

Marta Suely Madruga
Rayane Lycia Ferreira Duvale
Organizadoras

CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Aplicadas à Inovação dos Produtos Apícolas do SERTÃO PARAIBANO





UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Terezinha Domiciano Dantas Martins
Reitora

Mônica Nóbrega
Vice-Reitora



Editora UFPB

Geysa Flávia Câmara de Lima Nascimento
Diretora Geral da Editora UFPB

Aline dos Santos Deiró
Vice-Diretora da Editora UFPB

Rildo Coelho
Coordenador de Editoração

CIÊNCIA E TECNOLOGIA **Aplicadas à Inovação dos** **Produtos Apícolas do** **SERTÃO PARAIBANO**



1ª Edição - 2026

Esta obra integra a publicação de livros digitais (e-books) do Edital 01/2025 da Editora UFPB, em regime de fluxo contínuo. A chamada pública visa fomentar a divulgação da produção científica, literária, artística e didático-pedagógica da comunidade acadêmica da Universidade Federal da Paraíba, contemplando obras de autoria individual, coautoria ou coletâneas.

Direitos autorais 2026 - Editora da UFPB



Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e autoria e respeitando a Licença Creative Commons indicada.

O CONTEÚDO DESTA PUBLICAÇÃO, SEU TEOR, SUA REVISÃO E SUA NORMALIZAÇÃO SÃO DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES.

OS DIREITOS DE PROPRIEDADE DESTA EDIÇÃO SÃO RESERVADOS À:



Cidade Universitária, Campus I - Prédio da Editora Universitária, s/n
João Pessoa - PB CEP 58.051-970
Site: www.editora.ufpb.br
Instagram: @editoraufpb
E-mail: atendimento@editora.ufpb.br
Fone: (83) 3216.7147



CONSELHO EDITORIAL – Editora UFPB

Portaria Nº 202, de 08 de agosto de 2025 – Reitoria

Geysa Flávia C. de Lima Nascimento – Presidente | Editora UFPB

Alexandre Coelho Serquiz | Ciências da Saúde

Daniel Araújo de Macedo | Engenharias

Eduardo Rodrigues Viana de Lima | Ciências Exatas e da Natureza

Franklin Kaic Dutra-Pereira | Ciências Biológicas

Gustavo Barbosa de Mesquita Batista | Ciências Humanas

José Ferrari Neto | Linguística, Letras e Artes

Maurício Rombaldi | Ciências Humanas

Milton César Costa Campos | Ciências Agrárias

Tiago Bernardon de Oliveira | Ciências Humanas

Márcia Félix da Silva | Interdisciplinar

Viviane da Costa Freitag | Ciências Sociais Aplicadas

Catálogo na fonte: **Biblioteca Central da Universidade Federal da Paraíba**

C569 Ciência e tecnologia aplicadas à inovação dos produtos apícolas do sertão paraibano [recurso eletrônico] / Marta Suely Madruga, Rayane Lycia Ferreira Duvale (organização). - João Pessoa : Editora UFPB, 2026. 148 p. : il.

E-book

Modo de acesso: <http://www.editora.ufpb.br/sistema/press/>

ISBN : 978-65-5942-328-6

1. Apicultura. 2. Sertão paraibano. 3. Ciência e tecnologia. 4. Desenvolvimento sustentável. 5. Processo produtivo do mel. I. Madruga, Marta Suely. II. Duvale, Rayane Lycia Ferreira.

UFPB/BC

CDU 638.1:664(813.32)

Como citar a publicação no todo (ABNT 6023:2018):

MADRUGA, Marta Suely; DUVALE, Rayane Lycia Ferreira. *Ciência e tecnologia aplicadas à inovação dos produtos apícolas do Sertão Paraíba*. 1. ed. João Pessoa: Editora UFPB, 2026.

Marta Suely Madruga
Rayane Lycia Ferreira Duvale
Organizadoras

CIÊNCIA E TECNOLOGIA **Aplicadas à Inovação dos** **Produtos Apícolas do** **SERTÃO PARAIBANO**

Editora UFPB
João Pessoa
2026

Dedicatória

Dedicamos este e-book aos apicultores e produtores de mel do Sertão Paraibano, que com dedicação, conhecimento e amor pela terra transformam a riqueza dessa região em sustento e vida. Também às cooperativas, comunidades e famílias que mantêm viva a apicultura da região, fortalecendo laços de trabalho, tradição e sustentabilidade.

Que esta obra sirva como instrumento de valorização e fortalecimento da apicultura regional, ampliando o conhecimento técnico-científico sobre as potencialidades do mel do Sertão Paraibano e contribuindo para um futuro em que o desenvolvimento sustentável caminhe lado a lado com a preservação da biodiversidade e com a dignidade de quem produz.

Agradecimentos

A realização deste E-book é fruto da união entre ciência, cooperação e compromisso com o desenvolvimento sustentável do Sertão Paraibano.

Agradecemos a todos que contribuíram para tornar possível esta iniciativa, em especial ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Associação A.B.E.L.H.A. – responsáveis pelo aporte financeiro do projeto por meio da Chamada CNPq/MCTI/Associação ABELHA nº 27/2021 – Processo 401168/2022-0, que resultou em grande incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento de iniciativas que valorizam a apicultura brasileira.

Agradecemos também à Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA/UFPB) pelo suporte infraestrutural, científico e tecnológico.

Reconhecemos também a importância das Cooperativas: COOAPIL – Cooperativa de Apicultores de Catolé do Rocha, COASPA – Cooperativa Agropecuária dos Apicultores do Sertão Paraibano, COOPMEAF – Cooperativa dos produtores de mel e agricultores familiares do Sertão da Paraíba; da Empresa MIEL-O; e do Projeto COOPERAR com o Acordo de Cooperação Técnica nº 1760.11.0122, pelo apoio às ações de capacitação e fortalecimento da apicultura local.

Por fim, nossa gratidão se estende aos apicultores, às famílias e às comunidades da região, cuja dedicação e saber tradicional inspiram este trabalho, fortalecendo a produção sustentável e a valorização do mel do Sertão Paraibano.

*“As abelhas são o exemplo mais doce de que o
trabalho coletivo gera abundância”*

Leonardo da Vinci

PREFÁCIO 11
Paula de Souza São Thiago Calaça

APRESENTAÇÃO 12

**1 MEL CREMOSO:
a versatilidade que vai do
viscoso ao cremoso** 13
Fabyan Laís do Nascimento Guedes
Leila Moreira de Carvalho
Larissa Raphaela Gonçalves de Farias Feitosa
Marta Suely Madruga

**2 MÉIS SABORIZADOS COM
ESPECIARIAS:
inovação, relevância funcional e
percepção sensorial** 30
Giovanna Ribeiro Meneses dos Santos
Daniel Lucas Carneiro dos Santos
Samara de Macêdo Morais
Marta Suely Madruga

**3 INFLUÊNCIA DA DIVERSIDADE
BOTÂNICA NA QUALIDADE QUÍMICA E
SENSORIAL DE HIDROMÉIS DO SERTÃO
PARAIBANO** 51
Rayane Lycia Ferreira Duvale
Mércia de Sousa Galvão
Marcelo Barbosa Muniz
Marta Suely Madruga

**4 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO
FERMENTATIVO DE HIDROMEL:
efeitos dos açúcares iniciais, temperatura
e fonte de nitrogênio** 73
Rayane Lycia Ferreira Duvale
Jonatas Evaristo dos Santos
Marta Suely Madruga
Flávio Luiz Honorato da Silva

5

**INFLUÊNCIA DE LEVEDURAS
AUTÓCTONES NA QUALIDADE DO
HIDROMEL**

87

Lívia Duarte De Medeiros
Marta Suely Madruga
Marcelo Barbosa Muniz
Normando Mendes Ribeiro Filho

6

**MÉIS DO SERTÃO PARAIBANO COMO
ADJUNTO CERVEJEIRO:
qualidade química, bioativa e sensorial**

106

Isabel Pereira de Carvalho
Mércia de Sousa Galvão
Marta Suely Madruga
Marcelo Barbosa Muniz

GLOSSÁRIO

130

MINICURRÍCULO DOS AUTORES

133

ANEXO

140

**LISTA DE ABREVIÇÕES,
SIGLAS E SÍMBOLOS**

146

PREFÁCIO

A extraordinária diversidade da flora do Sertão Paraibano dá origem a méis variados, cada um com características únicas que se tornam matériaprima valiosa para o desenvolvimento de novos produtos e bebidas. É justamente a partir dessa riqueza natural, transformada em possibilidades tecnológicas, que este livro se constrói: uma obra que reúne pesquisas consistentes, dados robustos e aplicações práticas. Para produtores que desejam inovar ou empreender no setor, tratase de uma contribuição essencial, apresentando alternativas reais, testadas e fundamentadas que ampliam a utilização do mel.

Como bióloga e botânica, é impossível não me entusiasmar com as possibilidades apresentadas ao longo desta coletânea de pesquisas. Com seus aromas, sabores e propriedades singulares, os méis do Sertão Paraibano ainda carecem de reconhecimento e valorização como produtos regionais únicos. Por isso, pesquisas de certificação de origem botânica — como a melissopalínologia — são essenciais para consolidar a identidade regional desses produtos e permitir que eles conquistem mercados mais exigentes, fortalecendo cadeias produtivas e estratégias de marketing territorial.

A leitura deste livro revela, de forma clara e acessível a todos os públicos, as múltiplas possibilidades de inovação a partir do mel, sustentadas por análises técnicas, sensoriais e químicas consistentes. Os capítulos sobre hidroméis demonstram como a origem botânica, a fermentação e as leveduras influenciam a qualidade final da bebida. Ao incluir também a produção de cervejas com mel, o livro amplia as perspectivas de bebidas inovadoras, e seu potencial para o desenvolvimento da bioeconomia regional. É com grande satisfação que convido o leitor a avançar por estas páginas, certa de que encontrará aqui não apenas conhecimento, mas inspirações para novas ideias empreendedoras.

Paula de Souza São Thiago Calaça



APRESENTAÇÃO

Esta obra é dedicada a apicultores, às comunidades e a todos que se interessam pela criação de produtos inovadores e sustentáveis a partir do mel, com o objetivo de explorar tecnologias que agreguem valor a esse recurso emblemático do Sertão Paraibano. O e-book reúne uma coletânea de temas inovadores relacionados aos produtos de mel, integrando trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses de alunos vinculados à Universidade Federal da Paraíba (UFPB), consolidando conhecimento científico e tecnológico aplicado à realidade regional.

Os produtos apresentados foram desenvolvidos para gerar alternativas de renda para comunidades do Sertão, promovendo o desenvolvimento sustentável, fortalecendo a cadeia produtiva do mel e valorizando a apicultura local. Nesse contexto, o principal objetivo desta obra é apresentar alternativas para o desenvolvimento de produtos de maior valor agregado, combinando conhecimento científico e tecnológico com práticas de mercado, de modo a fortalecer a produção, a comercialização e as estratégias de marketing. Assim, a obra contribui para a valorização da apicultura e o potencial socioeconômico da região.

O conteúdo está estruturado em sete capítulos. Os primeiros capítulos tratam do mel como produto alimentício e gastronômico; o primeiro aborda o processo produtivo e a qualidade do mel cremoso, enquanto o segundo explora o mel saborizado com especiarias, destacando seus atributos sensoriais e funcionais; o terceiro capítulo apresenta a aplicação do mel saborizado em receitas culinárias.

Os capítulos seguintes enfocam o uso do mel na produção de bebidas fermentadas: o quarto capítulo avalia o efeito do tipo de mel na qualidade do hidromel; o quinto aborda estratégias para otimizar o processo produtivo; e o sexto explora o impacto de diferentes fontes de levedura na qualidade final da bebida. O e-book encerra com o sétimo capítulo, dedicado à produção de cerveja com mel, ampliando as possibilidades de aproveitamento e inovação do produto.



MEL CREMOSO:

a versatilidade que vai do
viscoso ao cremoso

Fabyan Laís do Nascimento Guedes
Leila Moreira de Carvalho
Larissa Raphaela Gonçalves de Farias Feitosa
Marta Suely Madruga



1 Apresentação

O mel é um líquido doce e viscoso produzido pelas abelhas melíferas a partir do néctar das flores, de secreções de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores. As abelhas coletam essas substâncias, processam-nas e as armazenam nas colmeias, onde ocorre o processo de maturação, que culmina na formação do mel (Brasil, 2000). Embora seja reconhecido por sua fluidez, o mel é um sistema dinâmico cujas propriedades físicas sofrem alterações a depender da sua composição e das condições ambientais (Silva *et al.*, 2023; Camargo *et al.*, 2006).

A composição do mel é predominantemente constituída por açúcares simples, como glicose e frutose (Solares, 2014; Waltrich *et al.*, 2020), em menores proporções, estão presentes compostos bioativos, incluindo vitaminas, minerais, flavonoides, aminoácidos, enzimas e ácidos fenólicos, que exercem papel determinante nas propriedades físico-químicas e funcionais do produto. A interação entre esses componentes, especialmente a elevada concentração de açúcares, torna o mel uma solução supersaturada, o que fundamenta sua tendência natural à cristalização, fenômeno que altera drasticamente sua textura e percepção sensorial (Polatidou *et al.*, 2025; Krishnan *et al.*, 2021)

As características do mel apresentam ampla variação em função de diversos fatores, como o gênero e a espécie das abelhas, a origem botânica do néctar, as condições climáticas e a região geográfica onde as colmeias estão instaladas (Mohammed *et al.*, 2020; Santos-Buelga e González-Paramás, 2025). Embora esses atributos resultem em méis com elevada qualidade sensorial e funcional, o consumo do produto ainda é, em grande parte, restrito ao uso medicinal ou ocasional. Um dos entraves para a expansão de seu consumo cotidiano é justamente a falta de controle sobre seu estado físico, uma vez que a cristalização espontânea é frequentemente rejeitada pelo consumidor por conferir uma textura arenosa e de difícil manuseio (Dettori *et al.*, 2018). Para ampliar sua aceitação e alcançar diferentes públicos,



torna-se necessário diversificar suas formas de apresentação, tornando-o mais atrativo, prático e versátil no dia a dia.

Nesse contexto, o mel cremoso destaca-se como uma alternativa promissora — um produto natural obtido exclusivamente a partir do mel, que se diferencia por suas características sensoriais, especialmente pela textura agradável e aparência homogênea, tornando-se uma opção inovadora em relação ao mel *in natura*. Diante disso, este capítulo tem como objetivo explorar os fundamentos técnicos e normativos do mel cremoso, analisando desde os requisitos legais e de controle de qualidade até os mecanismos físico-químicos de cristalização induzida que permitem transformar a estrutura do mel em um produto de alto valor agregado e versatilidade gastronômica.

2 Legislação do mel cremoso

A Instrução Normativa 11, de 20 de outubro de 2000, define o mel cremoso como o que tem uma estrutura cristalina e fina, sendo obtido por meio de um processo físico, que altera a estrutura do mel e o transforma num produto com textura pastosa (Brasil, 2000), possibilitando novas formas de consumo. Essa legislação também estabelece características sensoriais para o mel, como cor, sabor, aroma e consistência.

A coloração do mel pode variar de incolor a pardo-escuro, e é primariamente determinada por sua origem floral. No entanto, a cor do mel cremoso também é influenciada pelo tratamento de indução de formação dos cristais. No que concerne às propriedades sensoriais de sabor e aroma, elas são relacionadas com sua origem botânica. Por sua vez, a consistência do mel varia com seu estado físico, sendo essa uma das características que sofre mais interferência quando o mel passa para o estado cremoso (Polatidou *et al.*, 2025).

A legislação brasileira também define parâmetros físico-químicos do mel *in natura* (Quadro 1) com a finalidade de avaliar o estado de maturação do mel, bem como a presença de compostos impuros e o grau de deterioração.



Quadro 1 – Parâmetros físico-químicos estabelecidos pela legislação brasileira

Parâmetros Físico-Químicos	Limites
Açúcares redutores (g/100g)	Mín. 65
Umidade (%)	Máx. 20
Sacarose aparente (g/100g)	Máx. 6
Minerais (g/100g)	Máx. 0,6
Acidez (mil eq/kg)	Máx. 50
Atividade diastásica (escala de Göthe)	Mín. 8
Hidroximetilfurfural (mg/kg)	Máx. 60
Sólidos Insolúveis (g/100g)	Máx. 0,1

Fonte: Brasil, 2000.

A legislação estabelece (Brasil, 2000) alguns parâmetros com a finalidade de analisar o grau de maturação do mel, dentre eles o teor de açúcares redutores, que deve estar em concentração de no mínimo 65%; teor de umidade, de no máximo de 20%; e sacarose aparente, de no máximo 6%. Em relação ao grau de pureza, deve ter limites para sólidos solúveis em água (máximo 0,1g/100g) e concentração de minerais (máximo de 0,6g/100g), além de possuir grãos de pólen.

Quanto à avaliação do grau de deterioração, é necessário analisar se o mel possui indícios de processo de fermentação, devendo ele ter uma concentração máxima de 50 mEq/Kg para acidez, bem como verificar a atividade enzimática, por meio da atividade diastásica (mínimo 8 na escala de Göthe), e a concentração de hidroximetilfurfural (máximo de 60 mg/Kg) (Brasil, 2000).

3 Controle de qualidade

O controle dos parâmetros de qualidade do mel é fundamental para assegurar que o produto esteja em conformidade com os padrões físico-químicos, microbiológicos e sensoriais estabelecidos pela legislação brasileira (Brasil, 2000)



e pelas exigências do mercado consumidor. Essa verificação envolve a análise de variáveis como teor de açúcares, umidade, sacarose aparente, sólidos insolúveis em água, teor de cinzas (minerais), acidez e concentração de hidroximetilfurfural (HMF), além da avaliação de atributos sensoriais, como cor, aroma, sabor e textura. O monitoramento contínuo desses parâmetros garante a pureza, autenticidade e segurança do mel, preservando suas propriedades naturais e contribuindo para sua aceitação e valorização no mercado (Albuquerque *et al.*, 2021).

Entre os principais indicadores de qualidade, destacam-se os açúcares redutores e a sacarose aparente, que refletem o grau de maturação do mel. Valores fora dos padrões podem indicar colheita precoce e resultar em um produto ainda imaturo. O teor de umidade, por sua vez, é um fator crítico, pois níveis elevados favorecem o desenvolvimento de fermentações indesejadas, comprometendo a estabilidade e a conservação do mel (Fernandes *et al.*, 2020; Mussa *et al.*, 2024). Outro parâmetro importante é o conteúdo de sólidos insolúveis, utilizado como indicativo da pureza do produto. A presença de fragmentos de cera, partículas vegetais, resíduos de abelhas ou traços de solo pode ocorrer durante a extração ou o manuseio, sinalizando falhas no processo e comprometendo a qualidade final (Fernandes *et al.*, 2020).

O teor de cinzas representa a fração mineral do mel e está relacionado tanto à sua origem botânica quanto à coloração, podendo também indicar o grau de contaminação por impurezas. Valores excessivos podem resultar de inadequações higiênicas ou de falhas nas etapas de decantação e filtração (Fernandes *et al.*, 2020). A acidez é outro parâmetro relevante, pois reflete as condições de conservação e armazenamento do produto. O aumento desse valor pode indicar o início de processos fermentativos decorrentes de armazenamento inadequado.

Além disso, a atividade diastásica, associada às enzimas naturalmente presentes no mel, é amplamente utilizada como indicador da qualidade enzimática, permitindo avaliar se o produto foi submetido a aquecimento excessivo ou se apresenta sinais de envelhecimento (Fernandes *et al.*, 2020). Complementarmente, a concentração de hidroximetilfurfural (HMF) é considerada um



importante marcador de degradação da qualidade nutricional, pois resulta da decomposição de açúcares e da deterioração de enzimas e vitaminas. Seu aumento está geralmente relacionado ao superaquecimento, ao armazenamento prolongado ou à adulteração com açúcares invertidos (Waltrich *et al.*, 2020).

Em relação aos parâmetros microbiológicos, a legislação brasileira ainda não define limites específicos para o mel, situação semelhante à observada em normas internacionais, como as do Mercosul (1999), da União Europeia (2001) e do Reino Unido (2015). No entanto, países como a China adotam regulamentações mais rigorosas, como o padrão GB 14963 – 2011, que exige análises de bactérias totais, bolores, leveduras, leveduras osmofílicas e coliformes, além da obrigatoriedade de ausência de *Salmonella* para que o mel seja considerado próprio para consumo.

Por fim, os parâmetros sensoriais também desempenham papel essencial no controle de qualidade, especialmente no que se refere à textura, atributo diretamente relacionado à percepção do consumidor. Características como maciez, cremosidade, crocância e viscosidade influenciam significativamente a aceitação do produto (Vicari *et al.*, 2021). No caso do mel cremoso, sua consistência permite fácil espalhabilidade, semelhante à manteiga ou a cremes pastosos, sem escorrer. Essa característica confere maior praticidade, estabilidade e apelo visual, sendo altamente valorizada tanto pela indústria alimentícia quanto pelos consumidores (Ozmen *et al.*, 2025).

4 Cristalização do mel

A cristalização é um fenômeno natural que ocorre em méis com proporções específicas de glicose, frutose e água, sendo diretamente influenciada pela relação entre esses açúcares e pela temperatura de armazenamento. Méis com menor razão glicose/frutose e maior teor de umidade tendem a permanecer líquidos por mais tempo, apresentando menor propensão à formação de cristais, o que confere ao produto um aspecto viscoso e estável por períodos prolongados (Camargo *et al.*, 2006).



O mel cremoso, por sua vez, é obtido por meio de um processo de cristalização controlada, no qual as condições de temperatura e agitação são cuidadosamente ajustadas para induzir a formação de cristais finos e homogêneos. Esse controle evita o crescimento de cristais maiores, resultando em uma textura suave, uniforme e de fácil espalhabilidade (Calderone *et al.*, 2008). Essa técnica não altera a composição química do mel, preservando suas propriedades nutricionais e bioativas, mas transforma sua estrutura física, conferindo um aspecto mais atraente e estável ao produto (Suriwong *et al.*, 2021; Selvam, 2024).

A textura mais firme e cremosa, em comparação à do mel líquido convencional, amplia as possibilidades de aplicação culinária e gastronômica. O mel cremoso pode ser utilizado como recheio para pães, torradas, bolos e panquecas, além de servir como ingrediente versátil em molhos, coberturas e marinadas, agregando sabor, praticidade e valor sensorial às preparações (Krishnan *et al.*, 2021).

5 Mecanismo de cristalização do mel

A cristalização do mel é um processo físico que pode ocorrer de maneira natural ou induzida, alterando sua aparência e textura, mas sem comprometer suas propriedades nutricionais e bioativas. Quando conduzida de forma controlada, a cristalização resulta em cristais finos e homogêneos, proporcionando ao produto uma textura mais uniforme, macia e agradável ao paladar, além de conferir melhor estabilidade e aparência em comparação ao cristal obtido de forma espontânea (Hamdan, 2010; Ozmen *et al.*, 2025).

Do ponto de vista químico, a cristalização decorre da supersaturação dos açúcares presentes no mel, principalmente da glicose. Esse monossacarídeo possui menor solubilidade que a frutose, o que favorece sua precipitação sob a forma de monohidrato de glicose. O processo envolve quatro etapas principais: a geração do estado supersaturado, que ocorre quando a concentração de glicose excede o ponto



de saturação; a nucleação, na qual se formam os núcleos cristalinos, podendo ocorrer de modo primário (na ausência de cristais pré-formados) ou secundário (na presença de sementes cristalinas); o crescimento, que consiste no aumento do tamanho dos núcleos até atingir o equilíbrio da fase sólida; e a recristalização, etapa em que ocorre o rearranjo da estrutura cristalina visando à diminuição da energia livre do sistema (Ozmen *et al.*, 2025).

Diversos fatores interferem na velocidade e nas características da cristalização. Um dos principais é a relação entre glicose e frutose, já que a glicose apresenta menor solubilidade. Méis com razão frutose/glicose superior a 1,58 tendem a não cristalizar, enquanto valores acima de 1,33 indicam baixa propensão ao fenômeno. Em contrapartida, quando essa razão é inferior a 1,11, a cristalização ocorre de forma rápida (Dobre *et al.*, 2012). Outro fator importante é a proporção entre glicose e água: valores menores que 1,7 resultam em cristalização lenta ou ausente, enquanto relações superiores a 2,0 favorecem uma cristalização rápida. Méis com menos de 30% de glicose, portanto, apresentam tendência reduzida à formação de cristais (Dobre *et al.*, 2012).

Além da composição açucarada, a presença de centros de cristalização — como grãos de pólen, microcristais e bolhas de ar — exerce papel fundamental no processo, pois esses elementos funcionam como “sementes” que iniciam a nucleação. Aproveitando esse princípio, a cristalização pode ser induzida artificialmente pela adição de cristais-semente, técnica que acelera a formação de núcleos, promove a homogeneidade dos cristais e reduz a estratificação do produto (Dettori *et al.*, 2018; Tappi *et al.*, 2019).

A temperatura também é determinante tanto no processamento quanto no armazenamento. Durante a etapa de cristalização controlada, recomenda-se manter o mel entre 14 °C e 18 °C, faixa que favorece a formação de cristais pequenos e uniformes, o que resulta em textura cremosa e agradável (Tappi *et al.*, 2021). No armazenamento, temperaturas elevadas aumentam a solubilidade da glicose e inibem o processo, enquanto temperaturas muito baixas reduzem a mobilidade



molecular, retardando a formação de cristais. Estudos indicam que a faixa entre 13 °C e 15,5 °C é ideal para a cristalização rápida e uniforme; temperaturas extremamente baixas, como -20 °C, originam cristais muito finos, enquanto valores próximos à temperatura ambiente (em torno de 20 °C) tendem a gerar cristais mais grossos e irregulares (Krishnan *et al.*, 2021).

6 Aspectos sensoriais do mel cremoso

O tamanho e a distribuição dos cristais no mel são determinados por fatores como a origem botânica, o teor de glicose e água, bem como pelas condições de temperatura e armazenamento, os quais influenciam diretamente sua aparência, textura e aceitação pelo consumidor (Piana *et al.*, 2023; Sereti *et al.*, 2021). No mel cremoso, a cristalização é conduzida de forma controlada, geralmente por meio de agitação mecânica contínua, o que impede a formação desordenada de cristais grandes e irregulares e favorece a geração de cristais finos e homogêneos. Esse controle resulta em um produto de textura estável, cremosa e agradável ao paladar, proporcionando sensação de derretimento na boca e alterações sutis na coloração do mel (Meixner *et al.*, 2023; Piana *et al.*, 2023).

A principal característica sensorial do mel cremoso é sua consistência firme e homogênea, com cristais pequenos quase imperceptíveis aos consumidores. Essa textura facilita o espalhamento em pães, torradas e bolos, conferindo ao produto praticidade semelhante à de manteigas e cremes vegetais, além de evitar o escorrimento típico do mel líquido. Apesar da diferença sensorial e física, o mel cremoso mantém um perfil químico semelhante ao do mel in natura, apresentando variações mínimas nos compostos bioativos, o que reforça seu potencial como produto natural e funcional (Karahana, Yurt e Güven, 2023). A Figura 1 ilustra o mel cremoso produzido em condições laboratoriais controladas.



Figura 1 – Mel cremoso produzido em laboratório



Fonte: Autor, 2026.

A aceitação sensorial do mel cremoso é influenciada por atributos como cor, sabor, aroma e viscosidade, os quais variam conforme a origem floral e o estado físico do produto (Silva *et al.*, 2023). Piana *et al.* (2023) investigaram a influência do estado físico em méis monoflorais e observaram que o mel cremoso apresentou maior índice de doçura em comparação ao mel líquido, sendo mais bem avaliado quanto à textura e à percepção de homogeneidade pelos consumidores. Esses resultados evidenciam a importância da cristalização controlada como um fator determinante para a experiência sensorial e a preferência do público.

De forma complementar, Tappi *et al.* (2021) demonstraram que a cristalização dinâmica, conduzida sob agitação, promove uma cinética mais rápida e controlada do que os métodos estáticos, resultando em cristais menores e mais uniformes em menor intervalo de tempo. Essa abordagem tecnológica reforça a relevância do controle da cristalização como estratégia para assegurar a qualidade sensorial e funcional do mel cremoso. Em contraste, Alvim *et al.* (2004) observaram que, enquanto o consumo no Brasil ainda é predominantemente voltado ao mel líquido, na Europa há preferência consolidada pelo mel cremoso — tendência que mostra o potencial de expansão desse produto no mercado nacional.

7 Aspectos negativos da cristalização para a comercialização do mel

A cristalização do mel, embora seja um processo natural que não compromete sua qualidade ou segurança,



é frequentemente interpretada de forma negativa pelos consumidores. Muitos associam a formação de cristais à adulteração do produto, acreditando que o mel possa conter adjuvantes alimentares, como melaço, glicose ou outros xaropes, o que gera desconfiança quanto à sua pureza e autenticidade (Machado De-Melo *et al.*, 2017; Waltrich *et al.*, 2020). Essa percepção incorreta impacta diretamente a comercialização, resultando em rejeição do produto e prejuízos econômicos significativos para a cadeia apícola.

Do ponto de vista sensorial e funcional, a cristalização pode alterar atributos importantes do mel. A formação de cristais grandes confere textura grossa e arenosa, considerada indesejável pela maioria dos consumidores, além de modificar aspectos de sabor, odor e cor. A mudança para um estado semissólido também dificulta o manuseio e o consumo, exigindo maior esforço para sua retirada do recipiente e reduzindo sua praticidade no uso doméstico e gastronômico (Dettori *et al.*, 2018).

Para atender à preferência por méis líquidos, muitos produtores recorrem ao aquecimento do produto como forma de reversão da cristalização. Entretanto, esse tratamento térmico, quando realizado de forma inadequada, pode comprometer compostos bioativos e enzimas sensíveis ao calor, reduzindo o valor nutricional e o potencial terapêutico do mel. Outro fator relevante é o aumento da atividade de água nas porções não cristalizadas, o que favorece a proliferação de leveduras osmofílicas e pode resultar em fermentação indesejada e deterioração do produto (Krishnan *et al.*, 2021; Karahan, Yurt e Güven, 2023).

Esses desafios têm estimulado o desenvolvimento de alternativas tecnológicas, como a cristalização controlada empregada na produção do mel cremoso. Esse processo utiliza sementes de cristal para induzir a formação de cristais finos e homogêneos, conferindo textura macia e estável, sem prejudicar os compostos bioativos (Tappi *et al.*, 2021). Dessa forma, o mel cremoso surge como uma estratégia eficaz para agregar valor, ampliar a aceitação do produto no mercado e minimizar os impactos negativos associados à cristalização espontânea.



8 Produção do mel cremoso

8.1 Produção do cristal do mel por indução

A primeira etapa para a elaboração do mel cremoso consiste na obtenção do cristal de indução, que atuará como “semente” para o processo de cristalização controlada. Para isso, uma porção de mel *in natura* é armazenada sob refrigeração a 6 ± 2 °C por aproximadamente 60 dias, permanecendo em repouso até a formação de cristais finos e homogêneos. Esses cristais serão posteriormente incorporados ao mel liquefeito, garantindo uniformidade e controle ao processo de cristalização (Calderone *et al.*, 2008).

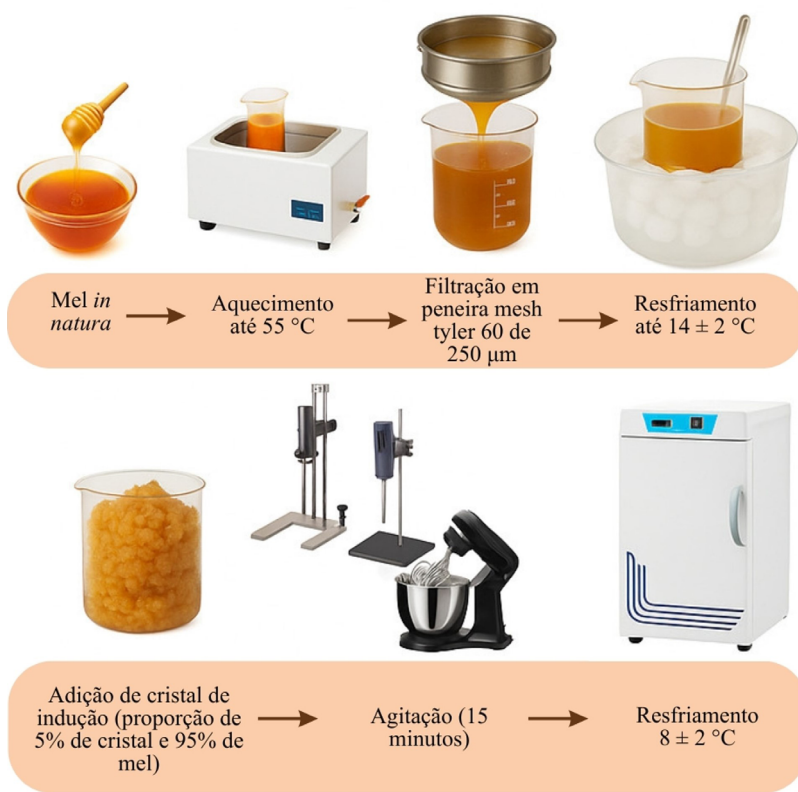
8.2 Produção do mel cremoso por processo dinâmico

As etapas de produção do mel cremoso estão ilustradas na Figura 2. Inicialmente, o mel *in natura* é submetido a um tratamento térmico a 55 °C, com o objetivo de dissociar cristais preexistentes e obter uma amostra totalmente líquida. Em seguida, o mel é filtrado em peneira mesh Tyler 60 (250 µm), para a remoção de impurezas e microcristais residuais, e posteriormente resfriado em banho de gelo até 14 ± 2 °C (Calderone *et al.*, 2008; Piana *et al.*, 2023; Sereti *et al.*, 2021).

Após o resfriamento, adiciona-se o cristal de indução na proporção de 5% em relação ao volume total de mel liquefeito (95%). A mistura é então homogeneizada sob agitação controlada, etapa que evita a formação de cristais grandes e irregulares e promove uma cristalização fina e uniforme. O produto é armazenado sob refrigeração, o que assegura estabilidade e manutenção da textura cremosa característica (Calderone *et al.*, 2008; Piana *et al.*, 2023; Sereti *et al.*, 2021).



Figura 2 – Fluxograma de processamento de mel cremoso



Fonte: Autor, 2026.

8.3 Tecnologias de Produção do Mel Cremoso

Diversos equipamentos podem ser empregados na produção de mel cremoso, como batedeiras planetárias, ultraturrax, mixers e homogeneizadores, que permitem o controle preciso da velocidade e do tempo de agitação — parâmetros determinantes para a textura, coloração e estabilidade do produto final.

Em escala industrial, equipamentos específicos foram desenvolvidos para otimizar o processo, como a cremeira e o helimiel (Figura 3). Esses dispositivos possibilitam o controle automatizado de temperatura e agitação, assegurando a uniformidade do produto e a preservação de suas propriedades sensoriais e bioativas.

Figura 3 – Equipamentos para preparo de mel cremoso



Nota: A: cremeira; B: helimiel. Fonte: Normit ([s.d.]) e (La Tienda del Apicultor, 2025).

A cremeira é amplamente utilizada no processo de cristalização controlada do mel, pois permite o processamento contínuo, a mistura periódica e o controle preciso da temperatura. Esse equipamento possibilita a execução de quatro etapas fundamentais de forma integrada: a descristalização, que consiste no aquecimento para remoção de cristais preexistentes; a recristalização, responsável por reduzir a proporção de cristais irregulares; a cristalização controlada, que promove o crescimento dos cristais de acordo com um padrão definido; e a homogeneização, etapa que aprimora a textura e as propriedades sensoriais do produto, preservando ao mesmo tempo os compostos bioativos do mel (FOODTECHPROCESS, 2025).

9 Conclusão e perspectivas futuras

O mel cremoso representa uma inovação significativa para o setor apícola, destacando-se como uma alternativa de alto valor agregado em relação ao mel convencional. Sua textura diferenciada, resultante do processo de cristalização controlada, amplia as possibilidades de uso culinário e industrial, atendendo às demandas de consumidores por produtos naturais, práticos e sensorialmente atrativos. Além de favorecer a diversificação do portfólio apícola, o mel cremoso contribui para o fortalecimento



econômico dos produtores, agregando valor à produção e incentivando o consumo do mel tanto de forma direta quanto como ingrediente em produtos alimentícios, cosméticos e nutracêuticos.

No futuro, a expansão desse segmento poderá ser impulsionada por pesquisas voltadas à otimização do processo de cristalização, ao uso de tecnologias emergentes para preservação de compostos bioativos e à caracterização sensorial e reológica do produto. Estudos sobre a influência da origem floral, da composição físico-química e das condições de armazenamento também podem aprimorar a qualidade e a estabilidade do mel cremoso. A integração entre ciência, inovação tecnológica e valorização da apicultura regional tende a consolidar o mel cremoso como um produto estratégico para o desenvolvimento sustentável e competitivo do setor apícola brasileiro.

Referências

- AKANDA, M. K. M., MEHJABIN, S., PARVEZ, G. M. M. **Honey for Nutrition and Health Benefits: An Overview**. p. 33–56, 2024.
- ALBUQUERQUE, J. C. G.; SOBRINHO, M. E.; DE LIMA LINS, T. C. Análise da qualidade do mel de abelha comercializado com e sem inspeção na região de Brasília-DF, Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 42, n. 1, p. 71-80, 2021.
- ALVIM, N. C. O mel e suas características. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, n. 3, p. 1-7, 2004.
- BRASIL. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel**. Instrução Normativa nº11, de 20 de outubro de 2000, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Brasília, 1997. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção I, p. 18-23, 2000.
- CALDERONE, N. W. Creamed Honey—Theory. **Department of Entomology**, Cornell University, Ithaca, NY14853, 2008.
- CIANCIOSI, D. *et al.* Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: a review. **Molecules**, v. 23, n. 9, p. 2322, 2018.
- CAMARGO, R. C. R. *et al.* **Mel: características e propriedades**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006.



DETTORI, A. *et al.* Kinetic of induced honey crystallization and related evolution of structural and physical properties. **LWT**, v. 95, p. 333–338, set. 2018.

DOBRE, I. *et al.* Rheological behavior of different honey types from Romania. **Food Research International**, v. 49, n. 1, p. 126–132, nov. 2012.

FERNANDES, R. T.; SILVA, A. C. C. E; ROSA, I. G. Características de qualidade do mel de abelha sem ferrão (*Melipona fasciculata*) produzidos na baixada maranhense. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41268–41275, 2020.

FOODTECHPROCESS. **Máquina de fazer creme de mel CH Profi**. Disponível em: https://foodtechprocess.com/pt/maquinas-de-creme/356-50942-maquina-de-fazer-creme-de-mel-ch-profi.html#/478-versao-atmosferico_70_kg. Acesso em: 29 out. 2025.

HAMDAN, K. Crystallization of honey. **Bee World**, v. 87, n. 4, p. 71-74, 2010.

KARAHAN, D.; YURT, B.; GÜVEN, E. Ç. Investigation of the effect of creamed honey production process on the sugar profile of honey. **Türk doğa ve fen dergisi :/Türk doğa ve fen dergisi**, v. 12, n. 2, p. 76–81, 22 jun. 2023.

KRISHNAN, R. *et al.* Cristalização do mel: mecanismo, avaliação e aplicação. **Pharma Innov**, v. 10, n. 5, p. 222-31, 2021.

LA TIENDA DEL APICULTOR. **Helimiel para crème de mel [online]**. Disponível em: <https://www.latiendadelapicultor.com/pt/misturadores-de-mel/helimiel-para-creme-de-mel.html>. Acesso em: 29 out. 2025.

MACHADO DE-MELO, A. A. *et al.* Composition and properties of Apis mellifera honey: A review. **Journal of Apicultural Research**, v. 57, n. 1, p. 5–37, 23 jun. 2017.

MARTINOTTI, S.; BONSIGNORE, G.; RANZATO, E. Understanding the anticancer properties of honey. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 11, p. 11724, 2024.

MEIXNER, M. *et al.* Influence of Stirring Parameters on Creaminess of Spring Blossom Honey Measured by Crystal Size, Whiteness Index and Mouthfeel. **Foods**, v. 12, n. 1, p. 48, 1 jan. 2023.

MOHAMMED, M. E. A. Factors Affecting the Physicochemical Properties and Chemical Composition of Bee's Honey. **Food Reviews International**, p. 1–12, 26 ago. 2020.



MUSSA, M. Determinação do teor de umidade e cor do mel de abelha produzido na província de Nampula, Moçambique. **Revista Mirante** (ISSN 1981-4089), v. 17, n. 1, p. 55–75, 2024.

NORMIT. CH Profi 400: malý katalog [catálogo]. **Bratislava: Normit Food**, [s.d.]. 1 catálogo.

OZMEN, D. *et al.* Influence of seed concentration and storage time on the rheological, textural, and microscopic crystallization attributes of *Apis mellifera* honey. **Food Chemistry X**, v. 28, p. 102634–102634, 2025.

PIANA, M. L. *et al.* Influence of the Physical State of Two Monofloral Honeys on Sensory Properties and Consumer Satisfaction. **Foods**, v. 12, n. 5, p. 986, 2023.

POLATIDOU, K. *et al.* Physicochemical and Rheological Characteristics of Monofloral Honeys—Kinetics of Creaming—Crystallization. **Foods**, v. 14, n. 10, p. 1835, 2025.

SANTOS-BUELGA, C.; GONZÁLEZ-PARAMÁS, A. Chemical composition of honey. In: **Bee products—chemical and biological properties**. Cham: Springer Nature Switzerland, p. 47-104, 2025.

SERETI, V. *et al.* Development of a Cotton Honey-Based Spread by Controlling Compositional and Processing Parameters. **Food Biophysics**, v. 16, n. 3, p. 365-380, 2021.

SILVA, I. S. *et al.* Comparação da produção de abelhas da espécie *Apis mellifera* com as mudanças ambientais. **Animal em Foco**, v. 3, p. 68–76, 2023.

SOLARES, L. C. K. Estudio comparativo de los niveles de sacarosa y azúcares reductores (glucosa + fructosa) de la miel de abeja (*Apis mellifera*). - **Repositorio Institucional USAC**. Usac.edu.gt, mar. 2014.

SURIWONG, V. *et al.* Thai creamed honey: enthalpy of crystal melting and texture profile under different storage conditions. **International Food Research Journal**, v. 28, n. 5, 2021.

TAPPI, S. *et al.* Physical and structural properties of honey crystallized by static and dynamic processes. **Journal of Food Engineering**, v. 292, p. 110316, 2021.

VICARI, L. *et al.* Descomplicando a análise sensorial: grãos e derivados. **Mérida: Mérida Publishers**, p. 7-17, 2021.

WALTRICH, C.; CARVALHO, L. F. DE. Estudo de propriedades físicas e químicas durante armazenamento de mel produzido na região de Blumenau, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e495974070, 2020.



capítulo II

MÉIS SABORIZADOS COM ESPECIARIAS:

inovação, relevância funcional e
percepção sensorial

Giovanna Ribeiro Meneses dos Santos
Daniel Lucas Carneiro dos Santos
Samara de Macêdo Moraes
Marta Suely Madruga



1 Apresentação

O Brasil possui uma grande capacidade de produção de mel e apresenta um crescimento contínuo neste setor. Em 2024, a produção nacional ficou estimada em 67 mil toneladas do produto (IBGE, 2024). O mel produzido no semiárido nordestino, particularmente no Sertão Paraibano, tem atraído interesse científico e comercial decorrente de suas qualidades sensoriais distintas, composição diferenciada e elevado potencial bioativo (Vasconcelos *et al.*, 2021). Essa região, que apresenta vegetação predominantemente da Caatinga, apresenta uma diversidade botânica peculiar, que exerce influência direta no perfil físico-químico do mel, resultando em produtos com elevado teor de compostos antioxidantes (Andrade *et al.*, 2024), significativa ação antimicrobiana e sabor característico (Brown *et al.*, 2020).

Apesar do crescimento na produção, o consumo per capita do mel no Brasil situa-se entre os menores do mundo. Em 2018, o consumo médio de mel no país foi de apenas 0,06 kg/pessoa/ano, enquanto países como a Alemanha registraram valores superiores a 1 kg/pessoa/ano e nos Estados Unidos, principal destino do mel brasileiro, o consumo de mel aproximou-se de 0,6 kg/pessoa/ano (Vidal, 2021). Esses dados evidenciam a necessidade de estratégias de divulgação e valorização do mel nacional, com o intuito de aumentar seu consumo e promover os benefícios desse alimento funcional.

O mel, naturalmente, é um alimento valorizado pelo sabor único e pelas propriedades benéficas à saúde. No entanto seu valor nutricional e sensorial pode ser potencializado com a adição de especiarias, prática que amplia a diversidade dos produtos apícolas disponíveis e enriquece o mel em termos funcionais, aromáticos e sensoriais. As especiarias se destacam por concentrarem compostos bioativos, como fenólicos, flavonoides e óleos essenciais, que estão diretamente associados a atividades antimicrobianas, anti-inflamatórias, antioxidantes e até digestivas, conferindo ao produto final maior complexidade funcional e apelo comercial (Schwanke *et al.*, 2024).



Nesse contexto, este capítulo tem como objetivo analisar o mel saborizado como uma alternativa tecnológica e inovadora para a valorização do mel brasileiro, especialmente aquele oriundo do semiárido nordestino, explorando a incorporação de especiarias como estratégia para aprimorar suas características físico-químicas, sensoriais e funcionais, além de discutir seu potencial na agregação de valor, diversificação de produtos apícolas e estímulo ao consumo.

2 Mel Saborizado

Nos últimos anos, a demanda por alimentos mais saudáveis tem impulsionado a inovação no setor alimentício, especialmente na criação de produtos funcionais. O mercado do mel acompanha essa tendência, apresentando uma diversidade crescente de produtos. Muitos apicultores têm investido em alternativas criativas, como o mel cremoso, que se destaca pela textura mais espessa e homogênea, tornando seu uso mais prático e atraente para o consumidor (Vidal, 2021).

Outra inovação que vem ganhando espaço é o mel aromatizado ou saborizado, obtido por meio da incorporação de frutas, ervas ou especiarias, como por exemplo, canela, gengibre e até frutas vermelhas, como a framboesa, são alguns exemplos. Essa estratégia não apenas diversifica o portfólio de produtos, mas também enriquece o valor funcional do mel, acrescentando compostos bioativos que potencializam seus benefícios para a saúde (Silva, 2024).

A prática de adicionar ingredientes funcionais a alimentos já saudáveis é amplamente comum e bem aceita pelos consumidores. Além de intensificar o valor nutricional, também altera características sensoriais importantes, como sabor e aroma, contribuindo para uma maior aceitação do produto no mercado (NG *et al.*, 2023; Zębracka *et al.*, 2022). Estudos recentes indicam que cerca de 70% dos consumidores já consomem méis saborizados, sendo o sabor e os benefícios para a saúde os principais fatores que influenciam essa escolha. Além disso, a qualidade e a composição do produto são determinantes no



momento da compra, o que evidencia o potencial de expansão desse segmento (Predanócyová e Šedík, 2024).

O processo de elaboração do mel saborizado é relativamente simples e de fácil execução, conforme apresentado na Figura 1. Inicialmente, realiza-se a coleta do mel e a seleção das especiarias, que devem apresentar boa qualidade e origem segura. Em seguida, com o mel e as especiarias previamente pesadas, realiza-se a incorporação de ambos os ingredientes.

Figura 1 – Fluxograma de elaboração do mel saborizado



Fonte: Autor, 2026.

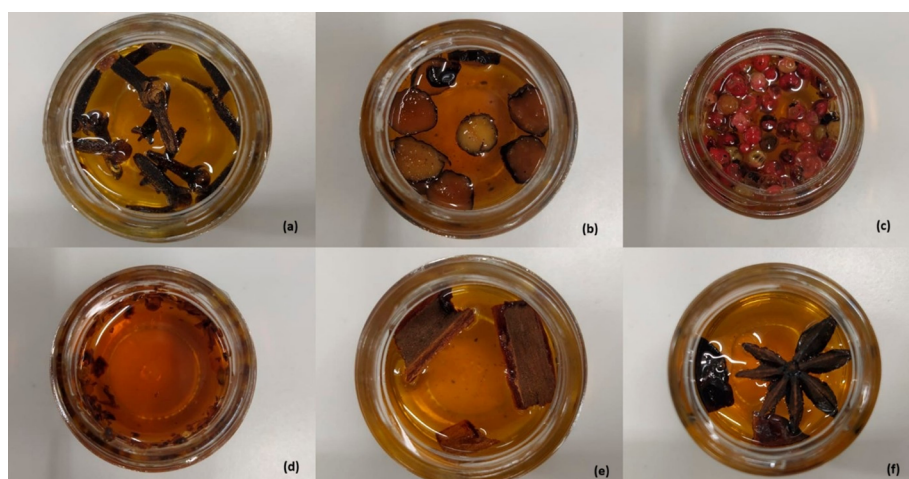
A etapa central do processo é a infusão a frio, que consiste em deixar o mel em repouso com as especiarias por um período determinado (60 dias ou 120 dias), em temperatura ambiente ou levemente controlada, sem aplicação de calor. Essa técnica preserva os compostos voláteis e os compostos sensíveis ao calor, como óleos essenciais, flavonoides e fenólicos, responsáveis pelo aroma, sabor e propriedades funcionais. Após



o tempo de infusão, realiza-se a separação das especiarias por filtração, obtendo-se um mel límpido e uniformemente aromatizado. Por fim, o produto é submetido ao armazenamento adequado, em frascos higienizados e ambiente protegido da luz e da umidade, assegurando sua conservação.

Entre as especiarias mais utilizadas no processo de saborização do mel estão a canela (*Cinnamomum verum*), o cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), a pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius*) e a pimenta calabresa (*Capsicum spp.*) (Andrade *et al.*, 2022; Colcenti, 2023; Fonseca, 2020; Sousa, 2022; Veiga e Dal Bó, 2021). No presente manuscrito, além dessas especiarias tradicionais, foram avaliadas novas alternativas, incluindo anis-estrelado (*Pimpinella anisum*) e cumaru (*Amburana cearensis*), conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Méis saborizados com especiarias



Nota: Méis foram saborizados com: (a): cravo, (b): cumaru, (c): pimenta-rosa, (d): pimenta calabresa, (e): canela e (f): anis-estrelado. Fonte: Autor, 2026.

A combinação do mel com essas especiarias promove reações bioquímicas que podem aumentar seu valor funcional e, simultaneamente, intensificar características sensoriais como sabor, aroma e cor. Além disso, a produção de méis saborizados representa uma alternativa tecnológica promissora para o semiárido paraibano, articulando inovação com valorização dos recursos locais. Assim, os produtores podem agregar valor



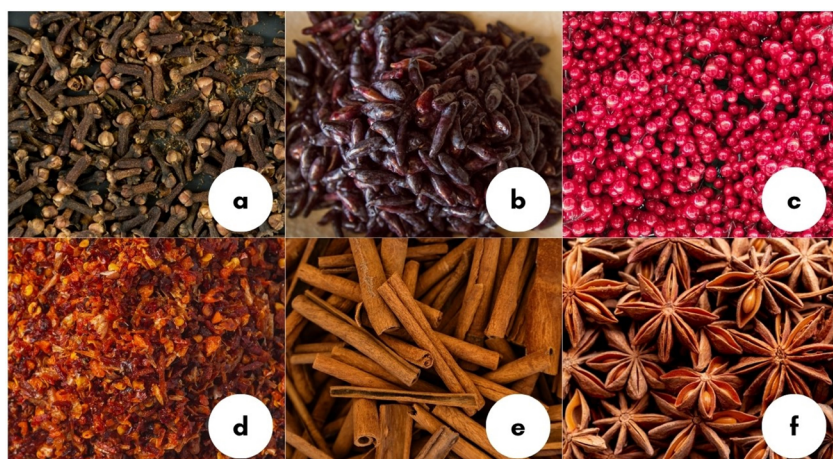
ao mel e, conseqüentemente, estimular o desenvolvimento socioeconômico da região.

3 Especiarias

As especiarias vão muito além de simples temperos da culinária: elas possuem aromas marcantes, sabores únicos e compostos bioativos capazes de enriquecer alimentos como o mel, do ponto de vista tanto funcional quanto sensorial (Schwanke *et al.*, 2024). No desenvolvimento de méis saborizados, algumas dessas especiarias se destacam por suas propriedades únicas. A Figura 3 apresenta as especiarias utilizadas neste estudo para a saborização do mel.

A canela (*Cinnamomum verum*) é uma das especiarias mais populares do mundo, combinando tradição culinária com relevância medicinal. Esse ingrediente, rico em cinamaldeído e eugenol, possui propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e até antidiabéticas (Ahmed *et al.*, 2020). Quanto incorporada ao mel, a canela pode conferir fatores emocionais, como sabor envolvente e um aroma que remete ao aconchego, além de intensificar o potencial funcional do produto.

Figura 3 – Especiarias usadas para elaboração de mel saborizado



Nota: Méis foram saborizados com: (a): cravo, (b): cumaru, (c): pimenta-rosa, (d): pimenta calabresa, (e): canela e (f): anis-estrelado. Fonte: Imagens obtidas no site Freepik, 2025.



O cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), com sabor marcante e aroma intenso, contém elevado teor de eugenol, composto responsável por ações antimicrobianas, anti-inflamatórias e até anestésicas (Haro-González *et al.*, 2021). No mel, essa especiaria atua tanto no enriquecimento do perfil sensorial quanto na estabilidade e preservação do produto, funcionando como um conservante natural.

O anis-estrelado (*Illicium verum*), especiaria originária da Ásia, é conhecido pela forma característica em estrela e pelo aroma adocicado. Seu principal composto, o trans-anetol, é responsável por propriedades antimicrobianas e antioxidantes. Além de aromatizar o mel com umas nuances suaves, essa especiaria promove benefícios à digestão e atua como um aliado natural contra microrganismos indesejaváveis (Intan *et al.*, 2023).

O cumaru (*Dipteryx odorata*), conhecido como a “baunilha brasileira”, possui sementes ricas em cumarina, um composto de aroma adocicado e agradável. Além de ser muito valorizado em perfumaria e culinária, essa especiaria apresenta propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (Martins da Silva *et al.*, 2021). Quando adicionado ao mel, o cumaru lhe confere um sabor sofisticado e diferenciado, com elevado potencial de aceitação entre consumidores.

A pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolius*), fruto de uma árvore nativa da América do Sul, apresenta sabor suave e levemente adocicado, sendo rica em polifenóis e flavonoides, conhecidos pelo efeito antioxidante (Ennigrou *et al.*, 2016). Sua combinação com o mel resulta em um produto aromático e visualmente atrativo, além de funcional.

A pimenta calabresa (*Capsicum spp.*), obtida a partir da desidratação da pimenta-dedo-de-moça, é fonte de vitamina C, carotenoides e capsaicina, substância responsável pela ardência característica (Rosa *et al.*, 2023). No mel, proporciona sabor picante e exótico, além de propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, ampliando as possibilidades de consumo.

Dessa forma, cada especiaria empregada no processo de saborização do mel confere ao produto final características únicas, incorporando compostos bioativos distintos e propriedades funcionais específicas. Essa diversidade de insumos possibilita a



produção de méis inovadores, combinando múltiplas qualidades sensoriais e funcionais, ao mesmo tempo em que oferece ao consumidor produtos diferenciados e promove a valorização dos recursos naturais utilizados.

4 Composição química dos méis saborizados

Os méis saborizados com as especiarias canela, cravo, anis-estrelado, cumaru, pimenta calabresa e pimenta rosa apresentaram estabilidade e qualidade dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira (Brasil, 2000). A adequação aos parâmetros legislativos indica que o processo de infusão com especiarias não compromete a segurança nem a integridade do produto.

De modo geral, as amostras saborizadas apresentaram valores superiores aos observados no mel *in natura* em relação aos parâmetros físico-químicos avaliados, conforme ilustrado no Quadro 1. Essa diferença está associada à liberação de compostos presentes nas especiarias, como eugenol, cinamaldeído, anetol, estragol, cumarina, capsaicina, limoneno e α -pineno (Andrade *et al.*, 2022; Colcenti, 2023; Fonseca, 2020; Sousa, 2022; Veiga e Dal Bó, 2021). A presença desses óleos essenciais e fenóis, além de influenciar o pH, também contribui para o aumento da atividade funcional do mel. A acidez também variou em função da adição das especiarias em relação ao mel *in natura*, provavelmente relacionada à transferência de ácidos orgânicos.



Quadro 1 – Qualidade físico-química do tempo de infusão de 60 dias e 120 dias dos méis saborizados

Amostra	pH	Acidez (mEq/Kg)	Aa
Controle	3,48	29,15	0,59
Mel Canela	3,55 – 3,66	30,23 – 23,39	0,60 – 0,55
Mel Cravo	3,48 – 3,80	31,30 – 25,25	0,59 – 0,59
Mel Anis-Estrelado	3,46 – 3,79	28,07 – 26,38	0,59 – 0,57
Mel Cumaru	3,54 – 3,82	33,79 – 23,17	0,59 – 0,55
Mel Pimenta Calabresa	3,70 – 3,84	39,95 – 28,65	0,58 – 0,55
Mel Pimenta rosa	3,49 – 3,80	34,44 – 24,69	0,59 – 0,55

Amostra	SST (°Brix)	Umidade (%)	Cinzas (%)
Controle	83,00	15,50	0,16
Mel Canela	83,00 – 82,50	15,50 – 16,00	0,14 – 0,15
Mel Cravo	82,67 – 82,00	15,67 – 16,50	0,12 – 0,14
Mel Anis-Estrelado	83,00 – 82,00	15,67 – 16,50	0,17 – 0,17
Mel Cumaru	82,83 – 82,50	15,50 – 16,00	0,16 – 0,17
Mel Pimenta Calabresa	83,00 – 82,50	15,50 – 16,00	0,25 – 0,26
Mel Pimenta rosa	83,00 – 82,50	15,50 – 16,00	0,13 – 0,14

Nota: Aa: Atividade de água, SST: Sólidos solúveis totais. Fonte: Autor, 2026.

Paralelamente, o parâmetro de umidade manteve-se dentro dos padrões legais (umidade < 20%), enquanto a atividade de água (aa), mesmo não apresentando limite estabelecido pela legislação, mostrou-se estável, assegurando a conservação do mel e reduzindo riscos de fermentação. Quanto aos sólidos solúveis (°Brix), foram observadas pequenas variações entre as amostras saborizadas (82,5° a 83,0°) e o mel *in natura* (83,0°), indicando que a adição de especiarias pode exercer influência moderada sobre esse parâmetro.

Outro aspecto relevante é o teor de cinzas, que indica a presença de minerais. Durante o armazenamento, observou-se um discreto aumento na concentração de minerais, variando de 0,16g/100g no mel *in natura* para valores entre 0,13g/100g a 0,26g/100g nos méis saborizados. Esse incremento está



possivelmente associado à liberação gradual de nutrientes/minerais das especiarias, como cálcio, magnésio, potássio, fósforo, ferro e zinco (Brasil, 2002).

De forma geral, os resultados demonstram que a adição de especiarias promove alterações sutis nos parâmetros físico-químicos do mel, mas sem comprometer sua qualidade. Pelo contrário, além de manter a conformidade com a legislação vigente, o processo de saborização enriquece o mel e pode incorporar outros compostos oriundos das especiarias utilizadas, os quais contribuem para o enriquecimento químico do produto e o potencial funcional aprimorado (Haro-González *et al.*, 2021; NG *et al.*, 2023).

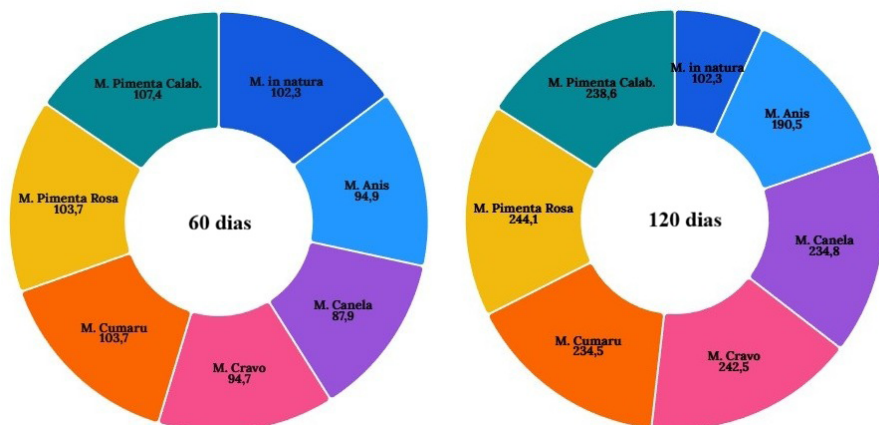
5 Composição bioativa dos méis saborizados

A adição de especiarias ao mel promoveu um aumento significativo na concentração de compostos bioativos, especialmente dos fenólicos, responsáveis por grande parte da ação antioxidante observada em diversos alimentos. Enquanto o mel *in natura* apresentou uma quantidade moderada desses compostos, os méis saborizados, após o período de infusão, exibiram concentrações consideravelmente mais elevadas — em alguns casos, superiores ao dobro do valor encontrado no mel puro, conforme ilustrado na Figura 4.

Entre as especiarias avaliadas, a pimenta-rosa e o cravo destacaram-se como as mais eficazes na liberação de compostos fenólicos, seguidas pelas especiarias pimenta calabresa, canela e cumaru, todas contribuindo para um enriquecimento funcional do mel saborizado. Esse comportamento indica que o processo de infusão prolongado favorece a extração e transferência de moléculas bioativas das especiarias para a matriz do mel, ampliando seu potencial funcional (Czipa *et al.*, 2025; Schwanke *et al.*, 2020).



Figura 4 – Fenólicos totais dos méis saborizados com especiarias no tempo de 60 dias e 120 dias de infusão



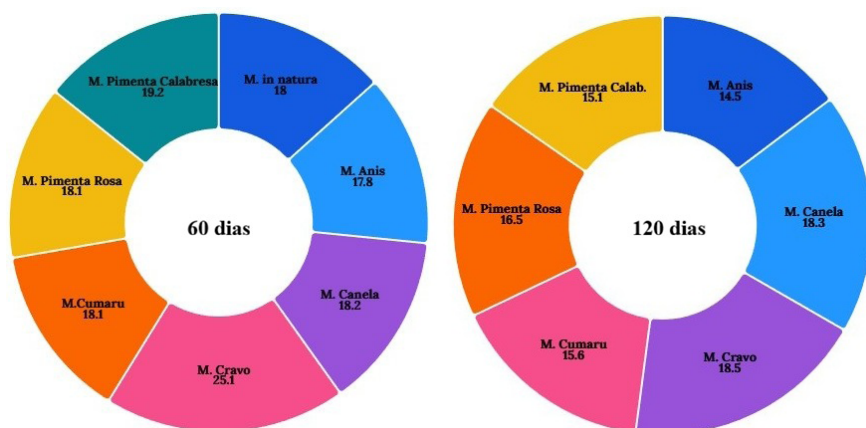
Nota: Valores expressos em mg/100g da amostra. Fonte: Autor, 2026.

Os flavonoides, pertencentes ao grupo dos compostos fenólicos, representam uma das classes mais relevantes devido à sua ampla atuação biológica, especialmente na neutralização de radicais livres, na modulação de enzimas oxidativas e na prevenção de danos celulares oxidativos. Embora façam parte do conjunto de fenólicos totais, os flavonoides merecem destaque por sua alta capacidade antioxidante e por contribuírem significativamente para o valor funcional e nutricional de alimentos naturais, como o mel (Moraes, Silva e Silva, 2022).

No presente estudo, os resultados referentes aos flavonoides apresentaram maior variabilidade entre as amostras analisadas. O mel *in natura* apresentou uma quantidade moderada de flavonoides (17,96 mg/100g), enquanto algumas combinações com especiarias, como o mel saborizado com cravo, alcançaram valores superiores (25,10 mg/100g). Em contrapartida, as amostras saborizadas com cumaru e pimenta calabresa apresentaram reduções em relação ao mel *in natura*, com resultados de 15,59 mg/100g e 15,07 mg/100g, respectivamente. Esses resultados indicam que a liberação dos compostos flavonoides não ocorre de forma uniforme entre as diferentes especiarias e depende diretamente do tempo de infusão utilizado. Esse comportamento diferenciado pode ser visualizado na Figura 5.



Figura 5 – Flavonoides totais dos méis saborizados com especiarias no tempo de 60 dias e 120 dias de infusão



Nota: Valores expressos em mg/100g da amostra. Fonte: Autor, 2026.

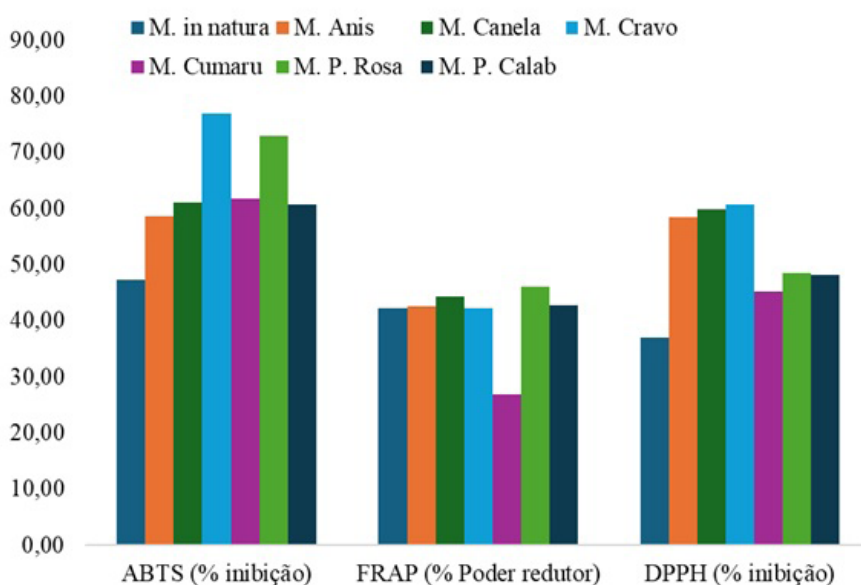
Os testes de atividade antioxidante evidenciaram o papel das especiarias na ampliação das propriedades bioativas do mel saborizado. A avaliação dessa atividade foi realizada por meio dos ensaios DPPH, ABTS e FRAP, amplamente utilizados para mensurar a capacidade antioxidante de matrizes alimentares. Os métodos DPPH• e ABTS•+ avaliam a habilidade dos compostos bioativos em neutralizar radicais livres responsáveis por promover processos oxidativos no organismo humano. Já o ensaio FRAP mede o poder redutor dos antioxidantes, baseado na complexação do íon ferro ($Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$), o que reflete a disponibilidade de elétrons para reações antioxidantes (Biluca *et al.*, 2017).

Os méis saborizados apresentaram elevado desempenho como agente antioxidante, sendo significativamente maior do que o do mel *in natura*, conforme ilustrado na Figura 6. Por exemplo, o mel saborizado com pimenta-rosa mostrou uma capacidade significativamente maior de neutralizar radicais livres (91,84% de inibição de ABTS•+), aproximadamente o dobro do valor obtido para o mel *in natura* (47,30%). Resultados semelhantes foram observados em méis saborizados com anis-estrelado e cravo, que também se destacaram pela elevada eficiência antioxidante, demonstrando que a adição de especiarias intensifica a ação protetora do mel contra processos oxidativos.



É importante destacar que nem todas as combinações de mel e especiarias apresentaram o mesmo comportamento. No caso do mel saborizado com cumaru, observou-se uma redução da atividade antioxidante pelo método de FRAP (26,81%), em comparação ao mel *in natura* (42,33%), sugerindo que o tipo de especiaria e o tempo de infusão influenciam diretamente as propriedades antioxidantes do mel.

Figura 6 – Atividade Antioxidante dos méis saborizados em 60 dias e 120 dias de infusão com as especiarias



Fonte: Autor, 2026.

De modo geral, verificou-se que o aumento do tempo de armazenamento favoreceu o incremento dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante dos méis saborizados, enquanto os teores de flavonoides apresentaram tendência de redução. Esse comportamento pode estar relacionado à extração contínua de compostos fenólicos ao longo do tempo, acompanhada pela possível degradação ou transformação de alguns flavonoides durante o processo de infusão (Moraes *et al.*, 2022; Senevirathne *et al.*, 2022; Zou *et al.*, 2023).

Em síntese, a infusão de especiarias potencializa o potencial bioativo do mel, promovendo o aumento dos compostos



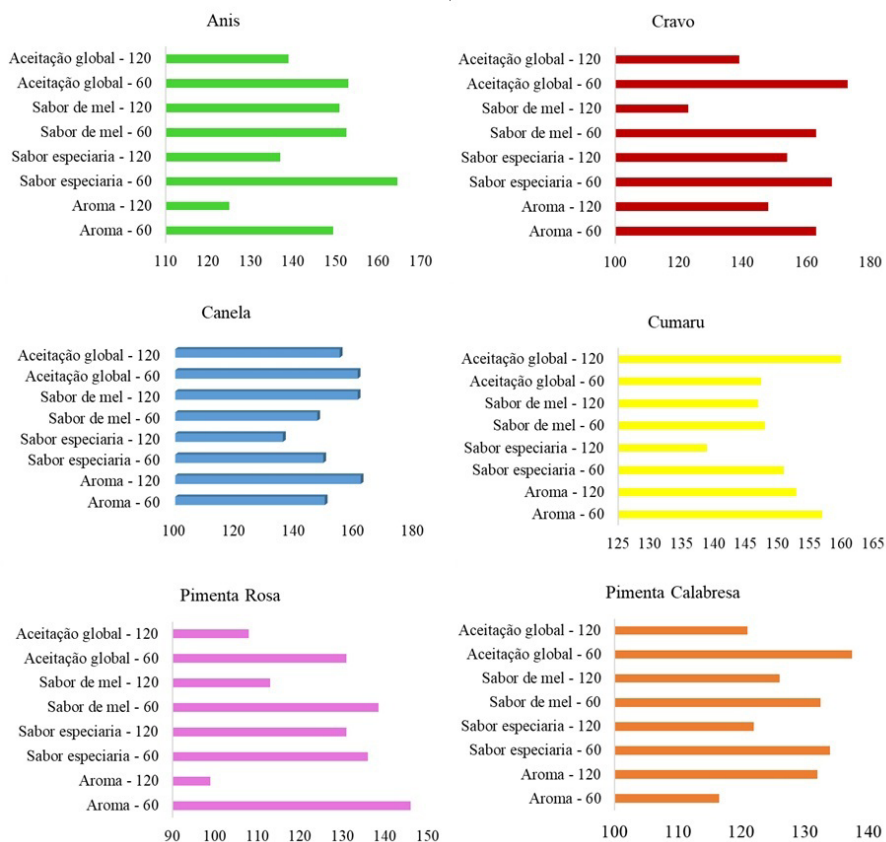
fenólicos e da atividade antioxidante, embora os teores de flavonoides apresentem variações em função do tipo de especiaria e do tempo de infusão. Quando considerado o período de armazenamento, observou-se que os méis saborizados avaliados após 120 dias apresentaram resultados superiores aos de 60 dias, demonstrando que a infusão prolongada favorece tanto a extração quanto a estabilização dos compostos bioativos. Esses achados reforçam o potencial funcional dos méis aromatizados, que se destacam não apenas pelo sabor diferenciado, mas também pelos benefícios potenciais à saúde.

6 Relevância sensorial dos méis saborizados

A análise sensorial foi conduzida por meio dos testes de aceitação e intensidade (Figura 7), e de preferência (Figura 8). Os resultados evidenciaram que os méis saborizados proporcionam uma experiência sensorial complexa e envolvente, resultante da interação entre aroma, sabor e percepção geral do produto. Embora todos os méis tenham apresentado boa aceitação inicial, o tempo de infusão mostrou-se um fator determinante na forma como os atributos sensoriais foram percebidos pelos consumidores. Cada especiaria confere características próprias, capazes de intensificar notas agradáveis do mel ou introduzir perfis mais exóticos, que se sobrepõem ao sabor natural, resultando em experiências únicas, ainda que nem sempre familiares ao paladar comum.



Figura 7 – Avaliação sensorial de méis saborizados com diferentes especiarias após 60 e 120 dias de infusão

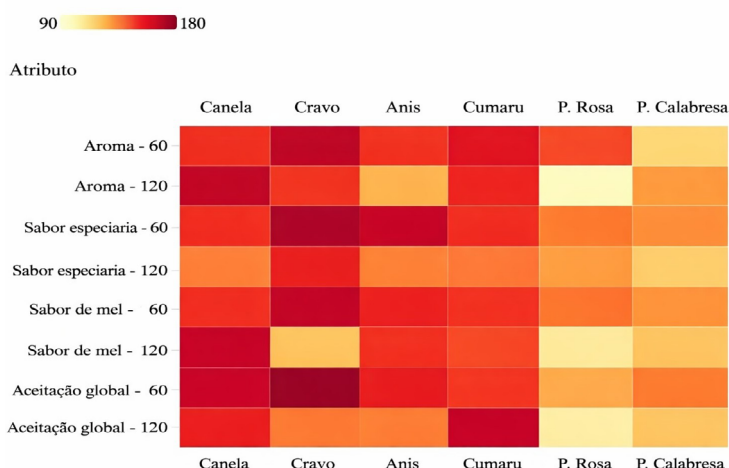


Nota: As barras representam as médias obtidas para cada atributo, em uma escala de 0 (pouco preferido) a 180 (mais preferido). Fonte: Autor, 2026.

O aroma foi o atributo mais impactado pela adição das especiarias. Canela, cravo e cumaru se destacaram por produzirem aromas harmoniosos, que complementam o perfil natural do mel e promovem uma sensação olfativa agradável e convidativa. Em contrapartida, as pimentas rosa e calabresa apresentaram perfis aromáticos mais intensos e ousados, capazes de agradar consumidores que buscam experiências diferenciadas, mas com menor preferência geral entre os avaliadores. Essa diversidade aromática reforça que a escolha da especiaria pode direcionar o produto para diferentes nichos de mercado — desde perfis mais tradicionais até consumidores que valorizam sabores inovadores.



Figura 8 – Resultado da análise de ordenação preferênci, realizada com os méis saborizados



Nota: Cores mais intensas refletem maior preferência dos consumidores. Fonte: Autor, 2026.

No que se refere ao sabor, as especiarias exerceram influência direta sobre a percepção gustativa do mel. Canela e anis-estrelado reforçaram o sabor natural do mel, criando um equilíbrio entre doçura e aroma, enquanto o cravo e as pimentas conferiram notas mais marcantes, intensas ou picantes, que exigem maior adaptação sensorial. A aceitação global refletiu essas diferenças: o cumaru e a canela foram os sabores mais apreciados, demonstrando uma combinação equilibrada entre funcionalidade, aroma e sabor. Já as pimentas apresentaram aceitação mais seletiva, indicando potencial de mercado para públicos específicos.

A análise sensorial também evidenciou que a transferência de compostos sensoriais – tanto voláteis quanto não voláteis – é essencial para o sucesso do processo de saborização do mel. O tempo de infusão exerce papel decisivo nesse processo, pois períodos mais longos favorecem a extração e intensificação de aromas e sabores desejáveis, mas podem também levar à atenuação de certas notas características, exigindo um controle cuidadoso durante o desenvolvimento do produto.

Em termos de aceitação sensorial, a canela e o cravo se destacaram como as especiarias de melhor desempenho,



mantendo estabilidade e altos índices de preferência ao longo de todo o período de avaliação. O cumaru apresentou uma tendência de melhora com o tempo de infusão, sugerindo que períodos mais prolongados favorecem a liberação de compostos aromáticos e o aprimoramento de suas características sensoriais. Por outro lado, as amostras elaboradas com pimenta-rosa e pimenta calabresa apresentaram menor aceitação, indicando que especiarias de perfil mais intenso ou exótico podem ser percebidas como menos familiares, sendo mais adequadas a consumidores que buscam experiências sensoriais diferenciadas.

Além de ampliarem a atratividade e a diversidade dos produtos apícolas, os méis aromatizados representam uma combinação equilibrada entre inovação sensorial e funcionalidade biológica. As especiarias adicionadas não apenas enriquecem o perfil aromático e gustativo do mel, mas também incorporam compostos bioativos capazes de potencializar sua atividade antioxidante. Assim, cada formulação adquire identidade própria, com características únicas de aroma, sabor e funcionalidade, o que amplia seu potencial de valorização comercial.

De modo geral, os resultados demonstram que a infusão de especiarias constitui uma estratégia eficiente para potencializar as propriedades funcionais, aromáticas e sensoriais do mel, promovendo a criação de produtos de alto valor agregado. Essa abordagem favorece a inovação no setor apícola, possibilitando o desenvolvimento de alimentos funcionais e sensorialmente marcantes, capazes de atender a nichos de mercado que valorizam naturalidade, saúde e experiências gustativas diferenciadas.

7 Conclusão e perspectivas futuras

Os méis saborizados elaborados com anis-estrelado, canela, cravo, cumaru, pimenta-rosa e pimenta calabresa apresentaram desempenho amplamente positivo, destacando-se em parâmetros físico-químicos, estabilidade microbiológica, composição bioativa e características sensoriais. Os resultados evidenciam que os compostos funcionais das especiarias,



especialmente os fenólicos e flavonoides, são transferidos de forma eficaz para a matriz do mel durante o processo de infusão, promovendo o enriquecimento do produto com novos atributos funcionais e sensoriais. Observou-se ainda que o tempo de infusão e de armazenamento exerce papel determinante na intensidade dessas propriedades, influenciando diretamente o perfil químico e a aceitação sensorial dos méis.

O desenvolvimento de méis saborizados exige atenção criteriosa à seleção das especiarias e à definição das condições de infusão, de modo a equilibrar sabor, aroma e funcionalidade. Quando conduzido de forma planejada, esse processo permite a criação de produtos com alta aceitação sensorial, perfil funcional aprimorado e valor agregado, o que representa uma estratégia promissora para inovação no setor apícola e expansão do mercado de alimentos naturais e funcionais.

Como perspectiva futura, sugere-se a ampliação dos estudos voltados à elaboração de méis saborizados com outras especiarias e ingredientes naturais, explorando novas combinações que possam potencializar o conteúdo bioativo, diversificar o perfil sensorial e atender às preferências de diferentes segmentos de consumidores. Essa abordagem pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de uma linha de produtos mais variada, sustentável e competitiva no mercado.

Referências

AHMED, H. M. *et al.* Triagem fitoquímica, composição química e atividade antimicrobiana da casca de *Cinnamomum verum*. **International Research Journal of Pure and Applied Chemistry**, v. 21, n. 24, p. 72–81, 2020.

ANDRADE, M. F. *et al.* Óleos essenciais de alecrim-pimenta, laranja e cravo da Índia como aditivos naturais antimicrobianos: uma revisão narrativa. **Científica Digital**, v. 1.19, p. 295-308, 2022.

ANDRADE, B. B. *et al.* Caracterização química, compostos bioativos, atividade antioxidante e comportamento reológico de méis de abelhas sem ferrão coletados no estado da Bahia. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 10, e120131047173, 2024.



BILUCA, F. C. *et al.* Phenolic compounds, antioxidant capacity and bioaccessibility of minerals of stingless bee honey (*Meliponinae*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 63, n. February, p. 89–97, 2017.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. Diário Oficial da União, 2000.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde**. Departamento de Atenção Básica. Alimentos regionais brasileiros. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

BROWN, E. *et al.* Physical characteristics and antimicrobial properties of *Apis mellifera*, *Frieseomelitta nigra* and *Melipona favosa* bee honeys from apiaries in Trinidad and Tobago. **BMC Complementary Medicine and Therapies**, v. 20, p. 1-9, 2020.

COLCENTI, S. C. **Uso de plantas aromáticas e condimentares na produção de caponatas de berinjela**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves, 2023.

CZIPA, N. *et al.* Release of elements and phenolic and flavonoid compounds from herbs and spices into acacia honey during infusion. **Journal of Food Science and Technology**, v.62, p.167–177. 2025.

ENNIGROU, A. *et al.* Alterações relacionadas à maturação em fitoquímicos e atividades biológicas de frutos da aroeira-brasileira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **South African Journal of Botany**, v. 108, p. –, set. 2016.

FONSECA, L. **Composição química dos óleos essenciais, complexo de inclusão e atividades biológicas de *Croton zehntneri* Pax et Hoffm e *Lippia lasiocalycina* Cham**. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2020.

HARO-GONZÁLEZ, J. N. *et al.* Clove essential oil (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): extraction, chemical composition, food applications, and essential bioactivity for human health. **Molecules**, v. 26, n. 21, p. 6387, 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de Mel de abelha**. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mel-de-abelha/br>. Acesso em: 18 set. 2025.



INTAN, E. K. *et al.* Pharmacological activities of bunga awing (*Illicium verum*). Indonesian J. Int. **Res. Sci. Technol.** V.1, p.651–660. 2023.

MARTINS DA SILVA, G. *et al.* Estudo Químico e Antimicrobiano dos Extratos de Sementes e Folhas do Cumaru, *Dipteryx odorata* (Fabaceae). **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, [S. l.], v. 1, pág. 34–38, 2021.

MORAES, M. *et al.* Potencial antioxidante dos flavonoides e aplicações terapêuticas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e238111436225-e238111436225, 2022.

MORAES, M. L. L.; SILVA, S. A.; SILVA, H. D. T. Experimental mixture design as a tool to evaluate coumarin (1,2-benzopyrone) extraction from *Dipteryx odorata* seeds. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 210, p. 114586, 2022.

NG, W. J. *et al.* Sensory, physicochemical and antioxidant properties coupled with chemometric analysis of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe var. *Bentong*) enriched *Apis cerana* honey. **Food Chemistry Advances**, v. 3, e100459, 2023.

PREDANÓCYOVÁ, K.; ŠEDÍK, P. Honey market challenges: flavored honey as healthy food choice for consumers. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 13, n. 6, p. e11021, 2024.

ROSA, C. O. *et al.* Importância da secagem e armazenamento adequados na manutenção da qualidade de sementes de pimenta (*Capsicum*). **Research, Society and Development**, v. 12, n. 8, e15212843000, 2023.

SCHWANKE, C. H. A. *et al.* **Especiarias e Ervas Aromáticas: Um elo entre Sabor, Aroma, Cor e Saúde**. Editora da PUCRS, 2024.

SILVA, DAISY JACQUELINE SOUSA. Compostos bioativos, atividade antioxidante e perfil de minerais nas amostras de méis de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) provenientes da Caatinga Piauiense, Brasil. **Revista Observatorio de La Economia Latinoamericana**, v. 22, n. 6, p. 01–21, 2024.

SOUSA, T. M. *et al.* Efeito antimicrobiano do cinamaldeído, principal componente dos óleos essenciais da canela: uma revisão da literatura. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 13, n. esp., 2022.

VASCONCELOS, E. C. G. *et al.* Diversidade florística de espécies com potencial apícola no município de Cocal, região norte do Piauí. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**, v. 2, n. 1, p. 83–98, 2021.



VEIGA, A. K.; DAL BÓ, A. Pimenta-Rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi): extração e identificação dos compostos fenólicos para avaliação do seu potencial antioxidante *in vitro*. In: **Anais do I Web Encontro Nacional de Engenharia Química**, Diamantina (MG), 2021.

VIDAL, M. F. Mel natural: cenário mundial e situação da produção na área de atuação do BNB. **Caderno Setorial ETENE**, v. 6, n. 157, p. 1-10, 2021.

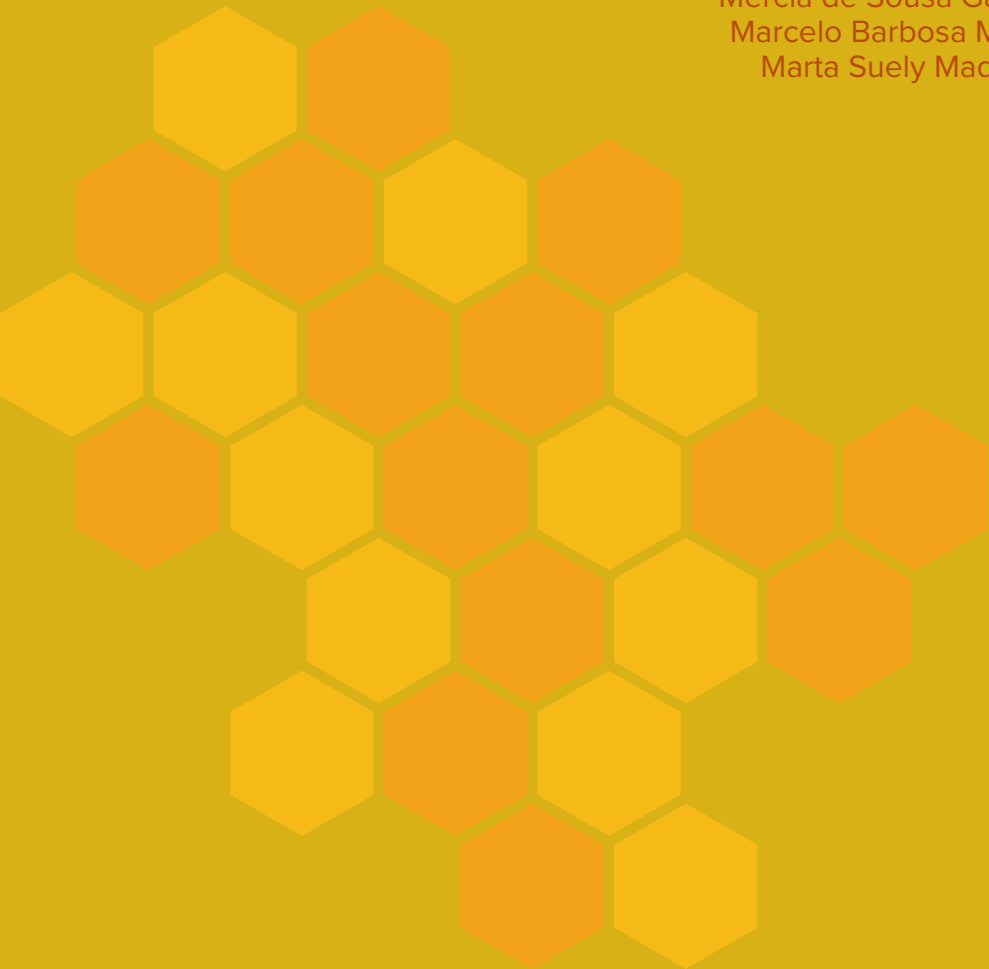
ZĘBRACKA, A. *et al.* Assessment of the microbiological quality and bactericidal properties of flavoured honey. **Medycyna Weterynaryjna**, v. 78, n. 11, p. 556– 562.2022.

ZOU, Q. *et al.* A comprehensive review of the pharmacology, chemistry, traditional uses and quality control of star anise (*Illicium verum* Hook. F.): An aromatic medicinal plant. **Molecules**, v. 28, n. 21, p. 7378, 2023.



INFLUÊNCIA DA DIVERSIDADE BOTÂNICA NA QUALIDADE QUÍMICA E SENSORIAL DE HIDROMÉIS DO SERTÃO PARAIBANO

Rayane Lycia Ferreira Duvale
Mércia de Sousa Galvão
Marcelo Barbosa Muniz
Marta Suely Madruga



1 Apresentação

No Sertão Paraibano, onde a flora é naturalmente rica e diversificada, e a apicultura já é uma atividade tradicional, o hidromel surge como uma alternativa promissora para gerar renda, valorizar o mel local e incentivar o desenvolvimento sustentável. Com base nas floradas nativas e na identidade única do território, a produção dessa bebida representa uma nova oportunidade de negócio para os apicultores da região (Ximenes e Vidal, 2023; Karam, Silva e Santos, 2022).

Para apoiar essa iniciativa, diversas ações têm sido desenvolvidas na Paraíba, com foco em capacitação, pesquisa, orientação técnica e valorização da produção local (Ximenes e Vidal, 2023). Essas iniciativas acompanham uma tendência global de crescimento no consumo da bebida, impulsionado pela demanda por alimentos que promovem benefícios à saúde e experiências sensoriais inovadoras (Webster *et al.*, 2025).

A qualidade química e sensorial do hidromel, incluindo a presença de compostos com potenciais efeitos benéficos à saúde, depende tanto da composição do mel utilizado quanto das transformações que ocorrem durante a fermentação (Webster *et al.*, 2025). As abelhas coletam compostos fenólicos das flores, que são incorporados ao mel e posteriormente biotransformados pela ação das leveduras, podendo intensificar as propriedades funcionais da bebida. Essas características, no entanto, variam conforme a origem botânica do mel, o que reforça a importância de compreender como o tipo floral influencia a qualidade final do hidromel (Avîrvarei *et al.*, 2023; Česlová *et al.*, 2022).

Nesse contexto, este capítulo foi elaborado para orientar apicultores, produtores e interessados na cadeia produtiva do hidromel, reunindo informações legislativas, práticas e científicas sobre a produção da bebida, com destaque para os diferenciais do mel da Caatinga. O objetivo é incentivar a produção com qualidade, promover a valorização regional, fortalecer os produtores locais, facilitar o acesso à tecnologia, reduzir as barreiras para o início da atividade hidromeleira, ampliar o conhecimento técnico-científico sobre as potencialidades desse



produto no Sertão Paraibano e contribuir para a geração de renda de forma sustentável, com respeito ao bioma e às comunidades envolvidas.

2 Legislação vigente

A produção e a comercialização de hidromel no Brasil são regulamentadas por três principais instrumentos legais. O Decreto nº 6.871/2009 e a Instrução Normativa MAPA nº 34/2012 definem os padrões de identidade e qualidade da bebida, incluindo critérios como composição, graduação alcoólica, rotulagem e restrições ao uso de ingredientes, conforme apresentado no Quadro 1. Complementando essas normas, o Cartilhão de Bebidas nº 140/2024, elaborado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), traz um resumo atualizado entre as páginas 898 e 906, com orientações adicionais sobre aditivos e coadjuvantes tecnológicos.

Quadro 1 – Padrões de identidade e qualidade de hidromel

Parâmetro	Limite mínimo	Limite máximo	Classificação
Acidez fixa ¹	30	---	---
Acidez total ¹	50	130	---
Acidez volátil ¹	---	20	---
Anidrido sulfuroso ²	---	0,35	---
Cinzas ²	1,5	---	---
Cloretos totais ²	---	0,5	---
Extrato seco reduzido ²	7	---	---
Graduação alcoólica ³	4	14	---
Teor de açúcar ²	---	≤ 3	Seco
	> 3	---	Suave

¹mEq/L; ²g/L; ³ % v/v a 20 °C.

Fonte: Brasil, 2012.



Por definição legal, o hidromel é uma bebida alcoólica fermentada, obtida a partir da fermentação de mel de abelha diluído em água potável, podendo conter sais minerais (Brasil, 2009). De acordo com o Decreto nº 6.871/2009, a graduação alcoólica deve variar entre 4% e 14%. A bebida pode ser classificada como seca ou suave, dependendo do teor de açúcar residual, sendo obrigatório que todos os açúcares do mosto sejam exclusivamente provenientes do mel, pois a adição de açúcares comerciais é proibida (Brasil, 2012). Além disso, é permitida a adição de água, desde que com a finalidade exclusiva de ajustar o teor de sólidos solúveis do mosto (°Brix), ou para reduzir o teor alcoólico final da bebida (Brasil, 2012).

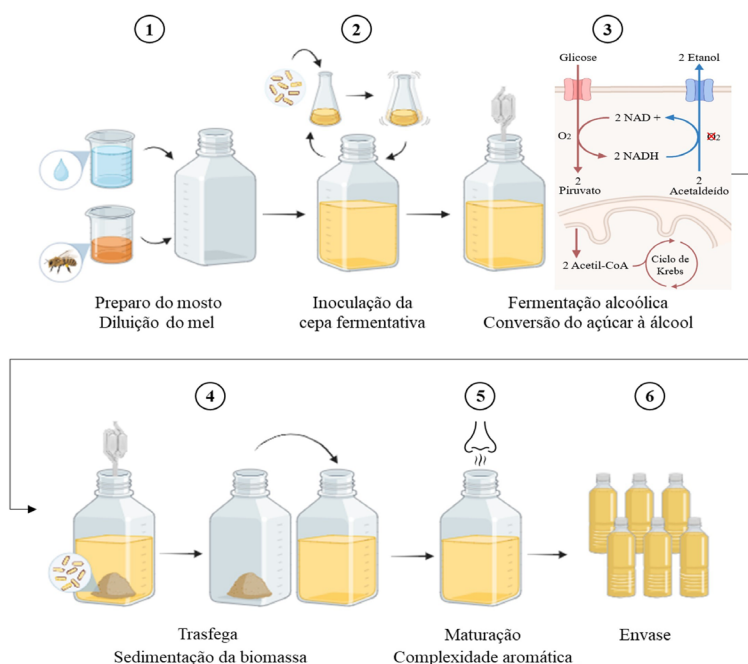
A legislação também determina que o processo de fermentação preserve os aromas e sabores naturais do mel, não sendo permitidas interferências artificiais. No entanto, não existem restrições ao uso de ingredientes naturais, como frutas, especiarias, sucos ou malte, para fins de saborização, desde que esses componentes não predominem sobre o mel nem descaracterizem a natureza da bebida (Brasil, 2012).

3 Aspectos produtivos

O processo de produção de hidromel é composto por etapas sequenciais, que vão desde a preparação do mosto até o envase final da bebida, conforme ilustrado na Figura 1. Cada uma dessas fases apresenta particularidades que influenciam a qualidade do produto, exigindo orientações técnicas e cuidados específicos para sua adequada execução (Starowicz e Granvogl, 2020).



Figura 1 – Etapas de produção de hidromel



Fonte: Autor, 2026.

A produção inicia-se com a preparação do mosto, que consiste na diluição do mel em água potável, etapa fundamental para definir o teor de açúcares fermentescíveis, o corpo da bebida e a sua graduação alcoólica. A proporção mel:água varia conforme o estilo de hidromel desejado, conforme detalhado no Quadro 2. Méis com baixa aceitação comercial, por apresentarem cristais, partículas ou falhas de manejo, podem ser utilizados, desde que estejam livres de contaminação microbiológica. Após a diluição, a oxigenação do mosto, feita por agitação ou adição de oxigênio, é essencial para estimular a multiplicação das leveduras no início da fermentação (Webster *et al.*, 2025).

Na inoculação fermentativa, a levedura *Saccharomyces cerevisiae* é amplamente empregada por sua eficiência fermentativa, tolerância ao etanol e produção de metabólitos que enriquecem o perfil sensorial do hidromel. A dosagem deve seguir a recomendação do fabricante, variando geralmente entre 3% e 5% p/v e podendo ser ajustada conforme a densidade do mosto (Starowicz e Granvogel, 2020). Tanto a subdosagem quanto



a superdosagem devem ser evitadas, pois podem comprometer a fermentação e resultar em turbidez, off-flavors ou instabilidade microbiológica (Zhuang *et al.*, 2019).

Quadro 2 – Influência da proporção mel e água na produção de hidromel

Proporção mel:água	Características da bebida final	Dificuldades fermentativas
1:1 (1L mel + 1L água)	Hidromel licoroso Alto teor alcoólico (acima de 12%) Corpo denso e maior doçura	Risco de fermentação lenta ou incompleta devido ao estresse osmótico das leveduras (excesso de açúcar).
1:2 (1L mel + 2L água)	Teor alcoólico médio (9–12%) Bom equilíbrio entre corpo e dulçor	-
1:3 (1L mel + 3L água) 1:4 (1L mel + 4L água)	Baixo teor alcoólico (5–8%) Corpo leve Perfil mais refrescante	Baixo teor alcoólico (5–8%) Corpo leve Perfil mais refrescante

Fonte: Autor, 2026.

Durante a fermentação alcoólica, os açúcares do mel são convertidos em etanol e gás carbônico (CO₂). Essa etapa pode durar de 5 a 60 dias, sendo influenciada pela composição do mosto, a cepa utilizada, a temperatura (ideal entre 20 e 30 °C) e a disponibilidade de nutrientes (Starowicz e Granvogl, 2020). Fermentações realizadas a cerca de 24 °C tendem a manter um equilíbrio entre desempenho fermentativo e perfil aromático. Para evitar contaminações e oxidação, a fermentação ocorre em recipientes vedados com *airlocks*, que permitem a liberação de gases. Em escala industrial, utilizam-se fermentadores de aço inox com controle de temperatura (Starowicz e Granvogl, 2020; Webster *et al.*, 2025).

Ao final da fermentação, ocorre a sedimentação da biomassa fermentativa, processo natural que pode ser acelerado



por resfriamento (0 °C por 48 horas) ou por centrifugação (Avírvarei *et al.*, 2023; Sroka e Satora, 2017). A separação do hidromel do sedimento é chamada de *trasfega* (Webster *et al.*, 2025). Cerca de 10 a 15% do volume total corresponde à biomassa sedimentada. Em sistemas com fundo cônico, essa levedura pode ser facilmente removida e, sob condições higiênicas e controle rigoroso, reutilizada em novos ciclos. O reuso requer lavagem da biomassa, armazenamento refrigerado (2–4 °C por até 7 dias) e limitação no máximo de 3 a 5 reusos, precedidos por testes em pequena escala (Sousa-Dias *et al.*, 2021).

Na maturação, o hidromel evolui sensorialmente, com aprimoramento de aroma, sabor e equilíbrio gustativo. Esse processo pode ocorrer antes ou depois do envase, geralmente aob temperaturas entre 0 °C e 15 °C, por períodos de 15 dias a até 6 meses. A maturação permite ainda a clarificação natural ou por filtração, reduzindo a turbidez e removendo resíduos celulares. Períodos mais longos favorecem a complexidade sensorial e agregam valor ao produto (Starowicz e Granvogl, 2020; Reitenbach *et al.*, 2025).

O envase marca a etapa final, realizada após a estabilização do produto. O hidromel pode ser engarrafado em versão gaseificada que, quando desejado, é feita por incorporação forçada de CO₂, exigindo recipientes resistentes à pressão. As garrafas recomendadas são de vidro âmbar ou transparente, com tampas rosqueáveis, do tipo coroa ou de cortiça, a fim de garantir vedação adequada (Venturini Filho, 2021).

Por fim, o armazenamento deve ocorrer em ambiente fresco, arejado, ao abrigo da luz e de odores intensos, com temperatura ideal entre 10 °C e 18 °C. Essas condições são essenciais para a preservação das características químicas e sensoriais da bebida até o momento do consumo.

4 Hidroméis do Sertão Paraibano

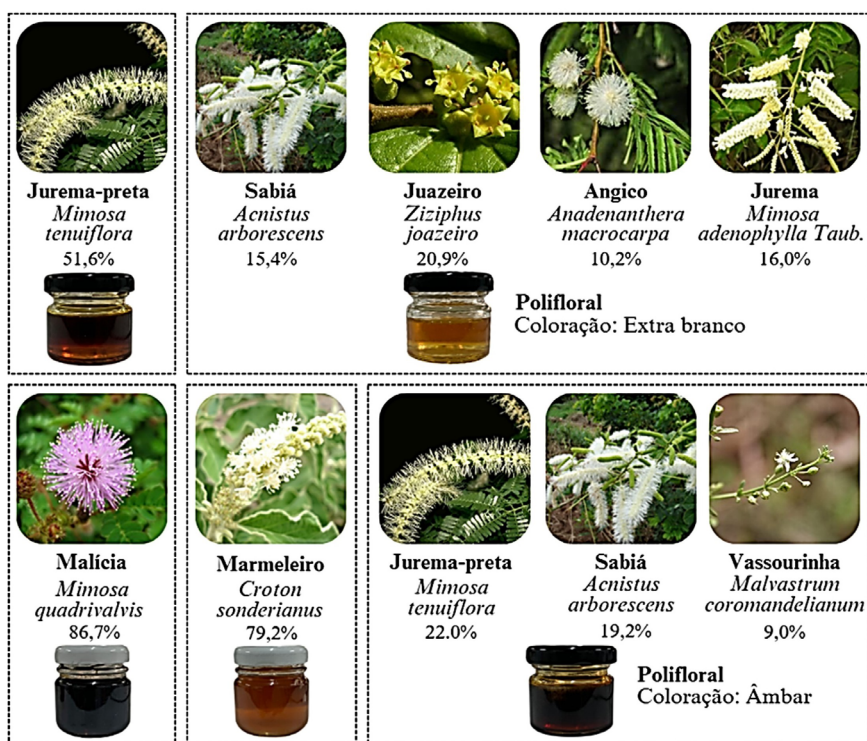
O Sertão Paraibano, inserido no bioma Caatinga, destaca-se como uma região de elevado potencial apícola. A flora local, adaptada às condições climáticas do local, fornece néctares e



pólens com composição química única, o que resulta em méis com aromas, sabores e propriedades bioativas diferenciadas (Karam, Silva e Santos, 2022). Dentre esses compostos destacam-se flavonoides, ácidos fenólicos e outros antioxidantes naturais, com potencial para contribuir na prevenção de doenças crônicas e na manutenção do equilíbrio fisiológico (Webster *et al.*, 2025).

Os méis do Sertão Paraibano possibilitam a elaboração de hidroméis com identidade regional singular, diferenciando-se de quaisquer outros disponíveis no mercado (Karam, Silva e Santos, 2022; Webster *et al.*, 2025). Neste capítulo, foi avaliada a qualidade de hidroméis produzidos a partir de méis monoflorais de marmeleiro, malícia e jurema-preta, bem como de méis poliflorais de coloração escura (âmbar) e clara (extra branco), com predominância de espécies como juazeiro, sabiá, angico e vassourinha-doce. Os méis e suas respectivas floradas estão ilustrados na Figura 2.

Figura 2 – Méis monoflorais e poliflorais do Sertão Paraibano utilizados na produção de hidromel



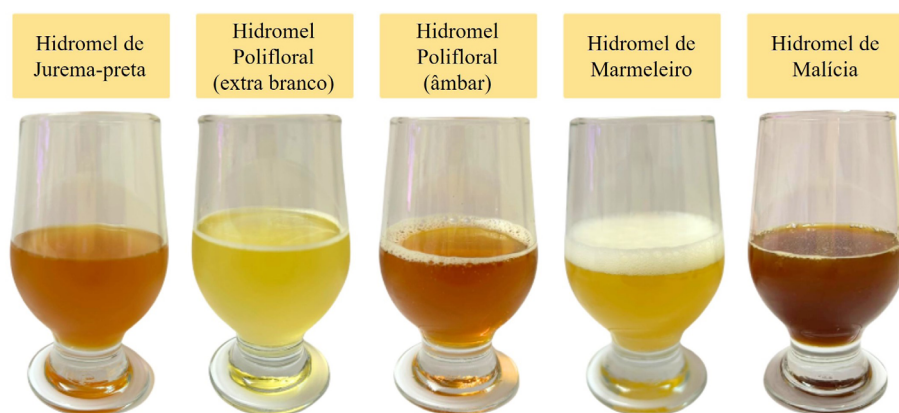
Fonte: Autor, 2026.



Quando submetido ao processo fermentativo, a composição química do mosto de mel sofre transformações (Webster *et al.*, 2025; Avîrvarei *et al.*, 2023). Além de converter os açúcares em álcool e gerar novos compostos responsáveis pelo sabor e o aroma, há evidências de que a atividade da levedura pode modificar a estrutura de certos compostos bioativos, tornando-os mais biodisponíveis e potencialmente mais eficazes no organismo humano. Isso significa que o hidromel não apenas preserva parte dos benefícios do mel, como também pode ampliar suas propriedades funcionais (Da Silva *et al.*, 2024).

Portanto, a qualidade do hidromel está intimamente relacionada à origem e à composição do mel utilizado. Compreender como a floração influencia as características químicas, sensoriais e fermentativas da bebida é uma estratégia fundamental para produtores que desejam diferenciar seus produtos, otimizar etapas do processo, reduzir custos operacionais e atender nichos de mercado mais exigentes (José-Salazar *et al.*, 2024). Além de fortalecer a cadeia produtiva no Sertão Paraibano, essa abordagem valoriza o uso de méis regionais e contribui para o reconhecimento dos hidroméis brasileiros no cenário nacional e internacional. A Figura 3 ilustra os hidroméis produzidos a partir dos méis utilizados neste estudo.

Figura 3 – Hidroméis produzidos com méis florais do Sertão Paraibano



Fonte: Autor, 2026.



5 Impacto da flora na viabilidade das células fermentativas

A viabilidade celular das leveduras é um parâmetro crítico para o sucesso da fermentação alcoólica, influenciando diretamente a produção de etanol, o perfil sensorial da bebida e o potencial de reaproveitamento da biomassa. Altos percentuais de viabilidade ao final do processo refletem um metabolismo ativo e estável, com menor risco de falhas fermentativas (Correia-Lima *et al.*, 2024; Ribeiro-Filho *et al.*, 2021).

Os hidroméis elaborados com méis monoflorais de jurema-preta e malícia apresentaram os melhores resultados, com aproximadamente 90% de células viáveis ao término da fermentação. Já os méis poliflorais (âmbar e extra branco) demonstraram desempenho igualmente satisfatório, com viabilidade em torno de 80%. Esses méis parecem oferecer um perfil nutricional equilibrado, contendo micronutrientes, compostos nitrogenados e minerais que sustentam o metabolismo das leveduras, favorecendo o crescimento celular e uma fermentação eficiente.

Em contraste, o mel monofloral de marmeleiro resultou em baixa viabilidade celular (cerca de 30%), comprometendo o rendimento fermentativo. O hidromel obtido apresentou acúmulo de açúcares residuais, menor teor alcoólico e sabor mais adocicado. Essa performance foi atribuída à deficiência mineral do mel, que limita a ativação de rotas metabólicas essenciais nas leveduras. Além disso, o mel de marmeleiro apresentou altos níveis de cis-resveratrol, composto fenólico com reconhecida atividade inibitória sobre microrganismos, atuando como agente de estresse celular durante a fermentação (Canedo-Santos *et al.*, 2022).

6 Impacto da flora no desempenho fermentativo de hidromel

O desempenho fermentativo do hidromel pode ser avaliado por parâmetros como produtividade e rendimento.



O mel de malícia destacou-se pelo maior número de células e menor tempo de duplicação, o que evidenciou seu potencial para a produção de biomassa e o reaproveitamento de leveduras. No entanto, apresentou o menor rendimento alcoólico, sugerindo que a maior parte da energia proveniente dos açúcares foi direcionada à multiplicação celular e à síntese de metabólitos secundários, como ácidos orgânicos e glicerol, em vez de etanol (Maia *et al.*, 2025; Ribeiro-Filho *et al.*, 2021).

Por outro lado, o mel polifloral extra branco favoreceu fermentações mais rápidas e com maior eficiência na conversão de açúcares em etanol, sendo o mais indicado para processos com foco em produtividade alcoólica. Já o mel polifloral âmbar apresentou desempenho intermediário, equilibrando rendimento e robustez do processo.

Em contraste, o mel de marmeleiro resultou em baixo desempenho fermentativo, refletido nas menores taxas de consumo de açúcares, menor produção de etanol e menor geração de biomassa. Ainda assim, observou-se, nesse tratamento, o maior rendimento de etanol por unidade de biomassa, indicando que a energia derivada do substrato foi majoritariamente direcionada à síntese alcoólica, e não ao crescimento celular. Esse efeito pode estar associado à menor competição metabólica em virtude da baixa população de leveduras viáveis (Maia *et al.*, 2025).

Assim, a escolha do tipo de mel é estratégica na produção de hidromel, influenciando eficiência, rendimento e viabilidade econômica. Compreender as interações entre a composição do mel e os parâmetros fermentativos permite adotar estratégias específicas para maximizar a biomassa, aumentar a produtividade alcoólica ou reduzir custos, tornando o processo mais competitivo e adaptado às características de cada mel.

7 Transformações químicas durante a fermentação

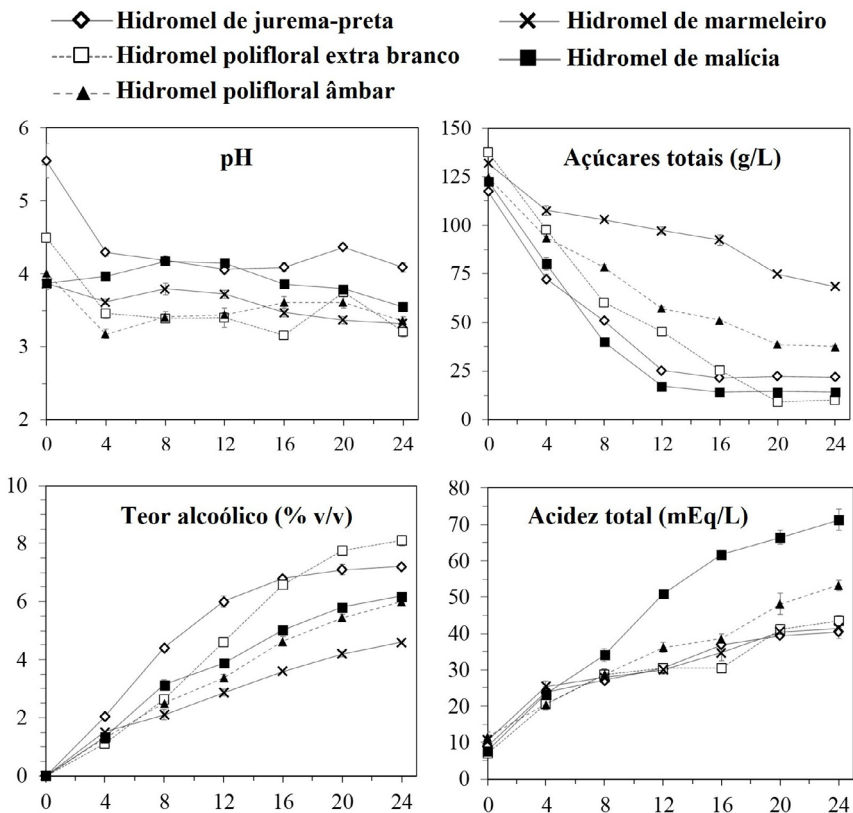
A fermentação do hidromel promove mudanças relevantes em parâmetros físico-químicos, como potencial hidrogeniônico (pH), acidez total, teor alcoólico e concentração



de açúcares totais. Essas transformações refletem a interação entre a atividade metabólica das leveduras e a composição do mel utilizado como substrato (Starowicz e Granvogl, 2020; Webster *et al.*, 2025).

Ao longo dos 24 dias de fermentação monitorada (Figura 4), observou-se que o mel polifloral extra branco resultou no maior consumo de açúcares (redução de 158 g/L para 19 g/L) e no maior teor alcoólico final (8,1% v/v), caracterizando uma fermentação eficiente e praticamente completa. Em contraste, o mel de marmeleiro apresentou consumo limitado de açúcares (redução de 155 g/L para 64 g/L) e menor produção de etanol (4,6% v/v), evidenciando restrições nutricionais à atividade fermentativa.

Figura 4 – Transformações químicas ao longo da fermentação do hidromel



Fonte: Autor, 2026.



Os hidroméis de jurema-preta e malícia mostraram consumos intermediários de açúcares, com teores alcoólicos finais distintos: 7,2% e 6,3% v/v, respectivamente. Embora apresentassem concentrações residuais semelhantes de açúcares (média de 41 g/L), o hidromel de malícia apresentou maior acidez total (71 mEq/L), sugerindo redirecionamento do metabolismo para a síntese de ácidos orgânicos. Isso reforça o papel modulador da origem floral do mel sobre as rotas metabólicas das leveduras.

O monitoramento do pH ao longo da fermentação do hidromel é fundamental, uma vez que as leveduras possuem tolerância limitada a ambientes de alta acidez (José-Salazar *et al.*, 2024). Nos hidroméis do Sertão Paraibano, o pH final variou entre 4,09 (hidromel de jurema-preta) e 3,21 (hidromel de malícia), permanecendo acima do limite crítico de 3,0, o que indica que esse parâmetro não limitou a atividade fermentativa nos hidroméis analisados (José-Salazar *et al.*, 2024).

Quanto ao tempo de fermentação, os hidroméis de jurema-preta e malícia demonstraram estabilização no consumo de açúcares a partir do 16º dia. No entanto, apenas no hidromel de jurema-preta esse ponto coincidiu com a estabilização alcoólica, indicando conclusão do processo. Já no hidromel de malícia, a fermentação seguiu até o 24º dia, sustentada pela maior densidade celular e pela disponibilidade de carbono. Nesse contexto, a estabilização do teor alcoólico demonstrou ser um melhor indicativo para o término da fermentação.

Conclui-se, portanto, que a origem floral do mel utilizado na produção de hidromel influencia diretamente as rotas metabólicas das leveduras e o tempo necessário para a estabilização do processo. Essa variável, ao afetar tanto a qualidade da bebida quanto a duração da fermentação, torna-se crucial para otimizar custos operacionais, melhorar o rendimento alcoólico e garantir maior previsibilidade na produção da bebida.

8 Composição química dos hidroméis

A composição química do hidromel após a maturação, que está detalhada no Quadro 2, é composta majoritariamente



por **água, etanol** e extrato seco, que representa a fração sólida dissolvida na bebida. O extrato seco é constituído principalmente por açúcares residuais, ácidos orgânicos e minerais (cinzas), e sua concentração está mais fortemente relacionada ao teor de açúcares não fermentados (Giacosa *et al.*, 2021).

Quadro 3 – Composição química parcial dos hidroméis do Sertão Paraibano (média ± desvio-padrão)

Parâmetros	Hidromel de jurema-preta	Hidromel polifloral extra-branco	Hidromel polifloral âmbar	Hidromel de marmeleiro	Hidromel de malícia
Características químicas					
SST (°Brix)	7,0 ± 0,1 ^b	5,2 ± 0,1 ^e	5,5 ± 0,1 ^d	9,1 ± 0,0 ^a	6,4 ± 0,1 ^c
Acidez total (mEq/L)	40,5 ± 1,2 ^c	30,5 ± 1,2 ^d	48,1 ± 2,9 ^b	41,5 ± 2,9 ^c	71,3 ± 2,9 ^a
AT (g/100mL)	4,1 ± 0,2 ^c	2,0 ± 0,0 ^d	5,1 ± 0,1 ^b	6,4 ± 0,6 ^a	4,2 ± 0,1 ^c
Álcool (g/100ml)	5,1 ± 0,2 ^b	6,1 ± 0,1 ^a	4,9 ± 0,1 ^{bc}	4,0 ± 0,1 ^d	4,7 ± 0,0 ^c
Extrato seco (g/100mL)	5,4 ± 0,0 ^c	2,3 ± 0,1 ^e	6,2 ± 0,1 ^b	8,7 ± 0,1 ^a	4,2 ± 0,2 ^d
Cinzas (g/L)	1,6 ± 0,1 ^a	nd	0,3 ± 0,1 ^b	0,1 ± 0,0 ^c	0,3 ± 0,0 ^{bc}

Legenda: As letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste estatístico de Tukey. nd – não detectado. SST – sólidos solúveis totais; AT – açúcares totais.

Fonte: Autor, 2026.

Nos hidroméis do Sertão Paraibano, essa relação é evidente: o hidromel de marmeleiro, com maior teor de açúcares residuais (6,4 g/L), apresentou também o maior extrato seco (9 g/L), enquanto o polifloral extra branco, com menor teor de açúcares (2,9 g/L), resultou em menor extrato seco (2 g/L).

Os principais açúcares residuais detectados foram glicose, frutose, sacarose e maltose, sendo os dois primeiros naturalmente abundantes no mel. A sacarose, quando presente, é rapidamente convertida em etanol pelas leveduras. Já a maltose, por exigir maior esforço enzimático para ser metabolizada, tende a permanecer como açúcar residual dominante, podendo retardar a fermentação e contribuir para um perfil sensorial mais adocicado (Vitorino-Junior *et al.*, 2024).



O teor de açúcares apresenta correlação com os sólidos solúveis totais (°Brix), embora nem todos os sólidos solúveis sejam açúcares. Valores de °Brix mais elevados geralmente indicam maior dulçor residual. Nos hidroméis avaliados, os sólidos solúveis totais variaram entre 5 e 9 °Brix, podendo ser utilizados como indicador prático e acessível do grau de fermentação e perfil sensorial da bebida (Starowicz e Granvogel, 2020; Vitorino-Junior *et al.*, 2024).

Entre os **ácidos orgânicos** detectados, destacam-se o cítrico, málico, succínico e acético. O ácido málico foi predominante nos hidroméis elaborados com méis escuros, como os de malícia, jurema-preta e polifloral âmbar. O **ácido succínico** e o acético foram mais expressivos no hidromel de malícia, o que pode estar associado à maior densidade celular e à intensificação do metabolismo secundário (Correia-Lima *et al.*, 2024).

Esses compostos exercem papéis fundamentais na acidez total, estabilidade microbiológica, equilíbrio sensorial e na conservação do hidromel, refletindo a influência direta da composição do mel e da condução do processo fermentativo na qualidade final da bebida (Starowicz e Granvogel, 2020; Webster *et al.*, 2025).

9 Potencial bioativo

O hidromel herda compostos bioativos do mel, especialmente os compostos fenólicos, grupo que inclui flavonoides e taninos, conhecidos por suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e protetoras da saúde. A quantidade e a diversidade desses compostos variam de acordo com a origem botânica e geográfica do mel, refletindo os mecanismos de defesa das plantas e as características ambientais do ecossistema (Becerril-Sánchez *et al.*, 2021).

Hidroméis obtidos de méis escuros (malícia, jurema-preta e polifloral âmbar) apresentam maiores concentrações de compostos fenólicos (Quadro 3), o que se traduz em hidroméis com elevada atividade bioativa. Os méis de malícia e jurema-preta, em particular, mostraram teores superiores de fenólicos



totais, flavonoides e taninos em comparação com méis de outros países e estados brasileiros, como Espanha, Polônia, Itália e Minas Gerais (Puścion-Jakubik *et al.*, 2022; Pena-Júnior *et al.*, 2022), evidenciando o potencial diferenciado da flora apícola do Sertão Paraibano na produção de hidromel. Em contraste, méis mais claros, como os de marmeleiro e polifloral extra branco, resultaram em hidroméis com menores níveis desses compostos.

A atividade antioxidante dos hidroméis está diretamente relacionada à concentração de fenólicos (Becerril-Sánchez *et al.*, 2021). Esses compostos atuam na neutralização de radicais livres, reduzindo o estresse oxidativo — processo associado ao envelhecimento celular e ao desenvolvimento de doenças crônicas, como as cardiovasculares, neurodegenerativas e metabólicas (Sova e Saso, 2020; Meng *et al.*, 2020).

Quadro 4 – Conteúdo fenólico total, potencial antioxidante e fenólicos individuais de hidroméis do Sertão Paraibano

	Conteúdo de fenólicos	Atividade antioxidante	Outros compostos fenólicos
Hidromel de jurema-preta	66,20 mg/mL	Maior	Naringenina
Hidromel de malícia	68,32 mg/mL	Maior	Ácido 3,4-dehidroxibenzoico Epicatequina Ácido p-cumárico Procianidina B2
Hidromel polifloral extra branco	30,32 mg/mL	Intermediária	Ácido gálico Catequina Hidrato de quercetina Procianidina A2
Hidromel polifloral extra branco	20,22 mg/mL	Menor	Catequina Galato de epicatequina Galato de epigalatequina
Hidromel de marmeleiro	14,46 mg/mL	Menor	Ácido 3,4-dehidroxibenzoico Naringina Hesperetina Procianidina B1

Fonte: Autor, 2026.



Entre os fenólicos mais relevantes quantitativamente identificados nos hidroméis do Sertão Paraibano, destacam-se o **ácido caftárico** e o cis-resveratrol. O ácido caftárico apresenta potencial antioxidante com aplicações na prevenção de distúrbios inflamatórios e neurológicos. Já o cis-resveratrol demonstra ampla bioatividade, incluindo efeitos anti-inflamatórios, imunomoduladores, neuroprotetores, cardioprotetores e reguladores do metabolismo de lipídios e glicose. Esses resultados reforçam o valor dos hidroméis elaborados com méis da Caatinga como bebidas bioativas, com potencial funcional quando consumidos moderadamente, e contribuem para a valorização dos produtos apícolas regionais em mercados voltados à saúde e ao bem-estar (Sova e Saso, 2020; Meng *et al.*, 2020).

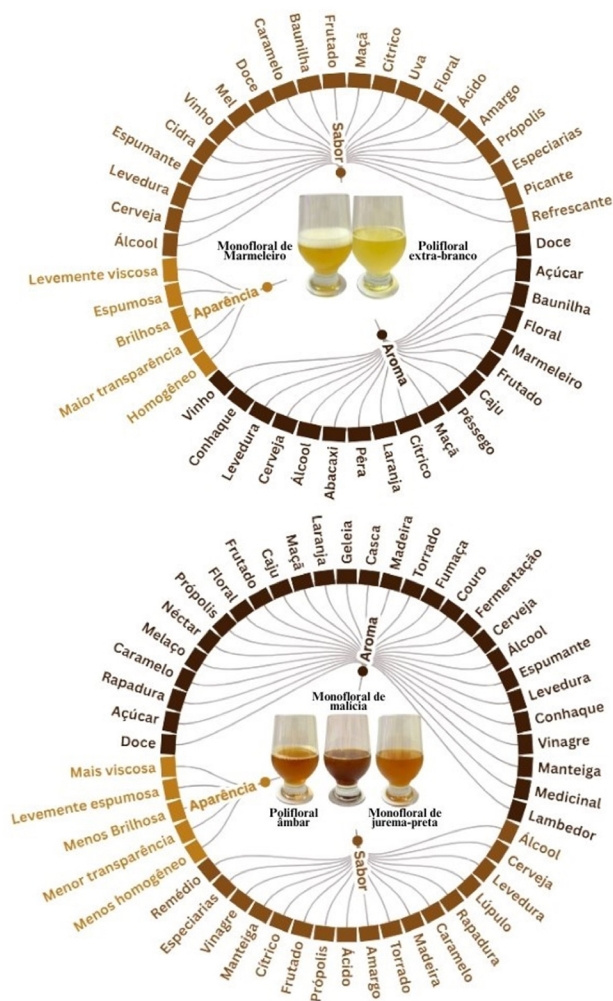
10 Características sensoriais

As características sensoriais, como aroma, sabor e aparência, são determinantes para a aceitação e a valorização do hidromel. O aroma está ligado à formação de compostos voláteis durante a fermentação, como álcoois e ésteres, influenciados pela origem do mel e pela atuação das leveduras. O sabor resulta do equilíbrio entre açúcares residuais, ácidos orgânicos e compostos fenólicos, variando entre perfis mais doces ou mais ácidos. A aparência, incluindo cor, limpidez e viscosidade, afeta diretamente a percepção de qualidade, sendo influenciada pela cor do mel e pela composição química da bebida (Reitenbach *et al.*, 2025; Webster *et al.*, 2025).

A Figura 5 ilustra os descritores sensoriais predominantes em hidroméis de méis claros (marmeleiro e polifloral extra branco) e escuros (malícia, jurema-preta e polifloral âmbar), evidenciando diferenças nas notas aromáticas, no sabor e nos aspectos visuais. Esse mapeamento sensorial é fundamental para associar a origem do mel às características sensoriais do produto final.



Figura 5 – Atributos sensoriais associados aos hidroméis do Sertão Paraibano



Fonte: Autor, 2026.

11 Recomendações aos produtores

Para produzir hidroméis de qualidade, é fundamental manter rigor higiênico e sanitário em todas as etapas, incluindo a sanitização de equipamentos e o uso de água potável. Testes em pequena escala são recomendados ao desenvolver novas formulações, principalmente ao variar o tipo de mel ou adicionar adjuntos como frutas ou especiarias.



A escolha do mel deve considerar que méis escuros, como malícia, jurema-preta e polifloral âmbar, conferem sabores intensos e maior teor de compostos fenólicos e antioxidantes, enquanto méis claros produzem hidroméis mais frutados, leves e aromáticos. Méis com baixa disponibilidade nutricional, como o de marmeleiro, podem gerar fermentações lentas, exigindo suplementação com adjuntos que também enriquecem nutricionalmente. Méis poliflorais extrabranco tendem a gerar bebidas mais alcoólicas e menos doces, devendo ser considerados no perfil sensorial desejado.

No marketing, a origem botânica e geográfica do mel, seu potencial funcional e as características sensoriais podem valorizar o hidromel, reforçando a identidade regional e a exclusividade do produto. Embora o mercado de hidromel ainda esteja em desenvolvimento, há oportunidades de novos negócios, aproveitando a diversidade sensorial e funcional dos méis do Sertão Paraibano, desde que se atente à padronização da fermentação e à qualidade do produto final.

12 Conclusão e perspectivas futuras

O aprofundamento no conhecimento sobre a influência da origem botânica do mel na composição química, no desempenho fermentativo, no perfil sensorial e no potencial bioativo do hidromel oferece aos produtores subsídios técnicos valiosos para aprimorar seus processos e agregar valor ao produto final. Essas informações permitem a tomada de decisões mais estratégicas, promovendo o uso eficiente de recursos, a redução de perdas e a valorização da identidade territorial. Além disso, alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente aqueles que incentivam trabalho decente (ODS 8) e produção responsável (ODS 12), esse conhecimento fortalece a cadeia apícola e impulsiona o desenvolvimento regional por meio da inovação e da sustentabilidade.

As perspectivas futuras apontam para a diversificação e o avanço tecnológico na produção de hidromel, com destaque para o hidromel sem álcool, alternativa promissora em razão da



crescente demanda por bebidas saudáveis e sustentáveis. O desenvolvimento de métodos de desalcoolização que preservem compostos bioativos e atributos sensoriais representa um campo fértil para pesquisas e aplicações industriais.

Assim, a integração entre ciência, tecnologia e saberes locais seguirá essencial para consolidar o hidromel — e suas novas variações — como um produto de valor agregado, fortalecendo a apicultura como vetor de sustentabilidade, identidade territorial e valorização socioeconômica das comunidades produtoras.

Referências

AVÍRVAREI, A. C. *et al.* Contribution of *Saccharomyces* and Non-*saccharomyces* yeasts on the volatile and phenolic profiles of Rosehip Mead. **Antioxidants**, v. 12, n. 7, p. 1457, 2023.

BECERRIL-SÁNCHEZ, A. L. *et al.* Phenolic compounds in honey and their relationship with antioxidant activity, botanical origin, and color. **Antioxidants**, v. 10, n. 11, p. 1700, 2021.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anexo à instrução normativa SDA/MAPA N° 140/2024 – Cartilhão de Bebidas**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção 13, p. 898-906, 2024.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n° 34, de 29 de novembro de 2012**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção 1, p. 3, 2012.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto n° 6871, de 04 de junho de 2009**. Diário Oficial da União: Brasília, 05 de junho de 2009.

CANEDO-SANTOS, J. C. *et al.* Resveratrol shortens the chronological lifespan of *Saccharomyces cerevisiae* by a pro-oxidant mechanism. **Yeast**, v. 39, n. 3, p. 193-207, 2022.

ČESLOVÁ, L. *et al.* Rapid HPLC/MS/MS analysis of phenolic content and profile for mead quality assessment. **Food Control**, v. 134, p. 108737, 2022.

CORREIA-LIMA, L. *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.



DA SILVA, M. C. C. *et al.* Effects of unconventional non-Saccharomyces yeast fermentation on the chemical profile and bioaccessibility of watermelon wine. **Food Bioscience**, v. 61, p. 104961, 2024.

GIACOSA, S. *et al.* Diversity of Italian red wines: A study by enological parameters, color, and phenolic indices. **Food Research International**, v. 143, p. 110277, 2021.

JOSÉ-SALAZAR, J. A. *et al.* Kinetic Evaluation of the Production of Mead from a Non-Saccharomyces Strain. **Foods**, v. 13, n. 12, p. 1948, 2021.

KARAM, V. M.; SILVA, T. M. S.; SANTOS, F. A. R. Perfil polínico do pólen apícola do semiárido do Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 36, 2022.

MAIA, L. *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.

MENG, X. *et al.* Health benefits and molecular mechanisms of resveratrol: a narrative review. **Foods**, v. 9, n. 3, p. 340, 2020.

PENA-JÚNIOR, D. S. *et al.* Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across Minas Gerais (Brazil). **PLOS ONE**, v. 17, n. 1, p. e0262038, 2022.

PUŚCION-JAKUBIK, A. *et al.* Comparative analysis of antioxidant properties of honey from Poland, Italy, and Spain based on the declarations of producers and their results of melissopalynological analysis. **Nutrients**, v. 14, n. 13, p. 2694, 2022.

REITENBACH, A. F. *et al.* Advances in Mead Aroma Research: A Comprehensive Bibliometric Review and Insights into Key Factors and Trends. **Fermentation**, v. 11, n. 4, p. 226, 2025.

RIBEIRO-FILHO, N. *et al.* Influence of essential inorganic elements on flavour formation during yeast fermentation. **Food Chemistry**, v. 361, p. 130025, 2021.

SOUSA-DIAS, M. L. *et al.* Mead production using immobilized cells of *Saccharomyces cerevisiae*: Reuse of sodium alginate beads. **Processes**, v. 9, n. 4, p. 724, 2021.

SOVA, M.; SASO, L. Natural sources, pharmacokinetics, biological activities and health benefits of hydroxycinnamic acids and their metabolites. **Nutrients**, v. 12, n. 8, p. 2190, 2020.



SROKA, P.; SATORA, P. The influence of hydrocolloids on mead wort fermentation. **Food Hydrocolloids**, v. 63, p. 233-239, 2017.

STAROWICZ, M.; GRANVOGL, M. 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.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. Editora Blucher, 2021.

VITORINO-JUNIOR, J. S. *et al.* Sugar consumption profiles in mead production using accessible control analysis. **Kuwait Journal of Science**, v. 51, n. 2, p. 100204, 2024.

WEBSTER, C. 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.

XIMENES, L. F.; VIDAL, M. F. Agropecuária: Mel Natural. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. **Caderno Setorial Etene**, a. 8, n. 279, maio, 2023.

ZHUANG, S. *et al.* The relationship between wort sugar concentration and yeast carbon partitioning during brewing fermentations. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 77, n. 4, p. 225-234, 2019.



OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO FERMENTATIVO DE HIDROMEL:

efeitos dos açúcares iniciais, temperatura
e fonte de nitrogênio

Rayane Lycia Ferreira Duvale
Jonatas Evaristo dos Santos
Marta Suely Madruga
Flávio Luiz Honorato da Silva



1 Apresentação

O hidromel é uma das bebidas fermentadas mais antigas da humanidade, obtida a partir da fermentação alcoólica do mel diluído em água. Atualmente, vem conquistando espaço no mercado de bebidas artesanais e funcionais, destacando-se pelo potencial de agregar valor à cadeia produtiva da apicultura. Além de aproveitar um produto natural e amplamente disponível, a elaboração de hidromel representa uma alternativa promissora de diversificação de renda para apicultores, contribuindo para o desenvolvimento econômico e sustentável das comunidades envolvidas na produção de mel (Webster *et al.*, 2025; Ximenes e Vidal, 2023).

A qualidade e o rendimento do hidromel dependem diretamente do desempenho da fermentação, processo biotecnológico no qual as leveduras convertem os açúcares do mel em etanol e compostos secundários que definem o perfil sensorial e químico da bebida (Vitorino-Junior *et al.*, 2024). Nesse contexto, otimizar o processo fermentativo significa ajustar as condições operacionais e nutricionais de modo a maximizar a eficiência da fermentação e a qualidade do produto final, garantindo constância, segurança e conformidade com os padrões exigidos pela legislação. A busca por condições ótimas é, portanto, um elemento essencial tanto para o avanço científico quanto para a viabilidade técnica e econômica da produção de hidromel em pequena e média escala (Cuenca *et al.*, 2022; Amorim *et al.*, 2018).

A aplicação de metodologias de planejamento experimental fatorial tem se mostrado uma estratégia poderosa para conduzir a otimização de processos de forma sistemática e econômica. Essa abordagem permite avaliar simultaneamente o efeito de diferentes variáveis e suas interações sobre as respostas desejadas, como a produção de etanol, o tempo de fermentação e a estabilidade da bebida. Com isso, reduz-se a necessidade de experimentos empíricos e amplia-se a precisão na identificação das condições que favorecem o melhor desempenho fermentativo. O uso de métodos estatísticos e modelos matemáticos também contribui para compreender o comportamento das leveduras em



diferentes condições ambientais, auxiliando no desenvolvimento de processos reprodutíveis e escaláveis (Cuenca *et al.*, 2022; Amorim *et al.*, 2018).

Nesse contexto, o objetivo deste capítulo é apresentar a aplicação de técnicas de otimização voltadas à identificação das condições que maximizem a produção de etanol durante a fermentação do hidromel, assegurando o atendimento às exigências legais e a qualidade do produto final. A otimização proposta considera variáveis fermentativas essenciais, como o teor de açúcares iniciais, a fonte de nitrogênio e a temperatura de fermentação, com o intuito de fornecer subsídios técnicos que auxiliem produtores e apicultores na melhoria de seus processos produtivos. Dessa forma, busca-se promover a valorização do mel como matéria-prima e o desenvolvimento de uma bebida com identidade regional e elevado valor agregado.

2 Variáveis de fermentação: açúcares, temperatura e nitrogênio

O desempenho fermentativo e a qualidade final do hidromel estão intimamente relacionados às condições em que ocorre o metabolismo das leveduras. Dentre os fatores que exercem influência sobre esse processo, destacam-se o teor de açúcares iniciais, a temperatura de fermentação e a fonte de nitrogênio disponível no meio. Esses parâmetros, quando ajustados de forma equilibrada, determinam não apenas a eficiência na conversão de açúcares em etanol, mas também o perfil sensorial, a estabilidade e o rendimento global da bebida (Amorim *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2015; Gomes *et al.*, 2013).

O teor de açúcares iniciais, comumente averiguado pelo teor de sólidos solúveis totais, é um dos principais determinantes da produção de etanol. Concentrações muito baixas de açúcares podem resultar em teores alcoólicos insuficientes para atender os limites legais de comercialização, enquanto níveis excessivamente elevados podem causar estresse osmótico nas células de levedura, reduzindo sua viabilidade e retardando a fermentação. Assim, o equilíbrio no teor de açúcares é essencial



para assegurar um processo fermentativo eficiente e uma bebida com teor alcoólico e dulçor adequados (Vitorino-Junior *et al.*, 2024; Zhuang *et al.*, 2019).

A temperatura de fermentação, por sua vez, atua diretamente sobre a taxa metabólica das leveduras e, conseqüentemente, sobre a composição química do produto final. Em temperaturas mais elevadas, há uma aceleração das reações bioquímicas, o que pode reduzir o tempo total de fermentação, mas também favorecer a formação de compostos aromáticos indesejáveis. Já temperaturas mais baixas tendem a produzir fermentações mais lentas, porém resultam em bebidas de perfil aromático mais delicado e com menor volatilização de compostos sensoriais. O controle térmico adequado é, portanto, um dos principais aliados do produtor na busca pelo equilíbrio entre eficiência fermentativa e qualidade sensorial (Webster *et al.*, 2025; Starowicz e Granvogl, 2020).

Outro fator essencial é a disponibilidade de nitrogênio, elemento vital para o metabolismo das leveduras. O nitrogênio é necessário para a síntese de proteínas, enzimas e coenzimas envolvidas nas etapas da glicólise e na produção de etanol. O mel, por natureza, é um substrato pobre em compostos nitrogenados, o que pode limitar o crescimento microbiano e levar à interrupção prematura da fermentação. Por essa razão, a suplementação com fontes de nitrogênio orgânico ou inorgânico, como aminoácidos, extrato de levedura ou sais de amônio, tem se mostrado fundamental para garantir a vitalidade celular, reduzir o tempo de fermentação e aumentar o rendimento alcoólico. A escolha adequada da fonte e da concentração de nitrogênio deve considerar não apenas a resposta fermentativa, mas também o impacto sensorial e químico na bebida final (Schwarz *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2015).

A interação entre as variáveis teor de açúcares, temperatura de fermentação e disponibilidade de nitrogênio é, portanto, decisiva para o sucesso do processo fermentativo. Pequenas variações em uma delas podem alterar significativamente o desempenho das leveduras e a composição final do hidromel. Assim, o estudo sistemático e o controle preciso desses parâmetros são etapas indispensáveis



para o desenvolvimento de hidroméis de alta qualidade, com características sensoriais estáveis e teor alcoólico compatível com os padrões de identidade e qualidade exigidos pela legislação vigente (Webster *et al.*, 2025; Vitorino-Junior *et al.*, 2024; Schwarz *et al.*, 2020).

3 Otimização de processos fermentativos

A otimização de processos fermentativos consiste na aplicação de metodologias experimentais e estatísticas para determinar as condições operacionais que maximizam a eficiência biotecnológica, o rendimento alcoólico e a qualidade sensorial da bebida. Em sistemas complexos, como a fermentação do hidromel, onde múltiplas variáveis interagem — incluindo composição do mel, temperatura, fonte de nitrogênio e teor de açúcares — a otimização permite identificar combinações ideais que resultam em maior conversão de substratos, redução de tempo de processo e melhoria da performance das leveduras (Cuenca *et al.*, 2022; Amorim *et al.*, 2018; Gomes *et al.*, 2013).

O funcionamento da otimização baseia-se no uso de estratégias estatísticas como o planejamento experimental fatorial e a metodologia de superfície de resposta, que possibilitam avaliar simultaneamente o efeito e a interação de variáveis sobre respostas fermentativas, como teor alcoólico, consumo de açúcares, produção de subprodutos e crescimento celular (Amorim *et al.*, 2018). Essa abordagem é mais eficiente do que métodos empíricos, que consideram erros e acertos por meio de experimentos aleatórios, pois reduz o número de experimentos necessários e fornece modelos preditivos que orientam o controle do processo em diferentes escalas de produção e possibilitam verificar as interações das variáveis em estudo. Assim, a otimização não apenas melhora o rendimento produtivo, como também contribui para a redução de custos industriais e para o aumento da rentabilidade dos produtores — fator especialmente relevante para apicultores e microempreendedores do setor de bebidas artesanais (Cuenca *et al.*, 2022; Amorim *et al.*, 2018; Gomes *et al.*, 2013).



A aplicação de ferramentas de otimização de processos tem demonstrado resultados expressivos na produção de hidromel. Amorim *et al.* (2018) observaram que a suplementação do mosto com cerca de 18% de polpa de acerola aumentou o crescimento celular, o consumo de substrato e a produção de etanol, além de reduzir o uso de mel e elevar a eficiência do processo. De modo semelhante, Cuenca *et al.* (2022) identificaram que 22% de açúcares iniciais proporcionaram rendimento máximo de 46,1% na conversão de açúcares em etanol. Esses estudos evidenciam que a otimização de variáveis fermentativas é fundamental para aprimorar o desempenho e a qualidade do hidromel, reduzindo custos e favorecendo a produção em maior escala.

Os resultados desses trabalhos demonstram que a aplicação de técnicas de otimização experimental na produção de hidromel não apenas melhora a eficiência biotecnológica, mas também contribui para a sustentabilidade do processo produtivo. A integração de variáveis como teor de açúcares, disponibilidade de nitrogênio e suplementação natural permite ajustar o equilíbrio metabólico das leveduras, aumentando o rendimento de etanol e reduzindo o consumo de mel. Além disso, o uso de resíduos e subprodutos agrícolas, como a polpa de frutas regionais, amplia o valor socioeconômico do sistema produtivo e promove a inserção de práticas mais sustentáveis e inovadoras na cadeia da apicultura (Cuenca *et al.*, 2022; Amorim *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2015; Gomes *et al.*, 2013).

Em síntese, a otimização de processos fermentativos representa uma prática essencial para o avanço tecnológico da produção de hidromel. Ela alia conhecimento científico e aplicabilidade prática, oferecendo aos produtores e pesquisadores ferramentas para maximizar rendimento, padronizar qualidade e reduzir custos, transformando o hidromel em um produto competitivo e sustentável no mercado de bebidas fermentadas.

4 Planejamento de produção de hidromel

Neste capítulo, foi utilizado mel proveniente do Sertão Paraibano para a otimização do processo fermentativo na produção



de hidromel, considerando como variáveis independentes a concentração inicial de açúcares (°Brix), a temperatura de fermentação (°C) e a fonte de nitrogênio. Como fonte nitrogenada, empregou-se sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄), escolhido por ser amplamente aplicado em processos fermentativos e fornecer nitrogênio assimilável essencial ao metabolismo das leveduras (Amorim *et al.*, 2018).

A fermentação foi conduzida de forma tradicional, utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae* na concentração de 0,15 g/L, com duração total de 18 dias. Para avaliar a influência das variáveis sobre o desempenho fermentativo, foi aplicado um planejamento fatorial 2^k, cujos níveis testados para cada parâmetro encontram-se descritos no Quadro 1.

Os ensaios experimentais, que relacionam as combinações de variáveis com as respostas obtidas, estão apresentados no Quadro 2. A resposta de interesse foi estabelecida com base na eficiência de conversão dos açúcares em etanol. Para isso, foram analisados o teor alcoólico final (°GL) e a razão entre a concentração de etanol produzido e o teor de açúcares inicial (Razão E/B), utilizada como indicador de eficiência fermentativa. Quanto maior o valor dessa razão, maior a conversão de açúcares em etanol, refletindo, portanto, melhor desempenho do processo fermentativo (Maia *et al.*, 2025).

Quadro 1 – Variáveis e níveis do planejamento experimental

Variáveis	Níveis				
	-α	-1	0	+1	+α
Açúcares iniciais (°Brix)	13,3	15,0	17,5	20,0	21,7
Temperatura (°C)	18	20	23	26	28
Fonte de Nitrogênio (g/mL)	0,32	1	2	3	3,68

Fonte: Autor, 2026.

O aumento do teor de sólidos solúveis totais tende a elevar o teor alcoólico absoluto do hidromel, uma vez que concentrações mais altas de açúcares disponibilizam maior quantidade de substrato para a produção de etanol (Maia *et*



al., 2025), conforme observado nos ensaios 7 e 8. No entanto, esse incremento deve ser acompanhado de temperaturas mais elevadas (em torno de 26 °C); caso contrário, observa-se redução na eficiência de conversão (E/B), possivelmente devido ao estresse osmótico imposto às células e ao consequente desvio metabólico para a síntese de compostos de manutenção, como glicerol e biomassa (Da Silva *et al.*, 2023; Ribeiro-Filho *et al.*, 2021), conforme evidenciado nos ensaios 5 e 6. Tal comportamento é esperado, uma vez que temperaturas moderadamente mais altas favorecem a atividade enzimática das leveduras, acelerando o metabolismo fermentativo e reduzindo o tempo necessário para o consumo de açúcares (Webster *et al.*, 2025; Starowicz e Granvogl, 2020).

A temperatura de fermentação mostrou-se também determinante para o aproveitamento da fonte de nitrogênio pelas leveduras. Nos ensaios 5 e 6, conduzidos a 20 °C e 20 °Brix, observou-se que concentrações menores de sulfato de amônio (1 g/mL) favoreceram a conversão de açúcares em etanol (E/B = 0,260), enquanto concentrações mais elevadas da fonte de nitrogênio (3 g/mL) resultaram em menor eficiência (E/B = 0,195). Esse comportamento sugere que, em condições de baixa temperatura, o excesso de nitrogênio pode ter estimulado maior crescimento celular, redirecionando parte do substrato para rotas de manutenção em detrimento da produção de etanol (Pereira *et al.*, 2015).



Quadro 2 – Matriz de planejamento e respostas da fermentação de hidromel

Ensaio	B (°Brix)	T (°C)	FN (g/mL)	E (°GL)	Razão E/B
1	15,0	20	1	4,5	0,300
2	15,0	20	3	4,0	0,267
3	15,0	26	1	5,3	0,351
4	15,0	26	3	6,2	0,411
5	20,0	20	1	5,2	0,260
6	20,0	20	3	3,9	0,195
7	20,0	26	1	7,8	0,388
8	20,0	26	3	8,3	0,413
9	13,3	23	2	5,3	0,402
10	21,7	23	2	7,4	0,347
11	17,5	18	2	5,3	0,303
12	17,5	28	2	6,5	0,371
13	17,5	23	0,32	6,5	0,380
14	17,5	23	3,68	5,9	0,337
15	17,5	23	2	6,2	0,354
16	17,5	23	2	6,8	0,389
17	17,5	23	2	6,5	0,371

Nota: B: Sólidos solúveis totais inicial no mosto (°Brix), T: temperatura inicial do mosto, FN: Fonte de nitrogênio inicial do mosto (g/mL), E: concentração de etanol no hidromel final (°GL).

Fonte: Autor, 2026.

Por outro lado, em condições de 20 °Brix e 26 °C, o aumento da concentração de nitrogênio promoveu o efeito oposto: o ensaio 8 (3 g/mL de sulfato de amônio) apresentou maior eficiência fermentativa ($E/B = 0,413$) em comparação com o ensaio 7 (1 g/mL; $E/B = 0,388$). Esses resultados indicam que a temperatura atua como um fator modulador das vias metabólicas das leveduras, influenciando a assimilação do nitrogênio e o direcionamento do metabolismo para a produção de biomassa, etanol e metabólitos secundários (Webster *et al.*, 2025; Starowicz e Granvogl, 2020; Pereira *et al.*, 2015).



Ao analisar a relação entre teor alcoólico e eficiência de conversão, destaca-se a importância de distinguir entre maior produção de etanol e melhor taxa de conversão. Em contextos produtivos, pode ser mais vantajoso priorizar a eficiência (E/B) do que simplesmente maximizar o teor alcoólico, pois isso implica menor consumo de mel e maior rentabilidade do processo. A comparação entre os ensaios 4 e 8 evidencia esse equilíbrio: a redução do teor de SST de 20 para 15 °Brix, nas condições de 3 g/mL de sulfato de amônio e 26 °C, manteve uma taxa de conversão semelhante, demonstrando a possibilidade de economizar matéria-prima sem comprometer o desempenho fermentativo.

É relevante ressaltar a presença de pontos atípicos no planejamento experimental, caracterizados por altos teores alcoólicos, mas baixa razão E/B, como no ensaio 5. Embora esse ensaio tenha apresentado teor alcoólico de 5,2 °GL, a conversão foi limitada ($E/B = 0,260$), possivelmente devido ao estresse osmótico ou à limitação nutricional em fases intermediárias da fermentação (Da Silva *et al.*, 2023). Além disso, o ensaio 6 resultou em teor alcoólico de 3,9 °GL, valor inferior ao limite mínimo de 4 °GL estabelecido pela legislação brasileira para bebidas fermentadas, evidenciando que as condições de elevada concentração de açúcares associadas a mais baixa temperatura resultaram em fermentação incompleta (Santos *et al.*, 2021; Brasil, 2012).

Esses resultados reforçam a necessidade de equilíbrio entre as variáveis fermentativas, de modo a atender simultaneamente aos parâmetros de rendimento e qualidade exigidos pela legislação. Assim, o Quadro 2 pode ser utilizado como referência para identificar as condições que maximizem tanto o teor alcoólico quanto a conversão de açúcares, de acordo com o perfil de produto desejado — seja um hidromel mais alcoólico e seco, seja um hidromel mais adocicado, voltado à diversificação sensorial e mercadológica.

5 Condições otimizadas

A Figura 1 apresenta a superfície de resposta obtida para a razão etanol/°Brix (E/B), em função da temperatura de



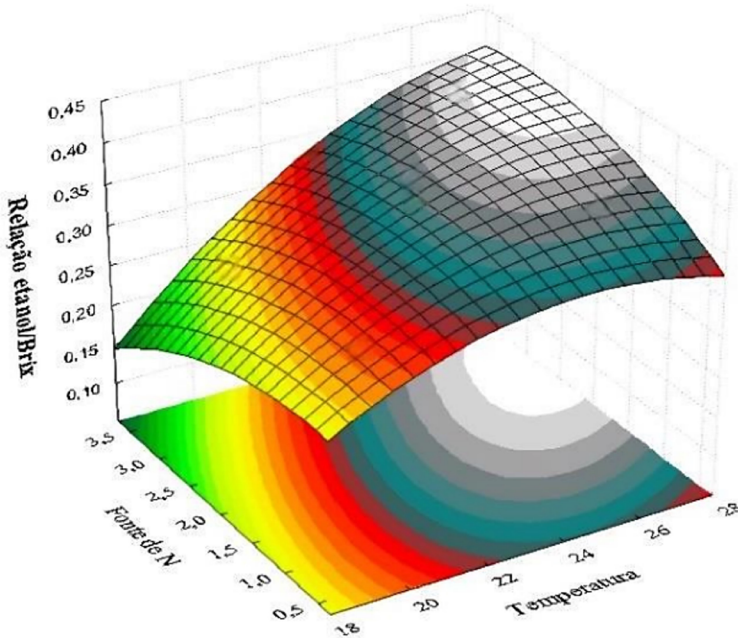
fermentação e da concentração da fonte de nitrogênio. Observa-se um comportamento curvilíneo típico, indicando a presença de interação significativa entre essas variáveis. De modo geral, a eficiência de conversão aumentou com o incremento simultâneo da temperatura e da concentração de nitrogênio, atingindo valores máximos de E/B próximos a 0,40–0,45 na região correspondente a temperaturas entre 25 e 26 °C e concentrações de nitrogênio em torno de 3 g/mL.

Em temperaturas mais baixas (18–20 °C) e menores concentrações de nitrogênio, a eficiência de conversão foi substancialmente reduzida, com valores de E/B inferiores a 0,20. Esse comportamento pode ser explicado pela limitação do metabolismo das leveduras sob tais condições, nas quais a baixa disponibilidade de nitrogênio restringe a síntese de enzimas e cofatores necessários às rotas glicolíticas e fermentativas. Nessas condições, parte dos açúcares tende a ser desviada para a formação de biomassa e compostos de manutenção, reduzindo a produção de etanol por unidade de substrato consumido (Pereira *et al.*, 2015; Gomes *et al.*, 2013; Martínez-Moreno *et al.*, 2012).

Por outro lado, o aumento da temperatura favorece a atividade enzimática e a fluidez da membrana celular, otimizando a absorção de nutrientes e a conversão de açúcares em etanol (Webster *et al.*, 2025; Gomes *et al.*, 2013). A presença de concentrações adequadas de nitrogênio potencializa esse efeito, pois garante o suporte nutricional necessário à multiplicação celular e à manutenção da viabilidade das leveduras ao longo da fermentação. No entanto, valores excessivamente altos dessas variáveis podem levar a sobrecarga metabólica e redução da eficiência, o que reforça a importância de manter as condições dentro de uma faixa operacional controlada (Pereira *et al.*, 2015; Martínez-Moreno *et al.*, 2012).



Figura 1 – Superfície de resposta para Razão E/B, em função da temperatura e da fonte de nitrogênio



Fonte: Autor, 2026.

A análise da superfície permite, portanto, identificar uma região ótima de operação, na qual a conversão de açúcares em etanol é maximizada, resultando em maior eficiência fermentativa e melhor aproveitamento da matéria-prima. Essa região corresponde a temperaturas entre 24 e 26 °C e concentrações de nitrogênio de 2,5 a 3 g/mL, representando um equilíbrio adequado entre crescimento celular e produção alcoólica. A partir dessas condições, é possível obter hidroméis com teor alcoólico satisfatório e elevada eficiência de conversão (E/B), reduzindo o tempo de fermentação e o consumo de mel por litro de bebida produzida.

6 Conclusão e perspectivas futuras

A otimização do processo fermentativo para a produção de hidromel com mel do Sertão Paraibano evidenciou que o controle conjunto da concentração de açúcares, temperatura



e fonte de nitrogênio é determinante para maximizar o teor alcoólico e a eficiência de conversão de açúcar em etanol (E/B). As melhores condições foram observadas em temperaturas próximas a 26 °C, teores moderados de açúcares (15–20 °Brix) e 3 g/mL de sulfato de amônio, resultando em fermentações mais completas, maior rendimento alcoólico e melhor aproveitamento da matéria-prima.

Os resultados reforçam o potencial da metodologia de otimização como ferramenta para padronizar e aprimorar a produção de hidromel, reduzindo custos e agregando valor ao mel regional. Estudos futuros devem incluir novas variáveis, como pH do mosto, aeração controlada, tipo de cepa de levedura, tempo de fermentação e suplementação com fontes orgânicas de nitrogênio, além de validar as condições otimizadas em escala piloto, visando à consolidação de um processo mais eficiente e sustentável.

Referências

AMORIM, T. S. *et al.* Influence of acerola pulp concentration on mead production by *Saccharomyces cerevisiae* AWRI 796. **LWT**, v. 97, p. 561-569, 2018.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção 1, p. 3, 2012.

CUENCA, M. *et al.* Optimization and kinetic modeling of honey fermentation for laboratory and pilot-scale mead production. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 80, n. 3, p. 248-257, 2022.

DA SILVA, J. R. *et al.* Mandacaru fruit pulp (*Cereus jamacaru* DC) as an adjunct and its influence on Beer properties. **Food Chemistry**, v. 406, p. 135066, 2023.

GOMES, T. *et al.* Optimization of mead production using response surface methodology. **Food and chemical toxicology**, v. 59, p. 680-686, 2013.



- MAIA, L. *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.
- MARTÍNEZ-MORENO, R. *et al.* Biomass production and alcoholic fermentation performance of *Saccharomyces cerevisiae* as a function of nitrogen source. **FEMS Yeast Research**, v. 12, n. 4, p. 477-485, 2012.
- PEREIRA, A. P. *et al.* Mead production: effect of nitrogen supplementation on growth, fermentation profile and aroma formation by yeasts in mead fermentation. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 121, n. 1, p. 122-128, 2015.
- RIBEIRO-FILHO, N. *et al.* Influence of essential inorganic elements on flavour formation during yeast fermentation. **Food Chemistry**, v. 361, p. 130025, 2021.
- SANTOS, E. A. S. *et al.* Development and Physicochemical characterization of Mead. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 6, p. 57775-57787, 2021.
- SCHWARZ, L. V. *et al.* Influence of nitrogen, minerals and vitamins supplementation on honey wine production using response surface methodology. **Journal of Apicultural Research**, v. 60, n. 1, p. 57-66, 2021.
- STAROWICZ, M.; GRANVOGL, M. 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.
- VITORINO-JUNIOR, J. S. *et al.* Sugar consumption profiles in mead production using accessible control analysis. **Kuwait Journal of Science**, v. 51, n. 2, p. 100204, 2024.
- WEBSTER, C. 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.
- XIMENES, L. F.; VIDAL, M. F. Agropecuária: Mel Natural. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. **Caderno Setorial Etene**, a. 8, n. 279, maio, 2023.
- ZHUANG, S. *et al.* The relationship between wort sugar concentration and yeast carbon partitioning during brewing fermentations. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 77, n. 4, p. 225-234, 2019.



INFLUÊNCIA DE LEVEDURAS AUTÓCTONES NA QUALIDADE DO HIDROMEL

Lívia Duarte De Medeiros
Marta Suely Madruga
Marcelo Barbosa Muniz
Normando Mendes Ribeiro Filho



1 Apresentação

A produção de hidromel envolve a fermentação de uma solução de mel e água, resultando em uma bebida cujo perfil químico e sensorial é influenciado não apenas pela origem do mel, mas também pela levedura utilizada no processo fermentativo. Embora o mel seja reconhecido por suas propriedades nutricionais e funcionais, e por apresentar composição variável conforme sua origem botânica (Castell *et al.*, 2023), é o metabolismo das leveduras que determina a conversão dos açúcares em etanol e uma ampla gama de compostos voláteis responsáveis pelos aromas e sabores característicos do hidromel (Ribeiro-Filho *et al.*, 2021).

A escolha da levedura é, portanto, um dos fatores mais determinantes para a qualidade final da bebida. Tradicionalmente, cepas comerciais de *Saccharomyces cerevisiae* são empregadas pela previsibilidade e eficiência fermentativa que oferecem. No entanto, as leveduras autóctones — isoladas de ambientes naturais ou processos fermentativos espontâneos — têm despertado crescente interesse por sua capacidade de conferir identidade regional e complexidade sensorial aos produtos. Essas cepas exibem maior adaptação a condições adversas, como variações de temperatura, pH e concentrações elevadas de etanol, reduzindo a incidência de falhas fermentativas e a formação de compostos indesejáveis (White e Zanaishoff, 2010; Hohmann e Mager, 2003).

Além disso, o uso de leveduras autóctones pode promover vantagens tecnológicas e ambientais, como a reutilização da biomassa celular, que acelera o processo fermentativo e reduz custos operacionais e impactos ambientais. Em bebidas fermentadas artesanais, como vinhos e cachaças, essas cepas também contribuem para características sensoriais próprias do local de produção, resultando em maior complexidade de aromas e sabores (White e Zanaishoff, 2010).

Neste capítulo, propõe-se a aplicação de leveduras autóctones isoladas de fermentações de cachaça na produção de hidromel, em comparação com o uso de levedura convencional.



O estudo apresenta a influência de leveduras autóctones na qualidade do hidromel, visando avaliar o potencial dessas cepas nativas em aprimorar as características sensoriais e bioativas da bebida, além de fortalecer sua identidade regional e valor agregado.

2 Leveduras autóctones de engenhos de cachaça

A cachaça é uma bebida alcoólica tipicamente brasileira, obtida pela destilação do caldo de cana-de-açúcar fermentado, apresentando teor alcoólico entre 38% e 48% (v/v) a 20 °C (Brasil, 2022a). O processo de fermentação de cachaça caracteriza-se por ser espontâneo, uma vez que a microbiota natural do mosto é responsável pela conversão dos açúcares da cana-de-açúcar em etanol, dióxido de carbono e uma variedade de metabólitos secundários que contribuem para o perfil químico e sensorial da bebida (Capece *et al.*, 2019).

Diversos gêneros de leveduras podem estar presentes durante a fermentação, incluindo *Pichia*, *Debaryomyces*, *Kloeckera*, *Zygosaccharomyces* e *Candida* (Rosa, Soares e Faria, 2009). No entanto, as leveduras do gênero *Saccharomyces*, especialmente *Saccharomyces cerevisiae*, predominam no processo, em razão de sua elevada eficiência fermentativa, tolerância ao etanol e adaptabilidade às condições ambientais do mosto (Da Silva *et al.*, 2023).

As leveduras autóctones — também denominadas selvagens ou indígenas — são aquelas que ocorrem naturalmente no ambiente fermentativo, sem a necessidade de inoculação deliberada (Capece *et al.*, 2019). Nos engenhos de cachaça, essas leveduras podem ser isoladas tanto da matéria-prima (cana-de-açúcar) quanto das superfícies e dos equipamentos envolvidos no processo produtivo, como moendas e dornas de fermentação (Basso *et al.*, 2008).

O interesse científico pelas cepas autóctones tem aumentado significativamente, uma vez que elas podem exercer efeitos marcantes sobre a qualidade sensorial, química e tecno-



lógica das bebidas fermentadas. A caracterização e o aproveitamento dessas leveduras permitem compreender melhor seu comportamento metabólico, identificar potenciais cepas de interesse industrial e promover sua aplicação em outros processos biotecnológicos, como a produção de hidromel. Essa estratégia contribui não apenas para a valorização de recursos microbiológicos regionais, mas também para o desenvolvimento de bebidas com identidade sensorial singular e maior valor agregado (Grieco, Carluccio e Giovinazzo, 2019; Canseco Grellet *et al.*, 2022).

3 Reutilização de leveduras

A reutilização de leveduras constitui uma prática amplamente consolidada na indústria brasileira de bebidas fermentadas, alcançando taxas de reciclo superiores a 90% das células utilizadas nos processos produtivos (Basso *et al.*, 2008). Além de reduzir os impactos ambientais e os custos operacionais, essa estratégia contribui para a eficiência fermentativa, uma vez que a biomassa é formada por um creme de alta densidade celular e baixo teor de açúcares residuais. Nessa condição, a fase de adaptação das leveduras é minimizada, permitindo que a fermentação principal se inicie rapidamente após a adição do mosto (Lima *et al.*, 2001).

Entretanto, a suspensão celular reciclada não é composta exclusivamente por leveduras, podendo conter outros microrganismos, que são co-reciclados durante o processo (Seo *et al.*, 2020). Esses contaminantes competem com as leveduras pelos nutrientes disponíveis, o que pode comprometer a viabilidade celular, favorecer a floculação indesejada e reduzir o rendimento alcoólico. Ademais, a presença de bactérias heterofermentativas, como *Lactobacillus* e *Acetobacter*, pode resultar na formação de metabólitos tóxicos, incluindo ácidos láctico e acético, os quais interferem negativamente na cinética fermentativa e na qualidade sensorial do produto final (Skinner e Leathers, 2004).

Para mitigar a contaminação bacteriana, é comum a aplicação de tratamento ácido do fermento antes de sua



reutilização, mediante o ajuste do pH para cerca de 2,5 com ácido sulfúrico (Munford, Chaves e Sant'ana, 2020). Essa prática reduz significativamente o crescimento de bactérias contaminantes, embora estudos indiquem que a exposição prolongada ao meio ácido pode afetar a viabilidade e a integridade celular de *Saccharomyces cerevisiae* (Ceccato-Antonini, 2018).

Nesse contexto, a lavagem do fermento com água (rinsagem) tem se mostrado uma alternativa simples, econômica e menos agressiva, visando preservar a vitalidade e a estabilidade fisiológica das células de levedura. Essa etapa auxilia na remoção de células mortas, resíduos metabólicos e compostos inibidores, além de reduzir o teor de etanol residual no creme de leveduras, proporcionando condições mais favoráveis à sua reutilização em ciclos fermentativos subsequentes (White e Zanaishoff, 2010).

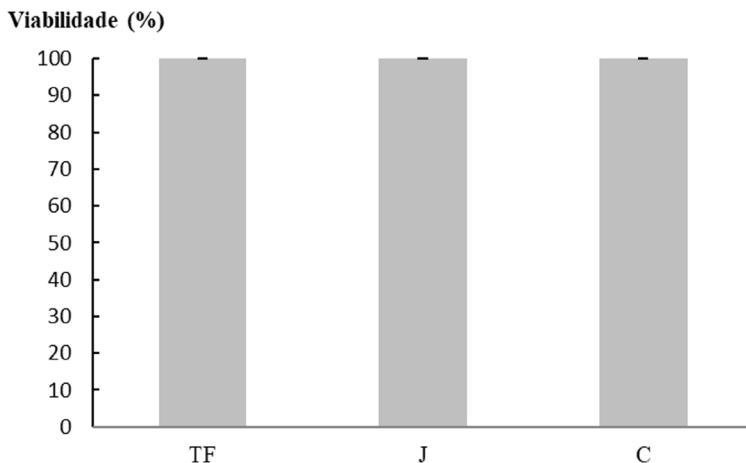
4 Viabilidade celular

O efeito das leveduras sobre a qualidade do hidromel foi avaliado utilizando-se três cepas fermentativas: uma comercial da espécie *Saccharomyces cerevisiae* (C) e duas autóctones (TF e J), isoladas de engenhos de cachaça da região do Sertão Paraibano. As cepas autóctones foram previamente selecionadas com base em estudos anteriores que investigaram seu crescimento em diferentes temperaturas e meios de cultura, possibilitando identificar seu potencial metabólico e adaptativo para aplicação em processos fermentativos.

Entre os parâmetros avaliados, destaca-se a viabilidade celular das leveduras, etapa essencial para compreender como esses microrganismos respondem às condições de estresse inerentes ao processo fermentativo. Mesmo após 360 horas de fermentação, as cepas autóctones mantiveram 100% de viabilidade celular, desempenho equivalente ao observado para a levedura comercial (Figura 1). Esse resultado evidencia a notável capacidade de adaptação das leveduras autóctones, capazes não apenas de resistir ao acúmulo de etanol e à limitação de nutrientes, mas também de apresentar eficiência fermentativa comparável às cepas comerciais tradicionalmente empregadas.



Figura 1 – Viabilidade celular de leveduras autóctones (TF, J) e comercial (C) na produção de hidromel



Fonte: Autor, 2026.

Diferentes linhagens de leveduras apresentam variações significativas em sua resistência ao estresse, sendo que algumas conseguem preservar a integridade da membrana plasmática e manter o equilíbrio do pH intracelular mesmo quando expostas a ácidos orgânicos e ao etanol, condições típicas de estresse celular (Houngbédjí *et al.*, 2019). Essas características evidenciam a presença de mecanismos adaptativos eficientes, capazes de sustentar a viabilidade e a atividade metabólica das células em ambientes adversos. Assim, os resultados obtidos reforçam o alto potencial biotecnológico das cepas autóctones TF e J, que se destacam como promissoras para aplicação em processos fermentativos industriais, especialmente na produção de hidromel.

5 Perda de gás carbônico durante a fermentação

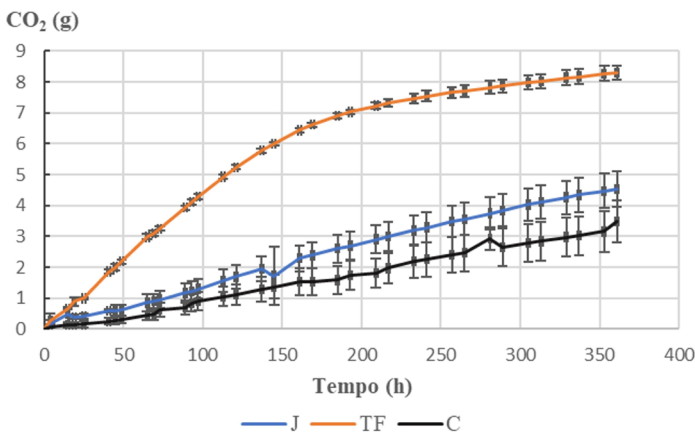
O dióxido de carbono (CO_2) é um parâmetro amplamente utilizado para avaliar o desempenho fermentativo, pois sua liberação está diretamente associada à taxa de conversão dos



açúcares em etanol e energia metabólica pelas leveduras. Durante a fermentação alcoólica, cada molécula de glicose consumida é transformada em duas moléculas de etanol e duas de CO_2 , de modo que a quantidade de gás liberado reflete a atividade metabólica e a eficiência do processo fermentativo (Canseco Grellet *et al.*, 2022).

Todas as cepas avaliadas apresentaram liberação de CO_2 durante o processo de fermentação do hidromel (Figura 2). Entre elas, a cepa TF destacou-se pelo desempenho superior, caracterizado por uma liberação mais rápida e consistente de CO_2 ao longo das 250 horas de fermentação. A cepa J apresentou produção intermediária de CO_2 — inferior à da cepa TF, porém superior à observada para a cepa comercial (C), que registrou a menor liberação entre as amostras analisadas (Figura 2).

Figura 2 – Liberação de gás carbônico durante a fermentação de hidromel por diferentes cepas de leveduras (TF, J e C)



Fonte: Autor, 2026.

Esses resultados evidenciam que as leveduras autóctones, isoladas de fermentações de cachaça, demonstram excelente adaptação ao mosto de hidromel, apresentando eficiência fermentativa comparável ou superior à da cepa comercial de *Saccharomyces cerevisiae*. Tal desempenho reforça o potencial biotecnológico dessas leveduras nativas para aplicação em escala industrial, favorecendo processos mais eficientes, versáteis e sustentáveis (Canseco Grellet *et al.*, 2022).



6 Composição físico-química

As diferentes linhagens de leveduras promoveram alterações expressivas na composição química dos hidroméis, influenciando parâmetros como sólidos solúveis totais, açúcares redutores e açúcares totais (Quadro 1). O hidromel fermentado com a cepa TF apresentou os menores teores de açúcares totais (0,60%), redutores (0,5%) e de sacarose (0,1%), além de baixos valores de sólidos solúveis (3 °Brix) e de extrato seco. Esses resultados indicam uma fermentação mais eficiente, com maior conversão dos açúcares em etanol e mínima presença de açúcares residuais.

Quadro 1 – Composição físico-química de hidroméis fermentados utilizando-se leveduras autóctones (TF, J) e comercial (C)

Composição físico-química				
Levedura	Acidez Total (mEq/L)	SST (°Brix)	ABV (%)	AT (%)
TF	31,4 ^b ± 0,0	3,0 ^c ± 0,0	4,3 ^a ± 0,0	0,60 ^c ± 0,01
J	55,9 ^a ± 1,7	5,0 ^b ± 0,0	2,3 ^b ± 0,0	5,40 ^b ± 0,06
C	23,2 ^c ± 0,57	6,0 ^a ± 0,0	1,6 ^c ± 0,0	3,30 ^a ± 0,10

Composição físico-química				
Levedura	AR (%)	Sacarose (%)	Extrato Seco (g/L)	pH
TF	0,50 ^c ± 0,02	0,1 ^a ± 0,01	14,3 ^c ± 0,05	3,60 ^a ± 0,04
J	5,20 ^b ± 0,10	0,2 ^a ± 0,15	54,6 ^b ± 0,21	3,40 ^b ± 0,02
C	3,20 ^a ± 0,04	0,2 ^a ± 0,10	75,5 ^a ± 0,48	3,40 ^b ± 0,00

Nota: Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (p < 0,05) de acordo com o teste estatístico de Tukey. SST – sólidos solúveis totais; AT – açúcares totais, AR – açúcares redutores.

Fonte: Autor, 2026.



Em contraste, a amostra obtida com a cepa C apresentou os maiores valores de extrato seco (75,5 g/L) e sólidos solúveis (6 °Brix), sugerindo fermentação incompleta e resultando em um hidromel mais adocicado e encorpado. Já o hidromel produzido com a cepa J exibiu comportamento intermediário quanto ao extrato seco, mas manteve teores relativamente elevados de açúcares totais (5,4%) e redutores (5,2%), evidenciando conversão parcial dos açúcares.

Esses resultados demonstram que a seleção da levedura pode ser utilizada de forma estratégica para direcionar o perfil sensorial da bebida: cepas mais ativas favorecem hidroméis secos e com maior teor alcoólico, enquanto linhagens de menor eficiência mantêm açúcares residuais, conferindo doçura e corpo mais pronunciado. Tais diferenças impactam diretamente a aceitação do consumidor e o posicionamento de mercado dos produtos fermentados (Schwarz *et al.*, 2020).

A variação entre as linhagens também se refletiu na acidez total e no pH, fatores determinantes para a estabilidade química e o equilíbrio gustativo. A acidez total foi mais elevada no hidromel fermentado com a cepa J (55,9 mEq/L), seguida por TF (31,4 mEq/L) e C (23,2 mEq/L), enquanto o pH manteve-se estável entre 3,40 e 3,60. Assim como os açúcares residuais, a acidez influencia diretamente a percepção sensorial de frescor e equilíbrio, ressaltando a importância do controle dessas variáveis para a obtenção de diferentes perfis de hidromel (Senn, Cantu e Heymann, 2021).

O teor alcoólico também variou de acordo com a cepa empregada, refletindo a eficiência fermentativa de cada linhagem. O hidromel produzido com a levedura TF apresentou o maior teor de etanol (4,3%), seguido pelas amostras fermentadas com J (2,3%) e C (1,6%). Valores mais elevados de etanol estão associados à maior conversão de açúcares e resultam em bebidas de perfil mais seco, enquanto teores mais baixos conferem maior dulçor e corpo.

Dessa forma, os resultados confirmam que a seleção adequada da levedura é um fator determinante para definir o perfil final da bebida, permitindo direcionar a produção de hidroméis mais alcoólicos e secos ou, ao contrário, versões mais suaves e



adocicadas (Schwarz *et al.*, 2020). Além disso, o teor alcoólico influencia a sensação térmica e a percepção global do produto, sendo um parâmetro essencial para a experiência sensorial do consumidor (Senn, Cantu e Heymann, 2021).

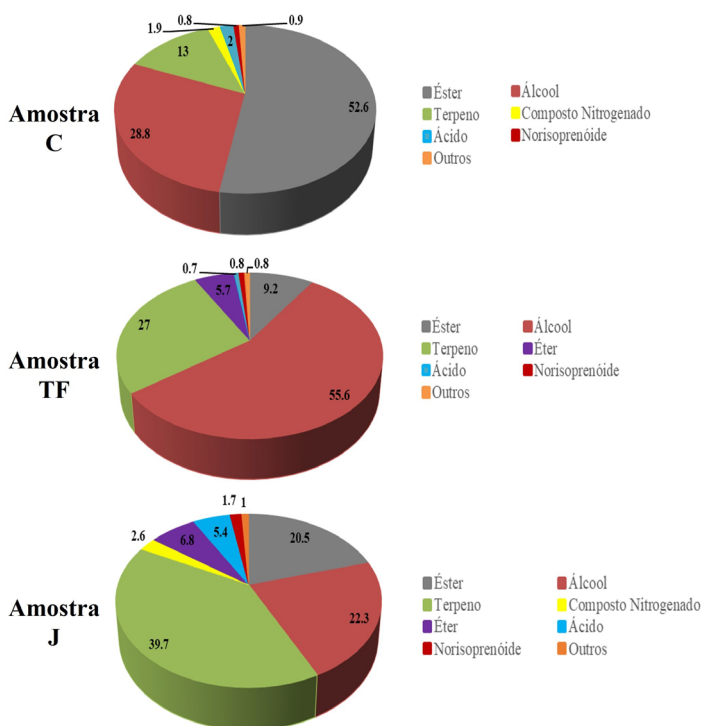
7 Perfil volátil do hidromel

A análise dos compostos voláteis do hidromel permite compreender como diferentes cepas de leveduras influenciam a formação do perfil aromático da bebida, uma vez que cada classe química está associada a descritores sensoriais específicos. No total, foram identificados 128 compostos voláteis, distribuídos em 12 classes químicas: terpenos (33 compostos), aldeídos (6), álcoois (25), aromáticos (7), cetonas (4), ésteres (32), éteres (4), norisoprenoides (3), hidrocarbonetos (1), compostos nitrogenados (2), ácidos (10) e furanos (1).

As diferentes cepas de leveduras promoveram variações expressivas no perfil aromático. O hidromel fermentado com a cepa comercial (C) apresentou maior formação de ésteres, responsáveis por 52,6% do total de compostos voláteis (37 µg/mL) (Figura 3). A amostra obtida com a levedura autóctone TF destacou-se pela predominância de álcoois superiores, correspondendo a 55,6% do total identificado (31,7 µg/mL), enquanto o hidromel produzido com a cepa J exibiu maior proporção de terpenos, totalizando 39,7% dos compostos detectados (15 µg/mL).



Figura 3 – Distribuição percentual dos compostos voláteis em hidroméis obtidos com diferentes cepas de leveduras



Fonte: Autor, 2026.

Entre os compostos identificados, 19 foram considerados chaves para o aroma do hidromel, por apresentarem maior relevância sensorial. Destacam-se o 1-butanol, 3-metil (álcool isoamílico) e o 1-butanol, 3-metil acetato (acetato de isoamila), associados a notas fermentadas e frutadas, respectivamente. Ambos ocorreram em todas as amostras, mas em maior concentração no hidromel fermentado com a levedura TF. A relação entre os compostos voláteis chaves e seus aromas percebidos está apresentada na Figura 4.

Os álcoois constituem uma das principais classes de compostos voláteis em bebidas fermentadas, exercendo papel essencial na definição do aroma e no sabor final. Além do etanol, os álcoois superiores — como o álcool isoamílico — conferem notas frutadas e florais que enriquecem o perfil sensorial (De-La-Fuente-Blanco, Sáenz-Navajas e Ferreira, 2016). De acordo com De-La-Fuente-Blanco, Sáenz-Navajas e Ferreira



(2016), esses compostos são desejáveis quando presentes em concentrações moderadas (<300 µg/mL). Sua formação decorre principalmente da transformação de aminoácidos pela levedura, envolvendo reações de descarboxilação, desaminação e redução (Hazelwood *et al.*, 2008). Assim, a diversidade e a intensidade dos álcoois superiores variam conforme o metabolismo de cada cepa, refletindo seu potencial para a biossíntese de compostos aromáticos (Parapouli *et al.*, 2019).

Figura 4 – Aromas associados aos compostos voláteis chaves



Fonte: Autor, 2026.

Os ésteres, por sua vez, são amplamente reconhecidos por conferirem aromas doces e frutados, sendo considerados os principais responsáveis pelas notas agradáveis em bebidas fermentadas (Verstrepen *et al.*, 2003). Entre eles, o acetato de isoamila é um dos mais relevantes, associado ao aroma de banana, e resulta da reação entre o álcool isoamílico e a molécula de acetil-CoA, catalisada por enzimas acetiltransferases (Zhang *et al.*, 2012). A formação desses compostos depende de



múltiplos fatores, como a espécie de levedura, a temperatura de fermentação e a disponibilidade de substratos (Mitra *et al.*, 2022).

Compreender o papel de cada cepa nesse equilíbrio químico é essencial para o controle e o direcionamento do perfil aromático do hidromel. Dessa forma, a seleção adequada de leveduras permite desenvolver bebidas com aromas mais harmônicos, complexos e adequados às preferências sensoriais do consumidor.

8 Atividade bioativa

A atividade bioativa dos hidroméis produzidos com diferentes leveduras apresentou variações relevantes entre os parâmetros analisados, evidenciando que o tipo de cepa exerce influência direta na preservação e transformação de compostos benéficos à saúde durante a fermentação alcoólica (Quadro 2).

Quadro 2 – Conteúdo de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante de hidroméis fermentados com leveduras autóctones (TF, J) e comercial (C)

Levedura	Fenólicos*	ABTS**	FRAP**	DPPH**
TF	0,21 ^a ± 0,00	0,48 ^a ± 0,08	1,49 ^b ± 0,08	0,41 ^a ± 0,04
J	0,19 ^c ± 0,00	0,48 ^a ± 0,03	1,30 ^c ± 0,00	0,48 ^a ± 0,03
C	0,20 ^b ± 0,01	0,45 ^a ± 0,04	1,83 ^a ± 0,03	0,39 ^a ± 0,06

Nota: Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste estatístico de Tukey. *expresso em mg ácido gálico/100 mL. **expresso em μmol equivalente de Trolox/100 mL.

Fonte: Autor, 2026.

A levedura autóctone TF destacou-se por apresentar a maior concentração de compostos fenólicos totais (0,21 mg de ácido gálico/100 mL), seguida pelas amostras fermentadas com C (0,20 mg/100 mL) e J (0,19 mg/100 mL). Essa diferença significativa indica que a cepa nativa TF demonstrou maior eficiência na



preservação ou liberação de compostos fenólicos ao longo do processo fermentativo.

Os compostos fenólicos presentes nos hidroméis são importantes responsáveis pela atividade antioxidante, desempenhando um papel na neutralização de radicais livres, que estão associados ao envelhecimento celular e a diversas doenças (Fortes *et al.*, 2023). Na avaliação realizada, os métodos ABTS e DPPH não mostraram diferenças significativas entre os hidroméis, indicando que o tipo de levedura não afetou esses parâmetros.

Já pelo método FRAP, que avalia a capacidade de reduzir ferro, o hidromel produzido com a levedura comercial apresentou o melhor desempenho (1,83 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ mL}$), enquanto o fermentado com a levedura TF registrou o menor valor. Esses resultados sugerem que, embora algumas medidas de atividade antioxidante possam variar entre diferentes leveduras, a escolha da cepa não altera de forma expressiva a capacidade antioxidante global do hidromel.

Estudos prévios, como o de Grieco, Carluccio e Giovinazzo (2019), apontam que leveduras autóctones podem elevar o teor de compostos fenólicos e a capacidade antioxidante em vinhos, embora o incremento nem sempre seja expressivo em comparação com as cepas comerciais. Assim, além da seleção criteriosa da levedura, estratégias complementares — como a adição de ingredientes naturalmente ricos em compostos fenólicos (frutas, ervas e especiarias) ou a maturação com lascas de madeira — podem ser alternativas eficazes para intensificar o potencial bioativo dos hidroméis (Fortes *et al.*, 2023).

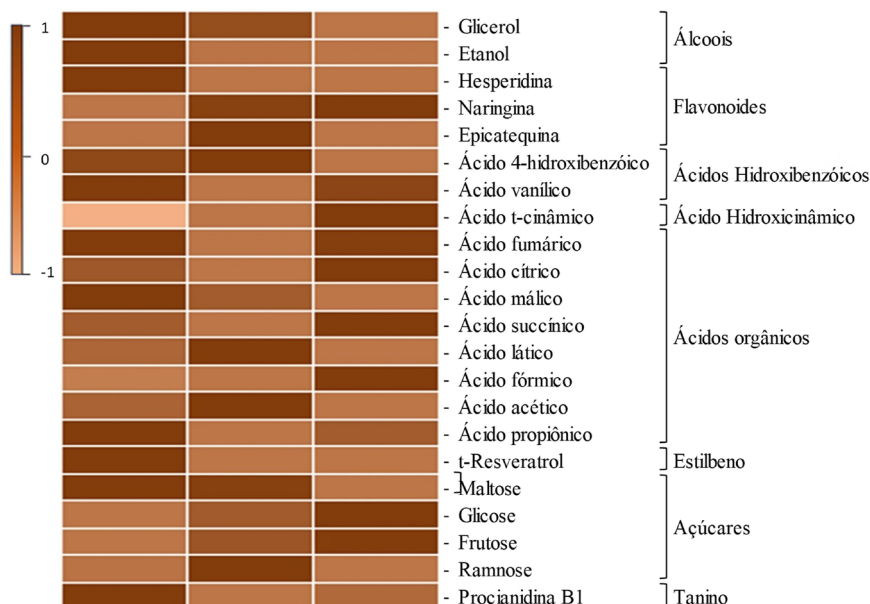
9 Perfil de açúcares, ácidos orgânicos e compostos fenólicos

As diferenças no metabolismo de cada tipo de levedura resultaram em hidroméis com composições distintas de açúcares, ácidos e compostos fenólicos (Figura 5). As leveduras J e C apresentaram maiores quantidades de naringina, enquanto a levedura TF destacou-se pela presença exclusiva de hesperidina.



Esses dois compostos pertencem à mesma classe de flavonoides e possuem estruturas químicas semelhantes, sugerindo que a presença exclusiva de hesperidina no hidromel TF pode estar relacionada a uma possível conversão metabólica durante a fermentação (Ghanbari-Movahed *et al.*, 2021; Xiong *et al.*, 2019).

Figura 5 – Perfil de açúcares, ácidos orgânicos e compostos fenólicos em amostras de hidromel fermentadas com diferentes cepas de leveduras (TF, J e C)



Nota: As cores mais intensas indicam maior concentração dos compostos (+1), enquanto as cores mais claras representam concentrações menores (-1) em cada amostra.

Fonte: Autor, 2026.

A hesperidina apresenta propriedades benéficas, incluindo ação anti-inflamatória e efeitos protetores sobre o coração e o metabolismo (Xiong *et al.*, 2019). Já a naringina contribui para a redução do estresse oxidativo e possui efeitos protetores contra doenças como diabetes e hipertensão (Ghanbari-Movahed *et al.*, 2021).

Entre os ácidos orgânicos, o ácido cítrico foi mais abundante no hidromel produzido com a levedura comercial, possivelmente devido à atividade metabólica natural das células durante a fermentação. O ácido acético apareceu em



maiores quantidades nos hidroméis das leveduras TF e J, sendo um produto comum da fermentação alcoólica. Embora em concentrações elevadas possa causar estresse às células de levedura, os níveis observados neste estudo foram baixos e seguros (Ribeiro-Filho *et al.*, 2021).

No que se refere aos açúcares residuais, o hidromel da levedura TF apresentou menor quantidade de frutose, indicando que essa cepa aproveitou melhor o açúcar disponível. Já as leveduras J e C deixaram mais frutose ao final da fermentação, sugerindo menor eficiência na sua utilização. Em contraste, o hidromel da levedura comercial apresentou menor teor de maltose, indicando que, frente às demais cepas autóctones, a levedura comercial apresenta maior capacidade de fermentar esse tipo de açúcar.

Por fim, a levedura TF produziu maiores quantidades de glicerol, um composto que protege as células da levedura em ambientes com álcool. Essa produção contribui para a manutenção da atividade celular, garantindo uma fermentação mais estável e eficiente (Xiu-Feng, Yu-Lei e Xue-Mei, 2024).

10 Conclusão e perspectivas futuras

Os resultados deste estudo demonstram que leveduras nativas de engenhos de cachaça exercem influência significativa sobre a produção de hidromel, modificando sua composição química, o perfil aromático e os teores de compostos bioativos. A cepa autóctone TF se destacou por promover um processo fermentativo mais equilibrado, indicando maior adaptação ao substrato e potencial biotecnológico para o desenvolvimento de bebidas diferenciadas.

Esses achados reforçam o valor da biodiversidade microbiana regional, destacando o potencial das leveduras autóctones na valorização de produtos com identidade territorial e maior complexidade sensorial. Além disso, evidenciam como o uso desses microrganismos pode unir tradição e inovação, favorecendo práticas sustentáveis e de baixo custo que fortalecem a produção artesanal de hidromel no Brasil.



Perspectivas futuras incluem o aprofundamento dos estudos sobre o metabolismo das leveduras nativas, com foco na identificação dos genes e das vias metabólicas responsáveis pela formação de compostos bioativos e aromáticos. Pesquisas que integram análises ômicas (genômica, metabolômica e proteômica) podem elucidar os mecanismos que diferenciam as cepas autóctones das comerciais. Além disso, a seleção e o aprimoramento de consórcios de leveduras — combinando espécies nativas e comerciais — podem abrir novas possibilidades para o desenvolvimento de hidroméis com maior valor funcional, estabilidade fermentativa e perfil sensorial personalizado, fortalecendo o vínculo entre ciência, território e inovação na produção de bebidas fermentadas.

Referências

BASSO, L. C. *et al.* Yeast selection for fuel ethanol production in Brazil. **FEMS Yeast Research**, v. 8, n. 7, p. 1155–1163, nov. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Anuário da Cachaça 2021**. Brasília: MAPA, 2022a.

CANSECO GRELLET, M. A. *et al.* Genotypic and phenotypic characterization of industrial autochthonous *Saccharomyces cerevisiae* for the selection of well-adapted bioethanol-producing strains. **Fungal Biology**, v. 126, n. 10, p. 658–673, 2022.

CAPECE, A. *et al.* Selected Indigenous *Saccharomyces cerevisiae* Strains as Profitable Strategy to Preserve Typical Traits of Primitivo Wine. **Fermentation**, v. 5, n. 4, p. 87, 2019.

CASTELL, A. *et al.* Headspace with gas chromatography-mass spectrometry for the use of volatile organic compound profile in botanical origin authentication of honey. **Molecules**, v. 28, n. 11, p. 4297, 2023.

CECCATO-ANTONINI, S. R. Conventional and nonconventional strategies for controlling bacterial contamination in fuel ethanol fermentations. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 34, n. 6, p. 80, 2018.



- DA SILVA, V. P. *et al.* Cachaça production: from sugar cane to spirit. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 129, n. 4, p. 259–275, 2023.
- DE-LA-FUENTE-BLANCO, A.; SÁENZ-NAVAJAS, M.; FERREIRA, V. On the effects of higher alcohols on red wine aroma. **Food chemistry**, v. 210, p. 107-114, 2016.
- FORTES, J. P. *et al.* Enhancement of the functional properties of mead aged with oak (*Quercus*) chips at different toasting levels. **Molecules**, v. 28, n. 1, p. 56, 2022.
- GHANBARI-MOVAHED, M. *et al.* A systematic review of the preventive and therapeutic effects of naringin against human malignancies. **Frontiers in pharmacology**, v. 12, p. 639840, 2021.
- GRIECO, F.; CARLUCCIO, M. A.; GIOVINAZZO, G. Autochthonous *Saccharomyces cerevisiae* Starter Cultures Enhance Polyphenols Content, Antioxidant Activity, and Antinflammatory Response of Apulian Red Wines. **Foods**, v. 8, n. 10, p. 453, 2019.
- HAZELWOOD, L. A. *et al.* The Ehrlich pathway for fusel alcohol production: a century of research on *Saccharomyces cerevisiae* metabolism. **Applied and environmental microbiology**, v. 74, n. 8, p. 2259-2266, 2008.
- HOHMANN, S.; MAGER, W.H. Yeast stress responses. Berlin Heidelberg: **Springer-Verlag**, 2003.
- HOUNGBÉDJI, M. *et al.* Effects of intrinsic microbial stress factors on viability and physiological condition of yeasts isolated from spontaneously fermented cereal doughs. **International Journal of Food Microbiology**, v. 304, p. 75-88, 2019.
- LIMA U. A. *et al.* **Biotecnologia Industrial, v. 3: processos fermentativos e enzimáticos**. São Paulo: Editora Edgard Blucher. 2001.
- MITRA, M. *et al.* Characterization of an alcohol acetyltransferase GcAAT responsible for the production of antifungal volatile esters in endophytic *Geotrichum candidum* PF005. **Microbiological Research**, v. 260, p. 127021, 2022.
- MUNFORD, A.; CHAVES, R.; SANT'ANA, A. Inactivation kinetics of beer spoilage bacteria (*Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus casei*, and *Pediococcus damnosus*) during acid washing of brewing yeast. **Food Microbiology**, v. 91, p. 103513, 2020.
- PARAPOULI, M. *et al.* Comparative transcriptional analysis of flavour-biosynthetic genes of a native *Saccharomyces cerevisiae* strain fermenting in its natural must environment, vs. a commercial strain



and correlation of the genes' activities with the produced flavour compounds. **Journal of Biological Research-Thessaloniki**, v. 26, n. 1, p. 5, 2019.

RIBEIRO-FILHO, N. *et al.* Influence of essential inorganic elements on flavour formation during yeast fermentation. **Food Chemistry**, v. 361, p. 130025, 2021.

ROSA, C. A.; SOARES, A. M.; FARIA, J. B. Cachaça production. **The alcohol textbook. Nottingham: Nottingham University**, p. 484-497, 2009.

SCHWARZ, L. V. *et al.* Selection of low nitrogen demand yeast strains and their impact on the physicochemical and volatile composition of mead. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 8, p. 2840-2851, 2020.

SENN, K.; CANTU, A.; HEYMANN, H. Characterizing the chemical and sensory profiles of traditional American meads. **Journal of Food Science**, v. 86, n. 3, p. 1048-1057, 2021.

SEO, S. O. *et al.* Anti-contamination strategies for yeast fermentations. **Microorganisms**, v. 8, n. 2, p. 274, 2020.

SKINNER, K. A.; LEATHERS, T. D. Bacterial contaminants of fuel ethanol production. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 31, n. 9, p. 401-408, 2004.

VERSTREPEN, K. J. *et al.* Expression levels of the yeast alcohol acetyltransferase genes ATF1, Lg-ATF1, and ATF2 control the formation of a broad range of volatile esters. **Applied and environmental microbiology**, v. 69, n. 9, p. 5228-5237, 2003.

WHITE, C.; ZAINASHEFF, C. **Yeast: The Practical Guide to Beer Fermentation**. Colorado: Brewers Publications, 2010.

XIONG, H. *et al.* Hesperidin: A therapeutic agent for obesity. **Drug design, development and therapy**, p. 3855-3866, 2019.

XIU-FENG, L.; YU-LEI, X.; XUE-MEI, Z. Response mechanism of *Saccharomyces cerevisiae* under benzoic acid stress in ethanol fermentation. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 28757, 2024.

ZHANG, G. *et al.* Investigation of the maturity evaluation indicator of honey in natural ripening process: The case of rape honey. **Foods**, v. 10, n. 11, p. 2882, 2021.



MÉIS DO SERTÃO PARAIBANO COMO ADJUNTO CERVEJEIRO: qualidade química, bioativa e sensorial

Isabel Pereira de Carvalho
Mércia de Sousa Galvão
Marta Suely Madruga
Marcelo Barbosa Muniz



1 Apresentação

O Sertão Paraibano abriga uma diversidade de espécies vegetais adaptadas ao clima semiárido, cuja variedade de floradas serve como fonte de néctar para as abelhas. Essa flora resulta na produção de méis com composições físico-químicas singulares, determinadas pela origem botânica e geográfica (Santos *et al.*, 2020). No Sertão Paraibano, essa diversidade tem impulsionado a apicultura, consolidando-a como uma atividade tradicional e economicamente relevante, tanto pelo valor nutricional do mel quanto pelo seu potencial como ingrediente em novos produtos (Da Silva *et al.*, 2008). Dentre esses produtos, a cerveja destaca-se como uma matriz complexa capaz de ser enriquecida pelas propriedades singulares do mel (Venturini Filho, 2010).

A indústria de cervejas artesanais vem ampliando suas fronteiras com a busca constante por inovação, valorizando ingredientes que expressem autenticidade, regionalidade e qualidade sensorial (Durán-Sánchez *et al.*, 2022). Nesse cenário, o mel atua como um adjunto multifuncional: seus açúcares simples elevam a fermentabilidade e o teor alcoólico, enquanto seus compostos voláteis e pigmentos naturais conferem assinaturas de aroma, sabor e cor que variam drasticamente conforme a florada de origem (Becerril-Sánchez *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2013). Assim, a combinação entre técnicas criativas e insumos locais tem possibilitado o desenvolvimento de bebidas com identidade única, promovendo a valorização de recursos territoriais (Baiano, 2021).

A aplicação de méis da Caatinga Paraibana na produção de cervejas artesanais representa, portanto, uma estratégia promissora para a diversificação de produtos e o fortalecimento de cadeias produtivas regionais. Além de enriquecer o perfil sensorial da bebida, com aromas, sabores e coloração diferenciados, esses méis agregam valor funcional à cerveja devido à presença de compostos fenólicos, antioxidantes e outros nutrientes (Ayoub *et al.*, 2023). Assim, a interação entre o mel e os componentes tradicionais da cerveja — malte, lúpulo e levedura — resulta em uma bebida de maior complexidade bioquímica e estabilidade oxidativa. Seu uso contribui tanto para a inovação no setor cervejeiro quanto para a valorização



da biodiversidade e da economia local (Becerril-Sánchez *et al.*, 2021; Da Silva *et al.*, 2008).

Diante desse potencial tecnológico e regional, o presente capítulo objetivo avaliar a qualidade química, bioativa e sensorial de cervejas artesanais do estilo *American Wheat Beer* elaboradas com diferentes méis do Sertão Paraibano. Para tanto, exploram-se os impactos desses méis no processo fermentativo, na composição físico-química final, no perfil de compostos aromáticos e nas propriedades funcionais da bebida, consolidando o mel da Caatinga como um ingrediente estratégico para a inovação e o valor agregado na indústria cervejeira.

2 Mel como adjunto cervejeiro

O mel é um adjunto cervejeiro tradicional, utilizado tanto por sua alta fermentabilidade quanto por suas contribuições sensoriais. Rico em açúcares simples como frutose e glicose, o mel é facilmente assimilado pelas leveduras, o que eleva a densidade inicial do mosto e o teor alcoólico final da cerveja (Pereira *et al.*, 2013). Diferentemente de outros açúcares utilizados em fermentação, o mel influencia significativamente o aroma, o sabor e a cor da bebida, podendo adicionar notas florais, frutadas ou herbais, conforme sua origem botânica (Chitarrini *et al.*, 2020).

A aplicação do mel em receitas cervejeiras é ampla e não se restringe a um único estilo. Em cervejas da escola belga, como *Tripel* e *Belgian Strong Ale*, ele pode ser utilizado para elevar o teor alcoólico sem comprometer a atenuação, mantendo a sensação de leveza. Em estilos rústicos como a *Saison*, o mel intensifica o perfil aromático e reforça o caráter seco da bebida. Já em estilos americanos, como *IPA* e *American Pale Ale*, auxilia no equilíbrio do amargor do lúpulo e destaca notas florais, sendo especialmente adequado em subestilos como a *Brut IPA*, que busca corpo leve e final seco (Craft Beer Professionals, 2021).

Entre os estilos que mais se beneficiam da adição de mel, destaca-se a *American Wheat Beer*, versão americana da tradicional *Hefeweizen* alemã. Enquanto a *Hefeweizen* apresenta aromas intensos de banana e cravo, derivados de leveduras



específicas, a *American Wheat* utiliza leveduras ale americanas, resultando em um sensorial mais neutro. Essa neutralidade favorece a expressão sensorial do mel. Quando adicionado durante a fermentação ou maturação, o mel intensifica o frescor da bebida e adiciona aromas delicados que se harmonizam com as notas do malte de trigo. Outro aspecto é a formação e a estabilidade da espuma cremosa, típica das cervejas de trigo (Craft Beer Professionals, 2021).

Além disso, o tipo de mel utilizado como ingrediente cervejeiro exerce influência decisiva sobre as características físico-químicas e sensoriais da cerveja final, sobretudo quando proveniente das distintas floradas do bioma Caatinga. As espécies vegetais nativas dessa região conferem ao mel composições específicas em açúcares, ácidos orgânicos, compostos fenólicos e pigmentos naturais, que impactam diretamente a cor, o aroma, o sabor, a estabilidade da espuma e a atividade antioxidante da bebida. Essa variabilidade floral resulta em méis com propriedades capazes de modificar o processo fermentativo, o desempenho das leveduras e o perfil sensorial da cerveja. Assim, a diversidade botânica da Caatinga transforma o mel em um ingrediente enriquecedor e funcional, que não apenas contribui para o perfil da bebida, mas também imprime identidade regional e valor agregado às formulações cervejeiras (Becerril-Sánchez *et al.*, 2021).

Assim, o mel se destaca não apenas como fonte de açúcares fermentescíveis, mas também como um adjunto multifuncional, capaz de enriquecer o perfil sensorial, visual e gustativo da cerveja. Embora possa ser incorporado a diferentes estilos, a *American Wheat Beer* representa um ambiente ideal para evidenciar suas características, graças à leveza, neutralidade e frescor, que favorecem a percepção de seus compostos voláteis e bioativos.

3 Processo de produção de cerveja com adição de mel

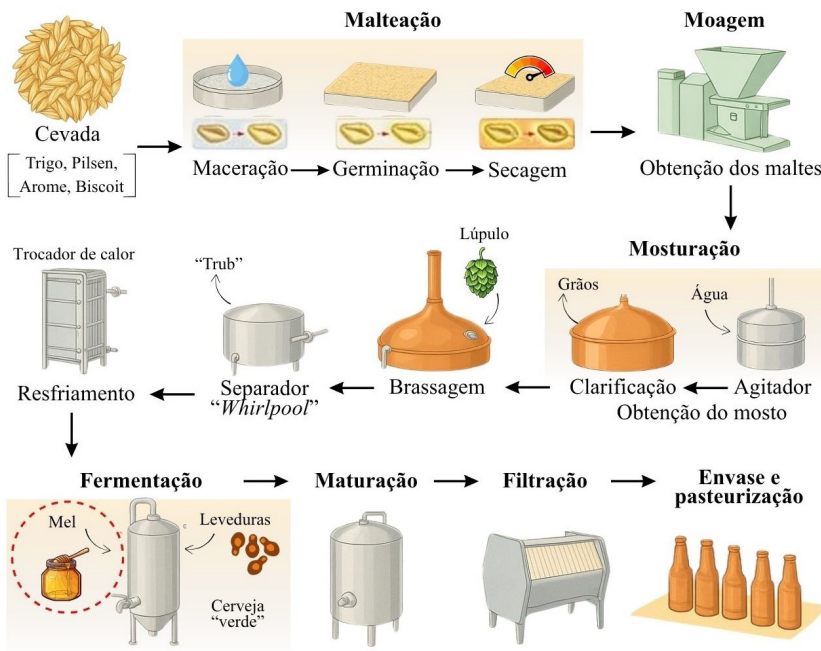
A produção de cerveja compreende etapas bem definidas (mosturação, fervura, fermentação e maturação),



nas quais os ingredientes básicos, como malte, lúpulo, água e levedura, desempenham funções essenciais na formação das características físico-químicas e sensoriais da bebida. Quando o mel é incorporado como adjunto, é fundamental controlar o momento e as condições de sua adição, de modo a assegurar sua adequada integração ao processo fermentativo e evitar interferências no desempenho das leveduras e na composição final da cerveja (Mendes-Ferreira *et al.*, 2010). A Figura 1 apresenta o esquema geral dessas etapas.

Antes da moagem, a cevada passa pelo processo de maltagem (maceração em água, germinação e secagem), que transforma o grão em malte e ativa enzimas essenciais para a conversão do amido em açúcares fermentescíveis. Em seguida, os maltes de trigo, Pilsen, Arome e Biscoit são moídos em moinhos de disco, rompendo a casca e expondo o amido interno, o que facilita a ação enzimática na etapa seguinte. A moagem aumenta a superfície de contato dos grãos, preservando parte da casca, essencial para a filtração do mosto (Venturini Filho, 2010).

Figura 1 – Etapas de produção de cerveja adicionada de mel



Fonte: Autor, 2026.



Após a moagem, os maltes são transferidos para o tanque de mosturação e misturados à água previamente aquecida, formando o mosto. O processo de mosturação é conduzido por meio de diferentes rampas de temperatura, que variam conforme o tipo de processo e as características desejadas na cerveja. Essas rampas são essenciais para a ativação sequencial das enzimas presentes no malte, responsáveis pela hidrólise dos carboidratos complexos, como os amidos, em açúcares mais simples fermentáveis, fundamentais para o desenvolvimento adequado da fermentação (Venturini Filho, 2010).

Na produção de cervejas adicionadas de mel, a mosturação pode ser conduzida com uma rampa inicial a 50 °C por 10 minutos, o que favorece a quebra de proteínas; em seguida 70 °C por 60 minutos, permitindo a conversão do amido em açúcares fermentescíveis; e, por fim, 75 °C por 10 minutos no *mash-out*, etapa que inativa as enzimas e estabiliza o mosto para a etapa seguinte (Parés Viader *et al.*, 2021).

O mosto resultante da mosturação passa pela filtração no próprio tanque, que deve ser equipado com fundo falso. Nessa etapa, as cascas do malte atuam como barreira natural, separando o líquido (mosto primário) da parte sólida (bagaço). Para recuperar os açúcares ainda presentes no bagaço, realiza-se a lavagem com água a 80 °C, conhecida como filtração secundária, aumentando o rendimento do processo (Venturini Filho, 2010).

A etapa posterior refere-se à fervura do mosto clarificado a 100 °C por 60 minutos (etapa de brassagem). No início da fervura, adiciona-se o lúpulo, responsável pelo amargor, aroma e pela conservação da bebida. Essa etapa também esteriliza o mosto e promove a evaporação de compostos indesejáveis. Ao final, o mosto deve ser resfriado rapidamente a 30 °C com auxílio de um *chiller*. Em seguida, aplica-se a técnica de *whirlpool*, que consiste em agitar o mosto em movimento circular, formando um vórtice que facilita a decantação dos resíduos sólidos (*trub*) (Venturini Filho, 2010).

Após a clarificação, a fermentação alcoólica é conduzida em fermentador mediante a adição das leveduras. O processo ocorre em duas fases: nos primeiros quatro dias, a temperatura



é mantida a 17 °C, e, nos sete dias seguintes, é elevada para 19 °C, totalizando 11 dias de fermentação. Embora o mel possa ser incorporado em diferentes etapas do processamento, recomenda-se sua adição no quarto dia de fermentação, favorecendo o desenvolvimento de aromas e sabores característicos da bebida. Ao término da fermentação, com a estabilização dos sólidos solúveis, a cerveja é submetida à maturação por aproximadamente 15 dias a 2 °C, etapa essencial para o refinamento sensorial e a estabilização físico-química da bebida (Venturini Filho, 2010).

Concluída a maturação, a cerveja é transferida do fermentador para recipientes higienizados por *trasfega*, removendo as leveduras sedimentadas. A carbonatação pode ser feita por *Priming*, com adição de açúcar invertido para fermentação secundária, ou por carbonatação forçada, com injeção direta de gás carbônico (CO₂). Em cervejas artesanais, o *Priming* é comum pela simplicidade, embora a carbonatação forçada seja mais eficiente e ofereça maior controle sobre o volume de gás e o perfil sensorial. Após essa etapa, a cerveja é envasada em garrafas de vidro âmbar, com tampas metálicas tipo coroa, e armazenada em local fresco, seco e ao abrigo da luz. Recomenda-se a refrigeração entre 4 e 8 °C para manter a estabilidade e a qualidade da bebida; contudo, cervejas pasteurizadas podem ser armazenadas em temperatura ambiente, devido à maior estabilidade microbiológica (Venturini Filho, 2010).

4 Pontos de inserção do mel durante o processamento da cerveja

A incorporação do mel na produção de cerveja representa uma prática cada vez mais explorada por seu potencial em modificar o perfil sensorial, químico e funcional da bebida. Dependendo da etapa em que é adicionado, o mel pode influenciar diretamente a fermentação, o desenvolvimento de aromas e sabores, e a composição final da cerveja. Essa escolha é determinante, pois cada fase do processo (mosturação, fervura, fermentação e maturação) oferece condições diferentes que



afetam a preservação de compostos voláteis, a assimilação de açúcares e a estabilidade dos compostos bioativos (Bakytzhan *et al.*, 2025).

Durante a mosturação, quando os maltes moídos são misturados à água quente, a adição do mel eleva a densidade inicial de açúcares do mosto, podendo aumentar o teor alcoólico final. Esses açúcares são altamente fermentescíveis, o que pode reduzir o corpo residual da cerveja, resultando em uma percepção sensorial mais leve. Contudo, parte dos compostos voláteis responsáveis pelo aroma característico do mel pode ser perdida devido às elevadas temperaturas dessa etapa (Da Silva *et al.*, 2016).

Quando incorporado durante a fervura, o mel contribui para a segurança microbiológica do mosto, uma vez que as temperaturas superiores a 100 °C promovem a esterilização e eliminam microrganismos contaminantes. Essa prática é comum em microcervejarias e em plantas industriais. No entanto, o intenso aquecimento pode volatilizar compostos aromáticos, reduzindo a expressão das notas florais e frutadas na cerveja (Craft Beer Professionals, 2021).

A adição durante a fermentação fornece açúcares prontamente assimiláveis pelas leveduras, intensificando a produção de metabólitos secundários, como álcoois superiores, ésteres e ácidos orgânicos. Esses compostos aumentam a complexidade sensorial da cerveja, preservando melhor as características específicas do mel, que variam conforme sua origem floral. A acidez natural do mel, principalmente decorrente do ácido glucônico, auxilia no equilíbrio gustativo, suavizando o amargor do lúpulo e realçando notas florais em estilos como IPAs (Beersmith, 2009; Craft Beer Professionals, 2021).

Durante a maturação, a adição do mel contribui para a preservação de compostos voláteis que poderiam ser degradados em etapas anteriores, mantendo notas florais, frutadas e herbais, e proporcionando frescor aromático prolongado. Nessa fase, o mel também pode atuar como fonte de açúcares para carbonatação natural, favorecendo a formação de uma espuma mais estável (Kubbutat, Leitão e Kulozik, 2021).

Do ponto de vista químico, o mel altera o perfil de açúcares fermentáveis do mosto, geralmente elevando o teor alcoólico



e reduzindo o corpo residual. Seus pigmentos e compostos fenólicos interagem com proteínas do malte e polifenóis do lúpulo, podendo modificar a cor, a turbidez e a estabilidade coloidal da cerveja. Além disso, os flavonoides e ácidos fenólicos presentes no mel conferem atividade antioxidante, embora parte desses compostos seja sensível ao calor e possa se degradar durante etapas de aquecimento intenso (Chitarrini *et al.*, 2020).

5 Méis do Sertão Paraibano utilizados na produção de cerveja

A avaliação da qualidade química, bioativa e sensorial das cervejas elaboradas com méis do Sertão Paraibano foi realizada a partir de amostras fornecidas por apicultores locais, em parceria com a Cooperativa de Apicultores de Catolé do Rocha (COOAPIL). Os tipos de mel utilizados no processo produtivo estão apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Méis e cervejas adicionadas de mel do Sertão Paraibano



Fonte: Autor, 2026.

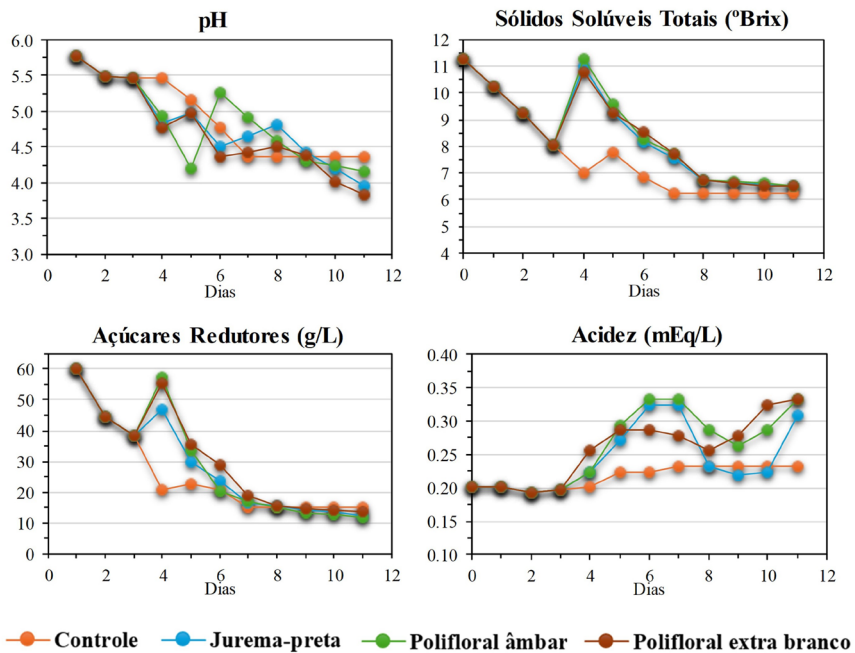
Foram empregados três tipos de mel: monofloral de jurema-preta, polifloral de coloração extrabranca e polifloral de coloração âmbar. A identificação da origem floral foi confirmada por análise laboratorial, utilizando técnicas de microscopia melissopalínológica, o que garantiu a caracterização botânica precisa das matérias-primas empregadas.



6 Alterações fermentativas

A incorporação do mel na formulação de cervejas artesanais influencia diretamente suas características físico-químicas, variando conforme a composição e a origem floral dos méis utilizados. Durante a fermentação, parâmetros como pH, acidez, sólidos solúveis totais (SST) e açúcares redutores totais (ART) apresentam alterações significativas, refletindo a atividade metabólica das leveduras e a assimilação dos açúcares do mel. A Figura 3 ilustra essas variações ao longo do processo fermentativo. O monitoramento desses parâmetros é fundamental para compreender como o tipo de mel afeta a dinâmica da fermentação e os resultados finais da cerveja.

Figura 3 – Alterações físico-químicas durante a fermentação



Fonte: Autor, 2026.

Entre as formulações com adição de mel, a cerveja elaborada com mel polifloral âmbar destacou-se por apresentar o maior valor de pH. Um pH ligeiramente mais elevado tende a suavizar a acidez, conferir maior maciez ao corpo e potencializar



o dulçor residual proveniente do mel, além de favorecer a extração de compostos fenólicos e aromáticos, contribuindo para a atividade antioxidante e um perfil sensorial (Li *et al.*, 2024). A presença de sais minerais e ácidos orgânicos naturais no mel auxilia na manutenção da estabilidade do pH, resultando em uma bebida mais equilibrada e estável. Por outro lado, a cerveja elaborada com mel polifloral extrabranco apresentou o menor valor de pH ao final da fermentação, o que contribui para maior estabilidade microbiana, protegendo a bebida contra contaminações indesejadas durante a fermentação e o armazenamento (Çobo *et al.*, 2023).

O teor de sólidos solúveis totais (SST), expresso em °Brix, constitui um parâmetro essencial para o monitoramento da fermentação. Sua medição permite avaliar de forma rápida e indireta o consumo de açúcares pelas leveduras e identificar o ponto de término do processo, indicado pela estabilização do valor de SST (Vitorino Junior *et al.*, 2024). Nas formulações com adição de mel, o processo fermentativo teve início em 11 °Brix, seguido de redução progressiva. A adição do mel no quarto dia de fermentação elevou novamente o SST para 11 °Brix. Ao final da fermentação, todas as amostras apresentaram valores próximos, em torno de 6,5 °Brix, enquanto a formulação controle registrou 6,2 °Brix. A diferença indica que parte dos açúcares provenientes do mel, assim como outros sólidos residuais, como proteínas e minerais, permaneceu na bebida, contribuindo para um corpo mais encorpado e um dulçor perceptível (Sganzerla *et al.*, 2022).

Os açúcares redutores totais (ART) apresentaram redução constante ao longo da fermentação. No quarto dia, com a adição do mel, observou-se que o mel de jurema-preta resultou em menor teor de açúcares, embora os sólidos solúveis totais permanecessem semelhantes aos das demais amostras adicionadas de mel nesse mesmo período. Essa diferença sugere que esse mel contém outros compostos solúveis além de açúcares, como minerais, proteínas, pigmentos e compostos fenólicos, capazes de influenciar a dinâmica fermentativa. Esse efeito também se reflete no parâmetro de acidez, uma vez que a produção de ácidos orgânicos, considerados metabólitos



fermentativos, apresentou alta variabilidade entre as amostras durante o processo (Montanari *et al.*, 1999).

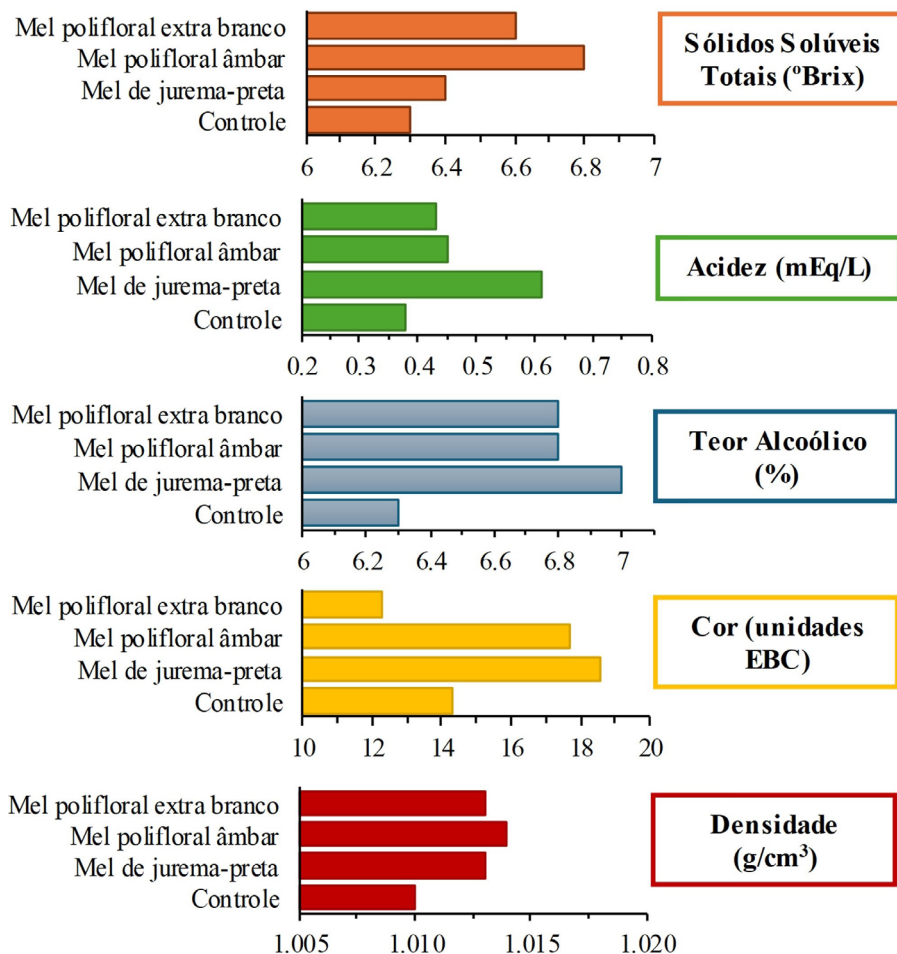
A acidez titulável aumentou progressivamente ao longo da fermentação, sendo que as formulações com méis poliflorais apresentaram os maiores teores de acidez, possivelmente associados à maior disponibilidade de compostos que favorecem a produção de ácidos orgânicos secundários. A amostra-controle apresentou o menor teor de acidez, indicando que a adição de mel potencializa vias metabólicas da levedura e, conseqüentemente, sua atividade fermentativa (Viana *et al.*, 2021). Esses resultados evidenciam que a origem floral do mel exerce influência direta sobre as rotas metabólicas das leveduras durante a fermentação, refletindo-se nos parâmetros físico-químicos da bebida e ressaltando a importância da seleção adequada da origem floral no processo fermentativo.

7 Características físico-químicas

O processo de maturação e a gaseificação natural promovem alterações físico-químicas significativas na cerveja elaborada com mel. O método artesanal de *Priming*, em especial, favorece a continuidade da fermentação no interior das garrafas, resultando na formação natural de dióxido de carbono. Ao término dessa etapa, as formulações apresentaram variações marcantes em parâmetros como sólidos solúveis totais, acidez, teor alcoólico, cor e densidade final, fatores determinantes para a qualidade química e sensorial da cerveja (Bayoí e Etoa, 2023). Os resultados desses parâmetros estão expressos na Figura 4.



Figura 4 – Características das cervejas elaborados com diferentes méis do Sertão Paraibano



Fonte: Autor, 2026.

A adição de mel aumentou o teor alcoólico das cervejas em relação à amostra-controle (6,3%). O mel de jurema-preta resultou na bebida com maior concentração de etanol (7,0%), enquanto os méis poliflorais, independentemente da coloração, apresentaram valores próximos (6,8%). Esse incremento está associado à maior disponibilidade de açúcares fermentescíveis provenientes do mel, que intensificam a produção de etanol e outros metabólitos primários durante a fermentação. A maior eficiência alcoólica observada na cerveja elaborada com mel de jurema-preta sugere que sua composição nutricional favorece a



atividade fermentativa das leveduras e a ativação da via etanoica, resultando em uma conversão mais eficiente dos açúcares em álcool (Mendes Ferreira *et al.*, 2010).

O teor de sólidos solúveis totais (SST) na bebida final variou de 6,3 °Brix na amostra-controle a 6,8 °Brix na cerveja elaborada com mel polifloral âmbar. Durante o processo de envase, a adição do *Priming* (açúcar) eleva temporariamente o teor de SST; contudo, ao longo da maturação, esse excedente é convertido em dióxido de carbono pela ação residual das leveduras. Nesse contexto, o maior teor de SST observado na cerveja com mel polifloral âmbar sugere menor eficiência na conversão dos açúcares em CO₂, indicando possível redução na eficiência da gaseificação natural. Esse resultado evidencia que o tipo de mel utilizado pode influenciar diretamente o processo de carbonatação, devendo ser considerado um critério relevante na escolha da matéria-prima, especialmente quando há necessidade de complementar a gaseificação por meio de carbonatação forçada (Kordialik-Bogacka, 2022).

A densidade das cervejas representa a relação entre a massa de sólidos dissolvidos e o volume da solução, sendo um parâmetro essencial para avaliar o grau de fermentação e a composição final da bebida (Resa, Elvira, Espinosa, 2004). A formulação elaborada com mel polifloral âmbar apresentou a maior densidade final (1,014 g/cm³), indicando maior concentração de açúcares residuais e compostos não fermentáveis, que contribuem para um maior corpo e viscosidade. Em contraste, as amostras-controle e com mel de jurema-preta exibiram menores valores de densidade final, refletindo uma fermentação mais completa e resultando em uma cerveja de corpo mais leve e menor densidade sensorial.

O processo de maturação também promoveu alterações na formação de ácidos orgânicos, influenciando diretamente a acidez das cervejas finais. A amostra elaborada com mel de jurema-preta apresentou o maior teor de acidez titulável (61 mEq/L), resultado atribuído à maior concentração natural de ácido málico presente nesse tipo de mel. Em contraste, a amostra-controle apresentou o menor valor (40 mEq/L), evidenciando que a adição de mel contribui significativamente para o aumento



da produção de metabólitos orgânicos durante a fermentação. Além do ácido málico, outros ácidos, como o acético, o cítrico e o succínico são formados pela atividade metabólica das leveduras, desempenhando papel essencial na composição do sabor, do aroma e do perfil sensorial da bebida (Bressani *et al.*, 2020).

O sistema de cor EBC (European Brewery Convention), de origem europeia, é amplamente utilizado pela indústria cervejeira para quantificar a coloração das bebidas. Valores baixos de EBC (3–10 unidades) correspondem a cervejas claras, como as do tipo *Pilsen*, enquanto valores intermediários (11–40 unidades) indicam tons de dourado a âmbar, e valores altos (acima de 40 unidades) caracterizam cervejas escuras. A adição de mel polifloral extrabranco resultou no menor valor de cor (12,3 unidades), enquanto os méis de jurema-preta e polifloral âmbar conferiram tons mais intensos, com 18,6 e 17,7 unidades, respectivamente. Esses resultados demonstram que a coloração do mel utilizado influencia diretamente a tonalidade final da cerveja, principalmente devido à presença de compostos fenólicos e flavonoides, que intensificam os matizes dourados e âmbar característicos da bebida (Becerril Sánchez *et al.*, 2021).

8 Propriedades bioativas

A incorporação do mel na produção de cervejas representa não apenas uma modificação tecnológica e sensorial, mas também uma estratégia de enriquecimento funcional, devido à introdução de compostos fenólicos característicos da origem floral. Esses compostos, amplamente presentes em produtos apícolas, possuem reconhecida capacidade antioxidante e ação moduladora de processos biológicos, contribuindo para o equilíbrio redox e a proteção celular contra danos oxidativos (Becerril-Sánchez *et al.*, 2021). Entre os principais grupos encontram-se ácidos fenólicos, taninos e flavonoides, associados à prevenção de doenças crônicas relacionadas ao estresse oxidativo (Ayoub *et al.*, 2023).

Durante o processo de fermentação, os compostos fenólicos do mel interagem com os provenientes do malte



e do lúpulo, originando uma matriz química complexa e sinérgica. Méis de coloração mais escura, como os de jurema-preta e polifloral âmbar, destacaram-se por promover maior enriquecimento fenólico nas cervejas, especialmente no teor de taninos, compostos com reconhecida atividade anti-inflamatória e capacidade de modular enzimas e citocinas do sistema imunológico, o que contribui para a redução de processos inflamatórios (Cosme *et al.*, 2025).

Além disso, a composição fenólica dos méis varia amplamente conforme a origem botânica e as condições ambientais das floradas exploradas pelas abelhas durante o forrageamento. Essa diversidade floral é determinante para o perfil bioquímico e funcional dos méis, refletindo-se diretamente na atividade antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória das cervejas produzidas com sua adição (Vazquez-Cervantes *et al.*, 2021).

Nesse contexto, o mel de jurema-preta destacou-se pelo aumento dos níveis de ácido vanílico, um composto de reconhecida atividade antimicrobiana, anti-inflamatória e anticancerígena (Venkidasamy *et al.*, 2024). Já os méis poliflorais proporcionaram maiores teores de ácido 4-hidroxibenzoico, epicatequina e ácido caftárico, associados a efeitos neuroprotetores, cardioprotetores, hepatoprotetores e anti-inflamatórios (Rojas-García *et al.*, 2023). Entre os compostos identificados, o ácido gálico apresentou predominância quantitativa em todas as formulações, inclusive na amostra-controle, possivelmente por também ser derivado do malte e do lúpulo, ingredientes tradicionalmente ricos nesse ácido fenólico (Chorbadzhiev, Gerginova e Simova, 2025).

Outro aspecto relevante nas cervejas elaboradas com mel é a elevada capacidade antioxidante, que corresponde à habilidade das moléculas presentes na bebida de neutralizar radicais livres responsáveis por danos celulares e envelhecimento precoce. Esse efeito foi evidenciado pela diferença significativa entre as cervejas com mel e a amostra-controle, sendo até seis vezes superior nas formulações com mel. Essa atividade antioxidante está diretamente relacionada à presença de compostos fenólicos, que atuam como doadores de elétrons na neutralização dos radicais livres. Méis mais escuros, como os



de jurema-preta e polifloral escuro, apresentam naturalmente maiores teores desses compostos, resultando em maior capacidade antioxidante total (Becerril-Sánchez *et al.*, 2021).

O incremento de compostos fenólicos com atividade funcional, resultante da adição de mel, contribui também para a maior estabilidade e vida útil da cerveja. Esses compostos, além dos efeitos benéficos à saúde, atuam como agentes antioxidantes na matriz alimentar, retardando reações oxidativas e preservando características sensoriais como cor, aroma e sabor por um período mais prolongado (Pasquet *et al.*, 2024).

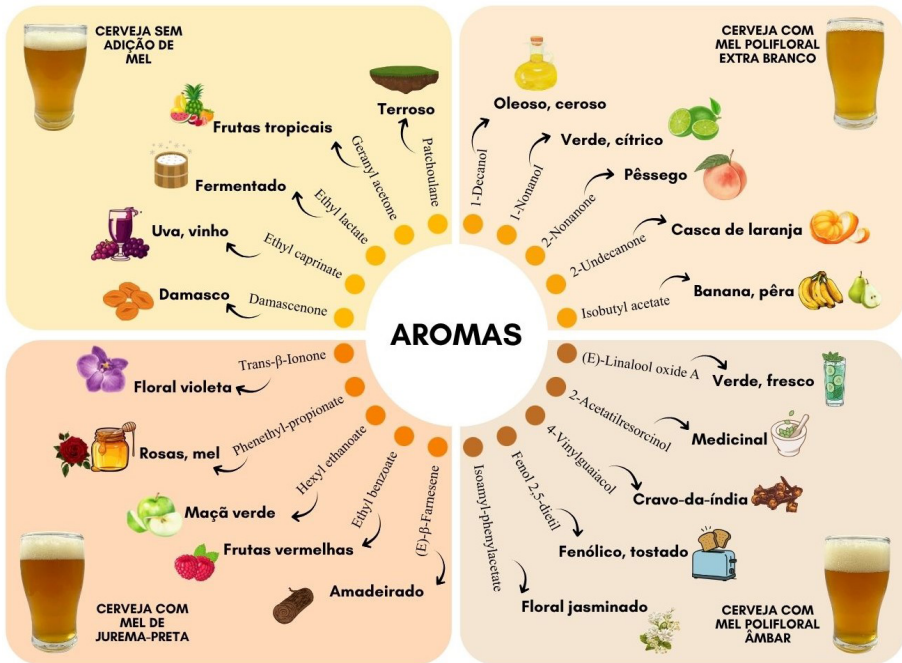
Dessa forma, o uso de méis de diferentes origens florais na formulação de cervejas contribui para a obtenção de bebidas com perfil bioativo ampliado, integrando atributos funcionais e sensoriais. A presença desses compostos fenólicos não apenas melhora a estabilidade química e a resistência à oxidação, mas também confere à cerveja um potencial benefício fisiológico, pois o consumo moderado está relacionado à proteção cardiovascular, à redução do estresse oxidativo e ao suporte à saúde celular (Arranz *et al.*, 2012; Osorio-Paz, Brunauer e Alavez, 2020).

9 Perfil aromático

A qualidade aromática é um dos principais atributos que determinam a identidade, a aceitação e o valor de mercado das cervejas artesanais. A variação dos aromas e compostos voláteis de acordo com o tipo de mel incorporado representa uma importante estratégia de diferenciação sensorial e comercial, permitindo o desenvolvimento de produtos com diferentes perfis e atrativos ao consumidor. A compreensão dessas variações é, portanto, fundamental para aprimorar padrões de qualidade e direcionar o uso de méis específicos conforme o perfil sensorial desejado (Da Silva *et al.*, 2016). As variações aromáticas das cervejas elaboradas com méis do Sertão Paraibano estão ilustradas na Figura 5.



Figura 5 – Compostos aromáticos das cervejas elaboradas com méis do Sertão Paraibano



Fonte: Autor, 2026.

Nas amostras analisadas, a cerveja-controle apresentou aromas mais simples e fermentativos, com destaque para notas de vinho e terrosas, características típicas de fermentações sem adjuntos açucarados. Já a cerveja elaborada com mel de jurema-preta exibiu perfil mais complexo e elegante, com notas florais, de maçã-verde, mel, madeira e frutas vermelhas, resultando em uma bebida de maior riqueza aromática.

A adição de mel polifloral extrabranco conferiu um conjunto de aromas oleosos e frutados, com nuances de pêssego, cítricos (especialmente laranja), banana e pera, associados a compostos ésteres e aldeídos leves. Por sua vez, a cerveja com mel polifloral âmbar destacou-se por aromas mais intensos e específicos, incluindo notas verdes, medicinais, de cravo-da-índia, tostado e floral, sugerindo a presença de compostos fenólicos e voláteis de maior peso molecular, típicos de méis de coloração mais escura (Becerril-Sánchez et al., 2021).



10 Estabilidade de espuma e corpo

A estabilidade da espuma e o corpo da cerveja são atributos sensoriais fundamentais que influenciam diretamente a percepção de qualidade e a experiência de consumo. Uma espuma consistente e duradoura não apenas confere apelo visual, mas também contribui para a liberação gradual de aromas, potencializando a percepção olfativa da bebida (Nyarko *et al.*, 2021). Da mesma forma, o corpo, determinado pelo teor de sólidos solúveis e compostos não fermentáveis, proporciona sensação tátil encorpada na boca, equilibrando dulçor, amargor e carbonatação, e conferindo à cerveja uma experiência mais completa (Grieco *et al.*, 2024). Dessa forma, o controle desses parâmetros é essencial para o desenvolvimento de produtos com identidade sensorial e maior aceitação no mercado (Cela *et al.*, 2023).

A estabilidade da espuma foi significativamente influenciada pelo tipo de mel adicionado. As cervejas elaboradas com méis escuros, como jurema-preta e polifloral âmbar, apresentaram formação mais consistente e maior persistência da espuma em comparação com a cerveja padrão, enquanto a adição de mel polifloral extra-branco resultou em menor estabilidade. Esse efeito está relacionado à composição química dos méis escuros, ricos em proteínas solúveis, polifenóis e outros compostos bioativos, que interagem com os constituintes do malte, formando complexos capazes de reter o gás carbônico por mais tempo (Cianciosi *et al.*, 2018).

Além disso, a adição de mel contribuiu para o aumento do teor de sólidos solúveis totais (SST), que desempenha papel central na sensação de corpo da cerveja. Esse maior teor de SST, especialmente observado na formulação com mel polifloral âmbar, proporciona uma textura mais encorpada, intensificando a percepção tátil na boca (*mouthfeel*) e equilibrando o dulçor residual da bebida (Wolinska-Kennard *et al.*, 2025).

11 Conclusão e perspectivas futuras

A indústria cervejeira permanece em constante evolução, buscando inovação tanto nos processos quanto nos



produtos finais. A incorporação de novos adjuntos, como os méis da Caatinga paraibana, permite a criação de bebidas com perfis sensoriais diferenciados, preservando as características tradicionais da cerveja. Esses méis, marcados pela diversidade de floradas e pelas condições únicas do semiárido, conferem à bebida aromas distintos, notas florais e frutadas e maior riqueza sensorial, ao mesmo tempo que promovem incremento bioativo, com presença de compostos fenólicos, flavonoides e ácidos orgânicos que oferecem efeitos antioxidantes e potenciais benefícios à saúde.

Além do valor sensorial e funcional, a utilização desses méis possui relevância econômica e social, ao gerar oportunidades de valorização de produtos locais, apoiar a apicultura regional e fortalecer a cadeia produtiva sustentável no Semiárido. Dessa forma, a adição de méis da Caatinga não apenas contribui para a qualidade química e sensorial da cerveja, mas também agrega identidade regional, sustentabilidade e benefícios socioeconômicos, tornando-se uma estratégia integrada de inovação e valorização do patrimônio natural e cultural local.

Perspectivas futuras apontam para o avanço de estudos que explorem a interação entre diferentes tipos de méis e cepas de leveduras cervejeiras, visando compreender como esses ingredientes influenciam o perfil aromático, a composição química e o valor funcional das cervejas. Além disso, a pesquisa pode se expandir para o uso de outros ingredientes naturais, como frutas, ervas e especiarias regionais, em sinergia com o mel, promovendo bebidas com maior complexidade sensorial e apelo funcional. O desenvolvimento de cervejas artesanais bioativas e sustentáveis representa, portanto, uma fronteira promissora para a inovação tecnológica e o fortalecimento da economia criativa vinculada à biodiversidade brasileira.

Referências

ARRANZ, S. *et al.* Wine, beer, alcohol and polyphenols on cardiovascular disease and cancer. **Nutrients**, v. 4, n. 7, p. 759-781, 2012.



AYOUB, W. S. *et al.* Exploiting the polyphenolic potential of honey in the prevention of chronic diseases. **Food Chemistry Advances**, v. 3, p. 100373, 2023.

BAIANO, A. Craft beer: An overview. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 20, n. 2, p. 1829-1856, 2021.

BAKYTZHAN, D. *et al.* Effects of different wheat malt on beer characteristics, including amino acids, gamma aminobutyric acid, biogenic amines, and volatile compounds. **Applied Food Research**, p. 101203, 2025.

BAYOÏ, J. R.; ETOA, F. Changes in physicochemical properties, microbiological quality and safety status of pasteurized traditional sorghum “mpedli” beer supplemented with bitter leaf (*Vernonia amygdalina*) aqueous extract during a month-storage at room temperature. **Applied Food Research**, v. 3, n. 1, p. 100278, 2023.

BECERRIL-SÁNCHEZ, A. L. *et al.* Phenolic compounds in honey and their relationship with antioxidant activity, botanical origin, and color. **Antioxidants**, v. 10, n. 11, p. 1700, 2021.

BEERSMITH. *Brewing beer with honey*. 5 set. 2009. Disponível em: <https://beersmith.com/blog/2009/09/05/brewing-beer-with-honey/>. Acesso em: 31 ago. 2025.

BRESSANI, A. P. P. *et al.* Organic acids produced during fermentation and sensory perception in specialty coffee using yeast starter culture. **Food Research International**, v. 128, p. 108773, 2020.

BRIGGS, D. E. *et al.* **Brewing: science and practice**. Elsevier, 2004.

CADENAS, R. *et al.* Brewing with starchy adjuncts: Its influence on the sensory and nutritional properties of beer. **Foods**, v. 10, n. 8, p. 1726, 2021.

CELA, N. *et al.* Development of gluten-free craft beer: Impact of brewing process on quality attributes and consumer expectations for sensory properties. **Journal of Food Science**, v. 88, n. 12, p. 5203-5215, 2023.

CHITARRINI, G. *et al.* Volatile profile of mead fermenting blossom honey and honeydew honey with or without *Ribes nigrum*. **Molecules**, v. 25, n. 8, p. 1818, 2020.

CHORBADZHIEV, P.; GERGINOVA, D.; SIMOVA, S. Weiss or wit: chemical profiling of wheat beers via NMR-based metabolomics. **Foods**, v. 14, n. 9, p. 1621, 2025.



CIANCIOSI, D. *et al.* Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A review. **Molecules**, v. 23, n. 9, p. 2322, 2018.

ÇOBO, M. *et al.* Survival of foodborne pathogens in low and nonalcoholic craft beer. **Journal of food protection**, v. 86, n. 12, p. 100183, 2023.

COSME, F. *et al.* A comprehensive review of bioactive tannins in foods and beverages: functional properties, health benefits, and sensory qualities. **Molecules**, v. 30, n. 4, p. 800, 2025.

CRAFT BEER PROFESSIONALS. Crafting complex beer recipes with honey. 2021. Disponível em: <https://craftbeerprofessionals.org/news/crafting-complex-beer-recipes-with-honey/>. Acesso em: 31 ago. 2025.

DA SILVA, P. M. *et al.* Honey: Chemical composition, stability and authenticity. **Food chemistry**, v. 196, p. 309-323, 2016.

DA SILVA, R. A. *et al.* Caracterização da flora apícola do semi-árido da Paraíba. **Archivos de zootecnia**, v. 57, n. 220, p. 427-438, 2008.

DURÁN-SÁNCHEZ, A. *et al.* Analysis of worldwide research on craft beer. **Sage Open**, v. 12, n. 2, p. 21582440221108154, 2022.

GRIBKOVA, I. N. *et al.* The phenolic compounds' role in beer from various adjuncts. **Molecules**, v. 28, n. 5, p. 2295, 2023.

GRIECO, F. *et al.* Optimisation of quality features of new wheat beers fermented through sequential inoculation of non-*Saccharomyces* and *Saccharomyces* yeasts. **Heliyon**, v. 10, n. 18, 2024.

IORIZZO, M. *et al.* Potential for lager beer production from *saccharomyces cerevisiae* strains isolated from the vineyard environment. **Processes** 9: 1628 [em linha]. 2021.

KORDIALIK-BOGACKA, E. Biopreservation of beer: Potential and constraints. **Biotechnology Advances**, v. 58, p. 107910, 2022.

KUBBUTAT, P.; LEITÃO, L.; KULOZIK, U. Stability of foams in vacuum drying processes. Effects of interactions between sugars, proteins, and surfactants on foam stability and dried foam properties. **Foods**, v. 10, n. 8, p. 1876, 2021.

KUNZE, W. Brewing malting. **Vib, Berlin**, p. 18-152, 2004.

KUŚ, P. M. *et al.* Antioxidant activity, color characteristics, total phenol content and general HPLC fingerprints of six Polish unifloral honey types. **LWT-Food Science and Technology**, v. 55, n. 1, p. 124-130, 2014.



LI, X. *et al.* Comparative Study on Protein Composition and Foam Characteristics of Barley and Wheat Beer. **Foods**, v. 13, n. 21, p. 3400, 2024.

MENDES-FERREIRA, A. *et al.* Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. **International journal of food microbiology**, v. 144, n. 1, p. 193-198, 2010.

MONTANARI, L. *et al.* Organic and phenolic acids in beer. **LWT-Food Science and Technology**, v. 32, n. 8, p. 535-539, 1999.

MUTLU, C. *et al.* Bioactivity of honey: phenolic composition, antioxidant trends and carcinoma cell lines effects through digestion. **Food Research International**, p. 116603, 2025.

NYARKO, E. K. *et al.* Determination of foam stability in lager beers using digital image analysis of images obtained using RGB and 3D cameras. **Fermentation**, v. 7, n. 2, p. 46, 2021.

OSORIO-PAZ, I.; BRUNAUER, R.; ALAVEZ, S. Beer and its non-alcoholic compounds in health and disease. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 60, n. 20, p. 3492-3505, 2020.

PARÉS VIADER, R. *et al.* Optimization of beer brewing by monitoring -amylase and -amylase activities during mashing. **Beverages**, v. 7, n. 1, p. 13, 2021.

PASQUET, P. L. *et al.* Stability and preservation of phenolic compounds and related antioxidant capacity from agro-food matrix: Effect of pH and atmosphere. **Food Bioscience**, v. 57, p. 103586, 2024.

PEREIRA, A. P. *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.

PIAZZON, A. *et al.* Phenolic profile and antioxidant properties of beers supplemented with honey. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 15, p. 4218–4227, 2020.

RESA, P.; ELVIRA, L.; DE ESPINOSA, F. M. Concentration control in alcoholic fermentation processes from ultrasonic velocity measurements. **Food Research International**, v. 37, n. 6, p. 587-594, 2004.

ROJAS-GARCÍA, A. *et al.* Neuroprotective effects of agri-food by-products rich in phenolic compounds. **Nutrients**, v. 15, n. 2, p. 449, 2023.



SANTOS, P. C. *et al.* Pollen spectrum of honey of *Apis mellifera* L. and stingless bees (Hymenoptera: Apidae) from the semi-arid region of Bahia State, Brazil. *Grana*, v. 59, n. 5, p. 377-388, 2020.

SGANZERLA, W. G. *et al.* Recovery of sugars and amino acids from brewers' spent grains using subcritical water hydrolysis in a single and two sequential semi-continuous flow-through reactors. **Food Research International**, v. 157, p. 111470, 2022.

VAZQUEZ-CERVANTES, G. I. *et al.* Redox and anti-inflammatory properties from hop components in beer-related to neuroprotection. **Nutrients**, v. 13, n. 6, p. 2000, 2021.

VENKIDASAMY, B. *et al.* Vanillic acid nanocomposite: synthesis, characterization analysis, antimicrobial, and anticancer potentials. **Molecules**, v. 29, n. 13, p. 3098, 2024.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Blücher, 2010.

VIANA, A. C. *et al.* American pale Ale craft beer: Influence of brewer's yeast strains on the chemical composition and antioxidant capacity. **LWT**, v. 152, p. 112317, 2021.

VITORINO-JUNIOR, J. S. *et al.* Sugar consumption profiles in mead production using accessible control analysis. *Kuwait Journal of Science*, v. 51, n. 2, p. 100204, 2024.

WOLINSKA-KENNARD, K. *et al.* Mouthfeel of Food and Beverages: A Comprehensive Review of Physiology, Biochemistry, and Key Sensory Compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 24, n. 4, p. e70223, 2025.



GLOSSÁRIO

Ácidos fenólicos: compostos naturais com propriedades antioxidantes, derivados de plantas, e presentes no mel e em bebidas fermentadas.

Açúcares redutores: açúcares simples, como glicose e frutose.

Adsorção: processo físico-químico em que moléculas ficam retidas na superfície de um sólido.

Antioxidantes: substâncias que neutralizam radicais livres e reduzem o envelhecimento celular.

Atividade diastásica: medida da ação de enzimas no mel; avalia sua qualidade e frescor.

Atributos sensoriais: características percebidas pelos sentidos — cor, aroma, sabor e textura.

Bioadsorção: técnica biotecnológica para remoção ou captura de substâncias, usando organismos vivos ou seus derivados.

Bioativos (compostos): moléculas naturais (como fenólicos e flavonoides) que trazem benefícios à saúde.

Biossorção: processo de fixação de compostos orgânicos ou metais por materiais biológicos.

Caatinga: bioma exclusivamente brasileiro, predominante no Nordeste, caracterizado por vegetação adaptada à seca e alta biodiversidade apícola.

Cinzas: fração mineral obtida após a queima do mel, indicando teor de minerais.

Compostos fenólicos: grupo de substâncias vegetais antioxidantes, como ácidos fenólicos, flavonoides e taninos.



Cristalização: processo natural de solidificação do mel devido à formação de cristais de glicose.

Enzimas: proteínas que catalisam reações químicas, essenciais na fermentação e na qualidade do mel.

Estresse osmótico: condição causada por alta concentração de açúcares, que dificulta o metabolismo das leveduras.

Etanol: álcool resultante da fermentação de açúcares.

Fermentação acética: transformação do etanol em ácido acético (vinagre) por bactérias.

Fermentação alcoólica: processo biotecnológico em que leveduras convertem açúcares em etanol e CO₂.

Fermentação controlada: processo conduzido sob condições definidas de temperatura e nutrientes, garantindo qualidade.

Flavonoides: subgrupo dos compostos fenólicos; antioxidantes que protegem contra doenças inflamatórias e oxidativas.

Hidroximetilfurfural (HMF): composto formado pelo aquecimento excessivo do mel, usado como indicador de qualidade.

Leveduras: microrganismos responsáveis pela fermentação alcoólica.

Matéria-prima apícola: produtos derivados das abelhas, como mel, pólen e própolis.

Mosto: solução açucarada (mel + água) utilizada na produção de hidromel.

Nitrogênio: nutriente essencial para o metabolismo das leveduras e a eficiência da fermentação.

pH: medida da acidez ou alcalinidade do mel e das bebidas fermentadas.



Potencial bioativo: capacidade de um produto natural de exercer efeitos benéficos à saúde.

Recristalização: reorganização dos cristais do mel, conferindo textura mais cremosa e estável.

Sacarose aparente: açúcar não redutor presente no mel; altos teores indicam adulteração ou imaturidade.

Semiárido: região de clima quente e seco, com chuvas escassas e irregulares, onde se desenvolvem sistemas agrícolas e apícolas adaptados.

Sertão Paraibano: região localizada no interior da Paraíba, marcada pelo clima semiárido e a vegetação de Caatinga.

Taninos: compostos fenólicos adstringentes, antioxidantes e antimicrobianos presentes em méis escuros.

Umidade: quantidade de água presente nos alimentos; valores altos favorecem fermentação indesejada no mel.

Voláteis: substâncias químicas responsáveis pelos aromas e sabores característicos dos alimentos.



MINICURRÍCULO DOS AUTORES

DANIEL LUCAS CARNEIRO DOS SANTOS

Bacharel em Gastronomia pela Universidade Federal da Paraíba, com experiência nas áreas de gastronomia social, confeitaria, panificação e análise de alimentos.

E-mail: daniellucascarneiro@gmail.com

FABYAN LAÍS DO NASCIMENTO GUEDES

Graduada em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba (2020–2025), Campus I, com atuação em pesquisa e desenvolvimento na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Possui experiência em análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, além de participação em projetos de iniciação científica e extensão, com vivência consolidada em rotinas laboratoriais. Desenvolveu pesquisas voltadas à valorização de subprodutos de origem animal e à caracterização da identidade e qualidade de méis do Semiárido Paraibano, com domínio em técnicas instrumentais e interpretação de dados experimentais. Atualmente, é integrante do projeto de extensão “Soluções Práticas Aplicadas à Apicultura Paraibana: Disponibilidade Analítica e Treinamentos Especializados para Melhoria do Setor Apícola”, contribuindo de forma ativa em atividades de formação e apoio analítico, consolidando competências práticas e científicas no âmbito acadêmico e de pesquisa.

E-mail: fabyanlaisguedes@gmail.com



FLÁVIO LUIZ HONORATO DA SILVA

Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA/UFPB) e no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPGEQ/UFPB) e colaborador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA/UFCG). Coordenador do Brafitec (2020-2023).

E-mail: flavioluizh@yahoo.com.br

GIOVANNA RIBEIRO MENESES DOS SANTOS

Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba. Bacharela em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba. Atuou como bolsista de Iniciação Científica em projetos voltados à valorização dos méis produzidos por abelhas *Apis mellifera* e sem ferrão, com ênfase em seu potencial bioativo e nutracêutico. Participou de projetos de extensão voltados ao aproveitamento sustentável de descartes alcoólicos para a produção de saneantes e à promoção de ações educativas em sustentabilidade. Desenvolve atividades nas áreas de Ciência e Tecnologia de Alimentos, produtos apícolas, compostos bioativos e inovação em alimentos funcionais.

E-mail: giovannaribeiro-meneses@hotmail.com

ISABEL PEREIRA DE CARVALHO

Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Cursando o mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos no Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), no qual realiza sua pesquisa com diferentes tipos de mel como adjunto cervejeiro.

E-mail: isabelpereira5@hotmail.com



JONNATAS EVARISTO DOS SANTOS

Graduado em Produção Sucoalcooleira pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) (2016-2021). Mestre em Engenharia Química pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPGEQ/UFPB) (2023–2024), com pesquisa voltada à produção de hidromel em reatores de células livres e aplicação de ferramentas estatísticas para otimização de processos fermentativos. Atualmente cursa graduação em Matemática e pós-graduação em Neuropsicopedagogia pela Uniplena.

E-mail: johnevrs@gmail.com

LARISSA RAPHAELA GONÇALVES DE FARIAS FEITOSA

Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PPGCTA da Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela UFPB (2012). Especialização em Panificação e Confeitaria (2017) pela Faculdade Internacional da Paraíba - FPB e Graduação em Engenharia de Alimentos (2009) pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB. É técnica de laboratório, área de alimentos – Laboratório de Apoio, Departamento de Engenharia de Alimentos, Centro de Tecnologia (DEA – UFPB).

E-mail: larissargfarias@gmail.com

LEILA MOREIRA DE CARVALHO

Bacharel em Engenharia de Alimentos, Mestre e Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) com período de doutorado Sanduíche na Universidad de Extremadura, Cáceres, Espanha (2018). Possui experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase na área de Produtos de Origem Animal, atuando principalmente no estudo de anormalidades e miopatias em carnes de aves e oxidação lipídica e proteica.

E-mail: leilamdc@yahoo.com.br



LÍVIA DUARTE DE MEDEIROS

Lívia Duarte de Dedeiros é bacharela em Engenharia de Alimentos (2023) e mestra em Ciência e Tecnologia de Alimentos (2025) pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Desenvolveu pesquisas voltadas ao estudo de bebidas fermentadas, com ênfase na produção e caracterização de hidromel elaborado com leveduras autóctones isoladas de engenhos de cachaça. Durante a graduação, atuou como monitora bolsista na disciplina Laboratório de Microbiologia de Alimentos por dois períodos consecutivos e realizou estágio no mesmo laboratório, aprofundando seus conhecimentos em microbiologia aplicada à tecnologia de alimentos e processos fermentativos.

E-mail: liviad877@gmail.com

MARCELO BARBOSA MUNIZ

Professor efetivo do Departamento de Engenharia de Alimentos da UFPB Campus I. Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba, Mestrado em Engenharia Agrícola e Doutorado em Engenharia de Processos pela UFCG. Pós-doutor em Engenharia de Processos na UFCG (Programa Nacional de Pós Doutorado (PNPD/CAPES)). Atua nas seguintes linhas de pesquisa: Bioengenharia, Biotecnologia de Alimentos, Processos Bioquímicos, Aproveitamento de Alimentos. Atualmente, leciona as disciplinas de Engenharia Bioquímica e Laboratório de Engenharia Bioquímica para alunos de graduação do Curso de Engenharia de Alimentos; é professor da Pós do PPGCTA/UFPB/CT; e leciona a disciplina de Tecnologia das Fermentações e Processos Biotecnológicos. É também coordenador e vice-coordenador de projetos de extensão e pesquisa PROBEX e PIBIC, membro do NDE do curso de Eng. de Alimentos e do Comitê de Ética do CCS da UFPB; pertence ao DEA/CT da UFPB/Campus I João Pessoa.

E-mail: mbmmuniz@yahoo.com



MARTA SUELY MADRUGA

Professora Titular do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq (nível PQ-1B). Graduada em Engenharia de Alimentos (UFPB), possui Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFPB), Mestrado em Food Quality Assurance e Doutorado em Ciência de Alimentos pela University of Reading (Inglaterra). Atuou como Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA/UFPB), do Laboratório de Análise Química de Alimentos (LAQA) e do Laboratório de Análise de Flavour (LAF). Foi membro do Comitê de Avaliação da área de Ciência de Alimentos na CAPES e atua como consultora *ad hoc* de periódicos científicos e agências de fomento. Desenvolve pesquisas nas áreas de Química e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em compostos de aroma, qualidade de produtos de origem animal e caracterização química de alimentos como carne, mel e derivados.

E-mail: msmadruga@uol.com.br

MÉRCIA DE SOUSA GALVÃO

Possui graduação em Engenharia de Alimentos (1999), Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba (2002) e Doutorado em Biotecnologia Industrial pela Universidade Federal de Sergipe (2014). Atualmente é técnica de laboratório da Universidade Federal da Paraíba. Tem experiência na área de Ciência e Biotecnologia de Alimentos, com ênfase em Cromatografia Gasosa e Líquida, atuando principalmente nos seguintes temas: espectrometria de massas, bioaromas, ácidos graxos, flavor, fermentação, biodiesel etc.

E-mail: merciagalvao@gmail.com



NORMANDO MENDES RIBEIRO FILHO

Graduado em Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e PhD em Food Science pela University of Nottingham, Reino Unido. Desde 2011, atua como professor associado da UFPB, Campus II, Areia-PB. Ele lidera o grupo de pesquisa “Food, Fermentation, Yeast and Flavours” (CNPq); suas pesquisas abrangem análise de alimentos e bebidas com foco na formação de aromas, estudo de morfologia e composição de matérias-primas, secagem e modelagem de produtos agrícolas, desenvolvimento de novos produtos a partir de matérias-primas brasileiras, fermentação e malteação, bem como a seleção de leveduras para aplicações industriais. Ele também domina técnicas de análise estatística univariada e multivariada, consolidando sua atuação como referência no controle de qualidade e inovação na indústria alimentícia e de bebidas.
E-mail: normandomrfilho@gmail.com

RAYANE LYCIA FERREIRA DUVALE

Engenheira de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB, 2021), com experiência em pesquisa e desenvolvimento de produtos derivados de pescados e subprodutos de frutas tropicais. Atuou na indústria de polpas de frutas (2021–2022) e na indústria de sorvetes (2022–2023), com atividades voltadas ao controle de qualidade e à inovação de produtos alimentícios. Concluiu o Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos (2023–2024) pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA/UFPB), investigando o efeito da origem floral de méis do bioma dCaatinga na composição química e atividade antioxidante de hidroméis tradicionais. Atualmente é doutoranda pelo PPGCTA/UFPB, com foco em técnicas de desalcoolização de hidromel e seus impactos sensoriais e funcionais. Atua nas áreas de fermentação alcoólica, compostos bioativos e desenvolvimento de bebidas funcionais, com ênfase na valorização de produtos apícolas regionais.
E-mail: rayanelfduvale@gmail.com



SAMARA DE MACÊDO MORAIS

Professora do Departamento de Gastronomia da Universidade Federal da Paraíba – UFPB/CTDR. Doutorado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos na Universidade Federal da Paraíba - Centro de Tecnologia - PPGCTA/UFPB. Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos na Universidade Federal Rural de Pernambuco – PGCTA/UFRPE. Especialização em Alta Gastronomia na Universidade Salgado de Oliveira - UNIVERSO, Recife-PE. Graduação em Bacharelado em Gastronomia e Segurança Alimentar pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Sommelier Profissional pela Associação Brasileira de Sommeliers Pernambuco/São Paulo (2018) e ASI (Association De la Sommellerie Internationale).

E-mail: samara.morais@academico.ufpb.br



ANEXO

Folder 1: Mel Cremoso: Conhecer para valorizar e transformar



Características Sensoriais

- Cor - depende da origem do mel, mas é mais claro que o mel líquido;
- Textura - cremosa;
- Sabor - doce e suave;
- Aroma - depende da origem do mel, pode apresentar notas florais, frutadas, herbais e amadeiradas;
- Sensação na boca - aveludada e macia.

Conclusão

O mel cremoso é uma forma versátil de apresentação do mel, combinando sabor, qualidade e praticidade para seu consumo. Com textura macia, aroma preservado e doçura natural, oferece uma experiência sensorial diferenciada. Sua cristalização controlada garante um produto homogêneo, e diversifica as formas de consumo do mel, tornando mais uma opção saudável para o dia a dia.

Objetivos de desenvolvimento Sustentável



Valorizando o mel da Caatinga e fortalecendo quem produz

Uma iniciativa de apoio aos apicultores da Caatinga, com o objetivo de ampliar o conhecimento técnico-científico sobre as potencialidades da região

Autores



FABYAN L N GUEDES
fabyanfabiana@hotmail.com



DEYSE A PEREIRA
deysee09@gmail.com



LARISSA R G F FEITOSA
larissargfarias@gmail.com



LEILA M CARVALHO
leila.moreira@ct.ufpb.br



KEWEN S S LUZ
kewenluz@usp.br



MARTA S MADRUGA
marta.s.madruga@gmail.com

Apoio

A.B.E.L.H.A.



Mel Cremoso: Conhecer para valorizar e transformar

UMA RIQUEZA NATURAL QUE SE TRANSFORMA EM PRODUTO DE IDENTIDADE REGIONAL.



Confira também nossos outros folhetos sobre os produtos da Caatinga: mel, hidromel, mel cremoso, mel saborizado e cerveja com mel.



2025



O que é mel cremoso?

É um mel com estrutura cristalina, fina, obtido por um processo físico que não exige ingredientes adicionais. O resultado é um produto uniforme, cremoso e fácil de espalhar.



Legislação

No Brasil, não existe uma legislação específica para o mel cremoso. No entanto, a Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000 - MAPA, estabelece um padrão de identidade e qualidade para o mel.

Aponte a câmera do celular e escaneie o QR code para acessar.



Instrução Normativa



Curiosidades

O mel cremoso é o mel inatura que passou por um processo de cristalização controlado.

O mel cremoso apresenta uma textura mais firme e não é adicionado de nenhum outro ingrediente, apenas o mel.

Méis com maior teor de glicose são melhores para a produção do mel cremoso.



Produção

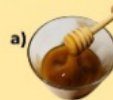
Etapas de produção do mel cremoso

1ª OBTENÇÃO DO CRISTAL DE INDUÇÃO

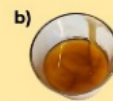


O mel é armazenado sob refrigeração, em seguida, permanece em repouso até a formação do cristal

2ª PROCESSAMENTO DO MEL CREMOSO



a) O mel é aquecido à 55 °C, filtrado, e posteriormente resfriado em banho de gelo à 14 ± 2 °C.



b) É adicionado 5% do cristal indução à amostra resfriada, e a mesma é submetida a agitação por 15 minutos, fazendo uso da batadeira planetária.

3ª PRODUTO



Por último, o mel é embalado e armazenado sob refrigeração.



Consumo

Formas de consumo do mel cremoso:



O mel cremoso pode ser consumido puro ou como acompanhamento de pães, biscoitos, frutas.

É uma alternativa prática para adoçar chás e cafés, mantendo todos os benefícios nutricionais do mel tradicional.

Características sensoriais

A análise sensorial mostrou que a adição de especiarias ao mel trouxe diferenças marcantes na cor, aroma e sabor, tornando o produto mais atrativo para os consumidores.

Em geral, os méis saborizados apresentaram boa preferência entre os consumidores, destacando-se aqueles com especiarias capazes de intensificar o aroma e proporcionar um sabor mais marcante e agradável, como a **canela**, o **cravo** e o **cumaru**. O teste sensorial indica que a saborização não apenas mantém a qualidade do mel, como também amplia suas possibilidades de consumo e mercado.

Declaração

Esses resultados fazem parte de uma pesquisa de conclusão de curso.

Apresentação

Esta folheto foi elaborado para apresentar, de forma simples e rápida, a qualidade química e bioativa de méis da Caatinga da Paraíba saborizados com diferentes especiarias. Com isso, esperamos contribuir para a valorização do produto, fornecer uma alternativa para aplicação do mel e fortalecer os produtores e as associações da região.

Quem somos

Grupo de pesquisa

Alocados na Universidade Federal da Paraíba, nosso grupo atua na caracterização química, bioativa, sensorial e tecnológica de produtos oriundo das abelhas *Apis mellifera* e meliponas, com o objetivo de fortalecer a atividade apícola do sertão paraibano e contribuir com uma nova base de dados para a comunidade científica.

Nosso mel

Conheça o mel da Caatinga paraibana

COOPIL - CATOLÉ DO ROCHA
SUPERMERCADO ASSIS - CABEDELO
SUPERMERCADO IOB - MANAÍRA

@coopilcoop
Rua Luiz Reinaldo de Araújo, 254 -
Padre Pedro Serrão, Catolé do Rocha
PB, 58884-000



GIOVANNA RIBEIRO MENESES DOS SANTOS
DANIEL LUCAS CARNEIRO DOS SANTOS
SAMARA DE MACÊDO MORAIS
MARTA SUELY MADRUGA

2025

Mel com especiarias



Confira também nossos outros folhetos sobre os produtos da Caatinga: mel, hidromel, mel cremoso, mel saborizado e cerveja com mel.

Mel com especiarias

Definição

O mel saborizado é o mel puro adicionado de um aroma e sabor natural, através de extratos de plantas ou outros ingredientes. É, também, uma possibilidade de diversificar a produção de mel, oferecendo um produto diferenciado, na linha de uma tendência à 'gourmetização'.

Legislação

Não existe legislação para parâmetros de qualidade do mel saborizado.

Por que saborizar o mel?

Mais sabor e um novo produto

O uso de especiarias e ervas para o tratamento de doenças tem sido utilizado por décadas como alternativa ao tratamento com medicamentos. A associação de mel e especiarias também é uma prática recorrente na cura de várias doenças. A seguir é listado especiarias que podem ser utilizadas na produção de mel aromatizante.

Anis estrelado

Sabor adocicado usada na culinária e valorizada por suas propriedades medicinais. Rico em compostos bioativos, apresenta efeitos antioxidantes, antimicrobianos, antivirais e anti-inflamatórios.



Canela

Amplamente utilizada na culinária mundial, apresentando efeitos antibacterianos, antifúngicos, antioxidantes e anti-inflamatórios, além de ser uma importante fonte de vitaminas e minerais para a saúde.



Cravo-da-índia

É um botão floral aromático muito usado na culinária por seu sabor frutado e levemente picante. Possui óleo essencial, responsável por suas propriedades antimicrobianas, antioxidantes, anti-inflamatórias, analgésicas.



Cumaru

Nativo da Amazônia e presente em diversos estados brasileiros. Suas sementes possuem um óleo essencial aromático semelhante à baunilha. Possui propriedades anti-inflamatórias, antibacterianas e anticoagulantes.



Pimenta rosa

Nativa da América do Sul, é usada na culinária pelo sabor suave; frutos/folhas com atividade antioxidante; uso tradicional em infecções e cicatrização; ações antimicrobiana e anti-inflamatória.



Pimenta calabresa

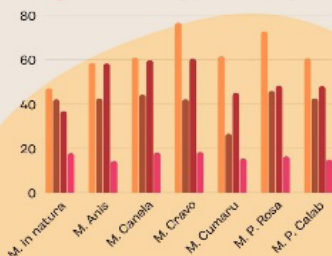


Feita a partir da desidratação da pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*); aroma marcante e pungente; especiaria acessível, com vitaminas, minerais e fibras.

Composição química e bioativa

O estudo com méis saborizados indica que a adição de especiarias altera o perfil nutricional e químico do mel, incorporando ácidos fenólicos e flavonoides de ação antioxidante e associados a benefícios à saúde. Esses compostos interagem com os nutrientes do mel, elevando a capacidade de neutralizar radicais livres - evidenciada no gráfico pela atividade antioxidante -, o que contribui para a proteção do organismo e amplia o valor funcional do produto.

- ABTS (% inibição)
- FRAP (% Poder redutor)
- DPPH (% inibição)
- FLAVONOIDEOS (mg Quercetina/ 100g m...)



O MEL DA CAATINGA PARAIBANA

Mais que um adoçante natural, o mel do Sertão Paraibano tem a identidade da Caatinga em sua forma mais pura. Fruto da interação da abelha *Apis mellifera* com a flora nativa, ele concentra biodiversidade, sabor e propriedades únicas que traduzem identidade cultural e tradição apícola sertaneja.

AS ESPECIARIAS

Ao ser saborizado com especiarias, ganha novas camadas sensoriais, ampliando sua versatilidade e tornando-se um ingrediente inovador na gastronomia.



Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Autores



DANIEL LUCAS CARNEIRO DOS SANTOS
daniel.lucas.carneiro@gmail.com



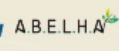
GIOVANNA RIBEIRO MENESES DOS SANTOS
giovannaribeiro-meneseshotmail.com



MARTA SUELY MADRUGA
maria.s.madrugas@gmail.com



SAMARA DE MACÊDO MORAIS
samara_mmacedo@hotmail.com



MEL SABORIZADO: APLICAÇÕES NA GASTRONOMIA.



Confira também nossos outros folhetos sobre os produtos da Caatinga: mel, hidromel, mel cremoso, mel saborizado e cerveja com mel.

2025

FORMULAÇÃO DOS MÉIS SABORIZADOS

Os méis foram saborizados com a adição de especiarias na proporção de 40:1 e permaneceram armazenados por quatro meses. Após esse período de maturação, cada variedade foi aplicada em receitas que valorizassem os aromas, sabores e características desenvolvidos ao longo do processo. Afim de ampliar as formas de consumo do mel e o hábito alimentar com este produto.

ESPECIARIAS UTILIZADAS

Pimenta calabresa;
Pimenta rosa;
Cumaru;
Cravo;
Cumaru em lascas;
Canela.



O MEL SABORIZADO NA GASTRONOMIA



Flan

HARMONIZADO COM MÉIS DE ANIS, CRAVO E CANELA



BOLO DE MACAXEIRA

HARMONIZADO COM MEL DE CUMARU



DADINHO DE TAPIOCA

HARMONIZADO COM MEL DE PIMENTA CALABRESA



PANQUECAS

HARMONIZADO COM MÉIS DE PIMENTA ROSA, ANIS E CANELA



WAFFLES

HARMONIZADO COM MÉIS DE CANELA E CRAVO

Outras opções:

- Sorbet de frutas com mel saborizado;
- Biscoitos de mel saborizado;
- Panacota;
- Pão de mel.

DICA DE RECEITA

MUFFIN DE MEL SABORIZADO

Ingredientes:

- 1 ovo
- 85 g de mel aromatizado
- 50 g de óleo
- 60 g de leite
- 90 g de farinha de trigo
- 2,5 g de fermento em pó
- 0,5 g de bicarbonato de sódio
- 0,5 g de sal



Preparo:

Misture os ingredientes líquidos e adicione os secos peneirados. Distribua a massa em forminhas untadas e asse em forno pré-aquecido a 180 °C até dourar e firmar.

INOVAÇÃO

Os méis saborizados de *Apis mellifera*, do Sertão Paraibano, unem sabor, aroma e tradição, oferecendo versatilidade e inovação na gastronomia. Uma maneira deliciosa de valorizar a cultura local em cada receita.

Folder 4: Conectando ciência e produtores de hidromel da Caatinga

Produção



PREPARAÇÃO DO MOSTO

Diluição do mel
1 L de mel + 3 L de água (1:3) resulta em hidromel com bom equilíbrio nutricional e entre 5-8% de álcool

INOCULAÇÃO DA LEVEDURA

Saccharomyces cerevisiae
0,2 a 0,3 g por Litro de mosto
Dilua em pequena parcela de mosto para a ativação da cepa

FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA

15 - 30 dias a 16 °C - 22 °C (Recipiente fechado) - Finalização quando a produção de álcool se estabiliza ou alcança o teor alcoólico desejado

SEDIMENTAÇÃO DA BIOMASSA

Sob baixas temperaturas (0 °C durante 48 horas) ou por centrifugação - 10 a 15% do volume total são leveduras

TRASFEGA

Separação da biomassa
Transferência do hidromel para outro recipiente

MATURAÇÃO

15 dias a 6 meses entre 0 °C - 15 °C
Pode ocorrer antes ou após o envase e contribui na desenvolvimento de aromas e sabores

ENVASE*

Garrafas de vidro âmbar ou transparente podendo-se utilizar tampas rosqueáveis, de pressão ou de cortiça.
* É possível a gasificação da bebida nesta etapa

ARMAZENAMENTO*

Em local fresco, ventilado, entre 10 a 18 °C, ao abrigo de luz e livre de variações térmicas e odores fortes
* Se gasificada a refrigeração ajuda a preservar o gás

Valorizando o mel da Caatinga e fortalecendo quem produz

Uma iniciativa de apoio aos apicultores da Caatinga, com o objetivo de ampliar o conhecimento técnico-científico sobre as potencialidades da região

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Autores



RAYANE LYCIA FERREIRA DUVALE
rayanelfduvale@gmail.com



MARCELO BARBOSA MUNIZ
mbmuniz@yahoo.com



MARTA SUELY MADRUGA
marta.s.madruga@gmail.com

Apoio



Conectando ciência e produtores de hidromel da Caatinga

A SINGULARIDADE DOS HIDROMÉIS OBTIDOS A PARTIR DE MÉIS FLORAIS DA CAATINGA



Confira também nossos outros folhetos sobre os produtos da Caatinga: mel, hidromel, mel cremoso, mel saborizado e cerveja com mel.



2025

Definição



Hidromel é a bebida fermentada com graduação alcoólica de 4 a 14% (v/v), medida a 20 °C, obtida pela fermentação alcoólica de solução de mel de abelha, sais nutrientes e água potável.

Legislação



Três legislações principais reúnem as normas para a produção e comercialização de hidromel no Brasil.

Fscanee os QR codes para acessar as normas.



Decreto Nº 6.871, de 4 de junho de 2009



Instrução Normativa Nº 34, de 29 de novembro de 2012



SDA/MAPA Nº 140/2024
Cartilhão de Bebidas

Não poderá ser utilizado açúcar na elaboração do hidromel.
É vedada a adição de qualquer substância ou ingrediente que altere as características sensoriais naturais do hidromel.
É permitida a adição de água apenas para ajustar o teor de sólidos solúveis do mosto ("Brix") ou para reduzir o teor alcoólico final.

Requisitos de Qualidade

Parâmetros	Mínimo	Máximo	Classificação
Acidez fixa (mEq/L)	30	-	-
Acidez total (mEq/L)	50	130	-
Acidez volátil (mEq/L)	-	20	-
Anidrido sulfúrico (g/L)	-	0,35	-
Cinzas (g/L)	≤ 5	0	-
Cloratos totais (g/L)	-	0,5	-
Extrato seco reduzido (g/L)	7	-	-
Gradação alcoólica (% v/v, a 20 °C)	4	14	-
Teor de açúcar (g/L)	3	3	Seco
Teor de açúcar (g/L)	> 3	-	Suave
Educorantes	-	-	Ausente

Hidroméis da Caatinga



A Caatinga é uma das maiores riquezas naturais do Brasil, com uma biodiversidade única e adaptada ao clima semiárido. Os méis produzidos a partir de suas espécies vegetais nativas apresentam sabores, aromas e propriedades exclusivas, permitindo a criação de HIDROMÉIS COM FORTE IDENTIDADE REGIONAL, distintos de qualquer outro lugar do mundo.

Méis de menor acetação comercial podem ser valorizados na produção de hidromel.

Mel de jurema-preta Mel polifloral claro Mel polifloral âmbar Mel de marmeleiro Mel de malícia



Eficiência fermentativa



➤ O uso do mel de marmeleiro na produção de hidromel é limitado pela baixa sobrevivência das leveduras e lentidão da fermentação, resultando em uma bebida mais doce e com menor teor alcoólico.

➤ Méis poliflorais de coloração clara apresenta as melhores condições para atividade da levedura e tendem a gerar hidroméis mais alcoólicos e menos doces.

Composição química e bioativa



- O mel de malícia gera um hidromel com maior acidez, o que contribui tanto para o sabor marcante da bebida quanto para sua conservação e estabilidade ao longo do tempo.
- A utilização de méis escuros de jurema-preta, malícia de polifloral de coloração âmbar favorece a obtenção de hidroméis com elevado potencial bioativo
- Nos hidroméis da Caatinga, destacaram-se quantitativamente os fenólicos cis-resveratrol, ácido caftarico e as procianidinas B1 e B2, associados a potenciais benefícios à saúde quando consumidos com moderação.

Características Sensoriais



- Méis de malícia, jurema-preta e polifloral âmbar conferem sabores intensos de caramelo, amadeirado, rapadura e própolis, e aromas marcantes de néctar, medicinal, floral e fermentado.
- Méis de marmeleiro e polifloral de cor clara resultam em hidroméis com sabores mais frutados, florais e cítricos, com nuances de espumante, citra, mel, maçã e notas picantes.

Conclusão

Portanto, a escolha do mel e as transformações durante a fermentação são fundamentais para definir o perfil químico, sensorial e o potencial bioativo do hidromel, com destaque para os recursos da Caatinga, que conferem propriedades únicas e forte identidade regional à bebida.



Folder 5: Do mel da Caatinga ao hidromel: inovação com leveduras de cachaça



Desempenho fermentativo

- A levedura TF apresentou melhor desempenho, com crescimento rápido, maior produção de etanol e CO₂, além de quase todo o açúcar consumido, resultando em hidromel mais alcoólico e seco;
- A levedura J teve comportamento intermediário, com fermentação mais lenta e alto teor de açúcar;
- Já a levedura comercial (C) mostrou baixo desempenho, gerando pouco álcool, alta variação entre réplicas e grande quantidade de açúcares, indicando má adaptação ao mosto de mel.



Autores



Lívia Duarte de Medeiros
liviad877@gmail.com



Normando Mendes Ribeiro Filho
normandofilho@cca.ufpb.br



Marcelo Barbosa Muniz
mbmuniz@yahoo.com



Marta Suely Madruga
msmadruga@uol.com.br

Principais Contribuições

- Valorizar recursos locais;
- Fortalecer parcerias entre apicultores e indústria;
- Promover inovação na produção de hidromel.



Do mel da Caatinga ao hidromel: inovação com leveduras de cachaça



Confira também nossos outros folhetos sobre os produtos da Caatinga: mel, hidromel, mel cremoso, mel saborizado e cerveja com mel.



Apresentação

Este folheto apresenta o uso do mel da Caatinga na produção de hidromel. Foram testadas duas leveduras isoladas de engenhos do Brejo Paraibano, a partir do pé-de-cuba (TF e J), e uma levedura comercial de panificação (C), avaliando como cada uma influencia a fermentação, a composição química e as características sensoriais da bebida.



Introdução

O mel é um alimento com grande valor nutricional e medicinal, cuja composição vai além dos açúcares, reunindo compostos fenólicos e voláteis que conferem aroma, sabor e propriedades funcionais, variando conforme a flora de origem. Na produção do hidromel, a levedura tem papel decisivo: é ela quem conduz a fermentação, transformando os açúcares do mel em álcool e compostos aromáticos, além de influenciar diretamente a composição química e a qualidade sensorial da bebida final.

Composição bioativa

- Os compostos bioativos são substâncias naturais presentes nos alimentos que, além de nutrir, trazem benefícios extras para a saúde. Incluem fenólicos e outros componentes;
- Na composição bioativa dos hidroméis, a cepa TF apresentou maior teor de compostos fenólicos totais e presença exclusiva da hesperidina;
- Hidroméis J e C: apresentaram naringina;



- Hesperidina → ação cardiovascular e neurológica, controle do colesterol e do açúcar no sangue, ação anti-inflamatória e antitumoral;
- Naringina → prevenção obesidade, diabetes, pressão alta, ação antioxidante, anti-inflamatória e antitumoral.

Características sensoriais

- Os hidroméis apresentaram perfis aromáticos diferentes; o C teve mais ésteres (aromas frutados e florais), o TF mais álcoois superiores (notas alcoólicas, fermentadas e levemente frutadas) e o J mais terpenos (aromas herbáceos e cítricos).
- Compostos como o álcool isoamilico e o acetato de isoamila apareceram em todas as formulações e foram os principais responsáveis pelo aroma característico dos hidroméis, mas no hidromel TF ele apareceu em maior concentração, potencializando as notas fermentadas e frutadas.



Álcool isoamilico



Acetato de isoamila

Conclusão

A seleção da levedura é um fator decisivo para o sucesso da produção de hidromel, impactando não apenas o desempenho fermentativo, mas também as características sensoriais e funcionais da bebida.

Folder 6: Entre abelhas e maltes: inovação cervejeira com méis da Caatinga

Produção



MOAGEM DOS MALTES

Os maltes de trigo e o malte base (Pilsen) são previamente moídos em moinhos de disco para facilitar a extração dos compostos durante a mosturação.

MOSTURAÇÃO

Os maltes são adicionados à água pré-aquecida, permanecendo por 10 minutos a 50°C, depois por 60 minutos a 70°C e, por fim, por 10 minutos a 75°C.

FILTRAÇÃO

Após a mosturação, as cascas dos maltes são removidas para a obtenção do mosto inicial.

FERVURA, RESFRIAMENTO E INOCULAÇÃO

O mosto é fervido a 100°C por 60 minutos, momento em que ocorre a adição do lúpulo; em seguida, é resfriado a 25°C e inoculado com as leveduras.

FERMENTAÇÃO

Durante a fermentação, os açúcares presentes são convertidos em álcool, em um processo que ocorre a 18°C e dura de 9 a 12 dias.

ADIÇÃO DO MEL

A adição do mel deve ser realizada no 4º dia de fermentação, correspondendo a 18% da receita base, a fim de preservar suas características sensoriais.

MATURAÇÃO

O produto é maturado entre 15 e 30 dias a 2°C, etapa essencial para o desenvolvimento do aroma e do sabor.

ENVASE

O envase deve ser realizado em garrafas de vidro âmbar de 600 mL, que podem ser armazenadas em temperatura ambiente.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Autores



ISABEL PEREIRA DE CARVALHO
isabelpereira5@hotmail.com



SÓFACLES FIGUEREDO CARREIRO SOARES
sofacles@gmail.com



MARCELO BARBOSA MUNIZ
mbmuniz@yahoo.com



MARTA SUELY MADRUGA
marta.s.madruga@gmail.com

Apoio



Entre abelhas e maltes: inovação cervejeira com méis da Caatinga

PRODUÇÃO DE CERVEJAS ARTESANAIS OBTIDAS A PARTIR DE MÉIS FLORAIS DA CAATINGA PARAIBANA



Confira também nossos outros folhetos sobre os produtos da Caatinga: mel, hidromel, mel cremoso, mel saborizado e cerveja com mel.



Definição



Cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir de malte, água, levedura e lúpulo. Parte do malte pode ser substituída por adjuvantes cervejeiros, como frutas, cereais maltados ou não maltados, MEL ou outras fontes de amidos e açúcares, desde que a quantidade utilizada não ultrapasse 25% em peso do extrato primitivo.

Legislação



Dois legislações principais estabelecem as normas que regulam a produção e a comercialização de cerveja no Brasil.

Escanee os QR codes para acessar as normas.

1ª INSTRUÇÃO NORMATIVA No 65, DE 10 DE DEZEMBRO DE 2019

2ª Lei no 8.918 de 14 de julho de 1994

Cerveja de mel



O mel é um ingrediente tradicional em diversos estilos de cerveja, como **Honey Ale**, **Braggot**, **Blonde Ale**, **American Wheat** e até algumas IPAs. Sua adição torna a bebida mais aromática, incorporada e com um dulçor natural equilibrado. Os méis da Caatinga Paraibana, oriundos de diferentes floradas, conferem notas florais, frutadas e herbais, criando cervejas com forte identidade regional e diretamente ligadas ao semiárido.



Composição química e biotiva

- ▶ O mel da jurema-preta pode originar cervejas com maior acidez devido à presença de ácidos orgânicos naturais, como o ácido cítrico e o ácido succínico.
- ▶ As cervejas de méis possui um teor alcoólico de moderado a elevado. A adição moderada de mel (20-30 g/L) mantém a leveza e frescor do estilo, resultando em uma cerveja equilibrada com teor alcoólico em torno de 4,5-5,5%. Já em quantidades elevadas (superiores a 100 g/L), a bebida ganha mais corpo e intensidade, podendo atingir 6,5-7,5% de álcool, sem perder as notas aromáticas típicas do mel.
- ▶ Cervejas com méis poliflorais apresentam dulçor natural equilibrado, resultado da presença de açúcares como frutose, glicose e bragoose, que permanecem após a fermentação, além de compostos que intensificam o corpo e o aroma.
- ▶ Além disso, as cervejas com adição de méis apresentam maior concentração de compostos fenólicos, incluindo flavonóides, taninos e ácidos orgânicos como o ácido gálico, reconhecido por sua potente atividade antioxidante.

Eficiência fermentativa

- ▶ O mel exerce um papel relevante no processo fermentativo da cerveja, atuando tanto como fonte de açúcares quanto como modulador químico e microbiológico. Por ser rico em açúcares simples de rápida assimilação, o mel acelera a fase inicial da fermentação, fornecendo energia imediata para o crescimento celular.
- ▶ O mel ao ser adicionado após a fervura do mosto – durante a fermentação – suas características sensoriais são preservadas. Isso permite que notas florais, frutadas e o dulçor característico do mel permaneçam perceptíveis na cerveja, contribuindo para um perfil aromático.

Características sensoriais



- ▶ A cor da cerveja também é determinada pela cor do mel, méis mais escuros como o de jurema-preta produzem cervejas com tons mais escuros. Méis mais claros, como o polifloral claro, produzem cerveja mais claras.
- ▶ O mel de jurema-preta influencia as propriedades sensoriais da cerveja, tornando-a mais encorpada e contribuindo para maior formação e estabilidade da espuma devido à presença de proteínas, polifenóis e compostos complexos que interagem com os componentes do malte.
- ▶ As cervejas de méis possuem aromas característicos da florada do mel utilizada, notas como florais, herbáceos e frutados estão presente no aroma da cerveja.

Conclusão

A utilização dos méis da Caatinga Paraibana na produção de cerveja enriquece o aroma, contribui para a complexidade sensorial e influencia positivamente tanto as características físico-químicas quanto o processo fermentativo da bebida.

LISTA DE ABREVIACOES, SIGLAS E SÍMBOLOS

– (traço)	Intervalo ou ligação
%	Porcentagem
() (parênteses)	Explicação ou complemento
/ (barra)	Relação ou divisão (ex: g/100g)
[s.d.]	Sem data
+	Ponto Axial Superior (nível máximo extremo de uma variável)
-	Ponto Axial Inferior (nível mínimo extremo de uma variável)
±	Mais ou menos (variação)
°Brix	Escala numérica que mede a quantidade de sólidos solúveis
°C	graus Celsius
µm	Micrmetro (micra)
Aa	Atividade de gua
ABTS	Ensaio do radical livre 2,2 -azinobis-(3- etilbenzotiazolina-6-sulfonato)
AR	Açúcares redutores
ART	Açúcares redutores totais
AT	Açúcares totais



C	Levedura comercial
cm ³	Centímetros cúbicos (unidade de volume)
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO ₂	Gás carbônico
COASPA	Cooperativa Agropecuária dos Apicultores do Sertão Paraibano
COOAPIL	Cooperativa de Apicultores de Catolé do Rocha
COOPMEAF	Cooperativa dos Produtores de Mel e Agricultores Familiares do Sertão da Paraíba
DPPH	Ensaio do radical livre estável 2,2-difenil-1-picrilhidrazil
E	Etanol
E/B	Razão entre a concentração de etanol produzido e o teor de açúcares inicial
et al.	“e outros” (autores adicionais em citações científicas)
Fe ³⁺ → Fe ²⁺	Redução do ferro (do estado férrico para o ferroso)
FN	Fonte de nitrogênio
FRAP	Poder Antioxidante de Redução Férrica
g	Gramas
GB 14963	Norma chinesa de qualidade para mel
HMF	Hidroximetilfurfural (composto indicador de degradação do mel)
Kg	Quilograma



MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
mEq/kg	Miliequivalentes por quilograma
mesh Tyler 60	Padrão de malha para peneiramento
mg	Miligrama
n.	Número
NAD ⁺	Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo (coenzima) na forma oxidada
NADH	Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo (coenzima) na forma reduzida
nd	Não detectado
O ₂	Gás oxigênio
p.	Página
pH	Potencial hidrogeniônico
PPGCTA	Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos
SST	Sólidos solúveis totais
TF e J	Leveduras autóctones
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
Unidade EBC	Escala cervejeira para medir a intensidade da cor
v.	Volume
v/v	Porcentagem volumétrica (volume por volume)





Título CIÊNCIA E TECNOLOGIA APLICADA À INOVAÇÃO DOS
PRODUTOS APÍCOLAS DO SERTÃO PARAIBANO

Organizadores Marta Suely Madruga
Rayane Lycia Ferreira Duvalé

Projeto de diagramação e Capa Emmano Luna

Formato/Tamanho e-book (PDF – 16x22 cm)/ 12.6MB

Tipografia Proxima Nova

Número de páginas 149