

2026

Influência do teor de gengibre nas características de uma bebida tipo ginger beer com extrato de malte e mel

Conter, Samuel Nielsen

Universidade Estadual do Norte do Paraná

CONTER, Samuel Nielsen. Influência do teor de gengibre nas características de uma bebida tipo ginger beer com extrato de malte e mel. Orientador: Luis Guilherme Sachs. 2026. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Campus Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2026.

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/943>

Baixado de Repositório Institucional UENP



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ
CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
BACHARELADO EM AGRONOMIA

Samuel Nielsen Conter

**Influência do teor de gengibre nas características de uma
bebida tipo ginger beer com extrato de malte e mel**

BANDEIRANTES
2026

Samuel Nielsen Conter

**Influência do teor de gengibre nas características de uma
bebida tipo ginger beer com extrato de malte e mel**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Bacharelado em Agronomia da
Universidade Estadual do Norte
do Paraná (UENP), *Campus* Luiz
Meneghel, Centro de Ciências
Agrárias, como requisito parcial
para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Área de Concentração: Ciência e
Tecnologia de Alimentos

Linha de Pesquisa:
Desenvolvimento de Novos
Produtos Agroindustriais

Orientador: Prof. Dr. Luis
Guilherme Sachs

Ficha de identificação do material elaborada com base nos dados informados, por meio do sistema de geração automática customizado pelo Núcleo de Tecnologia da Informação da Universidade Estadual do Norte do Paraná (NTI-UENP)

Conter, Samuel Nielsen

Influência do teor de gengibre nas características de uma bebida tipo ginger beer com extrato de malte e mel / Samuel Nielsen Conter; orientador: Luis Guilherme Sachs. - Bandeirantes, 2026.
50 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Campus Luiz Meneghel / Universidade Estadual do Norte do Paraná.
Bibliografia

1. Desenvolvimento e Formulação de Bebidas Fermentadas Não Convencionais. 2. Caracterização Físico-Química e Cinética de Fermentação. 3. Análise Sensorial Hedônica e Comportamento do Consumidor. I. Sachs, Luis Guilherme. II. Título.

Samuel Nielsen Conter

**Influência do teor de gengibre nas características de uma
bebida tipo ginger beer com extrato de malte e mel**

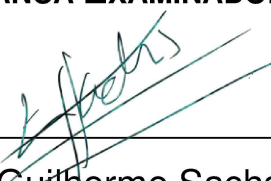
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Centro de Ciências Agrárias, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

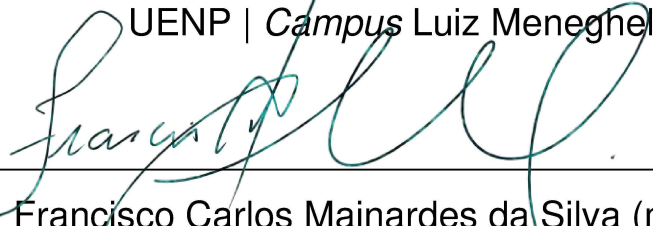
Linha de Pesquisa: Desenvolvimento de Novos Produtos
Agroindustriais

Orientador: Prof. Dr. Luis Guilherme Sachs

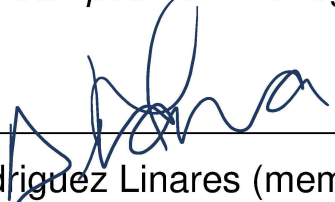
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luis Guilherme Sachs (Orientador)
Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP)
UENP | *Campus* Luiz Meneghel



Prof. Dr. Francisco Carlos Mainardes da Silva (membro interno)
Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP)
UENP | *Campus* Luiz Meneghel



M.Sc. Diana Rodriguez Linares (membro externo)
Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP)
UENP | Responsável Laboratório de Química

BANDEIRANTES, 17 DE JUNHO DE 2026.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a João Guilherme Cotrim Marcon e Diana Rodriguez Linares, que me auxiliaram e orientaram durante a realização dos experimentos. Foram inúmeras horas de dedicação, apoio e aprendizado ao lado deles, e reconheço que a conclusão deste trabalho dificilmente seria possível sem sua ajuda e acompanhamento.

Agradeço também aos meus amigos, que estiveram ao meu lado tanto no âmbito acadêmico quanto pessoal, oferecendo apoio, incentivo e companheirismo ao longo dessa trajetória.

Por fim, agradeço aos meus irmãos, por serem grandes inspirações para mim e por sempre me apoiarem em todos os momentos.

CONTER, Samuel Nielsen. **Influência do teor de gengibre nas características de uma bebida tipo ginger beer com extrato de malte e mel.** 2026. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2026.

Resumo

O mercado de bebidas fermentadas tem se expandido com o uso de aditivos não convencionais para criar produtos com características sensoriais inovadoras. Este estudo objetivou realizar a caracterização físico-química e sensorial de uma bebida tipo ginger beer produzida a partir de extrato de malte e mel, avaliando o impacto da adição do extrato aquoso de gengibre em três concentrações distintas: 2%, 4% e 6% v/v. Para isso, as amostras foram submetidas a análises de sólidos solúveis totais (°Brix), pH, estabilidade de espuma, cor e avaliação sensorial por meio de escala hedônica. Os resultados indicaram que a alta concentração de gengibre (6%) exerceu efeito inibitório sobre a levedura, resultou no colapso precoce da espuma em apenas 28 segundos e gerou forte rejeição sensorial, devido ao excesso de picância. Em contrapartida, a formulação com 2% obteve a maior aceitação global, com nota média de 7,36. Conclui-se, portanto, que a adição de 2% de gengibre é a versão tecnológica e comercialmente mais viável, pois oferece equilíbrio entre a refrescância e as notas condimentadas da especiaria sem mascarar os atributos orgânicos do malte e do mel, garantindo a estabilidade integral do produto final.

Palavras-chave: Ginger beer. Análise sensorial. Análise físico-química de alimentos. *Zingiber officinale*. Bebida não convencional.

CONTER, Samuel Nielsen. **Influence of ginger content on the characteristics of a ginger beer-type beverage with malt extract and honey.** 2026. 50 pages. Undergraduate Thesis (Bachelor's in Agronomy) – Center for Agricultural Sciences, Northern Paraná State University, Bandeirantes, 2026.

Abstract

The fermented beverage market has expanded with the use of unconventional additives to create products with innovative sensory characteristics. This study aimed to perform the physicochemical and sensory characterization of a ginger beer produced with malt extract and honey, evaluating the impact of adding aqueous ginger extract at three different concentrations: 2%, 4%, and 6% v/v. For this purpose, the samples were subjected to analyses of total soluble solids (°Brix), pH, foam stability, color, and sensory evaluation using a hedonic scale. The high ginger concentration (6%) exerted an inhibitory effect on the yeast, resulting in an early foam collapse in just 28 seconds, and also generated strong sensory rejection due to its excessive spiciness. On the other hand, the 2% formulation achieved the highest global acceptance, with an average score of 7.36. Therefore, the addition of 2% ginger seems to be the most technologically and commercially viable version according to our results, offering a balance between the freshness and the spicy notes of the rhizome without masking the organic attributes of the malt and honey, ensuring the integral stability of the final product.

Keywords: Ginger beer. Sensorial analysis. Physicochemical analysis. *Zingiber officinale*. Unconventional beverage.

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Evolução do °Brix durante o processo de preparo de cerveja com diferentes teores de gengibre na formulação.....	24
Gráfico 2 – Graduações alcoólicas das cervejas preparadas com diferentes teores de gengibre na formulação.....	25
Gráfico 3 – Evolução do pH durante o processo de preparo de cerveja com diferentes teores de gengibre na formulação.....	27
Gráfico 4 – Evolução da acidez total durante o processo de preparo de cerveja com diferentes teores de gengibre na formulação.....	28
Gráfico 5 – Estabilidade inicial da espuma e após agitação para as diferentes formulações de cervejas.....	30
Gráfico 6 – Parâmetros de cor no espaço de cor RGB e SFP para as cervejas formuladas com diferentes concentrações de gengibre.....	32
Gráfico 7 – Densidade inicial do mosto e densidade final do produto em função dos diferentes teores de gengibre utilizados na formulação.....	33
Gráfico 8 – Gaseificação das diferentes formulações de cervejas.....	35
Gráfico 9 – Perfil sensorial da bebida tipo ginger beer avaliado pelo público feminino nas concentrações de 2%, 4% e 6% de gengibre.....	38
Gráfico 10 – Perfil sensorial da bebida tipo ginger beer avaliado pelo público masculino nas concentrações de 2%, 4% e 6% de gengibre.....	39
Gráfico 11 – Avaliação sensorial da bebida tipo ginger beer por provadores da faixa etária de 18 a 20 anos, para as concentrações de 2%, 4% e 6% de gengibre.....	42
Gráfico 12 – Avaliação sensorial da bebida tipo ginger beer por provadores da faixa etária de 21 a 40 anos, para as concentrações de 2%, 4% e 6% de gengibre.....	43
Gráfico 13 – Avaliação sensorial da bebida tipo ginger beer por provadores da faixa etária acima de 40 anos, para as concentrações de 2%, 4% e 6% de gengibre.....	44

Lista de abreviaturas e siglas

ASAE	Autoridade Europeia de Segurança Alimentar
CNTP	Condições Normais de Temperatura e Pressão
EBC	European Brewery Convention
HSB	Matiz, Saturação e Brilho (<i>Hue, Saturation, Brightness</i>)
IN	Instrução Normativa
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PET	Polietileno Tereftalato
POP	Procedimentos Operacionais Padrão
RGB	Vermelho, Verde e Azul (<i>Red, Green and Blue</i>)
ROI	<i>Region of Interest</i> (Área de interesse)
SFP	Saturação, Fulgor e Prisma
SG	<i>Specific Gravity</i> (Gravidade específica)
SRM	Standard Reference Method
STP	Standard Temperature and Pressure
v/v	Volume por volume

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1	Caracterização Físico-Química e Fermentativa.....	23
4.1.1	Perfil de Fermentação, °Brix e Teor Alcoólico.....	23
4.1.2	Acidez e pH.....	26
4.1.3	Estabilidade de Espuma e Cor.....	29
4.1.4	Densidade.....	33
4.1.5	Gaseificação.....	34
4.2.	Análise Sensorial Global.....	36
4.3	Influência do Perfil Demográfico na Aceitação	37
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
	REFERÊNCIAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

O mercado de bebidas fermentadas, especialmente o segmento de cervejas artesanais e bebidas mistas, tem passado por um processo contínuo de expansão e diversificação. Consumidores buscam cada vez mais por produtos que ofereçam experiências sensoriais complexas e inovadoras, fugindo dos padrões industriais tradicionais. Neste cenário, a utilização de aditivos não convencionais como frutas, especiarias e fontes alternativas de açúcares tornou-se uma estratégia central para o desenvolvimento de bebidas com identidade única e maior valor agregado. Essa busca por inovação não se limita apenas ao sabor, mas também à otimização de custos e ao atendimento de nichos específicos, como o de produtos sem glúten ou com apelo regional.

A literatura científica apresenta diversos exemplos de sucesso na incorporação de aditivos amiláceos e de sabor. Segundo Corrêa (2018), por exemplo, o uso da batata-doce como fonte de amido na produção cervejeira, resulta em um produto com boa aceitação sensorial e valorização da agricultura familiar. Similarmente, Rodriguez (2019) explorou o malte de sorgo para a produção de bebidas fermentadas, atendendo à demanda crescente por produtos aptos para celíacos e consolidando o uso de cereais alternativos na indústria. Estudos também indicam que a substituição parcial do malte por cevada não maltada pode ser realizada sem alterações significativas no valor calórico final da bebida, permitindo uma otimização econômica também segundo o estudo de Rodriguez.

Dentre os ingredientes que atuam na modulação de sabor e características físico-químicas, o mel destaca-se pela sua versatilidade. Além de ser a base para o hidromel e o melomel, o mel atua como um aditivo complexo em mostos mistos. Pesquisas de Brunelli, Mansano e Venturini Filho (2014) indicam que a adição de mel influencia diretamente no valor energético da bebida, variando conforme a concentração do mosto original. Além disso, Brunelli, Mansano e Venturini Filho (2014) observam que o mel favorece a carbonatação e a formação de espuma, ao mesmo tempo que tende a reduzir a percepção de amargor e acidez, contribuindo para o equilíbrio sensorial.

No que tange à aromatização e picância, o gengibre (*Zingiber officinale*) apresenta-se como uma especiaria promissora para a diferenciação de bebidas fermentadas. Considerando que Tozetto (2017) validou a viabilidade técnica da adição de gengibre em cervejas artesanais, destacando que o rizoma confere notas condimentadas apreciadas pelo consumidor. Entretanto, a utilização do gengibre impõe desafios tecnológicos: compostos presentes na especiaria, como gingeróis, possuem propriedades antimicrobianas que, em altas concentrações, podem exercer efeitos inibitórios sobre a atividade das leveduras e afetar a estabilidade da espuma. Além disso, o aproveitamento integral da planta, incluindo suas inflorescências, também tem sido estudado para o desenvolvimento de novos produtos como chás e bebidas mistas.

O presente trabalho insere-se na convergência dessas tendências, focando no desenvolvimento de uma bebida tipo ginger beer produzida a partir de uma base de extrato de malte e mel. A motivação para este estudo reside na necessidade de compreender o "ponto de equilíbrio" desta formulação, visto que teores elevados de gengibre podem comprometer a fermentação e a aceitação sensorial.

Portanto, o objetivo principal deste Trabalho de Conclusão de Curso é realizar a caracterização físico-química e sensorial de uma bebida tipo ginger beer elaborada com extrato de malte e mel, avaliando o impacto de três concentrações distintas de gengibre (2%, 4% e 6%) no produto final. Busca-se identificar a concentração que oferece a melhor harmonia entre o perfil fermentativo, a estabilidade físico-química e a preferência do consumidor.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A produção de bebidas fermentadas não convencionais tem ocupado um espaço de crescente relevância na agronomia e na ciência de alimentos, impulsionada por um mercado consumidor que busca simultaneamente a inovação sensorial e o resgate de tradições artesanais. No epicentro dessa tendência, a ginger beer, tradicionalmente um fermentado de gengibre, ressurgiu como um objeto de estudo técnico complexo, especialmente quando enriquecida

com insumos como o extrato de malte e o mel. A integração desses ingredientes não apenas altera o perfil organoléptico da bebida, mas impõe desafios bioquímicos que exigem um controle rigoroso de parâmetros físico-químicos e sensoriais.

A ginger beer, em sua gênese, não deve ser confundida com os refrigerantes modernos apenas gaseificados e aromatizados. Ela possui uma trajetória de rebeldia e adaptação técnica que remonta à Inglaterra de meados de 1700 (Madden, 2007). Originalmente, essas bebidas eram classificadas como "cervejas de baixo teor alcoólico" (small beers), produzidas em pequena escala doméstica como uma alternativa segura à água, que frequentemente apresentava riscos de contaminação biológica em centros urbanos em crescimento (Madden, 2007). O processo tradicional envolvia o uso de gengibre fresco (*Zingiber officinale*), açúcar e uma cultura simbiótica de microrganismos, resultando em uma bebida naturalmente efervescente com propriedades probióticas (Madden, 2007).

A expansão desse produto pelo mundo foi possibilitada por inovações na indústria de embalagens, como o surgimento das garrafas de cerâmica seladas com o chamado "esmalte de Bristol", que permitia a manutenção da pressão interna do dióxido de carbono sem vazamentos ou explosões frequentes (Madden, 2007). Com o passar do tempo, a legislação britânica, especificamente as British Excise Regulations de 1855, moldou o perfil da bebida ao exigir que ela contivesse no máximo 2% de álcool para evitar pesadas tributações, o que acabou por popularizar a ginger beer entre crianças e famílias, e no início do século XX, a produção era tão disseminada que quase todas as cidades do Reino Unido possuíam fabricantes locais, distribuindo a bebida em carroças puxadas por pôneis equipadas com bombas de pressão (Madden, 2007).

Atualmente, de acordo com Jarry (2019), o mercado diferencia drasticamente a ginger beer tradicional, que é fermentada e "viva", da ginger ale, que é essencialmente um refrigerante doce e carbonatado artificialmente. O interesse acadêmico e comercial contemporâneo foca no retorno aos métodos de fermentação natural, utilizando extrato de malte para fornecer a base nutritiva e o corpo característicos das cervejas, e o mel como um aditivo rico em açúcares

fermentescíveis e compostos aromáticos (Vilela *et al.*, 2022). Essa combinação exige uma análise teórica profunda dos parâmetros de controle de qualidade, uma vez que a variabilidade das matérias-primas naturais impõe riscos à padronização industrial (Tozetto, 2017).

A escolha do extrato de malte como fonte primária de açúcares em uma bebida tipo ginger beer fundamenta-se na sua capacidade de fornecer um mosto já hidrolisado que é rico em nutrientes essenciais para a levedura. O extrato resulta da maceração do malte de cevada, onde enzimas como as amilases converteram o amido em açúcares como maltose e dextrinas (Fonseca, 2006). Essas dextrinas, por não serem totalmente fermentadas pela *Saccharomyces cerevisiae*, garantem que a bebida final mantenha corpo e um leve dulçor residual, diferenciando-a de fermentados de açúcar puro que tendem a ser "secos" (Tozetto, 2017).

A introdução do mel como aditivo cervejeiro é uma prática amparada pela legislação brasileira recente, como o Decreto Nº 9.902 de 2019, que expandiu as possibilidades de ingredientes de origem animal na cerveja (Vilela *et al.*, 2022). Do ponto de vista técnico, o mel é um insumo excepcional devido à sua alta concentração de monossacarídeos, como frutose e glicose, que são prontamente assimilados pelas leveduras, acelerando a cinética de fermentação (Vilela *et al.*, 2022). Enquanto mostos de malte puro podem exigir tempos de fermentação mais longos devido à complexidade da maltotriose e outras cadeias, a presença de mel pode reduzir o tempo de estabilização do processo para cerca de 80 horas (Vilela *et al.*, 2022).

Além do aporte de açúcares, o mel contribui com uma matriz complexa de enzimas, minerais, vitaminas e compostos fenólicos que agem como antioxidantes naturais (Vilela *et al.*, 2022). A origem botânica do mel (monofloral ou polifloral) determina o perfil de aromas voláteis que serão percebidos na degustação final (Bastos *et al.*, 2002). O gengibre, por sua vez, adiciona não apenas o sabor picante característico devido aos gingeróis e shogaóis, mas também atua como um agente conservante natural (Madden, 2007). O uso de raiz fresca de *Zingiber officinale*, ou extratos concentrados, influencia a atividade fermentativa. Embora estudos indiquem que, em concentrações moderadas, o

gengibre não inibe o metabolismo da levedura, mantendo cinéticas semelhantes às de cervejas convencionais (Fonseca, 2006).

A acidez é, possivelmente, o parâmetro químico de maior relevância para a segurança microbiológica e a harmonia sensorial de uma bebida tipo ginger beer. Tecnicamente, a análise deve separar a acidez ativa (pH) da acidez total titulável, pois ambas oferecem informações distintas sobre a matriz da bebida (Stefen *et al.*, 2024).

O pH mede a concentração de íons hidrogênio livres e é um fator determinante para a atividade enzimática e a inibição de microrganismos indesejados. Em produtos fermentados, valores de pH abaixo de 4,6 são fundamentais para impedir o desenvolvimento de patógenos como o *Clostridium botulinum* (ASAE, [s.d]).

Durante o processo de fermentação, a queda do pH ocorre de forma natural à medida que a levedura consome nutrientes e libera ácidos orgânicos, além de dióxido de carbono, que se dissolve na água formando ácido carbônico (H_2CO_3) (Singer *et al.*, 2021). Uma ginger beer bem caracterizada costuma apresentar pH entre 3,0 e 4,5 (Vilela *et al.*, 2022). O controle desse valor é essencial para a estabilidade coloidal, pois o pH influencia a carga elétrica das proteínas e polifenóis, afetando a turbidez e a persistência da espuma (Mastanjević *et al.*, 2018).

A acidez total titulável, por outro lado, quantifica a quantidade total de ácidos orgânicos (como o ácido láctico, acético, málico e cítrico), os quais não se encontram totalmente dissociados na bebida (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Ela é percebida pelo paladar como o "azedo" ou vivacidade da bebida. Em cervejas do tipo "Sour" ou fermentados com gengibre e limão, a acidez total é um parâmetro de qualidade que deve ser equilibrado com o dulçor residual e a picância do gengibre (Singer *et al.*, 2021). A distinção entre acidez fixa e acidez volátil (principalmente ácido acético) é um indicador técnico de pureza fermentativa; níveis elevados de acidez volátil geralmente sugerem contaminação por bactérias acéticas ou oxidação excessiva durante a maturação (Singer *et al.*, 2021).

A relação entre a presença de CO_2 e a acidez medida é um ponto de atenção laboratorial. Amostras carbonatadas apresentam pH inferior e acidez superior devido ao ácido carbônico; portanto, para análises precisas da composição de ácidos orgânicos fixos, a descarbonatação prévia da amostra é um procedimento operacional padrão indispensável (Singer *et al.*, 2021).

Para o agrônomo e o tecnólogo de bebidas, os conceitos de Brix e densidade são as métricas fundamentais para avaliar a eficiência da conversão de substrato em álcool. O grau Brix ($^{\circ}Brix$) representa a porcentagem em massa de sólidos solúveis (predominantemente açúcares) em uma solução (Martins, 2022). Em um mosto composto por extrato de malte e mel, o Brix inicial indica o potencial alcoólico da bebida. Durante a fermentação, esse valor decresce à medida que a levedura metaboliza os açúcares para produzir etanol e CO_2 (Santos, 2021).

A densidade relativa, ou gravidade específica, é uma medida da massa de um volume de mosto em relação à massa de igual volume de água destilada. Na indústria cervejeira, utiliza-se a escala Plato ($^{\circ}P$) para uma leitura mais precisa da concentração do extrato de malte (Martins, 2022). A relação entre a densidade específica e o extrato real é crucial para calcular o volume de álcool produzido. A fórmula teórica para a conversão de densidade em graus Plato é:

$$^{\circ}P = 260 \times \left(1 - \frac{1}{SG}\right)$$

Onde SG é a gravidade específica da solução (Martins, 2022).

O acompanhamento da densidade ao longo dos dias permite identificar o término da fermentação: quando a densidade se mantém constante por 48 a 72 horas, entende-se que os açúcares fermentescíveis foram exauridos (Santos, 2021). Em formulações com mel, a cinética pode ser mais acelerada no início devido à frutose, mas é a densidade final que indicará o grau de atenuação da levedura, ou seja, quanto do açúcar total foi efetivamente convertido (Vilela *et al.*, 2022). Um baixo teor de sólidos solúveis finais (baixo Brix residual) é

desejável para uma ginger beer refrescante, evitando que a bebida se torne excessivamente enjoativa ou viscosa (Tozetto, 2017).

A cor de uma cerveja ou bebida fermentada é um atributo de mercado vital, pois define a expectativa sensorial do consumidor antes mesmo do primeiro gole (Fulgêncio, 2023). A coloração é resultado de processos bioquímicos e térmicos complexos, principalmente a Reação de Maillard e a caramelização (Vieira, 2023). Durante a fervura do mosto, os aminoácidos do malte reagem com os açúcares redutores do mel e do próprio malte, gerando melanoidinas, que são pigmentos que variam do amarelo pálido ao marrom escuro (Mastanjević *et al.*, 2018).

Existem dois sistemas principais para a quantificação objetiva da cor: o SRM (*Standard Reference Method*) e o EBC (*European Brewery Convention*) (Koren, *et al.*, 2020). Ambos utilizam a espectrofotometria para medir a absorção de luz no comprimento de onda de 430 nm (Mastanjević *et al.*, 2018). A escala EBC é a mais comum no Brasil e na Europa, variando de 1 a 140 unidades; uma ginger beer clara estaria na faixa de 6 a 12 EBC, enquanto versões com meis escuros ou maltes tostados podem atingir valores significativamente maiores (Alves; Caldas; Gerbassi, 2017).

Além das medidas espectrofotométricas, a tecnologia digital tem introduzido o uso da escala RGB e modelos quimiométricos para prever a cor a partir de imagens, embora a precisão absoluta ainda enfrenta desafios devido à turbidez natural de bebidas com gengibre (Fulgêncio, 2023). A cor também serve como um indicador indireto da estabilidade do sabor; cores que escurecem excessivamente durante o armazenamento podem indicar oxidação de compostos fenólicos ou reações de Maillard tardias, o que geralmente acompanha a degradação do perfil aromático (Mastanjević *et al.*, 2018).

A experiência tátil e visual de uma ginger beer é indissociável da sua carbonatação e da qualidade da sua espuma. A gaseificação (ou carbonatação) consiste na dissolução do CO_2 no líquido, o que pode ocorrer de forma natural através da refermentação na garrafa (priming) ou de forma forçada por cilindros de pressão (Alencar, 2025). O CO_2 desempenha três funções críticas: sensorial

(efervescência e realce de aromas), técnica (estabilização do pH) e protetora (exclusão de oxigênio para evitar a degradação) (Brunelli, Mansano e Venturini Filho, 2014).

A estabilidade da espuma, por sua vez, depende da interação entre as proteínas derivadas do malte e os isohumulonas do lúpulo (se presente) ou polifenóis do gengibre e mel (Mastanjević *et al.*, 2018). Essas moléculas formam uma película elástica ao redor das bolhas de gás, impedindo sua coalescência rápida. Em laboratório, a estabilidade de espuma é um indicador da integridade proteica do mosto e da ausência de contaminantes gordurosos que podem colapsar as bolhas (Mastanjević *et al.*, 2018).

No método de carbonatação natural (priming), a massa de açúcar adicionada deve ser calculada estequiometricamente para produzir a pressão desejada sem riscos de ruptura da garrafa (Santos, 2021). O cálculo baseia-se na equação da fermentação alcoólica, onde 1 grama de açúcar produz aproximadamente 0,489 gramas de CO_2 (Santos, 2021). A temperatura de envase é um fator determinante, pois dita o volume de CO_2 residual que já estava dissolvido no líquido após a fermentação primária, conforme a Lei de Henry (Santos, 2021).

A caracterização físico-química de uma ginger beer com malte e mel só atinge sua plenitude quando correlacionada com a percepção humana. A análise sensorial é a disciplina que utiliza os sentidos para evocar, medir e interpretar as reações às características do alimento (Alves, 2021). No contexto acadêmico e industrial, ela é fundamental para otimizar fórmulas e garantir que inovações, como a adição de mel, sejam bem recebidas pelo público-alvo (Alves, 2021).

O uso da escala hedônica, geralmente de nove pontos (variando de "desgostei muitíssimo" a "gostei muitíssimo"), é o método afetivo padrão para validar a aceitação de um produto (Vilela *et al.*, 2022). Além da aceitação global, atributos específicos como aroma (onde as notas florais do mel e o pungente do gengibre competem), sabor (equilíbrio entre acidez e dulçor residual) e sensação de boca (picância e corpo) são avaliados (Vilela *et al.*, 2022). A análise sensorial também permite identificar defeitos técnicos (*off-flavors*), como o diacetil, que

confere um sabor amanteigado indesejado resultante de uma fermentação incompleta ou estressada (Mastanjević *et al.*, 2018).

O mercado de bebidas fermentadas "saudáveis" e funcionais valoriza produtos que conseguem aliar o prazer gastronômico a propriedades benéficas, como os compostos fenólicos do mel e do gengibre (Alves, 2021). Portanto, a análise sensorial não é apenas um teste de sabor, mas uma ferramenta de inteligência de mercado que orienta o desenvolvimento de rótulos informativos e estratégias de marketing baseadas no perfil de consumo identificado (Alves, 2021).

A importância teórica dos testes discutidos nesta revisão reflete diretamente na viabilidade comercial da bebida tipo ginger beer. Em um setor cada vez mais competitivo, a padronização é o diferencial entre um produtor artesanal de sucesso e um experimento doméstico instável (Mastanjević *et al.*, 2018). O mercado consumidor de cervejas especiais e fermentadas não convencionais é exigente quanto à constância de cor, sabor e carbonatação. Se uma marca de ginger beer apresenta variações bruscas de acidez ou pressão entre lotes, ela perde a confiança do comprador e enfrenta barreiras regulatórias de segurança alimentar (Stefen *et al.*, 2024).

Além disso, a caracterização técnica permite que a bebida se posicione em nichos específicos. Por exemplo, uma ginger beer com alto teor de polifenóis e baixa caloria (baixo Brix final) atende ao público interessado em saudabilidade (Alves, 2021). Já uma versão com mel monofloral raro e extrato de malte especial foca no mercado de luxo e harmonização gastronômica (Bastos *et al.*, 2002). O controle de qualidade rigoroso, amparado por Procedimentos Operacionais Padrão (POPs), garante que as propriedades nutricionais e sensoriais declaradas no rótulo sejam verídicas, cumprindo as exigências do Ministério da Agricultura e as expectativas do consumidor moderno (Singer *et al.*, 2021).

Em suma, a caracterização de uma bebida tipo ginger beer com extrato de malte e mel é um exercício de integração entre agronomia, bioquímica e análise sensorial. Cada teste do pH à estabilidade de espuma fornece uma peça do quebra-cabeça que define a identidade da bebida. A compreensão teórica

desses parâmetros é o que permite ao formulador manipular as variáveis de processo para atingir um produto final que seja tecnicamente perfeito, microbiologicamente seguro e comercialmente atraente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a caracterização físico-química da bebida tipo ginger beer produzida com extrato de malte e mel, foram adotados os seguintes procedimentos experimentais.

Determinação de Sólidos Solúveis Totais (°Brix) por refratometria pelo método 315/IV (Instituto Adolfo Lutz, 2008). O teor de sólidos solúveis totais foi determinado por meio de refratometria, utilizando um refratômetro de campo. Foram transferidas três gotas da amostra para o prisma do equipamento com o auxílio de uma pipeta de Pasteur. A leitura foi realizada em triplicata, com os resultados expressos em graus Brix.

pH (por Potenciometria) pelo método 201/IV Determinação do pH (Instituto Adolfo Lutz, 2008). A determinação do pH foi realizada através do método potenciométrico, utilizando um pHmetro Digimed (modelo DM-2P), previamente calibrado com soluções tampão e apresentando acurácia de 97,6%. Para a leitura, as alíquotas de 10 mL da amostra foram transferidas para um béquer com auxílio de pipeta volumétrica, após o eletrodo foi submerso até a estabilização e registro do valor digital.

Densidade Relativa pelo método 215/IV Bebidas fermento-destiladas – Densidade relativa a 20°C/20°C com picnômetro (Instituto Adolfo Lutz, 2008). A densidade foi determinada pelo método gravimétrico, utilizando uma balança semi-analítica (modelo AG200). O procedimento consistiu na pesagem de um balão volumétrico de 100 mL (em substituição do picnômetro) em três estados: vazio, preenchido com água destilada e preenchido com a amostra fermentada. A densidade da cerveja foi calculada em função da densidade da água, as medições de todas as amostras foram feitas a 20°C.

Acidez Total Titulável pelo método 235/IV Vinhos – Acidez total (Instituto Adolfo Lutz, 2008). A acidez foi aferida por volumetria de neutralização (titulação). Utilizou-se como solução titulante o hidróxido de sódio (NaOH) 0,10 mol/L e como indicador a fenolftaleína (a solução de NaOH foi fatorada com padrão primário e os resultados corrigidos pelo fator de ajuste).

Determinação de Carbonatação (pelo método gravimétrico) - Para quantificar o gás gerado durante o priming, utilizou-se o método de diferença de massa. As massas das garrafas foram obtidas em balança de semi-analíticas em dois momentos:

- Com carbonatação: após o período de maturação, ao atingir a pressão desejada (verificada por teste de compressão manual na embalagem PET).
- Pós-desgaseificação: após a abertura e agitação mecânica exaustiva para a liberação total do dióxido de carbono.

A massa de gás gerada foi obtida pela diferença entre a massa inicial e a massa final da amostra desgasificada.

A estabilidade da espuma (retenção de colarinho) foi avaliada sob duas condições de serviço:

Serviço Estático: A amostra foi vertida cuidadosamente em uma proveta de 250 mL (diâmetro de 3,5 cm) até atingir o volume de 100 mL de líquido. Cronometrou-se o tempo em segundos necessário para a dissipação total da zona de espuma.

Serviço Dinâmico: A embalagem foi submetida a agitação mecânica por 3 segundos antes do serviço, sendo então vertida na proveta até a marca de 100 mL de líquido, seguindo-se a cronometragem da persistência da espuma.

Caracterização Cromática (Sistema RGB), ou análise de cor foi realizada via processamento digital de imagem. Uma fração da amostra foi transferida para um recipiente translúcido de poliestireno, acoplado a uma base de isolamento em poliestireno expandido (isopor) branco para padronização da reflectância. O sistema de captura foi montado com incidência de luz a 15 cm de distância e

posição de câmera fixa, usando a câmera de um celular S20 de 12 Mpx. A determinação dos atributos de cor RGB foi feita a partir das imagens salvas em .bmp 24 bits e analisadas com o aplicativo SH2.0.1 (Sachs *et al.*, s.d). A partir dessas informações, foram obtidos os valores no espaço SFP: S (pureza da cor), F (claridade) e P (ângulo da cor), equivalentes ao Croma, Valor e Matiz (Hue) na escala de Munsell respectivamente. A cor EBC (European Brewery Convention 1975) Method 9.6: $EBC = A_{430} \times 25 \times f$, sendo: A_{430} = Absorvância a 430 nm; f = fator diluição (Koren *et al.*, 2020).

A análise sensorial de preferência foi realizada com julgadores não treinados (consumidores), utilizando-se o método de teste cego para garantir a imparcialidade dos resultados. O procedimento foi conduzido em bancadas individuais, onde cada provador recebeu simultaneamente três amostras de cerveja (correspondentes às diferentes formulações de gengibre), servidas em copos descartáveis codificados com algarismos aleatórios de três dígitos.

A ordem de apresentação das amostras foi aleatorizada para evitar o erro de expectativa e o efeito de ordem de serviço. Cada julgador recebeu um kit de avaliação composto pelas amostras, água com gás para limpeza do palato entre as provas e uma ficha de avaliação sensorial. Os atributos sensoriais avaliados foram: cor, aroma, sabor, gaseificação/espuma e aceitabilidade global.

Para a caracterização do perfil do painel e manutenção do anonimato, foram coletados apenas dados sociodemográficos básicos: sexo, faixa etária e grau de escolaridade. Além da avaliação quantitativa dos atributos, os julgadores foram instruídos e encorajados a registrar observações qualitativas e percepções sensoriais adicionais no verso da ficha de avaliação, visando uma compreensão mais ampla das características organolépticas da cerveja produzida com extrato de malte e mel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

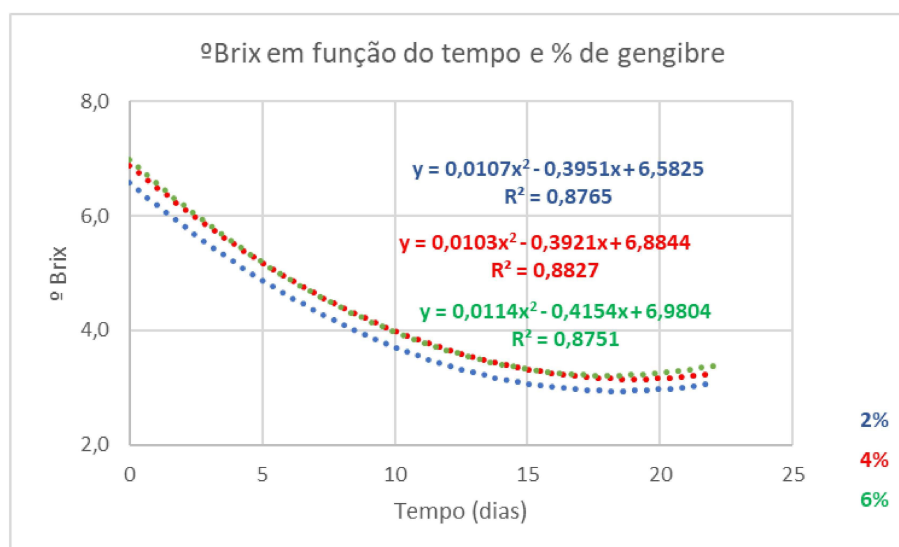
A avaliação da bebida tipo ginger beer formulada com extrato de malte e mel foi dividida em duas frentes: a caracterização físico-química, com foco no desempenho fermentativo e na estabilidade da bebida, e a análise sensorial afetiva, visando determinar a aceitação do consumidor frente a diferentes concentrações de gengibre (Amostra C = 2%; Amostra A = 4%; Amostra B = 6%).

4.1 Caracterização Físico-Química e Fermentativa

4.1.1 Perfil de Fermentação, °Brix e Teor Alcoólico

O monitoramento do extrato fermentescível revelou comportamentos distintos. O gráfico 1 mostra que, partindo de um mosto inicial entre 6,6 e 7,0 °Brix, a Amostra C (2% de gengibre) atingiu o menor valor residual ao final do processo (~3,0 °Brix), indicando uma atenuação eficiente pelos microrganismos. Em contrapartida, a Amostra B (6%) apresentou o maior °Brix residual (~3,3 °Brix).

Gráfico 1: Evolução do °Brix durante o processo de preparo de cerveja com diferentes teores de gengibre na formulação.



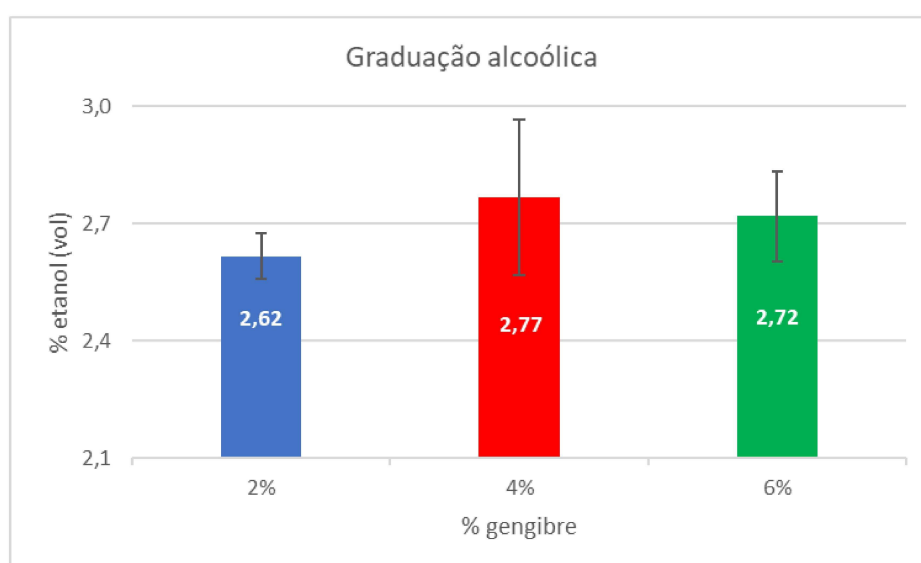
Fonte: elaboração própria (2026).

O °Brix inicial variou de 6,6, para a amostra com 2% de gengibre, a 7,0, para a amostra com 6% de gengibre. A amostra com 2% de gengibre (Azul) atingiu o menor Brix final (aproximadamente 3,0), sugerindo uma maior atenuação aparente final ou uma refermentação mais completa; já a amostra com 6% de gengibre (Verde) atingiu o maior valor (aproximadamente 3,3). Isso sugere que a maior concentração de gengibre pode ter provocado um pequeno efeito inibitório na fermentação secundária. A concentração mais alta de gengibre (6%) pode ser associada à leve inibição da atividade das leveduras durante a refermentação na garrafa, devido a compostos antimicrobianos presentes no gengibre (como o gingerol ou shogaol) — efeito inibitório relatado por Li *et al.* (2020) —, resultando em um menor consumo de açúcar do mel (*priming*).

Fonseca (2006) relatou em seus estudos que concentrações de gengibre de até 9,5 g/L não exerceram efeito inibitório sobre leveduras *Saccharomyces*. Contudo, a concentração utilizada neste trabalho para a Amostra B (6%, obtida a partir da extração aquosa a quente de 300 g do rizoma fresco para um volume

final de 5 L, o que equivale a 60 g/L) é consideravelmente superior. Esse alto teor sugere que as propriedades antimicrobianas intrínsecas aos compostos pungentes do gengibre atuaram como fator de estresse inibitório para a levedura, dificultando o consumo total dos açúcares. Apesar dessa diferença na cinética, o teor alcoólico final não apresentou variação estatística significativa, mantendo-se na faixa de 2,62% a 2,77% (v/v), consolidando a bebida como um fermentado de baixo teor alcoólico, como pode ser observado a seguir no Gráfico 2.

Gráfico 2: Graduações alcoólicas das cervejas preparadas com diferentes teores de gengibre na formulação.



Fonte: elaboração própria (2026).

O Gráfico de graduação alcoólica (% etanol vol) mostra os valores médios de álcool produzido para as três formulações: **2,62%**, **2,77%** e **2,72%**, para as cervejas produzidas com 2%, 4% e 6% de gengibre. Os teores médios foram muito próximos entre as diferentes formulações. As barras de erro (indicando desvio-padrão) incluídas no Gráfico são relativamente grandes em relação às diferenças entre os valores médios. Isso sugere que, estatisticamente, não houve uma diferença significativa na produção final de etanol entre as três concentrações de gengibre; ou seja, o gengibre, dentro desta faixa de concentrações testadas, não atuou de forma diferente como um inibidor ou estimulante da fermentação primária e secundária. Outro estudo indicou que o

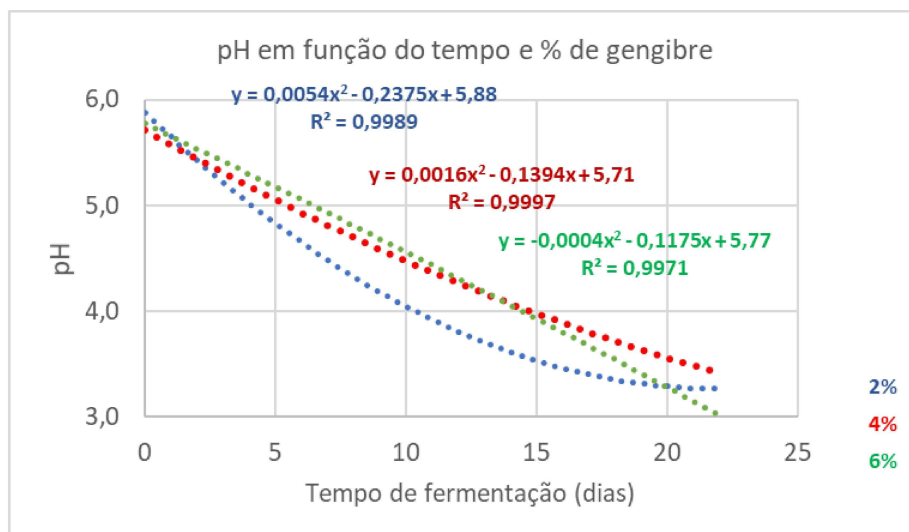
gengibre pode ter efeito inibitório no metabolismo da levedura cervejeira (Li *et al.*, 2020), o que está de acordo com os teores alcoólicos obtidos neste estudo, pois, se considerados o °Brix original mais o mel acrescentado no *priming* e o °Brix final, o teor alcoólico esperado seria maior em todos os casos.

4.1.2 Acidez e pH

O processo fermentativo reduziu o pH inicial (5,7 – 5,9) para valores entre 3,0 e 3,4 em todos os casos. A Amostra B (6%) registrou o pH mais baixo (~3,0) e a maior Acidez Titulável Total. Este resultado corrobora os achados de Maia *et al.* (2022), que caracterizaram fermentados alcoólicos de gengibre com pH de 3,04 e alta acidez total, e aproxima-se dos dados de Stefen *et al.* (2024), que obtiveram pH de 3,4 em bebidas de gengibre e menta. Embora o mel tende a suavizar a percepção ácida, a elevada concentração da especiaria e a produção de ácidos orgânicos durante a fermentação ditaram o perfil físico-químico da Amostra B.

Podem ser vistas no Gráfico 3 e no Gráfico 4, respectivamente, as equações de regressão com relação ao pH e à acidez titulável total em função do tempo de fermentação das cervejas com diferentes teores de gengibre usados na formulação.

Gráfico 3: Evolução do pH durante o processo de preparo de cerveja com diferentes teores de gengibre na formulação.



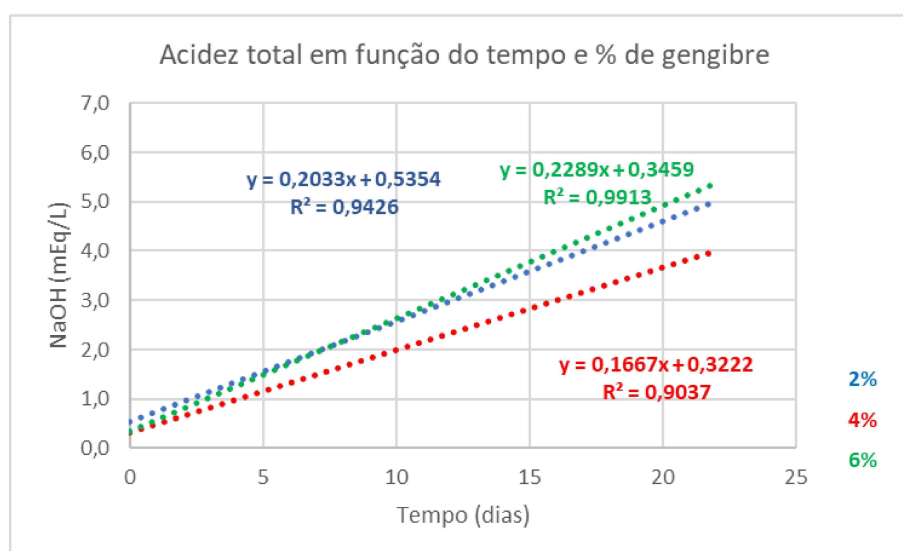
Fonte: elaboração própria (2026).

A análise do gráfico 3 revela tendências importantes sobre o processo de fermentação e a influência do gengibre no pH do produto. No início da fermentação, o pH foi similar para todas as amostras, variando ligeiramente entre 5,7 e 5,9. Pode-se observar que as três curvas de regressão (2%, 4% e 6% de gengibre) demonstram uma redução progressiva do pH ao longo do tempo de fermentação. Este declínio já era esperado pois, no processo de fermentação de cervejas e bebidas fermentadas, os microrganismos (principalmente leveduras adicionadas ao mosto e possivelmente bactérias presentes no meio) consomem os açúcares e produzem, como subprodutos metabólicos, ácidos orgânicos, o que acarreta a redução do pH.

Observando a tendência dos gráficos de regressão, pode-se perceber que o gengibre exerceu impacto na velocidade da queda do pH. A amostra com 2% de gengibre (curva em azul) apresentou a queda inicial mais acentuada. As amostras com 4% e 6% de gengibre (curvas vermelha e verde) apresentam quedas mais lentas e graduais em comparação com a amostra de 2%. É interessante notar que, no final do processo, a amostra de 6% de gengibre foi a que apresentou o pH mais baixo (aproximadamente 3,0), enquanto as amostras com 2% e 4% terminaram com pH 3,2 e 3,4, respectivamente.

Os possíveis mecanismos da diferença de comportamento podem ser atribuídos a vários fatores relacionados à composição do gengibre, que pode ter causado inibição microbiana. O gengibre possui compostos antimicrobianos (Ferreira et al., 2025), e sua maior concentração pode ter sido a causa de uma fermentação inicial menos vigorosa nas amostras com 4% e 6% e, como consequência, uma menor queda inicial do pH. Uma outra hipótese é o efeito tampão provocado pelo maior teor de gengibre, pois uma maior capacidade tamponante significa que são necessárias maiores quantidades de ácido para alterar o pH.

Gráfico 4: Evolução da acidez total durante o processo de preparo de cerveja com diferentes teores de gengibre na formulação.



Fonte: elaboração própria (2026).

Apesar das diferenças entre as avaliações, à medida que a acidez titulável aumenta, o pH diminui. Todas as curvas demonstraram um aumento linear e progressivo da acidez titulável total ao longo do tempo de fermentação, coerente com a queda observada do pH. Ambos os gráficos refletem a produção contínua de ácidos orgânicos pelos microrganismos com a progressão da fermentação. As equações de regressão foram todas quase perfeitamente lineares, com coeficientes de determinação de Pearson de 0,90 a 0,99, indicando que a taxa de produção de ácido foi relativamente constante ao longo da fermentação. A

amostra de 4% de gengibre foi a que apresentou a menor acidez titulável ao final da fermentação, enquanto a de 6% de gengibre, apresentou o menor valor de acidez fixa, coerentes com o maior e o menor pH observados, respectivamente. Tozetto (2017) apresentou resultados semelhantes relacionados à estabilização da acidez titulável e do pH em processos fermentativos adicionados do rizoma.

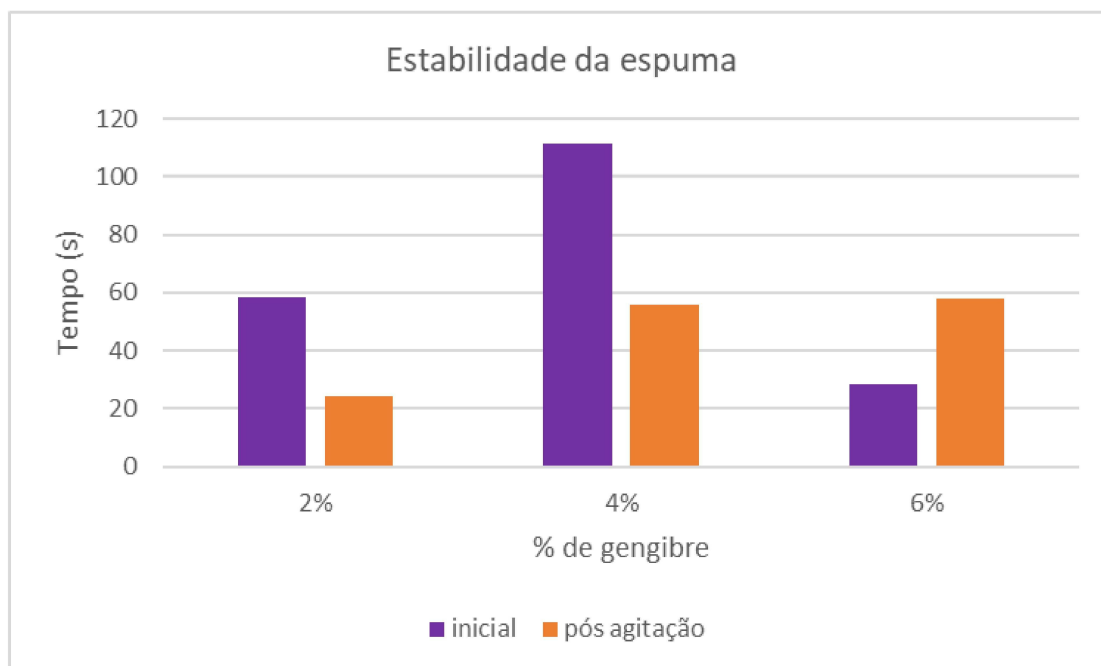
Pode-se inferir destes resultados que variação da concentração de gengibre exerceu impacto direto sobre a cinética de fermentação, a acidez e a estabilidade física da bebida.

4.1.3 Estabilidade de Espuma e Cor

A estabilidade da espuma (retenção do colarinho) é um parâmetro crítico de qualidade (Santos, 2021), a avaliação da espuma é considerada um parâmetro crucial de qualidade, sendo influenciada diretamente pela carbonatação e pela presença de proteínas na bebida. Verificou-se um colapso severo na Amostra B (6%), cuja espuma dissipou-se em apenas 28 segundos. Este fenômeno é explicado pela alta carga de óleos essenciais lipídicos do extrato de gengibre, que atuam quebrando a tensão superficial das bolhas. A Amostra A (4%) apresentou a melhor retenção (111 segundos) e uma carbonatação natural por priming de 2,58 volumes de CO_2 , estando dentro dos limites legais estabelecidos pela IN nº 65/2019 do MAPA.

No gráfico 5 encontram-se os valores da estabilidade da espuma inicial e após agitação para as diferentes formulações de cerveja. Seguindo os critérios apresentados no capítulo de Materiais e Métodos para os dois serviços.

Gráfico 5. Estabilidade inicial da espuma e após agitação para as diferentes formulações de cervejas.



Fonte: elaboração própria (2026).

O gráfico de estabilidade da espuma (Gráfico 5) compara o tempo, em segundos, que a espuma demora para colapsar completamente em duas condições: inicial (imediatamente após a abertura da garrafa) e após agitação. A estabilidade da espuma é uma característica sensorial e de qualidade crucial para a cerveja, sendo influenciada por vários fatores, como proteínas e polissacarídeos, que tendem a aumentar a estabilidade, e etanol e gorduras, que a diminuem (Carvalho; Bento; Silva, 2006).

A formulação com 4% de gengibre apresentou o melhor desempenho na estabilidade inicial, com um tempo de colapso de 111 s. Já a formulação com 6% de gengibre apresentou um comportamento anômalo, com estabilidade inicial de apenas 28 s. Na pós-agitação, a amostra formulada com 2% de gengibre foi a que apresentou menor estabilidade: apenas 24 s. O teor alcoólico não se correlacionou com a estabilidade da espuma, embora o teor alcoólico seja um desestabilizador relatado na literatura consultada. O fator que pode explicar a maior estabilidade inicial da amostra com 4% de gengibre é a carbonatação. A carbonatação (o gás que forma as bolhas) foi maior na amostra

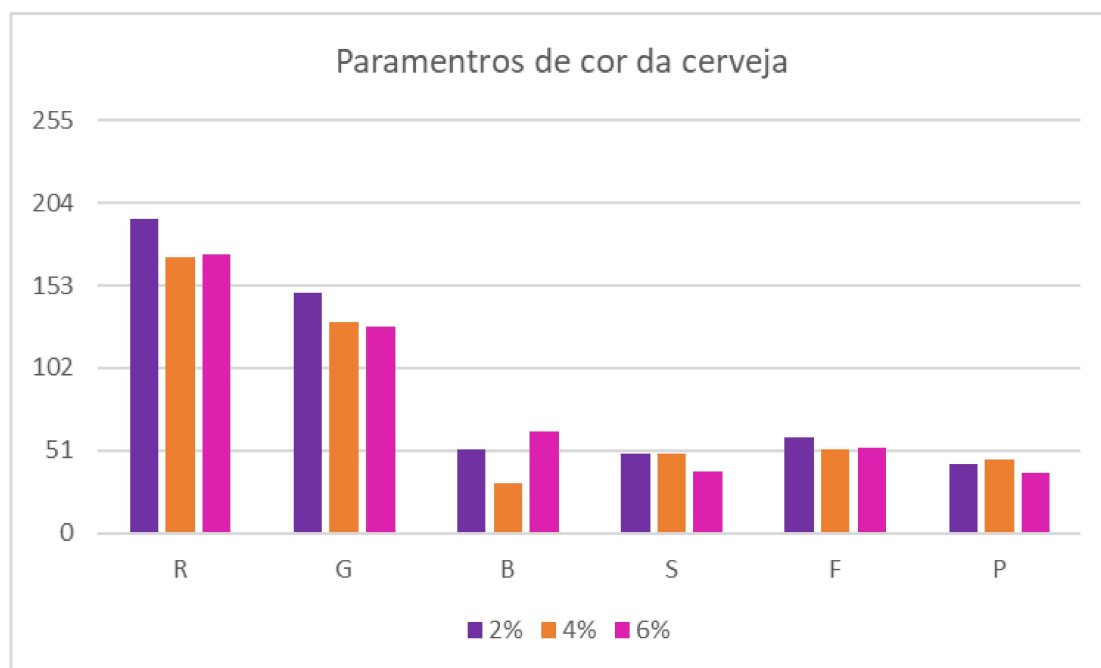
com 4% de gengibre, o que parece ter sido essencial para o volume inicial da espuma e, consequentemente, para a sua maior estabilidade inicial.

A escala EBC é usada para medir a cor da cerveja, onde valores mais baixos indicam cores mais claras (amarelo pálido) e valores mais altos indicam cores mais escuras (âmbar, marrom, preto). A relação entre a concentração de gengibre e a cor EBC mostra que as cervejas formuladas com 2% e 4% apresentaram o mesmo valor (EBC = 12). Um EBC de 12 tipicamente corresponde a uma cerveja de cor dourada ou amarelo intenso. Já na formulação com 6%, o valor EBC aumentou para 17.

Este aumento indica que a cerveja se tornou visivelmente mais escura, movendo-se para a faixa de cor âmbar ou âmbar claro. Isso sugere que o aumento da concentração de 4% para 6% teve um impacto mais significativo no escurecimento da bebida do que o aumento de 2% para 4%, indicando que a cor da cerveja está diretamente relacionada à concentração do material de origem.

O gráfico de barras (Gráfico 6) fornece o suporte instrumental para a diferença observada no EBC. Os valores de RGB (*Red, Green, Blue*) para as formulações com 2% e 4% de gengibre são muito próximos, o que corrobora o EBC idêntico de 12, indicando cores virtualmente muito parecidas. Já para a formulada com 6%, os valores de R, G e B são mais baixos em comparação às de 2% e 4%. Valores de RGB mais baixos representam uma cor que está mais próxima do preto (0, 0, 0) ou mais escura, o que confirma o EBC mais alto (17).

Gráfico 6. Parâmetros de cor no espaço de cor RGB e SFP para as cervejas formuladas com diferentes concentrações de gengibre. A partir dos valores RGB, foram obtidos os valores do espaço de cor SRM, sendo: S (pureza [saturação]: 0 = cinza; 100 = cor pura); F (claridade [fulgor]: 0 = preto; 100 = branco); P (ângulo [matiz, hue ou prisma]: vermelho = 0° ou 360°; laranja = 30°; amarelo = 60°; verde = 120°; ciano = 180°; azul = 240°; magenta = 300°).



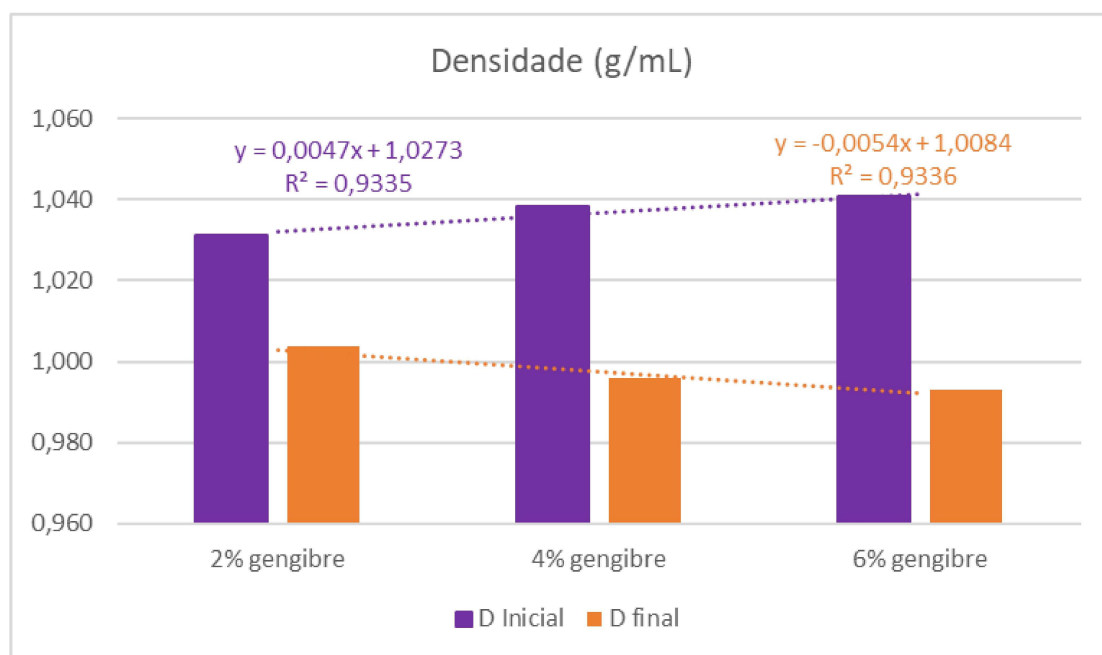
Fonte: elaboração própria (2026).

O espaço de cor SFP é muito semelhante em todas as concentrações, indicando que a intensidade da cor (o quão "pura" ela é, em oposição ao cinza) não mudou drasticamente. O valor de F (fator de claridade/brilho) para a formulada com 6% de gengibre foi o mais baixo entre as concentrações, indicando que a cerveja está mais escura. Este parâmetro é o que melhor se correlaciona visualmente com o aumento do EBC. O valor de P (proporção de matiz) é ligeiramente diferente, mas ainda na mesma faixa angular, o que indica que, embora a cerveja tenha escurecido (mudança no F), a tonalidade dominante da cor (se é mais amarela ou laranja) não se alterou drasticamente. Em resumo, o aumento na concentração para 6% resultou em um acréscimo no EBC de 12 para 17, o que se traduz em um escurecimento da cerveja, confirmado pela diminuição nos valores de claridade (F) e nos componentes RGB.

4.1.4 Densidade

No gráfico 8 se observa o gráfico de barras e as linhas de tendência fornecem informações sobre as densidades iniciais (mosto) e a densidade final do produto (cerveja) em função da porcentagem de gengibre adicionada (2%, 4% e 6%). As densidades são apresentadas em g/mL. Pode-se observar uma queda das densidades em todas as formulações (2%, 4% e 6% de gengibre); a densidade final (barras laranjas) é menor que a densidade inicial (barras roxas).

Gráfico 7: Densidade inicial do mosto e densidade final do produto em função dos diferentes teores de gengibre utilizados na formulação.



Fonte: elaboração própria (2026).

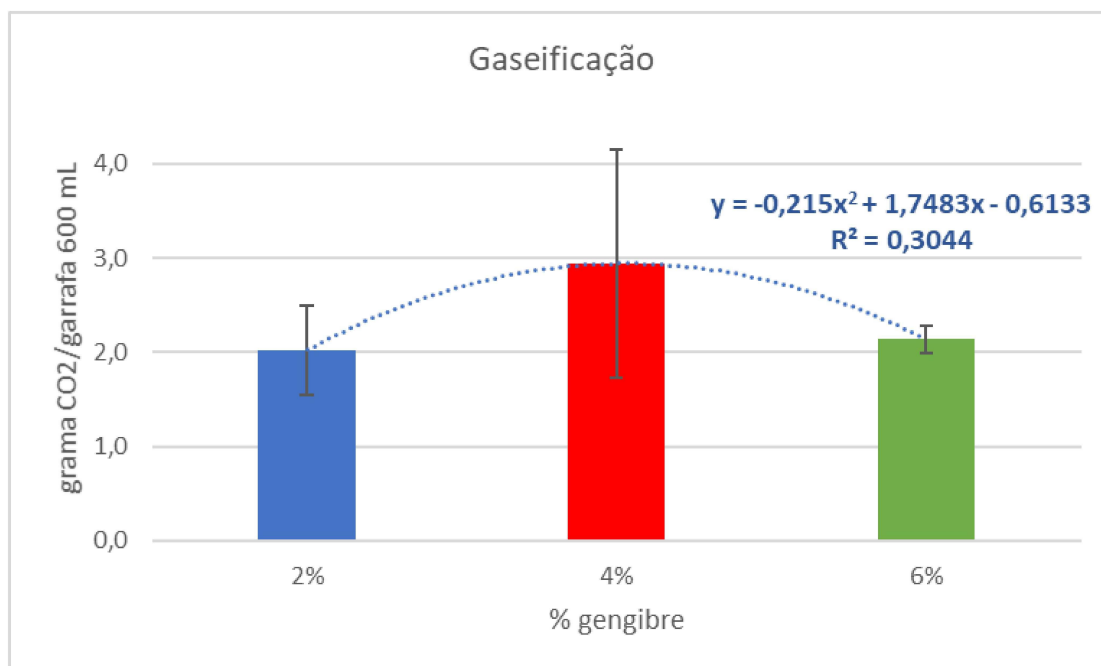
A densidade inicial variou de aproximadamente 1,032 g/mL a 1,040 g/mL. A linha de tendência em roxa demonstra uma tendência de aumento na densidade inicial com o aumento da porcentagem de gengibre, apresentando um coeficiente angular positivo de 0,0047 g/mL para cada 1% de acréscimo de gengibre na formulação. Isso pode ser devido à presença de sólidos solúveis (como açúcares, proteínas, etc.) introduzidos pelo gengibre.

Os valores de densidade final são menores, variando de aproximadamente 1,002 g/mL a 0,993 g/mL. Esta queda na densidade é o resultado esperado do processo de fermentação. Durante a fermentação, as leveduras e outros microrganismos consomem os açúcares presentes no mosto (representados pela densidade inicial) e os convertem, principalmente, em álcool (etanol) e dióxido de carbono, menos densos. O etanol (0,789 g/mL a 20 °C) é significativamente menos denso que a água e que os açúcares consumidos. Além do fato de que, durante a primeira etapa da fermentação, o CO_2 produzido é eliminado na forma de gás, é de se esperar que a densidade da cerveja diminua com o avanço da fermentação.

A linha de tendência em laranja mostra uma tendência de diminuição na densidade final à medida que a porcentagem de gengibre aumenta, com um coeficiente angular negativo de -0,0054 para cada aumento de 1% no teor de gengibre. Apesar de esses resultados da densidade final não estarem em concordância com o maior °Brix final nas bebidas com maior teor de gengibre, estão perfeitamente de acordo com o maior teor alcoólico das cervejas com mais gengibre. O descompasso entre a densidade final e o °Brix final das diferentes formulações pode ser explicado pela presença de outros compostos solúveis que também influenciam °Brix.

4.1.5 Gaseificação

No gráfico 8, podem ser vistos os valores da gaseificação das diferentes formulações de cerveja.

Gráfico 8. Gaseificação das diferentes formulações de cervejas.

Fonte: elaboração própria (2026).

O gráfico de gaseificação fornece as massas de CO_2 contidas em cada garrafa de cerveja de 600 mL para as três formulações, variando a porcentagem de gengibre (2%, 4% e 6%), após a refermentação em garrafa (*priming*) com adição de 2% de mel no momento do engarrafamento para a fermentação secundária. Ao adicionar mel (açúcar de *priming*) no 17º dia e engarrafar, as leveduras consomem esse açúcar adicional e o residual, produzindo álcool e gás; como este não tem como escapar da garrafa fechada, acaba dissolvendo-se no líquido, resultando na carbonatação da cerveja.

A quantidade de CO_2 produzido está diretamente relacionada ao consumo do açúcar de *priming*. Os resultados mostram uma relação não linear entre a concentração de gengibre e a gaseificação esperada. A cerveja com 4% de gengibre apresentou o maior nível de gaseificação, com média de 2,9 g por garrafa de 600 mL. Esta amostra também apresentou o maior teor alcoólico medido (2,77% vol), sugerindo que as condições fermentativas na formulação de 4% foram, no geral, as mais eficientes e favoráveis para a atividade da levedura.

Entretanto, o desvio-padrão, que pode ser avaliado por meio das barras de erro, foi muito maior para esta formulação, indicando uma alta variabilidade na carbonatação entre as garrafas. Isso pode sugerir dificuldades no controle do processo de *priming* ou uma sensibilidade maior da levedura às condições dessa formulação durante a refermentação. As cervejas com 2% e 6% de gengibre apresentaram níveis de gaseificação semelhantes e significativamente menores que as cervejas com 4% de gengibre.

Convertendo os valores das massas de gás para volume em CNTP (STP), obtêm-se os valores médios de 1,72, 2,58 e 1,81 volumes de gás. De acordo com a Instrução Normativa (IN) nº 65, de 10 de dezembro de 2019, do MAPA, que aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Cerveja, a especificação sobre o teor máximo de CO_2 permitido na bebida é de 10 g/L, o que equivale a aproximadamente 5 volumes de gás (MAPA, 2019). Logo todas as formulações cumprem a legislação.

4.2 Análise Sensorial Global

A aceitação da bebida tipo ginger beer foi avaliada por meio de escala hedônica de 9 pontos, método afetivo consagrado para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios (Alves, 2021). Tozetto (2017) demonstrou que a adição de gengibre agrega valor e confere notas condimentadas únicas à cerveja, desde que em proporções equilibradas.

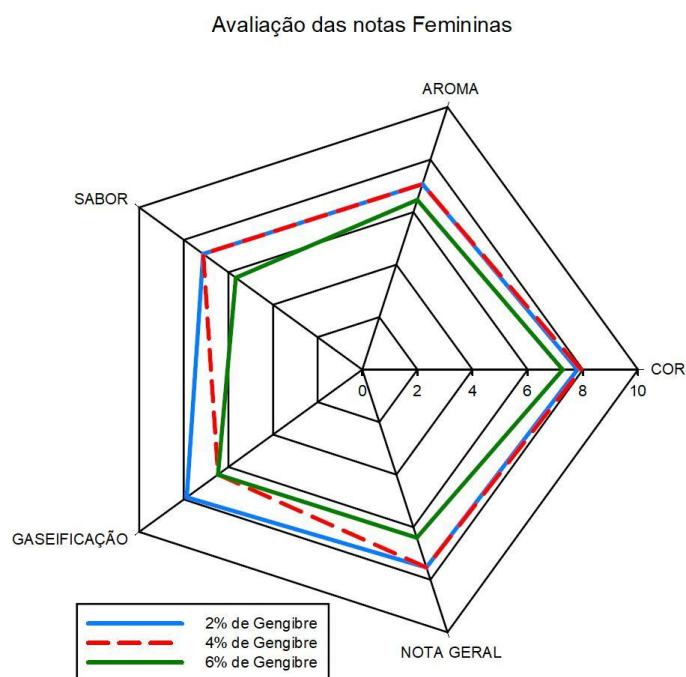
Os resultados corroboram essa premissa: a Amostra C (2% de gengibre) obteve o maior consenso de aceitação, registrando a maior Nota Geral Média (7,36). Em contraste, a Amostra B (6%) apresentou a menor média (6,73) e a maior polarização dos resultados, evidenciando que a picância extrema gera forte rejeição. Um achado sensorial relevante ocorreu na Amostra A (4%): embora tenha recebido as maiores notas isoladas para Aroma e Sabor (7,24), sua Nota Geral foi penalizada pela baixa percepção tátil da gaseificação (6,33). Isso demonstra que o consumidor avalia a ginger beer de forma holística, onde a refrescância conferida pela carbonatação é tão determinante quanto a intensidade do sabor.

Vale ressaltar que a técnica de extração a quente (infusão) empregada no preparo do mosto exerceu um papel fundamental neste perfil organoléptico. A literatura aponta que o calor promove a conversão térmica do gengírol (composto altamente pungente do gengibre fresco) em zingerona, uma substância de picância mais branda e muito mais aromática (Madden, 2007). Essa transformação bioquímica ocorrida durante o preparo da decocção aquosa foi crucial para modular a agressividade da especiaria, justificando as boas notas de aroma e sabor obtidas pelas amostras de 2% e 4%.

4.3. Influência do Perfil Demográfico na Aceitação

O cruzamento das notas hedônicas com os metadados dos provadores revelou padrões cruciais de subjetividade e comportamento de consumo, como pode ser observado nos gráficos 9 e 10.

Gráfico 9 – Perfil sensorial da bebida tipo ginger beer avaliado pelo público feminino nas concentrações de 2%, 4% e 6% de gengibre.



Fonte: elaboração própria (2026).

O Gráfico ilustra o gráfico de radar referente à avaliação sensorial do público feminino para os cinco atributos analisados: Aroma, Cor, Sabor, Gaseificação e Nota Geral.

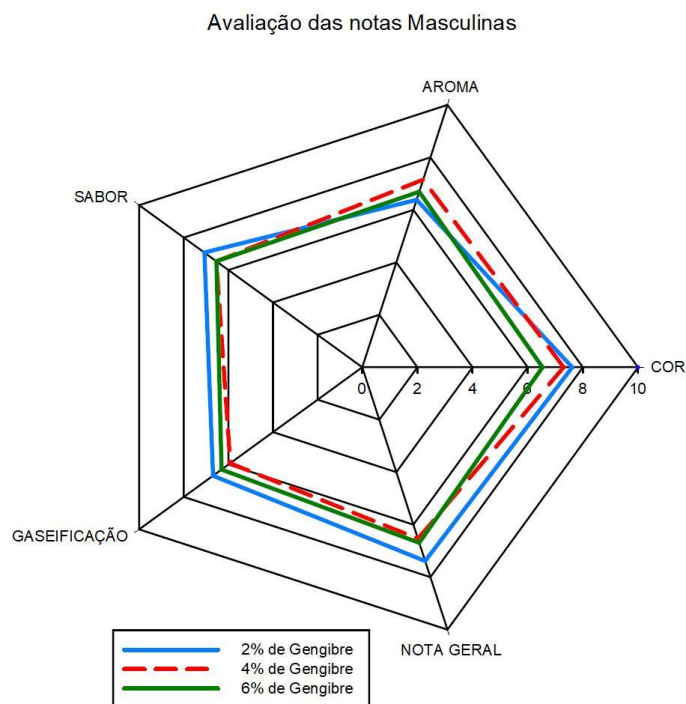
A análise do comportamento das linhas revela uma correlação inversamente proporcional entre a concentração de gengibre e a aceitação da bebida por este grupo demográfico. Observa-se que a formulação contendo 2% de gengibre (representada pela linha contínua azul) obteve a maior expansão poligonal, indicando a maior aceitação entre as provadoras em praticamente todos os parâmetros.

Nesta amostra, destacam-se as pontuações mais elevadas (próximas à nota 8) nos eixos de Sabor, Gaseificação e Nota Geral, demonstrando uma preferência consolidada por um perfil sensorial mais suave e equilibrado. A formulação intermediária, com 4% de gengibre (linha tracejada vermelha), acompanhou as notas da amostra de 2% nos quesitos olfativos e visuais (Aroma e Cor), porém apresentou uma retração evidente na aceitação quando submetida à degustação, com queda nas notas de Sabor e Gaseificação.

Por fim, a formulação com 6% de gengibre (linha contínua verde) formou a menor área geométrica no gráfico, refletindo a menor média de aceitação em todos os parâmetros avaliados.

A retração expressiva, especialmente nos eixos de Sabor e Nota Geral, corrobora com os dados físico-químicos obtidos, sugerindo que a alta concentração de compostos pungentes (como gingeróis e shogaóis) e o consequente estresse fermentativo que resultou em elevada acidez e baixo pH impactaram negativamente a palatabilidade da bebida, levando à sua rejeição por este segmento do público avaliador.

Gráfico 10 – Perfil sensorial da bebida tipo ginger beer avaliado pelo público masculino nas concentrações de 2%, 4% e 6% v/v de gengibre.



Fonte: elaboração própria (2026).

O gráfico 10 apresenta o gráfico de radar correspondente à avaliação sensorial realizada pelo público masculino. Ao analisar o diagrama, a característica mais marcante é a proximidade geométrica entre as áreas dos três polígonos, o que indica uma distribuição de notas muito mais homogênea e uma notável divergência demográfica na percepção da bebida.

Os dados demonstram que o público masculino apresentou uma tolerância substancialmente maior à pungência e à acidez do gengibre. Sendo assim a formulação extrema com 6% de gengibre, embora ainda ocupe a menor área global, manteve escores estáveis e não sofreu a retração drástica de aceitação observada em outros recortes demográficos, sustentando notas satisfatórias em todos os atributos,

A amostra de 2% de gengibre manteve uma leve preferência nos eixos de Sabor, Gaseificação e Nota Geral. Contudo, evidencia-se um comportamento distinto e muito promissor na formulação intermediária de 4%: esta amostra ultrapassou as demais no quesito Aroma e obteve excelente aceitação no atributo cor.

Essa aproximação das curvas sugere que a agressividade moderada no paladar e o perfil olfativo mais intenso não configuram fatores de rejeição severa para este perfil de consumidor. Para perspectivas futuras de mercado, os resultados indicam que o desenvolvimento de uma Ginger Beer voltada ao nicho masculino possui maior flexibilidade de formulação, permitindo a exploração de concentrações mais elevadas de extrato (como a faixa de 4%) para conferir maior complexidade aromática sem comprometer a aceitação global do produto

A análise dos gráficos de radar segmentados por gênero evidencia uma nítida divergência de paladar. O público feminino revelou-se significativamente mais sensível à intensidade do gengibre, penalizando de forma severa os atributos de Sabor e Nota Geral da amostra de 6%, ao mesmo tempo em que formou um polígono de preferência amplo e superior para a amostra de 2%. O público masculino, por sua vez, apresentou polígonos muito mais sobrepostos para as três amostras, indicando uma maior tolerância à picância e uma aceitação mais homogênea das concentrações elevadas.

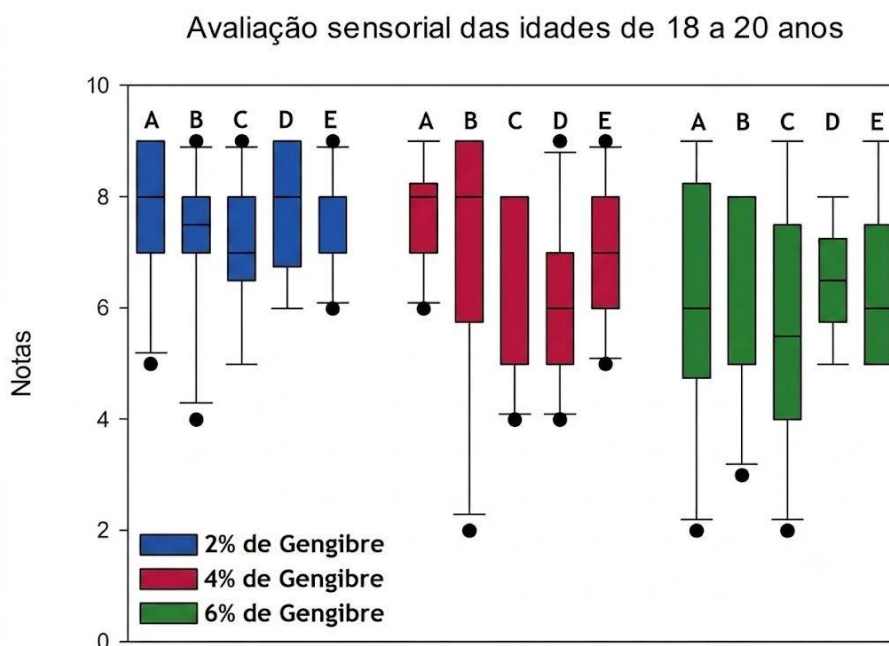
Com relação à idade, a análise dos boxplots contraria a hipótese de que a tolerância a sabores intensos cresce de forma linear com a maturidade cronológica (Gráficos 11, 12 e 13).

Para facilitar a interpretação dos resultados sensoriais com base na idade, os dados foram organizados em gráficos do tipo *boxplot* (diagrama de caixa). Diferente de um gráfico de barras tradicional, ele permite visualizar de forma simples como as opiniões dos provadores se dividiram. A leitura de sua estrutura é bastante visual: a área retangular colorida (a caixa principal) concentra metade de todas as respostas centrais dadas pelos avaliadores. O tamanho dessa caixa indica o grau de consenso do grupo, ou seja, caixas mais curtas e achatadas

mostram que os avaliadores concordaram entre si e deram notas muito parecidas, enquanto caixas mais alongadas indicam opiniões mais divergentes.

Dentro dessa caixa, a linha horizontal divisória marca a mediana, que é o valor que corta as opiniões exatamente ao meio e serve como o principal indicador da tendência da avaliação. As linhas verticais que saem da caixa, conhecidas como hastes, apontam até onde foram as notas máximas e mínimas consideradas comuns. Por fim, os pontos circulares isolados que aparecem fora dessas hastes são os valores atípicos (também chamados de outliers), que representam as notas daqueles provadores que tiveram opiniões muito extremas, avaliando a bebida de forma muito diferente do padrão do restante do grupo. Em relação à organização visual, o eixo vertical mostra as notas de 0 a 10 e as letras na parte superior indicam os cinco atributos avaliados consecutivamente, divididos em blocos de cores que representam cada concentração de gengibre testada.

Gráfico 11 – Avaliação sensorial da bebida tipo ginger beer por provadores da faixa etária de 18 a 20 anos, para as concentrações de 2%, 4% e 6% de gengibre. Nota: As letras representam os atributos sensoriais avaliados: Cor (A), Aroma (B), Sabor (C), Gaseificação (D) e Nota Geral (E).

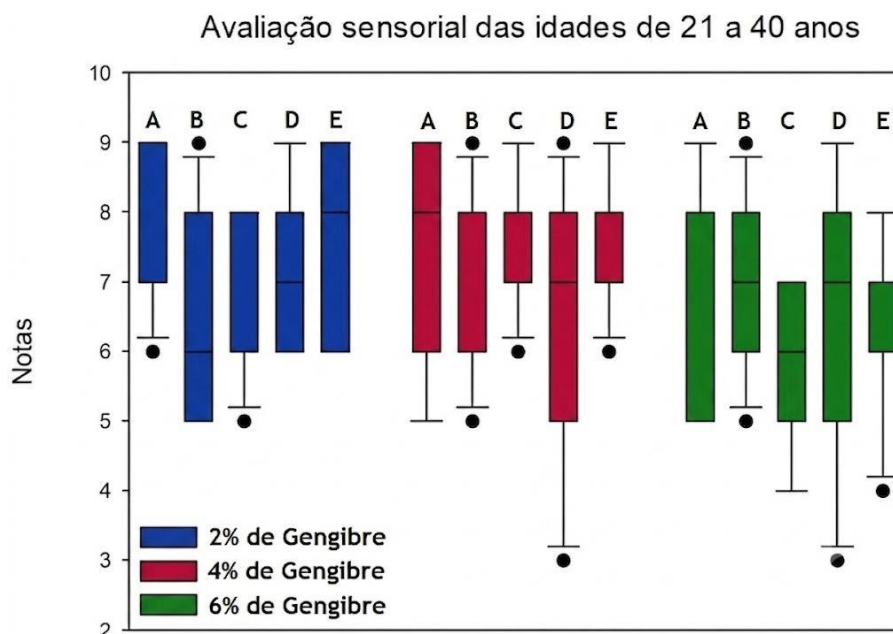


Fonte: elaboração própria (2026).

O gráfico 11 apresenta a distribuição das notas atribuídas pelos provadores da faixa etária de 18 a 20 anos, representadas em um gráfico de boxplot para as três concentrações de gengibre.

A análise gráfica demonstra que a formulação com 2% de gengibre (em vermelho) registrou as maiores medianas e uma menor dispersão de dados nas faixas de notas mais altas, consolidando a sua superioridade em termos de aceitação por este público mais jovem. Em contrapartida, a amostra extrema de 6% (em azul) exibiu as menores medianas e caixas visivelmente mais alongadas, o que evidencia não apenas uma avaliação global inferior, mas também uma maior divergência de opiniões entre os avaliadores desta idade em relação aos atributos da bebida.

Gráfico 12 – Avaliação sensorial da bebida tipo ginger beer por provadores da faixa etária de 21 a 40 anos, para as concentrações de 2%, 4% e 6% de gengibre. Nota: As letras representam os atributos sensoriais avaliados: Cor (A), Aroma (B), Sabor (C), Gaseificação (D) e Nota Geral (E).

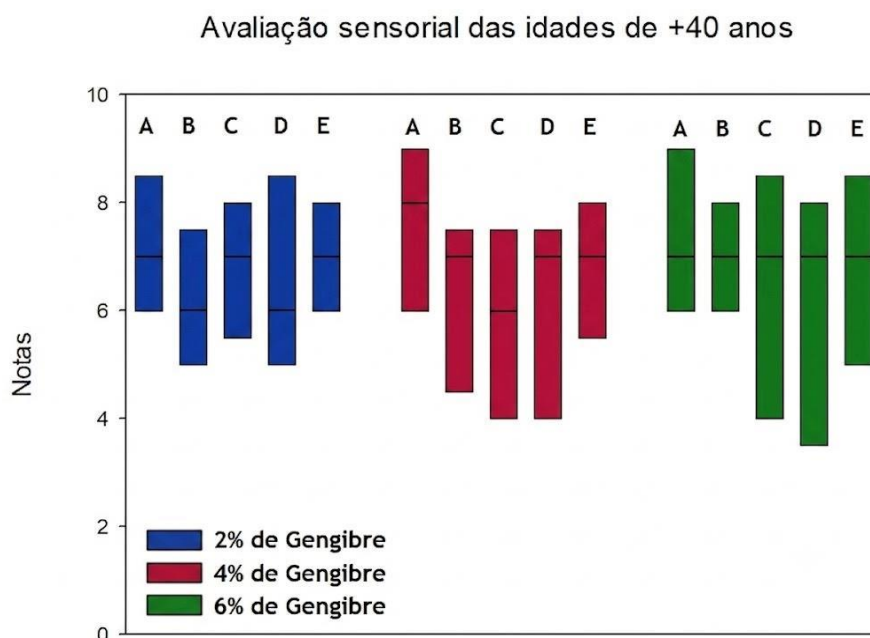


Fonte: elaboração própria (2026).

O gráfico 12 ilustra a distribuição das notas atribuídas pelos provadores na faixa etária de 21 a 40 anos. O diferencial mais expressivo no comportamento deste grupo, em comparação ao público mais jovem, é a notável receptividade à formulação intermediária de 4% de gengibre. As medianas desta concentração elevaram-se significativamente, equiparando-se em diversos aspectos à amostra de 2%, com destaque para o excelente desempenho no atributo Aroma (A) e na Nota Geral (E).

Esse resultado indica que o paladar adulto maduro demonstra uma apreciação superior por bebidas com maior complexidade sensorial, tolerando e até valorizando uma pungência mais pronunciada da raiz. Adicionalmente, embora a formulação extrema de 6% (caixas) continue figurando com as menores medianas, a dispersão das suas notas revela uma rejeição menos severa do que a observada em outras faixas, estabilizando as avaliações em um patamar mediano e sem um alongamento tão drástico das caixas para as notas mínimas

Gráfico 13 – Avaliação sensorial da bebida tipo ginger beer por provadores da faixa etária acima de 40 anos, para as concentrações de 2%, 4% e 6% de gengibre. Nota: As letras representam os atributos sensoriais avaliados: Cor (A), Aroma (B), Sabor (C), Gaseificação (D) e Nota Geral (E).



Fonte: elaboração própria (2026).

O gráfico 13 apresenta o diagrama de caixa referente às avaliações do público com mais de 40 anos. O aspecto mais singular deste recorte demográfico, que o diferencia substancialmente das faixas etárias mais jovens, é o fenômeno de extrema polarização de opiniões frente à formulação mais concentrada.

Ao analisar a amostra com 6% de gengibre, observa-se um alongamento atípico de toda a morfologia do gráfico, especialmente nos eixos de Sabor (C) e Gaseificação (D). Enquanto nos públicos anteriores essa amostra apresentou uma rejeição mais uniforme (caixas rebaixadas), no público sênior as notas variam drasticamente desde os limites inferiores do estudo (próximos a 3,5) até os patamares mais altos de excelência (acima de 8). Essa dispersão expressiva caracteriza um efeito de "ame ou odeie", indicando que a alta pungência, a acidez elevada e a adstringência dividem fortemente as preferências deste nicho, havendo um grupo de consumidores maduros que não apenas tolera, mas valoriza os atributos extremos da raiz.

Destaca-se a excelente receptividade olfativa da amostra de 4%, que obteve a maior mediana isolada no atributo Aroma (A). Por outro lado, a amostra de 2% manteve o comportamento visual mais compacto, reafirmando seu papel como a formulação de "consenso seguro", com baixa divergência de opiniões, independentemente da idade.

Logo observou-se uma forte subjetividade: a rejeição à amostra de 6% ocorreu tanto em provadores de 18 anos quanto de 50 anos, enquanto nichos de aceitação máxima foram registrados em indivíduos de 20 e 62 anos. O fator que demonstrou maior influência comportamental foi a escolaridade. Provadores com nível de Pós-Graduação apresentaram maior criticidade técnica e intolerância a extremos, rejeitando sistematicamente o desequilíbrio provocado pela formulação de 6% e preferindo a harmonia entregue pela formulação de 2%.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização físico-química e sensorial da bebida tipo ginger beer elaborada com extrato de malte e mel permitiu identificar que a concentração de gengibre atua como variável limitante tanto para a estabilidade tecnológica quanto para a viabilidade comercial do produto.

Verificou-se que o uso de teores elevados de gengibre (Amostra B - 6%, correspondente a 60 g/L) compromete gravemente a qualidade física da bebida, promovendo o colapso precoce da espuma (28 segundos) e impondo estresse inibitório à levedura, o que resulta em maior °Brix residual e queda acentuada do pH (3,0). Sensorialmente, esta formulação mostrou-se demasiadamente agressiva, gerando alta polarização e rejeição, especialmente entre o público feminino e consumidores com perfil analítico mais exigente.

Conclui-se, portanto, que a Amostra C, formulada com 2% de gengibre (20 g/L), é a versão ideal e estrategicamente mais promissora para inserção no mercado. A aplicação do método de extração aquosa a quente garantiu a conversão de compostos pungentes em aromas agradáveis, permitindo que esta concentração entregasse o maior consenso de aceitação global (média 7,36). Ela provou ser capaz de oferecer a refrescância e as notas condimentadas da especiaria sem mascarar os atributos do malte e do mel, e sem colapsar a estabilidade da bebida. Como recomendação para trabalhos futuros, a formulação de 4% pode ser otimizada (com ajustes no priming para melhorar a gaseificação e a retenção de espuma), servindo como uma alternativa de nicho voltada para o público com alta tolerância a especiarias intensas.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Erika Magalhães *et al.* **Análise cinética e sensorial de ginger beer elaborada por métodos diversificados de fermentação.** Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v. 24, n. 3, 2025. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/26529>. Acesso em: 13 mar. 2026.

ALVES, Ana Caroline. **Análise sensorial:** uma revisão sobre os métodos sensoriais e aplicação dos testes afetivos em alimentos práticos para consumo. Patos de Minas: Universidade Federal de Uberlândia, 2021. 54 p. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/33683/3/An%C3%A1liseSensorialRevis%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2026.

ALVES, Mariana Figueira; CALDAS, Matheus Hermano; GERBASSI, Rodrigo de Aquino. **Produção de cerveja artesanal com tons refrescantes.** Projeto Final — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/21045>. Acesso em: 13 mar. 2026.

AUTORIDADE EUROPEIA DE SEGURANÇA ALIMENTAR (ASAE). **Clostridium botulinum.** Lisboa: ASAE, [s.d.]. Disponível em: <https://www.asae.gov.pt/seguranca-alimentar/riscos-biologicos/clostridium-botulinum.aspx>. Acesso em: 18 mar. 2026.

BASTOS, Deborah Helena Markowicz *et al.* **Composição de voláteis e perfil de aroma e sabor de méis de eucalipto e laranja.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 22, n. 2, p. 122-129, maio/ago. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0101-20612002000200004>. Acesso em: 11 fev. 2026.

BRUNELLI, Luciana Trevisan; MANSANO, Alexandre Rodrigues; VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. **Caracterização Físico-Química de Cervejas Elaboradas com Mel.** Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 18, n. 2, p. 102-112, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/j9g7GDh8ZhkrLbdK8jf53gc/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

CARVALHO, B. M.; BENTO, C. V.; SILVA, J. B. A. **Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 1ª. Parte - As leveduras.** Revista Analytica, São Paulo, v. 25, p. 36-42, 2006.

CORREIA, Tathiane Almeida Gonçalves. **Produção de Cerveja Artesanal de Batata-Doce (Ipomoea batatas L.).** Ceilândia: Universidade de Brasília, 2018. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/24001/1/2018_TathianeAlmeidaGoncalvesCorrea_tcc.pdf. Acesso em: 10 mar. 2026.

FERREIRA, E. de O.; BA, I.; RICARDO, L. L.; PAGNONCELI, J. **Atividade antimicrobiana dos extratos aquoso e etanólico de Zingiber officinale**

Roscoe. Revista JRG de Estudos Acadêmicos , Brasil, São Paulo, v. 8, n. 18, p. e082291, 2025. DOI: 10.55892/jrg.v8i18.2291. Disponível em: <https://revistajrg.com/index.php/jrg/article/view/2291>. Acesso em: 10 mar. 2026.

FONSECA, Marta Cordeiro da. **Nova formulação de cerveja**: efeito da concentração de gengibre na atividade fermentativa das leveduras. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006. 64 p. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/18141>. Acesso em: 11 fev. 2026.

FULGÊNCIO, Ana Carolina da Costa. **Combinando modelos quimiométricos e portabilidade para o controle de qualidade de cerveja e outras bebidas fermentadas**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2023. 173 p. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstreams/78a90d8e-7937-40bb-90eb-c231c2fd6b71/download>. Acesso em: 11 fev. 2026.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenadores: Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. Acesso em: 10 mar. 2026.

JARRY, Jonathan. **What is the difference between ginger ale and ginger beer?** Office for Science and Society, McGill University, 2019. Disponível em: <https://www.mcgill.ca/oss/article/nutrition-you-asked/what-difference-between-ginger-ale-and-ginger-beer>. Acesso em: 6 mar. 2026.

KOREN, Daniel *et al.* How to objectively determine the color of beer?. **Journal of food science and technology**, v. 57, n. 3, p. 1183-1189, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04237-4>

LI, Z. *et al.* **Effects of Gingerols on Yeast Growth and Metabolism of the Fermentation Process**. Journal of Physics: Conference Series, [s. l.], v. 1637, n. 1, p. 012107, 2020. DOI: 10.1088/1742-6596/1637/1/012107.

MADDEN, Dean. **Cerveja de gengibre**. Reading: NCBE / University of Reading, 2007. 16 p. Disponível em: <https://services.cienciaviva.pt/recursos/v1/redirect/29/162>. Acesso em: 11 fev. 2026.

MAIA, Vinícius Almeida et al. **Elaboração de ginger beer - fermentado alcoólico à base de gengibre (Zingiber officinale)**. I Simpósio Online Sulamericano de Tecnologia, Engenharia e Ciência de Alimentos, Limoeiro do Norte, p. 1-8, 2022. Disponível em: <https://static.even3.com/anais/481316.pdf?v=638975350805971776>. Acesso em: 11 fev. 2026.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa**, n. 65, de 10 de dezembro de 2019. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Cerveja. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 240, p. 19-21, 11 dez. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-65-de-21-de-novembro-de-2006.pdf>

MARTINS, Lara Azevedo. **Padronização e controle de qualidade em laboratório cervejeiro**: um estudo aplicado. Vila Velha: Instituto Federal do Espírito Santo, 2022. 68 p. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/items/6fab07c6-7f78-47e5-858a-df372dc82827>. Acesso em: 11 fev. 2026.

MASTANJEVIĆ, Kristina *et al.* Beer—**The Importance of Colloidal Stability (Non-Biological Haze)**. Fermentation, [S.l.], v. 4, n. 4, p. 91, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/fermentation4040091>. Acesso em: 10 mar. 2026.

RODRÍGUEZ, Yanet Boffill. **Emprego do Malte de Sorgo na Production de Bebidas Fermentadas sem Glúten com Baixo Teor Alcoólico**. Lorena: Universidade de São Paulo, 2019. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97132/tde-28112019-155749/publico/BIT19010_CN.pdf. Acesso em: 10 mar. 2026.

SACHS, L. G.; et al. SH 2.0.1 **Conversor in average RGB color**. s/d.

SANTOS, Iza Maria Gomes dos. **Principais impactos na qualidade da fermentação cervejeira**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2021. 56 p. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/25006/1/Principais%20impactos%20na%20qualidade%20da%20fermentacao%20C3%A7%C3%A3o%20cerveja%20ira.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2026.

SINGER, Jeferson D. *et al.* **Determinação de acidez total em cervejas industriais**. XI Seminário de Extensão e Inovação (SEI-SICITE), Guarapuava, p. 1-6, 2021. Disponível em: <https://eventos.utfpr.edu.br/sei/sei2021/paper/viewFile/8890/4177>. Acesso em: 11 fev. 2026.

STEFEN, Diogo *et al.* **Bebida alcoólica fermentada de gengibre e menta (Ginger Mint)**. Revista Ambientes em Movimento, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 17-21, 2024. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/am/article/view/7899/6926>. Acesso em: 18 mar. 2026.

TOZETTO, Luciano Moro. **Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de gengibre (Zingiber officinale)**. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017. 80 p. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2451>. Acesso em: 11 fev. 2026.

VIEIRA, Juan Christian dos Santos. **A influência da reação de Maillard na geração de álcool e nas características sensoriais da cerveja artesanal.** Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2023. 52 p. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/123456789/11884/1/A%20influ%C3%Aancia%20da%20rea%C3%A7%C3%A3o%20de%20Maillard%20na%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1lcool%20e%20nas%20caracter%C3%Asticas%20sensoriais%20da%20cerveja%20artesanal.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2026.

VILELA, Anderson Ferreira *et al.* **Parâmetros fermentativos, análise físico-química e sensorial de cerveja adicionada de mel de abelha.** Agron Food Academy, [S.l.], Capítulo 34, p. 323-330, 2022. Disponível em: <https://agronfoodacademy.com/parametros-fermentativos-analise-fisico-quimica-e-sen> <https://doi.org/10.53934/9786585062046-34>