnológicas, os limites máximos e as condições de uso para os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em alimentos. **Diário Oficial da União**. 8 de março de 2023.
(8) DE HOLANDA GONÇALVES, Lorena et al. Suco clarificado de Caju “Cajuína”-um estudo experimental em tempos de COVID-19. **Journal Archives of Health**, v. 1, n. 6, p. 536-554, 2020.
(9) POLÔNIO, Maria Lúcia Teixeira; PERES, Frederico. Consumo de aditivos alimentares e efeitos à saúde: desafios para a saúde pública brasileira. **Cadernos de saúde pública, v. 25, p. 1653-1666, 2009.**
(10) LOPES, Edissa Dias dos Santos, COSTA, Mailine Carvalho & PASCOAL, Diego Roberto da Cunha. O refrigerante e seus componentes: os efeitos ao organismo humano. 2018.
(11) DE BARROS ANASTÁCIO, Lucas et al. Corantes alimentícios amaranto, eritrosina B e tartrazina, e seus possíveis efeitos maléficos à saúde humana. **Journal of applied pharmaceutical sciences**, 2016.
(12) COPETTI, N. F. Aditivos alimentares e suas consequências para a saúde humana. **Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Nutrição do Centro Universitário Unifacvest, Lages, Santa Catarina**, 2019.
(13) SILVA, Thiago Obedes Cavalcante. Avaliação da rotulagem de bebidas não alcoólicas com informação nutricional complementar (INC). **TCC de Graduação em Engenharia de Alimentos do Campus de Imperatriz, 2013.**

# AVALIAÇÃO DA QUALIDADE HIGIÊNICO-SANITÁRIA NO COMÉRCIO DE HORTIFRUTIS NO MERCADO DAS MANGUEIRAS EM JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE

# EVALUATION OF HYGIENIC AND SANITARY QUALITY IN THE VEGETABLES TRADE IN THE HOSE MARKET IN JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE

**DOI: 10.65747/conali2025v1c19**

**Cibele Maria de Araújo Rocha[1]; Isabelle Karen Gonçalves da Silva[2]; Fabiana Lima de Melo[3]; Fabricia Michelline Queiroz de Holanda Padilha[4]**

[1]Docente curso de Nutrição, FPS; [2]Graduada em Nutrição, FPS; [3]Mestre em Ciência e Tecnologia de alimentos, FPS; [4]Mestre em Nutrição, FPS.

Contato: cibele.rocha@fps.edu.br

**Resumo:** Sabe-se que uma alimentação saudável inclui o consumo de frutas, hortaliças, legumes, cereais integrais e frutas secas, além de limitar a ingestão energética procedente das gorduras e a ingestão de açúcares e sal. As feiras livres surgiram para que o produtor rural pudesse oferecer seus produtos diretamente ao consumidor, sem intermediários e sem se tornar um profissional comercial. O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade higiênico-sanitária no comércio de hortifrutis no mercado das Mangueiras, em Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco. A coleta de dados foi realizada por meio de um checklist estruturado com base na Resolução RDC nº 216/2004 da ANVISA e na Norma Técnica SESAU nº 1 de 01/06/2017 de Recife. Foram avaliadas 72 bancas selecionadas aleatoriamente, todas especializadas na comercialização de frutas, legumes e verduras. Os resultados indicaram que 75% das bancas apresentavam barreiras físicas em conformidade, enquanto 100% estavam em não conformidade em relação ao abastecimento de água e controle de vetores, entre outros aspectos críticos. Assim, evidencia-se a necessidade de melhorias estruturais e operacionais no mercado para garantir um ambiente mais seguro para a comercialização de alimentos.

**Palavras–chave:** boas práticas de manipulação; higiene dos alimentos; vegetais. segurança alimentar.

**Abstract:** It is known that a healthy diet includes the consumption of fruits, vegetables, legumes, whole grains, and dried fruits, in addition to limiting energy intake from fats, sugars, and salt. Open-air markets emerged to allow rural producers to offer their products directly to consumers, often without intermediaries and without becoming commercial professionals. This study aimed to evaluate the hygienic-sanitary quality in the trade of fruits and vegetables at the Mangueiras Market in Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. Data collection was conducted using a checklist structured in accordance with ANVISA's Resolution RDC nº 216/2004 and Recife's Technical Standard SESAU nº 1 of 06/01/2017. A total of 72 randomly selected stalls specializing in fruits, vegetables, and greens were evaluated. The results showed that 75% of the stalls met legal requirements regarding physical barriers, while 100% were non-compliant in aspects such as water supply and vector control, among other critical factors. Therefore, the

findings underscore the need for structural and operational improvements in the market to ensure a safer environment for food sales.
**Keywords:** good handling practices; food hygiene; vegetables; food safety**.**

## INTRODUÇÃO

Sabe-se que uma alimentação saudável inclui o consumo de frutas, hortaliças, legumes, cereais integrais e frutas secas, além de limitar a ingestão energética procedente das gorduras e a ingestão de açúcares e sal (sódio) (1). Para tal, é necessário contribuir para evitar as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) (2), sendo cada vez mais importante o incentivo e a promoção dessas práticas, proporcionando bem-estar e evitando danos à saúde (3). Além disso, faz-se uso sustentável dos recursos ambientais, conforme previsto nas políticas nacionais (2).

Buscando ofertar alimentos frescos, as feiras livres surgiram para que o produtor rural pudesse oferecer os produtos de sua atividade diretamente ao consumidor, muitas vezes sem intermediários e sem se tornar um profissional comercial. Por muitos anos, a procura por alimentos comercializados nesses locais se deu pela crença de que são mais frescos e de melhor qualidade do que os encontrados em supermercados (4).

Entretanto, a comercialização de produtos alimentícios em feiras livres é frequentemente considerada de higiene insatisfatória, configurando-se como um importante vetor no processo de contaminação e proliferação de enfermidades de origem alimentar, devido à falta de infraestrutura adequada, à ausência de boas práticas de manipulação e à presença de condições ambientais que facilitam a contaminação dos alimentos (5, 6). O aumento da demanda nesse mercado, inevitavelmente, eleva a preocupação com a qualidade em todas as etapas do comércio de alimentos. Isso é essencial para sustentar o mercado, assegurando empregos, e para garantir a segurança alimentar e a saúde do consumidor (7). A presença de materiais físicos como pregos, lascas de madeira, vidro ou pedras, além de componentes químicos como agrotóxicos e inseticidas, e fatores biológicos, como a exposição a microrganismos patogênicos, reflete diretamente na condição final dos produtos comercializados (2).

A segurança alimentar é um requisito essencial em qualquer segmento de serviços de alimentação, pois garante a oferta de alimentos inócuos, livres de contaminantes biológicos ou físico-químicos, ou quaisquer outras substâncias que possam acarretar danos à saúde, em quantidade mínima, que não ofereçam risco à saúde dos consumidores (8). Os perigos biológicos compreendem bactérias patogênicas e suas toxinas, vírus, parasitas e príons. Os perigos físicos incluem cacos de vidro, espículas de osso, fios de cabelo, entre outros, que podem causar desde injúrias leves até a necessidade de intervenções cirúrgicas. Já os perigos químicos

englobam defensivos agrícolas, antibióticos, micotoxinas e sanitizantes, entre outras substâncias que podem entrar em contato com os alimentos (5).

Os perigos químicos são geralmente os mais temidos pelos consumidores, enquanto os perigos físicos são os mais comumente identificados (pelos, fragmentos de osso ou metal, etc.). No entanto, os perigos biológicos são os mais sérios do ponto de vista da saúde pública, representando a maioria das ocorrências, causadas principalmente por bactérias (1). A qualidade higiênico-sanitária tem sido um fator estudado e discutido como imprescindível para evitar contaminações e doenças transmitidas por alimentos (DTAs), mas o controle sanitário normalmente é inadequado diante do número de feiras livres existentes e do reduzido número de fiscais (9).

Devido à ausência de fiscalizações eficazes, muitas vezes não se tem certeza de que o produto adquirido possui qualidade e segurança sanitária (10). Os agentes causadores de DTA incluem microrganismos patogênicos e suas toxinas, além de agentes químicos, físicos ou biológicos. Esses agentes, podem resultar em surtos com sinais e sintomas entéricos, que acometem grande parte da população (11).

Entre os sintomas mais frequentes de DTA estão dor de estômago, náusea, vômitos, diarreia e febre. Na maior parte dos casos, a duração dos sintomas pode variar de algumas horas até mais de cinco dias, dependendo do estado físico do paciente, do tipo de microrganismo ou toxina ingerida e da quantidade presente no alimento. De acordo com o agente etiológico envolvido, o quadro clínico pode se agravar, apresentando desidratação grave, diarreia sanguinolenta, insuficiência renal aguda e insuficiência respiratória (5). Para garantir a segurança alimentar, foi criado um conjunto de princípios e regras chamado de Boas Práticas de Fabricação (BPF), que abrangem desde a matéria-prima até o produto final (12). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) publicou a RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004, que estabelece normas para garantir as condições higiênico-sanitárias na manipulação dos alimentos (2).

O Mercado das Mangueiras, inaugurado em 25 de junho de 2009, conta com mais de mil feirantes que atuam nos segmentos de frutas, verduras, temperos, alimentação e vestuário. Contudo, apesar desse espaço de trabalho, alguns problemas continuam a ser evidenciados, como a falta de tratamento adequado de resíduos sólidos, o uso desordenado do espaço e problemas de saneamento básico (7), que afetam diretamente a segurança alimentar e as BPF, além de serem fatores agravantes para o surgimento de DTAs. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a

qualidade higiênico-sanitária no comércio de hortifrutis no Mercado Público das Mangueiras em Jaboatão dos Guararapes - Pernambuco.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este é um estudo transversal, descritivo e quantitativo, que foi realizado no mês de abril de 2023, no Mercado das Mangueiras, localizado em Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. No mercado foram avaliadas 72 bancas selecionadas de forma aleatória, todas com comercialização de frutas e/ou legumes e/ou verduras.

A coleta de dados foi realizada através de um checklist estruturado na Resolução RDC nº 216/2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2), e na Norma Técnica SESAU nº 1 de 01/06/2017 da Secretaria de Saúde do Município de Recife. O checklist abrangeu aspectos relacionados à edificação e instalações; condições dos equipamentos, móveis e utensílios utilizados pelos comerciantes; práticas de higienização das instalações e utensílios; controle de vetores e pragas urbanas; abastecimento de água; manejo de resíduos e higiene dos manipuladores de alimentos.

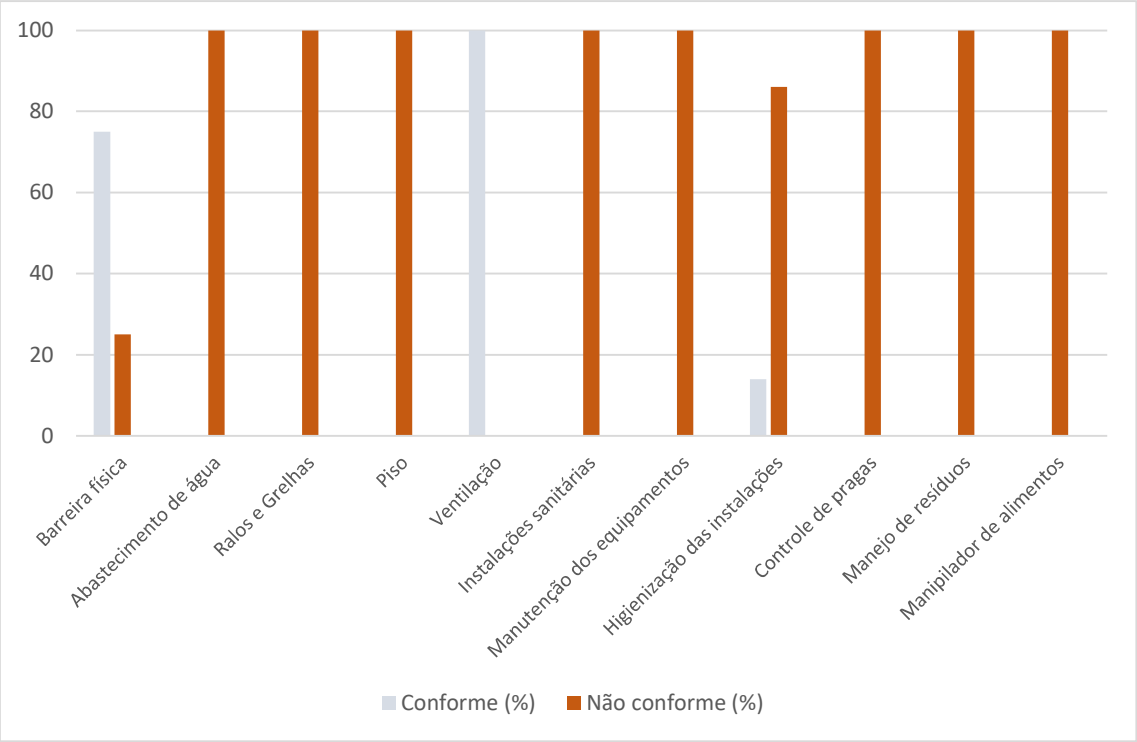
Cada item do checklist foi classificado como Conforme (C) quando estava de acordo com a legislação, Não Conforme (NC) quando não atendia aos requisitos estabelecidos, ou Não Aplicável (NA) para aqueles que não se relacionavam diretamente com as atividades do local. A observação foi feita durante o horário de funcionamento do mercado, de forma a garantir que as práticas analisadas fossem condizentes com o cenário real de operação.

Os dados coletados foram registrados e tabulados no programa Microsoft Excel 2023, sendo posteriormente analisados de forma descritiva, com a apresentação dos resultados em percentuais de conformidade e não conformidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados após a aplicação do checklist estão apresentados na Figura 1.

Figura 1: Resultados encontrados em percentual da avaliação da qualidade higiênico-sanitária no comércio de hortifrutis no mercado das Mangueiras em Jaboatão dos Guararapes – PE.




Fonte: Elaboração Própria.

A avaliação das condições higiênico-sanitárias no Mercado das Mangueiras revelou a falta de conformidade com a RDC nº 216/2004, que regulamenta as Boas Práticas para Serviços de Alimentação, e a RDC nº 275/2002, que define os Procedimentos Operacionais Padronizados (POP) e a lista de verificação para inspeção (2). A carência de higienização adequada dos utensílios e áreas de manipulação desrespeita os critérios de infraestrutura e procedimentos sanitários estipulados nessas normas. Além disso, o controle insuficiente de pragas e o armazenamento impróprio de resíduos ampliam os riscos de contaminação, expondo consumidores a doenças de origem alimentar, como previsto nas diretrizes sanitárias (2).

A análise inicial das barreiras físicas das bancas revelou que 75% delas estavam em conformidade com as exigências legais, enquanto 25% apresentaram irregularidades. Esse dado, embora positivo para a maioria das bancas, aponta que ainda há um número significativo de comerciantes que não atendem aos requisitos básicos de separação e organização dos alimentos. Isso se alinha com os achados de (13), que identificaram a falta de separação adequada dos produtos como um dos principais problemas nas feiras livres do Brasil. Em ambos os estudos, fica evidente que a ausência de divisórias higienizadas contribui significativamente para o risco de contaminação microbiológica.

No que se refere ao abastecimento de água, a totalidade das bancas (100%) foi classificada como não conforme. Não foi detectada a presença de água corrente em

nenhuma das bancas, e a água disponível era armazenada de forma inadequada, em baldes, bacias e garrafas PET, o que agrava o risco de contaminação. O escoamento da água utilizada para a limpeza dos produtos ocorria diretamente no piso do mercado, sem a devida infraestrutura para o escoamento adequado, resultando na formação de poças nos corredores. Esse cenário é extremamente preocupante, pois a água utilizada de forma inadequada pode servir como meio de transporte para microrganismos patogênicos, que também identificaram condições inadequadas de abastecimento de água em mercados públicos de Alagoas (15).

Constatou-se que 100% das bancas estavam em não conformidade no que diz respeito à presença de ralos e grelhas. Em nenhum dos locais avaliados foi identificada a existência de dispositivos adequados para o escoamento da água. Esse problema contribui para a proliferação de moscas, baratas e outros vetores, que aumentam o risco de contaminação dos alimentos. A ausência de uma infraestrutura adequada para o escoamento de água e a drenagem de resíduos líquidos reflete uma deficiência estrutural, no qual mercados em outras regiões brasileiras apresentaram falhas semelhantes, comprometendo a segurança alimentar dos consumidores (12).

Como pode ser observado no Gráfico 1, a conformidade foi extremamente baixa na maioria dos itens avaliados, com destaque para a ventilação, que foi o único critério a apresentar 100% de conformidade. Esse dado pode ser explicado pela estrutura aberta do mercado, que favorece a ventilação natural. Contudo, é importante destacar que, embora a ventilação seja adequada, esse fator isolado não é suficiente para garantir a segurança alimentar dos produtos comercializados. Os outros aspectos, como higienização, controle de pragas e manejo de resíduos, mostraram-se amplamente negligenciados, revelando a necessidade urgente de melhorias nas práticas e na infraestrutura do mercado.

Outro ponto crítico identificado foi a higienização insuficiente de equipamentos, móveis e utensílios. Apenas 14% das bancas apresentaram condições satisfatórias, enquanto 86% estavam em situação de não conformidade. Em muitos casos, os utensílios utilizados para manuseio dos alimentos estavam visivelmente sujos e deteriorados, sem condições adequadas de higiene. A inexistência de uma manutenção regular desses equipamentos foi uma constante em quase todas as bancas, sendo que as trocas ou reparos só ocorriam em casos de avarias extremas. Essa ausência de cuidado com os utensílios e equipamentos não só compromete a qualidade dos produtos comercializados, como também favorece a multiplicação de agentes patogênicos (8). Em comparação com outros estudo (11), que investigou feiras livres

em Florianópolis, as conclusões são semelhantes: a falta de higienização e manutenção de equipamentos é um problema crônico em mercados públicos, afetando diretamente a qualidade dos produtos oferecidos à população.

No que tange à higienização das instalações, os resultados foram alarmantes, com 100% das bancas em desconformidade com as normativas. Durante as visitas de inspeção, foram observados vetores como moscas e baratas em todas as áreas analisadas, evidenciando a ineficácia ou a ausência de um controle adequado de pragas. O controle de pragas urbanas é essencial para a segurança alimentar, e a falta de medidas de prevenção favorece a contaminação dos alimentos. Também encontraram graves problemas relacionados à presença de vetores em mercados públicos. O cenário observado reforça a necessidade de uma intervenção imediata para o controle e a eliminação desses vetores, que representam uma ameaça constante à saúde pública (5).

O manejo de resíduos é outro aspecto crítico que merece destaque nos resultados deste estudo. Observou-se que em todas as bancas avaliadas (100%), o descarte inadequado de resíduos sólidos era uma constante. Os resíduos eram frequentemente acumulados no chão, tanto nas áreas internas quanto nos corredores do mercado, sem a utilização de recipientes adequados com tampa. A presença constante de lixo atrai vetores como moscas, ratos e baratas, que representam um risco direto à segurança dos alimentos. Essa realidade está em consonância com os achados (8), que evidenciou que o manejo inadequado de resíduos é uma das principais falhas higiênico-sanitárias em feiras livres no Brasil. Estudos também identificaram problemas semelhantes em mercados de Alagoas, reforçando a ideia de que a ausência de práticas adequadas de manejo de resíduos é um fator comum em mercados públicos de diversas regiões do país (1).

No que se refere aos manipuladores de alimentos, foi constatado que nenhum dos manipuladores presentes nas bancas avaliadas atendia aos requisitos básicos de higiene pessoal, como o uso de uniformes adequados ou equipamentos de proteção, como toucas e luvas. A ausência de fardamento adequado, associada à falta de cuidado com a higiene pessoal, representa um fator de risco significativo, já que os manipuladores são potenciais veículos de contaminação para os alimentos. Muitos deles vestiam roupas impróprias, como sandálias e peças curtas, além de manipularem os alimentos sem qualquer proteção para os cabelos. Esses dados evidenciaram que a falta de treinamento e orientação dos manipuladores de alimentos é uma das principais causas da baixa qualidade higiênico-sanitária em mercados públicos (9).

Os resultados obtidos neste estudo estão em consonância com os achados de outros autores que investigaram as condições higiênico-sanitárias em feiras livres e mercados públicos no Brasil. Estudos indicam que a inadequação higiênico-sanitária é uma realidade comum em mercados públicos, especialmente nas regiões onde a fiscalização é menos rigorosa (5). A ausência de práticas adequadas de higienização, associada à falta de infraestrutura básica, como o fornecimento de água corrente e a presença de ralos e grelhas, contribui para o aumento do risco de contaminação dos alimentos e, consequentemente, para a ocorrência de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA). Os principais perigos biológicos relacionados às DTAs incluem bactérias patogênicas, vírus e parasitas, todos eles amplamente favorecidos por condições inadequadas de higiene, como as observadas no presente estudo (10).

Comparando os resultados obtidos com outros, observa-se uma forte semelhança entre as principais inadequações encontradas em diferentes mercados do país. A falta de higienização, a presença de vetores e o manejo inadequado de resíduos são aspectos recorrentes que comprometem a segurança dos alimentos comercializados. Isso reflete uma necessidade premente de intervenção tanto por parte dos gestores dos mercados quanto das autoridades responsáveis pela fiscalização (11).

Além disso, a ausência de infraestrutura básica, como o fornecimento adequado de água, reflete um problema estrutural mais amplo, que afeta não apenas os comerciantes, mas também os consumidores. A escassez de água corrente em mercados públicos é um fator limitante para a adoção de boas práticas de fabricação e manipulação de alimentos, uma vez que a higienização correta depende diretamente da disponibilidade de água em condições adequadas (5).

Por fim, os resultados indicam que as condições observadas no Mercado das Mangueiras demandam ações corretivas urgentes. A infraestrutura deficiente e a ausência de práticas adequadas de higiene refletem a realidade de muitos mercados públicos brasileiros, especialmente em regiões onde a fiscalização e as medidas de controle higiênico-sanitário são escassas. A falta de conformidade nos aspectos avaliados compromete gravemente a segurança alimentar, expondo a população ao risco de doenças transmitidas por alimentos (8).

Ao confrontar os achados deste estudo com os resultados de pesquisas semelhantes, observa-se um padrão comum de inadequação higiênico-sanitária em mercados públicos e feiras livres. Situações similares, nas quais a ausência de boas práticas de higienização e o manejo inadequado de resíduos representavam os principais problemas. Esses autores também destacaram a ineficácia dos sistemas de

controle de pragas e a falta de infraestrutura básica, como o fornecimento de água tratada e a existência de ralos e grelhas adequados para o escoamento de líquidos (9).

Outro estudo relevante, que realizou uma avaliação higiênico-sanitária da comercialização de peixes no Mercado Municipal de Icoaraci, Belém (PA) (11). A pesquisa encontrou resultados alarmantes quanto à ausência de controle de pragas e manejo inadequado de resíduos, questões também observadas no Mercado das Mangueiras. A similaridade entre os resultados reforça que as condições inadequadas são um problema sistêmico e comum em mercados públicos do Brasil, independentemente da região.

Essas constatações apontam para uma necessidade urgente de investimento em infraestrutura, fiscalização rigorosa e capacitação dos feirantes. Medidas como a disponibilização de água potável, o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) pelos manipuladores de alimentos e a implementação de um controle eficaz de pragas são essenciais para a melhoria das condições higiênico-sanitárias.

Adicionalmente, em sua dissertação sobre feiras livres em Florianópolis, também evidenciou a ausência de práticas sustentáveis e higiênicas na comercialização de hortifrutis. A autora sugere que a capacitação dos manipuladores e a criação de uma infraestrutura mínima de saneamento são fundamentais para garantir a qualidade dos alimentos oferecidos à população. Essa sugestão é pertinente para a realidade do Mercado das Mangueiras, onde a falta de conhecimento por parte dos feirantes e a ausência de medidas adequadas de higiene foram evidentes durante as inspeções (8).

Os achados deste estudo têm implicações diretas para a saúde pública, uma vez que a comercialização de alimentos em condições inadequadas pode levar ao aumento da ocorrência de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs). O contato direto entre diferentes tipos de produtos, a ausência de barreiras físicas adequadas, a falta de água tratada e a presença de vetores são fatores que contribuem para a proliferação de agentes patogênicos. Os perigos biológicos, como bactérias patogênicas, vírus e parasitas, são as causas mais frequentes de DTAs, e esses microrganismos encontram condições favoráveis para sua proliferação em ambientes com baixo controle higiênico, como o observado no presente estudo (7).

A literatura também aponta que a exposição contínua a alimentos contaminados pode resultar em surtos de doenças, afetando principalmente populações mais vulneráveis, como crianças, idosos e pessoas imunocomprometidas (6). As falhas no controle higiênico-sanitário, como as verificadas no Mercado das Mangueiras, aumentam o risco de surtos locais de gastroenterites, intoxicações alimentares e até

complicações mais graves, como insuficiência renal e septicemia, dependendo do agente etiológico envolvido.

Diante dos resultados, é fundamental que sejam implementadas medidas corretivas que visem à melhoria das condições higiênico-sanitárias no Mercado das Mangueiras. Primeiramente, é necessário investir na capacitação dos feirantes em Boas Práticas de Fabricação (BPF) e manipulação de alimentos. Através de programas de treinamento oferecidos pelas secretarias de saúde, os comerciantes podem ser instruídos sobre a importância de manter a higiene pessoal, o uso de fardamento adequado e a necessidade de higienizar corretamente os utensílios e as bancas de comercialização (9).

Além disso, o fornecimento de infraestrutura básica, como água corrente e sistemas de escoamento adequados, é imprescindível. A implementação de ralos e grelhas, assim como a criação de sistemas de manejo de resíduos sólidos eficazes, pode reduzir significativamente a proliferação de vetores e minimizar o risco de contaminação dos alimentos. Essas ações devem ser acompanhadas de um sistema de fiscalização contínua, para garantir que as normas higiênico-sanitárias sejam cumpridas de forma rigorosa e eficaz (12).

Outra medida relevante seria o fortalecimento das políticas públicas de segurança alimentar, com foco na fiscalização de mercados públicos. A adoção de políticas locais que incentivem a formalização dos comerciantes também pode contribuir para um ambiente mais controlado e higiênico. Estudo sugere que mercados que contam com uma fiscalização mais estruturada tendem a apresentar melhores índices de conformidade com as normas sanitárias, uma vez que a fiscalização constante atua como um fator de controle e estímulo para a adequação das práticas (13).

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos reforçam a necessidade de melhorias estruturais e operacionais no mercado, com o intuito de promover um ambiente mais seguro para a comercialização de alimentos. A adoção de medidas corretivas, como o fornecimento de água corrente, sistemas de escoamento adequados, e a capacitação contínua dos feirantes em boas práticas de manipulação, é essencial para reverter o cenário atual. Além disso, a implementação de uma fiscalização mais efetiva e constante pode garantir o cumprimento das normativas, resultando em um ambiente mais controlado e seguro.

## REFERÊNCIAS


1. ROSA, Matheus Yuri de Oliveira; LOBATO, Flavio Henrique Souza. Condições e práticas higiênico-sanitárias em feiras e mercados públicos brasileiros: uma revisão integrativa da literatura. ***Holos***, v. 6, p. 1-21, 2021.

2. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004**.** ***Diário Oficial da União***, Brasília, DF, 2004.

3. DA SILVA, Lucineide Santos; DOS SANTOS, Claudimary Bispo. Hygienic-sanitary conditions of food sold in the public market and open market in the municipality of Arapiraca-AL**.** ***Revista Ambientale***, v. 12, n. 4, p. 29-43, 2020.

4. DE LEÃO, Andressa Ramonna Pastana; JUNIOR, Manoel Daltro Nunes Garcia; DA SILVA JÚNIOR, Antonio Carlos Souza. Avaliação higiênico-sanitária no centro de produção de alimentos de uma rede de supermercados da cidade de Macapá, Amapá**.** ***Revista Arquivos Científicos (IMMES)***, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2023.

5. CORREA, Carla Beatriz Ferreira et al. Avaliação das condições higiênico-sanitárias de uma unidade de alimentação e nutrição: um estudo de intervenção. ***Disciplinarum Scientia. Série: Saúde***, v. 22, n. 1, p. 153-164, 2021.

6. LOPES, Lariane Hartmann. ***Feiras livres em Florianópolis – SC: práticas sustentáveis na comercialização de frutas, legumes e verduras in natura***. 2014. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

7. MONTEIRO, Karoline Sousa. ***Avaliação microbiológica de alface e couve comercializados nas feiras livres na cidade de Fortaleza-CE***. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2022.

8. BISCOLA, Caio. **A importância da utilização do sistema APPCC para a qualidade e melhoria contínua**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 10., 2020. Anais (...). 2020. p. 2-9.

9. ROSA, Matheus Yuri de Oliveira et al. Avaliação higiênico-sanitária da comercialização de peixes no Mercado Municipal de Icoaraci, Belém (PA). ***Diversitas Journal***, v. 6, n. 2, p. 2877-2899, 2021.

10. BORGES, Emiliane Veloso de Almeida; ALVES, Luciene; BONNAS, Deborah Santesso; SANTOS, Elisa Norberto Ferreira; JARDIM, Fernanda Barbosa Borges. Avaliação das condições higiênico-sanitárias de serviços de alimentação do município de Unaí-MG: antes e depois. ***Portal de Periódicos Científicos***, v. 24, n. 2, p. 153-158, 2020.

11. SILVA, Lucineide Santos da; SANTOS, Claudimary Bispo dos. Condições higiênico-sanitárias dos alimentos comercializados no mercado público e feira livre do município de Arapiraca - AL. ***Revista Ambientale***, v. 12, n. 4, p. 29-43, 2020.

12. CUNHA, Antonia de Sousa. **Elaboração e aplicação em curso de boas práticas de manipulação de plano de ensino com projeto pedagógico orientado por metodologias ativas de ensino-aprendizagem**. 2019.

13. SANTOS, Erilaine Leite dos; SILVA, Amanda Nayara Abreu; OLIVEIRA, Alcilene Grummt de. Avaliação das condições higiênico-sanitárias nas feiras livres das cidades de Cachoeira e Muritiba–BA**. Holos**, v. 1, p. 1-16, 2021.

# AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA ARMAZENADA EM CISTERNAS NO SERTÃO DA PARAÍBA

# EVALUATION OF PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF WATER STORED IN CISTERNS INTHE SEMI-ARID REGION OF PARAÍBA

**DOI: 10.65747/conali2025v1c20**

**Alexmilde Fernandes da Silva [1]; Elaine Silva Souza [2]; Eduarda Monteiro Cavalcante[3]; Adriano Sant Ana Silva[4]; Rennan Pereira de Gusmão[5]; Thaisa Abrantes Souza Gusmão[6]**

[1]Mestranda em Engenharia de Alimentos – CTRN- UFCG; [2]Graduanda em Engenharia de Alimentos – CTRN – UFCG; [3]Graduanda em Engenharia de Alimentos – CTRN – UFCG; [4]Docente do Departamento de Engenharia de Alimentos – CTRN – UFCG; [5]Docente do Departamento de Engenharia de Alimentos – CTRN – UFCG; [6]Docente do Departamento de Engenharia de Alimentos – CTRN – UFCG.

Contato: alexmilde.silva@estudante.ufcg.edu.br

**Resumo:** A qualidade da água armazenada em cisternas é crucial para a saúde pública no semiárido brasileiro, especialmente em áreas onde o acesso à água potável é limitado e as alternativas de abastecimento são escassas. Este estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos da água armazenada em cisternas no sertão da Paraíba, com base em análises realizadas durante um minicurso promovido pelo Instituto Federal da Paraíba (IFPB), Campus Campina Grande. As amostras foram submetidas a ensaios de pH, acidez carbônica, alcalinidade, condutividade elétrica, turbidez, concentração de cloretos e dureza total, seguindo a metodologia do ***Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater***. Os resultados obtidos foram comparados aos limites estabelecidos pela **Portaria GM/MS nº 888/2021,** que regulamenta os padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Os dados revelaram que todos os parâmetros físico-químicos analisados estavam dentro dos limites recomendados, indicando que a água é adequada para usos não potáveis, como higiene doméstica, limpeza e irrigação. Contudo, a ausência de análise microbiológica limita a recomendação para o consumo direto, evidenciando a necessidade de avaliações complementares que incluam a detecção de microrganismos patogênicos. O estudo destaca a importância do **monitoramento contínuo da qualidade da água** em cisternas e a implementação de **ações educativas** para capacitar a população local quanto ao manejo adequado e ao tratamento da água armazenada. Além disso, sugere-se a adoção de tecnologias de baixo custo para a desinfecção, como a cloração domiciliar, para garantir a segurança da água em usos domésticos e de consumo.

**Palavras-chave:** acidez carbônica; alcalinidade; análise da água; cisterna; qualidade da água

**Abstract:** The quality of water stored in cisterns is critical for public health in the Brazilian semi-arid region, especially in areas where access to treated water sources is limited and water supply alternatives are scarce. This study aimed to evaluate the physicochemical parameters of water stored in cisterns in the sertão region of Paraíba, based on analyses

conducted during a workshop organized by the Federal Institute of Paraíba (IFPB), Campus Campina Grande. The samples were subjected to tests for pH, carbonic acidity, alkalinity, electrical conductivity, turbidity, chloride concentration, and total hardness, following the methodology outlined in the **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. The results obtained were compared with the limits established by **Portaria GM/MS nº 888/2021,** which regulates water potability standards for human consumption. The data showed that all the physicochemical parameters analyzed were within the recommended limits, indicating that the water is suitable for non-potable uses such as domestic hygiene, cleaning, and irrigation. However, the absence of microbiological analysis limits the recommendation for direct consumption, highlighting the need for complementary evaluations that include the detection of pathogenic microorganisms. The study underscores the importance of continuous **water quality monitoring** in cisterns and the implementation of **educational actions** to train local populations on proper water management and treatment. Additionally, the adoption of low-cost disinfection technologies, such as household chlorination, is recommended to ensure water safety for domestic and consumption purposes.

**Keywords:** alkalinity; carbonic acidity; cistern; water analysis; water quality

## INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para a sobrevivência humana e para a manutenção de todas as formas de vida (1). No entanto, apesar de sua aparente abundância, a qualidade da água disponível para consumo nem sempre atende aos padrões necessários para garantir a saúde pública (2). Em regiões semiáridas, como o sertão da Paraíba, o armazenamento de água da chuva em cisternas representa uma importante estratégia de acesso à água, especialmente em comunidades com infraestrutura hídrica limitada (3). Historicamente, programas governamentais como o Programa Cisternas, implementado em larga escala desde 2003, têm promovido essa tecnologia social como uma resposta sustentável à escassez de água no semiárido brasileiro.

O acesso à água de boa qualidade está diretamente relacionado aos índices de saúde pública, sobretudo em áreas de vulnerabilidade socioambiental. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 2,2 bilhões de pessoas no mundo não têm acesso à água potável gerenciada de forma segura. No Brasil, embora o país detenha grandes reservas hídricas, a distribuição desse recurso é desigual, sendo o semiárido uma das regiões mais afetadas pela escassez e pela irregularidade do abastecimento (4). Esse cenário coloca as populações do sertão da Paraíba em uma situação de vulnerabilidade, demandando soluções eficientes de manejo de recursos hídricos.

No semiárido nordestino, a tecnologia social das cisternas foi adotada como estratégia de convivência com o clima, sendo implementada em larga escala por

programas governamentais e organizações da sociedade civil. As cisternas de placas, geralmente com capacidade de 16 mil litros, armazenam a água da chuva coletada dos telhados, sendo utilizadas durante os períodos de estiagem. No entanto, estudos como os de Santos et al. e Lima et al. alertam para o risco de contaminação da água por materiais do telhado, fezes de animais e falhas no sistema de captação (5,6).

Além disso, a qualidade da água armazenada está diretamente vinculada à saúde pública, pois a água inadequada para consumo pode ser veículo de doenças transmitidas por água contaminada, como diarreias e hepatite A. A avaliação rigorosa da água de cisterna é, portanto, essencial para garantir que a água armazenada atenda aos parâmetros exigidos pela legislação brasileira, conforme a Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece limites para diversos parâmetros físico-químicos que definem a potabilidade da água destinada ao consumo humano (7).

No entanto, apesar de ser uma alternativa sustentável e de baixo custo para a mitigação da escassez hídrica, o uso de cisternas exige cuidados quanto à manutenção do sistema, limpeza regular dos reservatórios e proteção contra contaminação. Estudos como o de Ferreira et al. destacam que a falta de conhecimento da população sobre o manejo adequado das cisternas pode comprometer a qualidade da água armazenada, mesmo quando a captação é feita com chuva limpa. É, portanto, crucial a implementação de programas de educação sanitária que capacitem a população para o manejo adequado das cisternas, garantindo o uso seguro da água coletada (8).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade físico-química da água de cisterna coletada no sertão da Paraíba, com base em análises realizadas segundo os métodos padronizados descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, contribuindo para a conscientização sobre o monitoramento e o uso seguro da água armazenada nessas regiões (9).

## MATERIAL E MÉTODOS

As análises físico-químicas foram realizadas durante o minicurso de Análise de Água, promovido no Instituto Federal da Paraíba (IFPB), Campus Campina Grande. A amostra analisada corresponde à água de cisterna coletada no sertão da Paraíba, região semiárida caracterizada por sua vulnerabilidade hídrica. A coleta foi realizada em recipiente estéril, previamente lavado com água destilada, conforme as recomendações da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) (10). A amostra foi transportada em caixa térmica até o laboratório do IFPB, mantendo-se a temperatura inferior a 10 °C, conforme

preconiza a *American Public Health Association (APHA)* (9), com o objetivo de evitar alterações nas características físico-químicas da água durante o transporte.

Foram realizadas as seguintes determinações: potencial hidrogeniônico (pH), acidez carbônica, alcalinidade, condutividade elétrica, turbidez, concentração de cloretos e dureza total. Esses parâmetros foram escolhidos por sua relevância no processo de avaliação da qualidade da água para consumo e uso doméstico, conforme as normativas estabelecidas pela legislação brasileira e organizações internacionais.

Todos os equipamentos utilizados foram devidamente calibrados antes das análises, assegurando a confiabilidade dos resultados obtidos. A condutividade elétrica foi medida com condutivímetro de bancada da marca *Hanna Instruments*®, previamente calibrado com soluções padrão. A dureza total foi determinada por titulação com solução padrão de EDTA, utilizando o indicador negro de eriocromo T, conforme métodos tradicionais de análise de dureza. A turbidez foi mensurada por leitura direta em turbidímetro digital, calibrado com padrão de formazina, conforme recomendação da APHA (9). Para a acidez carbônica e alcalinidade, as medições foram realizadas com base em titulação volumétrica, utilizando soluções padrão de NaOH e HCl, seguindo a metodologia indicada no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.*

As análises foram realizadas em triplicata, e os dados obtidos representam as médias dos resultados laboratoriais, possibilitando a caracterização dos parâmetros físico-químicos da amostra de água. Os valores obtidos foram comparados com os limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (7), que regulamenta os parâmetros para potabilidade da água destinada ao consumo humano no Brasil. Para cada parâmetro, foi aplicado o cálculo recomendado para conversão dos resultados em miligramas por litro (mg/L), conforme a padronização metodológica.

Além dos parâmetros físico-químicos tradicionais, recomenda-se a inclusão de análises microbiológicas, que são essenciais para a avaliação completa da qualidade da água, especialmente em sistemas de armazenamento como as cisternas, que podem ser propensos a contaminação por patógenos. No entanto, neste estudo, a análise microbiológica não foi contemplada devido a limitações de tempo e recursos.

Por se tratar de um estudo de caráter demonstrativo, com uso de uma única amostra composta, não foram aplicadas análises inferenciais ou comparações estatísticas. No entanto, recomenda-se que futuros trabalhos ampliem o número de amostras e realizem coletas em diferentes períodos e localidades, com o objetivo de permitir análises comparativas e modelagem estatística mais robusta. A metodologia

adotada seguiu as boas práticas laboratoriais descritas pelo Manual da FUNASA (11), assegurando a rastreabilidade, confiabilidade dos resultados e o atendimento aos critérios exigidos para a análise de água em conformidade com as normas estabelecidas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas da amostra de água de cisterna estão apresentados na Tabela 1. De acordo com os dados, todos os parâmetros avaliados encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (7), que regulamenta os padrões de potabilidade para águas destinadas ao consumo humano no Brasil. Esses parâmetros, como pH, condutividade elétrica, turbidez, entre outros, são cruciais para avaliar a qualidade da água e determinar seu segurança para consumo e uso doméstico.

Apesar dos resultados satisfatórios nos aspectos físico-químicos, ressalta-se a ausência de análise microbiológica, a qual é fundamental para confirmar a potabilidade da água. Parâmetros como coliformes totais e *Escherichia coli* são essenciais para a verificação da segurança sanitária da água consumida, especialmente em regiões com alta vulnerabilidade socioambiental. Assim, a ausência dessa análise compromete a avaliação completa da qualidade da água e reforça a importância de monitoramentos complementares para garantir o uso seguro da água armazenada.

Tabela 7 – Parâmetro físico-químicos da água de cisterna analisada

| **Parâmetro** | **Água de cisterna** | **Legislação** |
|---|---|---|
| pH | 6,59 | 6,0 - 9,5 |
| Condutividade | 0,2738 mS/cm | 1.000 mg/L |
| Salinidade | 113,996 mg/L | 36.476,92 mg/L |
| Acidez carbônica | 6 mg/L | 500 ppm |
| Alcalinidade | 20 mg/L | ≤ 100 mg/L $CaCO_3$ |
| Turbidez | 0,49 uT | ≤ 5 uT |
| Cloreto | 32,99 mg/L | ≤ 250 mg/L |
| Dureza total | 76 mg/L | ≤ 300 mg/L |

Fonte: Autores, 2025

A amostra de água coletada apresentou pH de 6,59, valor que se encontra dentro da faixa recomendada pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece limites entre 6,0 e 9,5 para águas destinadas ao consumo humano (7). Esse intervalo é essencial para garantir a estabilidade química da água e a eficácia de processos de desinfecção, além de evitar a corrosividade excessiva ou a precipitação de sais.

A acidez carbônica observada foi de 6 mg/L, enquanto a alcalinidade foi de 20 mg/L, expressa como $CaCO_3$. Ambos os parâmetros são compatíveis com águas de características neutras a levemente ácidas, comuns em regiões de clima semiárido, onde há menor presença de minerais tamponantes no solo (10). A presença moderada de alcalinidade contribui para a estabilidade do pH e reduz a agressividade da água ao sistema de distribuição.

A condutividade elétrica registrada foi de 0,2738 mS/cm, indicando baixa concentração de sais dissolvidos na amostra. Valores abaixo de 1,5 mS/cm são considerados aceitáveis para consumo humano, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), e estão associados a águas com baixa mineralização, o que reforça a compatibilidade da amostra com padrões de potabilidade (4).

A turbidez foi de 0,49 uT, valor significativamente abaixo do limite máximo permitido de 5,0 uT para água potável (7). A baixa turbidez indica reduzida presença de partículas em suspensão, o que contribui para a eficácia de possíveis processos de desinfecção, como a utilização de cloro ou filtragem.

A concentração de cloretos foi de 32,99 mg/L, estando bem abaixo do limite de 250 mg/L estabelecido pela legislação (7). Esse valor evidencia a ausência de contaminação por águas salinas ou efluentes urbanos, que são fontes comuns de cloretos em sistemas hídricos, reforçando a qualidade da água analisada.

Por fim, a dureza total foi de 76 mg/L, valor que classifica a água como moderadamente dura (9). Embora não haja limite máximo de dureza estabelecido na Portaria GM/MS nº 888/2021 (7), valores nessa faixa são considerados aceitáveis e não representam risco à saúde. A dureza está relacionada à presença de íons cálcio e magnésio e pode influenciar na palatabilidade da água e na formação de incrustações em tubulações.

Estudos realizados em comunidades do sertão de Pernambuco indicaram valores de turbidez e condutividade semelhantes aos encontrados neste estudo, reforçando o padrão regional (12). A semelhança dos resultados evidencia que, embora as cisternas sejam abastecidas por águas pluviais, há relativa uniformidade nos parâmetros físico-químicos observados.

A baixa acidez carbônica sugere boa estabilidade do $CO_2$ dissolvido na água, não contribuindo significativamente para corrosividade. Em contrapartida, a baixa alcalinidade indica limitada capacidade tamponante, o que pode tornar o sistema mais sensível a variações de pH — especialmente se houver introdução de contaminantes ácidos (13).

Apesar da adequação físico-química, a ausência de cloro residual na água de cisternas torna inviável sua recomendação para consumo humano sem tratamento.

Conforme apontado por (14), a desinfecção com cloro residual livre entre 0,2 e 0,5 mg/L na rede de distribuição é essencial para garantir a eliminação de microrganismos patogênicos. A ausência de cloração torna a água vulnerável à contaminação secundária, particularmente durante o armazenamento prolongado ou manipulação inadequada no momento da retirada do líquido da cisterna.

Além disso, mesmo que os parâmetros físico-químicos estejam satisfatórios, o consumo direto sem tratamento representa risco sanitário, especialmente em regiões com dificuldades no monitoramento contínuo da qualidade da água. Estudos confirmam que a contaminação microbiológica não visível pode comprometer a segurança da água, representando uma ameaça à saúde pública, especialmente nas comunidades mais vulneráveis (17).

A variabilidade sazonal também deve ser considerada na análise da qualidade da água armazenada nas cisternas. Trabalhos conduzidos por (15) e (16) evidenciam que a sazonalidade exerce impacto direto sobre os parâmetros de pH e turbidez. Em períodos chuvosos, por exemplo, há maior arraste de partículas provenientes dos telhados, o que eleva a turbidez da água. Por outro lado, em períodos secos, a estagnação da água favorece a concentração de sais, influenciando a condutividade elétrica e a salinidade.

A ausência de processos de desinfecção e filtração pode favorecer a proliferação de algas, microrganismos e biofilmes nas paredes internas das cisternas. A presença desses contaminantes microbiológicos, muitas vezes invisíveis a olho nu, representa um risco sanitário significativo, demonstrado por (17), especialmente em comunidades com baixo acesso à informação técnica e limitada assistência em saúde pública.

Essa realidade reforça a importância de estratégias de saneamento descentralizado e intervenções educativas que integrem ciência, tecnologia social e saúde pública. A educação da população sobre boas práticas de higiene e manutenção das cisternas, como limpeza periódica das calhas e vedação adequada dos reservatórios, é essencial para garantir a qualidade da água armazenada e prevenir contaminações. Além disso, a implementação de sistemas de desinfecção simples, como o uso de cloro ou filtros, pode ser uma solução de baixo custo para melhorar a segurança da água coletada, especialmente nas regiões mais afetadas pela escassez hídrica.

A intensificação dos períodos de estiagem e as mudanças climáticas no semiárido brasileiro tornam essas estratégias ainda mais urgentes. A integração de políticas públicas e programas de educação sanitária, aliados ao uso de tecnologias sociais como as cisternas, pode promover uma gestão hídrica mais sustentável e

garantir que a água armazenada continue sendo uma solução eficiente para a segurança hídrica no semiárido (18).

A Figura 1 apresenta um esquema simplificado do sistema de captação de água da chuva com cisterna, composto por calha, filtro, tubo condutor e reservatório. O funcionamento eficiente desse sistema depende de ações regulares de manutenção preventiva, como a limpeza periódica das calhas e a vedação adequada do reservatório. Essa estrutura é amplamente utilizada no semiárido brasileiro e destaca-se como uma tecnologia social de baixo custo e elevado impacto na segurança hídrica de comunidades em situação de vulnerabilidade.

Figura 10 – Esquema ilustrativo, sistema de captação de água da chuva para cisterna.

Fonte: Autores, 2025

**CONCLUSÕES**

As análises físico-químicas realizadas demonstraram que a água de cisternas armazenada no sertão da Paraíba encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente para os parâmetros avaliados. Esse resultado atende ao objetivo do estudo ao comprovar que, do ponto de vista físico-químico, a água pode ser utilizada de forma segura em usos não potáveis, como higiene doméstica, limpeza e irrigação, representando um recurso estratégico para comunidades do semiárido. A água de cisterna, nesse contexto, contribui significativamente para a segurança hídrica da região, oferecendo uma alternativa eficaz no enfrentamento da escassez de água e complementando o fornecimento de água potável para a população local.

Entretanto, a ausência de análise microbiológica limita a recomendação para o consumo humano direto, evidenciando a necessidade de complementação com esse tipo de avaliação. A qualidade microbiológica da água é crucial para garantir a segurança sanitária, uma vez que microrganismos patogênicos podem estar presentes, mesmo quando os parâmetros físico-químicos atendem aos padrões estabelecidos. Isso reforça a importância de incluir a análise microbiológica no monitoramento regular das águas de cisterna, como coliformes fecais e Escherichia coli, que são indicadores diretos de contaminação fecal e risco à saúde pública.

Portanto, recomenda-se que sejam adotadas práticas de tratamento domiciliar simples e acessíveis, como filtração e cloração, associadas à capacitação contínua da população no manejo e manutenção das cisternas. A implementação de sistemas de cloração domiciliar, como cloradores de pastilha ou dispositivos similares, pode ser uma solução de baixo custo, eficiente e facilmente acessível para as comunidades, melhorando a qualidade microbiológica da água. A atuação de agentes comunitários de saúde é essencial nesse processo, pois esses profissionais desempenham um papel crucial na disseminação de informações sobre os cuidados necessários com o armazenamento de água, a importância da limpeza regular das cisternas e a implementação de práticas simples, mas eficazes, de desinfecção.

Além disso, é fundamental a inserção de tecnologias sociais complementares, como cloradores de pastilha ou filtros de cerâmica com carvão ativado, que são soluções de baixo custo e alta eficiência na melhoria da qualidade da água. Essas tecnologias têm se mostrado promissoras na promoção da segurança hídrica em comunidades rurais e semiáridas, sendo adaptáveis às condições locais e de fácil implementação. O uso de filtros de cerâmica, por exemplo, é uma estratégia amplamente adotada no Brasil, sendo uma tecnologia simples, sustentável e que pode ser facilmente distribuída em larga escala.

A atuação de políticas públicas de saúde e saneamento, com ênfase no monitoramento periódico da qualidade da água, é uma ação estratégica fundamental para garantir a segurança da água consumida pela população. Tais políticas devem ser priorizadas em áreas de maior vulnerabilidade, como escolas, postos de saúde e comunidades com maior densidade populacional, onde a necessidade de água de qualidade é mais crítica. Além disso, é essencial que as ações de monitoramento sejam realizadas de forma sistemática e contínua, garantindo que a qualidade da água seja sempre compatível com os padrões de potabilidade, mesmo em períodos de estiagem prolongada ou escassez de recursos.

O fortalecimento de parcerias entre universidades, institutos federais e prefeituras é uma estratégia importante para promover o desenvolvimento de soluções sustentáveis para o uso da água no semiárido brasileiro. A realização de ações de extensão universitária, como cursos, workshops e campanhas educativas, pode contribuir significativamente para aumentar a conscientização sobre a importância do tratamento e da manutenção adequados da água. Essas ações devem estar alinhadas com as práticas de saneamento descentralizado, que permitem uma abordagem mais próxima e eficaz às necessidades das comunidades locais, promovendo o empoderamento social e a autonomia das populações no manejo de seus próprios recursos hídricos.

Por fim, recomenda-se que estudos futuros aprofundem a avaliação microbiológica da água de cisternas, incluindo análises de coliformes totais e *termotolerantes*, bem como a investigação da presença de contaminantes emergentes, como agrotóxicos, metais pesados e produtos farmacêuticos que possam estar presentes na água devido à poluição ambiental. A detecção desses contaminantes é essencial para garantir a segurança total da água e a saúde pública da população. Tendências promissoras na área incluem o uso de tecnologias de baixo custo, como sistemas de desinfecção solar (SODIS), nanomateriais aplicados à filtração e sensores comunitários de monitoramento rápido, que têm se mostrado eficazes na detecção e eliminação de contaminantes em sistemas de água de baixo custo. Essas inovações tecnológicas podem proporcionar soluções mais eficazes, econômicas e sustentáveis para o tratamento de água no semiárido, alinhando-se com as necessidades e as realidades das comunidades locais.

Dessa forma, será possível consolidar estratégias que garantam não apenas a disponibilidade, mas também a segurança e a sustentabilidade do uso da água no semiárido brasileiro. A implementação dessas estratégias, aliada à conscientização comunitária e ao monitoramento constante, pode transformar a água de cisterna em um recurso cada vez mais seguro, acessível e eficaz no enfrentamento dos desafios impostos pela escassez hídrica e pelas mudanças climáticas na região.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem profundamente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB) pelo valioso apoio técnico e estrutural

que possibilitou a realização deste estudo. Agradecemos também à equipe do Laboratório de Análises Ambientais do IFPB – Campus Campina Grande, pelo suporte metodológico essencial durante a condução das análises físico-químicas, que garantiu a qualidade e precisão dos resultados.

Nossa gratidão também se estende aos participantes do minicurso de Análise de Água, cujas discussões enriquecedoras contribuíram significativamente para a abordagem prática e a aplicação das metodologias adotadas no estudo. As trocas de experiências durante o minicurso proporcionaram uma reflexão aprofundada sobre os desafios e as melhores práticas para o monitoramento da qualidade da água no semiárido.

Agradecemos ainda aos moradores da comunidade atendida, cuja colaboração foi fundamental ao fornecerem acesso à cisterna analisada, permitindo a coleta de dados essenciais para o sucesso da pesquisa. Sem o apoio e a confiança da comunidade, este estudo não teria sido possível.

Este trabalho também se insere nas ações de extensão universitária desenvolvidas no contexto da promoção da saúde e da convivência com o semiárido, demonstrando a importância da integração entre a academia e as comunidades para a construção de soluções sustentáveis e a melhoria da qualidade de vida. Ressaltamos a relevância dessas ações, que fortalecem o papel da universidade na formação de cidadãos e profissionais comprometidos com a transformação social e o desenvolvimento regional.

Por fim, agradecemos a todos que, de alguma forma, contribuíram para o andamento deste estudo e para a implementação de práticas que favoreçam a gestão da água no semiárido brasileiro, especialmente em um cenário de crescente escassez hídrica e desafios ambientais.

## REFERÊNCIAS

1. KUMAR G. Um estudo sobre gestão e conservação de recursos hídricos como necessidade atual. *ShodhKosh:* ***Revista de Artes Visuais e Cênicas***. 2024. Disponível em: https://doi.org/10.29121/shodhkosh.v5.i1.2024.5076. Acesso em: 16 jul. 2025.

2. SALAM M, BO D, ALAM F, et al. Análise da qualidade da água potável: análise das propriedades físico-químicas e da contaminação bacteriana com implicações para a saúde no distrito de Shangla, Khyber Pakhtunkhwa, Paquistão. ***Environmental Geochemistry and Health***. 2024;46:1–17. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10653-024-01965-w. Acesso em: 16 jul. 2025.

3. SILVA RM, SOUSA FAS, SILVA RM. Cisternas no Semiárido Brasileiro: acesso à água e melhoria da qualidade de vida. **Revista Brasileira de Geografia Física**. 2020;13(6):2310–21. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/247623 . Acesso em: 16 jul. 2025.

4. WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND (UNICEF). Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2020: Five years into the SDGs. Geneva: WHO/UNICEF; 2021. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789240030848 . Acesso em: 16 jul. 2025.

5. SANTOS MRM, ALMEIDA RM, OLIVEIRA RA. Avaliação da qualidade da água de cisternas rurais no semiárido paraibano. **Revista Ambiente & Água**. 2020;15(4):1–12.

6. LIMA JR, NASCIMENTO JHS, BARBOSA FS. Contaminação da água de cisternas no semiárido nordestino: uma análise de riscos e propostas de mitigação. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2019;24(2):231–9.

7. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano**. Diário Oficial da União, Brasília, 4 maio 2021. Seção 1, p. 71–2. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-317540131 . Acesso em: 16 jul. 2025.

8. FERREIRA AG, SILVA MJ, GOMES FL. Aspectos sanitários do uso de cisternas em comunidades rurais do semiárido brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**. 2018;23(3):765–74.

9. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23rd ed. Washington (DC): APHA; 2017.

10. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual prático de análise de água**. 3. ed. Brasília: FUNASA; 2006.

11. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). ***Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs***. 2. ed. Brasília: FUNASA; 2009.

12. OLIVEIRA JFS, DINIZ RM, ARAÚJO JGM. Qualidade da água de consumo humano em comunidades rurais do semiárido de Pernambuco. **Revista Ambiente & Água**. 2021;16(5):e2746.

13. CAVALCANTE MTR, DINIZ TBR, COSTA AS. Potencial de corrosão da água armazenada em cisternas no sertão nordestino**. Engenharia Sanitária e Ambiental.** 2017;22(3):495–501.

14. SILVA TS, SANTOS DFG, PEREIRA JR. Água de cisternas e riscos à saúde: desafios da vigilância sanitária no Nordeste. **Ciência & Saúde Coletiva**. 2022;27(1):157–68.

15. ALBUQUERQUE EC, LOPES MLF, DANTAS RM. Qualidade da água de cisternas no semiárido: influência das chuvas e do tempo de armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** 2018;22(1):43–9.

16. MONTEIRO RS, OLIVEIRA AF, FREITAS DMS. Variação sazonal da qualidade da água de cisternas no interior do Nordeste. **Revista Ambiente & Água**. 2021;16(2):e2598.

17. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: WHO; 2017. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950 . Acesso em: 16 jul. 2025.

18. MEDEIROS JF, SILVA CA, OLIVEIRA LGS. Saneamento rural e mudanças climáticas: desafios e perspectivas para o semiárido brasileiro. **Revista Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. 2020;9(3):45–60.

# BISCOITOS INTEGRAIS: CONFORMIDADES E NÃO CONFORMIDADES DA ROTULAGEM NUTRICIONAL

# WHOLE-GRAIN BISCUITS: NUTRITIONAL LABELING COMPLIANCES AND NON-COMPLIANCES

**DOI: 10.65747/conali2025v1c21**

**Laura Lima Machado[1]; Brenda Hilary Avelino de Vasconcelos[2]; José do Egito de Paiva[3]; Michelle Galindo de Oliveira[4]; Hayanna Adlley Santos de Arruda[5]; Erilane de Castro Lima Machado[6]**

[1]Estudante do Curso de Medicina Veterinária– UNINASSAU; [2]Estudante do Curso de mestrado na Pós-Graduação em Nutrição - PPGN - CCS – UFPE; [3]Docente/pesquisador do Depto. de Tecnologia Rural – UFRPE; [4]Docente/pesquisador do Núcleo de Nutrição - CAV - UFPE; [5]Docente/pesquisador do Núcleo de Nutrição - CAV - UFPE; [6]Docente/pesquisador do Núcleo de Nutrição - CAV - UFPE;

Contato: laura.lima190@outlook.com

**Resumo:** Atualizações na legislação vigente e o enquadramento da rotulagem nutricional auxiliam na escolha de alimentos saudáveis. Biscoitos integrais estão entre as preferências de alimentos integrais para lanches rápidos e prazerosos. Das atualizações nesta categoria de alimento, destaca-se a descrição do percentual de adição dos ingredientes e cereais integrais na formulação no painel principal do rótulo. Ressalta-se que o atendimento às normas que regulamentam as informações de rotulagem é imprescindível para garantir a compra correta do alimento pelo consumidor conforme a necessidade e interesse. O objetivo deste trabalho foi avaliar as conformidades e não conformidades da rotulagem nutricional de biscoitos integrais com base nas RDCs 429/2020 e 727/2022 da ANVISA/Brasil. Realizou-se a coleta de dados em mercados e supermercados nas cidades pernambucanas Recife, Vitória de Santo Antão, Gravatá e Chã Grande nos meses de maio e junho de 2025. Aplicou-se um questionário na forma de *check list* para identificar e analisar os rótulos de biscoitos integrais, os quais foram divididos em 3 categorias: sem recheio, cookies e rosquinha. Foram avaliados 30 rótulos, envolvendo 8 marcas, sendo distribuídos nas categorias supracitadas, obtendo-se 63,3% sem recheio, 23,3% de Cookies e 13,3% de rosquinha. Constatou-se que 36,6% (11/30) apresentaram 1 ou 2 não conformidades, totalizando 8 tipos de não conformidades registradas entre as 62,5% (5/8) das marcas avaliadas. O não atendimento das informações na tabela nutricional, informações nutricionais complementares e de rotulagem frontal põe em risco a saúde do consumidor, que acima de tudo estará sendo submetido ao engano no momento da compra.

**Palavras–chave:** fibras alimentares; RDC 429/2020; RDC 727/2022; rótulo frontal; tabela nutricional.

**Abstract:** Updates in current Brazilian legislation and the classification of nutritional labeling assist consumers in making healthier food choices. Whole grain cookies are among the most preferred options for quick and enjoyable snacks. One of the recent regulatory changes for this category requires that the percentage of whole grain ingredients be declared on the main label panel. Compliance with these regulations is essential to ensure that consumers purchase products aligned with their nutritional needs and preferences. This study aimed to evaluate the compliance and non-compliance of

nutritional labeling in whole grain cookies based on ANVISA's RDCs 429/2020 and 727/2022. Data were collected in physical retail stores (supermarkets) located in Recife, Vitória de Santo Antão, Gravatá, and Chã Grande (Pernambuco, Brazil) during May and June 2025. A checklist-based questionnaire was applied to assess whole grain cookie labels, categorized into three groups: plain (without filling), cookies, and rosquinhas (ring-shaped cookies). A total of 30 labels from 8 different brands were analyzed: 63.3% were plain cookies, 23.3% cookies, and 13.3% rosquinhas. Among these, 36.6% (11/30) presented one or two labeling non-conformities, totaling 8 distinct types of errors across 62.5% (5/8) of the evaluated brands. Non-compliance with mandatory nutritional information, complementary claims, and front-of-package labeling represents a potential risk to consumer health by conveying misleading information at the point of purchase.

**Keywords:** dietary fiber; RDC 429/2020; RDC 727/2022; front-of-package label; nutritional information table

## INTRODUÇÃO

A preocupação com a alimentação saudável tem se intensificado, impulsionada pelo aumento do conhecimento sobre os benefícios de uma dieta equilibrada e a busca por qualidade de vida. Nesse contexto, os consumidores têm demonstrado maior interesse por alimentos que não apenas atendam às suas necessidades nutricionais, mas também sejam práticos e saborosos, especialmente para o consumo em lanches rápidos ao longo do dia. Entre esses alimentos, os biscoitos doces integrais vêm ganhando destaque, pois oferecem uma alternativa mais nutritiva em comparação aos biscoitos convencionais, principalmente devido ao seu elevado teor de fibras alimentares, que contribuem para a saúde digestiva, controle glicêmico e sensação de saciedade e consequente regulação quanto a ocorrência de sobrepeso e obesidade (1, 2).

A composição em fibras alimentares é um aspecto fundamental na formulação de biscoitos integrais, pois além de promover benefícios à saúde, atende às demandas de consumidores que buscam alimentos funcionais e mais naturais. Segundo a Anvisa (3) para o efeito funcional na saúde, a ingestão mínima recomendada é de 25g/dia, que reduz o risco de ocorrência de doenças cardiovasculares (4).

No entanto, para que esses produtos possam realmente oferecer os benefícios prometidos e garantir a transparência ao consumidor, é imprescindível a clareza sobre suas informações nutricionais e que as declarações em seus rótulos estejam corretamente apresentadas e em conformidade com as legislações vigentes. Nesse sentido, a rotulagem nutricional desempenha papel crucial, pois fornece informações essenciais para que o consumidor possa fazer escolhas alimentares conscientes e alinhadas às suas necessidades de saúde e bem estar.

No Brasil, as normas que regulam a rotulagem de alimentos embalados estão estabelecidas principalmente pela Resolução RDC nº 429 de 2020 e pela Resolução RDC nº 727 de 2022. A RDC nº 429/2020 dispõe sobre a rotulagem nutricional de alimentos embalados, incluindo requisitos de informações obrigatórias, como valor energético, macronutrientes, vitaminas e minerais, além de orientações sobre a apresentação dessas informações de forma clara e acessível ao consumidor. Enquanto a RDC nº 727/2022 reforça e atualiza as diretrizes para a rotulagem frontal de alimentos e informações nutricionais complementares, buscando facilitar a compreensão das informações nutricionais e promover escolhas mais saudáveis (3, 5).

Desta forma, torna-se fundamental realizar uma análise detalhada dos rótulos de biscoitos doces integrais disponíveis no mercado para verificar se atendem às exigências dessas legislações, especialmente no que diz respeito à composição em fibras alimentares e à correta apresentação das informações nutricionais. Essa avaliação é importante não apenas para garantir a conformidade legal, mas também para promover a transparência e a segurança do consumidor, que busca por produtos que realmente contribuam para uma alimentação mais saudável e equilibrada.

Para que um rótulo esteja com a rotulagem nutricional em conformidade com as principais regulamentações brasileiras, a RDC nº 429/2020 (3) e a RDC nº 727/2022 (5), diversos aspectos devem ser observados, especialmente nas informações apresentadas na tabela nutricional, nas alegações nutricionais e na rotulagem frontal. A tabela nutricional deve apresentar informações claras e precisas sobre os nutrientes presentes no produto, incluindo os açúcares totais e os açúcares adicionados, informações recentemente acrescentadas. Segundo as normas (3), os alimentos devem indicar a quantidade de açúcares totais por porção, além de especificar se há adição de açúcares e quantificá-los, de modo a evitar informações enganosas, considerando que alimentos podem ter açúcares naturais na composição dos ingredientes. Este destaque deve ser obrigatoriamente informado e com isto proporciona ao consumidor avaliar o impacto na saúde.

Ressalta-se outras questões envolvidas nas rotulagens de alimentos, a exemplo do tamanho da porção na tabela nutricional, que devem ser padronizadas conforme os requisitos da IN nº 75 de 2020 (6), e apresentadas de forma que o consumidor possa facilmente relacionar a quantidade consumida com os valores nutricionais indicados e fazer comparação entre marcas comercializadas. Em relação às informações nutricionais complementares, a rotulagem pode incluir informações complementares sobre vitaminas e minerais presentes no produto, especialmente aqueles que

contribuem para as necessidades diárias do consumidor, como ferro, cálcio, vitamina D, entre outros. Essas informações devem ser apresentadas de forma clara quando presentes, indicando os percentuais do Valor Diário de referência (VDR) que o produto fornece, ajudando na avaliação do aporte nutricional (3) .

Ademais, as alegações nutricionais, como "baixo teor" de algum nutriente, "sem adição de açúcares" ou "baixo teor de valor calórico", que devem estar respaldadas por critérios estabelecidos pelas regulamentações, conforme as especificações técnicas constantes na IN 75 de 2020 da ANVISA/Brasil (6) . Ainda, a rotulagem frontal, que é uma ferramenta de comunicação rápida e eficiente, que visa facilitar a compreensão do consumidor na hora da compra. Segundo a RDC nº 727/2022 (5), ela deve conter informações como o alerta de alto teor em gordura saturada, açúcar adicionado e teor de sódio.

Portanto, a análise dos rótulos de biscoitos integrais, produtos doces, com foco na composição em fibras alimentares e na conformidade com as normas de rotulagem nutricional, justifica-se como etapa essencial para promoção da saúde pública, sendo importante ainda para incentivar práticas de produção responsáveis e orientar o consumidor na sua tomada de decisão, favorecendo uma alimentação mais consciente, nutritiva e saborosa.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os produtos alimentícios cujos dados da rotulagem nutricional serão coletados nesta pesquisa se referem a biscoitos integrais, sendo essencial a adequada identificação do alimento em foco, com base nos preceitos legais conforme a legislação vigente, a RDC nº 712/2022 (7), que dispõe sobre os requisitos de composição e rotulagem dos alimentos contendo cereais e pseudocereais para classificação e identificação como integral e para destaque da presença de ingredientes integrais. Define-se biscoitos ou bolacha como produtos obtidos pela mistura de farinhas, amidos e/ou féculas com outros ingredientes, submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não, e que podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos, conforme a Resolução RDC nº 263/2005 da ANVISA (8).

A RDC nº 712/2022 (7) define os requisitos mínimos de identificação e de classificação para uniformizar o processo de um alimento integral. De acordo com a resolução, para ser considerado integral, o ingrediente deve ser obtido, exclusivamente,

de um cereal ou pseudocereal e ser submetido a processo tecnológico que não altere a proporção esperada de seus componentes anatômicos. Os cereais e pseudocereais abrangidos pela norma são: alpiste, amaranto, arroz, arroz selvagem, aveia, centeio, cevada, fonio, lágrimas-de-Jó, milheto, milho, painço, quinoa, sorgo, teff, trigo, trigo sarraceno e triticale.

Entre os cuidados na identificação dos biscoitos integrais, no que concerne a rotulagem, considerou-se que o alimento que contenha cereais, mas que não entre na classificação de “alimento integral”, não pode conter vocábulos, sinais, denominações, símbolos, emblemas, ilustrações ou representações gráficas que indiquem que o produto é classificado como integral. Ressalta-se que, na denominação de venda de um alimento que não seja enquadrado como “alimento integral” não podem constar, portanto, os termos “integral” ou “com cereais integrais”. Por outro lado, a presença de ingredientes integrais pode ser destacada na rotulagem, desde que a porcentagem presente do ingrediente seja indicada e a informação respeite os critérios de fonte, cor, tamanho, entre outros, definidos na regulamentação (7).

**Amostragem**

Na coleta de dados, realizada no período de maio a junho de 2025, registrou-se informações de 30 rótulos de produtos comercializados em lojas físicas (mercados e supermercados) nas cidades de Recife, Vitória de Santo Antão, Gravatá e Chã Grande do estado de Pernambuco. Inicialmente, com o objetivo de rastrear os principais produtos identificados como biscoitos integrais e marcas, foi efetuado um levantamento das informações por conveniência no comércio das cidades supracitadas. Por último, definiu-se as oito principais marcas mais frequentes, para a realização da coleta de dados dos produtos elencados, os quais foram divididos em 3 categorias: biscoitos doces tipo cookie, sem recheio e rosquinha.

O número de marcas avaliadas para cada categoria e o número de produtos avaliados para cada marca foram estabelecidos conforme a disponibilidade no comércio. Para facilitar a coleta de informações e a padronização adequada, foram estabelecidos, para cada categoria, o número de marcas de, no máximo, oito, e o número de produtos para cada marca de, no mínimo, dois e, no máximo, cinco.

Como critérios de inclusão, foram contemplados a categoria do biscoito integral e a disponibilidade de marcas e produtos no comércio. Como critérios de exclusão, consideraram-se as categorias de biscoitos em que não havia a descrição de integral e

nos casos em que a quantidade encontrada de variedade não atingiu o número mínimo de dois produtos por marca.

**Avaliação dos rótulos conforme legislação brasileira de rotulagem de alimentos**

A análise dos rótulos foi realizada conforme a legislação brasileira vigente, descrita pela Resolução nº 429 de 8 de outubro de 2020, que dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados (3), incluindo os requisitos para a tabela nutricional, as alegações nutricionais e rotulagem frontal; pela Instrução Normativa nº 75 de 8 de outubro de 2020, que estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados (6); e pela RDC nº 727 de 01 de julho de 2022, que dispõe sobre a rotulagem de alimentos embalados, incluindo as advertências sobre os principais alimentos que causam alergias alimentares e sobre lactose (5).

Para a análise dos rótulos de biscoitos integrais, foram desenvolvidos dois questionários em forma de *check list* para respostas “C” (conformidade), “NC” (não conformidade) e “NA” (não se aplica), quanto ao atendimento às normas: 1. Questionário estruturado com 18 requisitos para coleta de informações sobre a identificação de biscoitos integrais, com base na RDC nº 712/2022, e sobre os requisitos obrigatórios na tabela nutricional, com base na RDC nº 429/2020 e ingredientes, com base na RDC nº 727/2022, sendo R1 a R4 (identificação e conformidade do alimento integral); R5 a R17 (tabela nutricional); e R18 (ingredientes). 2. Questionário estruturado com 13 requisitos, para coleta de informações sobre rotulagem frontal e alegações nutricionais com base na RDC 429/202 e advertência sobre alergênicos e lactose, com base na RDC 727/2022, sendo: R1 a R2 (rotulagem frontal); R3 a R7 (alegação nutricional); R8 e R9 (advertências sobre alergênicos); R10 a R13 (advertências sobre lactose e glúten), conforme descritos nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Os dados coletados foram avaliados por análise estatística descritiva, sendo apresentada como frequência absoluta (n) e relativa (%).

Figura 1 - *Check lis*t para as informações obrigatórias na tabela nutricional com base na RDC 429/2020 e ingredientes com base na RDC 727/2022.

| Tipo de biscoito: | Marca: | | Data: | |
|---|---|---|---|---|
| REQUISITO OBSERVADO | C | NC | NA | NOTA |
| **Identificação e conformidade do alimento integral (referente a RDC nº 712/2022/ ANVISA)** | | | | |
| 1. A rotulagem do produto apresenta a porcentagem total de ingredientes integrais no rótulo principal? Especificar valor. | | | | |
| 2. A declaração supracitada está destacada com caracteres do mesmo tipo, tamanho e cor, tornando-a mais visível ao consumidor? | | | | |
| 3. A declaração informa ingredientes integrais no valor igual ou superior a 30%? | | | | |
| 4. Na rotulagem está declarada ou implícita a quantidade de farinha de cereais integrais maior que a de farinhas refinadas? Especificar valores. | | | | |
| **Requisitos obrigatórios na tabela nutricional (referente a RDC nº 429/2020/ ANVISA)** | | | | |
| 5. A tabela de informação nutricional contém a declaração das quantidades de valor energético, carboidratos, açúcares totais, açúcares adicionados, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, fibra alimentar, e sódio? | | | | |
| 6. O cálculo do valor calórico está correto? | | | | |
| 7. Declara-se na tabela nutricional nutriente ou composto bioativo relacionado a alegações nutricionais, de alegações de propriedades funcionais ou de alegações de propriedades de saúde, | | | | |
| 8. Declara-se na tabela nutricional nutriente essencial (vitaminas e minerais, com exceção para o sódio) em quantidade, por porção, igual ou maior do que 5% do respectivo VDR, quando se aplica? | | | | |
| 9. Declara-se na tabela nutricional as quantidades de lactose e de galactose, nos biscoitos integrais para dietas com restrição de lactose, quando se aplica? | | | | |
| 10. A declaração das quantidades na tabela de informação nutricional atende quanto as regras para arredondamento e para expressão dos valores; as quantidades não significativas de valor energético e de nutrientes; ao valor energético, nas lacunas correspondentes a 100g/100mL e porção; e ao percentual de valores diários (%VD)? | | | | |
| 11. Para os nutrientes sem VDR definidos, o espaço para declaração do respectivo %VD está vazio? | | | | |
| 12. O número de porções declarado na tabela de informação nutricional atende quanto ao arredondamento de valores e forma de expressão? | | | | |
| 13. A medida caseira declarada está apropriada para a característica do produto? | | | | |
| 14. A declaração da tabela de informação nutricional obedece a algum dos modelos permitidos, ou a informação nutricional declarada de forma simplificada obedece aos requisitos específicos? | | | | |
| 15. A declaração da tabela de informação nutricional, ou informação nutricional simplificada, está localizada em uma única superfície contínua da embalagem (sem estar em áreas encobertas, locais deformados, como áreas de selagem e de torção, ou de difícil visualização, como arestas, ângulos, cantos e costuras), e no mesmo painel da lista de Ingredientes? | | | | |
| 16. A formatação da tabela nutricional obedece a orientação sugerida? | | | | |
| 17. A tabela nutricional é apresentada com linhas pretas e fundo branco? | | | | |
| **Ingredientes (referente a RDC nº 727/2022/ ANVISA)** | | | | |
| 18. O produto declara lista de ingredientes e usa a expressão "ingredientes:" ou "ingr.:" seguida da relação dos ingredientes utilizados na formulação do produto? | | | | |

Legenda: C (Conforme); NC (Não Conforme); NA (Não se aplica).

Fonte: autores, 2025.

Figura 2. *Check list* para as informações referentes a alegações nutricionais e rotulagem frontal, com base na RDC 429/2020; advertências sobre os principais

alimentos alergênicos, presença de lactose, e presença ou ausência de glúten com base na RDC 727/2022.

| Tipo de biscoito: | Marca: | | Data: | |
|---|---|---|---|---|
| REQUISITO OBSERVADO | C | NC | NA | NOTA |
| **Rotulagem frontal (Referente a RDC nº 429/2020/ANVISA)** | | | | |
| 1. Produtos cujas quantidades de açúcares adicionados, gorduras saturadas ou sódio sejam iguais ou superiores aos limites permitidos apresentam a rotulagem frontal (Lupa)? | | | | |
| 2. A apresentação da rotulagem frontal está adequada (emprega-se impressão em cor 100% preta num fundo branco; estar localizada na metade superior do painel principal ou obedecer quantos aos requisitos de área mínima, em uma única superfície contínua; tem a mesma orientação do texto das demais informações veiculadas no rótulo; obedece aos modelos permitidos; não pode estar disposta em locais encobertos, removíveis pela abertura do lacre ou de difícil visualização, como áreas de selagem e de torção)? | | | | |
| **Alegação nutricional (Referente a RDC nº 429/2020/ANVISA)** | | | | |
| 3. A declaração de alegações nutricionais nos rótulos atende quanto aos termos de atributos nutricionais e critérios de composição e rotulagem (ex. "baixo", "muito baixo", "não contém" ou "sem adição de", "fonte de") ? | | | | |
| 4. Produtos que destacam ser fonte de fibras no rótulo atende quanto a quantidade mínima de fibras exigida a constar na tabela de informação nutricional? | | | | |
| 5. Alimento com declaração da rotulagem nutricional frontal, tem alegações nutricionais e as expressões que indicam a adição de nutrientes essenciais localizadas na metade superior do painel principal, ou caracteres de tamanho superior àqueles empregados na rotulagem nutricional frontal? | | | | |
| 6. Biscoito para fins especiais com destaque para dietas com restrições de açúcares, light ou diet e apresenta baixo teor de açúcar ou gordura, apresenta a frase "alimento não apresenta baixo valor calórico total" quando se enquadra nesta condição? | | | | |
| 7. Biscoito enriquecidos ou fortificados, declara a designação do alimento convencional e uma das expressões permitidas? | | | | |
| **Advertência sobre alergênicos (referente a RDC nº 727/2022/ANVISA)** | | | | |
| 8. Os biscoitos que contenham alimentos ou derivados dos principais alimentos que causam alergias alimentares, contém as advertências em uma das formas de expressão permitida: "ALÉRGICOS: CONTÉM...."? | | | | |
| 9. As advertências alimentos ou derivados dos principais alimentos que causam alergias alimentares estão agrupadas imediatamente após ou abaixo da lista de ingredientes e com caracteres legíveis que atendam aos requisitos de declaração (caixa alta; negrito; e cor contrastante com o fundo do rótulo)? | | | | |
| **Advertência sobre lactose e glúten (referente a RDC nº 727/2022/ANVISA)** | | | | |
| Biscoito para dietas com restrição de lactose apresentam a declaração "isento de lactose", "zero lactose", "0% lactose", "sem lactose" ou "não contém lactose"; ou "baixo teor de lactose" ou "baixo em lactose", no caso a que corresponder, próxima à denominação de venda do alimento? | | | | |
| 11. Os alimentos que contenham lactose em quantidade maior do que 100 (cem) miligramas por 100 (cem) gramas ou mililitros do alimento tal como exposto à venda contém a advertência "CONTÉM LACTOSE"? | | | | |
| 12. Biscoitos enquadrados na exigência, associado ao uso ou não de ingredientes (leite e derivados, trigo e derivados), declaram sobre a presença de lactose, e sobre presença ou ausência de glúten, logo após a lista de ingredientes? | | | | |
| 13. A advertência "Não contém lactose" não está declarada logo após a lista de ingredientes nos biscoitos que não contém leite e derivados, e, consequentemente, lactose? | | | | |

Legenda: C (Conforme); NC (Não Conforme); NA (Não se aplica).

Fonte: autores, 2025.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os 30 biscoitos incluídos na pesquisa estão listados na Tabela 1. Os produtos analisados foram identificados no mercado varejista nas cidades pernambucanas Recife, Vitória de Santo Antão, Gravatá e Chã Grande nos meses de maio e junho de 2025, e foram divididos em três grupos - sem recheio, cookies e rosquinha - referentes a oito marcas industriais.

Tabela 1. Lista de biscoitos integrais comercializados nas cidades pernambucanas Recife, Vitória de Santo Antão, Gravatá e Chã Grande, no ano de 2025, com respectivos sabores; declaração de percentual de ingredientes integrais e fonte de fibras, presença e tipo de lupa.

| Produto analisado | Sabor/diferencial | FF | % | LUPA | Marcas |
|---|---|---|---|---|---|
| **Sem recheio** | Granola e mel | - | 39 | - | C |
| | Cacau e cereais | - | 37 | - | C |
| | Cacau e cereais | - | 37 | - | C |
| | Cacau e cereais | - | 37 | AA | E |
| | Cacau e cereais | - | 66 | - | H |
| | Tipo maisena integral | - | 33 | AA | C |
| | Tipo maisena integral | - | 39 | AA | D |
| | Tipo maisena integral | X | 34 | - | F |
| | Tipo maisena coco | X | 34 | - | F |
| | Morango | - | 39 | AA | E |
| | Laranja e cenoura | - | 37 | AA | E |
| | Banana e canela | - | 39 | AA | E |
| | Coco | - | 40 | AA | E |
| | Cacau e castanha | X | 45 | - | G |
| | Maçã e uva passa | - | 46 | - | G |
| | Laranja e cereais | X | 47 | - | G |
| | Castanha | X | 45 | - | G |
| | Maçã e canela | X | 70 | - | H |
| | Leite com aveia em flocos | X | 69 | - | H |
| **Cookies** | Cappuccino e avelã | X | 44,8 | - | A |
| | Chocolate com gotas | X | 43,8 | AA | A |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Chocolate | X | 35 | - | B |
| | Castanha do Pará | X | 35 | - | B |
| | Castanha de caju | X | 35 | - | B |
| | Maçã e canela | - | 30 | GS | B |
| | Cacau e avelã | - | 43 | AA/GS | E |
| **Rosquinha** | Maçã e banana | X | 39 | - | A |
| | Laranja e mel | X | 39 | - | A |
| | Cereal integral | - | 31,7 | AA | C |
| | Maçã e uva passa | - | 46 | - | G |
| Total | **30** | **-** | **-** | **-** | **8** |

Legenda: FF (Fonte de Fibra), % (Percentual de ingredientes integrais), AA (Alto em açúcar adicionado), GS (Alto em gordura saturada)

Fonte: autores, 2025.

Os achados foram descritos por meio da aplicação de um *check-list* estruturado conforme legislação vigente. A distribuição dos produtos por categoria foi composta por 63,3% de biscoitos sem recheio (n = 19), 23,3% de cookies (n = 7), e 13,3% de rosquinhas (n = 4). Dentre os biscoitos tipo sem recheio, foram encontradas 14 variedades de sabor/característica diferencial; na categoria de cookies, observou-se 7 variações; e, entre as rosquinhas, foram encontradas 4 variações (Tabela 1). Dentre os produtos analisados, observou-se que 36,67% da amostra total (11/30 produtos analisados) apresentou pelo menos uma inadequação, distribuída em 8 diferentes tipos de inconformidades, atingindo 62,5% (5 de 8) das marcas avaliadas. Quando analisadas por categoria (Tabela 2), as inconformidades foram evidenciadas em 42,1% dos biscoitos integrais sem recheio (8/19 produtos analisados), 57,1% dos cookies (4/7 produtos analisados), e 25% das rosquinhas (1/4 produtos analisados). Esses dados são alarmantes, e estão em concordância com um estudo recente conduzido por Rabena et al. (9) em Volta Redonda/RJ, em uma análise de 45 biscoitos (doces e salgados), sob as mesmas normativas, que apontou que 80% (36/45 biscoitos analisados) da amostra estavam em não conformidade com a RDC nº 429 e com a IN nº 75, ambas de 2020, vigentes desde 2022.

Tabela 2. Frequência de inadequações na rotulagem nutricional de biscoitos integrais comercializados nas cidades pernambucanas Recife, Vitória de Santo Antão, Gravatá e Chã Grande.

| Inadequações | Q. | Produtos analisados | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Sem recheio | Cookies | Rosquinha |
| | | (n=19) | (n=7) | (n=4) |
| Nutriente em destaque no rótulo não consta em tabela | 1 | - | 1 | - |
| Valor açúcar total = açúcar adicionado, mas contém ingrediente com açúcares naturais | 1 | - | - | 1 |
| Informa Porção errada (25g) | 1 | 3 | - | - |
| Ausência de rótulo frontal para alto teor de açúcar adicionado | 2 | 1 | - | - |
| Fonte de fibras com valor abaixo do mínimo | 2 | - | 2 | - |
| Descreve “Não contém Lactose” no alerta a alérgicos | 2 | - | 1 | - |
| Ausência de frase: produto não é baixo em valor energético | 2 | 3 | - | - |
| Ausência da advertência "CONTÉM LACTOSE" | 2 | 1 | | - |
| Total inadequação | - | 8 | 4 | 1 |
| % Inadequação/Total categoria | - | 42,1% | 57,1% | 25% |

Legenda: Q (questionário)

Fonte: autores, 2025.

É função da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) assegurar que os produtos comercializados apresentem rotulagem adequada, clara e segura. No que diz respeito à rotulagem de alimentos, as RDC nº 429/2020, RDC nº 727/2022 e RDC nº 712/2022 estabelecem as diretrizes específicas para transparência das informações no rótulo (9, 10). No que se refere às informações sobre a identificação e conformidade dos biscoitos integrais (item 1 da lista de verificação) (Figura 1), não foram observadas inconformidades em nenhuma das amostras. Observou-se inclusive, que os percentuais de fibra alimentar dos biscoitos doce tipo integral variaram entre 30% até 70%. Segundo a IN nº 75/2020 (6), para ser considerado integral, o produto deve possuir no mínimo 30% de ingredientes integrais, em peso seco e uma proporção de ingredientes de grãos integrais maior que a de ingredientes de grãos refinados. Esses dados demonstram conformidade com os critérios exigidos, sendo cabível a denominação de biscoito doce tipo integral para todos os produtos avaliados.

No entanto, apesar dos aspectos positivos anteriormente levantados, algumas incoerências foram observadas na rotulagem desses produtos. No que tange os requisitos obrigatórios na tabela nutricional (item 2 da lista de verificação) (Figura 1), a RDC nº 429/2020 define “açúcares adicionados” como monossacarídeos e dissacarídeos adicionados durante o processamento, excluindo os açúcares naturalmente presentes em leites, derivados e vegetais (como frutas). Enquanto que “açúcares totais” correspondem à soma de todos os monossacarídeos e dissacarídeos digeridos, absorvidos e metabolizados pelo ser humano presentes no alimento. Dessa forma, se um produto contém ingredientes fonte de açúcares naturais, espera-se que o valor de “açúcares totais” seja maior que o de “açúcares adicionados”, o que indica uma falha na diferenciação entre açúcares naturais e adicionados.

Resultados diferentes foram encontrados por Silva et al. (11), em biscoitos doces, incluindo biscoito doce tipo integral, comercializados em Diamantina, Minas Gerais. Os autores relataram não só que os 17 biscoitos doces tipo integral avaliados continham as informações obrigatórias de acordo com o especificado na legislação, como também, 53% dos biscoitos integrais traziam informações facultativas (teores de açúcar, amido, gorduras monoinsaturadas e poli-insaturadas e colesterol) na tabela nutricional. Esse mesmo autor enfatiza a importância da apresentação correta dessas informações ao consumidor.

Ainda na mesma lista de requisitos (item 2 da lista de verificação) (Figura 2), a RDC nº 429/2020 estabelece que, se um nutriente é destacado no rótulo através de uma alegação nutricional, ele precisa obrigatoriamente constar na tabela de informação nutricional. Assim, foi identificado uma inconformidade nos Cookies de uma determinada marca, que destacou graficamente o termo “ácidos graxos”, associado a uma ilustração que sugere um benefício funcional relacionado à saúde, o que caracteriza uma alegação nutricional. Assim, o objeto de alegação deveria obrigatoriamente ser especificada a quantidade de ácidos graxos (insaturados ou poli-insaturados), ou o subtipo (como por exemplo, ômega-3), ou seja, a ausência de declaração torna essa uma alegação não respaldada. Considerando o ano de publicação deste normativo jurídico, e em virtude do período no qual a pesquisa foi realizada, é incabível o desconhecimento por parte da indústria quanto às exigências estabelecidas.

Informações enganosas, ambíguas ou contraditórias também foram encontradas em 30,8% dos rótulos de biscoitos salgados (11) e 41,2% doces (12), que destacavam a presença de componentes intrínseco dos alimentos de igual natureza, como o caso da farinha de trigo integral para biscoitos integrais. A alegação "0% colesterol" em um

produto que naturalmente não conteria colesterol é considerada uma não conformidade, pois destaca a ausência de um componente próprio do alimento. Ou ainda, alegações de promoção à saúde através de frases como “snacks podem, e devem fazer parte de uma alimentação equilibrada”, como um dever de consumir tal produto (13).

Outra incongruência com a legislação foi evidenciada em nossos achados em três produtos da categoria biscoito sem recheio, todos pertencentes à uma mesma marca, que declararam no rótulo uma porção diferente (25g) do padrão estabelecido pela ANVISA (30g). O tamanho da porção é regulamentado pela RDC 429/2020, de forma que deve refletir uma quantidade típica de consumo, facilitando a compreensão do valor nutricional por unidade de consumo e para favorecer uma comparação pelo consumidor entre produtos da mesma categoria em relação aos nutrientes e calorias ingeridos. A informação equivocada neste aspecto da tabela nutricional repercute em competição desleal entre marcas comercializadas, uma vez que há o interesse por composições menos calóricas, considerando que porções em quantidade abaixo do recomendado também resultaria em valores inferiores de nutrientes a serem informados.

Os rótulos dos produtos alimentícios fornecem informações nutricionais importantes para auxiliar o consumidor na tomada de decisão mais consciente (14). Estudos sugerem que o sistema de rotulagem simples e fácil de entender tem associação com escolhas alimentares mais saudáveis, o que contribui para redução da ingestão de produtos com alto teor de açúcares, gordura saturada e sódio (15). Uma das alterações mais relevantes da RDC nº429/2020 (3), é a inclusão do ícone de lupa na face frontal das embalagens, seguindo as proporções, localização e modelos padronizados definidos pela norma e pela IN nº75/2020 (6), tornando a identificação dessas informações mais ágil para o consumidor.

Partindo para o item 2 da lista de verificação (Figura 2), foi relatado ausência de rótulo frontal para alto teor de açúcar adicionado em um biscoito doce integral sem recheio. A RDC nº429/2020 (3) prevê a colocação de alertas nutricionais em alimentos industrializados com limites iguais ou superiores de açúcar adicionado (> ou = 15g/100g do alimento), gordura saturada (> ou = 6g/100g do alimento) e sódio (> ou = 600mg/100g do alimento). A ausência da lupa configura uma inadequação à legislação vigente, visto que pode induzir uma percepção equivocada de que o produto possui um perfil nutricional semelhante a outros que seguem a regulamentação. Ainda, vale ressaltar que 33,33% (10/30 produtos analisados) declararam na rotulagem frontal apresentar alto teor de açúcar adicionado, e ainda, 28,57% dos cookies (2/7 produtos analisados) declararam alto teor de gordura saturada. O que vale para repensar que, apesar dos

alimentos serem considerados biscoitos doce tipo integral de acordo com a legislação, os mesmos possuem nutrientes cuja ingestão excessiva está diretamente relacionada ao risco aumentado de doenças crônicas não transmissíveis (16).

A alegação como "Fonte de fibras", foi declarada em 14 dos 30 produtos analisados (46,67%). No entanto, a IN nº 75 estabelece que para um alimento ser considerado "Fonte de fibras", ele deve conter um mínimo de 10% do Valor Diário de Referência (VDR) de fibras alimentares por porção O VDR para fibras alimentares é de 25g, o que significa que o produto deve ter no mínimo 2,5g de fibras por porção para fazer essa alegação. Os resultados deste trabalho demonstraram que dois dos sete rótulos de cookies (28,57%) apresentaram uma quantidade abaixo desse valor mínimo. Em um estudo conduzido por Pereira e Medeiros (17), sobre produtos com alegações de fibras em Caucaia/CE, observaram que apenas 51% dos 30 rótulos avaliados estavam em conformidade, o que indica a necessidade de mudanças para garantir o cumprimento das exigências legais.

Outra inconformidade observada para o item 3 da lista de verificação (Figura 2), é a declaração “Não contém Lactose” no alerta a alérgicos em um dos quatro cookies avaliados (25%). Essa inadequação é particularmente relevante, uma vez que a RDC nº 727/2022 estabelece que alimentos que contenham ou sejam derivados dos principais alimentos que causam alergias alimentares, devem exibir advertência como “ALÉRGICOS: CONTÉM…”, seguida da substância alergênica. No entanto, a lactose não é um alérgeno alimentar, pois não é capaz de ativar a resposta imune alérgica, mas sim uma intolerância alimentar em indivíduos com deficiência da enzima lactase (18). A seção de "ALÉRGICOS" é reservada para os principais alergênicos alimentares, como o leite. Assim, seria cabível o uso de expressões como “isento de lactose”, “zero lactose”, “0% lactose”, “sem lactose” ou “não contém lactose”, desde que visivelmente próximas à denominação de venda do produto. Essa distinção é crucial para garantir que consumidores com intolerância à lactose recebam informações corretas e não sejam induzidos ao erro.

Uma outra inadequação foi exatamente pela ausência da advertência "CONTÉM LACTOSE", visto que a RDC nº 727/2022 especifica as advertências sobre lactose, e declara que alimentos que contenham lactose em quantidade maior do que 100 (cem) miligramas por 100 (cem) gramas ou mililitros do alimento devem conter a advertência “CONTÉM LACTOSE”, imediatamente após ou abaixo da lista de ingredientes. A ausência da advertência obrigatória, impede que os consumidores com intolerância à lactose façam escolhas informadas. Esses achados corroboram com os resultados de Rabena et al. (9), que também relataram omissão de alergênicos nos rótulos de

biscoitos em Volta Redonda/RJ. Os autores relataram ainda que a ausência de dados claros e apropriados podem ocasionar reações adversas indesejadas, comprometendo a saúde do consumidor.

A ausência de frase: “produto não é baixo em valor energético” foi relatada em 3 de 19 biscoitos sem recheio (15,78%). Esta exigência está prevista na IN nº 75, que complementa a RDC nº 429/2020, e preconiza a necessidade da frase de advertência sob as condições em que um alimento faz uma alegação nutricional, como por exemplo, "Não contém açúcares", "Baixo em açúcares" ou "Sem adição de açúcares", ou ainda, "Não contém gorduras totais", "Baixo em gorduras totais" ou "Sem adição de gorduras", mas o produto não atende aos critérios para ser considerado reduzido em valor energético total. Dessa forma, a ausência da frase "Este não é um alimento baixo ou reduzido em valor energético", configura uma inadequação.

Esse levantamento de inadequações na rotulagem de biscoitos doces integrais nas cidades Pernambucanas é particularmente alarmante, visto que, de acordo com o Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (Idec), somente 25,1% da população brasileira é capaz de compreender com clareza o que dizem os rótulos (19). Assim sendo, a intensificação da busca por alimentos mais saudáveis na sociedade atual, especialmente entre aqueles que procuram opções práticas para lanches rápidos, repercute na demanda de alimentos que ofereçam benefícios na saúde. Nesse contexto, e considerando que a comunicação entre o consumidor e indústria ocorre através do rótulo do alimento, a análise dos rótulos de biscoitos doces integrais vem alertar para a garantia de que que as informações nutricionais fornecidas pela indústria brasileira estejam de acordo com as normas vigentes, promovendo transparência e segurança ao consumidor.

As legislações RDC 429 de 2020 e RDC 727 de 2022 estabelecem diretrizes específicas para a rotulagem nutricional de alimentos embalados, incluindo requisitos sobre informações obrigatórias, apresentação e clareza dos dados. Assim, avaliar se os rótulos de biscoitos doces integrais atendem a essas normas é essencial para assegurar que os consumidores possam fazer escolhas alimentares conscientes, alinhadas às suas necessidades de saúde e bem-estar. Essa análise contribui não apenas para a fiscalização e aprimoramento das práticas de rotulagem, mas também para a promoção de uma alimentação mais saudável na rotina diária.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que mais de um terço (11/30) dos biscoitos avaliados apresentaram pelo menos uma irregularidade na rotulagem nutricional e que na maioria (5/8) das

marcas avaliadas se verificaram não conformidades. A atenção nestas questões pelos órgãos regulamentadores é primordial para alertar sobre o reforço no treinamento de profissionais e empresas que atestam as informações a constar na rotulagem e para o devido controle de rótulos em conformidade de forma a evitar enganos pelos consumidores no momento da compra.

## REFERÊNCIAS


1. VILCANQUI-PEREZ, Fulgencio; VILCHEZ-PERALES, Carlos. Fibra dietética: novas definições, propriedades funcionais e benefícios para a saúde. Revisão. ALAN, Caracas, v. 67, n. 2, pp. 146-156, jun, 2017. Disponível em: <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222017000200010&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 07 jul. 2025.

2. GOMES, Ana Karolyne Alves; MORAES, Rafael de Oliveira; SILVA, Maria Cláudia. **O consumo das fibras no tratamento da obesidade.** 2020. 18p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2020.

3. BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020. Dispõe sobre a rotulagem nutricional de alimentos embalados. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2020.

4. FALUDI, André Arpad *et al*. Atualização da Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose - 2017. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 109, n. 2, supl. 1, pp. 1-76, ago. 2017.

5. BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 727, de 01 de julho de 2022. Dispõe sobre a rotulagem de alimentos embalados. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2022.

6. BRASIL. Ministério da Saúde. Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020. Dispõe sobre os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2020.

7. BRASIL. Ministério da Saúde. RDC nº 712 de 2022. Dispõe sobre os requisitos de composição e rotulagem dos alimentos contendo cereais e pseudocereais para classificação e identificação como integral e para destaque da presença de ingredientes integrais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2022.

8. BRASIL. Ministério da Saúde. RDC nº RDC nº 263/2005.

9. RABENA, Amanda Ferreira Alves et al. Avaliação da adequação dos rótulos de biscoitos às novas regras de rotulagem da Anvisa: um estudo em Volta Redonda, RJ. **Revista Científica do UBM**, p. 107-121, 2025.

10. FEITOZA, J. V. F.; OLIVEIRA, A. R. G. Avaliação da rotulagem dos alimentos comercializados no município de Apodi – RN. Revista Brasileira de Gestão Ambiental. 2020. 28-32, jan/mar.

11. SILVA, Fabiane Neves et al. Avaliação da rotulagem nutricional e informações obrigatórias em diferentes marcas de biscoitos salgados. In: **CIÊNCIAS AGRÁRIAS: O AVANÇO DA CIÊNCIA NO BRASIL-VOLUME 5**. Editora Científica Digital, 2022. p. 39-48.

12. SILVA, Fabiane Neves et al. Avaliação da rotulagem nutricional e itens obrigatórios em diferentes marcas de biscoitos doces. **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil**, v. 5, 2022.

13. PARISE, Thayla; PITT COSER, Marceli. Biscoitos integrais: legislação pertinente e percepção do consumidor. **Demetra: Food, Nutrition & Health/Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 15, 2020.

14. GONÇALVES, N. A.; CECCHI, P. P.; VIERA, R. M.; SANTOS, M. D. A.; ALMEIDA, T. C. Rotulagem de alimentos e consumidor. Revista Nutrição Brasil, v.14, n.4, 2015

15. ROBERTO, Christina A. et al. The influence of front-of-package nutrition labeling on consumer behavior and product reformulation. **Annual review of nutrition**, v. 41, n. 1, p. 529-550, 2021.

16. LOUZADA, Maria Laura da Costa et al. Consumo de alimentos ultraprocessados no Brasil: distribuição e evolução temporal 2008–2018. **Revista de Saúde Pública**, v. 57, p. 12, 2023.

17. PEREIRA, Jaine da Silva; MEDEIROS, Stella Regina Arcanjo. Rotulagem com declarações de alegações nutricionais: fibra alimentar. **Nutrivisa Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde**, v. 10, n. 1, p. e12002-e12002, 2023.

18. BORRALHO, Ana Isabel; MARCOS, Pedro. Lactose intolerance and malabsorption revisited: exploring the impact and solutions. **GE-Portuguese Journal of Gastroenterology**, 2025.

19. AGÊNCIA SENADO. População não entende rótulos, diz pesquisa. *Senado Federal*, 23 set. 2020. Disponível em: https://www12.senado.leg.br/noticias/especiais/especialcidadania/populacao-nao-entende-rotulos-diz-pesquisa. Acesso em: 15 jul. 2025.

# CADEIA DO FRIO EM PRODUTOS LÁCTEOS: CONSERVAÇÃO, QUALIDADE E RISCOS MICROBIOLÓGICOS

# COLD CHAIN IN DAIRY PRODUCTS: PRESERVATION, QUALITY, AND MICROBIOLOGICAL RISKS

**DOI: 10.65747/conali2025v1c22**

**Tainara de Brito Dourado[1]; Layane de Lima bezerra[2]; Humberto Pessoa de Freitas[3]; Gerla Castello Branco Chinelate[4];**

[1]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos– UFAPE; [2]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos– UFAPE; [3]Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos– UFAPE; [4]Docente/pesquisador do Depto de Engenharia de Alimentos– EAL – UFAPE.

Contato: tainaradourado1@gmail.com

**Resumo:** A cadeia do frio é fundamental para garantir a qualidade e a segurança dos produtos lácteos, que são altamente perecíveis e vulneráveis à contaminação microbiana. A conservação em temperaturas adequadas durante todas as etapas desde a ordenha, transporte, armazenamento até o consumo é indispensável para evitar a deterioração e prolongar a vida útil dos alimentos. Embora a refrigeração não elimine os microrganismos, ela retarda sua multiplicação; no entanto, bactérias psicrotróficas, comuns no leite cru refrigerado, podem se desenvolver em temperaturas abaixo de 7 °C e produzir enzimas termoestáveis que resistem à pasteurização e ao tratamento UHT, comprometendo a qualidade sensorial e tecnológica do leite. Para assegurar a eficácia desse processo, são necessárias boas práticas de fabricação, higienização, transporte e controle rigoroso da temperatura. Estudos mostram que falhas na cadeia do frio, especialmente durante o transporte e armazenamento, aumentam significativamente os riscos de deterioração e perdas. Tecnologias como RFID (Identificação por Rádio Frequência) e redes de sensores sem fio (RSSF) têm sido implementadas para o monitoramento em tempo real das condições térmicas, promovendo maior rastreabilidade, eficiência logística e segurança alimentar. A legislação brasileira, como a Lei Federal nº 1.283/1950, estabelece normas específicas sobre controle térmico no recebimento e estocagem de alimentos. Dessa forma, conclui-se que a manutenção contínua e eficiente da cadeia do frio, associada ao uso de tecnologias modernas e práticas adequadas, é essencial para preservar a qualidade dos produtos lácteos, minimizar perdas e garantir a segurança dos alimentos do campo até o consumidor final.

**Palavras–chave:** Conservação; Controle de qualidade; Laticínio.

**Abstract:** The cold chain is essential to ensure the quality and safety of dairy products, which are highly perishable and vulnerable to microbial contamination. Maintaining adequate temperatures throughout all stages, from milking to transportation and storage, to consumption, is essential to prevent spoilage and extend the shelf life of foods. Although refrigeration does not eliminate microorganisms, it slows their multiplication; however, psychrotrophic bacteria, common in refrigerated raw milk, can develop at temperatures below 7°C and produce heat-stable enzymes that resist pasteurization and UHT treatment, compromising the milk's sensory and technological quality. To ensure the effectiveness of this process, good manufacturing, sanitation, transportation, and strict temperature control practices are required. Studies show that failures in the cold chain, especially

during transportation and storage, significantly increase the risk of spoilage and losses. Technologies such as RFID (Radio Frequency Identification) and wireless sensor networks (WSNs) have been implemented for real-time monitoring of thermal conditions, promoting greater traceability, logistical efficiency, and food safety. Brazilian legislation, such as Federal Law No. 1,283/1950, establishes specific standards for thermal control in the receipt and storage of food. Therefore, it can be concluded that continuous and efficient maintenance of the cold chain, combined with the use of modern technologies and appropriate practices, is essential to preserve the quality of dairy products, minimize losses, and ensure food safety from the farm to the end consumer.

**Keywords:** Conservation; Quality control; Dairy

## INTRODUÇÃO

Os produtos lácteos exigem cuidados específicos de conservação, que variam conforme o processo de fabricação, a validade e a temperatura ideal de armazenamento, conforme determina a legislação vigente. Esses fatores são essenciais para garantir tanto a segurança quanto a qualidade dos alimentos (1). Por serem produtos altamente perecíveis e propensos à contaminação microbiana quando mal armazenados ou processados de forma inadequada, os lácteos representam um risco significativo à saúde pública. A conservação desses alimentos por meio da refrigeração é uma etapa crítica, com impacto direto na segurança alimentar (2).

Durante o armazenamento, é necessário observar diversos cuidados, como o controle rigoroso da temperatura, a circulação do ar, a organização dos produtos dentro das câmaras frias para que ocorra a refrigeração adequada, além da correta identificação e disposição dos itens. A manutenção da cadeia do frio, aliada ao controle de qualidade como no caso da função do BPF (Boas Práticas de Fabricação), é fundamental para preservar as características dos produtos e evitar riscos à saúde dos consumidores (3). A grande parte dos microrganismos presentes na microbiota do leite são psicrotróficos, o que compromete a estabilidade e a qualidade do leite cru mesmo quando refrigerado caso esteja em grande quantidade. Além de representarem um risco à saúde do consumidor, esses microrganismos podem além disso alterar o sabor e reduzir o rendimento na fabricação de produtos lácteos (4 e 5). Essas bactérias têm a capacidade de se desenvolver em temperaturas inferiores a 7 °C, sendo assim consideradas os principais agentes de deterioração tanto do leite cru refrigerado quanto de seus derivados. Sua ação prejudicial está associada à produção de enzimas como proteases, lipases e fosfolipases, que juntas degradam as proteínas e gorduras do leite, comprometendo sua qualidade (6).

Embora a maioria dessas bactérias não sobrevivem ao processo de pasteurização por conta de o processo ser em alta temperatura, muitas das enzimas que produzem são termoestáveis, o que significa que podem resistir a esse tratamento, inclusive aos métodos térmicos mais intensos, como o UHT. A presença dessas enzimas no leite cru representa um desafio para a conservação do leite UHT, especialmente devido à sua estocagem prolongada em temperatura ambiente. As enzimas produzidas por bactérias psicrotróficas também são responsáveis por defeitos sensoriais em produtos lácteos, como por exemplo, alterações indesejadas no sabor e no odor (7, 8 e 9). No Brasil, diversos estudos apontam a presença significativa dessas bactérias no leite cru refrigerado.

No entanto, ainda há uma lacuna de conhecimento sobre a composição específica dessa microbiota, visto que o leite é uma matéria-prima rica em nutrientes, e sobre as características hidrolíticas dos microrganismos presentes (10).

Embora a refrigeração seja uma prática amplamente utilizada para prolongar a vida útil do leite, um fator importante a ser frizado, é que este método não exerce efeito bactericida. Isso ocorre porque as baixas temperaturas não eliminam os microrganismos, mas apenas reduzem sua taxa de multiplicação, retardando a deterioração do produto, ou seja, caso o alimento já esteja contaminado a refrigeração não irá reverter esse quadro, e com sim caso seja consumido um produto desta forma irá pôr em risco a saúde do consumidor (11 e 12). Com isso Brito e Brito (13), destacam a importância de ampliar a vida útil dos produtos lácteos no Brasil, enfatizando a necessidade de reduzir a carga microbiana no leite produzido no país. Segundo os autores, é essencial manter boas práticas de higiene, armazenamento e transporte ao longo de toda a cadeia produtiva. Demonstraram que, sob condições ideais de estocagem com temperatura controlada abaixo de 4 °C, é possível manter a contagem microbiana do leite entre 10.000 e 100.000 UFC/ml.

De acordo com Heidmann et al. (14), o transporte de produtos perecíveis em veículos refrigerados, tanto em trajetos urbanos quanto interurbanos, representa um ponto crítico para a preservação da qualidade. Isso se deve, principalmente, às oscilações de temperatura que ocorrem durante o carregamento, descarregamento e até mesmo ao longo de todo o percurso de transporte. Estimam que cerca de um terço dos alimentos frescos são desperdiçados em razão de condições inadequadas de higiene e conservação durante as etapas de distribuição. Complementando essa perspectiva, ressaltou a importância da implantação de sistemas de gestão voltados para a garantia da qualidade, com foco na segurança dos alimentos e no controle eficaz das doenças de origem alimentar (15 e 16). A complexidade envolvida na logística de produtos perecíveis impõe desafios significativos, entre os quais se destacam o controle da vida útil e a prevenção de falhas na cadeia do frio. Nesse contexto, um dos principais objetivos é assegurar a manutenção contínua da cadeia de refrigeração, desde a produção até o consumo final, a fim de minimizar perdas na qualidade dos alimentos (L17; 18 e 19).

Segundo Ruiz-Garcia et al. (20), os avanços nas tecnologias de sensores sem fio marcaram uma nova etapa no monitoramento logístico, impulsionados pela compactação dos dispositivos, pela evolução da radiofrequência e por melhorias nos circuitos digitais. Essas tecnologias englobam redes de sensores sem fio (RSSF) e sistemas de identificação por radiofrequência (RFID), ambos baseados em dispositivos capazes de detectar e transmitir dados em tempo real, conforme destacado por (21). Com isso este trabalho tem objetivo, de buscar por intermédio de pesquisas evidenciar a importância da cadeia do frio em produtos lácteos, visto que o leite é um alimento altamente nutritivo e de boa qualidade quando apresenta características como baixa carga microbiana e ausência de contaminantes (22).

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa é de forma exploratória onde em determinado período foi catalogado trabalhos dos últimos 28 anos via a utilização de palavras-chaves refrigeração, cadeia do frio e conservação dos alimentos em plataformas de pesquisa que foram às bases de dados como Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); Scientic Eletronic Library Online (Scielo). Sendo que o critério de inclusão foi trabalhos completos disponíveis eletronicamente que abordam temas relacionados à cadeia do frio e lácteos, além de artigos mais específicos sobre refrigeração e congelamento de alimentos, que trouxessem relevância para o estudo em questão, desta forma ao final do fechamento do trabalho tem uma grande diversificação em relação a data dos trabalhos utilizados nesta pesquisa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o Instituto Internacional de Refrigeração, a cadeia do frio consiste no conjunto de etapas que envolvem o armazenamento, conservação, transporte, distribuição e manuseio de produtos sob controle rigoroso de temperatura reduzida (23).

Os métodos de conservação por refrigeração, como o resfriamento e o congelamento, utilizam baixas temperaturas como principal mecanismo para prolongar a vida útil dos alimentos (24). Uma das principais vantagens desse processo é a capacidade de preservar, em grande parte, os valores nutricionais e as características sensoriais dos produtos. No entanto, para garantir a eficácia da conservação, é essencial que as matérias-primas estejam em boas condições antes de serem submetidas ao resfriamento ou congelamento (25). Um dos maiores desafios no armazenamento refrigerado é manter a integridade e a qualidade dos alimentos, sejam crus ou processados. Isso inclui a preservação do sabor, aroma, cor e textura, além da segurança microbiológica. A deterioração causada por falhas na refrigeração pode resultar na proliferação de microrganismos patogênicos e, consequentemente, em riscos à saúde do consumidor, como a ocorrência de intoxicações alimentares (26).

### Resfriamento

Na cadeia produtiva do leite, destacam-se etapas fundamentais como o transporte e o resfriamento do leite cru até sua chegada à indústria. Considerando a alta perecibilidade do leite e de seus derivados, é indispensável manter condições rigorosas de temperatura e refrigeração ao longo de todo o processo. A preservação da cadeia do frio e o controle de qualidade são essenciais para garantir que o produto chegue ao consumidor em condições adequadas de consumo, assegurando tanto sua segurança quanto sua qualidade (27). Os custos relacionados ao transporte do leite desde as propriedades rurais até a indústria são elevados, principalmente devido à dispersão geográfica das unidades produtoras e ao baixo volume de produção individual. Essa

característica evidencia a heterogeneidade da cadeia leiteira, impondo desafios tanto para os produtores quanto para as agroindústrias, que precisam investir em infraestrutura específica como tanques isotérmicos, postos de resfriamento e veículos refrigerados além de realizarem análises rigorosas, como contagens bacterianas, de células somáticas e testes para detecção de resíduos de antibióticos, a fim de garantir a qualidade e segurança do leite (28). O resfriamento imediato do leite logo após a ordenha, por meio de tanques de expansão, tem impacto significativo na sua qualidade. Esse procedimento reduz a ação de bactérias deteriorantes, que, ao fermentar a lactose, produzem ácido lático e elevam a acidez do leite um dos principais problemas enfrentados pelas indústrias de laticínios (29). A elevada carga microbiana pode também comprometer outras propriedades importantes do leite, como o ponto de congelamento (crioscopia), densidade, composição química e características sensoriais (30).

De acordo com as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o leite deve ser resfriado a uma temperatura igual ou inferior a 4 °C em até três horas após o término da ordenha. A temperatura máxima permitida para estocagem do leite cru é de 7 °C, sendo esse controle térmico essencial para a manutenção da qualidade do produto até o processamento industrial (31). A temperatura desempenha um papel fundamental no desenvolvimento microbiano nos alimentos, influenciando diretamente a duração da fase de latência, a taxa de multiplicação dos microrganismos e alterações na composição química e enzimática das células. Esses fatores podem favorecer ou prejudicar o crescimento microbiano nos alimentos, dependendo das condições em que ocorrem (32).

A temperatura também está diretamente relacionada à qualidade higiênico-sanitária e sensorial dos produtos refrigerados, pois impacta a velocidade das reações químicas, bioquímicas e microbiológicas. Quando há falhas na cadeia do frio, essas reações podem ser aceleradas, comprometendo a integridade e a segurança dos alimentos. Por isso, manter a cadeia do frio contínua e eficiente é indispensável para prolongar a vida útil e preservar a qualidade dos produtos perecíveis (33). Embora muitos produtores demonstrem preocupação com a refrigeração do leite, estudos apontam uma negligência recorrente em relação à manutenção dos tanques de expansão. Frequentemente, os investimentos na aquisição desses equipamentos ocorrem por exigência das indústrias de laticínios ou por interesses econômicos, como o aumento do poder de negociação e a redução de custos logísticos. No entanto, em muitos casos, os produtores não recebem orientação técnica adequada sobre o uso e a conservação correta dos tanques, o que compromete sua eficiência (34).

**Sensores**

Segundo Lütjen et al. (35), o conceito de “contêiner inteligente”, baseado na integração de redes de sensores para monitoramento em tempo real, representa uma inovação na gestão do

transporte de produtos perecíveis. Essa tecnologia permite um controle mais preciso das condições ambientais durante o transporte, contribuindo para o aumento da eficiência logística e a redução de perdas ao longo da cadeia de suprimentos.

Os recentes avanços na tecnologia RFID com sensores integrados e funcionalidades de *data logger* têm ampliado significativamente as possibilidades de aplicação no setor de alimentos, especialmente em cadeias que lidam com produtos de curta vida útil (36). A tecnologia de identificação por radiofrequência possibilita o reconhecimento automático da presença do produto e o monitoramento de suas condições de exposição, o que aumenta a confiabilidade das informações e facilita o compartilhamento de dados entre todos os agentes envolvidos na cadeia logística (37). O RFID funciona como um chip com capacidade de armazenar e transmitir dados por meio de ondas eletromagnéticas, utilizando um circuito integrado específico para essa finalidade. As redes de sensores sem fio (RSSF) normalmente operam na faixa de 2,4 GHz, (42). Essa frequência oferece diversas vantagens, como maior largura de banda (83 MHz), uso de antenas compactas e a ampla disponibilidade de sensores de rádio compatíveis com o padrão IEEE 802.15.4. Para aplicações externas ou em ambientes construídos, uma potência de transmissão de apenas 1,0 mW é suficiente para alcançar distâncias de transmissão entre 10 e 100 metros. No entanto, a propagação do sinal pode ser significativamente comprometida em ambientes com presença de alimentos com alto teor de umidade, o que dificulta a transmissão dos dados (38).

De acordo com Ogasawara e Yamasaki (39), a aplicação de etiquetas RFID equipadas com sensores de temperatura no contexto da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) na cadeia do frio possibilita um gerenciamento mais eficaz dos riscos relacionados à temperatura durante o transporte de alimentos. Essa abordagem permite maior controle e segurança ao longo de toda a cadeia logística. Os avanços na integração de sensores com a tecnologia RFID têm ampliado consideravelmente as possibilidades de rastreabilidade na cadeia alimentar, sobretudo em produtos perecíveis (36). Nesse sentido, Cuiñas et al. (40) realizaram estudos com projetos-piloto para avaliar a aplicação de redes de sensores em diferentes segmentos da indústria alimentícia, incluindo vinhos, pescados e carnes. Os resultados demonstraram que essa tecnologia é capaz de oferecer um fluxo contínuo de informações entre os agentes da cadeia produtiva, além de permitir o monitoramento eficaz de parâmetros críticos de conservação. Os autores ainda estimam que o retorno sobre o investimento ocorra em médio prazo, entre quatro e cinco anos.

Lang et al. (41) destacam que a implementação de redes de sensores sem fio (RSSF) em contêineres refrigerados, aliada a modelos de estimativa da vida útil de frutas, viabiliza uma nova abordagem de gestão logística: o modelo dinâmico *First Expire, First Out* (FEFO). Esse sistema prioriza a distribuição dos produtos com menor tempo de prateleira restante, otimizando o fluxo de mercadorias e reduzindo perdas por vencimento.

Um exemplo prático da aplicação desta tecnologia ocorreu na Rede de Supermercados Shuitema, na Holanda, que em 2007 iniciou o monitoramento da temperatura de hortaliças desde a produção

agrícola até o ponto de venda. Diante dos resultados positivos, o projeto foi expandido para toda a rede e aplicado a todos os fornecedores. Foram utilizadas etiquetas RFID com padrão EPC Gen 2 UHF (42). A Lei Federal nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, que trata da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, estabelece diretrizes fundamentais para o controle de temperatura no recebimento e armazenamento de alimentos.

Segundo o **Artigo 21**, ao receber matérias-primas, ingredientes ou alimentos industrializados e prontos para consumo que demandem condições específicas de armazenamento, é obrigatório verificar e registrar a temperatura desses produtos em uma tabela específica. Conforme o §1º, os alimentos congelados devem ser recebidos com temperatura igual ou inferior a **–12 °C**, ou conforme a recomendação do fabricante. Já os alimentos refrigerados, de acordo com o §4º, devem ser entregues com temperatura entre **0 °C e 10 °C**, salvo indicação diferente do fabricante.

O **Artigo 28** da mesma lei orienta que produtos destinados à refrigeração sejam embalados de modo a permitir que o frio alcance adequadamente o centro do alimento. No armazenamento de diferentes categorias de alimentos no mesmo equipamento, deve-se respeitar a organização por risco de contaminação: alimentos prontos para o consumo devem ficar nas prateleiras superiores, alimentos preparados nas intermediárias e produtos crus nas inferiores sempre separados entre si. Além disso, os expositores devem ser ajustados para manter as temperaturas mais adequadas aos alimentos que exigem maior controle térmico.

## CONCLUSÕES

Desta forma, com base na pesquisa realizada, constata-se a importância da necessidade de manter a cadeia do frio. Em se tratando especificamente em relação a produtos lácteos, que tendo em vista sua composição são alimentos propícios a uma deterioração mais rápida, com isso a utilização de métodos de conservação e higienização aplicados de forma eficaz, controlada e constante se faz a perpetuação de produtos em bom estado de consumo. Além de produtos de origem animal, pode-se citar produtos hortifrutis, que requerem uma apresentação mais visual e desta maneira, a cadeia do frio é crucial para a boa conversação e diminuição de perdas. Assim, conclui-se a relevância do estudo acerca deste tema indústria e comércio em relação a constatação da importância e melhoramento contínuo na produção de alimentos deste a matéria-prima até a mesa do consumidor.

## REFERÊNCIAS

1. DA CRUZ, Andrea Viana et al. Perfil sociodemográfico e percepção dos consumidores sobre a segurança alimentar de produtos lácteos de origem bubalina em municípios do

arquipélago do Marajó, Estado do Pará. **Veterinária e Zootecnia**, v. 27, p. 1-14, 2020. Disponível em: https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/article/view/470 Acesso em: 20/05/2025.
2. ROCHA, Altino. Conservação dos produtos ao longo do tempo-Respostas da indústria de refrigeração. **publicação na Revista nº4 "Segurança e qualidade alimentar**, 2008.
3. SPAGNOL, W. A. et al. Monitoring the cold chain: new technologies and recent advances. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. e2016069, 2018.
4. NÖRNBERG, Maria de Fátima Barros Leal; TONDO, Eduardo César; BRANDELLI, Adriano. Bactérias psicrotróficas e atividade proteolítica no leite cru refrigerado. **Acta scientiae veterinariae**, v. 37, n. 2, p. 157-163, 2009. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/2890/289021830007.pdf Acesso em: 07/05/2025.
5. SILVA, L. C. C.; BELOTI, V.; TAMANINI, R.; D`OVIDIO, L.; MATTOS, M. R.; ARRUDA, A. M. C. T.; PIRES, E. M. F. Rastreamento de fontes da contaminação microbiológica do leite cru durante a ordenha em propriedades leiteiras do Agreste Pernambucano. Semina: Ciências Agrárias, v. 32, n. 1, p. 267-276, 2011. http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n1p267 Acesso em: 20/05/2025.
6. FRANK, J.F. et al. Tests for groups of microrganisms. In: MARSHALL, R.T. (Ed.). Standard methods for the examination of dairy products. 16.ed. Washington: American Public Health Association, 1992. p.271-286.
7. CHAMPAGNE, Claude P. et al. Psychrotrophs in dairy products: their effects and their control. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 34, n. 1, p. 1-30, 1994. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408399409527648 Acesso em: 10/05/2025.
8. SØRHAUG, T.; STEPANIAK, L. Psychrotrophs and their enzymes in milk and dairy products: quality aspects. **Trends in Food Science & Technology**, v. 8, n. 2, p. 35-41, 1997. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224497010066 Acesso em: 20/05/2025.
9. CHEN, L. D. R. M.; DANIEL, Roy M.; COOLBEAR, Tim. Detection and impact of protease and lipase activities in milk and milk powders. **International dairy journal**, v. 13, n. 4, p. 255-275, 2003. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694602001711 Acesso em: 11/05/2025.
10. SOUZA, M. R. et al. Avaliação da qualidade do leite resfriado, estocado em propriedades rurais por 48 horas e recebido por uma indústria de laticínios. In: **Congresso Nacional de Laticínios**. 1999. p. 238-241.
11. PALUDETTI, Lizandra F. et al. The effect of different precooling rates and cold storage on milk microbiological quality and composition. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 3, p. 1921-1929, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030218300171 Acesso em: 07/05/2025.
12. MORAES, Natália Rodrigues. Avaliação da temperatura de gôndolas de produtos de origem animal dos supermercados da cidade de Formiga-MG. 2013.
13. BRITO, M. A. V. P.; BRITO, J. R. F.; PORTUGAL, J. A. B. Identificação de contaminantes bacterianos no leite cru de tanques de refrigeração. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 57, n. 327, p. 83-88, 2002.
14. HEIDMANN, Nils et al. A low-power wireless UHF/LF sensor network with web-based remote supervision—Implementation in the intelligent container. In: **SENSORS, 2013 IEEE**. IEEE, 2013. p. 1-4. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6688422/ Acesso em: 20/05/2025.
15. TINGMAN, Wang; JIAN, Zhang; XIAOSHUAN, Zhang. Fish product quality evaluation based on temperature monitoring in cold chain. **African journal of biotechnology**, v. 9, n. 37, p. 6146-6151, 2010. Disponível em: https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/92214 Acesso em: 20/05/2025.

16. BRANDÃO, S. C. Segurança alimentar com foco no consumidor final. **Sustentabilidade da pecuária de leite no Brasil: qualidade e segurança alimentar. Juiz de Fora: Embrapa**, p. 39-46, 2001.
17. LÜTJEN, Michael; DITTMER, Patrick; VEIGT, Marius. Quality driven distribution of intelligent containers in cold chain logistics networks. **Production Engineering**, v. 7, p. 291-297, 2013. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11740-012-0433-3 Acesso em: 07/05/2025.
18. CUIÑAS, I.; NEWMAN, R.; TREBAR, M.; CATARINUCCI, L.; MELCON, A. A. RFID-based traceability along the food-production chain. IEEE Antennas & Propagation Magazine, v. 56, n. 2, p. 196-207, 2014
19. RIZZO, Francesco et al. Improved security for commercial container transports using an innovative active RFID system. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 34, n. 3, p. 846-852, 2011. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1084804510000809 Acesso em: 20/05/2025.
20. RUIZ-GARCIA, Luis; LUNADEI, Loredana. The role of RFID in agriculture: Applications, limitations and challenges. **Computers and electronics in agriculture**, v. 79, n. 1, p. 42-50, 2011. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169911001876 Acesso em: 16/05/2025.
21. EDERMANN, Reiner et al. Reducing food losses by intelligent food logistics. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 372, n. 2017, p. 20130302, 2014. Disponível em: https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rsta.2013.0302 Acesso em: 10/05/2025.
22. REIS, Karla Terezinha M. Gollner et al. Qualidade microbiológica do leite cru e pasteurizado produzido no Brasil: revisão. **Journal of Health Sciences**, 2013. Disponível em: https://journalhealthscience.pgsscogna.com.br/JHealthSci/article/view/591 Acesso em: 01/06/2025.
23. INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION – IIR.Temperature indicators and time-temperature integrators: 3rd informatory note on refrigeration and food. Paris, 2004. 3 p.
24. EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Agronegócio do Leite:
Composição, 2021. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/compo-sicao_leite/AG01_128_21720039243.html>. Acesso em: 10/05/2025.
25. INOVADORA. Sistema de Segurança Alimentar-HACCP. Documento Interno da Empresa. 20pp. 2009.
26. FREIRE, C. E. C. A. et al. Avaliação sazonal da temperatura de iogurtes comercializados em um hipermercado de um município da Baixada Santista/SP/Seasonal evaluation of the temperature of yoghurts sold in a hypermarket in a municipality in Baixada Santista/SP. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 4, p. 43454-43464, 2021.
27. AGAPITO, Naraiana; PRUDÊNCIO, Elane Schwinden. Processo de armazenamento, transporte e distribuição de produtos em uma indústria de laticínios. **XXVIII Encontro nacional de engenharia de produção A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, RJ, Brasil**, v. 13, 2008. Disponível em: https://www.academia.edu/download/38251027/enegep2008_TN_STO_069_492_11188.pdf Acesso em: 01/06/2025.
28. FILIPPSEN LAERTE, Francisco. Cadeia productiva do leite: prospecçao de demandas tecnológicas do agronegócio paranaense. Disponível em: https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-TEST:31960/Description Acesso em: 23/05/2025.

29. COSTA, Fabiana Ferreira Da. Interferência de práticas de manejo na Qualidade microbiológica do leite produzido em propriedades rurais familiares. 2006. Disponível em: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-8788 Acesso em: 18/05/2025.
30. ECKSTEIN, I. I.; POZZA, M. S. S.; TSUTSUMI, C. Y.; POZZA, P. C.; SABEDOT, M. A.; WOBETO, J. R. Composição e qualidade do leite em diferentes tipos e tempos de resfriamento. Archives of Veterinary Science, v. 18, n. 4, p. 46-56, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.5380/avs.v18i4.29106 Acesso em:17/05/2025.
31. BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 62, de 29 de dezembro de 2011. Altera a Instrução Normativa n° 51, de 18 de setembro de 2002. Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, Leite Cru Refrigerado, Leite Pasteurizado e Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. Diário Oficial da União, Brasília, 29/12/2011, 2011.
32. SADHU, Sumita Paul. Effect of cold chain interruptions on the shelf-life of fluid pasteurised skim milk at the consumer stage. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. e2017064, 2018.
33. de Freitas PEREIRA, V., Doria, E. C. B., Júnior, B. D. C. C., de Camargo NEVES FILHO, L., & Júnior, V. S. (2010). Avaliação de temperaturas em câmaras frigoríficas de transporte urbano de alimentos resfriados e congelados. *Ciência e tecnologia de alimentos*, *30*(1), 158-165. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/3959/395940099024.pdf Acesso em:06/05/2025.
34. Melo, A. D. S., & Reis, R. P. (2007). Tanques de expansão e resfriamento de leite como alternativa de desenvolvimento regional para produtores familiares. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, *9*(1), 111-122. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/878/87890109.pdf Acesso em: 06/05/2025.
35. Lütjen, M., Dittmer, P., & Veigt, M. (2013). Quality driven distribution of intelligent containers in cold chain logistics networks. *Production Engineering*, *7*, 291-297. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11740-012-0433-3 Acesso em: 10/06/2025.
36. Badia-Melis, R., Mishra, P., & Ruiz-García, L. (2015). Food traceability: New trends and recent advances. A review. *Food control*, *57*, 393-401. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713515002698 Acesso em: 10/06/2025.
37. Zhang, M., & Li, P. (2012). RFID application strategy in agri-food supply chain based on safety and benefit analysis. *Physics Procedia*, *25*, 636-642. Disponível em:https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875389212005536 Acesso em: 02/06/2025.
38. Gao, J. (2011). *Intelligent and interactive package based on RFID and WSN* (Doctoral dissertation, KTH Royal Institute of Technology). Disponível em: https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:461338 Acesso em: 02/06/2025.
39. Ogasawara, A., & Yamasaki, K. (2006). A temperature-managed traceability system using RFID tags with embedded temperature sensors. *NEC technical journal*, *1*(2), 82-86.
40. CUIÑAS, I.; NEWMAN, R.; TREBAR, M.; CATARINUCCI, L.; MELCON, A. A. RFID-based traceability along the food-production chain. IEEE Antennas & Propagation Magazine, v. 56, n. 2, p. 196-207, 2014. http://dx.doi.org/10.1109/MAP.2014.6837090.
41. Lang, W., Jedermann, R., Mrugala, D., Jabbari, A., Krieg-Brückner, B., & Schill, K. (2010). The “intelligent container”—a cognitive sensor network for transport management. *IEEE Sensors Journal*, *11*(3), 688-698. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5582153/ Acesso em: 10/06/2025.
42. Swedberg, C. (2007). Schuitema ponders future of fresh-chain pilot. *RFID Journal, December*, *10*.

# CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE PRODUTOS DERIVADOS DA AMÊNDOA DO LICURI (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.)

# PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF PRODUCTS DERIVED FROM LICURI ALMOND (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.)

**DOI: 10.65747/conali2025v1c23**

**Pedro César Andrade do Nascimento[1]; Marcela Sarmento Valencia[2]; Carla Fabiana da Silva[3]; Márcia Vanusa Silva[4]; Jenyffer Medeiros Campos Guerra[5]**

[1]Pesquisador do Departamento de Nutrição – CCS – UFPE; [2]Docente/pesquisador do Núcleo de Nutrição – CAV – UFPE; [3]Engenheira de Alimentos/ pesquisador do Departamento de Engenharia Química – DEQ – UFPE; [4] Docente/ pesquisador do Departamento de Bioquímica- CB- UFPE; [5]Docente/pesquisador do Departamento de Engenharia Química – DEQ – UFPE;

Contato: pedro.cesarn@ufpe.br;

**Resumo**: O licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) é um fruto nativo do Bioma Caatinga, cuja amêndoa possui elevado valor nutricional e potencial funcional, despertando crescente interesse na formulação de novos alimentos sustentáveis. Este trabalho teve como objetivo caracterizar físico-quimicamente três produtos alimentícios elaborados a partir da amêndoa do licuri: amêndoa *in natura*, amêndoa com sal e amêndoa com cobertura de rapadura. As análises incluíram composição centesimal (umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibras e carboidratos) e parâmetros físico-químicos (pH, acidez titulável e atividade de água). Os produtos apresentaram baixa umidade (1,58–2,98 %) e atividade de água inferior a 0,60, o que indica certa estabilidade microbiológica. Os teores de lipídeos variaram entre 50,97 % e 75,64 %, superiores aos de diversas oleaginosas brasileiras, destacando o perfil lipídico da amêndoa de licuri. Os teores de proteína variaram entre 7,52 % e 9,14 %, não sendo caracterizados como fontes deste macronutriente. Embora os produtos não atendam aos critérios legais para alegação de “fonte de fibras” em porções de 15 g, apresentaram teores relevantes para a dieta. Os dados obtidos reforçam o valor nutricional e tecnológico da amêndoa de licuri e sua viabilidade como ingrediente funcional em formulações regionais, com potencial de aproveitamento integral do fruto e valorização da sociobiodiversidade da Caatinga.

**Palavras-chave**: amêndoas; análise físico-química; licuri; produtos alimentícios

**Abstract**: Licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) is a fruit native to the Caatinga biome. Its almonds have high nutritional value and functional potential, sparking growing interest in the formulation of new sustainable foods. This study aimed to physicochemical characterize three food products made from licuri almonds: in natura almonds, salted almonds, and brown sugar-coated almonds. Analyses included proximate composition; (moisture, ash, protein, lipid, fiber, and carbohydrates) and physicochemical parameters (pH, titratable acidity, and water activity). The products presented low moisture content (1.58–2.98%) and water activity below 0.60, indicating some microbiological stability. Lipid contents ranged from 50.97% to 75.64%, higher than those of several Brazilian oilseeds, highlighting the lipid profile of licuri almonds. Protein levels ranged from 7.52% to 9.14%, not being considered sources of this macronutrient. Although the products do not meet the legal

criteria for a "source of fiber" claim in 15g servings, they presented levels relevant to a healthy diet. The data obtained reinforce the nutritional and technological value of licuri almonds and their viability as a functional ingredient in regional formulations, with the potential for fully utilizing the fruit and enhancing the sociobiodiversity of the Caatinga.

**Keywords**: almonds; physicochemical analysis; licuri; food products

## INTRODUÇÃO

O licuri (Syagrus coronata (Mart.) Becc.), também conhecido como “ouricuri” ou “aricuri”, é o fruto do licurizeiro, uma palmeira nativa distribuída desde o norte de Minas Gerais até Pernambuco. Considerada uma espécie-chave do bioma Caatinga, essa palmeira apresenta frutificação prolongada, mesmo em períodos de estiagem, desempenhando papel ecológico relevante na oferta de alimentos para a fauna e as comunidades locais (1). Seus frutos medem aproximadamente 2 cm, possuem formato oval e contêm uma polpa aquosa que se torna firme à medida que amadurece, originando a amêndoa comestível (2).

Diversas partes do licurizeiro são aproveitadas pelas comunidades locais. As folhas são utilizadas na produção de artesanato; a polpa integra doces, sobremesas à base de coco, biscoitos e sorvetes; e as amêndoas são consumidas in natura, caramelizadas ou processadas para obtenção de extrato hidrossolúvel (“leite vegetal”) e óleo, este último amplamente empregado na culinária e em práticas tradicionais (3). O coproduto da extração do óleo – a torta desengordurada – pode ser convertido em farinha e utilizado em formulações alimentícias diversas, valorizadas pelo sabor e valor nutricional (4, 5).

O licuri também representa uma importante fonte de renda e segurança alimentar para populações tradicionais do semiárido, que realizam o extrativismo sustentável do fruto e seu processamento artesanal. A comercialização de alimentos e artesanatos derivados contribui para a preservação do modo de vida local e a valorização de saberes tradicionais, ao mesmo tempo em que fortalece iniciativas de economia solidária (6).

Além de seu uso tradicional, o licuri tem despertado crescente interesse da ciência e da indústria alimentícia devido ao seu perfil nutricional e funcional, revelando-se uma matéria-prima promissora para o desenvolvimento de novos alimentos (7). Estudos recentes demonstram sua aplicação na formulação de biscoitos (8), barras de cereais (9), pastas oleaginosas (10), bebidas fermentadas (11) e sobremesas veganas (12), reforçando seu potencial de inserção em mercados de produtos saudáveis e sustentáveis. Subprodutos como o óleo e a farinha desengordurada também vêm sendo estudados em formulações plant-based, ampliando as possibilidades de aproveitamento integral do fruto.

O óleo de licuri apresenta um perfil lipídico expressivo, com destaque para a presença de ácidos graxos de cadeia média e longa associados a propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas (5, 10, 11) . A torta resultante da extração é rica em fibras e proteínas (11,5 g/100 g), apresenta valor energético relevante (240 kcal/100 g) e vem sendo empregada em formulações com alta densidade nutricional. Sua conversão em farinha representa uma estratégia eficiente para o desenvolvimento de produtos com perfil funcional e sustentável, contribuindo para o aproveitamento integral do fruto e para a redução de resíduos agroindustriais (3, 5).

Tais características ampliam o interesse pelo uso das amêndoas na formulação de alimentos com perfil nutricional relevante. Além disso, a versatilidade tecnológica das amêndoas permite sua incorporação em diferentes matrizes alimentares, tanto *in natura* quanto após processos de extração ou transformação, o que reforça seu potencial para o desenvolvimento de novos produtos voltados à saúde e à sustentabilidade (3).

Outro ponto crítico é a superficialidade com que a sustentabilidade tem sido tratada na indústria de alimentos. Ainda que conceitos como reaproveitamento de resíduos e economia circular estejam cada vez mais presentes no discurso institucional e nas estratégias de marketing corporativo, sua efetiva implementação esbarra em obstáculos estruturais. Entre os principais entraves estão a ausência de incentivos econômicos concretos, a limitada capacidade tecnológica das empresas, especialmente de pequeno e médio porte, e a desarticulação entre os elos da cadeia produtiva (1,13). Esses fatores dificultam a consolidação de modelos produtivos verdadeiramente circulares, perpetuando práticas lineares de produção e consumo.

Diante desse panorama, o presente estudo tem como objetivo realizar a caracterização físico-química de três formulações alimentícias derivadas da amêndoa do licuri, buscando compreender os efeitos da adição de diferentes ingredientes sobre seus parâmetros nutricionais. Os dados obtidos contribuem para o fortalecimento do conhecimento técnico-científico sobre o potencial das amêndoas de licuri como ingrediente alimentar estratégico, além de promover a valorização dos recursos do Bioma Caatinga no contexto da inovação e do desenvolvimento de novos produtos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material

As análises descritas a seguir foram conduzidas no Laboratório de Origem Animal – Carnes, do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ – UFPE). Foram analisados três produtos derivados da amêndoa do licuri, fornecidos pela Cooperativa de Produção da Região do Piemonte da Diamantina (COOPES), localizada em Capim

Grosso, Bahia, Brasil. O primeiro produto era composto exclusivamente por amêndoas de licuri *in natura*. O segundo apresentava amêndoas com adição de sal de cozinha (NaCl). O terceiro produto consistia em amêndoas caramelizadas com cobertura de rapadura, contendo, além da amêndoa, açúcar mascavo não refinado, característico da rapadura artesanal.

## Métodos

Foram realizadas análises físico-químicas para a caracterização dos produtos, abrangendo a composição centesimal (umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibras alimentares e carboidratos totais) e os parâmetros tecnológicos (pH, acidez titulável e atividade de água). As determinações seguiram os protocolos oficiais descritos pela Association of Official Analytical Chemists (30). Todas as análises foram conduzidas em triplicata e os dados foram tratados estatisticamente por meio do cálculo da média aritmética e do desvio-padrão.

### *Umidade*

A determinação da umidade foi realizada por secagem em estufa a 105 °C por 24 horas, conforme método gravimétrico. Amostras de aproximadamente 1,5 g foram pesadas em balança analítica, submetidas à secagem (estufa TECNAL-393/I), resfriadas em dessecador por 30 minutos e, em seguida, novamente pesadas para cálculo da perda de massa.

### *Cinzas*

O teor de cinzas foi determinado por calcinação de aproximadamente 1,5 g da amostra em mufla a 550 °C por cerca de 6 horas, até a obtenção de cinzas de coloração branco-acinzentada. Após o resfriamento em dessecador até temperatura ambiente, foi realizado o cálculo da porcentagem de cinzas com base na massa residual.

### *Proteínas*

O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl, a partir de 0,5 g da amostra, com quantificação do nitrogênio total e aplicação do fator de conversão 5,75, conforme a RDC nº 360/2003 para proteínas de origem vegetal. Os resultados foram expressos em g/100 g de amostra.

### *Lipídeos*

O teor de lipídios foi determinado por extração contínua em aparelho de Soxhlet, utilizando éter etílico como solvente. Foram utilizados aproximadamente 1 g de amostra, submetidos à extração por 4 horas.

### *Carboidratos*

O teor de carboidratos foi calculado por diferença, através da Equação 1.

$$CH\ (\%) = 100 - U - C - PTN - FB - LIP \qquad \text{Eq. 1}$$

Onde CH (%) = percentual de carboidrato U = umidade, C = cinzas, PTN = proteína, FB = fibra alimentar total e LIP = lipídeo.

*Fibras alimentares*

O teor de fibras solúveis e insolúveis foi determinado pelo método enzimático- gravimétrico, com amostras previamente secas, peneiradas e desengorduradas quando necessário. O processo envolveu digestões sequenciais com α-amilase (pH 6,0), protease (pH 7,5) e amiloglucosidase (pH 4,0–4,6), para remoção de amido e proteínas. Os resíduos fibrosos obtidos ao final foram quantificados gravimetricamente.

*Valor energético total*

O valor calórico total (VCT) da farinha foi calculado através dos dados de conversão de carboidratos (4 kcal), proteínas (4 kcal) e lipídios (9 kcal), seguindo a Equação 2.

$$VET = (PTN \times 4) + (CH \times 4) + (LIP \times 9) \qquad \text{Eq. 2}$$

Onde PTN = proteína, CH = carboidrato e LIP = lipídeo. Após a realização da conversão, foi elaborada a tabela de informação nutricional para 100 g do produto.

*pH e acidez titulável*

Para determinação do pH, 5 g da amostra foram homogeneizados em 50 mL de água destilada, e a leitura foi realizada em potenciômetro digital (Bel® - PHS-3BW) previamente calibrado com soluções tampão (pH 4,0 a 7,0). A acidez titulável total foi obtida por titulação de aproximadamente 1 g da amostra diluída em água destilada, utilizando fenolftaleína como indicador e solução de NaOH 0,1 mol/L como titulante, com resultados expressos em ácido cítrico equivalente.

*Atividade de água*

A atividade de água (Aw) foi determinada por medida direta com analisador de Aw (Labtouch, Novasina) a temperatura ambiente de aproximadamente 28°C.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, estão apresentados os rótulos originais de três produtos alimentícios derivados do licuri: licuri sem sal, licuri com sal e licuri com rapadura, produzidos e comercializados por uma cooperativa localizada no semiárido nordestino.

Figura 1 – Rótulos dos produtos alimentícios derivados da amêndoa de licuri: (A) amêndoa de licuri sem sal; (B) amêndoa de licuri com rapadura; (C) amêndoa de licuri com sal.

Fonte: Autores, 2025

Os dados apresentados na Tabela 1 referem-se à caracterização físico-química dos produtos analisados.

Tabela 1 – Composição centesimal e propriedades físico-químicas de três produtos alimentícios derivados do licuri (*Syagrus coronata*)

| **Parâmetros** | **Licuri sem sal** | **Licuri com sal** | **Licuri com rapadura** |
|---|---|---|---|
| Umidade (%) | 2,25 ± 0,04 | 1,58 ± 0,05 | 2,98 ± 0,11 |
| Cinzas (%) | 1,88 ± 0,05 | 2,69 ± 0,28 | 2,05 ± 0,05 |
| Proteínas (%) | 9,14 ± 0,06 | 8,84 ± 0,11 | 7,52 ± 0,13 |
| Lipídeos (%) | 75,37 ± 3,19 | 75,64 ± 1,01 | 50,97 ± 3,93 |
| Fibra Alimentar (%) | 5,58 ± 0,04 | 6,10 ± 0,01 | 5,11 ± 0,01 |
| Carboidratos (%) | 11,37 ± 3,19 | 11,25 ± 1,38 | 40,24 ± 4,71 |
| Valor Energético (Kcal/100 g) | 745,47 | 694,84 | 639,54 |
| Sódio (mg/100 g) | 0,57 ± 0,17 | 6,56 ± 0,35 | 0,63 ± 0,16 |
| pH | 5,47 ± 0,08 | 5,37 ± 0,08 | 5,23 ± 0,09 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Acidez | 0,23 ± 0,01 | 0,17 ± 0,01 | 0,62 ± 0,02 |
| Atividade de água (Aw) | 0,60 ± 0,02 | 0,58 ± 0,02 | 0,60 ± 0,01 |

Fonte: Autores, 2025

Os valores de umidade foram considerados baixos (1,58-2,98 %), condição ideal para garantir a estabilidade físico-química e microbiológica dos produtos, conforme apontado por Melo et al. (14). Comparativamente, esses valores estão próximos aos observados em outras sementes e amêndoas com elevado teor lipídico, como o baru (*Dipteryx alata*), com umidade entre 2 e 4 % (15), a castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*), com cerca de 3,5 % (16), e o babaçu (*Orbignya phalerata*), com valores entre 4 e 5 % (17).

Entre os produtos à base de licuri estudados, o maior teor de umidade foi observado na formulação com adição de rapadura (2,98 %). Esse resultado pode ser atribuído à própria natureza higroscópica da rapadura, cujos teores de umidade variam entre 5 % e 9 %, conforme descrito por Andrade et al. (18), o que favorece a retenção de água no produto. Em contraste, o menor teor de umidade foi verificado no licuri com sal (1,58 %), possivelmente em função do efeito desidratante do cloreto de sódio, que contribui para a redução da atividade de água e, consequentemente, para a conservação de alimentos secos (19).

Em relação ao teor de cinzas, os produtos com adição de sal e rapadura apresentaram valores mais elevados (2,69 e 2,05 %, respectivamente), quando comparados ao produto composto exclusivamente por amêndoas de licuri (1,88 %). Esse incremento está associado à incorporação de ingredientes ricos em minerais. A rapadura, por exemplo, é fonte significativa de potássio, cálcio, magnésio e ferro, contribuindo substancialmente para o aumento do teor de cinzas (20). De forma semelhante, a adição de cloreto de sódio (NaCl) eleva o conteúdo mineral total, sendo o principal fator responsável pelo maior teor de cinzas no produto com sal.

Os teores de proteína variaram de 7,52 % (licuri com rapadura) a 9,14 % (licuri sem sal), sendo compatíveis com os valores observados em sementes de buriti (*Mauritia flexuosa*), porém inferiores aos teores presentes na castanha de baru e na amêndoa (*Prunus dulcis*) (13). De acordo com a Instrução Normativa nº 75/2020 da Anvisa (21), produtos com teor proteico inferior a 10% não podem ser classificados como fontes de proteína.

No que diz respeito ao teor de lipídeos, os produtos “sem sal” e “com sal” apresentaram valores superiores aos de diversas oleaginosas amplamente consumidas no Brasil, como a castanha-do-Brasil (67 %), a castanha de caju (*Anacardium occidentale*) (46 %) e o baru (50 %) (15, 19). Os teores lipídicos do licuri são comparáveis aos de outras palmeiras, como o coco (*Cocos nucifera*), com 65 % a 70 % de lipídeos (22), e o babaçu, cujo teor varia entre 60 % e 70%, ambos com perfis lipídicos semelhantes aos do licuri (TBCA, 2024). O produto com rapadura

apresentou menor teor lipídico (50,93 %) em relação às demais formulações (com e sem sal), o que se deve à menor proporção de amêndoa de licuri por 100 g de produto. A adição da cobertura de rapadura aumenta o peso final da porção, reduzindo, proporcionalmente, a contribuição lipídica da amêndoa. Essa modificação também resulta em maior teor de carboidratos totais, uma vez que a rapadura é majoritariamente composta por açúcares (18).

Os teores de fibras nos produtos variaram de 5,11 % a 6,10 %. Esses valores são comparáveis aos encontrados em outras oleaginosas, como a castanha-do-Brasil (8 %) e o coco ralado seco (6 %) (16). Embora os teores de fibra observados não atendam ao critério para alegação de “fonte de fibras” em porções de 15 g (quantidade aproximada de consumo indicada nos rótulos), conforme a Instrução Normativa nº 75/2020 da Anvisa (21), que exige no mínimo 2,5 g de fibras por porção (10% do VDR), os produtos ainda representam uma contribuição nutricional relevante para a dieta, especialmente quando inseridos em um contexto alimentar diversificado. A presença de fibras é um diferencial positivo, pois contribui para o aumento da saciedade, controle glicêmico e manutenção da saúde intestinal (23, 24).

O valor energético dos produtos foi elevado, variando entre 639,54 e 745,47 kcal/100 g, o que os torna comparáveis a outras oleaginosas ricas em lipídeos, como o coco seco (660 kcal/100 g), a macadâmia (*Macadamia integrifolia*) (718 kcal/100 g) e o baru (646 kcal/100 g) (25). Em relação ao sódio, o produto com sal apresentou valor de 6,56 mg/100 g, quantidade considerada bastante baixa. De acordo com a legislação vigente para rotulagem nutricional frontal, regulamentada pela Instrução Normativa nº 75/2020 da Anvisa, alimentos sólidos só recebem a indicação de “alto teor de sódio” quando apresentam valores superiores a 600 mg de sódio por 100 g de produto (21). Assim, a formulação com adição de sal permanece com um teor muito abaixo desse limite, o que representa aspecto nutricionalmente favorável e reforça a adequação do produto para diferentes públicos consumidores.

Os parâmetros físico-químicos avaliados – pH, acidez titulável e atividade de água – apresentaram-se dentro dos padrões esperados para alimentos secos e tecnologicamente estáveis. Verificou-se uma correlação entre os valores mais elevados de pH e os menores valores de acidez, associados a baixos níveis de atividade de água (≤ 0,60), condição que dificulta o crescimento de microrganismos. De acordo com Jay et al. (26), valores de

atividade de água abaixo de 0,60 são insuficientes para sustentar o desenvolvimento de bactérias, fungos e leveduras, conferindo segurança microbiológica aos produtos.

Estudos no campo das embalagens destacam a importância de barreiras eficazes à entrada de oxigênio, luz e umidade, especialmente em alimentos com elevado teor lipídico, como os produtos à base de licuri. A proteção contra a oxidação lipídica é essencial para prolongar a estabilidade físico-química e microbiológica durante o armazenamento, retardando reações de peroxidação e alterações sensoriais (27,28). Evidências indicam que o uso de embalagens com propriedades de barreira adequadas pode minimizar perdas de lipídeos e preservar a qualidade sensorial por até 12 meses (29). Assim, recomenda- se a utilização de embalagens opacas, herméticas e com barreira ao oxigênio, como é o caso das embalagens dos produtos analisados (Figura 1).

Todas essas características tornam os produtos de licuri relevantes do ponto de vista energético e nutricional, sobretudo em contextos de insegurança alimentar, onde alimentos com alta densidade calórica e nutritiva são valorizados (10). Embora o licuri seja tradicionalmente utilizado para extração de óleo, este fruto apresenta potencial para uso integral na alimentação humana. Sua composição nutricional e bioativa confere às amêndoas propriedades antioxidantes e funcionais, com viabilidade de utilização em produtos industrializados e capacidade de promover benefícios à saúde (16).

## CONCLUSÕES

A caracterização físico-química de três produtos derivados da amêndoa do licuri evidenciou seu elevado valor nutricional e sua estabilidade tecnológica. Os resultados confirmam que as amêndoas de licuri, mesmo quando combinadas a outros ingredientes, mantêm características desejáveis do ponto de vista nutricional, sendo comparáveis a outras oleaginosas já consolidadas no mercado nacional.

Além disso, o perfil lipídico, aliado à baixa umidade e atividade de água, reforça a viabilidade de armazenamento prolongado, sobretudo quando associadas a embalagens com barreira a umidade, luz e oxigênio. Embora as formulações avaliadas não atendam a critérios para alegações nutricionais específicas em porções reduzidas,

representam uma contribuição relevante à dieta, especialmente em regiões de insegurança alimentar.

Os dados obtidos fortalecem o licuri como ingrediente promissor na formulação de novos alimentos sustentáveis e regionais, com potencial de valorização da sociobiodiversidade do Bioma Caatinga. Estudos futuros podem explorar o perfil bioativo das amêndoas, a aceitabilidade sensorial dos produtos, bem como estratégias de aproveitamento integral do fruto em formulações inovadoras com apelo funcional, *plant- based* e ambientalmente responsável.

## AGRADECIMENTOS

À Cooperativa de Produção da Região do Piemonte da Diamantina, localizada no estado da Bahia (COOPES), por ter cedido amostras do resíduo de licuri para realização desta pesquisa e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

## REFERÊNCIAS

1. NASCIMENTO, B. S. D. et al. Inferring population trends of *Syagrus coronata* (*Arecaceae*) in areas under different management in Brazilian Caatinga using a transition matrix model. **Journal for Nature Conservation**, v. 81, p. 126674, 2024.
2. BEZERRA, G. M. et al. *Syagrus coronata*: uma revisão do potencial de aproveitamento energético do licuri. **Observatório da Economia Latino-Americana**, v. 22, n. 8, p. 1– 8, 2024.
3. SOMMO, M. et al. Development and rapid sensory descriptive characterization of cereal bars made with Brazilian licuri nut (*Syagrus coronata*). **Foods**, v. 13, n. 3, p. 502, 2024.
4. ANTONIASSI, R. et al. Nutritional evaluation of Syagrus coronata kernels and development of cookies prepared with cassava flour and licuri kernels. **Food Science and Technology**, v. 42, p. 1–7, 2022.
5. SANTOS, A. A. S. et al. Use of mixture design in the development of gluten- and lactose-free ice cream cones using licuri (*Syagrus coronata*) and cassava (*Manihot esculenta*) derivatives. **Food Chemistry**, v. 484, p. 144376, 2025.
6. MENEZES, A. V. et al. Fatty acids and volatile compound of cooked green licuri (*Syagrus coronata*) and naturally ripe licuri almonds from native flora, popularly consumed in Brazil. **Food Research International**, v. 191, p. 114735, 2024.
7. FARIA, D. C. et al. Direct hot solid–liquid extraction (DH-SLE): a high-yield greener technique for lipid recovery from coffee beans. **Plants**, v. 14, n. 2, p. 185, 2025.
8. OLIVEIRA, M. E. G. et al. Biscoitos tipo cookies formulados com farinha de licuri: composição química e aceitabilidade. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 22, n. 2, p. 117–124, 2020.
9. MEDEIROS, D. N. C. et al. Elaboração e avaliação de barra energética à base de licuri (*Syagrus coronata*). **Revista Verde**, v. 14, n. 2, p. 436–443, 2019.

10. PEREIRA, G. S. L. et al. Evaluation of quality parameters, physicochemical and bioactive properties of licuri oil (*Syagrus coronata*). **Food Research International**, v. 208, p. 116157, 2025.
11. SOUZA, T. G. S. et al. Biological safety of *Syagrus coronata* fixed oil: cytotoxicity, acute oral toxicity, and genotoxicity studies. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 272, p. 113941, 2021.
12. LIMA, K. A. B. et al. Desenvolvimento de sobremesa vegana com base no extrato de licuri (*Syagrus coronata*). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 34, n. 1, p. e2023007, 2023.
13. CARVALHO, M. J. S. et al. Composição centesimal e potencial antioxidante de frutos nativos da região Norte e Centro-Oeste do Brasil. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, p. e2021011, 2021.
14. MELO, K. P. S. et al. Avaliação físico-química e microbiológica de farinhas vegetais com potencial funcional. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 81, p. e4969, 2022.
15. SANTOS, A. S. et al. Composição de oleaginosas brasileiras: implicações nutricionais. **Nutrire**, v. 47, n. 1, p. e125, 2022.
16. REIS, N. L. S. et al. Análise comparativa da composição centesimal de sementes oleaginosas nativas. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 78, n. 1, p. 32–39, 2023.
17. SILVA, L. M. E. et al. Composição bioativa e propriedades funcionais do licuri (*Syagrus coronata*): uma palmeira do semiárido. **Food Research International**, v. 165, p. 112481, 2023.
18. ANDRADE, J. M. et al. Avaliação físico-química e microbiológica da rapadura comercializada em feiras livres do norte de Minas Gerais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 79, p. 1–9, 2020.
19. OLIVEIRA, L. P. et al. Avaliação nutricional e físico-química de castanhas brasileiras para aplicação alimentar. **Food Science and Technology**, v. 42, p. e73221, 2022.
20. SANTOS, R. et al. Sugarcane rapadura: characteristics of the oldest historical energy food and its native production method. **Processes**, v. 12, n. 3, p. 511, 2024.
21. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020.** Estabelece os requisitos para declaração da rotulagem nutricional de alimentos embalados. Diário Oficial da União: seção 1, p. 7–8, 2020.
22. LIMA, C. M. et al. Características nutricionais e funcionais do coco (*Cocos nucifera*): uma revisão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 23, n. 1, p. 68–74, 2021.
23. SLAVIN, J. L. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. **Nutrients**, v. 5, n. 4, p. 1417–1435, 2013.
24. SOLAH, V. A. et al. Dose–response effect of a novel functional fibre on short-term appetite and energy intake in healthy adults. **Appetite**, v. 100, p. 208–215, 2016.
25. FERREIRA, P. M. P. et al. Caracterização nutricional e tecnológica da rapadura artesanal do semiárido brasileiro. **Ciência Rural**, v. 50, n. 10, p. e20190976, 2020.
26. JAY, J. M. et al. **Modern food microbiology**. 7th ed. New York: Springer, 2005.
27. ANDRADE, M. A. et al. Extending high fatty foods shelf-life protecting from lipid oxidation and microbiological contamination: an approach using active packaging with pomegranate extract. **Coatings**, v. 13, n. 1, p. 93, 2023.
28. ESPERT M, et al. Effect of different packaging materials and storage on lipid characteristics, oxidative stability and antioxidant properties of hazelnut. **J Food Meas Charact.**, v. 18, p. 647–663, 2024.

29. KARAOSMANOGLU, H. Effect of different packaging materials and storage on lipid characteristics, oxidative stability and antioxidant properties of hazelnut. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 18, p. 647–663, 2024.
30. AOAC INTERNATIONAL. Official methods of analysis. 22nd ed. Rockville (MD): **AOAC International**, 2023.
31. MOTSA, N. et al. Osmotic dehydration in food preservation: mechanisms and advances. **Food Engineering Reviews**, v. 16, n. 2, p. 98–110, 2024.
32. TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS – TBCA. Versão 7.2. Departamento de Nutrição da Universidade de São Paulo, 2024. Disponível em: https://www.tbca.net.br. Acesso em: 16 jul. 2025.

# MANIPULADORES DE ALIMENTOS DE ESTABELECIMENTOS DE EDUCAÇÃO INFANTIL: SUA IMPORTÂNCIA FRENTE AO PROCESSO DE BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO E A INCORPORAÇÃO DE INSTRUMENTO PRÉ ADMISSIONAL.

# FOOD HANDLERS IN EARLY CHILDHOOD EDUCATION ESTABLISHMENTS: THEIR IMPORTANCE IN THE PROCESS OF GOOD MANUFACTURING PRACTICES AND THE INCORPORATION OF PRE-ADMISSION INSTRUMENT.

**Souza, Ana Christina Alves de [1]; Oliveira, Volerita.[2]; Oliveira, Barbara Cristina Euzébio Pereira Dias de[3]**

**DOI: 10.65747/conali2025v1c24**

[1]Nutricionista, mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ; [2]Nutricionista, especialista em Vigilância em Saúde e Vigilância Sanitária – FAVENI; Coordenadora de Vigilância Sanitária de Alimentos – S/IVISA-Rio; [3]Microbiologista e imunologista, docente/pesquisador, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ.

E-mail: anaalves.nut@gmail.com

**Resumo:** Este estudo aborda a importância dos manipuladores de alimentos e do conhecimento das Boas Práticas de Fabricação (BPF) em estabelecimentos de educação e desenvolvimento de instrumento pré-admissional. A infância, fase determinante para hábitos alimentares futuros, demanda alimentação segura e de qualidade. Estudos indicam que a alimentação escolar, assegurada pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), deve cumprir critérios de segurança sanitária, reduzindo o risco de Doenças Transmitidas por Água e Alimentos (DTA). Foi realizada uma revisão bibliográfica, utilizando as bases de dados: *Scielo, Google Acadêmico, Periódico Capes, Pubmed e Sciencedirect*, abrangendo artigos de 2022 a 2025, com os descritores: capacitação de manipuladores de alimentos, doenças transmitidas por água e alimentos, manipuladores de alimentos, surtos alimentares, contaminação de alimentos, doenças transmitidas por alimentos, merendeira, crianças, infância, escola, creche e infantil, resultando em apenas três artigos. Outra pesquisa foi realizada com a mesma metodologia anterior. Os descritores foram: protocolo, checklist, admissão, pré-admissão, manipulador de alimentos, escola, Unidades de Alimentação e Nutrição escolar e creche. Nenhum artigo foi encontrado. Os resultados indicaram baixos níveis de conhecimento e formação de manipuladores e demais profissionais envolvidos na manipulação de alimentos. Identificou-se deficiências na higiene pessoal e baixa quantidade de nutricionistas, além da presença de *coliformes totais* (85%) e *Escherichia coli* (23,5%) em mamadeiras utilizadas pelos alunos. Todos os estudos foram realizados em escolas públicas. Diante do revisto, foi proposto um checklist de admissão com finalidade de colaborar na seleção de candidatos e na redução de falhas no processo de BPF, como proposta para pesquisas futuras.

**Palavras–chave:** admissão; capacitação de manipuladores; creche; educação infantil; manipulador de alimentos.

**Abstract:** This study addresses the importance of food handlers and knowledge of Good Manufacturing Practices (GMP) in educational institutions, as well as the development of a pre-admission assessment tool. Childhood, a decisive stage for future eating habits, requires safe and high-quality food. Studies indicate that school meals, ensured by the National School Feeding Program (PNAE), must meet sanitary safety criteria, reducing the risk of Foodborne Diseases (FBD). A bibliographic review was conducted using the following databases: Scielo, Google Scholar, Capes Journals, PubMed, and ScienceDirect, covering articles published between 2022 and 2025, with the following descriptors: food handler training, waterborne and foodborne diseases, food handlers,

foodborne outbreaks, food contamination, foodborne diseases, school cooks, children, childhood, school, daycare, and preschool. Only three articles were identified. Another search was carried out using the same methodology. The descriptors were: protocol, checklist, admission, pre-employment, food handler, school, school food and nutrition units, and daycare. No articles were found. The results indicated low levels of knowledge and training among food handlers and other professionals involved in food handling. Deficiencies in personal hygiene and an insufficient number of nutritionists were identified, in addition to the presence of total coliforms (85%) and Escherichia coli (23.5%) in baby bottles used by students. All studies were conducted in public schools. Based on this review, a pre-employment checklist was proposed with the aim of supporting candidate selection and reducing failures in the GMP process, serving as a proposal for future research.
**Keywords:** admission; training of food handlers; daycare; early childhood education; food handler.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, observa-se um crescente consumo de alimentos fora do domicílio, tornando-se um hábito bastante geral, tanto no Brasil, quanto em todo o mundo. Tal situação se aplica a inúmeros motivos e dentre eles, a praticidade, rotinas diárias adversas e a falta de tempo para preparar as refeições (1). Os locais que atendem tal situação, são os ambientes coletivos. Um público que realiza suas refeições fora do domicílio são as crianças, as quais, em muitas ocasiões, realizam suas refeições no ambiente escolar em regime parcial ou integral. Além disso, diversas crianças recebem as refeições diárias neste estabelecimento, sendo tais refeições as únicas consumidas ao longo do dia (2).

É sabido que a infância exerce influência significativa na determinação dos comportamentos e das escolhas alimentares na vida adulta, uma vez que os hábitos praticados pela família e pelo ambiente escolar exercem importância nesse processo (3). Segundo o Ministério da Saúde (4), a infância é definida como faixa etária de 0 a 6 anos completos.

A educação infantil é tida como o ponto inicial do contato da faixa etária infantil com a sociedade. A alimentação por sua vez, desempenha um importante papel no desenvolvimento da criança (5). A alimentação deve ser garantida, nutricionalmente, ser também, segura do ponto de vista sanitário. A preocupação em consumir um alimento seguro deve ser contemplada nas Instituições de ensino (6) entretanto, este público é bastante acometido por infecções intestinais, como por exemplo, as parasitoses intestinais e demais infecções causadas por microrganismos, onde como consequência pode se observar grande número de internações hospitalares e ausências das aulas na escola (7). Segundo a Organização Mundial da Saúde - OMS há uma prevalência de cerca de sete milhões de crianças no mundo acometidas com este quadro patológico (7) Segundo o Ministério da Saúde – Brasil (8) as escolas encontram-se em terceiro lugar no ranking de surtos por Doenças Transmitidas por alimentos – DTA (quadro patológico que se caracteriza pelo consumo de alimentos contaminados, que geram consequências como quadros de diarreia, enjoos, náuseas, vômito, acompanhados ou não de febre, situações de manifestações extra intestinais, que podem acometer outros órgãos do corpo), por local de ocorrência. No mundo, 1 em cada 10 pessoas adoecem vítimas de DTA e 420 mil morrem por ano. As crianças com menos de 5 anos de idade respondem por 40% da carga de DTA e apresentam dados de 125mil mortes a cada ano. A Portaria

Interministerial nº 1010, de 8 de maio de 2006 (9), que institui as diretrizes para a Promoção da Alimentação nos diversos segmentos escolares, retrata, em seu artigo quarto, a segurança e a garantia sanitária, em todos os locais de produção e oferta, dos alimentos (8).

A segurança alimentar guarda relação direta com os manipuladores de alimentos, sendo que, no âmbito da aplicação das Boas Práticas de Fabricação - BPF, a ocorrência de falhas e/ou o conhecimento inadequado podem ocasionar DTA (considerado um problema de saúde pública). Conforme a Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 216/2004 (10), esse profissional mantém relação direta ou indireta com o alimento, configurando, portanto, um pronunciado responsável pela garantia de um alimento seguro. Cabe ressaltar que as DTAs são consideradas um problema de saúde pública, que inclui sintomas como náuseas, vômitos e diarreia. (11).

Os manipuladores de alimentos são destacados como um fator de risco relevante para danos à saúde do consumidor (12). O conhecimento dos manipuladores de alimentos é de extrema importância para a garantia da segurança do alimento, oferecendo qualidade sanitária satisfatória para os comensais. Com isso, estar capacitado e obter uma formação continuada, contribuem na mitigação de ocorrências de doenças a partir do alimento (13). No processo de Boas Práticas de Fabricação, de acordo com a RDC nº 216/2004 (10), o manipulador deve obter capacitação, com respectivo registro e formação continuada.

Um estudo de Morales *et al.* (14*)*, realizado na cidade de São José do Rio Preto/São Paulo, em quatro restaurantes, com um total de 31 manipuladores de alimentos, avaliou, através de três questionários, sendo, o primeiro abordando questões sociodemográficas incluindo a participação em capacitações, o segundo, o conhecimento sobre processos das BPF, englobando também doenças de origem alimentar e o terceiro, sobre a conduta dos profissionais frente a higiene e as boas práticas. Em relação à capacitação de manipuladores, a pesquisa obteve como resultado, 26% deles, que nunca participaram e 32% dos que fizeram, já tinham mais de um ano que não participavam de outra. Estudo similar pode ser observado no trabalho de Montenegro et. al, 2022, realizado com 230 manipuladores de alimentos de escolas infantis, onde 33,48% nunca participaram de treinamentos/capacitação de manipuladores de alimento.

Segundo Cordeiro *et al.* (15), poucos são os estudos sobre Boas Práticas em Unidades de Alimentação e Nutrição. O PNAE, Programa Nacional de Alimentação escolar, é o responsável pelo gerenciamento de Instituições públicas no que tange ao alimento no período em que o público alvo se encontra na escola (6). Além disso, o programa dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica, apresenta como objetividade, dentre outros, a alimentação para escolares de forma quantitativa e qualitativa, ofertando um alimento com garantia de sua segurança e que a atuação se dá em conjunto com todos os profissionais da área de educação e responsáveis técnicos.

A refeição da criança deve ter sua qualidade sanitária garantida e tal processo não depende somente do manipulador quando se fala de instituição de educação infantil. Assim como os manipuladores, professores, auxiliares e demais profissionais que estão diretamente atuando na oferta do alimento à criança, devem obter cuidados na administração, entrega e observação do mesmo e que por isso, também são considerados manipuladores de alimentos. Medidas importantes devem ser adotadas, a fim de colaborar na segurança do que se está sendo consumido, dando continuidade às práticas exercidas pelos manipuladores de alimentos no processo de boas Práticas de fabricação (16).

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão da literatura acerca da atuação dos manipuladores de alimentos em instituições de educação infantil, com ênfase na aplicação das Boas Práticas de Fabricação. Considerando o papel central desempenhado por esses profissionais na preservação da qualidade higiênico-sanitária das refeições destinadas a crianças em idade escolar, buscou-se, adicionalmente, identificar a existência de instrumentos pré-admissionais específicos voltados à avaliação de suas competências e aptidões. Contudo, diante da escassez de publicações em língua portuguesa que abordem de forma sistemática essa temática, propôs-se a elaboração de um instrumento de avaliação fundamentado na RDC nº 216/2004, com o propósito de subsidiar e uniformizar os processos de seleção de manipuladores de alimentos em instituições de educação infantil.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo contemplou uma revisão bibliográfica acerca do tema, de forma sistemática, de natureza qualitativa e quantitativa. A obtenção dos resultados, que constituíram o objetivo do estudo, ocorreu mediante a utilização de base de dados (Figura 1): *Pubmed, Sciencedirect, Scielo, Google Acadêmico e Periódico Capes*. Para a obtenção do presente estudo, foram realizadas três etapas.

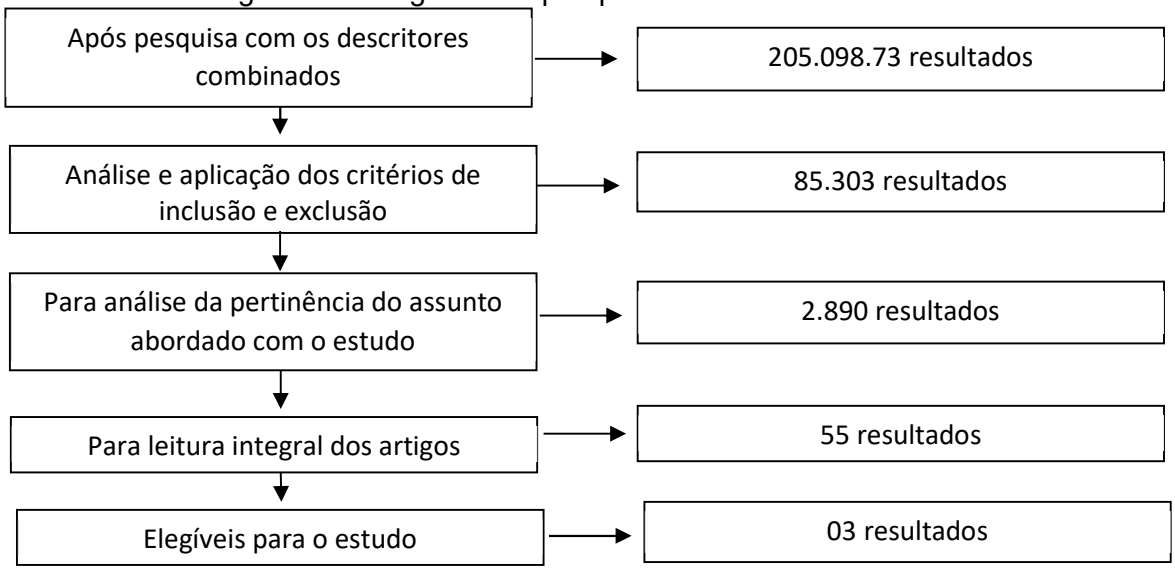
Para a primeira etapa da pesquisa foram utilizados os seguintes descritores: capacitação de manipuladores de alimentos, doenças transmitidas por água e alimentos, manipuladores de alimentos, surtos alimentares, contaminação de alimentos, doenças transmitidas por alimentos, merendeira, crianças, infância, escola, creche e infantil. Os descritores foram empregados em suas respectivas combinações possíveis e em todas as bases de dados.

Os critérios de inclusão foram artigos científicos originais, cujo ano de publicação se encontre ou tenha ocorrido de 2022 até o corrente ano (2025); Artigos com estudos realizados no Brasil e que viessem atender ao objetivo da pesquisa. Foram excluídos resultados de trabalho de conclusão de curso, relatório de estágio, relato de experiência, análise de amostras fora do país; local de estudo que não contemplasse estabelecimentos de educação infantil e que não abordasse

o segmento de educação ora estudado de forma apresentada e artigos que apareceram de forma repetida, caracterizado resultados duplicados.

Os dados foram obtidos conforme o fluxograma a seguir:

Figura 1: Fluxograma de pesquisa nas bases de dados.




Fonte: Autores, 2025.

Para a segunda etapa da pesquisa, um novo levantamento bibliográfico foi realizado. Foram preconizados estudos que apresentassem checklist ou protocolo utilizado na admissão de manipuladores de alimentos em estabelecimentos da educação infantil, sendo utilizada a mesma metodologia descrita anteriormente, mudando somente as palavras-chave. Os descritores utilizados foram: protocolo, checklist, admissão, pré admissão, manipulador de alimentos, escola, Unidades de Alimentação e Nutrição escolar e creche. Não foram encontrados resultados que contribuíssem com o objetivo da busca.

Em ambas as etapas, a partir da leitura dos resumos, foram incluídos os que tivessem o tema buscado como pertinente e logo então, eram incluídos para leitura e os que foram selecionados desde então, eram separados para tabulação dos dados.

Os dados dos artigos selecionados foram extraídos para tabela 1, preparada pelo autor do trabalho, cujos dados obtidos foram: autor do estudo, nome da revista, local do estudo/instituição, ano de publicação do artigo, resultados encontrados, quantidade de instituições pesquisadas/público estudado, período do estudo, se o manipulador era capacitado, microrganismo encontrado e método de pesquisa utilizado.

Na terceira etapa da pesquisa, procedeu-se à elaboração de um instrumento de avaliação preliminar com o objetivo de auxiliar as unidades escolares no processo de seleção de manipuladores de alimentos que apresentem conhecimentos básicos sobre as BPF. O instrumento

foi estruturado na forma de um questionário (Apêndice 1), composto por perguntas fechadas, a ser aplicado no ato da contratação de manipuladores de alimentos em Unidades de Alimentação e Nutrição escolares. Sua construção teve como referência a Resolução RDC nº 216/2004, contemplando aspectos fundamentais relacionados às doenças transmitidas por alimentos, à manipulação e ao armazenamento higiênico de alimentos, à higiene pessoal e ambiental, ao controle de saúde dos manipuladores e aos principais contaminantes alimentares. Além desses temas, o questionário inclui questões voltadas à experiência profissional, reconhecida como um critério relevante nos processos seletivos voltados a esse público.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Resultado dos estudos.

| Autor do estudo / Revista | Azevedo *et al.* Research, Society and Development | Candido *et al.* Health & Society | Montenegro *et al.* Conjecturas |
|---|---|---|---|
| Ano de publicação | 2023 | 2023 | 2022 |
| Local do estudo | Santarém /PA Unidades de Educação Infantil municipal | Arara/PB Creche Municipal | Uberlândia/MG Escolas Municipais de Educação Infantil |
| Número de instituições estudadas/participantes | 04 escolas | 01 creche 20 mamadeiras | 80 cozinhas |
| duração do estudo | NME* | No decorrer do ano de 2022 | Agosto a dezembro de 2018 |
| Manipulador capacitado? | Das quatro escolas, 07 eram capacitadas antes de assumir a função, porém o estudo não abordou o número de manipuladores totais | NME* | 1,25% apenas |
| Qual microrganismo identificado? | Não foi mencionado no estudo | Coliformes Totais *Escherichia coli* | NOE** |
| abordagem metodológica empregada | Questionário na finalidade de obter o nível do processo de manipulação e | Amostras de mamadeiras: foi analisada utilizado um meio de cultivo | Lista de verificação adaptada abordando aspectos da RDC nº 216 de de 15 de |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | as condições higiênicas do local | COLItest®; Em seguida, foram homogeneizadas e envidas para armazenamento em estufa bacteriológica, a 37 °C, por um período de 18 1 48h. | setembro de 2004. |
| Achado obtidos | Todas as instituições analisadas apresentaram não conformidades em relação a: relacionados a legislação no que tange às condições higiênico sanitárias (4). Em relação ao uso de uniformes correto (04); Manipuladores que não realizavam a higienização de mãos antes da manipulação dos alimentos (04). utilizavam panos de prato para cobrir alimentos (4); | Das 20 amostras de mamadeiras: 85% apresentam resultado positivo para coliformes totais e 25,5% destes apresentam resultado positivo para *Escherichia coli;* | Todas as instituições analisadas (80) apresentaram: distribuição de alimentos aos alunos eram feitos por educadoras que não tinham orientações sobre boas práticas (98%); Não existia lavatório para higienização das mãos exclusivo na área de preparo dos alimentos (90%); não havia cartaz informativo sobre as etapas de higienização das mãos (80%); alimentos eram retirados de embalagens e ficavam sem identificação (100%); 03 nutricionistas para atendimento de todas as UAN's; Apenas 01 de cada escola fazia o curso de manipulação de alimentos ofertados semestralmente; foram classificados como inconformidades relacionados a ausência de uniforme e a não realização do controle de saúde (exames específicos) (78,4%). |

Fonte: Autores, 2025.

*NME: Não mencionado no estudo.

**NOE: Não foi objeto do estudo.

Ao constatar o número de manipuladores capacitados, dois estudos indicaram índices relativamente baixos em comparação com o que prevê a legislação vigente. De acordo com os estudos de Montenegro *et al.* (17), apresentou-se somente a taxa de 1,25% das pessoas que eram capacitadas. De acordo com RDC nº 216/2004, os manipuladores de alimentos devem ser capacitados periodicamente e tal formação deve ser comprovada através de registros.

Um estudo complementar de Oliveira *et al.* (18), aplicado no segmento de escolas, abrangendo como parte, a educação infantil, foi realizado com 31 manipuladores, onde 25 participaram de capacitações de manipuladores de alimentos e 56% destes estavam infectados com parasitoses intestinais. Em um estudo similar, Oliveira *et al.* (19), realizou um estudo com 25 manipuladores de alimentos de escolas municipais da sede de Macaúbas – Sudoeste da Bahia, observou-se que 76% dos participantes haviam passado por alguma capacitação de manipuladores num período de 12 meses e 24% nunca tinham passado por capacitação de manipuladores de alimentos.

Um estudo, destacado de forma ampla, abrangendo a participação de manipuladores de alimentos de todo o Brasil, através de uma plataforma digital, realizado por Junior e Rodrigues (20), analisou, dentre outros aspectos, a quantidade de capacitações realizadas por manipuladores de alimentos, não só do estado da Paraíba, como diversas partes do pais, onde o resultado apontado foi que 46% nunca havia passado por capacitação de manipuladores de alimentos, 35%, apenas de 1 a 3 vezes e apenas 18% tiveram o treinamento 4 vezes ou mais.

No estudo de Azevedo *et al.* (21), foi mencionado que 7 manipuladores das 04 unidades de educação infantil eram capacitados, porém não aborda a quantidade total de manipuladores. Com o estudo de Cândido *et al*. (22) também não foi possível obter o número de profissionais que tinham capacitação.

O saber dos trabalhadores que lidam com alimentos é essencial para garantir a segurança do que é consumido, favorecendo padrões sanitários adequados aos consumidores. Assim, possuir qualificação e manter formação contínua coopera para reduzir a incidência de doenças transmitidas por alimentos (13;19).

De acordo com as observações realizadas, todos os estabelecimentos incluídos no estudo pertenciam à rede pública de ensino (tabela 1). Em consonância com esse achado, Fortes *et al*. (23) avaliaram, em 2016, sete Unidades de Alimentação e Nutrição da educação infantil da rede pública do município de Palmeira das Missões/RS. A partir da aplicação de uma lista de verificação sobre BPF, obteve-se uma média geral de 31,5%, valor que corresponde à classificação de risco sanitário elevado.

No estudo conduzido por Montenegro et al. (17), verificou-se que 98% dos estudantes recebiam refeições mediadas por educadores que não possuíam formação em Boas Práticas de Manipulação. De forma complementar, Lopes *et al*. (24) realizaram um estudo colaborativo com professores do 5º ao 9º ano da rede pública de ensino do município de Coari, no estado do

Amazonas, com o objetivo de avaliar o conhecimento sobre o PNAE, incluindo aspectos relacionados às refeições oferecidas aos alunos. Constatou-se que 64,4% dos professores participantes (n = 45) acompanhavam o cardápio ou analisavam os alimentos disponibilizados aos estudantes.

Cabe destacar que o educador, após a família, desempenha um papel fundamental nas instituições de ensino infantil, configurando-se como um dos principais agentes do processo de socialização das crianças (25). Assim, medidas essenciais devem ser implementadas no momento da distribuição dos alimentos, de modo a assegurar a continuidade do cuidado iniciado na UAN e garantir a segurança dos alimentos (16).

As creches e demais instituições de educação infantil constituem espaços privilegiados não apenas para o desenvolvimento pedagógico, mas também para ações voltadas à promoção da saúde (2). Nesse contexto, os manipuladores de alimentos assumem importância central, pois podem representar um fator de risco para a saúde dos consumidores. Torna-se, portanto, indispensável o investimento contínuo em aperfeiçoamento e atualização profissional, de modo a assegurar o rigoroso cumprimento das normas de Vigilância Sanitária e, consequentemente, garantir a segurança dos alimentos ofertados (12).

De acordo com o observado, os estudos de Azevedo *et al.* (21) e Montenegro *et al.* (17), utilizam um questionário como forma de avaliação e abordagem, apresentando questões associadas a RDC nº 216/2004 (10). Tal Resolução é de extrema importância no campo de atuação das Unidades de Alimentação e Nutrição, uma vez que dispõe sobre o “Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação”, objetivando através destes serviços, a minimização de riscos sanitários em cada etapa de produção, ofertando e orientando quanto a padronização da qualidade, tendo em vista a segurança da saúde do consumidor.

Um estudo realizado por Cunha *et al*. (26), em 2025, com manipuladores de alimentos de escolas públicas do Rio Grande do Sul, avaliou o conhecimento desses profissionais sobre BPF, por meio de questionários aplicados antes e após capacitação, envolvendo 206 merendeiras da rede de ensino municipal. Dos participantes, 199 responderam aos questionários e os resultados indicaram que 63,3% não possuíam conhecimento prévio sobre DTAs.

Em contraste, Oliveira *et al*. (27) realizaram pesquisa em escolas públicas de ensino fundamental de São Luís/MA, utilizando um checklist para avaliação das condições higiênico-sanitárias. Observou-se que 96,6% dos manipuladores apresentavam nível adequado de conhecimento sobre BPF, incluindo informações sobre DTA, evidenciando a importância da capacitação contínua desses profissionais.

De forma complementar, Barros *et al*. (28) realizaram estudo com manipuladores de alimentos vinculados a serviços de alimentação de um município do estado de São Paulo, promovido por um curso técnico de nutrição. Por meio da aplicação de questionários antes e após treinamento, os 28 manipuladores avaliados demonstraram aumento significativo nos níveis de

conhecimento sobre BPF, reforçando a contribuição da capacitação para a segurança dos alimentos nos ambientes de atuação.

Oliveira *et al*. (19) conduziram estudo semelhante em seis escolas municipais da Bahia, com 25 manipuladores de alimentos, utilizando questionários antes e depois de capacitação. As questões abordaram legislações sanitárias vigentes e Boas Práticas de Fabricação, demonstrando que a capacitação promoveu melhorias no conhecimento dos profissionais.

A aplicação de questionários e listas de verificação constitui uma ferramenta importante para a coleta de dados e avaliação do conhecimento de manipuladores, fornecendo subsídios para intervenções direcionadas e para aprimoramento dos processos de capacitação.

No ano de 2016, Ravanello *et al*. (29) analisaram a eficácia dos procedimentos de higienização das mãos dos manipuladores de alimentos e das bancadas utilizadas na produção e distribuição de refeições em escolas públicas do Rio Grande do Sul. Os resultados apontaram que antes da capacitação, sete das nove escolas avaliadas (77,7%), apresentaram que os níveis de contaminação das mãos dos manipuladores ultrapassaram os limites permitidos para bactérias aeróbias mesófilas, diminuindo apenas para seis (66,6%) após a capacitação. Da mesma forma, 66,67% e 77,78%, foram encontrados, respectivamente, para antes e após a formação, em relação a análise das bancadas. Evidencia-se assim um fato relevante para a aplicação de medidas de reforço contínuo de capacitações sobre BPF.

Outra abordagem complementar e obtida como resultado encontrado neste estudo, foi a análise de amostras de mamadeiras utilizadas por crianças em creches, conforme metodologia de Cândido *et al*. (22), que identificou presença de *coliformes totais* e *Escherichia coli*. Resultados semelhantes foram observados por Bezzerra *et al*. (30), em 2021, que coletou amostras de superfícies de tábuas de carne, facas e mãos de manipuladores em UAN de duas escolas do município de Ipaumirim/CE, detectando *Staphylococcus aureus* nas mãos de dois colaboradores, na faca e na tábua de corte de uma das escolas.

Oliveira *et al*. (31) avaliaram manipuladores de alimentos de escolas do ensino fundamental I, em Pombal/PB, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas de alimentos do cardápio escolar, constatando conformidade com a legislação vigente.

Embora os dois estudos anteriores tenham envolvido capacitação dos profissionais, Bezzerra *et al*. (30) destacaram a necessidade de formação contínua em BPF, corroborando a recomendação de Oliveira *et al*. (31), mesmo diante de resultados positivos.

Em relação à higienização das mãos, Montenegro *et al*. (17) e Azevedo *et al*. (21) observaram que 90% das unidades avaliadas não possuíam lavatórios exclusivos para higienização na área de manipulação, 80% não dispunham de cartazes informativos sobre higiene correta das mãos, e em quatro escolas foram identificados manipuladores que não realizavam a higienização antes de iniciar a manipulação dos alimentos. Complementarmente, Santos *et al*. (32) observaram em escolas públicas municipais a ausência de lavatórios exclusivos e de insumos adequados para higienização, reforçando o descumprimento de normas sanitárias.

A legislação sanitária estabelece que as instalações devem possuir lavatórios exclusivos para higienização das mãos na área de manipulação, disponibilizar Procedimentos Operacionais Padrão (POP) e cartazes informativos sobre higiene correta, bem como coletores de resíduos com tampa e acionamento sem contato manual (10; 33).

Os achados do presente estudo evidenciam diversas não conformidades sanitárias (Tabela 1), destacando-se, em particular, aspectos relacionados às doenças transmitidas por alimentos. Sabe-se que essas doenças podem ocorrer em decorrência de falhas do manipulador durante todo o processo de Boas Práticas de Fabricação, desde o primeiro contato com os alimentos até o consumo final, podendo resultar em quadros patológicos graves e, em casos extremos, levar à morte (8; 14).

Almada *et al*. (34) avaliaram a qualidade microbiológica da água em dez escolas públicas de Belém/PA e identificaram a presença de coliformes fecais em torneiras e bebedouros, indicando risco à saúde dos consumidores. Essa situação evidencia a necessidade de monitoramento contínuo da água utilizada em unidades escolares e do cumprimento rigoroso das normas sanitárias.

Quanto ao uso de uniformes, Montenegro *et al*. (17) e Azevedo *et al*. (21) relataram irregularidades, observadas também por Oliveira *et al*. (18), que identificaram calçados abertos, ausência de uniformes completos e uso de adornos entre manipuladores de escolas de diferentes segmentos, incluindo o infantil. A RDC nº 216/2004 (10) estabelece que os uniformes devem ser limpos, adequados à função, utilizados exclusivamente nas dependências do local de trabalho e que adornos não devem ser usados durante a manipulação de alimentos.

Em relação ao controle de saúde dos manipuladores, apenas Montenegro *et al*. (17) abordaram o tema, evidenciando não conformidade. De acordo com a RDC nº 216/2004 (10), o controle de saúde deve incluir exames médicos e laboratoriais periódicos, além do afastamento de profissionais que apresentem condições ou lesões que possam comprometer a segurança dos alimentos, garantindo a integridade sanitária dos alimentos (35;10).

Montenegro *et al.* (17) apontou que haviam apenas 3 nutricionistas, enquanto os demais estudos não mencionaram sobre tal informação, para o atendimento de todas as Unidades de Alimentação e Nutrição das escolas (80 cozinhas). Santana e Medeiros (36), em um estudo de revisão da literatura, destaca que o profissional de nutrição tem sua importância no que se refere ao trabalho de supervisão com o objetivo de aumentar a segurança de dos alimentos dos estudantes.

Na etapa 2 do presente estudo, não foi encontrado nenhum achado que no tange a pesquisa de instrumento pré admissional para a contratação de manipuladores de alimentos que atuem em estabelecimentos de educação infantil. A partir da lacuna da etapa 2, foi realizado um checklist pré admissional com 17 perguntas fechadas, preparadas cuidadosamente e organizadas a fim de colaborar nas etapas de admissão de manipuladores de alimentos. Cabe ressaltar que esse

questionário ainda precisa ser validado junto aos gestores das unidades escolares e deverá ser avaliado se é necessário ou não, a realização de treinamento para utilizá-lo da melhor forma possível, mas este serão alvo de pesquisas futuras.

## CONCLUSÕES

A pesquisa realizada neste estudo evidenciou que há uma escassez de trabalhos que abordem de forma específica o papel dos manipuladores de alimentos no ambiente escolar, particularmente na educação infantil. Os estudos revisados demonstram que a atuação desses profissionais, assim como de todos os envolvidos no processo de oferta da alimentação às crianças, é determinante para a garantia da qualidade higiênico-sanitária das refeições e para a prevenção de doenças transmitidas por alimentos, sobretudo considerando a maior vulnerabilidade desse público (Cunha *et al*.(26); Oliveira *et al*. (27); Barros *et al*. (28)).

Diante das lacunas identificadas no conhecimento sobre Boas Práticas de Fabricação e da relevância de medidas preventivas na segurança alimentar do público infantil, este estudo propôs a elaboração de um questionário destinado a avaliar o conhecimento de candidatos durante o processo de admissão de manipuladores de alimentos. O instrumento desenvolvido permite que gestores escolares, mesmo sem familiaridade detalhada com a RDC nº 216/2004, realizem avaliações mais criteriosas e fundamentadas, contribuindo para a melhoria da seleção de profissionais capacitados.

Adicionalmente, os achados reforçam a necessidade de expansão de políticas públicas voltadas à educação e à capacitação continuada de manipuladores de alimentos e de todos os profissionais envolvidos na oferta da alimentação escolar. A adoção de critérios técnicos sistemáticos nos processos de contratação, juntamente com programas de treinamento contínuo, é essencial para elevar o padrão de qualidade dos serviços de alimentação nas Unidades de Alimentação e Nutrição das instituições de ensino infantil, promovendo não apenas a segurança dos alimentos, mas também a saúde e o bem-estar das crianças atendidas (Montenegro *et al*., (17); Bezzerra *et al*., (30); Santos *et al*.(32)).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente à Prof. Dra. Barbara Dias pela sua dedicação, paciência e pelo valioso conhecimento compartilhado ao longo deste estudo. Manifesto também minha sincera gratidão à Instituição Federal de Educação e Ciência e Tecnologia pela acolhida, pelo suporte institucional e pela oportunidade de desenvolvimento acadêmico proporcionada. Um especial agradecimento a Vigilância Sanitária IVISA-RJ, que permitiu tamanho conhecimento através dos cursos realizados.

**APÊNDICE 1**

Checklist para pré admissão de manipuladores de Alimentos

1. Candidato já atuou no setor de manipulação de alimentos?

( ) Sim ( ) Não

2. Primeira vez querendo atuar no segmento de alimentos?

( ) Sim ( ) Não

3. Candidato já realizou curso de capacitação de manipuladores

de alimentos?

( ) Sim ( ) Não

4. Candidato já trabalhou em equipe?

( ) Sim ( ) Não

5. Candidato costuma cuidar da saúde (incluindo exames

médicos e laboratoriais)?

( ) Sim ( ) Não

6. Candidato possui alguma lesão exposta ou condição que possa comprometer a manipulação de alimentos?

( ) Sim ( ) Não ) Não

7. Candidato possui alguma contraindicação para trabalhar

com calçado fechado?

( ) Sim ( ) Não

8. Candidato com noções sobre doenças transmitidas por

água e alimentos?

( ) Sim ( ) Não

9. Candidato com noções sobre higienização de alimentos?

( ) Sim ( ) Não

10. Candidato tem noções sobre contaminação cruzada?

( ) Sim ( ) Não

11. Como o candidato descreve higienização correta de

higienização de mãos? A resposta foi coerente conforme a

RDC nº 216/2004?

( ) Sim ( ) Não

12. O candidato se preocupa com embalagem de alimentos

após aberto?

( ) Sim ( ) Não

13. O candidato costuma observar a validade dos produtos?

( ) Sim ( ) Não

14. O candidato acha difícil viver sem barba ou unhas grandes

e com esmaltes?

( ) Sim ( ) Não

15. O candidato acha difícil utilizar toucas, trabalhar com os

cabelos presos e não utilizar adornos?

( ) Sim ( ) Não

16. Já trabalhou no segmento da educação infantil?

( ) Sim ( ) Não

17. Sabe como lidar com a alimentação de crianças com necessidades especiais ou restrições alimentares?

( ) Sim ( ) Não

Fonte: Autores, 2025.

## REFERÊNCIAS


1. DIAS, L. R.; BAPTISTA, J. A. G.; LEVY, R. B; LEITE, M. A. Alimentos ultraprocessados e preparações culinárias em promoções no maior aplicativo de delivery de alimentos do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, v.30, n. 2, p.1-9, 2025.
2. SILVA, I. V. S. A importância do trabalho do psicopedagogo para a Formação de crianças de baixa renda: Uma análise sobre a Creche municipal de Quixabeira-BA. **Revista Imersão**. Capim Grosso, v. I, n 1, 2020.
3. JACOB, L. G.; TAVARES, M. E. T; ALBUQUERQUE, F. M. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento** São Paulo, v. 19. n. 19. p. 238-245, 2025.
4. BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Primeira infância. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/saude-dacrianca/primeira-infância. Acesso em 25 ago. 2025.
5. MARCIANO, T. A. **Revista Even. Pedagóg**. Sinop, v. 15, n. 3 (40. ed.), p. 1126-1135, ago./dez. 2024.
6. BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Programa Nacional de Alimentação Escolar. https://www.gov.br/fnde/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/pnae. Acesso em 25 ago. 2025.
7. SOUZA, P. R. P. de.; COSTA, S.S.; VICENTE, F. A. G. *et al.* Parasitoses intestinais no Nordeste entre 2012 e 2021: uma revisão integrativa de literatura. *Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR*, Umuarama, v.27, n.5, p. 3433-3448, 2023.
8. BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Surtos de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar Informe - 2024. Disponível em: chromeextension:// efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gov.br/saude/ptbr/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha/publicacoes/surtos-de-doencas-de-transmissao-hidrica-alimentar- no-brasil-informe-2024. Acesso em 26 ago. 2025.
9. BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria interministerial nº 1.010, de 08 de maio de 2006. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2006/pri1010_08_05_2006.html. Acesso em 25 ago. 2025.
10. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 de setembro de 2004. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0216_15_09_2004.html. Acesso em: 10 ago. 2025.
11. SANTOS, L. C.; TRINDADE, G. G.; SANTOS, K. C. *et al.* Situação epidemiológica das Doenças Transmitidas por alimentos (DTA) no Estado de Sergipe, Brasil. **Peer Review**, (*s.l.*), v. 6, n. x, 2024.
12. SILVA, D. E. S.; TAVARES, J. F. Boas práticas de manipulação em Unidades de Alimentação e Nutrição: uma revisão da literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 01-16, 2024.
13. VERÇOZA, A. B. B.; VASCONCELOS, N. B. R.; OLIVEIRA, L.H.S. *et al.* Doenças transmitidas por alimentos e surtos alimentares: uma revisão. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 7236-7250, 2024.
14. MORALES, T. S. P.; Vieira, V. B. R.; NICHELE, M. Nível do conhecimento dos manipuladores de alimentos sobre boas práticas de manipulação no interior de

São Paulo. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v.17, n.1, p. 7111-7124, 2024.

15. CORDEIRO, F.S.; BARROSO, R. R. F.; ARAÚJO, M. P.N. Condições higienicossanitárias das Unidades de Alimentação e Nutrição de escolas públicas: uma revisão integrativa. **Revista Contemporânea,** v. 04, n. 11, 2024.

16. SÃO PAULO (SP). SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO. COORDENADORIA DE ALIMENTAÇÃO ESCOLAR. DIVISÃO DE NUTRIÇÃO ESCOLAR. Orientações aos educadores no momento da distribuição das refeições nos CEIs da rede direta e parceira. – São Paulo, 2021. Disponível em: chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://acervodigital.sme.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/08/Orientacao_CEI_distribuicao_web.pdf. Acesso em: 27 ago. 2025.
17. MONTENEGRO, A. A.; JARDIM, F. B. B. SANTOS, H. S., *et al.* Perfil socioeconômico e eficácia do treinamento para manipuladores de alimentos em escolas de educação infantil de Uberlândia, MG. **Conjecturas**, (*s.l.*), v. 22, n. 09, 2022.

18. OLIVEIRA, L. C.; FRAGOSO, L. W. S.; MEDEIROS, T. C. *et al.* Parasitoses intestinais em manipuladores de merenda escolar de Caicó-RN. **Educação Ciência e Saúde**, v.11, n.1, p.86-101, 2024.

19. OLIVEIRA, J. N.; SILVA, L. K .R.; SILVA, M. G.; *et al.* Impacto da capacitação no nível de conhecimento de manipuladores de alimentos sobre as boas práticas de manipulação em escolas municipais. **Archives of Health**, Curitiba, v.5, n.6, p.01-18, 2024.

20. JUNIOR, E. A. G.; RODRIGUES, N. P. A. Avaliação do impacto de treinamento on-line nos conhecimentos e atitudes de higiene de manipuladores de alimentos. **Segurança. Alimentos. Nutrição**, Campinas, v. 30, 2023.

21. AZEVEDO, E. S.; MATOS, A. P. S.; SILVA, C. D. L. *et al.* Identificação das condições higiênico-sanitárias no preparo de alimentos escolares em unidades municipais de educação infantil da rede pública de um município da região oeste do Pará. Research, Society and Development, **(S.l.),** v. 12, n. 3, 2023.

22. CANDIDO, P. B.; ALBINO, A. B. V.; ADELINO, J. E. Análise microbiológica nas mamadeiras utilizadas em uma creche da rede municipal de ensino na cidade de Arara. **Health & Society, Editora Acadêmica Periodicoj**, (S.l.), v. 03, 2023.

23. FORTES, K. S. B.; BRASIL, C. C. B.; SILVA, J. P. *et al*. Condições higiênico-sanitárias de Unidades de Alimentação e Nutrição de escolas de educação infantil de Palmeira das Missões – RS. **Vigilância Sanitária Debate**, (S.l.), p. 37-43, 2017.
24. LOPES, A. F.; SILVA, A. R. A.; OLIVEIRA, K.N. *et al.* Abordagem e Vivência a Respeito da Alimentação e Nutrição Entre Professores Atuantes em escolas Públicas no Médio Solimões – Amazonas. **Ensino, Educação e Ciências humanas***,* (S.l.), v.26, n.1, 2025.

25. SILVA, L. D. T. A.; DIAS, M. R. G.; LUQUETTI, E. C. F. Breve reflexão sobre o papel da creche e suas potencialidades para o desenvolvimento infantil. **Revista Educação Pública**, (S.l.), v. 24, n. 22, 25, 2024.

26. CUNHA, M. S.; MENDES, M. G. I.; RODRIGUES, S.F.S. Boas Práticas de Fabricação: treinamento aplicado aos manipuladores de alimentos da rede municipal de ensino da cidade do Rio Grande – RS. **Revista pet brasil**, Uberaba-MG, v. 3, n. 1, 2024.
27. OLIVEIRA, C. R.; MUNIZ, J. L. L.; GUSMÃO, C. S. *et al*. Avaliação das condições higiênico-sanitárias e do perfil do manipulador de alimentos nas escolas públicas do município de São Luís- MA. **Revista Multidisciplinar em Saúde**, (S.l.), v. 4, n.2, 2023.

28. BARROS, D. S; SOUZA, G. C. D.; GODINHO, I. M. *et al.* Avaliação do conhecimento antes e após um treinamento de boas práticas em serviços de alimentação para manipuladores de alimentos. **ETEC Irmã Agostina**, São Paulo, 2023.

29. RAVANELLO, J.; GRESSLER, L. T.; SCHEFFER, P. A.R. *et al.* Higienização das mãos de manipuladores e bancadas em escolas brasileiras de educação infantil. **South Americam Journal of basic education, Technical and Technological.** Rio Branco, v. 8 n. 2, 2021.

30. BEZERRA, N. M.; SILVA, K. R. R. S.; NÉSIO, E. P. X.; LIMA, L. K. L. Avaliação das condições higiênico-sanitárias e treinamento de manipuladores de alimentos em instituições públicas no município de Ipaumirim-CE. **Revista Brasileira de Extensão Universitária,** (S.l.), v. 12, n. 3, p. 339-348, 2021.

31. OLIVEIRA, Y. G.; JANUÁRIO, D. M. P. J.; COLMAN, V. C. G. Ênfase na produção da alimentação escolar para o ensino fundamental I no de Pombal-PB. **XVII Encontro de Extensão Universitária da Universidade Federal de Campina Grande**, Campina Grande, 2024.

32. SANTOS, L. C.S.; ANDRADE, D. G. S.; SANTOS, L. E. N. *et al.* Alimentação escolar: identificação de fatores relacionados às condições higiênico-sanitárias de Unidades de Alimentação escolares de um munícipio sergipano. Prêmio Doutora Angelina Rossi – 2024. Prêmio Doutora Silvina Aquino-2024.

33. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada – RDC 275 de 21 de outubro de 2002. Disponível em: chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/anexos/anexo_res0275_21_10_2002_rep.pdf. Acesso 27 ago. 2025.
34. ALMADA, C. P.; TEIXEIRA, E. F. S.; FELIX, A. M. A. *et al.* Análise da qualidade microbiológica da água de escolas públicas da cidade de Belém, Estado do Pará (PA). **Research, Society and Development**, (S.l.), v. 13, n. 2, 2024.
35. BRASIL, ANVISA. Portaria CVS 6/99. Regulamento técnico sobre os parâmetros e critérios para o controle higiênico-sanitário em estabelecimentos de alimentos. Brasília-DF, 1999. Disponível em: chromeextension:// efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/PRT_6_1999_COMP2.pdf. Acesso em 28 ago. 2025.

36. SANTANA, C. M.; MEDEIROS, U. K. L. Condições higiênico sanitárias de Unidades de Alimentação e Nutrição escolar: uma revisão**. Revista Interdisciplinar em Saúde**, Cajazeiras, p. 1098-1110, 2025.

# QUANTIFICAÇÃO DE BACTÉRIAS LÁTICAS E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE QUEIJOS MATURADOS PRODUZIDOS EM SERGIPE

# QUANTIFICATION OF LACTIC BACTERIA AND PHYSICOCHEMICAL EVALUATION OF MATURED CHEESES PRODUCED IN SERGIPE

**DOI: 10.65747/conali2025v1c25**

**Hiago Reinaldo da Silva[1]; Simone Vilela Talma[2]; Nataly de Almeida Costa[3]; Eliane Maurício Furtado Martins[4]; Maurilio Lopes Martins[5]; João Batista Barbosa[6]**

[1]Tecnólogo em Laticínios IFS Campus Glória; [2]Docente IFS Campus Campus Glória; [3]Pós-doutoranda PPGCTA - IF Sudeste MG, Campus Rio Pomba; [4]Docente do IF Sudeste MG, Campus Rio Pomba; [5]Docente do IF Sudeste MG, Campus Rio Pomba; [6]Docente IFS São Cristovão.

Contato: hiagoacademico@gmail.com

**Resumo:** O queijo é um dos alimentos mais antigos da humanidade e uma forma eficaz de preservar os principais nutrientes do leite. Este trabalho teve como objetivo quantificar bactérias láticas e avaliar parâmetros físico-químicos de queijos maturados produzidos em Sergipe. A contagem de bactérias ácido-láticas foi realizada por plaqueamento em meios MRS e M17. Para *Streptococcus thermophilus*, utilizou-se ágar M17 em aerobiose, incubado a 37 °C por 48 horas. Avaliaram-se pH, acidez titulável e umidade dos queijos. As contagens de bactérias ácido-láticas variaram de <2,5 × $10^2$ UFC/g em MRS a 4,1 × $10^6$ UFC/g em M17. Para *S. thermophilus*, as contagens variaram entre 1,4 × $10^6$ e <2,5 × $10^2$ UFC/g. Em relação ao pH, os valores variaram entre 5,50 e 5,67, sem diferenças significativas entre as amostras. A acidez titulável apresentou valores entre 15,35 e 20,23 °D, com diferença significativa entre algumas amostras. Os teores de umidade não apresentaram diferença significativa e classificam os queijos como de baixa umidade, conforme a Portaria nº 146/1996. Os resultados destacam a relevância das bactérias láticas nos processos de fabricação e maturação, além de evidenciar a importância da baixa umidade e da alta acidez na conservação dos queijos.

**Palavras–chave:** fermentação lática; maturação; produtos lácteos regionais.

**Abstract:** Edible flowers have gained prominence in food science due to their functional potential, which is associated with the presence of bioactive compounds such as flavonoids, anthocyanins, carotenoids, and phenolic compounds that exhibit antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial activities. This study aimed to conduct a literature review on edible flowers, addressing their chemical composition, legal aspects, technological applications, food safety, health benefits, and sustainability. The methodology consisted of a narrative review, supplemented by a survey of indexed publications in national and international databases, as well as relevant normative documents. The data analyzed reveal that various species, both native and cultivated, have potential for use in food products such as salads, breads, teas, jams, desserts, and functional beverages, with technological viability and good sensory acceptance. It is observed, however, that Brazilian regulation on edible flowers is limited, which imposes challenges regarding standardization, quality control, and consumption safety. In

addition, the use of food flowers can contribute to sustainable practices by promoting the use of local biodiversity and food diversification. It is concluded that edible flowers represent an innovative and promising alternative for the development of functional foods, provided that their use is supported by proper technical, scientific, and regulatory criteria.

**Keywords:** lactic fermentation; maturation; regional dairy products.

## INTRODUÇÃO

O queijo é considerado um dos alimentos preparados mais antigos da humanidade, sendo provavelmente a forma mais comum e eficaz de preservar os componentes do leite (1). Segundo a Portaria nº 146, de 07 de março de 1996, entende-se por queijo o produto fresco ou maturado obtido pela separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou desnatado), ou ainda de soros lácteos, coagulados por ação física do coalho, enzimas específicas, bactérias específicas ou ácidos orgânicos, isoladamente ou em combinação, todos de qualidade alimentar, podendo conter substâncias alimentícias, especiarias, condimentos, aditivos permitidos, aromatizantes e corantes (2).

Os queijos podem ser classificados de acordo com diversos critérios, como o tempo de maturação, tipo de leite utilizado, textura e métodos de fabricação. Em algumas variedades, a presença de bolores contribui para características sensoriais únicas, como sabor e aroma diferenciados (3). De forma geral, a tecnologia de fabricação de queijos envolve etapas como a coagulação do leite através da ação do fermento lácteo, ácido lático ou coalho enzimático, corte da coalhada, dessoragem, salga e embalagem (4).

As culturas iniciadoras, também chamadas de *starters*, exercem papel fundamental na produção de queijos, pois conferem características específicas ao produto. Essas culturas podem ser obtidas da microbiota natural do leite e do soro ou a partir de cepas selecionadas (5). Predominantemente compostas por bactérias ácido-láticas (BALs), essas culturas promovem a fermentação da lactose em ácido lático, em taxas controladas e previsíveis. Esse processo é essencial para o controle do pH da coalhada, teor de umidade e residual de lactose, além de contribuir com a segurança microbiológica do produto.

As BAL’s são microrganismos Gram-positivos, anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, catalase e oxidase negativos, cuja principal característica é a capacidade de fermentar carboidratos com produção de ácido lático (6). Além disso,

produzem diversos compostos antimicrobianos, como diacetil, peróxido de hidrogênio, dióxido de carbono, álcoois e aldeídos, que atuam na inibição de patógenos (7). A acidificação promovida por essas bactérias reduz o pH dos alimentos para valores em torno de 4,0, o que dificulta o crescimento de microrganismos indesejáveis. Com o tempo, as BALs também passam a exercer influência sensorial sobre os alimentos fermentados, alterando sabor, coloração e aroma. (8).

Essas bactérias estão presentes naturalmente em diversos ambientes, incluindo trato gastrointestinal de mamíferos, produtos lácteos, carnes, vegetais, solo, água, esgoto e silagens (9, 10, 11, 12, 13). Essa diversidade ecológica reforça sua importância e versatilidade na indústria de alimentos.

A etapa de maturação é essencial na produção de queijos curados, pois é durante esse processo que ocorrem mudanças microbiológicas, químicas e bioquímicas responsáveis por desenvolver o sabor, aroma, textura e aparência do produto final (14, 15). Dependendo da variedade, esse período pode variar de algumas semanas a mais de dois anos. De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos (RTIQ), queijos produzidos com leite cru só podem ser comercializados após 60 dias de maturação (2).

Ao final do processo de fabricação, as culturas iniciadoras geralmente permanecem em concentrações superiores a $10^9$ UFC/g, sendo as BALs predominantes na microbiota durante a maturação (16). Embora sua principal função seja a produção de ácido lático, esses microrganismos também contribuem para a maturação dos queijos, participando de processos como proteólise, lipólise e conversão de aminoácidos em compostos aromáticos (17).

Diante da relevância das bactérias ácido-láticas na qualidade final dos queijos, estudos técnico-científicos voltados à sua identificação e quantificação, bem como à avaliação de suas implicações nas características físico-químicas dos queijos maturados, são fundamentais. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a presença de bactérias láticas e sua influência nas características físico-químicas de queijos maturados produzidos no estado de Sergipe.

## MATERIAL E MÉTODOS

As análises microbiológicas e físico-químicas foram realizadas em parceria com o Instituto Tecnológico de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS).

*Coletas das amostras*

Foram adquiridas quatro amostras de uma indústria produtora de queijos maturados localizada em Sergipe e as amostras foram identificadas como A, B. C e D. Os queijos maturados foram coletados em suas embalagens originais e transportados sob refrigeração até o Instituto Tecnológico de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) para posterior avaliação.

*Avaliação microbiológica dos queijos*

Para a quantificação das bactérias ácido-láticas, utilizou-se a técnica de plaqueamento em meios de cultura específicos como MRS (Man Rogosa e Sharpe) e M17 seguindo a metodologia descrita por Silva et al. (6). As placas foram semeadas pelo método de profundidade em duplicata e após a incubação foi realizada a quantificação das bactérias ácido-láticas (18). Para a quantificação de *Streptococcus thermophillus,* foi utilizado o ágar M17 que foi incubado a 37 ºC por 48 horas em aerobiose. Para quantificação do *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus* foi utilizado o ágar MRS acidificado com ácido acético glacial até atingir pH 5,4 e incubado a 37 ºC por 72 horas em anaerobiose. Nas jarras utilizadas na incubação das placas foram utilizados gerador e indicador de anaerobiose (6).

*Análises físico-químicas dos queijos*

A determinação do pH, acidez titulável, gordura e umidade dos queijos maturados foram realizadas, em triplicata, de acordo com Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal (19).

*Análises estatísticas*

As amostras foram analisadas em triplicata, e os dados obtidos nas análises físico-químicas foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey para comparação entre médias, considerando-se um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

*Avaliação microbiológica dos queijos*

As bactérias ácido-láticas (BALs) são microrganismos reconhecidos pela capacidade de fermentar a lactose, produzindo predominantemente ácido lático. Podem ser classificadas em homofermentativas, quando o ácido lático é o principal ou único produto da fermentação, ou heterofermentativas, quando, além do ácido lático, produzem outros metabólitos, como etanol, dióxido de carbono e compostos voláteis que contribuem para o sabor e o aroma característicos de produtos lácteos fermentados (20).

A quantificação de BALs em queijos maturados é fundamental tanto sob a perspectiva tecnológica devido à sua atuação na maturação, textura e desenvolvimento de sabor, quanto sob os aspectos de qualidade sensorial e segurança microbiológica, uma vez que essas bactérias podem inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis por meio da produção de ácidos orgânicos, bacteriocinas e outras substâncias antimicrobianas. Na Tabela 1 são apresentados os resultados da contagem de bactérias ácido-láticas nas amostras de queijos maturados, utilizando-se os meios de cultura seletivos MRS e M17, específicos para o isolamento de diferentes grupos de BALs.

Tabela 1 – Contagem de bactérias láticas em amostras de queijos artesanais.

| Amostras | Meios de Cultura | |
|---|---|---|
| | MRS (UFC/g) | M17 (UFC/g) |
| **A** | $4{,}1 \times 10^{6}$ | $1{,}5 \times 10^{6}$ |
| **B** | $< 2{,}5 \times 10^{2*}$ | $1{,}4 \times 10^{5}$ |
| **C** | $< 2{,}5 \times 10^{2*}$ | $< 2{,}5 \times 10^{2*}$ |
| **D** | $< 2{,}5 \times 10^{2*}$ | $< 2{,}5 \times 10^{2*}$ |

*(Estimado); UFC (Unidade Formadora de Colônia).

A comparação entre os resultados obtidos nos plaqueamentos realizados com os meios MRS e M17 revela diferenças significativas na composição e viabilidade da microbiota lática presente nas amostras de queijos artesanais maturados avaliadas. O meio MRS, formulado para o crescimento preferencial de bacilos ácido-láticos (como *Lactobacillus* spp.), evidenciou que apenas a amostra A apresentou contagem expressiva de BALs ($4{,}1 \times 10^{6}$ UFC/g), enquanto as amostras B, C e D mostraram

contagens inferiores ao limite de detecção do método (< 2,5 × $10^2$ UFC/g). Isso sugere que, nas amostras B, C e D, há uma baixa presença ou ausência de bacilos láticos viáveis, o que pode indicar fermentações incompletas ou falhas no processo de maturação.

Já no meio M17, seletivo principalmente para cocos ácido-láticos (como *Lactococcus* spp. e *Streptococcus* spp.), a amostra A manteve-se com alta contagem (1,5 × $10^6$ UFC/g), enquanto a amostra B apresentou crescimento mais expressivo do que no MRS (1,4 × $10^5$ UFC/g), sugerindo uma predominância de cocos láticos sobre bacilos nessa amostra. As amostras C e D, por sua vez, permaneceram abaixo do limite de detecção também nesse meio, reforçando a baixa atividade microbiológica ou possíveis inibições durante o processo de fabricação.

Os resultados descritos na Tabela 1 indicam que a amostra A possui uma microbiota mais rica e diversificada, composta tanto por bacilos quanto por cocos láticos, o que é desejável em queijos maturados por favorecer o desenvolvimento de atributos sensoriais complexos. A amostra B, embora com baixa contagem em MRS, demonstrou presença considerável de cocos em M17, sugerindo um perfil microbiano mais restrito. Por fim, as amostras C e D apresentaram escassa presença de BALs em ambos os meios, o que pode comprometer tanto a qualidade quanto a segurança do produto.

As diferenças verificadas entre os resultados obtidos nos dois meios de cultura avaliados (MRS e M17) também reforça a importância de utilizar diferentes substratos seletivos na avaliação microbiológica de queijos, uma vez que cada meio favorece grupos distintos de BALs, permitindo uma caracterização mais abrangente da microbiota presente.

As bactérias ácido-láticas (BAL) são microrganismos amplamente reconhecidos por atuarem como culturas iniciadoras na fermentação do leite, desempenhando papel essencial na produção de queijos e outros derivados lácteos (21). Segundo Han et al. (22), a taxa de acidificação promovida por essas bactérias é um dos principais critérios tecnológicos a serem considerados, uma vez que influencia diretamente a coagulação do leite, a textura e o desenvolvimento do sabor em produtos fermentados, como queijos e iogurtes.

Uma das bactérias ácido-láticas de maior relevância no processamento de queijos é a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Segundo Furtado (23), Liu et al. (24) e Zheng et al. (25), esse microrganismo é amplamente utilizado na elaboração de produtos lácteos fermentados, sendo importante não apenas pela sua capacidade de produzir ácido lático, mas também por sua ação na hidrólise proteica, que resulta na

liberação de diversos compostos, como substâncias aromáticas e peptídeos com potenciais atividades biológicas.

De acordo com Santos (26), *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, quando presente no leite em associação com *Streptococcus thermophilus*, estabelece uma relação simbiótica. *S. thermophilus* acidifica rapidamente o meio, reduzindo o pH a níveis ideais para o crescimento de *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, que, por sua vez, possui um sistema proteolítico altamente eficiente, degradando a caseína e os peptídeos presentes no leite e fornecendo aminoácidos e peptídeos livres que favorecem o crescimento de *S. thermophilus* (27).

As bactérias *Streptococcus thermophilus* também desempenham um papel fundamental na indústria de laticínios. Além da produção de ácido lático durante a fermentação do leite, essa espécie apresenta características tecnológicas desejáveis, como a metabolização da galactose, atividade proteolítica e ureática, além de produzir compostos de interesse funcional, como exopolissacarídeos, bacteriocinas, biossurfactantes e vitaminas (28, 29). Segundo Furtado (23), o acúmulo de ácido lático ao longo da fermentação pode, gradualmente, inibir o crescimento de *S. thermophilus*, evidenciando a importância do equilíbrio entre os microrganismos durante o processo fermentativo.

*Análises físico-químicas dos queijos*

A avaliação das características físico-químicas dos queijos é essencial para assegurar a qualidade, segurança e padronização do produto, influenciando diretamente atributos sensoriais como textura e sabor. Além disso, esses parâmetros ajudam a garantir o cumprimento das normas regulamentadoras. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos das análises físico-químicas das amostras de queijos maturados avaliados.

Tabela 2 – Análises físico-químicas das amostras de queijos maturados.

| Amostras | pH | Acidez (ºD) | Gordura (%) | Umidade (%) |
|---|---|---|---|---|
| **A** | 5,62[a] | 19,71[a] | 39,00[a] | 21,67[a] |
| **B** | 5,56[a] | 20,23[a] | 37,00[a] | 25,80[a] |
| **C** | 5,50[a] | 14,71[b] | 33,00[b] | 21,47[a] |
| **D** | 5,67[a] | 15,35[b] | 34,67[b] | 31,37[a] |

*Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Dentre as amostras avaliadas, os valores de pH apresentaram variação estreita, entre 5,50 e 5,67, sem diferenças significativas ao nível de 5% ($p > 0,05$). O pH dos queijos pode variar devido à diversidade de culturas láticas presentes no leite, que influenciam diretamente na produção de ácido lático no produto final (30). Além disso, a variação do pH ao longo do tempo está relacionada à capacidade tamponante do queijo, que depende da concentração de proteínas e sais minerais presentes na matriz (31).

Os valores de acidez titulável variaram de 15,35 a 20,23°D. As amostras A e B não diferiram significativamente entre si, mas apresentaram valores significativamente maiores do que as amostras C e D, que também não diferiram entre si ($p < 0,05$). A acidez está diretamente associada à produção de ácido lático pela fermentação da lactose pelas bactérias ácido-láticas, o que reduz o pH e provoca a expulsão do soro da massa durante a fabricação e o início da maturação (32). Segundo Dores (33), a acidez pode ser influenciada por diversos fatores, como a microbiota presente no leite cru, a composição e atividade do pingo utilizado, o processo de dessoragem da massa, além do teor de sal, umidade e estágio de maturação do queijo.

Quanto ao teor de gordura, os resultados variaram entre 33,00% e 39,00%. A amostra A apresentou o maior teor, destacando-se, enquanto as amostras A e B não apresentaram diferenças significativas entre si, diferindo das amostras C e D, que também não diferiram estatisticamente ($p < 0,05$). Os teores encontrados classificam esses queijos como semi-gordos (25,0 a 44,9%), conforme o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos (2). A gordura é um componente que naturalmente sofre variações, influenciada pela estação do ano, alimentação, estágio de lactação e raça dos animais (34). Além disso, Johnson & Law (35) destacam que o teor de gordura é determinante para a textura e outras características físico-químicas do queijo.

Os valores de umidade não apresentaram diferenças significativas entre as amostras ($p > 0,05$). De acordo com a Portaria nº 146 (2), as amostras podem ser classificadas como queijos de baixa umidade, geralmente associados a queijos de massa dura, que apresentam umidade até 35,9%. Oliveira (36) relata que o teor de umidade está relacionado ao tempo de conservação do queijo, sendo que queijos mais desidratados tendem a ser mais firmes e possuem maior vida útil, mesmo em condições adversas. Além disso, Oliveira (37) ressalta que a época de fabricação também exerce influência significativa na composição dos queijos, uma vez que altos teores de umidade favorecem reações bioquímicas como a proteólise, que impactam diretamente o

processo de maturação e o perfil sensorial do produto. mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que foi possível quantificar as bactérias ácido-láticas nas amostras de queijos maturados avaliados, evidenciando a multiplicação desses microrganismos ao longo do processo de maturação. As bactérias ácido-láticas desempenham papel fundamental na elaboração e maturação dos queijos, contribuindo não apenas para a produção de ácido lático, que atua como agente bioprotetor contra diversos microrganismos indesejados, mas também promovendo a hidrólise proteica, a qual gera compostos importantes para o desenvolvimento sensorial do produto.

A caracterização físico-química das amostras apresentou valores compatíveis com a literatura e em conformidade com a legislação vigente. Parâmetros como acidez, pH, teor de gordura e umidade influenciam diretamente as características sensoriais do queijo. A combinação do baixo teor de umidade com a elevada acidez favorece a proteção do produto contra a proliferação microbiana, garantindo sua qualidade e segurança. Este estudo destacou a importância das bactérias ácido-láticas na produção de queijos maturados, especialmente pelo seu papel na proteção microbiológica e no desenvolvimento das propriedades físico-químicas e sensoriais desejáveis no produto final.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Federal de Sergipe, ao Instituto Tecnológico de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) pelo apoio, ao Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais Campus Rio Pomba e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio concedido por meio do Edital Conjunto nº 3/2024 (Programa de Extensão Universitária na Pós-Graduação – PROEXT-PG).

## REFERÊNCIAS

1. ANDRADE, J. S. Conservação de frutas por tratamento térmico. 2006.

2. BRASIL. Portaria nº 146, de 7 de março de 1996. Aprova padrões microbiológicos, físicos e químicos para leite e derivados. Diário Oficial da União, Brasília, 11, p. 3977-3986, 1996.

3. FREITAS, M. P. Avaliação microbiológica de queijos artesanais produzidos na cidade de Taió, Santa Catarina. **Saúde e Meio Ambiente: Revista Interdisciplinar**, v. 4, n. 2, p. 103-114, 2015.

4. DIAS, B. F.; SILVA, A. C. R.; SOUZA, F. A. Qualidade microbiológica e físico-química de queijo minas frescal artesanal e industrial. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 3, p. 57-64, 2016.

5. POWELL, I. B.; BROOME, S. J.; LIMSOWTIN, G. K. Y. Advances in food and beverage microbiology. 1. ed. London: Springer, 2011.

6. SILVA, N.; FERREIRA, A.; SOUZA, P. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** 3. ed. São Paulo: Varela, 2007. 317 p.

7. BROMBERG, R.; LEITE, A. M. O.; DE PAULA, A. E.; DOS SANTOS, M. F. Características da bacteriocina produzida por *Lactococcus lactis* ssp. *hordniae* CTC 484 e seu efeito sobre *Listeria monocytogenes* em carne bovina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 135-144, jan./mar. 2006.

8. PIARD, J. C.; LE LOIR, Y.; POQUET, I.; LANGELLA, P. Bactérias lácticas: as bactérias lácticas no centro de novos desafios tecnológicos. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Encarte Especial, 2011.

9. SCHNURER, J.; MAGNUSSON, J. Lactic acid bacteria in food preservation and health: current perspectives and future potential. **Journal of Applied Microbiology**, v. 99, n. 2, p. 343-351, 2005.

10. ALMEIDA, R. C. Caracterização bioquímica e genética de bactérias lácticas isoladas de queijo serrano. 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2007.

11. TAMIME, A. Y. Microbiology of starter cultures. In: ROBINSON, R. K. (Ed.). Dairy microbiology handbook. 3. ed. New York: John Wiley and Sons, 2002. p. 261-347.

12. JENSEN, H.; JENSEN, P.; MADSEN, M. *In vitro* testing of commercial and potential probiotic lactic acid bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, v. 153, n. 2-3, p. 216-222, 2012.

13. LIMA, C. P. de; COSTA, A. R.; SANTOS, R. M. Resistência de bactérias ácido-láticas a bacteriófagos provenientes de unidades de processamento de queijo coalho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 6, p. 1117-1122, jun. 2012.

14. JÚNIOR, L. C. G. C.; RODRIGUES, A. M.; ALMEIDA, C. A. Maturação do queijo minas artesanal da microrregião Campo das Vertentes e os efeitos dos períodos seco e chuvoso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 2, p. 111-120, 2014.

15. CRUZ, A. G.; ZACARCHHENCO, P. B.; OLIVEIRA, C. A. F.; CORASSIN, C. H. **Processamento de produtos lácteos: queijos, leites fermentados, bebidas lácteas, sorvete, manteiga, creme de leite, doce de leite, soro em pó e lácteos funcionais.** Vol. 3. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2017. 330 p.

16. STEELE, J.; BROADBENT, J.; KOK, J. Perspectives on the contribution of lactic acid bacteria to cheese flavor development. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 24, n. 2, p. 135-141, 2013.

17. SLATTERY, M.; RUSSELL, J.; DOHERTY, J. Lactic acid bacteria and food safety: advances and challenges. Food Microbiology, v. 27, n. 1, p. 24-32, 2010.

18. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. Standard methods for the microbiological examination of foods. Washington: APHA, 2004.

19. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de métodos oficiais para análise de alimentos de origem animal. Brasília: MAPA, 2017. 140 p.

20. JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. **Modern food microbiology**. 7. ed. New York: Springer Science & Business Media, 2008.

21. SANTOS, F. A. A.; LAMOUNIER, M. A.; TEIXEIRA, N. de C. Produção do queijo minas artesanal no Serro. **Revista Pensar Gastronomia**, v. 3, n. 2, p. 45-56, 2017.

22. HAN, Y.; LI, Z.; CHEN, X.; WANG, J. Effect of lactic acid bacteria strains on acidification rate in milk fermentation. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 4, p. 1840-1849, 2014.

23. FURTADO, M. M. **Queijos duros**. São Paulo: Ed. Setembro, 2011.

24. LIU, E.; YANG, Y.; ZHANG, L. A model of proteolysis and amino acid biosynthesis for *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* in whey. **Current Microbiology**, v. 65, n. 6, p. 742-751, 2012.

25. ZHANG, H.; WANG, X.; ZHANG, Y.; WANG, X. The association of biofilm formation with antibiotic resistance in lactic acid bacteria from fermented foods. **Journal of Food Safety**, v. 33, n. 2, p. 114-120, 2013.

26. SANTOS, C. L. A. Caracterização de segurança e tecnológica de bactérias acidoláticas termofílicas autóctones e aplicação em queijo parmesão. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

27. SETACHAIMONGKON, S.; PARKINSON, J. A.; VAN DEN HEUVEL, A. J.; REED, S. H. Influence of different proteolytic strains of *Streptococcus thermophilus* in co-culture with *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* on the metabolite profile of set-yoghurt. **International Journal of Food Microbiology**, v. 177, p. 29-36, 2014.

28. IYER, R.; TENG, K. K.; RAMAN, S. *Streptococcus thermophilus* strains: multifunctional lactic acid bacteria. **International Dairy Journal**, v. 20, n. 3, p. 133-141, 2010.

29. UMAMAHESWARI, T.; RAJARAM, S.; RANGASAMY, K.; ARUNACHALAM, S. *Streptococcus thermophilus* strains of plant origin as dairy starters: isolation and characterisation. **International Journal of Dairy Technology**, v. 67, n. 1, p. 117-122, 2014.

30. BONFIM, J. M.; SILVA, R. R. da. Caracterização físico-química de queijo maturado por culturas autóctones. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

31. NARIMATSU, K.; TANAKA, T.; YAMADA, T. Buffer capacity of cheese and its effect on pH changes during ripening. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 4, p. 1322-1332, 2003.

32. SOUSA, A. Z. B.; SILVA, J. R.; SOUZA, F. A. Aspectos físico-químicos e microbiológicos do queijo tipo coalho comercializados em estados do Nordeste do Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 81, n. 1, p. 30-35, 2014.

33. DORES, M. T. Enterotoxigenicidade de *Staphylococcus aureus* isolados de queijo Minas artesanal da Canastra. 2013. 78 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

34. FERRAZ, W. M. Queijo Minas artesanal da Serra da Canastra: influência do ambiente sobre a maturação. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Campus Rio Pomba, Minas Gerais, 2016.

35. JOHNSON, M. E.; LAW, B. A. **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology**. 4. ed. London: Elsevier Academic Press, 2010.

36. OLIVEIRA, J. S. **Queijo: fundamentos tecnológicos**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia / Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, 1981. 233 p.

37. OLIVEIRA, M. A. Influência da época de fabricação nas características físico-químicas de queijos. Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 10, n. 1, p. 22-28, 2010.

# AVALIAÇÃO HIGIÊNICO-SANITÁRIA E FÍSICO-ESTRUTURAL DE UNIDADES DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO HOSPITALAR DO ESTADO DA PARAÍBA

# HYGIENIC, SANITARY AND PHYSICAL-STRUCTURAL ASSESSMENT OF HOSPITAL FOOD AND NUTRITION UNITS IN THE STATE OF PARAÍBA

**DOI: 10.65747/conali2025v1c26**

**Yasmin Diniz de Morais[1]; Aline Diniz Barbosa Arriel[2]; Aluska da Silva;[3] Yago Kennedy Claudino Martins**[4]; **Raiane da Silva Pereira**[5]; **Deyzi Santos Gouveia**[6]

[1] Estudante do Curso de engenharia de alimentos - CTRN – UFCG; [2] Estudante do Curso de engenharia de alimentos - CTRN – UFCG; [3] Estudante do Curso de engenharia de alimentos - CTRN – UFCG; [4] Estudante do Curso de engenharia de alimentos - CTRN – UFCG; [5]Estudante do Curso de engenharia de alimentos - CTRN – UFCG; [6] Docente/pesquisador do Unidade Acadêmica de Engenharia de alimentos – CTRN - UFCG.

Contato: yasmindm67@gmail.com

**Resumo:** A fiscalização de estabelecimentos manipuladores de alimentos utilizam ferramentas para garantir a entrega de um alimento seguro e de qualidade. As Resoluções da Diretoria Colegiada (RDC) são artifícios adequados nesse processo. Assim, no presente estudo objetivou-se verificar a cadeia produtiva e estrutural das unidades de alimentação e nutrição (UANs) hospitalar de 3 estabelecimentos de saúde avaliando a conformidade das condições de manipulação e fabricação de alimentos. Trata-se de pesquisa de campo descritiva e observacional quantitativa e qualitativa, com aplicação do *checklist* disposto na RDC n°275/2002, em copas e cozinhas hospitalares no Estado da Paraíba. Dentre os estabelecimentos visitados, dois enquadram-se na categoria “regular” e a terceira “ruim”, após a aplicação do checklist, além disso as categorias mais defasadas são “Equipamentos e Utensílios” e “Documentação”. Deste modo é fundamental que os hospitais adotem medidas corretivas eficazes, para assim garantir a segurança alimentar e o bem-estar dos usuários desses espaços.

**Palavras–chave:** boas práticas de fabricação; higiene; segurança alimentar.

**Abstract:** Food processing establishments are inspected using tools to ensure the delivery of safe, high-quality food. Collegiate Board Resolutions (RDC) are appropriate tools in this process. Therefore, this study aimed to verify the production and structural structure of hospital food and nutrition units (FNUs) in three healthcare facilities, assessing compliance with food handling and manufacturing conditions. This is a descriptive and observational, quantitative and qualitative field study, applying the checklist established in RDC No. 275/2002, in hospital kitchens and pantries in the state of Paraíba. Among the establishments visited, two were classified as "fair" and the third as "poor" after applying the checklist. Furthermore, the most outdated categories were "Equipment and Utensils" and "Documentation." Therefore, it is crucial that hospitals adopt effective corrective measures to ensure food safety and the well-being of their users.

**Keywords:** food safety; good manufacturing practices; hygiene.

## INTRODUÇÃO

As Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs) são frequentes em todo mundo e representam uma preocupação significativa para a saúde pública, sendo resultado da má manipulação de alimentos e podendo desencadear surtos de doenças em estabelecimentos alimentícios (1, 2).

No Brasil, entre 2013 e 2022 foram notificados 6523 surtos de doenças transmitidas por alimentos, com mais de 107 mil pessoas adoecidas, 12722 hospitalizações e 112 obitos confirmados. Os principais agentes ligados a essas ocorrências no Brasil são: *Escherichia coli* (32,3%), *Salmonella spp.* (10,9%) e *Staphylococcus sp.* (10,8%), comuns em alimentos de origem animal mal-cozidos ou manipulados como falha no controle de temperatura. Higiene pessoal (3).

A alimentação segura é um direito expresso pela constituição brasileira e visa entregar à população refeições de qualidade microbiológica, nutricional e sensorial. Os ambientes encarregados de fabricar, manipular e comercializar alimentos devem atender normas sanitárias para assegurar que o produto não cause nenhum dano ao consumidor (4).

Neste contexto, todo e qualquer local de trabalho que visa produzir e fornecer refeições para pessoas sadias ou enfermas, com destaque para as Unidades de Alimentação e Nutrição (UANs) hospitalares, devem ter como objetivo oferecer refeições nutritivas e dentro dos padrões higiênico-sanitários, auxiliando na manutenção ou recuperação do estado de saúde do comensal (5, 6).

Sob o ponto de vista da responsabilidade institucional, os hospitais têm obrigação ética e legal de garantir ambientes alimentares seguros a pacientes, acompanhantes e trabalhadores. A informalidade na operação de cantinas hospitalares — muitas vezes ligadas à terceirização sem licença sanitária ou quadro técnico qualificado — amplia o risco de incidentes, tanto sanitários quanto legais.

Uma das estratégias para garantir a entrega de qualidade é a adesão de Boas Práticas de Fabricação (BPFs), ou seja, todas as medidas que devem ser tomadas com o alimento desde a matéria prima até o produto. Essas diretrizes, que visam garantir a qualidade na produção e preparo de alimentos, tanto em estabelecimentos como em serviços de alimentação, são estabelecidas pelas portarias n° 1428/93-MS, n° 326/97-SVS/MS, RDC ANVISA n° 275/02 e RDC ANVISA n° 216/04 (6).

As normas brasileiras, como as RDC nº 275/2002 (boas práticas para serviços de alimentação) e outras resoluções que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) emite, definem critérios para higiene, manipulação, armazenamento e comercialização de alimentos. Contudo, sua aplicação consistente ainda é um desafio prático em vários contextos. Em serviços de saúde, como destacam estudos feitos em São Paulo, a falta de treinamento adequado dos

manipuladores (incluindo falhas na higienização das mãos ou vestimenta inadequada) está relacionada a um risco elevado de DTAs. (7)

Outra estratégia fundamental é a adoção dos Procedimentos Operacionais Padrões (POPs), que são documentos organizacionais compostos por informações detalhadas de processos, permitindo que qualquer um execute uma operação de forma eficaz e consistente, garantindo a qualidade e segurança em todas as etapas (2). De acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada nº 275/2002 (RDC nº 275/2002), a elaboração de POPs é obrigatória nos estabelecimentos produtores de alimentos.

Assim, a qualidade dos alimentos está relacionada à qualidade de sua produção. Por essa razão, é preciso verificar e apontar os erros e acertos nos processos de produção de alimentos, sugerindo soluções e melhorias para aprimorá-los. Sendo assim, uma ferramenta utilizada para avaliar o nível de conformidade em estabelecimentos alimentícios é a aplicação do *checklist* disponível no anexo da RDC n°275/2002.

A RDC n°275/2002 dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para serviço de alimentação, sendo uma ferramenta de inspeção e autocontrole que reúne principais requisitos higiênico-sanitário que os estabelecimentos que manipulam alimentos devem atender. Ele serve para uso e fiscais da vigilância sanitária quanto para os responsáveis técnicos dos estabelecimentos, podendo gerar uma autoavaliação sistemática.

Finalmente, a alimentação ofertada nessas cantinas impacta diretamente no bem-estar e recuperação dos pacientes. Um alimento contaminado ou nutricionalmente inadequado pode agravar quadros clínicos e comprometer a dignidade do atendimento, o objetivo deste estudo foi avaliar a conformidade das condições de manipulação e fabricação de alimentos, a partir do *checklist* disposto na RDC n°275/2002, em copas e cozinhas hospitalares no Estado da Paraíba.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de campo de natureza descritiva e observacional, com abordagem quantitativa e qualitativa, cujo objetivo foi avaliar as condições higiênico-sanitárias e físico-estruturais de copas e cozinhas hospitalares em três municípios distintos do Estado da Paraíba. Para preservar a identidade institucional, os estabelecimentos foram codificados como H1, H2 e H3, respectivamente.

As visitas técnicas foram realizadas no período de abril a maio de 2024, com duração média de uma hora e meia cada, em horários estratégicos de menor movimento. Essa escolha visou minimizar o risco de contaminação, interferências nas rotinas alimentares e possíveis transtornos durante o funcionamento dos setores. Em todas as ocasiões, as visitas ocorreram com o

acompanhamento dos responsáveis técnicos dos estabelecimentos, garantindo maior confiabilidade no processo de coleta de informações.

A seleção dos hospitais obedeceu a critérios previamente estabelecidos: possuir alvará de funcionamento atualizado e estar localizado em áreas que atendem não apenas a população de Campina Grande, mas também municípios vizinhos, o que lhes confere relevância regional. Entre as instituições avaliadas, duas pertenciam à rede pública e uma à rede privada, o que permitiu contemplar diferentes contextos administrativos e operacionais.

Com o intuito de assegurar maior rigor metodológico, cada visita contou com a presença de pelo menos dois avaliadores. Essa estratégia buscou reduzir vieses individuais de interpretação e proporcionar uma revisão mais criteriosa dos tópicos analisados no checklist.

O instrumento adotado para a coleta de dados foi o checklist constante na Resolução RDC n° 275/2002 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), documento de referência para inspeções higiênico-sanitárias em serviços de alimentação. O preenchimento ocorreu com base em três possibilidades de resposta: “Sim”, quando o item estava em conformidade; “Não”, quando se observava não conformidade; e “Não se aplica”, nos casos em que o critério não era pertinente ao contexto hospitalar avaliado.

Os itens do checklist foram organizados em cinco categorias:

- **Categoria 1:** Edificação e instalações, englobando aspectos como condições estruturais, pisos, paredes, iluminação e pintura adequada.
- **Categoria 2:** Equipamentos, móveis e utensílios, avaliando o estado de conservação, limpeza, material de fabricação e segurança.
- **Categoria 3:** Manipuladores, contemplando requisitos relacionados à saúde dos funcionários, uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), uniformes e práticas de higiene pessoal.
- **Categoria 4:** Produção e transporte, destinada a indústrias de alimentos; muitos itens não foram aplicáveis às cozinhas hospitalares analisadas.
- **Categoria 5:** Documentação, que abrangeu registros de dedetização, controle de potabilidade da água, manutenção preventiva, capacitação dos funcionários e licenciamento conforme legislação vigente.

A análise quantitativa dos dados foi realizada em termos percentuais de conformidade, desconsiderando os itens classificados como “Não se aplica”. Posteriormente, com base nos parâmetros estabelecidos pela RDC n° 275/2002 (8), os hospitais foram enquadrados em três grupos de classificação, conforme exposto na **Tabela 1**:

Tabela 1 - Classificação dos estabelecimentos em grupos de acordo com a RDC n°275/2002.

| Grupo | Classificação | % de conformidade |
|---|---|---|
| 1 | Bom | 76 a 100% |
| 2 | Regular | 51 a 75% |
| 3 | Deficiente | 0 a 50% |

Fonte: Autores, 2025

Por fim, os dados coletados foram comparados entre os três estabelecimentos, permitindo identificar semelhanças e diferenças nas condições estruturais e higiênico-sanitárias de cada hospital. A análise estatística foi conduzida de forma descritiva, utilizando-se a porcentagem como medida central de avaliação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos na avaliação de conformidade dos três estabelecimentos hospitalares, de acordo com o checklist disposto na RDC n° 275/2002 (8), em forma de porcentagem de conformidade por item avaliado para cada cantina com sua respectiva classificação.

**Tabela 2 -** Resultado da conformidade dos estabelecimentos hospitalares e sua classificação de acordo com a RDC n° 275/2002.

| Item avaliado | % de conformidade / Classificação | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Estabelecimento Hospitalar: | | | | | |
| | H1 | | H2 | | H3 | |
| **Edificação e instalação** | 67,3 | Regular | 67,2 | Regular | 85,9 | Bom |
| **Equipamentos e utensílios** | 75 | Regular | 33,3 | Deficiente | 95 | Bom |
| **Higiene e manipulação** | 100 | Bom | 84,6 | Bom | 100 | Bom |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Produção e transporte dos alimentos** | 88,9 | Bom | 64,3 | Regular | 100 | Bom |
| **Documentação** | 58,3 | Regular | 0 | Deficiente | 92,8 | Bom |
| **MGE*** | 77,9 | Bom | 49,9 | Deficiente | 94,7 | Bom |

**MGE***: Média Geral dos Estabelecimentos
Fonte: autores, 2025

De acordo com a Resolução n° 216, de 15 de setembro de 2004, que dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação, se tratando da categoria 1, que representa “Edificações e Instalações", para essa resolução o dimensionamento da edificação e das instalações deve ser compatível com todas as operações, assim como os sistemas de ventilação devem garantir a renovação do ar.

Observou-se que apenas um dos estabelecimentos hospitalares apresentou a classificação de conformidade “bom” para essa categoria, sendo verificados alguns critérios que não estavam em conformidade para os três estabelecimentos avaliados. Foram observados alguns pontos críticos em todos os estabelecimentos hospitalares, como rachaduras nas paredes e pisos, presença de cantos vivos que facilitam o acúmulo de resíduos e sujidades nos cantos das paredes e pisos, e um dos estabelecimentos com telas de janelas danificadas.

De acordo com SANTOS (9), em sua avaliação de serviços de alimentação nas cidades de Olinda e Recife para o aspecto “condições estruturais e higiênicas” 2/4 dos estabelecimentos visitados foram classificados no grupo 3 que expressa alto risco sanitário. Além disso, QUEIROZ (10) também encontrou inconformidades nos estabelecimentos visitados na cidade de Santa Catarina, reforçando que problemas estruturais estão presentes em diferentes cidades, tipos de instalações e condições econômicas ao longo do país.

Na categoria 2, que se trata de “Equipamentos e Utensílios”, verifica-se que apenas o estabelecimento hospitalar H3 encontra-se dentro do padrão “bom” de conformidade, enquanto o estabelecimento H2 é classificado como “deficiente”.

Para o estabelecimento hospitalar H2, alguns pontos críticos foram identificados, levando-o a essa classificação: danos em superfícies de contato com alimentos, materiais não apropriados dos móveis e bancadas (tábuas de corte e colheres de madeira ou plásticos com ranhuras visíveis) e que não permitem fácil higienização, e o uso de utensílios sem materiais não contaminantes, armazenados de forma inadequada, entre outros.

Segundo ELIAS (11) as cantinas analisadas de acordo com a RDC obtiveram para o item 2 96,66% de conformidade apesar de no item 1 apresentar conformidade de apenas 66,95% o que demonstra a preocupação dos ambientes em adequar os aspectos de maior facilidade de resolução como utensílios e não estruturas cívicas (como a instalação por si só). O resultado positivo se repete para os restaurantes universitários alvo de estudo de SOUSA (12) que apresenta 100% de conformidade para os itens avaliados.

Para a categoria 3, “Higiene e Manipulação”, observou-se que os estabelecimentos H1 e H3 apresentaram 100% de conformidade, já o estabelecimento H2 foi o único a apresentar aspectos deficientes, como: uniformes de cores escuras e ausência de POP com adequada instrução de lavagem das mãos e demais hábitos de higiene. Segundo a Resolução n° 218/2005, os manipuladores devem possuir bom asseio pessoal, com ausência de acessórios, unhas curtas e limpas, ausência de barbas, cabelos presos e com toucas.

Todos os estabelecimentos hospitalares apresentaram funcionários com bom asseio pessoal, respeitando todas as normas de uso de equipamentos de proteção individual, como toucas de cabelo e sapatos antiderrapantes.

BRESOLIN (13) encontrou valores de 100% e 93,33% de conformidade para essa categoria e afirma que a maior parte da inadequação advinha da manipulação indevida das matérias-primas especialmente as perecíveis.

Conforme a RDC n° 218/2005 (14), é necessário que a recepção da matéria prima seja analisada tanto na aquisição quanto no recebimento, a fim de avaliar as condições higiênico-sanitárias e físicas desses produtos. Já de acordo com a RDC n° 216/2004 (15), as matérias-primas devem ser armazenadas em local limpo e organizado, adequadamente acondicionados e identificados, devem ser armazenados sobre paletes, estrados ou prateleiras, respeitando o espaçamento mínimo necessário para ventilação e limpeza, e com material liso, resistente, impermeável e lavável.

Considerando a categoria 4, que aborda a "Produção e transporte dos alimentos", o estabelecimento H3 demonstrou o maior índice de conformidade, seguido pelo H1, ambos classificados como "bom". Apenas o estabelecimento H2 apresentou irregularidades suficientes para ser classificado como "regular" nessa categoria, pois apresentou deficiências relacionadas às duas RDCs mencionadas, uma vez que tinham problemas relacionados ao bom funcionamento da câmara fria e dos refrigerados que acondicionavam os vegetais e alimentos de origem animal.

Com relação a categoria 5, “Documentação”, apenas o estabelecimento H1 apresentou porcentagem de conformidade suficiente para se enquadrar como “bom”. Os demais estabelecimentos apresentaram pontos deficientes. Em particular o estabelecimento H2, que apresentou falhas de implementação das documentações necessárias, marcando “não conforme” em todos os itens do *checklist* disposto na RDC n° 275/2002 (8), além de não fazer uso de POP,

que é um item obrigatório estabelecimentos de manipulação e produção de alimentos segundo esta resolução.

Além disso, alguma das categorias para o estabelecimento H2 eram desconhecidas pela responsável técnica (como a periodicidade da dedetização ou da análise de água), evidenciando a necessidade de capacitação e fiscalização mais efetiva para o ambiente de manipulação de alimentos.

SILVA (16) obteve 100% de conformidade para o parâmetro documentação, em oposição ao estudo de VAQUES e MADRONA em 2016 que encontraram apenas 54% de conformidade. Infelizmente a falta de padronização para o aspecto legislativo evidencia a deficiência da fiscalização efetiva e eficaz no âmbito alimentar tanto de serviço quanto produtores.

A Média Global, que representa um contexto geral dos estabelecimentos hospitalares, foi calculada fazendo-se uma média dos três valores obtidos para MGE*, sendo esse valor obtido expresso na tabela 3 abaixo.

**Tabela 3.** Resultado da Média Global obtida e sua classificação de acordo com a RDC n° 275/2002.

| | % de conformidade | Classificação |
|---|---|---|
| **Média Global** | 74,2 | Regular |

De acordo com a RDC n° 275/2002 (8), a Média Global calculada se enquadra como “Regular” nos padrões de conformidade, revelando que existem pontos críticos que demandam atenção, no que se refere aos padrões higiênico-sanitários e organizacionais desses estabelecimentos hospitalares. Assim é necessário um olhar mais criterioso para fiscalização desses estabelecimentos.

A importância de treinamento fica bem exposta no estudo de CORREA, (17) que compara a conformidade das categorias presentes na RDC antes e após aplicação de um treinamento nos funcionários e responsáveis técnicos, a ação teve como resposta a mudança positiva do aumento da conformidade, que passou de 22% a 28%, apesar do acréscimo de apenas 6% a melhoria ainda confirma a necessidade de conhecimento na área de BPF e maior fiscalização em estabelecimentos que fornecem alimento para a população.

## CONCLUSÕES

A fiscalização sanitária apresenta um papel estratégico e multifacetado nos serviços de alimentação hospitalar, atuando tanto de forma preventiva quanto educativa. No âmbito preventivo, destaca-se pela capacidade de identificar e corrigir não conformidades que podem comprometer a qualidade dos alimentos e favorecer a ocorrência de contaminações.

No aspecto educativo, contribui para o fortalecimento das práticas profissionais, por meio da orientação e capacitação contínua de manipuladores e gestores em temas centrais como Boas Práticas de Fabricação (BPF), Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), qualificação e monitoramento de fornecedores, além da adoção de procedimentos de rastreabilidade.

Os resultados obtidos neste estudo revelaram que, entre os três hospitais avaliados, apenas dois alcançaram classificação satisfatória segundo os critérios estabelecidos pela RDC n° 275/2002 (8). A Média Global, enquadrada na categoria de conformidade “Regular”, sinaliza a necessidade de intensificação da fiscalização sanitária e de investimentos específicos no setor. Essa realidade é particularmente relevante quando se considera que os hospitais têm como função essencial a preservação, a promoção e a recuperação da saúde, o que torna inaceitável a existência de falhas que possam colocar em risco a segurança alimentar de seus usuários.

Observou-se que os itens referentes a equipamentos, móveis e utensílios (categoria 2) e documentação (categoria 5) foram os que apresentaram piores índices de conformidade. Essa situação evidencia um desafio estrutural que transcende a atuação direta dos responsáveis técnicos e manipuladores, uma vez que as melhorias dependem frequentemente de investimentos institucionais vinculados a recursos públicos. A escassez ou a má distribuição

## REFERÊNCIAS


1. ARAÚJO, E. F. M.; SOUZA, T. M. S. Boas práticas de fabricação e doenças transmitidas por alimentos em unidades de alimentação e nutrição: uma revisão de literatura. **Conexões Interdisciplinares,** v.1, n. 1, 2024.
2. VERÇOZA, A. B. B.; VASCONCELOS, N. B. R.; OLIVEIRA,L. H. S.; NASCIMENTO, A. S.; REZENDE, D. C.; BARBOSA, L. B.; CORDEIRO, L. L. L. R.; BARBOSA, R. L. Doenças transmitidas por alimentos e surtos alimentares: uma revisão. ***Brazilian Journal of Health Review,*** v.7, n.1, 2024.
3. **ROCHA, Mariana Kaline Sousa Fernandes; SOUZA, Leandro Alves de; REIS, Ana Clara Santos; CABRAL, Anandia Lohanny Vieira; BUENO, Bruna Bárbara Nogueira; NETO, Elias Avelino de Sousa; SILVA, Gisele de Sousa Absolon da; SOUSA, Heitor da Silva; COSTA, Naazzon Januario; SOUSA, Richardson Lima.** Doenças transmitidas por alimentos: um estudo de revisão das estratégias de intervenção em surtos e a importância da saúde pública. *Ciências da Saúde*, Rio de Janeiro, v. 29, ed. 145, p. –, 27 abr. 2025. doi:10.69849/revistaft/fa10202504270015.
4. MACHADO, C.C; SOUTO FILHO, S. N.; MARTIN, R. L.; TERRA, R. A.; MIRANDA, L. P. A.; SOUZA, C. S. H.; SILVA, D. B. S.; OLIVEIRA, R .B. S. **Aplicação De Check-List Para Avaliação Das Condições Higiênico-Sanitárias Em Panificadoras.** 2024. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/regulamentacao/agenda-regulatoria/2017-2020/temas/alimentos/arquivos/tema-4-12.pdf.

5. BRITO, B.M.; ALMEIDA, P.M.B.; BEZERRA, M.S. Avaliação Qualitativa de Cardápios eProposição de Receitas Nutritivas eSustentáveis em uma Unidade de Alimentação e Nutrição Hospitalar. **Saber Científico**,v. 12, n. 1, 2023.
6. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Biblioteca de Alimentos**. Brasília, 2021.
7. **TAPPES, Symonne Pereira; CHAVES FOLLY, Débora Cavalheiro; DA SILVA SANTOS, Gisele; DE AQUINO FEIJÓ, Camila; PUSTIGLIONE, Marcelo.** Food handlers and foodborne diseases: grounds for safety and public and occupational health actions = Doenças transmitidas por manipuladores de alimentos em serviços de saúde: subsídios para elaboração de ações de segurança e saúde pública e ocupacional. *Revista Brasileira de Medicina do Trabalho*, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 431–440, abr. 2020. ecollection 2019. doi:10.5327/Z1679443520190316.
8. BRASIL. Resolução RDC n° 275, de 21 de outubro de 2002. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, 2002.
9. SANTOS, Danuza Silva dos; SIQUEIRA, Thays Andrade; ARRUDA, Hayanna Adlley Santos de. **Avaliação das boas práticas em serviços de alimentação nas cidades de Olinda e Recife. Saúde-UNG, Guarulhos,** v. 19, n. 1, 2025. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10224395. Acesso em: 19 set. 2025.
10. Queiroz, Thaís Maria de Morais; Barbosa, Thaís Horrana Rodrigues; Moreira, Karen Rodrigues Rossas; Jacinto, Ianca Beatriz Soares; Torres, Ana Kilvia Evangelista; Campos, Natália Cavalcante Carvalho. **Análise das condições higiênicas e sanitárias em uma unidade de alimentação comercial.** Conexão Unifametro – XX Semana Acadêmica, ISSN 2357-8645. Universidade Fametro, 2024. Disponível em: https://grcmlesydpcd.objectstorage.sa-saopaulo-1.oci.customer-oci.com/p/OQwcvnO-c63O08Gc2Kv4OTbJttj5ik60dguiDIyyQ0wuo5SWn-jHOLW9wNbylNqI/n/grcmlesydpcd/b/dtysppobjmntbkp01/o/media/doity/submissoes/670d34b5-3398-49c3-8304-45940ae60102-correo-pdf-com-autoris-anlise-das-condies-higinicas-e-sanitrias-em-uma-unidade-de-alimentao-comercialpdf.pdf. Acesso em: 12 ago. 2025.
11. Elias, Matheus Soares; Reis, Willian Afonso de Oliveira dos; Silva, Bianca Carolina da; Souza, Carolina Soares Horta de. **Hygiene of food establishments in Southern Minas Gerais. Research, Society and Development,** v. 14, n. 5, p. e11314548898, 2025. DOI: 10.33448/rsd-v14i5.48898. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/48898. Acesso em: 12 ago. 2025.
12. Sousa, N. L. da S., Milfont, M. L. S. de O., Rocha, V. M. M., Alencar, M. de, Fidelis, R. L. R., Santos Júnior, J. G. de A., Gomes, S. A. B., & Barros, N. V. dos A. (2025). **Qualidade higiênico-sanitária e desperdício de alimentos de um restaurante universitário no nordeste brasileiro.** OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA, 23(7), e10648. https://doi.org/10.55905/oelv23n7-065
13. BRESOLIN, Taiane Kétlin; FASSINA, Patricia. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS DE UNIDADES DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO HOSPITALARES PERTENCENTES À MICRORREGIÃO DE GUAPORÉ – RIO GRANDE DO SUL. Revista Destaques Acadêmicos, Lajeado, RS, v. 14, n. 3, 2022. DOI: 10.22410/issn.2176-3070.v14i3a2022.3064. Disponível em: https://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/3064. Acesso em: 19 set. 2025.
14. BRASIL. Resolução RDC n° 218, de 29 de julho de 2005. **Dispõe sobre Regulamento Técnico de Procedimentos Higiênico-Sanitários para Manipulação de Alimentos e Bebidas Preparados com Vegetais**. ANVISA, Brasília. 2005.
15. BRASIL. Resolução n° 216, de 15 de setembro de 2004. **Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, 2004.
16. SILVA, Eliakim Aureliano da; SOUSA, Raniquele da Silva; OLIVEIRA, Emyle Horrana Serafim de; BEZERRA, Francisco das Chagas Leal; GONÇALVES, Saulo Venâncio da

Silva; SILVA, Tamiris Ramos; LUZ, Matheus Osvaldo da Silva; PINHEIRO, Mikaelly Batista; CARVALHO, Celma de Sousa; SPÍNDOLA, Maria Regina Santos; GOMES, Sintia Andrea Barbosa; SOUSA, Paulo Víctor de Lima. ***Analysis of the physical structure of a food and nutrition unit in Picos, Piauí.*** Research, Society and Development, (S. l.), v. 11, n. 1, p. e38911124943, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i1.24943. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24943. Acesso em: 19 set. 2025.

17. CORREA, Carla Beatriz Ferreira; CHAVES, Rafaela Cristiane Pantoja; MARTINS, Isabelle Christinne Vieira da Silva; COIMBRA, Lívia Muritiba Pereira de Lima; PORTO, Polliana Fernandes; DIAS, Luciana Pereira Pinto. **Avaliação das condições higiênico-sanitárias de uma unidade de alimentação e nutrição: um estudo de intervenção.** Disciplinarum Scientia | Saúde, São Luís, v. 22, n. 1, p. 153-164, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumS/article/view/3528. Acesso em: 19 set. 2025.

# ANÁLISE DE CONTAMINAÇÃO POR *Escherichia coli* EM CARNES MOÍDAS COMERCIALIZADAS NA CIDADE DE RIO BRANCO - ACRE

# ANALYSIS OF *Escherichia coli* CONTAMINATION IN GROUND MEATS COMMERCIALIZED IN THE CITY OF RIO BRANCO - ACRE

**DOI: 10.65747/conali2025v1c27**

**Vitoria Emily Penedo da Silva[1]; Nayher Henrique Vitoriano[2]; Andressa Marreiro[3]; Douglas Tavares da Costa[4]; Luciana da Conceição Castello Branco[5]**

[1]Estudante do Curso de Engenharia Agronômica - CCBN - UFAC; [5]Docente - CCBN – UFAC.
Contato: vitoria.emily@sou.ufac.br

**Resumo:** A carne bovina moída apresenta-se como um alimento de fácil preparo e de uso versátil. No acre a carne moída de segunda é comum nos açougues, sendo constituída por retalhos de cortes de carnes que não se adequam aos pedidos dos clientes, ou ainda pelo excedente de gordura das peças. Por ser um produto proveniente de um manuseio excessivo da carne, verifica-se uma curta vida de prateleira. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo quantificar a bactéria patogênica *Escherichia coli*, em carnes moídas de segunda de estabelecimentos comerciais de diferentes bairros do município de Rio Branco-Acre. As análises foram realizadas de acordo com as metodologias descritas na NBR ISO 6887-1:2024 e NBR ISO 16649-2:2022. Verificou-se que a maioria das amostras apresentou qualidade inaceitável e apenas 12% das amostras estavam com qualidade aceitável, conforme os padrões microbiológicos determinados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. A grande porcentagem de amostras com elevada contaminação por *Escherichia coli*, indicam falhas nas boas práticas que deveriam ser executadas pelos funcionários dos estabelecimentos comerciais que manuseiam carne bovina, evidenciam a necessidade de capacitação e elevado risco de infecção alimentar ao qual a população Rio-Branquense está exposta. Conclui-se neste trabalho que a carne moída da maioria dos estabelecimentos do município de Rio Branco, apresentam elevada quantidade de *Escherichia coli* sendo necessário maior rigor no cumprimento das boas práticas de manipulação de alimentos.

**Palavras–chave:** carne bovina crua; higiene; vigilância Sanitária.

**Abstract:** Ground beef is a food that is easy to prepare and highly versatile. In Acre, ground beef sold in butcher shops is often made from trimmings of meat cuts that do not meet customer specifications or from excess fat. Due to the extensive handling involved in its preparation, this product tends to have a short shelf life. Therefore, this study aimed to quantify the pathogenic bacterium *Escherichia coli* in ground beef from commercial establishments in different neighborhoods of the city of Rio Branco, Acre. The analyses were carried out in accordance with the methodologies described in NBR ISO 6887-1:2024 and NBR ISO 16649-2:2022. It was found that most samples exhibited unacceptable quality, with only 12% meeting the acceptable standards established by the National Health Surveillance Agency (ANVISA). The high percentage of samples with elevated *Escherichia coli* contamination indicates failures in good practices that should be followed by employees handling beef in commercial establishments. This highlights the need for proper training and the significant risk of foodborne infections to which the population of Rio Branco is exposed. This study concludes that ground beef from most establishments in the municipality of Rio Branco contains high levels of *Escherichia coli*, underscoring the need for stricter compliance with good food handling practices.

**Keywords:** sanitary surveillance; higiene; raw beef.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos mais importantes produtores de carne bovina do mundo. De acordo com dados da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (1), divulgados em 2025, o país exportou 2,89 milhões de toneladas de carne bovina, o que corresponde a um aumento superior a 26% em comparação ao volume registrado em 2023. Esse crescimento expressivo também se refletiu no faturamento, que atingiu US$ 12,8 bilhões, representando um acréscimo de aproximadamente 22% em relação ao ano anterior.

A carne é uma importante fonte de nutrientes, destacando-se pelo elevado teor de proteínas, aminoácidos essenciais, vitaminas do complexo B e sais minerais. No entanto, sua composição nutricional rica, cria um ambiente favorável ao crescimento de microrganismos patogênicos, o que exige cuidados rigorosos quanto à sua manipulação e conservação (2).

Dentre os produtos cárneos, a carne moída destaca-se por sua ampla aceitação no mercado consumidor, atribuída principalmente à sua praticidade no preparo, versatilidade e custo relativamente acessível (3). Carne moída é um produto cárneo cru obtido a partir da moagem de massas musculares de carcaças bovinas, seguida de imediato congelamento ou resfriamento, ao qual não é permitida a adição de carnes oriundas de raspas de ossos e carnes mecanicamente separadas, bem como a adição de aditivos ou coadjuvantes (4).

Os produtos de origem animal (POA), como a carne moída, exigem cuidado rigoroso na manipulação devido ao alto risco de contaminação ao longo da cadeia produtiva. Esse risco está associado à maior área de exposição, ao intenso manuseio envolvido no processamento e à característica de ser um produto cárneo fracionado. Além disso, condições sanitárias inadequadas, como a utilização de equipamentos e utensílios mal higienizados, representam um fator crítico que contribui significativamente para o aumento do risco de contaminação cruzada durante o processamento de alimentos (5).

Embora a procedência do alimento, bem como a higiene do ambiente e dos manipuladores, sejam aspectos fundamentais para a aquisição segura de produtos cárneos, a realidade socioeconômica brasileira muitas vezes direciona as escolhas dos consumidores em outra direção. O consumo de carne moída, por exemplo, está diretamente relacionado ao nível econômico dos indivíduos, sendo mais frequente entre aqueles de menor poder aquisitivo, chegando a ser consumida até sete vezes mais do que entre indivíduos de classes sociais mais altas (6). Em contextos de vulnerabilidade econômica, o preço tende a ser o principal fator determinante na decisão de compra, em detrimento de critérios como qualidade, procedência e condições sanitárias (7, 8).

Na cadeia produtiva da carne, o açougue representa um elo fundamental entre as etapas de armazenamento, manipulação e processamento até o consumidor final. Nesse contexto, torna-se imprescindível a adoção de medidas rigorosas de prevenção e controle sanitário, com o objetivo de

minimizar os riscos de contaminação e, consequentemente, prevenir agravos à saúde pública, como as Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTAs) (9).

A presença de microrganismos na carne, especialmente quando consumida crua ou malcozida, pode causar sérios problemas de saúde, como as Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA). Isso se deve à composição da carne, que apresenta alta umidade e pH favorável ao desenvolvimento de microrganismos patogênicos, como Salmonella spp., *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* (10). Esses patógenos estão entre os principais agentes causadores de surtos de contaminação alimentar, gerando grande preocupação para os órgãos de vigilância sanitária.

Dados do Ministério da Saúde e da Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente mostram que, entre 2014 e 2023, a *Escherichia coli* foi o agente etiológico mais identificado em surtos de DTH's no Brasil, representando cerca de 34,8% dos 1.644 surtos analisados. A transmissão ao ser humano ocorre, entre outras formas, pelo consumo de carne bovina contaminada. Essa bactéria pode provocar desde quadros leves de diarréia até colite hemorrágica e síndrome hemolítico-urêmica (11,12).

Diante disso, é fundamental a análise da qualidade microbiológica da carne moída, dado seu amplo consumo e o potencial risco à saúde pública. Reforça-se também a necessidade de fiscalização rigorosa sobre as boas práticas de fabricação em açougues e casas de carnes. Em muitos casos, o aumento da contaminação microbiológica está relacionado ao desconhecimento ou negligência dos manipuladores quanto às práticas higiênico-sanitárias, além das condições inadequadas nos locais de produção, distribuição e comercialização dos produtos (13).

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi quantificar a bactéria patogênica *Escherichia coli*, em carnes moídas de segunda de estabelecimentos comerciais de diferentes bairros do município de Rio Branco-Acre, fornecendo dados para órgãos de fiscalização e promover a comercialização de alimentos seguros no município.

## MATERIAL E MÉTODOS

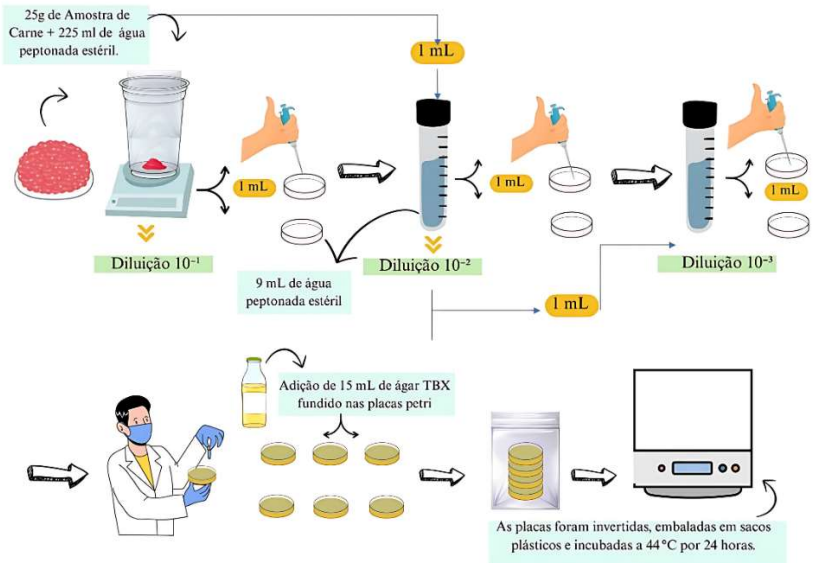
### Obtenção das amostras

Foram adquiridas 25 amostras de carne moída de segunda, na modalidade consumidor final, de açougues, casas de carnes e super mercados de diferentes bairros do município de Rio Branco - Acre. As amostras foram acondicionadas em isopor com gelo reciclável, até a chegada no laboratório de análise de alimentos - CASTLE LABORATORY. As amostras foram acondicionadas em refrigerador (5-8 ºC), até o momento da análise. O período máximo de aquisição das amostras, até o início da análise no laboratório, não ultrapassou 24 horas.

**Preparo das diluições**

A diluição da amostra foi realizada conforme a NBR ISO 6887-1:2024. Foram pesados 25g da amostra previamente homogeneizada e transferidos para um saco plástico estéril, ao qual foram adicionados 225 mL de água peptonada estéril. O saco foi fechado e homogeneizado manualmente por 5 minutos, para dispersão da amostra. Essa primeira diluição foi considerada como $10^{-1}$, e dispersa sob placa petri, em duas replicatas. Em seguida, retirou-se 1 mL da diluição $10^{-1}$ e transferiu-se para um tubo contendo 9 mL de água peptonada estéril, obtendo-se a diluição $10^{-2}$. Repetiu-se o mesmo procedimento, utilizando a diluição $10^{-2}$ para preparar a diluição $10^{-3}$. De cada diluição, foi pipetado 1 mL em duplicata para placas de Petri estéreis. No total, foram incubadas seis placas por amostra, sendo duas para cada diluição ($10^{-1}$, $10^{-2}$ e $10^{-3}$) (Figura 2).

Figura 2 – Ilustração da técnica de diluição seriada e semeadura em profundidade, utilizadas para quantificação de *Escherichia coli* em carne bovina moída.




Fonte: Autores, 2025

**Análise Microbiológica**

A identificação de *Escherichia coli* seguiu a norma NBR ISO 16649-2:2022. Em cada placa contendo 1 mL das diluições da amostra, foram adicionados cerca de 15 mL de ágar TBX fundido, mantido a no máximo 45 °C. Após a adição, as placas foram homogeneizadas com movimentos em forma de “8”, repetidos oito vezes. Esse procedimento foi realizado em até 15 minutos após a adição das diluições. Após a solidificação do ágar, as placas foram invertidas, embaladas em sacos plásticos e incubadas a 44 °C por 24 horas.

Utilizou-se a técnica de semeadura em profundidade com ágar diferencial, sendo que as colônias típicas de *E. coli* apresentaram coloração azul (Figura 3), permitindo sua contagem com auxílio de

contador de colônias. Para as análises, foram utilizadas pinças de inox, água peptonada (Kasvi), pipetadores automáticos e ponteiras (CRALTECH), placas de Petri e ágar TBX (HI-MEDIA), todos previamente autoclavados a 121 °C por 15 minutos. Também foram utilizados os seguintes equipamentos: autoclave (PHOENIX LUFERCO), balança semi-analítica (BEL), estufa a 44 °C (MARCONI), câmara de biossegurança e leitor de colônias (ION LAB).

O resultado das unidades formadoras de colônias (UFC) foi obtido por meio do cálculo: (média do número de colônias da mesma diluição/fator da diluição escolhida), das placas com colônias entre 15-150. Empregou-se estatísticas descritivas para avaliar as medidas de dispersão como desvio-padrão e coeficiente de variação. Os resultados obtidos foram tabulados em planilha excel®.

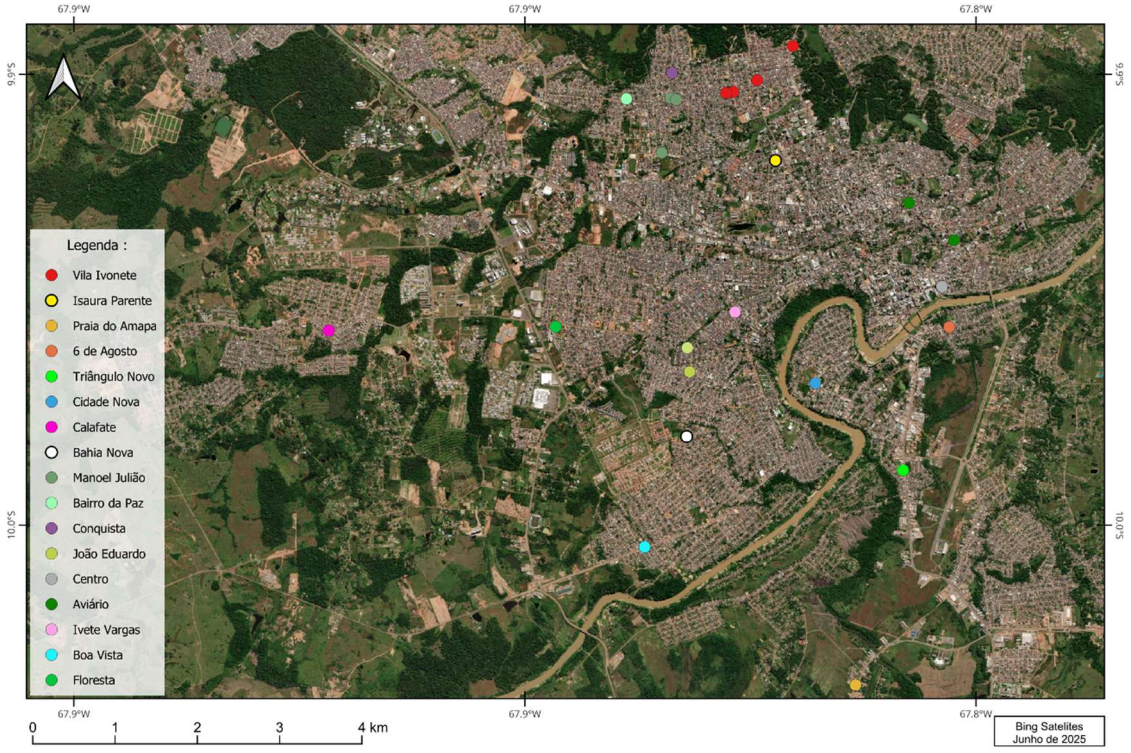
Figura 3 – Placa de petri semeada por profundidade, contendo ágar TBX, com colônias típicas de *Escherichia coli* (azuis).

Fonte: Autores, 2025

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os 25 estabelecimentos comerciais amostrados caracterizam-se por casas de carnes ou açougues especializados exclusivamente na venda de carne bovina, bem como estabelecimentos do tipo mercantis e supermercados, que comercializam carnes e produtos alimentícios. Juntos representaram 13% do total dos bairros do município de Rio Branco (Figura 4). Verifica-se que a coleta de amostra foi bem dispersa e abrangeu boa parte do município.

Figura 4 – Ilustração do mapa de Rio Branco-Acre, com indicação geográfica dos 25 estabelecimentos comerciais amostrados, e seus respectivos bairros.




Fonte: Autores, 2025

A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 313, de 2024 (14) estabelece parâmetros de qualidade microbiológica para alimentos, incluindo a carne moída in natura, classificando os resultados para análise de *Escherichia coli* em três categorias: aceitável, intermediário e inaceitável. Assim, a interpretação dos resultados obtidos nesta pesquisa seguiu os critérios estabelecidos por essa normativa.

Na Tabela 1, são apresentados os valores encontrados para *Escherichia coli* nas 25 amostras e suas respectivas replicatas. As contagens variaram consideravelmente, com resultados entre < 10 UFC/g até 1,0 x $10^3$ UFC/g. Destaca-se que as amostras CM03, CM08 e CM13 foram classificadas como inaceitáveis, apresentando crescimento de *E. coli* até mesmo na diluição $10^{-3}$, o que indica uma elevada carga microbiana na carne analisada.

Essa alta carga microbiana é especialmente preocupante, visto que a *Escherichia coli* é uma bactéria de elevada patogenicidade, podendo causar infecções graves mesmo em pequena quantidade (15,16). Isso representa um risco significativo à saúde pública, principalmente para crianças, idosos e indivíduos com sistema imunológico comprometido (17).

Tabela 1 - Resultados obtidos da quantificação de *Escherichia coli* em 25 amostras de carne moída de segunda, adquiridas de estabelecimentos comerciais do município de Rio Branco, Acre.

| Amostra | Bairro | Resultado | | | **Classificação da Qualidade*** |
|---|---|---|---|---|---|
| CM01 | Calafate | 1,1x10² | ± | 14 | Inaceitável |
| CM02 | Jardim Europa | 3,5x10¹ | ± | 35 | Intermediário |
| CM03 | Aviário | 4,9x10² | ± | 14 | Inaceitável |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| CM04 | Aviário | $6,5x10^2$ | ± | 127 | Inaceitável |
| CM05 | Cadeia Velha | $1,3x10^3$ | ± | 283 | Inaceitável |
| CM06 | Bela Vista | $1,2x10^3$ | ± | 21 | Inaceitável |
| CM07 | Aeroporto Velho | $3,1x10^3$ | ± | 778 | Inaceitável |
| CM08 | João Eduardo | $3,5x10^3$ | ± | 283 | Inaceitável |
| CM09 | Aviário | $4,1x10^2$ | ± | 49 | Inaceitável |
| CM10 | Vila Ivonete | <10 est | | | Aceitável |
| CM11 | Conquista | $5,5x10^2$ | ± | 212 | Inaceitável |
| CM12 | Conquista | $9,5x10^1$ | ± | 21 | Intermediário |
| CM13 | Manoel Julião | $1,0x10^3$ | ± | 35 | Inaceitável |
| CM14 | Manoel Julião | $6,5x10^1$ | ± | 21 | Intermediário |
| CM15 | Manoel Julião | $3,3x10^2$ | ± | 42 | Inaceitável |
| CM16 | Vila Ivonete | $2,0x10^1$ | ± | 14 | Intermediário |
| CM17 | Calafate | $2,2 \times 10^2$ | ± | 28 | Inaceitável |
| CM18 | Calafate | $2 \times 10^2$ | ± | 14 | Inaceitável |
| CM19 | Cidade Nova | <10 est | | | Aceitável |
| CM20 | Triângulo Novo | $8,5x10^1$ | ± | 7 | Intermediário |
| CM21 | L. Praia do Amapá | $1,4x10^2$ | ± | 21 | Inaceitável |
| CM22 | Bairro 6 de Agosto | $1,6x10^2$ | ± | 21 | Inaceitável |
| CM23 | Vila Ivonete | $3,4x10^1$ | ± | 42 | Intermediário |
| CM24 | Vila Ivonete | <10 est | | | Aceitável |
| CM25 | Isaura Parente | 1,0x10 | ± | 0 | Intermediário |

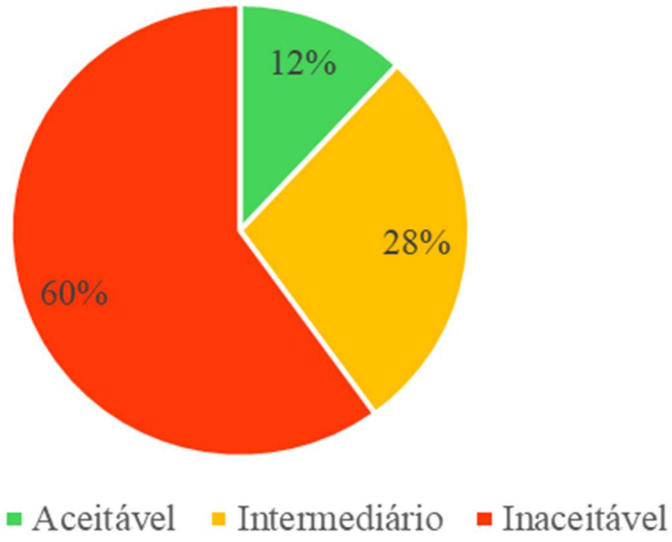
Legenda: * Conforme classificação da ANVISA (BRASIL, 2024)

Fonte: Autores, 2025

Conforme evidenciado no Figura 5, a presença de *E. coli* foi detectada em 88% das amostras (60+28), e quantificada em níveis inaceitáveis em 60%. Níveis inaceitáveis indicam falhas graves e ausência das boas práticas de manipulação. Em um estudo semelhante, Zorzo *et al*. (18), também verificou a presença de *E. coli* em 60% de 20 amostras de carne moída analisadas em Sinop (MT). Resultados estes similares aos observados por Lundgren *et al*. (19), ao identificarem o mesmo percentual de contaminação em carnes bovinas comercializadas em feiras e mercados públicos em João Pessoa (PB). Esses dados revelam uma alta frequência de contaminação microbiológica na carne moída vendida no varejo.

Em 28% das amostras foi verificada presença de *E. coli* em níveis intermediários, o que sinaliza uma necessidade de melhora nos procedimentos de manipulação, higienização e acondicionamento dos alimentos. Em estudo conduzido por Amorim *et al*. (20), verificou-se que em 100% dos estabelecimentos, os manipuladores não higienizam as mãos antes de iniciar os procedimentos, o que se configura como uma falha sanitária grave.

Figura 5 - Classificação dos resultados da análise microbiológica de 25 amostras de carne moída de segunda, adquiridas em estabelecimentos comerciais de diferentes bairros do município de Rio Branco-Acre.




Fonte: Autores, 2025

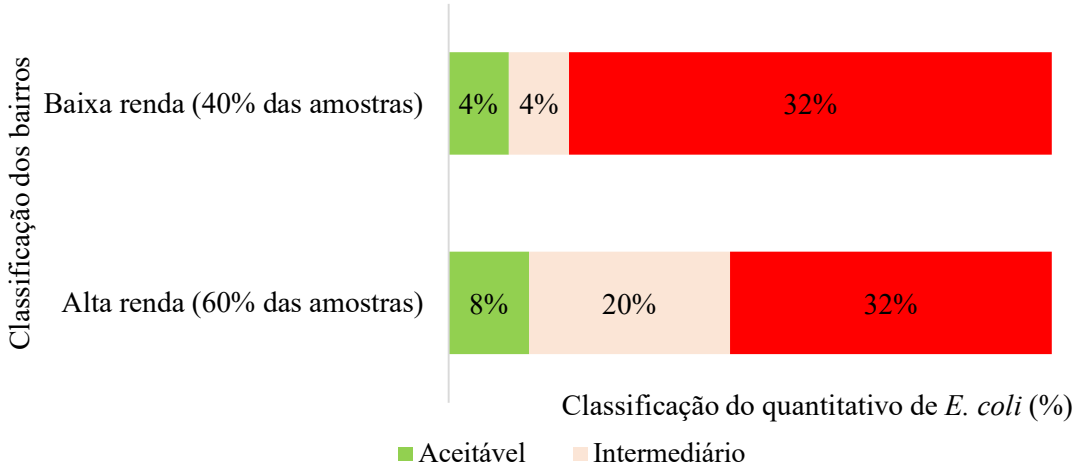
Ademais, sabe-se que o consumo de carne moída está diretamente relacionado a fatores socioeconômicos, sobretudo por se tratar de um alimento de menor custo e fácil acesso. Nesse sentido, o estudo de Bento (21), ao analisar os indicadores demográficos no espaço intraurbano de Rio Branco, Acre, por meio de uma abordagem cartográfica, evidenciou uma segregação socioespacial vinculada ao nível de renda das famílias. Segundo o autor, famílias com renda mensal entre R$ 2.723,00 e R$ 4.744,00 (equivalente a 5,3 a 9,3 salários mínimos em 2010) concentram-se em bairros como Manoel Julião, Vila Ivonete, Isaura Parente e Bela Vista, áreas classificadas por abrigar moradores com maior poder aquisitivo e por apresentar melhor infraestrutura pública e privada. Em contraste, famílias com renda inferior a R$ 989,00 (1,89 salário mínimo em 2010) residem predominantemente em bairros como Seis de Agosto, Praia do Amapá, Aeroporto Velho, Cidade Nova e Calafate, regiões caracterizadas por alta vulnerabilidade social e exposição a riscos ambientais, como inundações recorrentes (21).

Diante dos dados obtidos no presente trabalho, em todos os bairros citados foram realizadas aquisição de amostras de carne moída. Observou-se que 40% das amostras provenientes de bairros com menor poder aquisitivo 32% apresentaram contaminação por *Escherichia coli, sendo* classificadas como inaceitáveis. Em contrapartida, nos bairros de maior poder aquisitivo, os níveis de contaminação encontrados foram, em sua maioria, classificados como intermediários ou aceitáveis, representando 28% do total de 60% das amostras provenientes dessas regiões.

É notório que os indivíduos que mais dependem da carne moída como fonte acessível de proteína são os que mais correm risco ao consumi-la. Isso revela uma falha estrutural grave nos

mecanismos de controle de qualidade e fiscalização dos alimentos destinados à população em lugares de maior vulnerabilidade socioeconômica.

Figura 6 – Resultado referente à classificação dos bairros amostrados do município de Rio Branco, Acre.




Fonte: Autores, 2025

Ao comparar frigoríficos e açougues quanto à infraestrutura, higiene e cumprimento das boas práticas, observa-se que os frigoríficos são submetidos a uma fiscalização mais rigorosa, enquanto açougues ou casas de carne a atuação de órgãos responsáveis é flexível, sem periodicidade. No entanto, é fundamental que toda a cadeia produtiva, incluindo açougues e casas de carne, adote medidas eficazes para garantir a segurança do produto até sua chegada ao consumidor final, assegurando sua inocuidade.

Em estudo recente, Lança *et al*. (22) destacam que os animais são acompanhados durante todo o processo de crescimento e engorda, com foco em práticas nutricionais, manejo adequado e vacinação, visando garantir o bem-estar animal, onde a fiscalização é realizada por órgãos federal, o MAPA, e estadual, sendo os institutos de defesa e secretarias, que atuam desde o abate até a comercialização. No entanto, apesar de o Brasil possuir uma legislação sólida nesse setor, o estudo alerta para falhas na aplicação e fiscalização das normas, especialmente no ponto de venda, evidenciando que a efetividade da legislação depende da fiscalização contínua, com atenção especial à atuação da Vigilância Sanitária.

Ressalta-se, portanto, que a atuação desse órgão não deve se restringir apenas à emissão de cartilhas ou à apreensão de carne bovina considerada imprópria para o consumo, mas deve também incluir ações contínuas de capacitação e orientação da população em geral. Segundo Torres *et al*. (23), em seu estudo: avaliação dos procedimentos higiênico-sanitários em açougues

no município de Confresa-MT, observou-se que 90% dos estabelecimentos desconheciam a obrigatoriedade da supervisão periódica do estado de saúde dos manipuladores, além de não possuírem programas de capacitação o voltados à higiene pessoal e ao manuseio adequado dos alimentos. Essa realidade evidencia uma falha no estágio final, que impacta diretamente o consumidor final.

## CONCLUSÕES

Este trabalho evidenciou que a carne moída da maioria dos bairros do município de Rio Branco apresenta elevada quantidade de *Escherichia coli,* o que gera um alto risco de infecção alimentar à população Rio Branquense, sendo necessário maior rigor no cumprimento das boas práticas de manipulação de alimentos para estabelecimentos que vendem carne.

Sugere-se a realização de oficinas práticas e palestras educativas em bairros vulneráveis e em estabelecimentos comerciais, com foco na conscientização sobre os riscos das Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA), em parceria da vigilância sanitária.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal do Acre, que proporcionou bolsas de iniciação científica para desenvolvimento deste projeto e ao CASTLE LABORATORY, que disponibilizou infraestrutura, conhecimento e materiais necessários para a realização das análises microbiológicas. Agradecemos ao Márcio Silva pela colaboração na elaboração da ilustração com a localização dos pontos de coleta das amostras.

## REFERÊNCIAS

1. ABIEC. Brasil bate recorde nas exportações de carne bovina em 2024. Disponível em: https://abiec.com.br/brasil-bate-recorde-nas-exportacoes-de-carne-bovina-em-2024/. Acesso em: 21 junho de 2025.
2. BARROS, M. de A. F.; NERO, L. A.; MONTEIRO, A. A.; BELOTI, V. Identification of main contamination points by hygiene indicator microorganisms in beef processing plants. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 856-862, out./dez. 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cta/a/dMrVJKQxSkjnrzY4nrhw7FM/?lang=en. Acesso em: 21 junho de 2025.
3. BONACINA, M. S.; BACCIN, M. A.; ROSA, L. S. da. Avaliação de parâmetros indicativos da qualidade da carne bovina moída comercializada em diferentes supermercados em Erechim, Rio Grande do Sul. **Revista Visa em Debate**, Rio de Janeiro, RJ, v. 5, n. 4, p. 9-16, nov. 2025. Disponível em: https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/958. Acesso em: 21 junho de 2025.

4. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria SDA nº 664, de 30 de setembro de 2022. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de carne moída. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, n. 188, p. 8, 3 out. 2022. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-sda-n-664-de-30-de-setembro-de-2022-433278402. Acesso em: 21 junho 2025.
5. GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. Higiene e vigilância sanitária de alimentos: qualidade das matérias-primas, doenças transmitidas por alimentos, treinamento de recursos humanos. Barueri, SP: Manole. 2008.
6. SCHNEIDER, B. C.; DURO, S. M. S.; ASSUNÇÃO, M. C. F. Consumo de carnes por adultos do sul do Brasil: um estudo de base populacional. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, RJ, v. 19, n. 8, p. 3583-3592, ago. 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/csc/a/rrqvktfZsTTfSpwSGFgFQzs/abstract/?lang=pt. Acesso em: 22 junho de 2025.
7. ARAÚJO, C. A.; NOVAES, J. J. S.; LIMA, D. O.; SANTOS, N. S.; CAMPOS, F. S.; GOIS, G. C. BORBA, P. H. P. Estudo metanalítico sobre a microbiologia da carne bovina moída no Brasil. **Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia**, Bogotá, v. 70, n. 1, p. 129-139, enero/abr. 2023. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10103756. Acesso em: 22 junho de 2025.
8. FERREIRA, J. M. de S.; PESSOA, R. M. dos S.; COSTA, D. C. da C. C.; RODRIGUES, H. P. R.; LIMA, J. dos S.; GOIS, G. C. Parâmetros de qualidade avaliados em carne bovina: uma revisão. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, São José dos Pinhais, PR, v. 6, n. 2, p. 1319-1332, maio. 2023. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/59810. Acesso em: 22 de junho 2025.
9. CIPRIANO, L. da C.; SOUSA, L. B. de; SIQUEIRA, H. P. de G.; LIMA, E. F.; MESSIAS, C. T.; MARCHI, P. G. F. de; MEDEIROS, E. S. de; HOPPE, I. B. A. L. Vida útil de carne bovina moída comercializada no Município de Boa Vista – Roraima. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 2, p. 1-12, fev. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349235158_Vida_util_de_carne_bovina_moida_comercializada_no_Municipio_de_Boa_Vista_-_Roraima. Acesso em: 22 junho de 2025.
10. GOMES, A. de F. A.; ALMEIDA, E. E. S.; SOUZA, S. A. de; SILVA, J. P.; SANTOS, C. C.; AMÂNCIO, T. A.; BARBOSA, R. P.; OLIVEIRA, F. S.; FARIAS, P. K. S. Avaliação microbiológica de carnes moídas bovinas em diferentes estabelecimentos comerciais. **Caderno de Ciências Agrárias**, Minas Gerais, v. 9, n. 3, p. 95-100, dez. 2017. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/2982. Acesso em: 22 junho de 2025.
11. BERGAMINI, A. M. M.; SIMÕES, M.; IRINO, K.; GOMES, T. A. T.; GUTH, B. E. C. Prevalence and characteristics of Shiga toxin-producing Escherichia coli (STEC) strains in ground beef in São Paulo, Brazil. **Food Microbiology**, São Paulo, SP, v. 38, n. 3, p. 553-556, Sept. 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bjm/a/mzkyxbKVBJq6f4WHZvtdkgL/?lang=en. Acesso em: 22 junho de 2025.
12. RIEDEL, G. **Controle sanitário de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2005. 79 p.
13. SANTOS, D. M. dos; LOPES, M. O.; CONSTANTINO, C.; MORIKAWA, V. M.; HILDEBRANDO, L. C. L.; QUEIROZ, J. F. de. Diagnóstico situacional da adesão às boas práticas higiênicas em supermercados de um município da região metropolitana de Curitiba-PR, Brasil. **Archives of Veterinary Science**, Paraná, v. 23, n. 3, p. 23-34, mar. 2018. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/56451?show=full. Acesso em: 22 junho de 2025.
14. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 313, de 4 de setembro de 2024. Altera a Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022, que estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ed. 170, p. 48–50, 5 set. 2024. Disponível em: https://anvisalegis.datalegis.net/action/UrlPublicasAction.php?acao=abrirAtoPublico&num_ato=00000313&sgl_tipo=INM&sgl_orgao=DC/ANVISA/MS&vlr_ano=2024&seq_ato=000&cod_modulo=134&cod_menu=1696. Acesso em: 22 jun. 2025.

15. SAAD, S. M. I. **Comportamento de Escherichia coli enterohemorrágica O157:H7 frente a bactérias autóctones em carne bovina moída**. 1997. Tese (Doutorado em Bromatologia) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-31102007-152112/pt-br.php. Acesso em: 24 junho de 2025.
16. MARCHI, P. G. F. de. **Estudo comparativo do estado de conservação de carne moída através de métodos microbiológicos e físico-químicos**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2006. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/entities/publication/e3724bd9-149d-4f7d-bfce-d43fb5670b66. Acesso em: 24 junho de 2025.
17. GORDON, M. A. Salmonella infections in immunocompromised adults. **Journal of Infection**, Philadelphia v. 56, n. 6, p. 413–422. June 2008. Disponível em: https://www.journalofinfection.com/article/S0163-4453(08)00133-3/abstract. Acesso em: 14 de junho de 2025.
18. ZORZO, C.; SANTOS, L. B.; CARVALHO, K. A. R. de; ANJOS, T. R. dos; VIEIRA, T. B.; SANTOS, C. B.; SANDAMANN, P. H. D. Aspecto higiênico e sanitário da carne moída comercializada no município de Sinop, Mato Grosso. **Pubvet**, Londrina, v.13, n.11, p. 1-7, Nov. 2019. Disponível em: https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/about. Acesso em: 24 junho de 2025.
19. LUNDGREN, P. U.; SILVA, J. A. da; MACIEL, J. F.; FERNANDES, T. M. Perfil da qualidade higiênico-sanitária da carne bovina comercializada em feiras livres e mercados públicos de João Pessoa/PB-Brasil. **Alimentos e Nutrição (Brazilian Journal of Food and Nutrition)**, v. 20, n. 1, p. 113-120, Jan./Mar. 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/49600134_Perfil_da_qualidade_higienico_sanitaria_da_carne_bovina_comercializada_em_feiras_livres_e_mercados_publicos_de_Joao_PessoaPB-Brasil. Acesso em: 24 junho de 2025.
20. AMORIM, J. R. B.; BOTELHO, L. F. R.; FIUZA, A. P. P. Perfil sanitário e microbiológico da carne moída comercializada em hipermercados. **Comeia**, Patos de minas, v. 1, n. 1, p. 61-71, abr. 2019. Disponível em: https://revistas.unipam.edu.br/index.php/revistadocomeia/article/view/4997. Acesso em: 24 junho de 2025.
21. BENTO, V. R. da S. Uma abordagem cartográfica sobre indicadores demográficos no espaço intraurbano de Rio Branco - Acre. **UÁQUIRI, Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre**, Rio Branco, Acre, v. 5, n. 2, p. 28-47, dez. 2023. Disponível em: https://periodicos.ufac.br/index.php/Uaquiri/article/view/6770. Acesso em: 28 junho de 2025.
22. LANÇA, N. C.; CABRAL NETO, O.; RIBEIRO, A. C. B.; PIAUÍ, S. C.; GONÇAVES, R. dos S.; SOUSA, D. B. V. de; GOMES, J. V. D. Parâmetros de qualidade da carne bovina moída: uma revisão. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, Teófilo Otoni, v. 6, n. 1, p. 1-14, mar. 2025. Disponível em: https://www.revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/3701. Acesso em: 24 junho de 2025.
23. TORRES, J. S.; LACERDA, L. A. Avaliação dos procedimentos higiênico-sanitários em 6 açougues no município de Confresa-MT. **PesquisAgro**, Confresa, v. 4, n. 1, p. 35-43, jan./jul. 2021. Disponível em: https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/agro/article/view/130. Acesso em: 24 junho de 2025.

# CONALI 2025

**Congresso Nacional de Ciência, Tecnologia e Engenharia de Alimentos 2025**

Realização:

TROPPO Editora e Eventos

## Apoios e Patrocínios:

FACEPE
Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco

FNDE

fermentech
GENTE QUE AMA QUEIJO

Cap-Lab
Tudo para o seu laboratório

Vivaré
. insumos . para . alimentos .

Bom Leite

tia nanda
amor traduzido em sabores

Isis

BETÂNIA

YoBem

Queyo's
SABOR E ESTILO INOVADOR

RANCHO ALEGRE
PRODUTOS AGROPECUÁRIOS

SistemaOCB
CNCOOP | OCB | SESCOOP

ELETRONICA MICHELLE
MANUTENÇÃO ODONTO E HOSPITALAR

Organização:

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco