



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
IFCE *CAMPUS* LIMOEIRO DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
MESTRADO ACADÊMICO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

JOSÉ LEITÃO SENA LIMA FILHO

PROPOSTA DE AGREGAÇÃO DE VALOR À CAATINGA: AROMATIZAÇÃO DE
AGUARDENTE DE MEL COM PLANTAS NATIVAS

Limoeiro do Norte

2025

JOSÉ LEITÃO SENA LIMA FILHO

**PROPOSTA DE AGREGAÇÃO DE VALOR À CAATINGA: AROMATIZAÇÃO DE
AGUARDENTE DE MEL COM PLANTAS NATIVAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus* Limoeiro do Norte, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Mayara Salgado Silva

Coorientador: Prof. Dr. Laércio Galvão Maciel

Limoeiro do Norte

2025



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
Rua Estevão Remígio de Freitas, 1145 - Bairro Centro - CEP 62930-000 - Limoeiro do Norte - CE - www.ifce.edu.br

ANEXO

JOSÉ LEITÃO SENA LIMA FILHO

PROPOSTA DE AGREGAÇÃO DE VALOR À CAATINGA: AROMATIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE MEL COM PLANTAS NATIVAS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *Campus* Limoeiro do Norte como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Aprovado em: 30/06/2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Mayara Salgado Silva (Orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
(IFCE) - *Campus* Limoeiro do Norte

Profa. Dra. Renata Chastinet Braga (Membra Interna Suplente)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
(IFCE) - *Campus* Limoeiro do Norte

Prof. Dr. Eduardo Luís Menezes de Almeida (Membro Externo Titular)
Universidade Federal de Viçosa
(UFV) - *Campus* Viçosa



Documento assinado eletronicamente por **Mayara Salgado Silva, Professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico**, em 27/08/2025, às 10:18, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renata Chastinet Braga, Professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico**, em 01/09/2025, às 15:18, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **EDUARDO LUIS MENEZES DE ALMEIDA, Usuário Externo**, em 02/09/2025, às 18:28, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade do documento pode ser conferida no site https://sei.ifce.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 informando o código verificador **7589949** e o código CRC **6E62BCF9**.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou
sobre aquilo que todo mundo vê.”
(Arthur Schopenhauer)

AGRADECIMENTOS

A jornada do mestrado é repleta de desafios, aprendizados e conquistas, e nada disso seria possível sem o apoio e a presença de pessoas especiais ao meu lado.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por me conceder força, saúde e perseverança ao longo desse caminho.

À minha esposa, Kátia Layane, pelo amor, paciência e apoio incondicional, além de acreditar em mim mesmo nos momentos mais difíceis. Seu companheirismo foi essencial em cada etapa dessa caminhada.

À minha família, pela base sólida, pelos ensinamentos e pelo incentivo constante. Vocês são minha origem e meu porto seguro.

Aos amigos Kennedy Kelvik, Kewen Luz, Joyce Kelly e Breno Holanda, pela amizade sincera, pelas conversas, pelas trocas de experiências e pelo apoio mútuo durante o curso.

À minha orientadora, Prof^a Mayara Salgado, pela dedicação, orientação precisa e confiança, além de me guiar com sabedoria e paciência ao longo da pesquisa.

Ao meu coorientador, Prof. Laércio Marciel, pelo suporte técnico, pelas sugestões valiosas e pelo incentivo constante para que eu alcançasse sempre os melhores resultados.

Ao IFCE – Campus Limoeiro do Norte, por me acolher e oferecer toda a estrutura necessária ao desenvolvimento deste trabalho, bem como por contribuir com minha formação acadêmica e profissional.

À FUNCAP, pelo apoio financeiro, fundamental para a execução desta pesquisa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, registro o meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

A aguardente de mel é um destilado alcoólico produzido a partir do mosto de mel fermentado. Este produto tem grande potencial para o Brasil, considerando a alta produção de mel. Associada à produção de aguardente, a aplicação de técnicas de aromatização e envelhecimento mostra-se promissora para diversificar o produto e atingir públicos distintos. Estudos usaram lascas de carvalho europeu e francês para acelerar o processo de envelhecimento de destilados e vinhos; entretanto, inexitem pesquisas que investiguem a aromatização da aguardente de mel com madeiras nativas da caatinga, o que pode nortear caminhos para novas descobertas. Deste modo, este estudo teve como objetivo produzir aguardente de mel aromatizada com lascas de árvores nativas da caatinga. As espécies utilizadas foram a aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), pau-branco (*Cordia oncocalyx*) e o cumaru (*Amburana cearensis*). Para tanto, inicialmente, o mel foi avaliado quanto aos parâmetros de qualidade hidroximetilfurfural (HMF) e umidade. Esses parâmetros são requisitos marcantes na precificação do mel e, por isso, foram selecionados. A aguardente de mel foi produzida a partir do mosto de mel fermentado e destilado, com posterior caracterização físico-química segundo os parâmetros de qualidade estabelecidos pela legislação. A aromatização foi realizada com a adição de 20 g/L de lascas de madeira, acompanhada com análise de cor durante cinco dias, utilizando-se os parâmetros CIELab. Com base em um delineamento experimental de misturas, foram elaborados *blends* a partir das aguardentes aromatizadas, seguidos de análises dos parâmetros de qualidade (acidez volátil, fixa, total e extrato seco), identificação de compostos voláteis, fenólicos totais, atividade antioxidante e análise sensorial. Os resultados classificaram a matéria-prima como mel industrial, por apresentar valores de hidroximetilfurfural 379,43 mg/kg e umidade 16,2%, estando o HMF acima do limite permitido pela legislação. Nos testes de qualidade dos fermentados de mel, verificou-se a viabilidade de reutilização das leveduras por até três ciclos. Durante a caracterização das aguardentes, antes da aromatização, constatou-se que todos os parâmetros se mantiveram dentro dos limites máximos estabelecidos pela legislação. Com base no acompanhamento da variação de cor com as madeiras testadas para a produção de blends, foi definido o prazo de cinco dias para o procedimento. Entre as madeiras testadas, o cumaru apresentou os maiores valores de percepção de cor e índice de escurecimento (IE), sugerindo uma maior extração de compostos fenólicos e pigmentos. Na determinação dos compostos fenólicos e atividade antioxidante, destacou-se a aroeira com 199,39 mg AGE 100 mL⁻¹ e 42,91% de inibição respectivamente. A aguardente com aroeira também apresentou o maior valor para extrato seco com 41,80 g/L. Já a amostra com cumaru apresentou acidez total de 47,73 mg/100mL, fixa de 4,77 mg/100 mL e volátil 42,95 mg/100 mL de ácido acético. A análise dos compostos voláteis revelou perfis compatíveis com notas florais, frutadas e amadeiradas. Dentro dessa classe dos compostos, foram encontrados álcool primário, éter terpenoide, aldeído aromático e terpenoide. Quanto à análise sensorial, para o atributo de cor, a amostra pau-branco+cumaru (8,31) diferiu significativamente entre si ($p \leq 0,05$) dos outros tratamentos, obtendo também boa intenção de compra por meio dos avaliadores e índice de aceitabilidade satisfatório. Conclui-se que a aromatização da aguardente de mel com madeiras nativas da caatinga mostrou-se uma alternativa viável e promissora para a agregação de valor a produtos regionais, com potencial para contribuir para o desenvolvimento sustentável da região, valorizando sua biodiversidade e promovendo a inovação na indústria de bebidas destiladas.

Palavra-chave: Evolução de cor, Voláteis, CIELab, Compostos fenólicos, Sensorial.

ABSTRACT

Honey spirit is an alcoholic distillate obtained from fermented honey must. This product shows strong potential in Brazil, given the country's high honey production. Combined with spirit production, the use of flavoring and aging techniques represents a promising strategy to diversify the product and reach different consumer markets. Previous studies have explored the use of European and French oak chips to accelerate the aging of spirits and wines; however, no studies have investigated the flavoring of honey spirit with native Caatinga woods, which could open new research pathways. This study aimed to produce honey spirit flavored with chips from native Caatinga species: aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), pau-branco (*Cordia oncocalyx*), and cumaru (*Amburana cearensis*). Honey was first evaluated for hydroxymethylfurfural (HMF) and moisture content, two parameters that directly impact honey pricing. The spirit was then produced from fermented and distilled honey must, followed by physicochemical characterization according to legal quality standards. Flavoring was carried out with 20 g/L of wood chips, and color was monitored over five days using CIELab parameters. A mixture design was applied to produce blends, which were analyzed for quality parameters (volatile, fixed, and total acidity, and dry extract), volatile compounds, total phenolics, antioxidant activity, and sensory attributes. The raw material was classified as industrial honey, with HMF of 379.43 mg/kg and moisture of 16.2%, exceeding the legal HMF limit. Yeast reuse was viable for up to three fermentation cycles. Before flavoring, all spirits complied with legal quality standards. Monitoring color variation showed that five days was sufficient for interaction between spirit and wood. Cumaru provided the highest color perception and browning index (BI), suggesting greater release of phenolic compounds and pigments. Aroeira stood out with higher total phenolics (199.39 mg GAE/100 mL), antioxidant activity (42.91%), and dry extract (41.80 g/L). Cumaru-flavored spirit presented higher acidity values, while volatile compound analysis revealed floral, fruity, and woody notes, including primary alcohols, terpenoid ethers, aromatic aldehydes, and terpenoids. Sensory analysis showed that the pau-branco + cumaru sample (8.31) differed significantly ($p \leq 0.05$) from other treatments in color, also presenting high purchase intention and good acceptability. In conclusion, flavoring honey spirit with native Caatinga woods proved to be a viable and promising strategy for adding value to regional products, with potential to promote sustainable development, valorize biodiversity, and foster innovation in the distilled beverage industry.

Keywords: Color evolution, Volatiles Compounds, CIELab, Phenolic compounds, Sensory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exsicata da <i>Cordia oncocalyx</i> (Pau branco); <i>Myracrodruon urundeuva</i> (Aroeira); e <i>Amburana cearenses</i> (Cumarú).	25
Figura 2 - Árvores da caatinga (aroeira, cumarú e pau branco)	26
Figura 3 - Ocorrência das plantas <i>Cordia oncocalyx</i> (Pau branco); <i>Myracrodruon urundeuva</i> (Aroeira); e <i>Amburana cearenses</i> (Cumarú).	26
Figura 4 - Fluxograma de produção de Aguardente de mel	31
Figura 5 - Cromatógrafo Gasoso – Detector de Ionização por Chama	34
Figura 7 - Aguardente de mel branca, aromatizada e blends.....	40
Figura 8 - Esquema da padronização das condições de iluminação e resolução das imagens registradas.....	40
Figura 9 - Recorte das imagens da evolução da cor ao longo do tempo. Aroeira (A), Cumarú (C) e Pau Branco (PB). T1 (24 horas), T2 (48 horas), T3 (72 horas), T4 (96 horas) e T5 (120 horas).	54
Figura 10 - Parâmetros CIELab das aguardentes de mel adicionadas de diferentes tipos de lascas ao longo do tempo.....	55
Figura 11 - IE (Índice de Escurecimento) por CIELab	60
Figura 12 - Frequência da intenção de compra para as aguardentes	73
Figura 13 - Gráfico de radar para a frequência dos descritores de aroma, cor e sabor	74
Figura 14 - Índice de aceitabilidade para as amostras de aguardente.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade e segurança para o mel	17
Tabela 2 - Classificação da cor do mel segundo Pfund.	18
Tabela 3 - Critérios de destinação, na ocorrência de achados de inspeção, para o mel na forma de matéria-prima.....	19
Tabela 4 - PORTARIA MAPA Nº 539, DE 26 DE DEZEMBRO– Estabelece os Padrões de identidade e Qualidade da aguardente de cana e da Cachaça.....	22
Tabela 5 - Tempo de retenção (RT), coeficiente de determinação (R^2) e limites de quantificação (LQ) dos padrões analíticos determinados por cromatografia gasosa	34
Tabela 6 - Fluxograma de aromatização da aguardente de mel.	37
Tabela 7 - Matriz de delineamento simplex-centroid com níveis codificados e reais das variáveis.....	39
Tabela 8 - Parâmetros Fermentativos da Aguardente de Mel	48
Tabela 9 - Caracterização da aguardente de mel branca	49
Tabela 10 -Variação de Percepção de Cor total (ΔE) observada em amostras de aroeira, cumaru e pau branco em diversos tempos de extração.....	59
Tabela 11 - Parâmetros físico-químicos, fenólicos totais e atividade antioxidante das amostras aromatizadas e seus blends	61
Tabela 12 - Perfil dos principais compostos voláteis na aguardente de mel aromatiza e blends.	66
Tabela 13 - Lista de descritores utilizados para avaliação sensorial das aguardentes de mel. .	68
Tabela 14 – Informações demográficas referente aos 16 avaliadores	69
Tabela 15 - Valores médios e desvios-padrão para os atributos sensoriais das aguardentes ...	71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	Apicultura brasileira e mercado do mel.....	16
3.2	Qualidade do mel.....	17
3.3	Mercado da Cachaça	20
3.4	Aguardente de mel.....	21
3.5	Aromatização de aguardente com lascas de madeira.....	24
3.6	Arvores do bioma caatinga	25
4	MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1	Obtenção da matéria-prima	30
4.2	Análise do mel	30
4.2.1	<i>Análises de Hidroximetilfurfural.....</i>	30
4.2.2	<i>Umidade</i>	30
4.3	Elaboração da aguardente de mel.....	31
4.4	Análises da aguardente de mel simples	33
4.4.1	<i>Análise dos Congêneres e Contaminantes por GC-FID.....</i>	33
4.4.2	<i>Acidez total.....</i>	35
4.4.3	<i>Acidez fixa.....</i>	35
4.4.4	<i>Acidez Volátil.....</i>	36
4.4.5	<i>Extrato seco.....</i>	36
4.4.6	<i>Cinzas.....</i>	37

4.5	Aromatização da aguardente de mel com lascas de madeiras.....	37
4.5.1	<i>Planejamento experimental para elaboração dos blends a partir das aguardentes aromatizadas.....</i>	39
4.5.2	<i>Cor.....</i>	40
4.5.3	<i>Polifenóis totais por Folin-Ciocalteu.....</i>	41
4.5.4	<i>Atividade antioxidante pelo método 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH).....</i>	42
4.5.5	<i>Acidez total.....</i>	42
4.5.6	<i>Acidez fixa.....</i>	43
4.5.7	<i>Acidez Volátil.....</i>	43
4.5.8	<i>Extrato seco.....</i>	44
4.6	Determinação dos compostos voláteis.....	44
4.7	Análises sensorial.....	45
4.8	Análises estatísticas	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1	Parâmetros de qualidade do mel.....	47
5.2	Parâmetros fermentativos.....	48
5.3	Caracterização da Aguardente de mel base para produção de <i>Blends</i>	49
5.4	Padronização do tempo de descanso da aguardente de mel em contato com a madeira	54
5.4.2	<i>Caracterização físico-química e compostos bioativos das amostras.....</i>	61
5.5	Compostos voláteis das amostras de aguardente.....	64
5.6	Análise sensorial	68
5.6.1	<i>Levantamento dos descritores utilizados na análise sensorial.....</i>	68
5.6.2	<i>Análise sensorial.....</i>	68
5.6.3	<i>Aceitação, intenção de compra e índice de aceitabilidade das aguardentes de mel</i>	71
6	CONCLUSÕES.....	79

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
APENDICE A – Parecer para realização da análise sensorial das aguardentes branca, aromatiza e <i>blends</i>	92
APENDICE B – Cromatogramas da análise de voláteis.....	93
APENDICE C – Ficha da análise sensorial.....	101
APENDICE D – Evolução do índice de escurecimento IE observada em amostras de Aroeira, Cumaru e Pau Branco em diversos tempos de Extração.....	104
APENDICE E – Frequência da intenção de compra para as aguardentes	105
APENDICE F – Questionário de seleção de avaliadores	106
APENDICE G – Parâmetros CIELab das aguardentes de mel adicionadas de diferentes tipos de lascas ao longo do tempo.....	111
APENDICE H – Evolução dos Fenólicos totais das aguardentes de mel adicionadas de diferentes tipos de lascas ao longo do tempo.....	112

1 INTRODUÇÃO

No vale do Jaguaribe, há uma relevante produção de mel, com uma arrecadação de 7,5 milhões de reais no ano de 2022. Entretanto, parte dos produtores realiza o manejo de maneira que não garante a integridade físico-química e microbiológica do produto, devido a ausência de um ambiente adequado para o armazenamento, desde o controle da temperatura até as boas práticas de manejo, resultando nas características do mel industrial.

Entre as alternativas para o uso do mel industrial, destaca-se a produção de aguardente de mel que, além de configurar-se como um novo produto, pode ser elaborada a partir de méis de diferentes origens e com variadas características físico-químicas. Esse destilado, obtido a partir do mosto de mel fermentado e destilado, não possui regulamentação no Brasil. Por essa razão, para fins de comparação, utilizam-se as normativas estabelecidas para a cachaça no Brasil, bem como as diretrizes da legislação europeia (Brasil, 2022; Regulamento CE nº 110/2008).

Esta bebida, apresenta uma grande diversidade de aromas provenientes da matéria-prima e da fermentação, os quais são dosados durante a destilação, promovendo o *bouquet* da bebida. Os compostos voláteis que originam o perfil aromático característico da bebida estão presentes, em sua grande maioria, na fração do coração, mantendo-se equilibrados com aromas frutados e florais (Xiang *et al.*, 2020). Além desse perfil aromático decorrente da fermentação do mosto, também é possível diversificar a aguardente mediante a aromatização com madeiras não resinosas.

Na indústria de bebidas, barris feitos de várias espécies de madeira, como carvalho francês, carvalho europeu e castanheira, são usados para o envelhecimento, com períodos de maturação que começam em 12 meses para cachaças envelhecidas, 24 meses para as chamadas premium e 36 meses para as extra premium. Entretanto, como uma solução para acelerar esse processo prolongado, utilizam-se lascas de madeira, permitindo atingir resultados semelhantes em um tempo menor (Alencar *et al.*, 2019; Nie *et al.*, 2023).

O uso de lascas no processo de maturação de bebidas destiladas contribui com os compostos voláteis, além de melhorar seus valores odoríferos, influenciando diretamente a complexidade do perfil sensorial, com aromas agradáveis. (Duan *et al.*, 2024).

Na produção de aguardente, algumas madeiras já são amplamente utilizadas, principalmente aquelas de clima temperado, como carvalho, cerejeira, castanheira, freijó, dentre outras (Sousa *et al.*, 2019; Bortoletto; Silvello; Alcarde, 2021). No entanto, outras madeiras

aromáticas, como as do bioma Caatinga, aroeira, pau-branco e cumaru, amplamente utilizadas na medicina popular, podem ser consideradas e testadas.

Na literatura, não há registros sobre o emprego de lascas de árvores da Caatinga para aromatização de aguardente de mel, somente para cachaça (Bortoletto e Alcarde, 2015; Duarte *et al.*, 2024) , sendo mais comum a aromatização mediante envelhecimento em barris de madeira, processo que demanda tempo prolongado. Segundo Coldea *et al.*, (2020), como alternativa para aromatização, é possível testar a aplicação das lascas, visto a praticidade em comparação ao envelhecimento em barris.

Diante desse cenário, este trabalho propõe, como alternativa para a agregação de valor ao mel e às plantas da Caatinga, a elaboração de uma aguardente aromatizada com lascas de três espécies de árvores do bioma. Esse processo não apenas agrega valor a um produto de origem animal, mas também contribui para a preservação dessas árvores, ao divulgar seu valor comercial e, indiretamente, incentivar o manejo sustentável, através do reflorestamento e do uso responsável das espécies.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Produzir aguardente de mel aromatizada com lascas das árvores nativas da Caatinga.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar parâmetros de qualidade do mel;
- Verificar a viabilidade da reutilização das leveduras no processo fermentativo da aguardente de mel;
- Elaborar aguardente de mel;
- Caracterizar o destilado quanto aos parâmetros físico-químicos;
- Aromatizar a aguardente de mel com diferentes lascas de madeira;
- Definir o tempo necessário de aromatização com as lascas, mediante o acompanhamento dos parâmetros de cor das aguardentes;
- Elaborar *blends* com as bebidas aromatizadas com delineamento por mistura *simplex-centroid*;
- Determinar teor de fenólicos totais e atividade antioxidante nas aguardentes aromatizadas;
- Identificar os voláteis e compostos secundários via Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (GC-MS);
- Avaliar perfil sensorial das bebidas aromatizadas pelos testes de aceitação, intenção de compra e Check-All-That-Apply (CATA).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Apicultura brasileira e mercado do mel

A apicultura teve origem no Brasil por volta de 1839, quando o padre Antônio Carneiro trouxe colônias da espécie *Apis mellifera*, originária de Portugal, para o Rio de Janeiro. Além disso, imigrantes alemães e italianos introduziram outras subespécies nas regiões do Sul e Sudeste do país entre 1845 e 1880. Inicialmente, a atividade apícola era praticada como um hobby, e as abelhas tinham como atividade a produção de mel e cera. No entanto, o desenvolvimento da apicultura brasileira era limitado devido às técnicas de manejo incipientes e às colmeias mantidas nos quintais. Isso se devia ao fato de que as abelhas eram dóceis e não representavam riscos para outros animais (Abelha, 2015; Sebrae, 2015).

Em 1957, o cenário da apicultura mudou devido a um evento que impactou todo o ecossistema brasileiro. O professor Warwick Estevam Kerr desenvolvia uma pesquisa de hibridação de abelhas com o objetivo de obter colmeias mais produtivas e pouco agressivas, através da mistura de abelhas africanas e europeias. Como resultado, obteve-se um híbrido produtivo chamado abelha africanizada, porém bastante agressivo. Segundo professor Kerr, 26 rainhas de colmeias enxamearam e se espalharam por toda América do Sul e o sul da América Central. Durante a década de 1970, ocorreu um grande abandono por parte dos apicultores devido à agressividade da espécie híbrida africanizada. No entanto, nesse mesmo período, houve avanços tecnológicos, o que impulsionou o crescimento da apicultura e sua expansão para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do país. Com a disseminação da técnica e o aprimoramento dos manejos, a produção de mel no Brasil experimentou um aumento significativo (Campana, Souza e Hartfelder, 2023).

Em 2022, o Brasil teve uma produção de 60,9 milhões de quilos de mel, gerando uma receita de R\$ 957 milhões, com um aumento de R\$ 106 milhões em relação ao ano anterior (2021). A região Nordeste se destacou como a maior produtora do insumo, com uma arrecadação de R\$ 366,4 milhões. Entre os estados nordestinos, o Ceará ocupou a terceira colocação, com produção de 4,4 milhões de quilos e arrecadação de R\$ 66,9 milhões. No Vale do Jaguaribe, a arrecadação foi de R\$ 7.504 milhões; entre os principais produtores estão Alto Santo (R\$ 1.972 milhões), Tabuleiro do Norte (R\$ 1.890 milhões), Morada Nova (R\$ 1.148 milhões) e Limoeiro do Norte (R\$ 1.069 milhões) (IBGE, 2022).

Considerando a alta produtividade regional, destaca-se que esse produto é destinado principalmente à exportação. Esse mercado exige um mel com características de qualidade restritivas, com limites máximos para parâmetros sensíveis ao armazenamento, como o índice de hidroximetilfurfural e a umidade. Deste modo, caso o produtor não possua recursos para garantir um armazenamento eficiente, é comum que o mel perca qualidade comercial, variando suas características de qualidade e reduzindo seu preço de mercado (Althaiban, 2024).

3.2 Qualidade do mel

O mel é um produto alimentício proveniente das abelhas melíferas, a partir do néctar das flores e das secreções dos tecidos vegetais. Esse líquido é absorvido e, posteriormente, processado pelas enzimas invertase, diastase e glicose oxidase, produzidas em suas glândulas hipofaríngeas e mandibulares. Após esse processamento, a substância é armazenada nos favos da colmeia, onde permanece até completar sua maturação (Brasil, 2000).

Assim como ocorre com outros alimentos, o mel possui padrões de qualidade e de segurança que devem ser atendidos para que possa ser comercializado para o consumo humano, conforme estabelece a Instrução Normativa Mapa nº 11, de 20 de outubro de 2000.

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade e segurança para o mel

Parâmetros	Quantidade recomendada (por 100 g)
Açúcares redutores	Mínimo de 65 g
Sacarose aparente	Máximo de 6 g
Umidade	Máximo de 20 g
Sólidos insolúveis em água	0,1 g
Matéria mineral (cinzas)	Máximo de 0,6 g
Acidez	Máximo de 50 mEq/Kg
Hidroximetilfurfural (HMF)	Máximo de 60 mg/Kg

Fonte: BRASIL, (2000).

Em relação aos critérios de excelência do mel, pode-se listar: o grau de maturidade, avaliado com base nos níveis de umidade; os açúcares redutores e não redutores; a autenticidade, verificada pelos teores de sólidos insolúveis, cinzas e condutividade elétrica; e o

estado de preservação, determinado pelos parâmetros de acidez livre, diástase e 5-hidroximetilfurfural (5-HMF) (Lima, 2020).

A variedade de cores do mel produzido no Brasil influencia diretamente a escolha do consumidor, levando o mercado internacional a utilizar a cor como parâmetro de avaliação. Esse atributo pode fornecer informações sobre a origem floral, o processamento e armazenamento, as condições climáticas durante o transporte do néctar, a temperatura da colmeia durante o amadurecimento e os minerais presentes, geralmente expressos como cinzas (Marchini, 2005).

De acordo com a escala de Pfund (Tabela 1) o mel pode ser classificado de branco d'água a âmbar escuro.

Tabela 2 - Classificação da cor do mel segundo Pfund.

Cor	Escala
Branco d'água	1 a 8
Extra Branco	9 a 17
Branco	18 a 34
Extra Âmbar Claro	35 a 50
Âmbar Claro	51 a 85
Âmbar	86 a 114
Âmbar Escuro	115 ou >

Fonte: BRASIL, (2000).

A determinação da acidez é fundamental para verificar a excelência do mel, uma vez que inibe o crescimento de microrganismos indesejáveis. Além disso, a acidez é um indicativo importante para verificar se o mel foi armazenado ou processado de maneira correta; caso contrário, o mel poderá fermentar, perdendo seu valor comercial (Anacleto *et al.*, 2009).

O nível de pH do mel pode oscilar entre 3,5 e 4,5, o que garante a estabilidade contra a deterioração microbiana. Valores fora dessa faixa são sinais de adulteração ou fermentação do mel. Porém, não é obrigatória a análise do pH, pois se trata de um recurso adicional para atestar a qualidade do produto. Além disso, é importante ressaltar que o pH do mel está diretamente ligado as características do néctar de origem, do solo ou da combinação de plantas (Medeiros; Souza, 2015).

Quando o mel é mantido em temperaturas abaixo da média da colmeia (37 °C), pode ocorrer a cristalização, isto é, a separação da glicose e frutose. No entanto, essa alteração não afeta as características do mel, pois há elevada concentração de glicose. A cristalização do mel pode variar de acordo com a concentração de açúcares, apresentando maior teor de glicose em relação à frutose. Além disso, é influenciada pelo teor de água em sua composição original, pela origem floral do néctar, pelo processo de beneficiamento e pelo ambiente de armazenamento (Lima, 2020a).

A fermentação do mel é causada, predominantemente, por leveduras osmofílicas pertencentes ao gênero *Saccharomyces*, que ocorrem naturalmente no alimento e se proliferam na presença de umidade, resultando na produção de etanol e dióxido de carbono (Ferraz, 2015).

Segundo Oliveira (2023), a comercialização de méis adulterados ou que não atendam aos padrões estabelecidos acarreta a perda de suas propriedades benéficas e a diminuição de sua vida útil. Portanto, é fundamental reforçar a fiscalização do comércio desses produtos em feiras e mercados locais.

De acordo com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE (2018), a ausência de registros e planejamento na atividade apícola, tanto durante o manejo no campo quanto na extração, frequentemente compromete a qualidade do mel ao chegar ao entreposto. Por conseguinte, é essencial promover a rastreabilidade nas etapas anteriores ao processamento, a fim de garantir a qualidade do mel.

Apesar das exigências legais, méis com características fora dos padrões de qualidade estabelecidos podem ser aplicados como ingrediente no desenvolvimento de novos produtos, sendo caracterizados como mel para uso industrial (Portaria SDA nº 795) (Tabela 3).

Tabela 3 - Critérios de destinação, na ocorrência de achados de inspeção, para o mel na forma de matéria-prima.

Produto	Destinação
Umidade até 23%, acima do padrão regulamentar e em conformidade nos demais parâmetros	Produção de compostos apícolas, adicionados de ingredientes não apícolas, que possuam água na sua composição Mel para uso industrial
	Produtos não comestíveis

Acidez superior a 30 mEq/kg ao
padrão regulamentar

Mel para uso industrial

Fonte: Brasil (2023).

Deste modo, os méis de qualidade comercial dentro dos padrões exigidos, serão comercializados como produto nobre, e os méis velhos (mel industrial) com características fora do padrão, poderão ser destinados à elaboração de produtos como aguardente de mel (Brasil, 2023).

3.3 Mercado da Cachaça

Segundo a IBRAC - Instituto Brasileiro da Cachaça em (2021), o setor da cachaça apresentou crescimento nas exportações, atingindo 67 nações por meio de mais de 50 corporações exportadoras. Houve um aumento de 38,39% em valor e 29,52% em volume em relação a 2020, afirmando a posição global da cachaça. Entre os principais destinos em relação ao valor estão Estados Unidos, Alemanha, Paraguai e Portugal, enquanto, em termos de volume, o Paraguai liderou, seguido da Alemanha, Estados Unidos, Portugal e França. Entre os estados brasileiros, São Paulo, Pernambuco, Rio de Janeiro, Paraná, Minas Gerais e Rio Grande do Sul destacaram-se como os maiores exportadores, tanto em valores quanto em quantidade.

Este aumento resultou em 7.221.219 litros exportados, rendendo um valor significativo de US\$ 13.178.050, com uma média de aproximadamente 1,82 US\$/L. Entretanto, mesmo com esse saldo positivo, observa-se uma queda no alcance internacional da Cachaça brasileira, com uma diminuição de 4,3% no número de países de destino, passando de 70 para 67 em 2021. No período analisado, percebe-se uma variação econômica desse setor, resultando em um decréscimo de 23,8% no valor total das exportações desde 2011. A quantidade de Cachaça exportada apresentou queda de 26,3%, indo de 9.801.094 litros em 2011 para 7.221.219 litros em 2021. O ano de 2019 foi marcado pela maior valorização média da cachaça brasileira, com uma cotação de 1,99 US\$/L, 8,5% superior à registrada em 2021. No ano de 2014 observou-se crescimento expressivo, registrando exportações de 10.183.012 litros para 57 países, com uma média de 1,80 US\$/L, resultando em rendimento de US\$ 18.335.420, o maior do período registrado (Mapa, 2022).

O mercado global de destilados artesanais foi avaliado em US\$ 21,40 bilhões em 2023, com uma previsão de crescimento anual de 28,4% entre os anos de 2024 e 2030. Em 2024, já

havia alcançado US\$ 25,76 bilhões em 2024, com projeção de receita de US\$ 115,45 bilhões em 2030. Embora a COVID-19 em 2020 tenha afetado negativamente grande parte do mercado global, o setor de destilados artesanais não sofreu impactos tão severos (Grand View Research, 2023).

A cachaça, com uma produção anual de 1,3 bilhão de litros no Brasil, reafirma sua posição como o terceiro destilado mais consumido globalmente, juntamente com o soju coreano, atrás apenas da vodka. Com um impressionante domínio de mercado de 86% entre os destilados consumidos no Brasil, a Cachaça movimentava anualmente cerca de 15,5 bilhões de reais na cadeia produtiva brasileira (IBRAC, 2021).

Além de ser considerada a bebida nacional do país por decreto federal, a cachaça é reconhecida como patrimônio cultural em Minas Gerais por legislação estadual (LEI nº 16.688, de 11/01/2007). Com aproximadamente 6.795 marcas registradas no INPI, o Brasil exibe uma notável diversidade nesta bebida singular. Minas Gerais desempenha um papel fundamental, contribuindo com 60% da produção de cachaça de alambique no país e abrigando 40% dos alambiques registrados no Ministério da Agricultura. (MAPA, 2022).

Diante da grande relevância da cachaça no mercado nacional e internacional, é imprescindível explorar novas bebidas para seu futuro desenvolvimento, como a aguardente de mel, que se destaca por suas características únicas e pelo potencial de mercado.

3.4 Aguardente de mel

Embora as legislações no Brasil estejam em constante mudança e atualização, ainda não há norma específica que regule o destilado aguardente de mel, sendo possível sua comercialização somente como bebida composta, a exemplo do comércio europeu, que já dispõe de legislação para esse destilado.

Segundo o Regulamento Europeu (2019), a aguardente de mel pode ser caracterizada como uma bebida destilada obtida por fermentação e destilação de mosto de mel, cujo destilado apresente as características sensoriais das matérias-primas utilizadas. O teor alcoólico mínimo da aguardente de mel de 35%, não podendo haver adição de álcool, diluído ou puro. A bebida deve ser livre de aromatizantes, com exceção do corante de caramelo, podendo ser adoçada com mel para melhorar o sabor final. Além disso, não pode ultrapassar 20 g/L de edulcorantes, expressos em açúcar invertido.

Considerando que a legislação europeia citada não apresenta maiores detalhes sobre as características físico-químicas das aguardentes de mel, fez-se necessário promover um paralelo com uma bebida tipicamente brasileira: a cachaça ou aguardente de cana. A legislação brasileira estabelece que aguardente é a bebida com graduação alcoólica de 38 a 54% em volume, a 20 °C, obtida do rebaixamento do teor alcoólico do destilado alcoólico simples ou pela destilação do mosto fermentado. A denominação será atribuída conforme matéria-prima de origem, podendo ainda ser adicionados açúcares. (BRASIL, 2008; BRASIL, 2009; BRASIL, 2011; BRASIL, 2022).

Tabela 4 - PORTARIA MAPA Nº 539, DE 26 DE DEZEMBRO– Estabelece os Padrões de identidade e Qualidade da aguardente de cana e da Cachaça.

Parâmetro	Min.	Max.
Graduação alcoólica, expressa em %, em v/v, a 20,0 °C	38,0	54,0
Acidez volátil, expressa em ácido acético, em mg/100 mL de álcool anidro	-	150
Ésteres totais, expresso em acetato de etila, em mg/100 mL de álcool anidro	-	200
Aldeídos totais, em acetaldeído, em mg/100 mL de álcool anidro	-	30
Soma de Furfural e Hidroximetilfurfural, em mg/100 mL de álcool anidro	-	5
Soma dos álcoois isobutílico (2-metil propanol), isoamílicos (2-metil-1-butanol e 3 metil-1-butanol) e n-propílico (1-propanol), em mg/100 mL de álcool anidro	-	360
Soma Coeficiente de congêneres, em mg/100 mL de álcool anidro	200	650
Compostos fenólicos totais (para Cachaça envelhecida)	presente	
Açúcares totais (para Cachaça), em g/L (expressos em glicose)	-	≤ 6,0
Cobre	-	5,0

Fonte: Brasil, (2022)

De acordo com Silva, Rocha Filho e Carvalho (2021), o destilado se divide em três frações. A primeira é a cabeça, que corresponde aproximadamente de 1 a 3% do mosto fermentado, apresentando em média 70% (v/v) de álcool, rico em metanol, aldeídos e álcoois superiores. Em seguida, vem o coração, com cerca de 57% (v/v) de álcool, correspondendo a 16% do mosto, considerado a parte nobre do destilado e destinada ao consumo. Por fim, a calda, com aproximadamente 35% (v/v) de álcool, corresponde a 1 a 3% do mosto e contém, principalmente, ácidos orgânicos e o furfural, este último formado durante o aquecimento.

Como resultado da fermentação e destilação, obtém-se o resíduo denominado vinhoto, composto por água, matéria orgânica e pequenas quantidades de álcool. Esse subproduto pode

ser utilizado como adubo nas plantações destinadas à alimentação animal, por ser rico em matéria-orgânica (Silva; Rocha Filho e Carvalho, 2021).

Segundo Anjos *et al.*, (2020), durante a destilação é observado um aumento inicial no teor alcoólico, dando indícios de uma maior quantidade de destilado obtido. Contudo, ao longo do processo, esse teor tende a diminuir. Na destilação também ocorre uma considerável diminuição nos níveis de acetaldeído e acetato de etila. Os componentes secundários que predominam na aguardente destilada incluem álcoois fusel, ésteres de ácidos graxos, acetaldeído e acetais.

De acordo com Anjos, Frazão e Caldeira, (2017), os atributos aromáticos mais recorrentes na aguardente de mel são frutados, florais, doces e herbáceos. Já em relação aos atributos gustativos, destacam-se o defumado, o doce e o amargo.

O sabor geral da aguardente de mel é atribuído a uma variedade de compostos aromáticos presentes na bebida, tais como: etanol, ésteres etílicos dos ácidos 3-metilbutanóico, hexanóico, octanóico e decanóico, acetato de 2-feniletila, (E)- β -damascenona, hotrienol, decanal, metil antranilato e etil (E)-cinamato. Esses compostos são responsáveis por proporcionar ao mel seu aroma característico, contribuindo com notas frutadas, florais e adocicadas, garantindo uma experiência sensorial única ao paladar. Estes compostos aromáticos são fundamentais para a apreciação e identificação do sabor da aguardente de mel (Pino; Fajardo, 2011).

O metanol é um composto naturalmente encontrado em aguardente de fruta e aguardente de mel, embora, nesta última, em menor quantidade. Para garantir que a bebida seja segura, devem ser obedecidos os limites legais estabelecidos para o metanol. Diante disso, a indústria precisa realizar um controle minucioso, analítico e rigoroso, utilizando métodos clássicos, como a cromatografia gasosa, ou abordagens mais recentes, como a espectroscopia vibracional (por exemplo, NIR, FTIR, RAMAN), o que assegura a qualidade das bebidas espirituosas produzidas em todo o mundo (Botelho *et al.*, 2020).

A aguardente pura possui um amplo mercado de consumo; entretanto, para ampliar a diversidade de produtos ofertados, é possível promover agregação de valor mediante o envelhecimento e produção de *blends*. Nesse processo, é comum o uso de madeiras importadas, como o carvalho; no entanto, o Brasil possui uma diversidade de espécies de árvores aromáticas que podem ser utilizadas nesse processo, com destaques especiais para as árvores do Bioma Caatinga.

3.5 Aromatização de aguardente com lascas de madeira

Segundo Coelho *et al.*, (2021), as lascas de madeira são reaproveitadas de barris velhos e destinado ao processo de envelhecimento rápido de aguardente. A característica das bebidas anteriormente acondicionada nos barris são repassadas para as descendentes. A madeira absorve compostos das bebidas durante quando em contato, resultando em uma alteração ainda mais pronunciada nas características sensoriais percebidas. O reuso de lascas de madeira surge como uma alternativa viável, trazendo uma valorização para lasca recuperada e a sua madeira de origem.

A alteração na coloração de bebidas submetidas ao envelhecimento com lascas de madeira é facilmente perceptível. As lascas na maioria das vezes são tostadas para acelerar o processo de envelhecimento rápido, os compostos fenólicos são usados como marcadores de envelhecimento, sendo os flavonoides responsáveis por essa cor amarelada. Trazendo assim para a bebida parâmetros de envelhecimento em menos de quatro semanas (Tamayo-Sánchez *et al.*, 2023).

Noviello *et al.*, (2024), realizou uma pesquisa com lasca de brotos de videira tostados, como forma de substituir os tradicionais barris de carvalho. Nesse processo foi empregado uma tecnologia de ultrassom que combinado com a lasca melhorou a estabilização da cor e acelerou o processo de envelhecimento do vinho. Portanto, a lascas agregaram nas características de novos compostos aromático advindo da madeira.

À medida que aumenta a quantidades de lascas adicionadas ao destilado, também há uma crescente nas substâncias aromáticas voláteis, o mesmo acontece para os ésteres, a causalidade deve-se ao fato de que os ésteres compõem em sua maioria as substâncias aromáticas (Nie *et al.*, 2023).

Segundo Yan *et al.*, (2024) O uso de lascas de carvalho tostado é uma das principais madeiras usadas para o envelhecimento rápido, o seu uso traz alguns efeitos nos destilados dentre os quais estão: aumento na acidez total e acidez volátil, aumenta os níveis de compostos aromáticos, proporcionando um perfil olfativo mais intenso. O uso de lasca aumenta o teor de compostos fenólicos bem como a redução substancial do tempo de envelhecimento, melhorando assim a viabilidade do processo.

Além do emprego de lascas de carvalho em destilado, também são usados para o envelhecimento rápido em vinho de caqui. O uso neste tipo de bebida tem o mesmo princípio da aguardente. Um envelhecimento relativamente curto (30 dias), suficiente para atingir a cor

atraente dos vinhos, que são altamente valorizadas pelos consumidores (Lalou; Ordoudi e Mantzouridou, 2024).

Para vinhos envelhecidos rapidamente com lascas, observa-se uma maior intensidade de cor, bem como aromas de café, amadeirados e notas doces/caramelizadas. Os consumidores procuram vinhos com características amadeirado, um atributo muito importante para determinar um vinho envelhecido. O uso de carvalho francês tende a rebaixar a adstringência e elevar a percepção de doçura do vinho (Alencar *et al.*, 2019).

De modo geral, o uso de lascas melhora a cinética de envelhecimento e consequentemente a extração dos compostos voláteis associados à madeira de carvalho. A evolução desses compostos pode ser observada ao longo de 8 dias. Após esse ponto, não há mais evolução desse parâmetro, de forma que não se faz necessário a continuidade do processo (Muñoz-García *et al.*, 2023).

3.6 Árvores do bioma caatinga

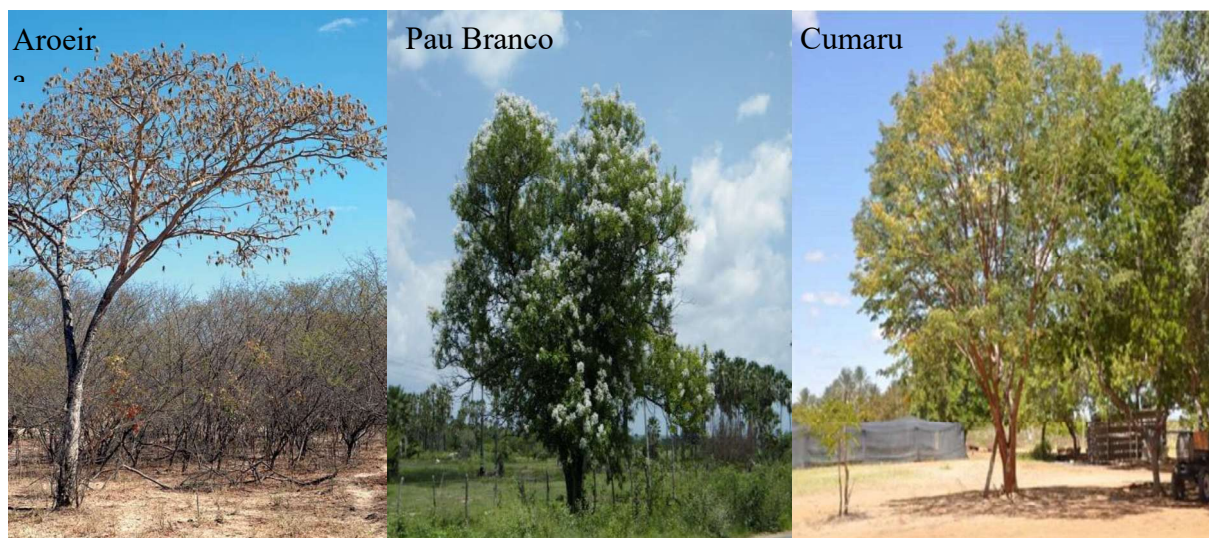
O Bioma caatinga apresenta uma flora com grande diversidade e ainda pouco explorada. Os estudos de identificação e caracterização das espécies endêmicas é uma proposta inovadora que tem ganhado espaço dentro da ciência com a construção de catálogos e materiais didáticos destinados a esse estudo (Drumond *et al.*, 2016). Dentro da grande diversidade de árvores da caatinga, neste estudo será dado destaque a três espécies: *Cordia oncocalyx* (Pau branco); *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira); e *Amburana cearenses* (Cumarú).

Figura 1 - Exsicata da *Cordia oncocalyx* (Pau branco); *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira); e *Amburana cearenses* (Cumarú).



Fonte: (Reflora, 2020).

Figura 2 - Árvores da caatinga (aroeira, cumaru e pau branco)



Fonte: (Meiado, 2012; Ribeiro, 2021; Natureza, 2017)

Figura 3 - Ocorrência das plantas *Cordia oncocalyx* (Pau branco); *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira); e *Amburana cearenses* (Cumaru).



Fonte: (Sibbr, 2020)

A Planta *Cordia oncocalyx*, antes conhecida como *Auxemma oncocalyx*, é uma árvore pertencente à família *Boraginaceae*. É uma espécie popularmente conhecida como Pau Branco do Sertão, ocorre nos estados da Bahia, Ceará, Minas Gerais, Pará, Pernambuco e Rio Grande do Norte (Sibbr, 2020).

A casca possui uma espessura de até 15 mm, a camada externa é de cor esbranquiçada e de difícil remoção, é flexível, apresenta lenticelas parecido com verrugas, tem diâmetro de 1,0 mm a 3,0 mm. As lenticelas são salientes e irregulares, podendo ser destacadas em partes laminares. Já a entrecasca possui uma coloração bege-clara, que se torna castanha quando

exposta ao ar. A entrecasca produz um exsudato transparente, aquoso e sem odor ou sabor distintos, o que levou a ser utilizada popularmente com fins medicinais, devido às suas propriedades adstringentes. Da casca é feito um chá para tratamento de feridas, e é usada em infusões para aliviar tosses (Stapf, 2020).

Segundo Galvão *et al.*, (2018), *Myracrodruon urundeuva* (*M. Allemão*), popularmente conhecida com aroeira-do-sertão e pertencente à família *Anacardiaceae*, é conhecida na medicina popular do Nordeste do Brasil. A casca e entrecasca tem em suas propriedades anti-inflamatórias, cicatrizantes e antiúlcera, portanto é uma planta de grande valor o levou a ser ameaçada extinção devido à exploração indiscriminada. Além disso, há a presença de chalconas, flavonoides e taninos (Albergaria, 2019).

A cortiça, folha e raiz da *Myracrodruon urundeuva* são utilizadas na medicina popular, geralmente com chás e infusões devido às suas propriedades balsâmicas e hemostáticas. O chá, além de suas características balsâmicas e tônicas, é utilizado no tratamento de falta de ar e urinárias. A aroeira-verdadeira ajuda a interromper hemoptises, hemorragias e metrorragias, consolidando seu papel na medicina tradicional como uma planta versátil com múltiplos benefícios terapêuticos (Albergaria, 2019; Silva-Luz, 2020; Galvão, 2018).

Silva *et al.*, (2020), investigaram o cerne da Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e encontraram que o extrato metanólico obtido tem uma composição rica em compostos fenólicos, incluindo flavonoides, taninos e estilbenos. Esses compostos são amplamente reconhecidos por suas propriedades bioativas, como atividades antioxidantes, antifúngicas e adstringentes. Esses compostos dentre outros, são provavelmente responsáveis por essa coloração observada na Aroeira.

Em um estudo conduzido por Higa *et al.*, (2019), a citotoxicidade do extrato glicólico da casca e folha de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira-do-sertão) foi avaliada em macrófagos *in vitro*. Os resultados indicaram que, na concentração de 50 mg/mL, o extrato proporcionou uma proteção significativa aos macrófagos, com uma previsão de até 137% em comparação ao controle. Além disso, não foram observados sinais de citotoxicidade nas concentrações testadas, sugerindo que o extrato é seguro para as células nas condições experimentais avaliadas.

A *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith é uma planta que ocorre comumente na América do Sul e é conhecida popularmente como cumaru ou amburana de cheiro no Brasil. No semiárido nordestino, essa espécie é muito utilizada na medicina popular, onde infusões, chás e decocções são feitos com as folhas da *A. cearensis* para curar febre, distúrbios gastrointestinais, inflamação e dor inflamatória (Ferreira, 2018; Veras, 2023).

A caatinga, um bioma existente apenas no Brasil, passa por momento de crise com suas plantas que são amplamente exploradas dentre as quais está *A. cearensis*, uso esse em grande parte na medicina popular. Essa planta tem diversos modos de uso advindo principalmente da casca, onde é feito a elaboração de chá, que pode variar entre maceração, infusão e decocção, para consumo via oral, tópica, inalação e gargarejo. Além do chá, também são feitos tinturas, lambedores, uso in natura, pós, sucos e garrafadas. Visto isso, é essencial adotar boas práticas de manejo e explorar alternativas para aliviar a pressão de uso sobre essas plantas (Ferreira, 2018; Albergaria, 2019).

A *A. cearensis* pode chegar a 20 metros de altura ou mais. Exibe um caule marrom e liso, liberando aromas de cumarina quando cortado. As folhas têm comprimento de 7 a 25 cm; o pecíolo mede de 9 a 17 mm de comprimento; os folíolos, alternados, são 7 a 15, com dimensões de 3 a 6 por 2,5 a 3 cm, apresentando forma elíptica-oval, ápice que varia de arredondado a achatado e tronco arredondado. A inflorescência é terminal ou axilar, compacta, com comprimento de 2 a 5 cm; o pedúnculo mede de 1,5 a 3 cm. As flores possuem cerca de 1,5 centímetros de comprimento, com um estandarte amarelado ou rosado de 10 a 17 milímetros. As bractéolas são ovais e pilosas; o cálice, campanulado e truncado, é subglabro. Os filetes são ascendentes, sendo o vexilar de aproximadamente 1 mm e os carenais de cerca de 6 milímetros; o ovário tem aproximadamente 4 mm de comprimento, é glabro, e o estípite adere ao hipanto. O fruto é um legume linear-oblongo, medindo de 5 a 7 por 0,6 a 1 cm, com endocarpo membranoso desenvolvido que envolve a semente; as sementes, localizadas na extremidade distal do fruto, são elipsoides, com dimensões de 12 a 14 por 7 a 9 mm, e apresentam coloração escura (Selene, 2020).

Vasconcelos, *et al.*, (2019), fez estudo sobre os metabólitos secundários a partir de extratos das partes aéreas de *A. cearensis* utilizando CLAE (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência). Os resultados revelaram a presença de diversos constituintes químicos bioativos, incluindo cumarinas, flavonoides, derivados cinâmicos, quinonas, triterpenos e esteróides. Essas descobertas destacam o potencial das partes aéreas de *A. cearensis* para aplicações farmacêuticas.

A caatinga apresenta uma rica diversidade de plantas, muitas das quais ainda permanecem inexploradas. Uma alternativa para valorizar essas plantas é a aromatização de bebidas, como a aguardente de mel, utilizando diferentes tipos de madeira. Realçando as características sensoriais da bebida, e enriquecendo seu perfil químico.

Diante deste cenário, apresenta-se nessa proposta a aplicação das madeiras da caatinga no processo de aromatização de aguardente de mel, promovendo agregação de valor a um produto inovador e aumento a visibilidade de árvores cujos estudos ainda são insipientes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção da matéria-prima

O mel industrial utilizado no estudo foi obtido junto a Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE), localizada na Chapada do Apodi e produzido por abelhas da espécie *Apis mellifera*, sendo classificado como mel floral. As análises foram realizadas no Laboratório de fermentados, Planta de Frutos e Hortaliças, Laboratório de Bioquímica de Alimentos e Química de Alimentos do IFCE- Instituto Federal do Ceará – *campus* Limoeiro do Norte. As lascas provenientes do cerne das plantas, foram obtidas por meio do comércio local de Limoeiro do Norte.

4.2 Análise do mel

4.2.1 Análises de Hidroximetilfurfural

Para a análise de Hidroximetilfurfural (HMF) Brasil (1981), foram pesados 5 g de mel. O mel foi transferido para um balão volumétrico de 25 mL, completando-se o volume com água destilada, sendo a solução utilizada imediatamente. Em seguida, foram utilizados dois tubos de ensaio: no primeiro, adicionaram-se 2 mL da solução de mel, 5 mL da solução de para-toluidina e 1 mL da solução de ácido barbitúrico; no segundo tubo, utilizado como branco, adicionaram-se 2 mL da solução de mel, 5 mL da solução de para-toluidina e 1 mL de água destilada. A sequência de adição dos reagentes foi realizada em até dois minutos. Após a adição, aguardaram-se quatro minutos e, então, procedeu-se à leitura da absorbância a 550 nm. A leitura foi feita no ponto de maior absorbância, tendo em vista que a coloração da solução é instável, atingindo seu pico máximo de absorção após cinco minutos, com posterior declínio.

$$\text{Mg de H.M.F./Kg} = 190 \times \text{absorbância} \quad \text{Eq 1}$$

4.2.2 Umidade

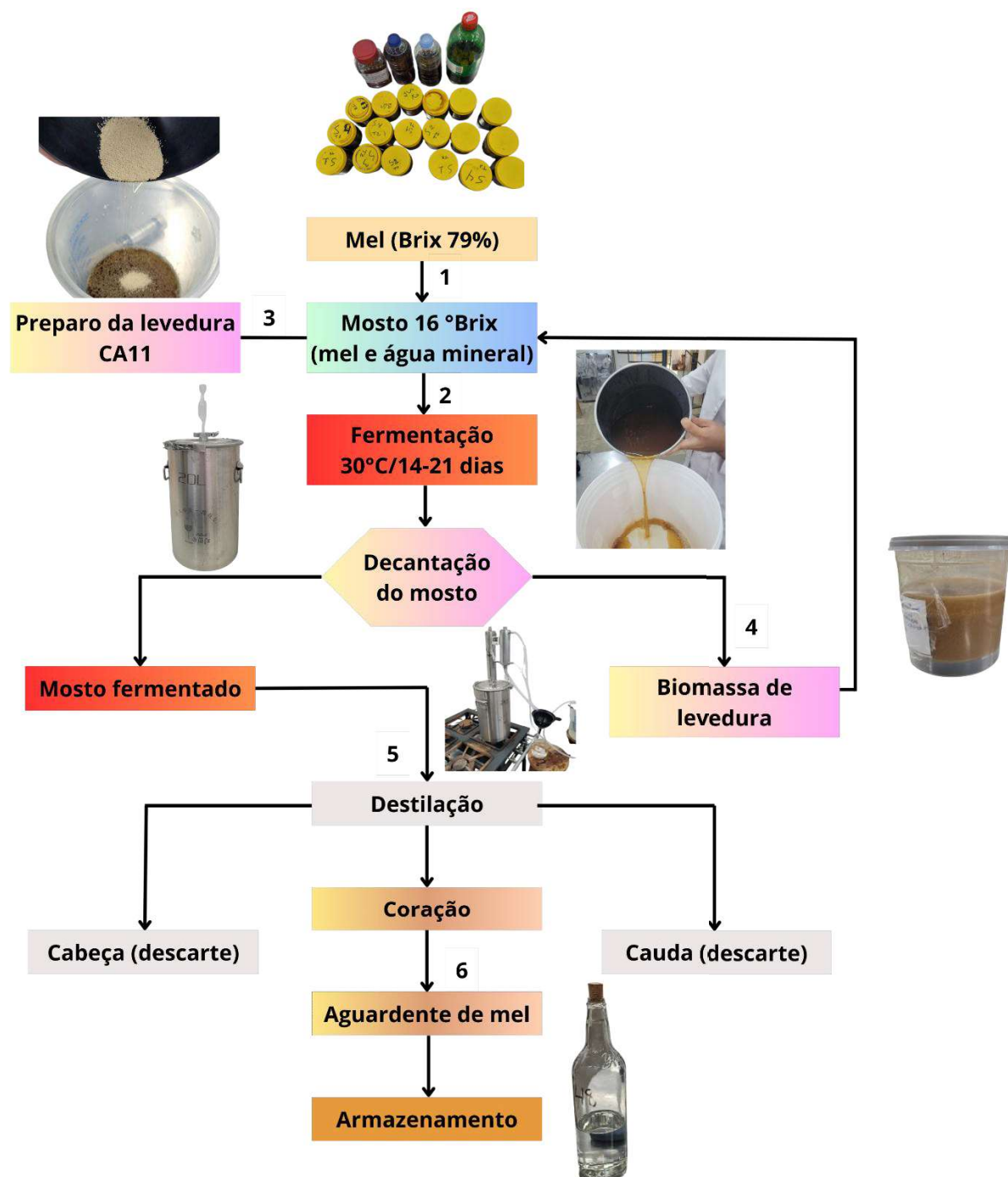
A umidade foi determinada por meio do método refratométrico, segundo metodologia descrita pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2022).

Utilizando pipeta de Pasteur, duas gotas da amostra foram colocadas sobre o prisma do refratômetro ABBE. Em seguida, a leitura foi realizada na escala de índice de refração. Posteriormente, o valor obtido foi corrigido adicionando-se 0,00023 para cada grau acima de 20 °C, para então ser convertido em porcentagem de unidade com base na (tabela) de Chataway

4.3 Elaboração da aguardente de mel

A elaboração da aguardente de mel foi realizada conforme o fluxograma estabelecido na (figura 4), demonstrando passo a passo do processo.

Figura 4 - Fluxograma de produção de Aguardente de mel



Preparo do mel para diluição simples (1), Mosto (2), Ativação da levedura (3), Leite de levedura (4), Destilação (5) Aguardente de mel (6).

Fonte: Autor (2024)

O preparo do mosto foi realizado de acordo com Silva, Rocha Filho e Carvalho (2021) com adaptações. Inicialmente foi feito a diluição simples de água mineral e mel até alcançar uma concentração de 16° Brix, a ativação da levedura ocorreu conforme as instruções do fabricante LNF cepa *saccharomyces cerevisiae* CA11® na proporção de 1g/L retirando uma

alíquota do mosto a temperatura ambiente 29-34 °C, adicionando a levedura e agitando suavemente por 15 minutos para ambientar ao meio, em seguida voltando a levedura ambientada para o mosto. Após a inoculação, o mosto foi transferido para um biofermentador marca LTLWSH® (aço inox de 20 L) equipado com airlock. A elaboração do mosto foi realizada por duas vezes com dois lotes diferentes, com uma levedura velha e uma levedura nova, o processo de fermentação ocorreu em temperatura ambiente no laboratório de processos fermentativos.

Após o processo fermentativo, o mosto fermentado foi transferido para um destilador de álcool da marca LTLWSH®, com capacidade de 20 litros. Durante a destilação, foram realizados cálculos para determinar as frações. Descartou-se os primeiros 10% (v/v) do destilado inicial (cabeça). Em seguida, coletou-se 80% (v/v) do destilado subsequente, conhecido como coração. Após a destilação a bateladas produzidas foram misturadas e homogeneizadas, a fração (coração) da aguardente de mel foi armazenada em recipiente de vidro esterilizados. A fração designada como coração destina-se a produção da aguardente aromatizada. O brix do mel e do mosto foram determinados com o auxílio de um refratômetro digital zerando com água destilada e posteriormente adicionando a amostra com preenchimento de 1/3 do prisma de medição.

4.4 Análises da aguardente de mel simples

4.4.1 Análise dos Congêneres e Contaminantes por GC-FID

Realizou-se esta análise da aguardente branca para identificação e quantificação dos congêneres e contaminantes de aguardente usando o sistema cromatográfico gasoso, modelo Varian 450-GC, acoplado ao Detector de Ionização por Chama, marca VARIAN® e software de controle Galaxie®, conforme mostra (figura 5). O sistema GC-FID situa-se no Laboratório de Química Instrumental, do Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará. Os congêneres e contaminantes foram separados em uma coluna capilar da Varian CP-Wax 52 CB fase ligada polietilenoglicol com comprimento (L) 30 m, espessura de filme (FT) 0,25 µm, diâmetro interno (ID) 0,32 mm.

As condições cromatográficas foram: gás de arraste nitrogênio, fluxo da coluna foi 1 mL.min⁻¹, modo de injeção utilizado foi split (1:15), volume da injeção de 1,0 µL. Rampa de Temperatura da coluna foi de 34 °C por 4,5 min., subindo a taxa de aquecimento de 2,0 °C.min⁻¹.

¹ até 40 °C, aumentando taxa de aquecimento de 12 °C.min⁻¹ até atingir 135 °C e crescendo a taxa de aquecimento de 30°C.min⁻¹ até 220 °C, onde permaneceu por 1,75 min, totalizando 20 minutos o tempo de corrida. Temperatura do injetor em 250 °C e a temperatura da interface em 280 °C, os fluxos dos gases para alimentação do detector foram: 25 mL.min⁻¹ para nitrogênio, 30 mL.min⁻¹ para hidrogênio e 300 mL.min⁻¹ para ar sintético. Pós obtenção das curvas analíticas, foram quantificados os congêneres e contaminantes, através das equações das curvas analíticas. A (tabela 4) apresenta o Tempo de Retenção (RT), o Coeficiente de Correlação (R²) e o Limite de Quantificação do método (LQ).

O equipamento utilizado está presente na (figura 5) e os resultados obtidos estão presentes na (tabela 4).

Figura 5 - Cromatógrafo Gasoso – Detector de Ionização por Chama



Fonte: Autor, (2025)

Tabela 5 - Tempo de retenção (RT), coeficiente de determinação (R²) e limites de quantificação (LQ) dos padrões analíticos determinados por cromatografia gasosa

Padrão	RT (minutos)	R ²	LQ (mg/L)	LQ (mg/100mL a.a.)
--------	-----------------	----------------	-----------	-----------------------

Álcool n-Butílico	8.82	0,9907	8	2,0
Álcool sec-Butílico	4.75	0,9910	10	2,5
Álcool Metílico	2.55	0,9950	12	3,0
Álcool 1-Propanol	5.44	0,9892	10	2,5
Álcool Isoamílico	10.19	0,9960	7	1,8
Álcool Isobutílico	7.36	0,9803	10	2,5
Acetaldeído	1.58	0,9764	5	1,3
Fufural	13.85	0,9920	7	1,8
Acetato de Etila	2.40	0,9905	17	4,3
Lactato de Etila	12.36	0,9907	7	1,8

Fonte: Autor, (2025)

4.4.2 Acidez total

A acidez total foi realizada conforme o método titulométrico previsto pela AOAC (2005), baseado na neutralização dos ácidos com solução padronizada de álcali. Inicialmente pipetou-se 10 mL da amostra em um Erlenmeyer de 250 mL, posteriormente diluída em 100 mL de água destilada e adicionada de 4 gotas do indicador fenolftaleína 1% m/v. Em seguida, realizou-se a titulação com solução padronizada de NaOH 0,1 N sendo o volume gasto aplicado na Equação 2.

Ácidos totais, em g de ácido acético por 100 mL de amostra: Eq 2

$$= n \times M \times f \times PM / 10 \times V$$

Onde:

n = volume em mL da solução de NaOH 0,1 N gasto na titulação;

f = fator de correção da solução de NaOH 0,1 N;

N = normalidade da solução de NaOH;

V = volume da amostra.

4.4.3 Acidez fixa

A acidez fixa foi realizada conforme o método previsto pela AOAC (2005). pipetando-se 50 mL da amostra para a cápsula de porcelana e evaporou-se em banho-maria $\approx 95-100^\circ\text{C}$. Adicionou-se água cuidadosamente pelas paredes da cápsula, lavando o resíduo e continuou-se a evaporação até quase total secura. Transferiu-se esse resíduo com 100 mL

de água para um frasco Erlenmeyer e titulou-se com solução de hidróxido de sódio NaOH 0,1 N, sendo o volume gasto hidróxido de sódio aplicado na fórmula seguinte.

Ácidos fixos, em g de ácido acético por 100 mL de amostra: Eq 3

$$n \times M \times f \times PM / 10 \times V$$

Onde:

n = volume em mL da solução de NaOH 0,1 N gasto na titulação;

f = fator de correção da solução de NaOH 0,1 N;

N = normalidade da solução de NaOH;

V = volume da amostra.

PM = peso molecular do ácido acético (60,5 g/mol)

V = volume tomado da amostra, em mL

4.4.4 *Acidez Volátil*

A acidez volátil foi realizada conforme o cálculo previsto pela AOAC (2005), foi realizado por meio da diferença entre a acidez total e a acidez fixa. O resultado foi expresso em mg de ácido acético por 100 mL de amostra conforme indica o seguinte cálculo:

Eq 4

At - Af = ácidos voláteis, em g de ácido acético por 100 mL de amostra

At = ácidos totais

Af = ácidos fixos

$$\text{Acidez volátil} = \frac{Av \times 100}{G}$$

Onde:

Av = ácidos voláteis

G = graduação alcoólica

4.4.5 *Extrato seco*

O extrato seco foi realizado conforme o método previsto pela AOAC (2005), pipetaram-se 20 mL da amostra para uma cápsula previamente seca em estufa, resfriada em dessecador até atingir a temperatura ambiente e pesada. A amostra foi então evaporada lentamente em banho-maria até a secura. Em seguida, secou-se em estufa a 100 ± 5 °C por 30 minutos. Após

o aquecimento, a cápsula foi resfriada em dessecador por 30 minutos e o peso obtido aplicado na equação 5:

Eq 5

$$\text{Extrato seco em m/v} = \frac{100 \times N}{V}$$

N = massa de resíduo seco em g (%m/v)

V = volume da amostra em mL

4.4.6 Cinzas

A análise de cinzas foi realizada conforme o método previsto pela AOAC (2005), pesaram-se 5 g da amostra em uma cápsula de porcelana de 50 mL, previamente aquecida em mufla a 550°C por 1 hora, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. Em seguida, a amostra foi evaporada em banho-maria e carbonizada em chapa elétrica dentro de uma capela. Posteriormente, realizou-se a incineração em mufla a 550°C. A cápsula foi então resfriada em dessecador até atingir a temperatura ambiente e, em seguida, pesada. As operações de aquecimento e resfriamento foram repetidas até que se obtivesse massa constante sendo aplicado na equação 6:

Eq 6

$$\text{Cinzas em m/v} = \frac{P \times 100}{P}$$

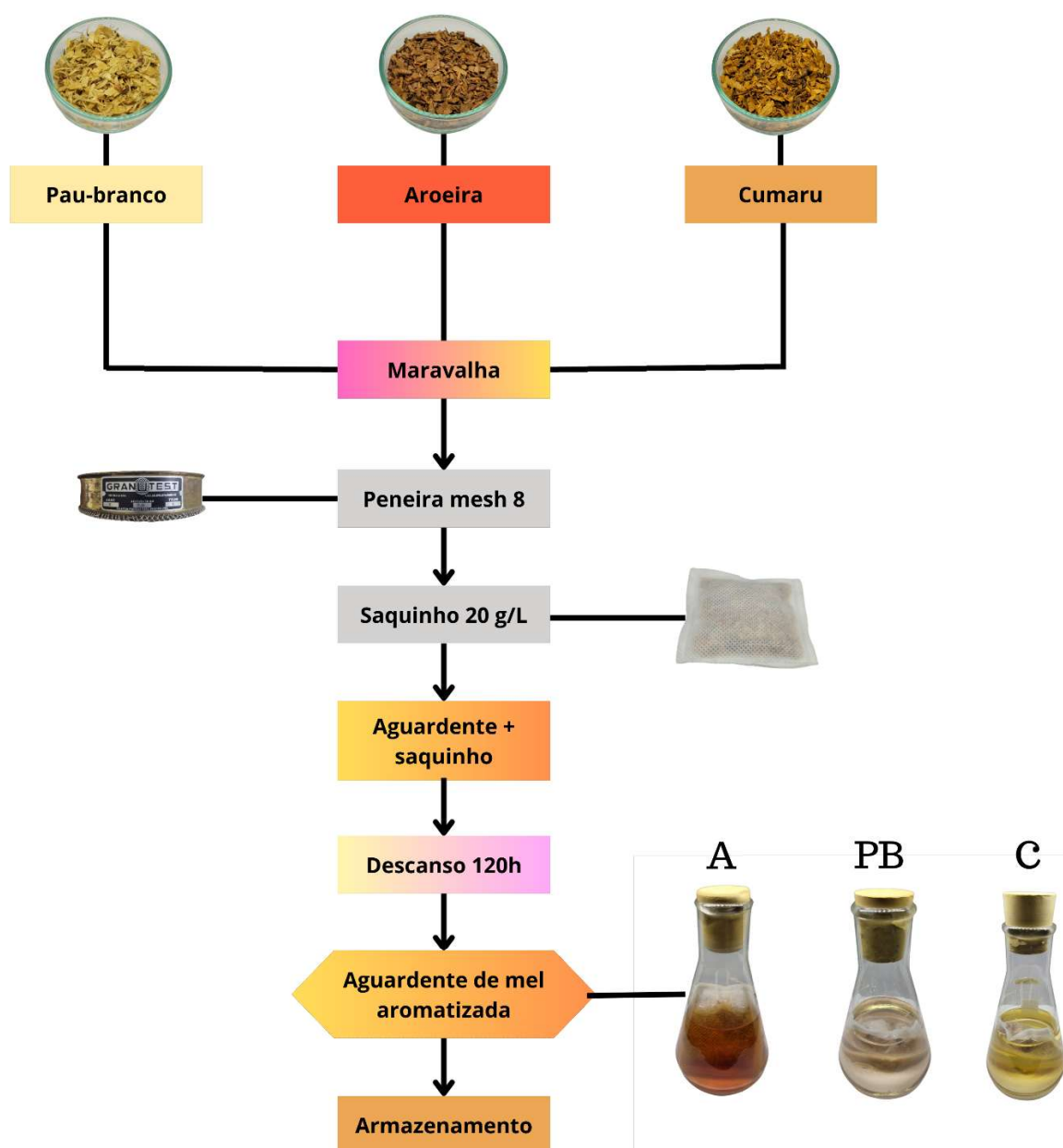
p = n° de g de resíduo

P = n° g da amostra

4.5 Aromatização da aguardente de mel com lascas de madeiras

A elaboração da aguardente de mel com adição de lascas de madeira foi realizada conforme descrito no fluxograma apresentado na (figura 6).

Tabela 6 - Fluxograma de aromatização da aguardente de mel.



Fonte: Autor (2024)

A metodologia a seguir foi adaptada de Coelho *et al.*, (2021), utilizando lasca de amburana de cheiro (*Amburana cearensis*), pau branco (*Cordia oncocalyx*) e aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), todas provenientes da Região do Vale do Jaguaribe adquiridas no mercado local. Foram adicionados 20 g de lasca por litro de aguardente de mel em um recipiente de vidro de volume de 2L vedado para evitar a volatilização e oxidação do álcool. A mistura foi mantida longe da luz, à temperatura ambiente de 28-34 °C, sendo adaptado o tempo de 48 horas para 120 horas. Após o período de maturação, todas as amostras foram filtradas em papel qualitativo para remover vestígios de madeira. Foram utilizados 3

recipientes de vidro de 2 L para as 3 madeiras, as 6 alíquotas de 15 mL de cada madeira foram coletadas do mesmo frasco e mantidas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até serem analisadas sendo intervalo de coleta de 24 horas e no tempo inicial 0 horas.

4.5.1 Planejamento experimental para elaboração dos blends a partir das aguardentes aromatizadas

Foi realizado um planejamento experimental chamado mistura *simplex-centroid*, usando um modelo cúbico, com 7 combinações diferentes de amostras (tabela 7). O objetivo foi avaliar como a mistura de aguardentes aromatizadas com três tipos de madeira (Aroeira, Cumaru e Pau Branco) influencia o índice de aceitabilidade, que foi medido por meio de uma análise sensorial. Os resultados dessas misturas podem ser vistos na (figura 7), permitindo observar como cada tipo de aguardente se comportou em termos de aceitação.

Tabela 7 - Matriz de delineamento *simplex-centroid* com níveis codificados e reais das variáveis

Códigos	Valores codificados			Valores reais (%)		
	A	C	PB	A	C	PB
A	1,0	0,0	0,0	100	0	0
C	0,0	1,0	0,0	0	100	0
PB	0,0	0,0	1,0	0	0	100
A+C	0,5	0,5	0,0	50	50	0
PB+A	0,5	0,0	0,5	50	0	50
PB+C	0,0	0,5	0,5	0	50	50
PB+A+C*	0,3	0,3	0,3	33	33	33

A – Aroeira; C – Cumaru; PB – Pau Branco; B – aguardente branca (sem aromatização); PB + A – pau branco + aroeira; PB + C – pau branco + cumaru; C + A – cumaru + aroeira; A + PB + C – aroeira + pau branco + cumaru.

Fonte: Autor, (2025).

Foi obtido 1,9 litro de bebida aromatizada para cada madeira (aroeira, pau branco e cumaru), logo após sendo preparado os *blends* 50% (400mL) de A + 50 % (400mL) de C, mantendo as proporções para os *blends* de PB+A e PB+C, no ponto central foi feito a proporção de 33,33% para as três madeiras (PB+A+C) com 266,66 mL respectivamente.

Figura 6 - Aguardente de mel branca, aromatizada e *blends*



A – Aroeira; C – Cumaru; PB - Pau Branco; B – aguardente branca (sem aromatização); PB + A – pau branco + aroeira; PB + C – pau branco + cumaru; C + A – cumaru + aroeira; A + PB + C – aroeira + pau branco + cumaru. Fonte: Autor, (2025).

Foi feito teste de aromatização para determinar o tempo de descanso das lascas, sendo a cor o fato determinante para o encerramento do descanso, assim que se apresentou constância e suas análises.

4.5.2 Cor

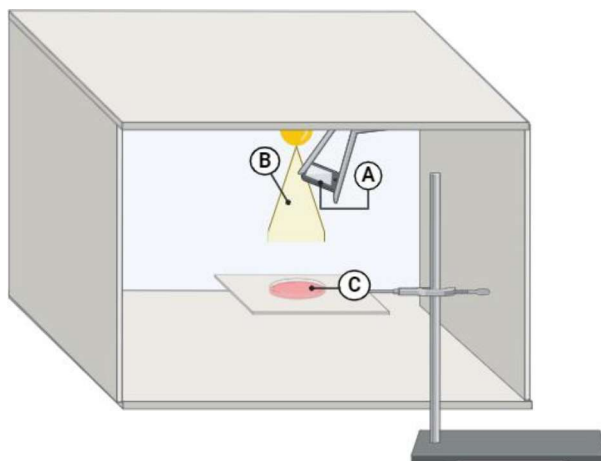
Para análise dos parâmetros de cor, foi utilizado um sistema conforme descrito por León *et al.* (2006), com adaptações, representado na (figura 8).

As amostras foram fotografadas com um smartphone Galaxy S20 FE, configurado com uma resolução de 1816x4032 pixels (7MP), ISO 64, distância focal de 26 mm, abertura de f/1,8, exposição de 0,0 ev e tempo de exposição de 1/120 s, assegurando a alta qualidade necessária para a análise.

Para garantir a consistência das condições de iluminação, foi utilizado um dispositivo que controlava a luz ambiente, direcionando-a de forma oposta à lente da câmera. Um filtro especial foi empregado para minimizar reflexos na superfície do líquido, garantindo a captura de imagens digitais adequadas para o processamento.

O esquema elaborado para as fotos foi representado na (figura 7), as amostras foram colocadas em recipientes com 15 mm de altura, cada um contendo 20 mL de líquido. A iluminação foi ajustada especificamente para garantir a qualidade das fotografias.

Figura 7 - Esquema da padronização das condições de iluminação e resolução das imagens registradas.



A - Captura de imagem; B – Fonte de luz primária; C – Amostra.

Fonte: Autor, (2025)

As imagens foram processadas utilizando um script em Python, no qual foram centralmente cortadas para um tamanho específico e as médias das cores calculadas nos espaços de cor CIELab. Onde, L^* = luminosidade, a^* = coordenada vermelho / verde e b^* = coordenada amarela / azul. Por fim os valores médios de L^* , a^* , b^* e foram armazenados em um DataFrame e exportados para um arquivo CSV. Para cada amostra, as medições foram realizadas em cinco zonas distintas e não sobrepostas, e a média dos valores foi utilizada para determinar os parâmetros Chroma C^* (saturação ou intensidade da cor) Eq 9; e $^{\circ}\text{Hue}$ Eq 10.

$$\text{Chroma} = [(a^2 + b^2)^{1/2}] \quad \text{Eq 8}$$

$$\text{Hue} = [\arctan(b/a)] \quad \text{Eq 9}$$

O browning index (BI) foi avaliado conforme reportado por Mohapatra *et al.* (2010), utilizando a Eq 11; e a diferença total de cor (ΔE^*) foi calculada com a equação Eq 12:

$$\text{BI} = 100 \times \left(\frac{x-0,31}{0,17} \right) \quad \text{Eq 10}$$

$$\text{onde, } x = \frac{(a^* + 1,75L^*)}{(5,645L^* + a^* - 3,012b^*)}$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Eq 11}$$

4.5.3 Polifenóis totais por Folin-Ciocalteu

Os fenólicos totais na aguardente de mel aromatizada foram estimados conforme o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Singleton; Rossi, 1965). Em tubos de ensaio, foram adicionados 455 μL de Folin-Ciocalteu (2,0 N), seguidos de 3636 μL de água ultrapura e 455 μL de amostra. Após 5 minutos, 455 μL de Na_2CO_3 (0,943 mol L^{-1}) foram acrescentados ao

complexo. Os tubos permaneceram no escuro a 25 °C por 60 minutos, e a absorbância foi registrada em um espectrofotômetro (Biospectro[®], SP-220) no comprimento de onda de $\lambda = 725$ nm, contra um branco (água ultrapura em substituição da amostra no meio reacional). O teor de fenólicos totais foi determinado a partir da curva padrão de ácido gálico, e os dados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente por 100 g (mg AGE 100 g⁻¹).

4.5.4 Atividade antioxidante pelo método 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH)

A determinação da atividade antioxidante pelo método 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) foi realizada segundo Brand-Williams *et al.* (1995). Uma alíquota de 660 µL da amostra e 4333 µL de uma solução etanólica de DPPH 0,10 mM foram adicionadas aos tubos de ensaio. A mistura permaneceu no escuro a 25 °C por 30 minutos e a absorbância foi registrada em espectrofotômetro (Biospectro[®], SP-220) a 517 nm. A capacidade de captura do radical foi estimada pelo seu consumo no meio reacional e os resultados expressos em percentual de inibição, conforme a Equação 3:

$$\% \text{ atividade antioxidante} = [1 - (A_{517} \text{ amostra} / A_{517} \text{ branco})] \times 100 \quad \text{Eq 12}$$

4.5.5 Acidez total

A acidez total foi realizada conforme o método titulométrico previsto pela AOAC (2005), baseado na neutralização dos ácidos com solução padronizada de álcali. Inicialmente pipetou-se 10 mL da amostra em um Erlenmeyer de 250 mL, posteriormente diluída em 100 mL de água destilada e adicionada de 4 gotas do indicador fenolftaleína 1% m/v. Em seguida, realizou-se a titulação com solução padronizada de NaOH 0,1 N sendo o volume gasto aplicado na Equação 13.

$$\text{Ácidos totais, em g de ácido acético por 100 mL de amostra:} \quad \text{Eq 13}$$

$$= n \times M \times f \times PM / 10 \times V$$

Onde:

n = volume em mL da solução de NaOH 0,1 N gasto na titulação;

f = fator de correção da solução de NaOH 0,1 N;

N = normalidade da solução de NaOH;

V = volume da amostra.

4.5.6 *Acidez fixa*

A acidez fixa foi realizada conforme o método previsto pela AOAC (2005). pipetando-se 50 mL da amostra para a cápsula de porcelana e evaporou-se em banho-maria $\approx 95\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Adicionou-se água cuidadosamente pelas paredes da cápsula, lavando o resíduo e continuou-se a evaporação até quase total secura. Transferiu-se esse resíduo com 100 mL de água para um frasco Erlenmeyer e titulou-se com solução de hidróxido de sódio NaOH 0,1 N, sendo o volume gasto hidróxido de sódio aplicado na fórmula seguinte.

Ácidos fixos, em g de ácido acético por 100 mL de amostra: Eq 14

$$n \times M \times f \times PM / 10 \times V$$

Onde:

n = volume em mL da solução de NaOH 0,1 N gasto na titulação;

f = fator de correção da solução de NaOH 0,1 N;

N = normalidade da solução de NaOH;

V = volume da amostra.

PM = peso molecular do ácido acético (60,5 g/mol)

V = volume tomado da amostra, em mL

4.5.7 *Acidez Volátil*

A acidez volátil foi realizada conforme o cálculo previsto pela AOAC (2005), foi realizado por meio da diferença entre a acidez total e a acidez fixa. O resultado foi expresso em mg de ácido acético por 100 mL de amostra conforme indica o seguinte cálculo:

Eq 15

At - Af = ácidos voláteis, em g de ácido acético por 100 mL de amostra

At = ácidos totais

Af = ácidos fixos

$$\text{Acidez volátil} = \frac{Av \times 100}{G}$$

Onde:

Av = ácidos voláteis

G = graduação alcoólica

4.5.8 Extrato seco

O extrato seco foi realizado conforme o método previsto pela AOAC (2005), pipetaram-se 20 mL da amostra para uma cápsula previamente seca em estufa, resfriada em dessecador até atingir a temperatura ambiente e pesada. A amostra foi então evaporada lentamente em banho-maria até a secura. Em seguida, secou-se em estufa a 100 ± 5 °C por 30 minutos. Após o aquecimento, a cápsula foi resfriada em dessecador por 30 minutos e o peso obtido aplicado na equação 16:

Eq 16

$$\text{Extrato seco em m/v} = \frac{100 \times N}{V}$$

N = massa de resíduo seco em g (%m/v)

V = volume da amostra em mL

4.6 Determinação dos compostos voláteis

A metodologia de microextração em fase sólida por headspace (HS-SPME) combinada com cromatografia gasosa/espectrometria de massas (GC-MS) conforme Yan *et al.*, (2024), foi utilizada para analisar os compostos voláteis. A fibra SPME (75 µm CAR/PDMS, Supelco Company Ltd®, Bellefonte, PA, EUA) foi utilizada para extrair compostos voláteis no headspace. A amostra de conhaque foi diluída 10 vezes e incubada em um frasco SPME a 40 °C por 10 minutos antes da injeção.

A fibra SPME foi imediatamente inserida no GC-MS (Agilent 5975C-7890A, Agilent Technologies®, Santa Clara, CA, EUA) e dessorbida termicamente a 250 °C por 5 minutos. A coluna utilizada foi a DB-1701 (30 m × 320 µm × 0,25 µm) com uma taxa de fluxo de 1 mL/min e temperatura do injetor de 250 °C. O programa de temperatura foi o seguinte: temperatura inicial de 45 °C por 2,5 minutos, seguida por um aumento para 180 °C a uma taxa de 3 °C/min, e depois elevada para 230 °C a uma taxa de 6 °C/min, mantendo-se por 3 minutos.

As condições da fonte de ionização foram: energia do elétron de 70 eV, temperatura da fonte de íons de 230 °C e faixa de varredura de massa de 55–550 m/z. Cada composto foi identificado utilizando o banco de dados da biblioteca NIST e seu índice de retenção. Os conteúdos relativos dos compostos aromáticos voláteis foram calculados pelo método de normalização de área.

4.7 Análises sensorial

A avaliação sensorial foi conduzida com um grupo focal de 16 avaliadores não treinados da cidade de Limoeiro do Norte - CE, os descritores foram levantados através de pesquisas bibliográficas (Francesca et al., 2022; Guerrero-Chanivet et al., 2024; Trillo-Ollero et al., 2024; Ickes e Cadwallader, 2017; Louw et al., 2015; Louw et al., 2013; Alencar et al., 2019; Liu et al., 2018; Giacalone; Hedelund, 2016). E os avaliadores foram selecionados por questionário online, tendo como quesito experiência no consumo de aguardente, bebidas que se assemelham a aguardente analisada, capacidade de diferenciá-las e fazer parte da comunidade acadêmica do IFCE - Campus Limoeiro do Norte. A análise ocorreu no laboratório de Análise Sensorial do IFCE - Campus Limoeiro do Norte, em cabines individuais e sob luz branca, as amostras foram apresentadas monadicamente por meio dos testes de aceitação por escala hedônica estruturada de 9 pontos, aceitação global, intenção de compra, CATA (*check-all-that-apply*) cor, aroma e sabor quando somados totalizando 21 descritores. (Dutcosky, 2019; Pereira *et al.*, 2020; Araújo *et al.*, 2021).

Foi utilizado um delineamento balanceado em blocos completos casualizados. Aproximadamente 10 mL das amostras foram servidas em copos de plástico, codificados com números aleatórios de 3 dígitos, a temperatura ambiente de 29 ± 1 °C. A utilização de água e biscoito tipo água e sal, foi disponibilizada para limpeza do paladar entre as análises das amostras.

As análises que ocorreram mediante a participação de seres humanos, só foram iniciadas após aprovação pelo Comitê Permanente de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos com parecer nº 7.276.834 em cumprimento à Resolução nº 466/2012, do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2013)

4.8 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, não sendo observadas violações da normalidade ($p > 0,05$). A homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Brown-Forsythe, confirmando a homocedasticidade entre os grupos ($p > 0,05$). Atendidos os pressupostos da ANOVA, realizou-se a análise de variância, seguida do teste de comparações múltiplas de Tukey, considerando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Para CATA, os dados foram apresentados em frequência percentual. As médias

de intensidade foram avaliadas por meio de (ANOVA). A análise de variância também foi aplicada para identificar se houve diferença nos tratamentos e /ou outros produtos similares.

Para o processamento dos dados foram usados os softwares Statistica 10.0 (STATSOFT, 2011), Microsoft Office Excel® v.2025.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros de qualidade do mel

O mel utilizado na produção da aguardente de mel aromatizada apresentou, para o valor de umidade, uma média de 16,2%, indicando que o produto estava bem concentrado e viscoso, segundo a (tabela 1), que remete à Instrução Normativa MAPA nº 11, de 20 de outubro de 2000, esse parâmetro encontra-se dentro dos limites estabelecidos, que é de 20%. Na pesquisa de Fuentes Molina *et al.*, (2020), foram investigados os parâmetros físico-químicas em 12 amostras de mel chileno, cujos valores de umidade variaram entre 14,4% e 16,9%.

A umidade no mel é determinante para o desenvolvimento microbiano. Quando acima de 20% torna-se propício à fermentação por meio das leveduras osmofílicas (resistente ao açúcar), que fazem parte de sua composição, influenciando diretamente na qualidade da matéria prima. Ademais, o teor de água é fundamental para os parâmetros de viscosidade e estabilidade do mel. (Castro *et al.*, 2022; Ludwing *et al.*, 2020; Uzunca *et al.*, 2023).

O HMF apresentou valor de 379,43 mg/kg de mel, acima do limite máximo permitido pela Instrução Normativa MAPA nº 11, de 20 de outubro de 2000 que é de 60 mg/kg (tabela 1), caracterizando a matéria prima como mel industrial, de acordo Brasil, (2022). Esse resultado pode estar associado às condições de armazenamento do mel, que possivelmente passou por períodos de altas temperaturas, justificando o elevado teor de HMF. Em sua pesquisa, Bouhlali *et al.*, (2019) analisaram o teor de HMF de duas variedades de méis do Marrocos, encontrando valores entre 8,30 mg/kg para o mel de alecrim e 68,92 mg/kg para o mel de acácia.

A alta temperatura, com variações de 10 °C acima da temperatura ideal do mel (25 °C), de acordo com Bouhlali *et al.*, (2019), é um dos principais fatores que elevam o alto teor de HMF em alguns méis. Para Ludwig *et al.*, (2020), o superaquecimento ou adulterações influenciam diretamente no teor de este composto no mel, indicando a presença do aldeído. O HMF é formado principalmente pela degradação da frutose em meio ácido, por meio de reações de desidratação de açúcares e de Maillard, sendo determinante para o frescor do mel (Rajindran *et al.*, 2022). Durante o processo de fermentação do mosto de mel, o aldeído presente no mel é reduzido pela levedura. Esses parâmetros, entretanto, não foram limitantes para a produção da aguardente de mel, como será apresentado a seguir, indicando que mesmo méis de baixa qualidade comercial podem ser utilizada nesse processo (Akillioglu, Mogol e Gökmen, 2011).

5.2 Parâmetros fermentativos

Na (Tabela 6) observa-se o comportamento fermentativo do mosto preparado. As variações durante a fermentação podem ser atribuídas às flutuações de temperatura. Segundo Silva, Rocha Filho e Carvalho (2021), a temperatura ideal para a fermentação deve se manter entre 25°C e 34°C. Contudo, a fermentação ocorreu em temperatura ambiente e, em dias chuvosos, o que pode ter influenciado nessas variações, implicando diretamente na atividade das leveduras e resultando em um tempo de fermentação mais prolongado. A fermentação é considerada concluída quando não há mais formação de bolhas no mosto ou quando o Brix atinge um valor constante entre 6° e 8° Brix, indicando o consumo dos açúcares fermentescíveis.

Tabela 8 - Parâmetros Fermentativos da Aguardente de Mel

Amostra	Brix Inicial	Brix Final	Teor Alcoólico		Tempo de Fermentação	Número de aproveitamento
			Mosto	Destilado		
1a	15°	7°	10° GL	34° GL	14 dias	1 ^a
2b	16°	8°	10,7° GL	49° GL	21 dias	1 ^a
3b	16°	6°	10,7° GL	49° GL	14 dias	2 ^a
4b	16°	8,5°	10,3° GL	46,2° GL	18 dias	3 ^a

a- (levedura CA11 pacote antigo) b- (levedura pacote novo)

Fonte: Autor (2025)

De acordo com a (tabela 7), foi possível perceber que, se mantido o ambiente limpo e higienizado, o reaproveitamento das leveduras é possível, visto que a levedura (a) foi testada uma vez, enquanto (b) foi reutilizada duas vezes, o que permitiu melhorar a eficiência da fermentação devido à adaptação da levedura ao meio. Também foi possível perceber que a levedura(a) apresentou menor produção de etanol em relação a levedura(b). Silva, Rocha Filho e Carvalho (2021) ressaltam que o processo fermentativo deve acontecer em local arejado, que permita a circulação de ar e dissipação do carbono produzido, melhorando assim o processo fermentativo. A levedura antiga, não sendo bem armazenada ou por abrir corriqueiramente, pode absorver a umidade do ambiente, por se tratar de um microrganismo desidratado, o que abre margem para contaminação por esporos de fungos presentes no ambiente, influenciando na qualidade do produto.

Bedoya *et al.*, (2024) destacam que a temperatura, o SO₂ (Dióxido de enxofre) e o etanol são fatores-chave na fermentação, afetando a dinâmica das leveduras. A temperatura controla a taxa de crescimento e a viabilidade das leveduras, influenciando diretamente no tempo de fermentação. O SO₂ (Dióxido de enxofre) seleciona leveduras resistentes e inibe microrganismos indesejáveis, enquanto o etanol, produzido durante a fermentação, exerce um efeito inibitório sobre as leveduras, impactando na formação e multiplicação das colônias. A levedura gera uma variedade de compostos secundários ao longo do processo de fermentativo, entre os quais se destacam os compostos voláteis, que desempenham um papel crucial na qualidade sensorial da bebida (Gonzalez-Ramirez *et al.*, 2024).

No que se refere à graduação alcoólica, a legislação estabelece o mínimo de 38,0% e máxima de 54,0% v/v para aguardente de cana, enquanto a legislação europeia, fixa o mínimo em 35%, conforme o Regulamento CE nº 110/2008. De acordo com a (tabela 8), a graduação alcoólica obtida foi de 42,0% v/v. Autores como Anjos, Frazão e Caldeira (2017) analisaram aguardentes de mel provenientes de três países - Brasil, Portugal e Polônia - incluindo amostras artesanais e industriais. Foram coletadas 14 amostras, cuja graduação alcoólica média foi de 45,84%. Vilela *et. al.*, (2021) analisaram 20 amostras de Cachaça do estado da Paraíba e encontraram graduação alcoólica média de 40,5%. Em sua pesquisa, Yan *et al.*, (2024) analisaram aguardentes de maçã envelhecidas com lascas de carvalho tostado, que apresentaram graduação alcoólica de 45% v/v. Já na aguardente estudada por Duan *et. al.*, (2024), foi determinado uma graduação alcoólica de 39,40% v/v.

5.3 Caracterização da Aguardente de mel base para produção de *Blends*

Para avaliar se a aguardente de mel estava em conformidade com as normas vigentes, os resultados obtidos foram comparados com os parâmetros estabelecidos pela PORTARIA MAPA Nº 539, DE 26 DE DEZEMBRO DE 2022 (BRASIL, 2022), que define os padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana visto. Diante da ausência de legislação específica no Brasil, essas análises visam verificar a conformidade dos dados da aguardente de mel branca, apresentados na (tabela 7).

Tabela 9 - Caracterização da aguardente de mel branca

Parâmetros	Amostra Branca	Legislação
------------	----------------	------------

		Min	Max
Graduação alcoólica (%v/v)	42,00 ± 0,00	38,0	54,0
Acidez volátil (mg/100 mL de ácido acético)	36,24 ± 3,44	-	150
Acidez total (mg/100 mL de ácido acético)	39,82 ± 3,44	-	-
Acidez fixa (mg/100 mL de ácido acético)	3,58 ± 0,00	-	-
Álcool n-Butílico (1-butanol) (mg/100 mL)	<LQ	-	-
Álcool sec-Butílico (2-butanol) (mg/100 mL)	<LQ	-	-
Álcool Metílico (metanol) (mg/100 mL)	<LQ	-	-
Álcool 1-Propanol (mg/100 mL)	30,1	-	-
Álcool Isoamílico (mg/100 mL)	179,3	-	-
Álcool Isobutílico (mg/100 mL)	174,1	-	-
Acetaldeído (mg/100 mL)	20,4	-	30
Furfural (mg/100 mL)	<LQ	-	5
Acetato de etila (mg/100 mL)	25	-	200
Lactato de etila (mg/100 mL)	2,5	-	-
Soma dos Álcoois superiores* (mg/100 mL)	383,5	-	360
Coefficiente de Congêneres** (mg/100 mL)	428,9	200	650
Extrato seco (g/L)	0,1	-	-
Cinzas (%)	-	-	-

* - Álcool Isobutílico, Álcool Isoamílico, Álcool 1-Propano, Álcool n-Butílico. ** - Acidez volátil (ácido acético), Álcool Metílico (metanol), Álcool 1-Propanol, Álcool Isoamílico, Álcool Isobutílico, Álcool n-Butílico, Acetaldeído, Acetato de etila. Resultados expressos em média e desvio padrão; células com traço indicam ausência conforme a PORTARIA MAPA Nº 539, DE 26 DE DEZEMBRO, LQ (limite de quantificação) Álcool n-Butílico (1-butanol) 2,0; Álcool sec-Butílico (2-butanol) 2,5; Álcool Metílico (metanol) 3,0; Furfural 1,8.

Fonte: Brasil (2022)

Apesar de ter sido atingido um teor superior de etanol na destilação inicial, chegando a 47 % (tabela 6), com o objetivo de estabelecer um padrão, as amostras de aguardente foram misturadas e mantidas a 38 %, conforme descrito na (tabela 07).

Por ser fator de rejeição para os consumidores quando presente em quantidade acima de 150 mg/mL de ácido acético, a acidez em bebidas alcoólicas é um parâmetro indispensável, devendo ser acompanhado durante todo o processo produtivo e em todas as fases de elaboração da bebida (Oliveira *et al.*, 2025).

Segundo a (tabela 7), a acidez volátil mensurada foi de 36,24 ± 3,44 mg/100 mL de ácido acético, estando, portanto, dentro dos limites permitido pela legislação. Em seu experimento, Vilela *et. al.* (2021) analisaram 20 amostras de Cachaça e encontraram uma média de 88,68 mg/100 mL de ácido acético. Estudando as características químicas e as propriedades sensoriais de aguardente de uva silvestre, Duan *et. al.*, (2024) encontraram uma média de 29

mg/100 mL de ácido acético. Já Canas *et. al.*, (2022) verificaram, em sua aguardente analisada, uma média de 36 mg/100 mL ácido acético.

Diante da ausência de legislação específica, optou-se pela comparação com destilados diversos que se assemelham ao destilado em questão, implicando que a bebida analisada apresentou qualidade e uma acidez volátil compatível tanto com o que estabelece a legislação quanto com os valores encontrado por outros autores em diferentes destilados.

A acidez total da aguardente de mel analisada foi de $39,82 \pm 3,44$ mg/100 mL, demonstrando a presença de ácidos orgânicos em níveis compatíveis com o perfil esperado para esse tipo de destilado. Em sua pesquisa com 14 amostras de aguardente mel, Anjos, Frazão e Caldeira (2017) relataram valores de médios 45,93 mg/100 mL. Em comparação, Anjos *et al.* (2020a), que analisaram três tipos de bebidas destiladas produzidas com frutos de medronheiro (*Arbutus unedo L.*) e mel, encontraram $12,0 \pm 0,1$ mg/100 mL de acidez total, valor inferior ao observado no presente estudo.

A acidez fixa é calculada pela diferença entre a acidez total e a volátil, cujo resultado foi de $3,58 \pm 0,00$ mg/100 mL. Por sua vez Oliveira, Deus, Caliari, (2015) determinaram, em sua bebida, uma acidez fixa média de 4,26 mg/100 mL. A ausência de legislação para estes dois últimos parâmetros não diminui a sua importância, pois ambos contribuem para o perfil sensorial global da bebida. Esses valores de acidez são geralmente associados a uma maior harmonia e qualidade sensorial.

Os álcoois secundários presentes na aguardente, como o álcool n-butílico (1-butanol) e o álcool sec-butílico (2-butanol), bem como o álcool metílico (metanol), apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado (<LQ). Os limites de quantificação são de 2,0 mg/100 mL para o 1-butanol, 2,5 mg/100 mL para o 2-butanol e 3,0 mg/100 mL para o metanol (Brasil, 2022).

Ao investigar três tipos de Cachaça, Silva *et. al.* (2020) obtiveram resultados entre 0,96 e 1,20 mg/100 mL para álcool n-Butílico (1-butanol) e entre 2,85 e 3,67 mg/100 mL para Álcool metílico (metanol). Ao analisar o sec-butílico (2-butanol) em 15 amostras de Cachaça armazenadas em barris de inox do tipo 304, Biscotto *et. al.* (2024) identificaram valores médios de 2,65 mg/100 mL de álcool anidro do composto ao longo do período de 1996 e 2016.

O controle do metanol, 1-butanol e 2-butanol é essencial, pois, quando presentes, implicam diretamente na segurança e na qualidade da bebida. Sua formação é controlada durante a fermentação (SOUZA *et al.*, 2025). Considerando que a presença desses compostos

na aguardente de mel esteve abaixo dos limites de quantificação (LQ), infere-se que a destilação ocorreu de forma segura durante o processo de separação da fração cabeça.

A soma dos álcoois superiores 1-propanol (30,1 mg/100 mL), álcool isoamílico (179,3 mg/100 mL) e álcool isobutílico (174,1 mg/100 mL) foi de 383,5 mg/100 mL valor acima do permitido pela legislação. Para correção, as bebidas foram padronizadas para 38% v/v de graduação alcoólica, a fim de ajustar o valor da soma dos álcoois superiores por meio de diluição simples com água mineral. Aplicou-se, então, um fator de diluição correspondente à razão entre o teor alcoólico final e o inicial: $383,5 \text{ mg/100 mL} \times (38\%/42\%) \approx 346,98 \text{ mg/100 mL}$. Este valor corrigido, de 346,98 mg/100 mL, encontra-se dentro do limite máximo de 360 mg/100 mL estabelecido pela legislação.

Quando comparado aos resultados obtidos por Nascimento *et al.* (2022), que aplicaram a técnica HS-SPME-GC-BID para análise de compostos voláteis em 26 amostras comerciais de Cachaça, observa-se que o composto 1-propanol variou de 3,36 a 70,19 mg/100 mL, com média inferior a 40 mg/100 mL; o álcool isobutílico apresentou variação de 4,96 a 75,78 mg/100 mL, e o isoamílico de 20,74 a 182,50 mg/100 mL.

No estudo de Maia, Marinho e Nelson (2020), foram analisadas três amostras de Cachaças, nas quais os álcoois superiores apresentaram valores entre 7,8 e 57,5 mg/100 mL para 1-propanol, 14,1 a 68,2 mg/100 mL para isobutílico e 27,8 a 194,6 mg/100 mL para isoamílico, com soma total variando entre 49,7 e 305,9 mg/100 mL.

A quantidade de álcoois superiores na bebida está diretamente relacionada à composição e à origem da matéria-prima (Silva *et al.*, 2020). Esses compostos contribuem significativamente para o aroma e sabor das bebidas destiladas, podendo ser desejáveis quando em concentrações dentro do limite estabelecido pela legislação (máximo 360 mg/100 mL), mas conferindo características negativas se presentes em níveis mais elevados.

O Acetaldeído foi quantificado em 20,4 mg/100 mL, estando em conformidade com o limite máximo de 30 mg/100 mL previsto em legislação. Em sua pesquisa, Coldea *et al.* (2011) determinaram o acetaldeído em três amostras de aguardentes de frutas tradicionais da Transilvânia, Romênia, cujo valor estimado para uma das amostras foi de 20,93 mg/100 mL de álcool anidro. Ao analisar acetaldeído presente em sua amostra de aguardente de mel, Anjos *et al.* (2020) encontraram 10 mg/100 mL de álcool anidro.

O acetaldeído é originado na desidrogenação do etanol e aparece durante o processo fermentativo como um volátil menor, sendo capaz de causar intoxicação quando consumido em excesso, provocando diarreia, tontura, náusea e vômito (Coldea *et al.*, 2011). As concentrações

encontradas no destilado analisado estão dentro do limite considerado seguro pela legislação, sendo também responsáveis pelo aroma de maçã verde

O furfural determinado nesta pesquisa ficou abaixo do limite de quantificação do método (<LQ), que é de 1,8 mg/100 mL. O furfural agrega aroma e sabor aos destilados de frutas; entretanto, se presente em excesso, pode ser tóxico ao organismo humano, causando dor de garganta, diarreia, vômito e dor de cabeça. Através da inibição de substratos enzimáticos no processo de fermentação (Modig *et al.* 2002), a presença desse composto pode influenciar diretamente na qualidade da bebida, devido à sua natureza tóxica, além de promover um sabor desagradável (Neves *et al.*, 2022).

Este resultado demonstra que o alto índice de HMF no mel não é limitante para qualidade da aguardente de mel, considerando que os valores encontrados na matéria-prima foram de 379,43 mg/kg, bem acima do previsto pela Instrução Normativa MAPA nº 11, de 20 de outubro de 2000 (Brasil, 2000).

O acetato de etila foi encontrado na concentração de 25 mg/100 mL. Ao comparar com a legislação, o composto encontra-se abaixo do limite máximo de 200 mg/100 mL. Ao analisar teores de acetato de etila em Cachaça, Souza *et al.* (2025) encontraram 35,3 mg/100 mL do éster. Investigando os ésteres presentes na obtenção de aguardente de banana fermentada por *Pichia kluyveri* Matos *et al.* (2017) determinaram 7,6 mg/100 mL em sua amostra. Segundo Lee *e. al.* (2001), os ésteres são reconhecidos como o principal grupo de compostos responsáveis pelo sabor, sendo o acetato de etila o mais recorrente e abundante dessa classe em bebidas destiladas. Em baixa concentração, o acetato de etila pode conferir ao buquê aromas frutados e florais; entretanto, se presente em grandes concentrações, traz características de solvente.

O Lactato de etila foi determinado em 2,5 mg/100 mL; a legislação não estabelece um limite para este composto em específico. Em seu trabalho, Matos *et al.* (2017) encontrou 5,92 mg/100 mL do composto ao analisar uma das três amostras do destilado. O segundo composto presente em maior quantidade na classe dos ésteres é o lactato de etila, que incorpora sabor frutado à bebida; porém, sua presença em excesso pode se tornar desagradável ao paladar (Nascimento *et al.*, 2022). Em pequenas concentrações, é percebido como maçã verde e frutado fresco, podendo contribuir positivamente para a complexidade sensorial; porém em altos níveis, é perceptível aroma de solvente, considerado indesejado.

O extrato seco e as cinzas foram reportados como 0,1 g/L e 0%, respectivamente, mostrando a pureza da bebida branca e a eficiência do processo de destilação. Anjos, Frazão e

Caldeira (2017), em sua pesquisa com aguardente de mel, encontraram uma média de 4,02 g/l de extrato seco nas bebidas industriais e artesanais.

Os resultados obtidos demonstram que a aguardente de mel analisada atende aos principais parâmetros físico-químicos exigidos pela legislação brasileira e europeia para bebidas destiladas, com graduação alcoólica dentro do intervalo permitido e níveis adequados de acidez volátil e total. A ausência de compostos indesejáveis, como metanol, 1-butanol, 2-butanol e furfural, evidencia a segurança e a qualidade do processo de destilação realizado. Embora a soma dos álcoois superiores inicialmente tenha ultrapassado o limite legal, a padronização alcoólica corrigiu adequadamente os valores, assegurando conformidade com a norma vigente.

5.4 Padronização do tempo de descanso da aguardente de mel em contato com a madeira

A aguardente foi então submetida ao primeiro teste de aromatização, no qual a matéria-prima foi colocada em contato com as lascas e os testes de cor foram analisados. A cor foi o parâmetro estabelecido para determinar o fim do período de descanso na madeira. Quando a cor se apresentou estável, este foi definido como limite mínimo para o descanso em contato com as lascas.

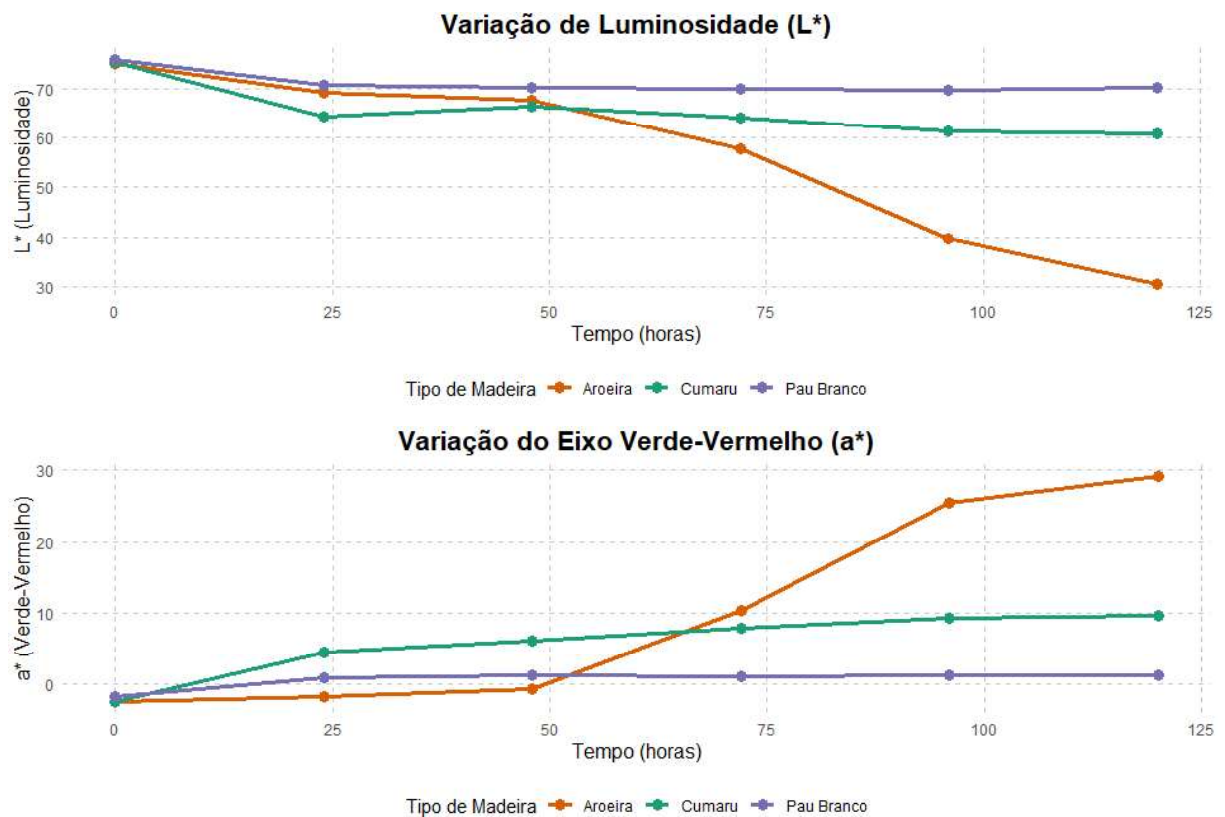
A análise das medidas de cor na (Tabela 8) revela que a amostra aromatizada com Pau Branco (PB) apresenta uma alta Luminosidade (L^*) em relação às demais, com valores de L^* variando entre $69,77 \pm 0,00$ e $75,84 \pm 0,00$. Já a amostra aromatizada com Aroeira (A) apresentou a maior variação ao longo do tempo, com valores entre $30,46 \pm 0,02$ e $69,02 \pm 0,05$. Essa variação é causada pela evolução gradual dos compostos extraídos de Aroeira, conferindo uma cor mais intensa em comparação com as amostras PB, cujo valores de luminosidade são significativamente maiores. Esses fatores podem ser observados na (figura 9).

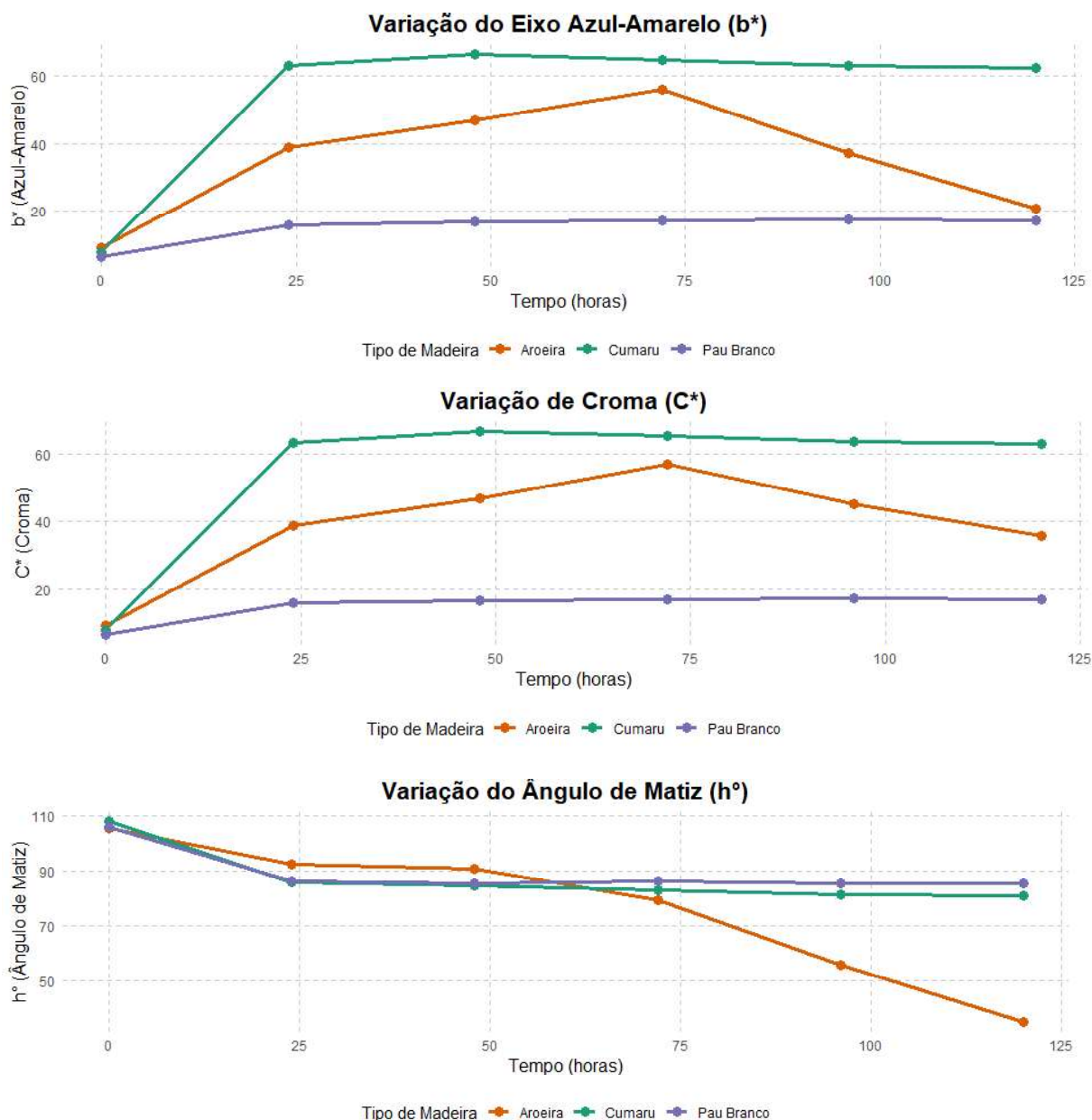
Figura 8 - Recorte das imagens da evolução da cor ao longo do tempo. Aroeira (A), Cumaru (C) e Pau Branco (PB). T1 (24 horas), T2 (48 horas), T3 (72 horas), T4 (96 horas) e T5 (120 horas).



Fonte: Autor, (2025)

Figura 9 - Parâmetros CIELab das aguardentes de mel adicionadas de diferentes tipos de lascas ao longo do tempo





Valores médios dos parâmetros de cor L^* , a^* , b^* , C^* , e h° ($^\circ$) para amostras de aguardente de mel aromatizada com Aroeira (A), Cumaru (C) e Pau Branco (PB) em diferentes tempos de amostragem T1 (24 horas), T2 (48 horas), T3 (72 horas), T4 (96 horas) e T5 (120 horas). Letras diferentes dentro da mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível 5% de significância ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autor (2025)

As amostras aromatizadas com Cumaru (C) e Pau Branco (PB) exibem cores menos densas e com maior L^* , evidenciando uma diferença na intensidade e clareza das cores entre as amostras analisadas. Em sua pesquisa, Yan *et al.* (2024) realizaram a caracterização química e as propriedades sensoriais de aguardentes de maçã envelhecidas com diferentes lascas de carvalho tostado e tratamentos de ultra-alta pressã, encontrando $37,29 \pm 0,12$ de luminosidade na aguardente analisada, valor que se aproxima ao da amostra de Aroeira. Ainda segundo o

mesmo autor, a luminosidade representa a leveza: quanto menor o valor de L^* , maior será a densidade de sua tonalidade.

Para a variável vermelho/verde (a^*), o maior valor observado foi na amostra de Aroeira (A) no tempo T5 (120 h), com $29,21 \pm 0,01$, indicando a coloração vermelha mais intensa entre todas as amostras. Em contraste, a mesma amostra foi a que teve o menor valor em T1 (24h), $-1,68 \pm 0,06$, demonstrando uma coloração inicialmente suave. A amostra de Cumaru (C) apresentou valores intermediários, com máximo de $9,70 \pm 0,03$ em T5 (120h) e mínimo de $4,54 \pm 0,06$ em T1 (24 h), enquanto a de Pau Branco (PB) exibiu os menores valores, com máximo de $1,33 \pm 0,04$ em PB T4 (96h) e mínimo de $0,99 \pm 0,00$ em T1 (24h). Estes dados evidenciam que a Aroeira foi a que mais liberou compostos das lascas, intensificando a coloração vermelha, enquanto o Pau Branco apresentou poucas evoluções em sua tonalidade.

Conforme relatado por Anjos *et al.* (2017), que realizaram a caracterização físico-química e sensorial de aguardentes de mel, foi encontrado para a^* o valor de -1.45 ± 0.04 . Delgado-González *et al.* (2021) destacaram que os álcoois presente nas bebidas são responsáveis pela rápida extração dos compostos da madeira, os quais, em grande parte, conferem pigmentação e influenciam diretamente na cor.

Quanto ao parâmetro amarelo/azul (b^*), o maior valor encontrado foi na amostra de Cumaru (C), no tempo T2 (48 h) $66,34 \pm 0,00$, cuja coloração amarela se destacou entre todas as amostras. A amostra de aroeira alcançou seu valor máximo em T3 (72h), com $55,90 \pm 0,02$, seguido de uma queda acentuada até o valor mínimo em T5 (120h), com $20,48 \pm 0,02$. Já a amostra de Pau Branco (PB) apresentou os menores parâmetros, com máximo de $17,08 \pm 0,02$ em T4 (96h) e mínimo de $15,63 \pm 0,02$ em T1 (24h).

Essas diferenças evidenciam que a amostra de Aroeira apresentou comportamento distinto em relação a Pau Branco e Cumaru, sendo Cumaru a que mais se aproximou do pico máximo de cor observado para a Aroeira, como mostrado na (figura 9) e na (figura 10).

Oliveira-Alves *et al.* (2025) analisaram as características físico-químicas e fitoquímicas de aguardentes vínicas envelhecidas e encontraram 77,00 para b^* . Em comparação, com Caicedo-Narváez, Aldana-Heredia e Ratkovich, (2024) observaram 12,56 para b^* em seu estudo com envelhecimento acelerado de aguardente de cana-de-açúcar.

Quanto ao parâmetro C^* (saturação), os resultados seguiram padrão similar ao parâmetro b^* , com o maior valor para Cumaru em T2 (48 h) $66,61 \pm 0,00$, indicando a maior saturação de cor entre todas as amostras. A amostra de Aroeira teve seu maior valor em T3 (72h) $56,87 \pm 0,02$ e o menor em T5 (120h) $35,68 \pm 0,01$. Já a amostra de Pau Branco variou

de $15,67 \pm 0,03$ em T1 (24h) a $17,13 \pm 0,02$ em T4 (96 h). A análise das (figuras 9 e 10) demonstra que o Cumaru proporcionou cores mais saturadas e puras, enquanto Pau Branco apresentou as menores saturações.

Estudo conduzido por Canas *et al.* (2019) com aguardente vínica no início do envelhecimento apresentou valores de 59 ± 14 . Oliveira-Alves *et al.* (2025) relataram 77 de saturação em sua aguardente vínica envelhecida. Os componentes extraídos das madeiras, assim como aqueles já presentes na aguardente, são responsáveis pelas características cromáticas (tons verde-vermelho), que variam de acordo com a tecnologia de envelhecimento e o tipo de madeira utilizado (Canas *et al.*, 2019). Em síntese, as alterações de cor ocorrem conforme o tempo de extração (Caicedo-Narváez, Aldana-Heredia e Ratkovich, 2024).

Os dados do ângulo de matiz $h^*(^\circ)$ revelam mudanças características nas tonalidades das amostras. Para a amostra de Aroeira, foi obtido em T1 (24 h) o valor de $92,48 \pm 0,10$, próximo à região amarelo-esverdeada; já em T5 (120 h), identificou-se $35,04 \pm 0,04$, correspondente a uma tonalidade no vermelho-alaranjada. A amostra de Cumaru apresentou valores entre $85,89 \pm 0,05$ em T1 (24 h) e $81,16 \pm 0,03$ em T5 (120h), mantendo-se na tonalidade amarelo-alaranjada. Por sua vez, o Pau Branco demonstrou a menor variação, com valores entre $86,38 \pm 0,01$ em T1 (24h) e $85,55 \pm 0,13$ em T4 (96h), permanecendo praticamente inalterado. Assim como ilustrado na (figura 5), a amostra de Aroeira foi a que promoveu a maior transformação na tonalidade da cor, enquanto Pau Branco apresentou as menores alterações.

De acordo com estudo conduzido por Anjos *et al.* (2017), o valor encontrado em uma das amostras de aguardente de mel foi de $91,6 \pm 1,8$ para $h^*(^\circ)$. Em comparação, Caicedo-Narváez, Aldana-Heredia e Ratkovich, (2024), encontraram 95,2. Composto como acetaldeído, produto da reação de oxidação do etanol, além de aldeídos furânicos e aldeídos fenólicos, são captados quando em contato com a madeira, influenciando nas reações de condensação entre compostos fenólicos e contribuindo na cor da bebida (Cruz, Canas e Belchior, 2013).

Nie *et al.*, (2023) pesquisou o envelhecimento do conhaque de caqui com lascas de carvalho e observou que a cor se intensifica à medida que aumenta a proporção de lasca, especialmente nos tons vermelhos e amarelos. Esta reação acontece devido à presença de polifenóis e à reação de oxidação, que promovem cores marrom-amarelada e formam pigmentos poliméricos em decorrência dos taninos e antocianinas.

Conforme observado na (tabela 9) e na (figura 9), o destaque de evolução ao longo do tempo determinado por ΔE foi de Aroeira, visto o menor pico em AT1 a AT2 de $8,61 \pm 0,45$ e o maior pico em AT3 a AT4 de $281,03 \pm 0,84$. Embora tenham havido oscilações em ΔE ao

longo do tempo, a amostra de Aroeira foi a única que apresentou evoluções em quase todos os intervalos.

Com relação aos dados encontrados do Pau Branco, o ΔE teve resultados menos expressivos, variando entre $0,23 \pm 0,01$ em PBT3 a PBT4 e $26,81 \pm 0,28$. Esses resultados sugerem uma rápida extração dos compostos presentes nas lascas no início da interação da bebida com a madeira, seguida de estabilização nos demais tempos, com exceção da amostra de Aroeira, que manteve evolução constante em quase todos os períodos analisados. Valores de ($\Delta E > 3$) tornam a mudança perceptível ao olho humano (Rob, 2024; Orellana, 2017).

Tabela 10 -Variação de Percepção de Cor total (ΔE) observada em amostras de aroeira, cumaru e pau branco em diversos tempos de extração.

Código	ΔE (Percepção de cor)
AT0 AT1	$24,42 \pm 1,85^e$
AT1 AT2	$8,61 \pm 0,45^f$
AT2 AT3	$101,27 \pm 0,47^c$
AT3 AT4	$281,03 \pm 0,84^b$
AT4 AT5	$64,09 \pm 0,27^d$
CT0 CT1	$385,87 \pm 5,74^a$
CT1 CT2	$5,26 \pm 0,42^{f,g}$
CT2 CT3	$3,53 \pm 0,06^{g,h}$
CT3 CT4	$3,74 \pm 0,01^{g,h}$
CT4 CT5	$0,71 \pm 0,04^{g,h}$
PBT0 PBT1	$26,81 \pm 0,28^e$
PBT1 PBT2	$0,37 \pm 0,03^h$
PBT2 PBT3	$0,24 \pm 0,04^h$
PBT3 PBT4	$0,23 \pm 0,01^h$
PBT4 PBT5	$0,50 \pm 0,02^{g,h}$

Valores médios dos parâmetros de variação de cor delta E (ΔE) em função do tempo para amostras de aguardente de mel aromatizada com Aroeira (A), Cumaru (C) e Pau Branco (PB) em diferentes tempos de amostragem T1 (24 horas), T2 (48 horas), T3 (72 horas), T4 (96 horas) e T5 (120 horas). Letras diferentes dentro da mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autor (2025)

Em comparação, os valores de ΔE encontrados nesta pesquisa foram superiores aos relatados por Yan *et al.* (2024) ($4,49 \pm 0,48$) e maiores do que os obtidos por Caicedo-Narváez, Aldana-Heredia e Ratkovich (2024) ($\Delta E = 11,74$), sugerindo maior intensidade de alteração cromática ao longo do processo de aromatização.

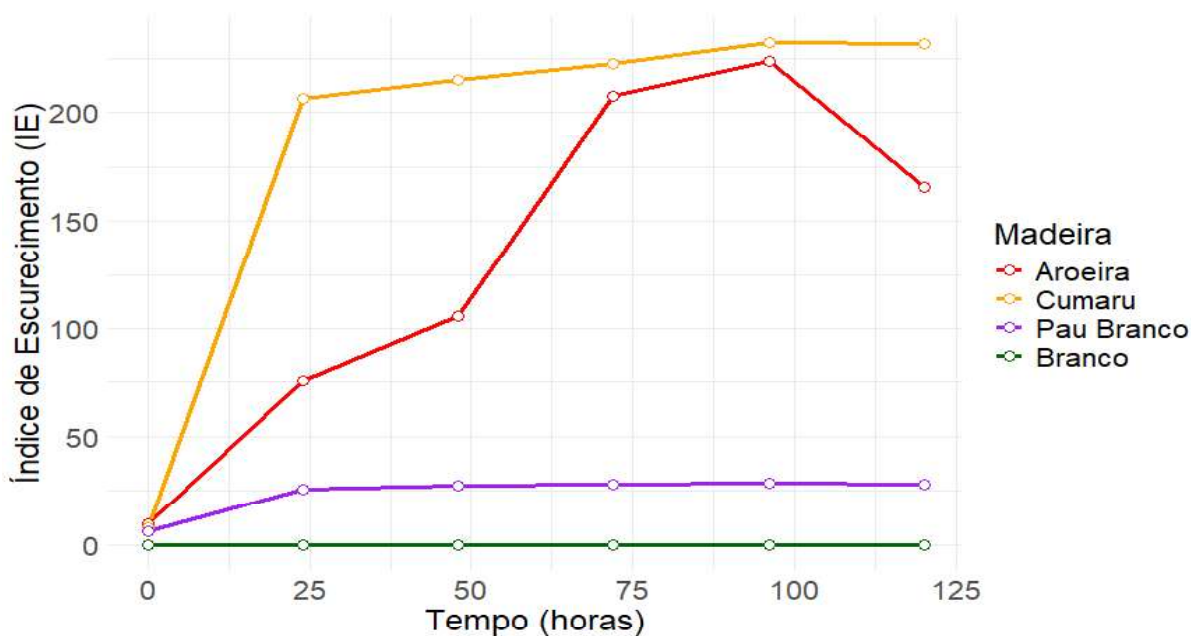
Outro parâmetro que pode ser observado na (figura 11) e o (IE), que, para a Aroeira (A) apresentou $76,01 \pm 0,22$ em T1 e $223,84 \pm 0,24$ em T4. Já para Pau Branco (PB), esse processo

teve uma menor expressão, como observado em ΔE na (tabela 9). Para este parâmetro, o Pau Branco apresentou $25,52 \pm 0,05$ em T1 e $28,86 \pm 0,03$ em T5.

A diferença estatística obtida pelo teste de Tukey entre os tempos de extração sugere que o processo de extração com Aroeira é mais intenso entre T3 e T4, com posterior redução da intensidade da cor, possivelmente devido ao esgotamento dos compostos que contribuem para o escurecimento. A amostra Pau Branco (PB) apresentou poucas variações ao longo dos tempos analisados, possivelmente em razão do rápido esgotamento dos compostos solúveis.

A (figura 11) apresenta a evolução do índice de escurecimento (IE) de amostras de aguardente de mel aromatizadas com três diferentes tipos de madeira — Aroeira (A), Cumaru (C) e Pau Branco (PB) — avaliadas ao longo de cinco tempos de extração (24, 48, 72, 96 e 120 horas). Esse índice reflete as alterações na coloração das amostras em função da interação com os compostos presentes nas madeiras, sendo um importante indicativo das transformações físico-químicas associadas ao processo de aromatização. A variação dos valores ao longo do tempo permite avaliar o impacto de cada tipo de madeira sobre o escurecimento da bebida, auxiliando na compreensão do comportamento cromático durante o período de contato.

Figura 10 - IE (Índice de Escurecimento) por CIELab



Aroeira (A), (B) Aguardente Branca (sem aromatização), Cumaru (C) Pau Branco (PB) em diferentes tempos de amostragem T1 (24 horas), T2 (48 horas), T3 (72 horas), T4 (96 horas) e T5 (120 horas).

Fonte: Autor (2025)

O parâmetro de índice de escurecimento (IE) mostrou variação significativa entre os tratamentos ao longo do tempo. O maior valor foi observado para a amostra de Cumaru, com 96 h de descanso, apresentando o maior escurecimento da aguardente de mel aromatizada. Contudo, o menor destaque foi registrado para Pau Branco no tempo 0, com 6,45 refletindo a coloração mais clara. Esses dados podem indicar que o Cumaru obteve uma rápida taxa de liberação de compostos responsáveis pela pigmentação nas primeiras horas, alcançando uma estabilidade ao longo do restante do período, diferentemente de Pau Branco, que teve uma evolução sutil.

Ao final do experimento definiu-se o tempo de 120 h como ideal para padronizar a aromatização, considerando que, após esse período, não foi observada nenhuma evolução adicional na cor.

5.4.2 Caracterização físico-química e compostos bioativos das amostras

O conteúdo de fenólicos totais, atividade antioxidante e características físico-química da aguardente de mel aromatizada e *blends* elaboradas são apresentadas na (tabela 10).

Tabela 11 - Parâmetros físico-químicos, fenólicos totais e atividade antioxidante das amostras aromatizadas e seus *blends*

Amostras	Fenólicos Totais (mg AGE 100 mL ⁻¹)	DPPH (% Inibição)*	Acidez total (mg/100ml)	Acidez fixa (mg/100 ml)	Acidez volátil (mg/100ml)	Extrato seco (g/L)
A	199,39 ± 3,72 ^a	42,91 ± 0,82 ^b	25,85 ± 3,44 ^{b,c}	3,18 ± 1,38 ^c	22,67 ± 4,30 ^{b,c}	41,80 ± 0,912 ^a
C	27,94 ± 0,74 ^e	52,86 ± 1,26 ^a	47,73 ± 5,97 ^a	4,77 ± 0,00 ^{a,b,c}	42,95 ± 5,97 ^a	23,53 ± 0,06 ^c
PB	4,31 ± 0,12 ^g	41,75 ± 1,31 ^b	13,92 ± 3,44 ^c	1,99 ± 0,69 ^c	11,93 ± 3,15 ^c	6,27 ± 0,35 ^e
PB+A	72,80 ± 1,57 ^c	29,00 ± 1,37 ^d	37,79 ± 6,89 ^{a,b}	3,18 ± 1,38 ^c	34,60 ± 8,27 ^{a,b}	22,63 ± 1,00 ^c
PB+C	20,06 ± 0,50 ^f	29,00 ± 0,71 ^d	45,74 ± 3,44 ^a	6,36 ± 1,38 ^{a,b}	39,38 ± 4,30 ^a	15,88 ± 0,70 ^d
C+A	94,17 ± 3,01 ^b	37,20 ± 0,35 ^c	43,75 ± 6,89 ^a	7,16 ± 0,00 ^a	36,59 ± 6,89 ^{a,b}	32,08 ± 0,16 ^b
A+PB+C	59,28 ± 1,21 ^d	29,00 ± 0,71 ^d	33,81 ± 3,44 ^{a,b}	3,98 ± 1,38 ^{b,c}	29,83 ± 4,30 ^{a,b}	23,52 ± 0,28 ^c

A – Aroeira; C – Cumaru; PB - Pau Branco; PB + A - Pau Branco + Aroeira; PB + C - Pau Branco + Cumaru; C + A - Cumaru + Aroeira; A + PB + C – Aroeira + Pau Branco + Cumaru. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). *% de inibição na amostra diluída em água ultrapura nas proporções 1:600 - Aroeira; 1:20 – Cumaru; 1:3 – Pau Branco; 1:500 – Pau branco + Aroeira e Cumaru + Aroeira; 1:10 – Pau Branco + Cumaru; 1:400 – Aroeira + Pau Branco + Cumaru.

Fonte: Autor, (2025)

Não foi possível identificar compostos fenólicos e DPPH na amostra branca, sendo determinado como zero. A amostra de Aroeira (A) apresentou o maior teor de compostos fenólicos totais $199,39 \pm 3,72$ mg AGE 100 mL^{-1} , enquanto Pau Branco (PB) exibiu o menor valor $4,31 \pm 0,12$ mg AGE 100 mL^{-1} . Esta diferença é 46 vezes maior entre as amostras. A evolução da cor rápida da amostra (A) está relacionada aos compostos fenólicos extraídos durante o processo de aromatização, em razão de sua composição química rica nesse tipo de substância.

Em sua pesquisa, Silva *et al.* (2020a), ao analisar teor de compostos fenólicos, a atividade antioxidante e cor em aguardente orgânica de cana-de-açúcar envelhecida em barricas de diferentes madeiras, encontrou aproximadamente 195 mg AGE 100 mL^{-1} . Yan *et al.* (2024), ao investigar aguardentes de maçã envelhecidas com diferentes lascas de carvalho tostado, determinou aproximadamente 185 mg AGE 100 mL^{-1} . Além dos fenólicos originados da lignina, outros compostos presentes nas estruturas celulares da madeira, como estilbenos, flavonoides e taninos, são extraídos em contato com a bebida, contribuindo para um perfil químico distinto e característico nos destilados (Souza *et al.*, 2025).

A amostra (A) destacou-se com a maior capacidade antioxidante, 42,91% de inibição, visto a necessidade de diluir 600 vezes, enquanto PB apresentou a menor capacidade antioxidante, 41,75% de inibição, visto que foi diluído somente 3 vezes. É interessante notar que amostra (A), além de possuir o maior teor de fenólicos totais, também deteve a maior atividade antioxidante, sugerindo que o tipo dos compostos fenólicos presentes em (A) pode ser mais eficiente na neutralização de radicais livres do que os presentes nas demais amostras.

Em comparação com os relatados por Mendes *et al.* (2025), ao observarem os perfis químicos, antioxidantes e cromatográficos de Cachaças envelhecidas em tonéis de carvalho americano, castanha-do-pará, amburana e bálsamo por 12 meses, os autores informaram em uma das amostras, 27,02% de inibição. O comportamento da atividade antioxidante pode mudar de acordo com a madeira envolvida no processo, sendo interferido por compostos intrínsecos de cada madeira (Silva *et al.*, 2020a).

No parâmetro de acidez total a amostra de Cumaru (C) obteve o maior valor, 47,73 mg/100mL, enquanto PB exibiu o menor, 13,92 mg/100mL. Em relação aos dados obtidos em B na (tabela 6), a amostra C houve um aumento significativo de 19,86% nesse parâmetro. Já em PB, houve uma diminuição significativa de 34,96%. Essa diferença significativa indica que, em C, aconteceu uma maior extração de compostos que contribuíram para a acidez da bebida, o que pode influenciar diretamente no perfil sensorial.

Na sua investigação Yan *et al.* (2024), foi encontrado para esse parâmetro aproximadamente 90 mg/100 mL, ao analisar aguardentes de maçã envelhecidas com diferentes lascas de carvalho tostado. Em sua pesquisa, García-Moreno *et al.* (2020) analisou a utilização de madeira alternativa para o envelhecimento de brandy de jerez e determinou 71 mg/100 mL.

A mistura de C+A apresentou a maior acidez fixa, 7,16 mg/100mL, enquanto PB mostrou o menor valor, 1,99 mg/100mL. Em comparação com a bebida controle B, a acidez em C+A aumentou em 100%, já em PB decaiu em 55,58%. Esse comportamento acompanha o mesmo observado na acidez total, visto que ambos os parâmetros estão diretamente relacionados.

Anjos *et al.* (2020) encontraram, em sua pesquisa, 2 mg/100 mL de acidez fixa ao analisar aguardente de medronho, valor que se aproxima do relatado em PB. Lourenço *et al.* (2022) relataram em sua pesquisa 2,8 mg/100 mL de acidez fixa, ao analisarem destilados vínicos envelhecidos.

Assim como reportado na acidez total, C também obteve valores maiores de acidez volátil 42,95 mg/100mL, enquanto em PB demonstrou o menor valor 11,93 mg/100mL. Assim, ocorreu um aumento de 18,51% em relação a PB na (tabela 6). Porém, a amostra PB apresentou efeito inverso, com diminuição de 32,91%. Esse resultado poderá implicar positivamente nos atributos de aroma da aguardente aromatizada de C, uma vez que os ácidos voláteis são importantes na caracterização das bebidas alcoólicas fermentadas.

De acordo com os dados de Anjos *et al.* (2021), o uso de bebida destiladas produzida com frutos de medronheiro (*Arbutus unedo* L.) e envelhecida com madeira de carvalho resultou em uma acidez volátil de 24,3 mg/100 mL. Já Anjos *et al.* (2020) reportaram 22 mg/100 mL de acidez volátil na aguardente de medronho analisada. Os ácidos voláteis, que compõem parte dos ácidos totais de uma aguardente, juntamente aos ácidos fenólicos, como o vanílico e o siríngico, oriundos da lignina, contribuem com aromas característicos que enriquecem o perfil aromático (Yan *et al.*, 2024).

Ao longo do processo de aromatização, é possível que o etanol sofra oxidação, formando o acetaldeído e, posteriormente, ácido acético. Além disso, compostos presente na madeira, como vanilina e siringaldeído, provenientes da degradação da lignina, também são extraídos. Já o ácido gálico colabora para o aumento da acidez da bebida (García-Moreno *et al.*, 2021).

Para o parâmetro de teor de extrato seco, a amostra A se destacou com 41,80 g/L, enquanto PB apresentou a menor expressão em relação às demais, obtendo 6,27 g/L. Ao comparar as duas amostras (A e PB) observa-se que A apresentou valores aproximadamente 6,7 vezes maiores que PB, o que implica que A foi o que mais interagiu com a bebida, liberando grandes quantidades dos compostos solúveis das lascas para bebida. Esse comportamento pode influenciar diretamente em sua cor, os compostos bioativos, como fenólicos, e suas características sensoriais.

De acordo com os dados de Garcia *et al.* (2025), o uso de madeira e lascas no envelhecimento de Cachaça resultou em 10,81 g/L de extrato seco. Oliveira-Alves *et al.* (2025) relataram 2,44 g/L de extrato seco ao analisarem aguardentes vínicas envelhecidas. Já Canas *et al.* (2022) determinaram 2,44 g/L para esse parâmetro em aguardente de vinho envelhecida com aduelas de madeira de castanheiro. Segundo Anjos *et al.* (2020), o extrato seco evolui à medida que madeira fica mais tempo em contato com a bebida, o que é atribuído à extração dos compostos solúveis presentes na amostra.

Em síntese, observa-se que a aguardente com Aroeira se destaca pela riqueza em compostos fenólicos e extrato seco, enquanto Cumaru apresenta maior potencial antioxidante e acidez. Já Pau Branco, por sua vez, apresentou os menores valores em praticamente todos os parâmetros analisados, demonstrando menor capacidade de liberação de compostos para a bebida durante o processo de aromatização. A elaboração dos *blends* não se destacaram em relação a esses parâmetros, com exceção dos efeitos sinérgicos observados na acidez fixa da combinação C + A.

Importa destacar que, para o desenvolvimento de uma bebida palatável, altos valores de compostos fenólicos e antioxidantes podem estar relacionados também com uma bebida de alta adstringência. Deste modo, a análise sensorial é essencial na definição da bebida apropriada. Associada aos atributos sensoriais, foi realizada a análise de compostos voláteis, a fim de estabelecer as características químicas básicas.

5.5 Compostos voláteis das amostras de aguardente

No estudo, foram identificados 1.122 picos, sendo a amostra de Cumaru a que apresentou maior destaque, com 148 picos, enquanto as formulações de aguardente Branca e Aroeira apresentaram 146 e 145 picos, respectivamente. Na (tabela 11), são apresentados os principais compostos identificados, dispostos em ordem de aromas, fórmulas moleculares, classe química, tempo de retenção (TR) e similaridade. Foram considerados apenas os compostos com área total $\geq 0,2\%$ e percentual de similaridade $\geq 50\%$.

Tabela 12 - Perfil dos principais compostos voláteis na aguardente de mel aromatiza e blends.

Códigos	Compostos	Percepção de odores	Fórmula Molecular	Classe Química	TR (min)	^a Similaridade (%)	CAS
PB, C+A, A+PB+C, PB+A	Ethylalcohol	alcoólico, pungente, levemente doce	C2H6O	Álcool Primário	3,23, 4,29, 7,55, 3,06	51,31, 52,10, 83,11, 79,30	64-17-5
A, C+A	Linalool oxide	rosa, cítrico, limão, floral	C10H18O2	Éter Terpenoide	8,13, 8,15	54,67, 54,03	60047-17-8
C, PB+C	(2S,5S)-2-[5-ethenyl-5-methyloxolan-2-yl]propan-2-ol	terroso, doce, floral, amadeirado	C10H18O2	Éter Terpenoide	8,6	51,21, 59,18	34995-77-2
B, A, C	Benzaldehyde	amêndoa amarga, frutado	C7H6O	Aldeído Aromático	8,86	52,46, 54,61, 50,01	100-52-7
PB	(2S,5S)-2-[5-ethenyl-5-methyloxolan-2-yl]propan-2-ol	terroso, doce, floral, amadeirado	C10H18O2	Terpenoide	8,58	51,18	5989-33-3
PB+C	Isoquinoline	amargo, fenólico	C20H21NO4	Composto aromático	11,37	55,41	119-65-3

TR - Tempo de retenção; ^a - comparação dos espectros de massa dos componentes voláteis com os espectros do Programa de Busca de MS do NIST Versão 2.0. A – Aroeira; C – Cumaru; PB - Pau Branco; B – aguardente branca (sem aromatização); PB + A – pau branco + aroeira; PB + C – pau branco + cumaru; C + A – cumaru + aroeira; A + PB + C – aroeira + pau branco + cumaru. Referência dos odores: (LU *et al.*, 2025); (Xiang *et al.*, 2020); (Ledauphin *et al.*, 2003); (SUN *et al.*, 2024)
Fonte: Autor (2025).

Ao analisar os voláteis, foi possível identificar seis classes químicas, com maior destaque éter terpenoides, seguidos pelos álcool e aldeído aromáticos. As características enológicas da aguardente de mel aromatizadas e seus blends são fatores intrínsecos que se correlacionam diretamente com os compostos voláteis presentes supracitados. A presença destes compostos depende da matéria-prima, levedura, madeira utilizada e controle na destilação.

Quando presente, o Linalol é indicativo de uma bebida de boa qualidade, geralmente apresentando aromas picantes, frutados ou florais, sendo um composto encontrado em diversos óleos essenciais (Ledauphin *et al.*, 2003). Os terpenoides representam, majoritariamente, a maior gama de compostos naturais e colaboram para o perfil volátil dos méis, visto que o linalol é encontrado em méis cítricos e pode indicar sua origem botânica (Karabagias; Badeka; Kontominas, 2020). O linalol e seus óxidos são os principais compostos voláteis majoritários no grupo dos álcoois (Zhu *et al.*, 2022). Outros terpenoides importantes, derivados do linalol e relatados na (tabela 11), incluem o (2S,5S)-2-[5-ethenyl-5-methyloxolan-2-yl]propan-2-ol.

Segundo Souza *et al.* (2025), o benzaldeído tem como origem a oxidação do álcool feniletílico. Esse composto pode estar presente em méis monoflorais e multiflorais (Karabagias; Badeka; Kontominas, 2020). Aldeídos, como acetaldeído e benzaldeído, conferem características de aroma fresco, de nozes e um leve adocicado (Gantumur *et al.*, 2025). A formação de aldeídos aromáticos provenientes de bebidas destiladas envelhecidas pode estar relacionada à degradação da lignina da madeira. (Humans, 1988).

O composto benzaldeído foi o único identificado na amostra branca. O composto Linalool oxide destacou-se apenas na aguardente de Aroeira (A) e no *blend* Cumarú (C) + Aroeira (A), indicando ser um composto específico dessas amostras. Na Aroeira observou-se predominância de Linalool oxide e Benzaldeído. O composto (2S,5S)-2-[5-ethenyl-5-methyloxolan-2-yl]propan-2-ol (CAS: 5989-33-3) esteve presente apenas na amostra de Pau-Branco, sugerindo ser um marcador específico dessa madeira. Já no Cumarú (C), o composto em destaque foi (2S,5S)-2-[5-ethenyl-5-methyloxolan-2-yl]propan-2-ol (CAS: 34995-77-2), também identificado no *blend* C+PB, o que indica tratar-se de um composto isolado da aguardente de Cumarú. Por fim, o composto Isoquinoline apareceu exclusivamente no *blend* PB+C, podendo ser originado de qualquer uma das duas aguardentes.

Esses resultados demonstram que determinados compostos voláteis estão associados de forma específica a cada tipo de madeira utilizada, conferindo perfis químicos distintos às

amostras. Dada a composição volátil, é plausível investigar se tais características químicas influenciam a percepção sensorial das aguardentes aromatizadas.

5.6 Análise sensorial

5.6.1 Levantamento dos descritores utilizados na análise sensorial

O levantamento dos descritores sensoriais foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica em artigos científicos (Francesca et al., 2022; Guerrero-Chanivet et al., 2024; Trillo-Ollero et al., 2024; Ickes e Cadwallader, 2017; Louw et al., 2015; Louw et al., 2013; Alencar et al., 2019; Liu et al., 2018; Giacalone; Hedelund, 2016). A seleção considerou os atributos que melhor representavam as características das bebidas analisadas, como aroma, sabor, cor e impressão global. A partir da leitura e comparação entre os estudos, foram escolhidos os termos que refletiam de forma mais precisa, as percepções sensoriais observadas nas amostras. Como resultado, foram definidos quatro descritores relacionados à cor, oito ao aroma e onze ao gosto e sabor, totalizando vinte e três descritores, conforme apresentado na (tabela 13).

Tabela 13 - Lista de descritores utilizados para avaliação sensorial das aguardentes de mel.

Aroma	Cor	Sabor
Floral	Transparente	Gosto doce
Amadeirado	Vermelho escuro	Gosto ácido
Fresco	Dourado escuro	Gosto amargo
Seco	Castanho	Sabor frutado
Doce	-	Sabor adstringente
Pungente	-	Sabor de fenólico
Floral	-	Sabor de floral
Amadeirado	-	Sabor de sulfuroso
-	-	Sabor alcoólico
-	-	Sabor amadeirado
-	-	Sabor desagradável

Fonte: Autor, (2025).

5.6.2 Análise sensorial

As análises que envolveram a participação de seres humanos só foram iniciadas após aprovação pelo Comitê Permanente de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, com parecer nº 7.276.834 (apêndice A), em conformidade com a Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2013). O objetivo foi avaliar os atributos sensoriais das amostras de aguardente de mel, incluindo versões aromatizadas, os *blends* e a amostra branca.

Para a seleção dos avaliadores, aplicou-se um questionário online, elaborado no *Google Forms* (Apêndice F) e disponibilizado à comunidade acadêmica do Instituto Federal do Ceará – Campus Limoeiro do Norte. Esse questionário teve como finalidade identificar indivíduos com experiência prévia em análise sensorial e familiaridade com o consumo de bebidas alcoólicas similares à aguardente analisada.

Ao todo, foram registradas 39 respostas, das quais 16 participantes foram selecionados com base nos critérios estabelecidos. As informações referentes ao perfil da equipe de avaliadores estão apresentadas na (tabela 14). Os dados obtidos na avaliação sensorial foram submetidos à análise estatística, o que permitiu a caracterização sensorial das amostras, bem como a distribuição dos descritores com base na frequência de seleção e na percepção dos avaliadores.

Tabela 14 – Informações demográficas referente aos 16 avaliadores

Informações demográficas		Frequência relativa (%)
Gênero	Masculino	50,0
	Feminino	50,0
	Médio incompleto	6,3
	Médio	6,3
	Superior	12,5
	Especialização	25,0
	Mestrado incompleto	18,8
	Mestrado	12,5
	Doutorado	18,8
Idade	18 – 29 anos	37,5
	30 – 39 anos	18,8
	40 – 49 anos	37,5
	50 – 59 anos	6,3
O que lhe motivaria a comprar aguardente de mel?	Sabores	81,3
	Novo produto	31,3
	Aguardente ouro	6,3

	Aguardente prata	0,0
	Aguardente envelhecida	25,0
	Aguardente acondicionada	0,0
	Não sabe informar	6,3
	Outros	0,0
Você já ouviu falar de aguardente de mel?	Sim	87,5
	Não	12,5
Já provou a bebida aguardente de mel?	Sim	62,5
	Não	37,5
Se sim, o que achou?	Gostou	62,5
	Não gostou	6,3
	Não responderam	31,2
Compraria aguardente de mel aromatizada para consumo próprio?	Sim	62,5
	Não	0,0
	Talvez	37,5

Fonte: Autor, (2025).

Os dados demográficos apresentaram um equilíbrio na distribuição de gênero entre os provadores, com 50% de participantes masculinos e 50% femininos, sugerindo uma avaliação equitativa sobre a aceitação da aguardente de mel aromatizada.

Em relação à faixa etária, observa-se uma concentração significativa em dois grupos principais: jovens adultos de 18-29 anos (37,5%) e adultos de meia-idade, entre 40 e 49 anos (37,5%), que juntos totalizam 75% dos provadores. Esta distribuição indica um público diversificado, abrangendo tanto consumidores jovens quanto mais maduros, embora a representatividade de pessoas entre 50 e 59 anos seja limitada (6,3%).

Quanto ao nível de escolaridade dos provadores, 87,6% possuíam formação superior completa ou pós-graduação (18,8% com doutorado, 25% com especialização, 12,5% com mestrado, 18,8% mestrado incompleto e 12,5% com ensino superior completo). Este perfil acadêmico pode influenciar a percepção e avaliação do produto, possivelmente refletindo um público mais crítico e qualificado.

Dentre os motivos de interesse pela aguardente de mel aromatizada, destacaram-se "Sabores" (81,2%), "Novo produto" (31,2%) e "Aguardente envelhecida" (25%). Esses resultados indicam as características sensoriais são o principal atrativo; entretanto, a inovação e o processo de envelhecimento também se mostram relevantes para os consumidores.

Quanto ao conhecimento prévio sobre a aguardente de mel, 87,5% dos provadores já haviam ouvido falar sobre o produto, porém apenas 62,5% haviam efetivamente provado a

bebida anteriormente. Entre os provadores que já experimentaram a bebida, a aceitação foi positiva, com 62% afirmando que gostaram do produto. Adicionalmente, 62,5% dos participantes afirmaram que comprariam a aguardente, enquanto 37,5% responderam "Talvez", sem registro de respostas negativa. Estes dados sugerem uma predisposição favorável à compra, embora ainda exista um segmento significativo de consumidores indecisos.

5.6.3 Aceitação, intenção de compra e índice de aceitabilidade das aguardentes de mel

A (tabela 15) apresenta os valores médios e desvios-padrão dos atributos sensoriais avaliados nas amostras de aguardente de mel aromatizada e seus *blends*. Dentre os atributos considerados estão aparência, aroma, cor, sabor e impressão global. Essa análise permite observar as nuances da aceitação sensorial e da impressão global dentre as formulações, características fundamentais para a definição da qualidade de uma aguardente.

Tabela 15 - Valores médios e desvios-padrão para os atributos sensoriais das aguardentes

Amostras	Aparência	Aroma	Cor	Sabor	Impressão global
B	7,00 ± 1,63 ^{ab}	6,94 ± 2,02 ^a	6,87 ± 1,70 ^{ab}	6,19 ± 1,51 ^a	6,19 ± 1,60 ^a
PB	7,31 ± 1,45 ^{ab}	7,62 ± 1,20 ^a	7,62 ± 1,40 ^{ab}	6,56 ± 2,00 ^a	6,94 ± 2,11 ^a
C	8,06 ± 1,12 ^a	7,62 ± 1,26 ^a	8,19 ± 1,22 ^a	6,94 ± 1,84 ^a	7,44 ± 1,50 ^a
A	7,19 ± 1,47 ^{ab}	7,38 ± 1,45 ^a	6,94 ± 1,49 ^{ab}	6,12 ± 2,25 ^a	6,44 ± 1,59 ^a
PB + C	8,19 ± 0,98 ^a	8,06 ± 1,24 ^a	8,31 ± 0,95 ^a	6,94 ± 1,61 ^a	7,56 ± 1,21 ^a
PB + A	6,50 ± 1,50 ^b	7,19 ± 1,17 ^a	6,31 ± 1,45 ^b	6,12 ± 1,82 ^a	6,37 ± 1,50 ^a
C + A	7,12 ± 1,36 ^{ab}	7,56 ± 1,03 ^a	6,75 ± 1,77 ^{ab}	6,87 ± 1,82 ^a	6,94 ± 1,73 ^a
PB + A + C	7,37 ± 1,15 ^{ab}	7,50 ± 1,26 ^a	7,31 ± 1,40 ^{ab}	7,06 ± 1,29 ^a	7,12 ± 1,15 ^a

A – Aroeira; C – Cumaru; PB - Pau Branco; B – aguardente branca (sem aromatização); PB + A – pau branco + aroeira; PB + C – pau branco + cumaru; C + A – cumaru + aroeira; A + PB + C – aroeira + pau branco + cumaru. Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna, indicam diferença significativa de acordo com análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$).

Conforme os dados dispostos na (tabela 15), as amostras de Pau Branco + Cumaru (PB+C) (8,19) e Cumaru (C) (8,06) receberam as maiores notas; entretanto, não diferiram entre si ($p \geq 0,05$), correspondendo a "Gostei muito" na escala hedônica para o atributo de aparência.

No atributo aroma, as amostras não diferiram significativamente entre si ($p \geq 0,05$). Serafim *et al.* (2013) pesquisaram a correlação entre composição química e propriedades sensoriais de aguardentes de cana-de-açúcar brasileiras (Cachaças) e obtiveram, para o atributo de aroma, a nota 5,8, valor abaixo de todas as amostras desta pesquisa.

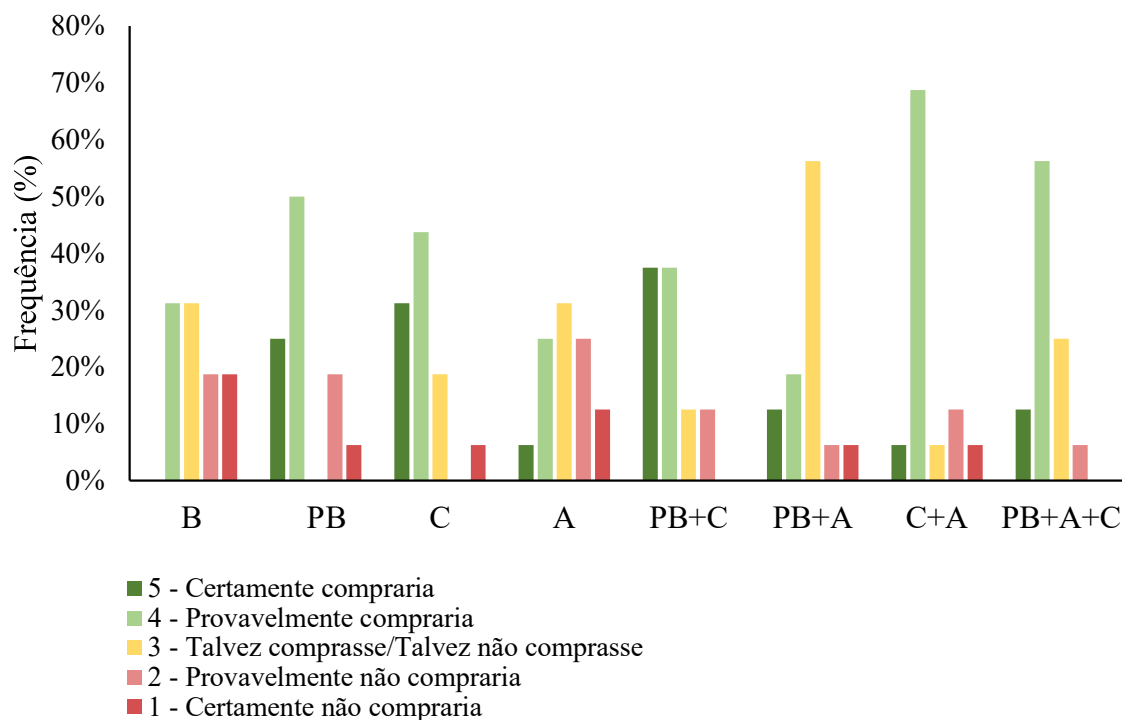
No atributo de cor, as amostras PB+C (8,31) com o maior valor, e Pau Branco + Aroeira (PB+A) (6,31), com o menor valor, diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$). A amostra PB sofreu influência negativa da amostra A, visto sua forte presença de pigmentação em relação ao atributo de cor, em consonância com o que já foi observado na (figura 7 e 10) e (tabela 9).

Para o atributo de sabor, as amostras não diferiram significativamente entre si ($p \geq 0,05$). Em sua pesquisa Serafim *et al.* (2013), ao analisar aguardente de cana, determinou para o atributo de sabor 6,3, estando dentro da faixa do encontrado na presente pesquisa. Contudo, no atributo de impressão global, as amostras também não diferiram significativamente entre si ($p \geq 0,05$).

Os dados da frequência de intenção de compra das amostras de aguardente são apresentados na (figura 11), conforme avaliação de 16 provadores. Os participantes indicaram seu grau de interesse em adquirir cada amostra utilizando uma escala de 5 pontos, variando de “certamente compraria” (5) até “certamente não compraria” (1). Essa análise permite identificar o potencial de aceitação comercial das diferentes formulações testadas.

Assim, a intenção de compra, dispostos na (figura 11), relatam que a amostra PB+C obteve as maiores frequências para “Provavelmente compraria” (38%) e “Certamente compraria” (38%), que, somadas, representam 76% dos avaliadores. Esses dados indicam seu destaque na intenção de compra, visto que também se sobressaiu em quase todos os atributos apresentados na (tabela 15), estando diretamente correlacionados.

Figura 11 - Frequência da intenção de compra para as aguardentes



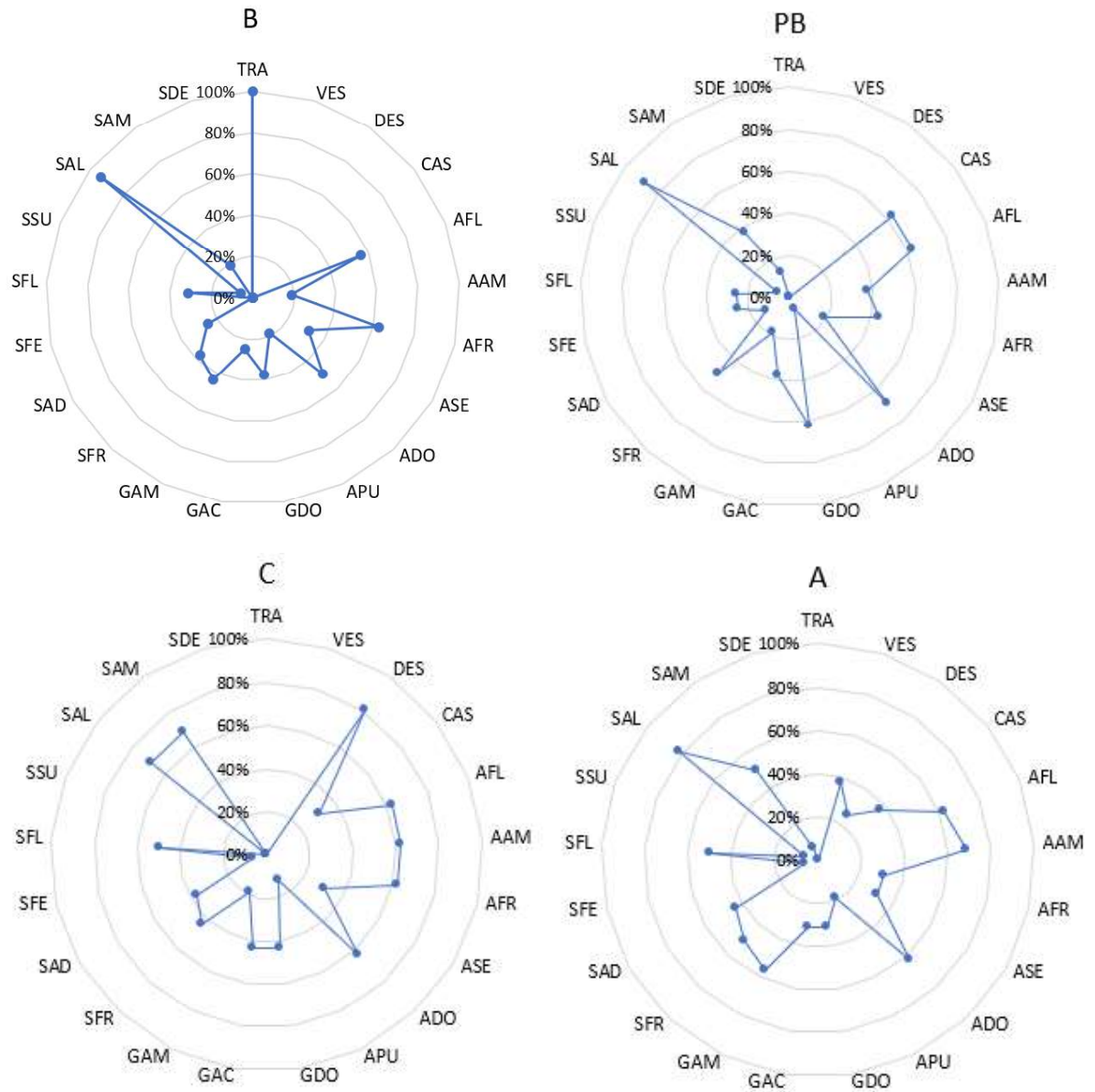
A – Aroeira; C – Cumaru; PB - Pau Branco; B – aguardente branca (sem aromatização); PB + A – pau branco + aroeira; PB + C – pau branco + cumaru; C + A – cumaru + aroeira; A + PB + C – aroeira + pau branco + cumaru.

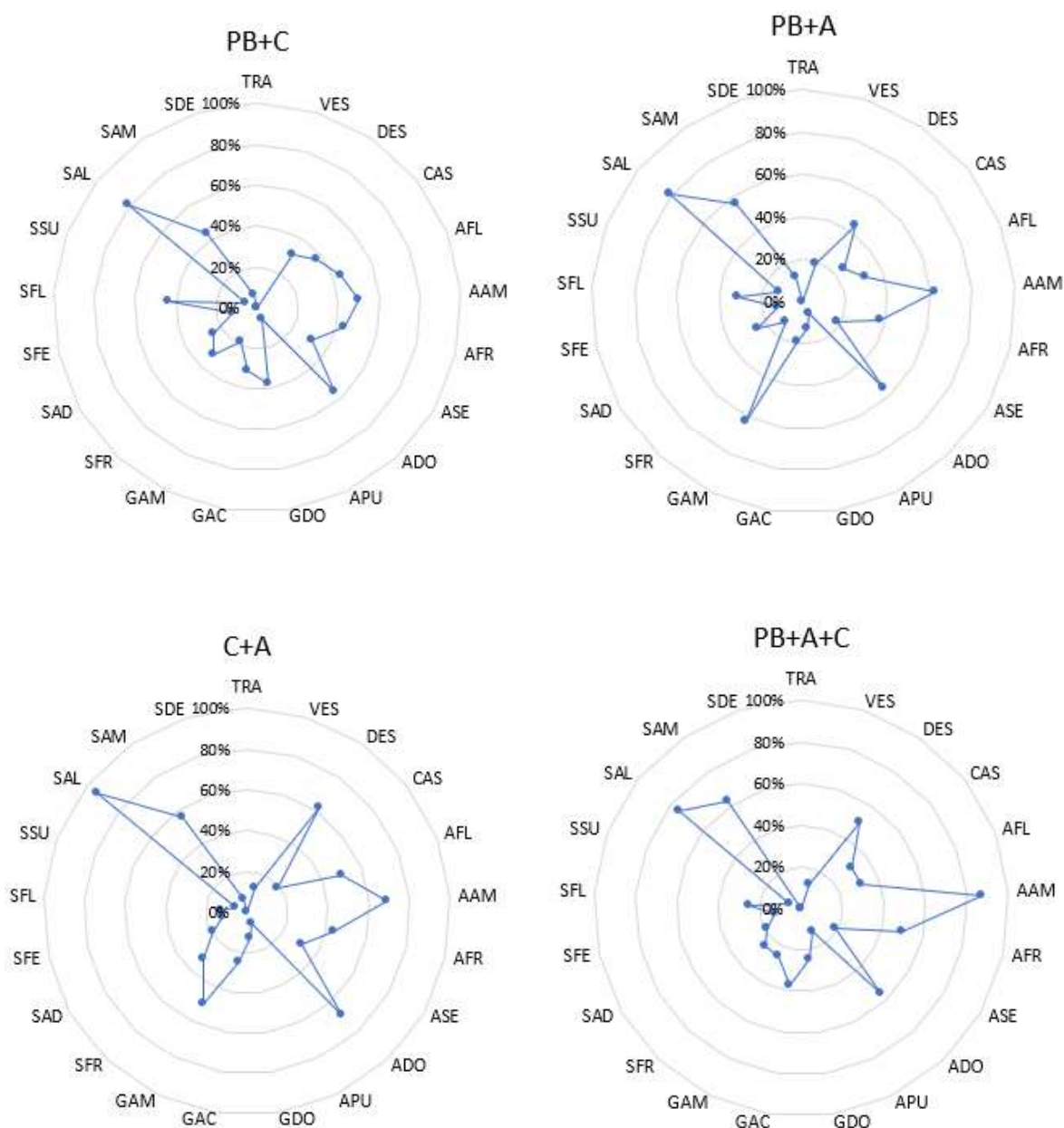
Fonte: Autor (2025).

As frequências para “Provavelmente compraria” (31%) foram positivas; contudo, os índices de “Certamente não compraria” (19%) e “Provavelmente não compraria” (19%) quando somados totalizam (38%), tendem a gerar dúvidas por parte dos avaliadores em relação à intenção de compra para a amostra B, visto que está também apresentou o maior valor de rejeição. Já na amostra PB+A, os avaliadores demonstraram indiferença, com 56% escolhendo a opção “Talvez comprasse/talvez não comprasse”, o que evidencia a neutralidade dessa formulação.

Por meio do gráfico de radar da (figura 13), é possível compreender a intensidade de cada amostra em relação aos atributos analisados, que contemplaram 21 descritores: 4 correspondentes de cor, 6 ao aroma e 11 ao sabor.

Figura 12 - Gráfico de radar para a frequência dos descritores de aroma, cor e sabor





A – Aroeira; C – Cumaru; PB - Pau Branco; B – aguardente branca (sem aromatização); PB + A – pau branco + aroeira; PB + C – pau branco + cumaru; C + A – cumaru + aroeira; A + PB + C – aroeira + pau branco + cumaru. COR (TRA - transparente; VES - vermelho escuro; DES - dourado escuro; CAS - castanho). AROMA (AFL - aroma floral; AAM - aroma amadeirado; AFR - aroma fresco; ASE - aroma seco; ADO - aroma doce; APU - aroma pungente). SABOR (GDO - gosto doce; GAC - gosto ácido; GAM - gosto amargo; SFR - sabor frutado; SAD - sabor adstringente; SFE - sabor de fenólico; SFL - sabor de floral; SSU - sabor de sulfuroso; SAL - sabor alcoólico; SAM - sabor amadeirado; SDE - sabor desagradável).

Foi possível perceber que o atributo de sabor alcoólico (SAL), em destaque na amostra B, diminuiu quando houve a adição das lascas das madeiras na bebida, de forma mais

pronunciada na amostra Pau Branco+Aroeira+Cumaru (PB+A+C). A amostra que obteve os melhores resultados foi C, pois seus atributos apresentaram descritores semelhantes aos de uma bebida envelhecida.

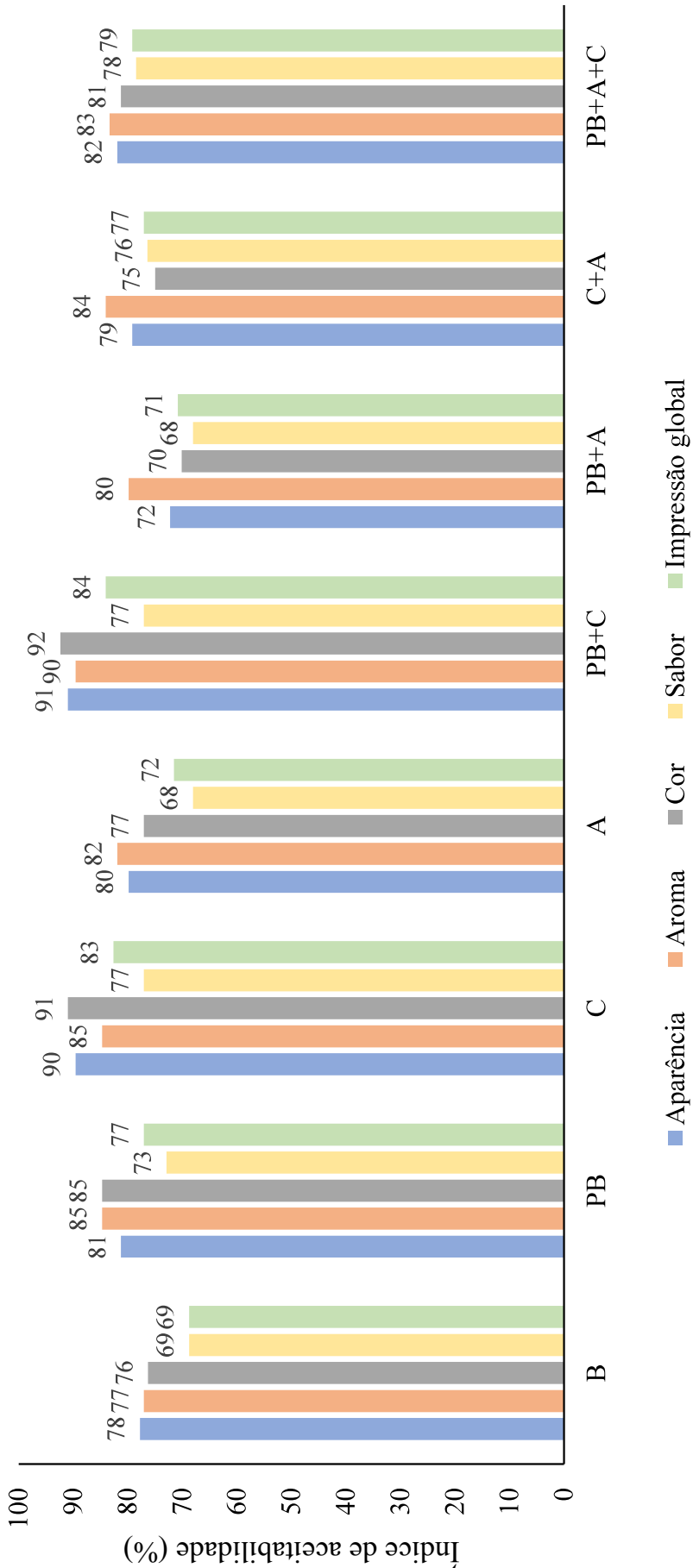
Foi relatado uma cor dourada escuro por 80% dos provadores; aroma floral 60%; aroma amadeirado 60%; aroma frutado 60%; aroma adocicado 60%; gosto doce 40%; gosto ácido 40%; sabor frutado 40%; sabor fenólico 39%; sabor floral 50%; sabor alcoólico 70% e sabor amadeirado 70%.

Odello *et al.* (2009) relataram o sabor amadeirado e o sabor frutado como alguns dos principais descritores de Cachaças envelhecidas em barril de carvalho. Segundo Schwarz *et al.* (2014), o uso de cavacos possibilitou obter uma aguardente com características semelhantes às de uma bebida envelhecida, alcançando em apenas 1 mês atributos similares aos observados em amostras envelhecida por 6 a 18 meses em barris de madeira.

Contudo, a amostra Branca mostrou ser a que obteve os menores resultados nos descritores, destacando-se apenas para aroma floral 58%, aroma frutado 60%, aroma doce 45%, sabor frutado 40% e sabor alcoólico 95%. O aroma amadeirado foi relatado em todas as amostras, com exceção da B, assim como sabor amadeirado. O aroma floral e o frutado foram observados nas análises de voláteis presente na (tabela 12), cujos compostos foram identificados em todas as amostras, representando uma característica da aguardente B. Sabor doce e aroma doce também foram relatados em todas as amostras, o que pode indicar que a aguardente apresentar uma suavidade mais pronunciada.

Como resposta da matriz do delineamento de misturas simplex-centroid, modelo cúbico, as aguardentes que alcançaram os melhores índice de aceitabilidade foram pau branco + cumaru (PB+C), cumaru (C), pau branco+aroeira+cumaru (PB+A+C) e cumaru+aroeira (C+A). Dessa forma, foi possível destacar as formulações com maior aceitabilidade. Esses dados podem ser observados na (figura 14), onde são apresentados os resultados obtidos para o índice de aceitabilidade com base nos atributos sensoriais.

Figura 13 - Índice de aceitabilidade para as amostras de aguardente



A – aroeira; C – cumaru; PB – pau branco; B – aguardente branca (sem aromatização); PB + A – pau branco + aroeira; PB + C – pau branco + cumaru; C + A – cumaru + aroeira; A + PB + C – aroeira + pau branco + cumaru.
Fonte: Autor (2025).

De acordo com Teixeira *et al.* (1987) e Dutcosky (2019), uma boa aceitação comercial consiste em índices de aceitação com dados iguais ou superiores a 70%. Embora o resultado para as médias da escola hedônica não tenha apresentado diferenças significativas em alguns atributos sensoriais em decorrência dos blends, os resultados do índice de aceitabilidade foram fundamentais para influenciar positivamente as misturas das madeiras.

Em relação às aguardentes pesquisadas, a amostra pau branco + cumaru (PB+C) foi a que obteve os maiores valores dentre os atributos, sendo menor para sabor 77% e o maior para cor 92%. A amostra Branca foi a que apresentou os menores resultados, ficando com dois atributos abaixo do estabelecido 70%: sabor 69% e impressão global 69%. Outra amostra que apresentou valores negativos foi PB+A, com sabor em 68%, atributo importante para compreender a característica enológica da bebida. Por isso, é possível concluir que a amostra PB+C se destacou dentre as demais, com a melhor aceitação comercial nos atributos mais impactantes para o produto.

Ao correlacionar com os dados obtidos na (figura 10), percebe-se que a aguardente aromatizada de maior aceitação, pau branco + cumaru (PB+C), foi também a que demonstrou os menores valores para fenólicos totais 20,06 mg AGE 100 mL⁻¹ e menor atividade antioxidante 29%. Sendo assim, é perceptível que esses parâmetros influenciam diretamente na aceitação do produto, trazendo características sensoriais adversas. Visto que o cumaru foi a madeira-base presente em todas as formulações com os melhores valores de aceitação e intenção de compra, pode ser destacada como a melhor bebida aromatizada-base.

6 CONCLUSÕES

A matéria prima foi caracterizada como mel industrial, de acordo com os parâmetros de qualidade (HMF e umidade) avaliados. A reutilização da cepa de *Saccharomyces cerevisiae* CA11 apresentou bons aspectos fermentativos, com possibilidade de reutilização por até 3 vezes, observando-se adaptação ao meio a partir da segunda fermentação.

A aguardente de mel Branca (sem aromatização) atendeu aos padrões exigidos pela legislação, possibilitando seu uso no processo de aromatização com as diferentes lascas de madeira. O acompanhamento da evolução da cor, por meio dos parâmetros de CIELab ao longo da aromatização, demonstrou crescimento até o quinto dia para as amostras de com lascas de aroeira e cumaru, sendo definido como o tempo necessário para as interações entre o destilado e as madeiras. O cumaru apresentou a maior percepção de cor e índice de escurecimento (IE), sugerindo maior liberação de compostos fenólicos e pigmentos.

A determinação do teor de fenólicos totais e atividade antioxidante nas aguardentes aromatizadas e em suas misturas apresentou resultados superiores para a bebida aromatizada com as lascas de aroeira, assim como para extrato seco.

Nos compostos voláteis, identificaram-se substâncias que podem explicar a gama sensorial determinada pelos descritores, com percepção de odores que também foram relatados na avaliação sensorial, como frutado, floral e amadeirado.

A avaliação sensorial das bebidas aromatizadas, realizada através de testes de aceitação, permitiu identificar as combinações de madeiras que resultam em maior aceitabilidade, com destaque para a mistura de pau branco+cumaru (PB+C), cumaru (C), pau branco+aroeira+cumaru (PB+A+C) e cumaru+aroeira (C+A). A lasca de cumaru obteve maior destaque, fato também observado nas análises de intenção de compra e *Check-All-That-Apply* (CATA).

Em síntese, a aromatização de aguardente de mel com madeiras nativas da caatinga mostrou-se uma alternativa viável e promissora para agregar valor a produtos regionais, com potencial para contribuir para o desenvolvimento sustentável da região, valorizando sua biodiversidade e promovendo a inovação na indústria de bebidas destiladas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANACLETO, D. A.; SOUZA, B. A.; MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C. Composição de amostras de mel de abelha Jataí (*Tetragonisca angustula latreille*, 1811). **Food Science and Technology**, v. 29, n. 3, p. 535–541, 2009.
- A.B.E.L.H.A. **Associação Brasileira de Estudos das Abelhas**. Apicultura no Brasil, 7 abr. 2015.
- A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. Association of Official Analytical Chemist, Inc., 15th Edition, 1992.
- AKILLIOGLU, H. G.; MOGOL, B. A.; GÖKMEN, V. Degradation of 5-hydroxymethylfurfural during yeast fermentation. **Food Additives and Contaminants - Part A**, v. 28, n. 12, p. 1629–1635, 2011.
- AGUIAR, A. C. S. **PANORAMA E PERSPECTIVAS DA CADEIA PRODUTIVA DO MEL NO BRASIL**. 2018. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2018. Cap. 5., 2018.
- ALBERGARIA, E. T. DE; SILVA, M. V. DA; SILVA, A. G. DA. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais em comunidades rurais do município de Lagoa Grande, Pernambuco, Brasil. **Revista fitos**, v. 13, n. 2, p. 137–154, 2019.
- ALENCAR, N. M. M.; RIBEIRO, T. G.; BARONE, B.; BARROS, A. P. A.; MARQUES, A. T. B.; BEHRENS, J. H. Sensory profile and check-all-that-apply (cata) as tools for evaluating and characterizing syrah wines aged with oak chips. **Food research international (Ottawa, Ont.)**, v. 124, n. 1, p. 156–164, 2019.
- ANJOS, O. CAMPOS, M. G.; RUIZ, P. C.; ANTUNES, P. Aplicação de FTIR-ATR espectroscopia para quantificação de açúcar em mel. **Food Chemistry**, v. 169, n. 1, p. 218–223, 2015.
- ANJOS, O.; FRAZÃO, D.; CALDEIRA, I. Physicochemical and sensorial characterization of honey spirits. **Foods (Basel, Switzerland)**, v. 6, n. 8, p. 1-14, 2017.
- ANJOS, O.; SANTOS, R.; ESTEVINHO, L. M.; CALDEIRA, I. FT-RAMAN methodology for the monitoring of honeys' spirit distillation process. **Food chemistry**, v. 305, n. 1, p. 1-7, 2020b.
- ANJOS, O.; CANAS, S.; GONÇALVES, J. C.; CALDEIRA, I. Development of a spirit drink produced with strawberry tree (*Arbutus unedo* l.) fruit and honey. **Beverages**, v. 6, n. 2, p. 1–11, 2020a.

ARAÚJO, E. T. T.; SILVA, J. K. L.; SANTOS, F. C. P.; FERREIRA, A. C. O consumo de cachaça e seus sentidos: uma análise do comportamento do consumidor à luz da teoria do sensemaking. RGO. **Revista Gestão Organizacional**, v. 14, n. 2, p. 46–68, 2021.

Althaiban, M.A. Investigation of hydroxymethylfurfural levels in commercial acacia honey for quality control: a systematic review. **Discov Appl Sci** 6, 515 (2024).

BEDOYA, K.; BUETAS, L.; ROZÈS, N.; MAS, A.; PORTILLO, M. C. Influence of different stress factors during the elaboration of grape must's *pied de cuve* on the dynamics of yeast populations during alcoholic fermentation. **Food Microbiology**, v. 123, n. 1, p. 1-15, 2024.

BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Aging marker profile in cachaça influenced by toasted oak chips. **Journal of the Institute of Brewing**. Institute of Brewing (Great Britain), v. 121, n. 1, p. 70–77, 2015.

BOUHLALI, E. T.; BAMMOU, M.; SELLAM, K.; EL MIDAOU, A.; BOURKHIS, B.; ENNASSIR, J.; ALEM, C.; FILALI-ZEGZOUTI, Y. Physicochemical properties of eleven monofloral honey samples produced in Morocco. **Arab Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 26, n. 1, p. 476–487, 2 jan. 2019.

BORTOLETTO, A. M.; SILVELLO, G. C.; ALCARDE, A. R. Aromatic profiling of flavor active compounds in sugarcane spirits aged in tropical wooden barrels. **Brazilian journal of food technology**, v. 24, n. 1, p. 1-14, 2021.

BOTELHO, G.; ANJOS, O.; ESTEVINHO, L. M.; CALDEIRA, I. Methanol in grape derived, fruit and honey spirits: A critical review on source, quality control, and legal limits. **Processes (Basel, Switzerland)**, v. 8, n. 12, p. 1-21, 2020.

BISCOTTO, G.; DAS GRAÇAS CARDOSO, M.; DOUGLAS SANTIAGO, W.; RODRIGUES SILVA CAETANO, A.; FONTES ALVARENGA, G.; ELAN DA SILVA OLIVEIRA, R.; AGUIAR CAMPOLINA, G.; RODRIGUES FERNANDES FERREIRA, V.; APARECIDA DOS SANTOS, P.; PAULA ABRANTES, A.; ISADORA FERNANDES, A.; LEE NELSON, D. Effect of long term storage of sugarcane spirit in stainless steel on physiochemical. **AJCS**, v. 18, n. 5, p. 259–265, 2024.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie*. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Portaria nº 1 de 07 de outubro de 1981. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: métodos físicos e químicos**. Laboratório Nacional de Referência Animal (LANARA): Brasília, DF, 1981. VI.

BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e fiscalização de bebidas. Brasília, **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, 2009.

BRASIL. Lei nº 16.688, de 11 de janeiro de 2007. Declara Patrimônio Cultural de Minas Gerais o processo tradicional de fabricação, em alambique, da cachaça de Minas. **Diário do Executivo**, Minas Gerais, 12 jan. 2007. p. 2, col. 2.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 15, de 31 de março de 2011: Aprova a Complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade de Bebidas Alcoólicas Comercializadas em Território Nacional. Brasília, **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 65, de 23 de abril de 2008: Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardentes de Fruta. Brasília, **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF: Ministério da Saúde, n. 12, p. 59, 13 jun. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria MAPA nº 539, de 26 de dezembro de 2022. Estabelece os Padrões de identidade e Qualidade da aguardente de cana e da cachaça. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, pág. 13, 27 dez. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA. Instrução Normativa Nº 11, de 20 de outubro de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção I, págs. 16-17, 23 de outubro de 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Métodos oficiais para análise de produtos de origem animal. Secretaria de Defesa Agropecuária**, Brasília, 2022.

CAMPANA, L.; SOUZA, L. D. R. DE; HARTFELDER, K. A genética da organização social das abelhas. **Genética na Escola**, v. 18, n. 2, p. 90–99, 2023.

CARVALHO, P. E. R. Aroeira verdadeira. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 82). **Colombo: Embrapa Florestas**. Pesquisador da Embrapa Florestas. ISSN 1517-5278. 1.ed. 16 p. 2003.

CARVALHO, P. E. R. Pau-branco-do-Sertão (*Auxemma oncocalyx*). (Embrapa Florestas. Circular técnica, 153). **Colombo: Embrapa Florestas**. ISSN 1517-5278. 1. ed. 6 p. 2008.

CAICEDO-NARVÁEZ, S.; ALDANA-HEREDIA, J. F.; RATKOVICH, N. Study of Ultrasound-Assisted Technology for Accelerating the Aging Process in a Sugar Cane Honey Spirit. **Beverages** **2024**, v. 10, n. 3, p. 1-23, 2024.

COLDEA, T. E. R.; SOCACIU, C.; PÂRV, M.; VODNAR, D. Gas-Chromatographic analysis of major volatile compounds found in traditional fruit brandies from Transylvania, Romania. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 39, n. 2, p. 109–116, 2011.

COELHO, E.; TEIXEIRA, J. A.; TAVARES, T.; DOMINGUES, L.; OLIVEIRA, J. M. Reaproveitamento de lascas de carvalho para modificação da fração volátil de bebidas alcoólicas. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. **Food science and technology**, v. 135, n. 1, p. 1-10, 2021.

COLDEA, T. E.; SOCACIU, C.; MUDURA, E.; SOCACI, S. A.; RANGA, F.; POP, C. R.; VRIESEKOOOP, F.; PASQUALONE, A. Volatile and phenolic profiles of traditional Romanian apple brandy after rapid ageing with different wood chips. **Food chemistry**, v. 320, n. 1, p. 1-10, 2020.

CRUZ, S.; CANAS, S.; BELCHIOR, A.P. Effect of ageing system and time on the quality of wine brandy aged at industrial scale. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, v. 2, n. 1, p. 83-93, 2013.

CANAS, S.; ANJOS, O.; CALDEIRA, I.; FERNANDES, T. A.; SANTOS, N.; LOURENÇO, S.; GRANJA-SOARES, J.; FARGETON, L.; BOISSIER, B.; CATARINO, S. Micro-oxygenation level as a key to explain the variation in the colour and chemical composition of wine spirits aged with chestnut wood staves. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie [Food science and technology]**, v. 154, n. 1, p. 1-8, 2022.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 5. ed. rev. Curitiba: PUCPRESS, 2019.

DELGADO-GONZÁLEZ, M. J.; GARCÍA-MORENO, M. V.; SÁNCHEZ-GUILLÉN, M. M.; GARCÍA-BARROSO, C.; GUILLÉN-SÁNCHEZ, D. A. Colour evolution kinetics study of spirits in their ageing process in wood casks. **Food Control**, v. 119, n. 1, p. 1-10, 2021.

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; RIBASKI, J.; AIDAR, S. T. **Caracterização e usos das espécies da caatinga: subsídio para programas de restauração florestal nas Unidades de Conservação da Caatinga (UCCAs)**. 1. ed. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2016. Disponível em: <http://www.embrapa.br/semiario>. Acesso em: 20 ago. 2024.

DUARTE, N. J. L.; SANTIAGO, W. D.; FERNANDES, A. I.; TEIXEIRA, M. L.; SANTOS, W. A.; REZENDE, D. A. C. S.; CARDOSO, M. G. A química dos blends de cachaça em diferentes madeiras. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 8, p. 1-15, 2024.

DUAN, B.; CHANG, W.; ZHANG, L.; ZHENG, M.; SU, Z. C.; MERKERYAN, H.; XU, M.; LIU, X. Characterization of volatile compounds and sensory properties of spine grape (*Vitis davidii* Foex) brandies aged with different toasted wood chips. **Food chemistry**: X, v. 23, n. 1, p. 1-10, 2024.

EUROPA. **Regulation (EU) 2019/787 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2019 on the definition, description, presentation and labelling of spirit drinks, the use of the names of spirit drinks in the presentation and labelling of other foodstuffs, the protection of geographical indications for spirit drinks, the use of ethyl alcohol and distillates of agricultural origin in alcoholic beverages, and repealing Regulation (EC) No 110/2008**. EUR-LEX. In:< <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0787&qid=1724175711961>> Acesso em: 20/08/2024.

FERRAZ, F. O. **Estudo dos Parâmetros fermentativos, características físico-químicas e sensoriais do hidromel**. 2015. 129 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biotecnologia Industrial na Área de Concentração Microbiologia Aplicada, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

FERREIRA, M. J. G.; MENEZES, I. R. A.; ALVES, R. D.; OLIVEIRA, S. M.; GONÇALVES, M. D.; FERREIRA, M. M. J.; VILAR, A. B.; SOUZA, O. L. G.; PEREIRA, L. C.; ALMEIDA, S. M. M. Analysis of the variability of therapeutic indications of medicinal species in the northeast of Brazil: Comparative study. **Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM**, v. 2018, n. 1, p. 1–28, 2018.

FUENTES MOLINA, O.; ALIZADEH, K.; BUCAREY, S. A.; CASTANEZA ZÚÑIGA, E.; VÁSQUEZ-QUITRAL, P. Analysis of organic molecules, physicochemical parameters, and pollen as indicators for authenticity, botanical origin, type and quality of honey samples examined. **International Journal of Food Properties**, v. 23, n. 1, p. 2242–2256, 2020.

FERREIRA, M.A.; NUNES, O.D.; FONTENELE, J.B.; PESSOA, O.D.; LEMOS, T.L.; VIANA, G.S. Atividades analgésica e anti-inflamatória de uma fração rica em *oncocalyxone* A isolada de *Auxemma oncocalyx*, **Fitomedicina**, v. 11, n. 4, p. 315–322, 2004.

FRANCESCA, N.; GAGLIO, R.; MATRAXIA, M.; NASELLI, V.; PRESTIANNI, R.; SETTANNI, L.; BADALAMENTI, N.; COLUMBA, P.; BRUNO, M.; MAGGIO, A.; ALFONZO, A.; MOSCHETTI, G. Technological screening and application of *Saccharomyces cerevisiae* strains isolated from fermented honey by-products for the sensory improvement of *Spiritu re fascitrari*, a typical Sicilian distilled beverage. **Food Microbiology**, v. 104, p. 103968, 1 jun. 2022.

GALVÃO, A. W. R.; BRAZ FILHO, R.; CANUTO, K M; RIBEIRO, P. R. V; CAMPOS, A. R.; MOREIRA, A. C. O. M.; SILVA, S. O.; MESQUITA FILHO, F. A.; SANTOS; MELO JUNIOR, J. M. A.; GONÇALVES, N. G. G.; FONSECA, S. G. C.; BANDEIRA, M. A. M. Gastroprotective and anti-inflammatory activities integrated to chemical composition of *Myracrodruon urundeuva* Allemão - A conservationist proposal for the species. **Journal of ethnopharmacology**, v. 222, p. 177–189, 2018.

GARCÍA-MORENO, M. V.; SÁNCHEZ-GUILLÉN, M. M.; MIER, M. R.; DELGADO-GONZÁLEZ, M. J.; RODRÍGUEZ-DODERO, M. C.; GARCÍA-BARROSO, C.; GUILLÉN-SÁNCHEZ, D. A. Use of Alternative Wood for the Ageing of Brandy de Jerez. **Foods 2020**, Vol. 9, Page 250, v. 9, n. 3, p. 250, 26 fev. 2020.

GANTUMUR, M. A.; SUKHBAATAR, N.; BILAWAL, A.; GANKHUYAG, J.; GAO, C.; ENKHTUYA, E.; JIANG, Z.; JIANG, J. Elucidating fermentation characteristics, key volatile compounds, and safety evaluations of whey permeate-derived alcoholic beverages. **Food Bioscience**, v. 68, p. 1-14, 1 jun. 2025.

GARCIA, H.; SANTOS, W. A.; BENEDITO, G.; BONFIM, R.; SANTOS JESUS, J.; FERNANDES, R.; FONSECA, S.; DE FÁTIMA BOMFIM DA CONCEIÇÃO, M.; SANTOS SOUSA, L.; ADRIANA, S.; SOARES, R.; MENDES, B. A.; PEREIRA ANJOS, J.; MARTINS DALA-PAULA, B.; GLORIA, M. B. A.; OLIVEIRA MAMEDE, M. E. Influence

of Jackfruit Wood Barrels and Chips During Aging on the Quality and Phenolic Compounds of Cachaça. **Foods** **2025**, Vol. 14, Page 1812, v. 14, n. 10, p. 1-20, 20 maio 2025.

GIACALONE, D.; HEDELUND, P. I. Rate-all-that-apply (RATA) with semi-trained assessors: An investigation of the method reproducibility at assessor-, attribute- and panel-level. **Food Quality and Preference**, v. 51, p. 65–71, 1 jul. 2016.

GONZALEZ-RAMIREZ, M.; KAZAKOVA, J.; GARCIA-SERRANO, P.; UBEDA, C.; VALERO, E.; CEREZO, A. B.; TROCOSO, A. M.; GARCIA-PARILLHA, M. C. Commercial wine yeast nitrogen requirement influences the production of secondary metabolites (aroma, hydroxytyrosol, melatonin and other bioactives) during alcoholic fermentation. **International Journal of Food Microbiology**, v. 421, n. 1, p. 1-13, 2024.
GUERRERO-CHANIVET, M.; VALCÁRCEL-MUÑOZ, M. J.; GARCÍA-MORENO, M. V.; RODRÍGUEZ-DODERO, M. C.; GUILLÉN-SÁNCHEZ, D. A. Influence of the type of Sherry wine and the seasoning length of time on the organic acids, volatile compounds, and sensory profile of Brandy de Jerez. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 125, p. 105780, 1 jan. 2024.

GRAND VIEW RESEARCH. **Relatório de análise de tendências, participação e tamanho do mercado de bebidas destiladas artesanais**. São Francisco, 2023. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/craft-spirits-market>. Acesso em: 25 out. 2024.

HORSZWALD, A.; WILFRIED, A. Characterization of bioactive compounds in berry juices by traditional photometric and modern microplate methods. **Journal of Berry Research**, v. 1, n. 1, p. 189–199, 2011.

HIGA, K. C.; JORJÃO, A. L.; OLIVEIRA, F.E.; OLIVEIRA, J. R.; BRITO, G. N. B.; JORGE, A. O. C.; OLIVEIRA, L. D. Cytotoxicity of glycolic extracts of *Cynara scolymus* (ALCACHOFA), *Myracrodruon urundeuva* (AROEIRA-DO-SERTÃO) and *Camellia sinensis* (CHÁ VERDE). **Revista Univap**, v. 25, n. 48, p. 77–91, 2019.

HUMANS, I. W. G. on the E. of C. R. to. Chemical Composition of Alcoholic Beverages, Additives and Contaminants. **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans / World Health Organization, International Agency for Research on Cancer**, v. 44, p. 71–99, 1988. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531662/>>. Acesso em: 26 maio. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério da Economia. **Produção de Mel de abelha**. 2022. Acesso em 13 de setembro de 2024. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mel-de-abelha/br>>.

IBRAC - Instituto Brasileiro da Cachaça. Dados 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**/ ZENEBON, O.; PASCUERT, N. S.; TIGLEA, P. (Org). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p.1020. 2008.

ICKES, C. M.; CADWALLADER, K. R. Characterization of Sensory Differences in Mixing and Premium Rums Through the Use of Descriptive Sensory Analysis. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 11, p. 2679–2689, 1 nov. 2017.

KARABAGIAS, I. K.; BADEKA, A.; KONTOMINAS, M. G. A decisive strategy for monofloral honey authentication using analysis of volatile compounds and pattern recognition techniques. **Microchemical Journal**, v. 152, p. 1-9, 1 jan. 2020.

LALOU, S.; ORDOUDI, S. A.; MANTZOURIDOU, F. T. Evaluation of safety and quality parameters of persimmon balsamic-type vinegar during multistarter culture fermentation and accelerated aging with oak chips. **Food bioscience**, v. 57, n. 1, p. 1-12, 2024.

LEE, M. K. Y.; PATERSON, A.; PIGGOTT, J. R.; RICHARDSON, G. D. Origins of Flavour in Whiskies and a Revised Flavour Wheel: a Review. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 107, n. 5, p. 287–313, 2001.

LEDAUPHIN, J.; GUICHARD, H.; SAINT-CLAIR, J. F.; PICOCHÉ, B.; BARILLIER, D. Chemical and sensorial aroma characterization of freshly distilled Calvados. 2. Identification of volatile compounds and key odorants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 2, p. 433–442, 15 jan. 2003.

LEÓN, K. et al. Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. **Food research international** (Ottawa, Ont.), v. 39, n. 10, p. 1084–1091, 2006.

LIMA, C.; SERAGLIO, S.; BERGAMO, G.; FETT, R.; COSTA, A., C. **Padrão de identidade e qualidade do mel de *apis mellifera*: uma breve revisão**. Ciência, Tecnologia e Inovação: do campo à mesa. **Anais**. Instituto Internacional Despertando Vocações, 2020.

LIU, J.; BREDIE, W. L. P.; SHERMAN, E.; HARBERTSON, J. F.; HEYMANN, H. Comparison of rapid descriptive sensory methodologies: Free-Choice Profiling, Flash Profile and modified Flash Profile. **Food Research International**, v. 106, p. 892–900, 1 abr. 2018.

LOUW, L.; MALHERBE, S.; NAES, T.; LAMBRECHTS, M.; VAN RENSBURG, P.; NIEUWOUDT, H. Validation of two Napping® techniques as rapid sensory screening tools for high alcohol products. **Food Quality and Preference**, v. 30, n. 2, p. 192–201, 1 dez. 2013.

LOUW, L.; OELOFSE, S.; NAES, T.; LAMBRECHTS, M.; VAN RENSBURG, P.; NIEUWOUDT, H. Optimisation of the partial napping approach for the successful capturing of mouthfeel differentiation between brandy products. **Food Quality and Preference**, v. 41, p. 245–253, 1 abr. 2015.

LU, W.; SONG, T.; LEI, W.; LI, Y.; LI, J.; DU, J. Impact of adding sorghum tannin on volatile compounds and fermentation products of whisky. **Food Bioscience**, v. 68, p. 1-9, 1 jun. 2025.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**. Washington, 31: 426-8, 1959.

MOHAPATRA, D.; BIRA, Z. M.; KERRY, J. P.; FRÍAS, J. M.; RODRIGUES, F. A. Postharvest hardness and color evolution of white button mushrooms (*Agaricus bisporus*). **Journal of food science**, v. 75, n. 3, p. 1-7, 2010.

MODIG T.; LIDÉN G.; TAHERZADEH M. J. Inhibition effects of furfural on alcohol dehydrogenase, aldehyde dehydrogenase and pyruvate dehydrogenase. **Biochem**, v. 363, n. 1, p.769-776, 2002.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da Cachaça 2021**. Brasília, DF. 2022.

MARCHINI, L.C.; MORETTI, A. C. C. C.; OTSUK, I. P. Análise de agrupamento, com base na composição físico-química de amostras de méis produzidos por *Apis mellifera* L. no Estado de São Paulo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 8-17, 2005.

MATOS, M. E.; MEDEIROS, A. B. P.; PEREIRA, G. V. de M.; SOCCOL, V. T.; SOCCOL, C. R. Production and Characterization of a Distilled Alcoholic Beverage Obtained by Fermentation of Banana Waste (*Musa cavendishii*) from Selected Yeast. **Fermentation**, v. 3, n. 4, p. 1-8, 2017.

MAIA, A. B.; MARINHO, L. S.; NELSON, D. L. On the role of higher alcohols in the characterization of cachaça. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. 1-17, 21 out. 2020.

MEIADO, M. V.; SILVA, F. F. S.; BARBOSA, D. C. A.; SIQUEIRA FILHO, J. A. Diaspores of the Caatinga: A Review. In: SIQUEIRA FILHO, J. A.; MEIADO, M. V.; SILVA, F. F. S. (Org.). **Flora of the Caatingas of the São Francisco River: Natural History and Conservation**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio Editorial, Cap. 9. 2012.

MEDEIROS, D. F.; SOUZA, M. F. Contaminação do Mel: A importância do controle de qualidade e de boas práticas apícolas. **Atas de Ciências da Saúde** (ISSN 2448-3753), São Paulo, v. 22, n. 5, p. 1-22, 2015.

MENDES, D. de C. S.; FREITAS, R. C. de; MIRANDA, B. M.; MORGADO, C. M. A.; BRICENO, J. C. C.; SILVA, F. A.; CALIARI, M.; OLIVEIRA, T. F. de. Perfil químico, antioxidante e cromatográfico de cachaça envelhecida em tonéis de carvalho americano, castanha-do-pará, amburana e bálsamo em 12 meses. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 23, n. 2, p. 1-19, 19 fev. 2025.

MUÑOZ-GARCÍA, R.; DÍAZ-MAROTO, M. C.; ARÉVALO, V. M.; PÉREZ-COELLO, M. S.; ALAÑÓN, M E. Ultrasound and microwave techniques as physical methods to accelerate oak wood aged aroma in red wines. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie [Food science and technology]**, v. 179, n. 1, p. 1-10, 2023.

NATUREZA BELA. **Pau-Branco - *Auxemma oncocalyx***. Disponível em: <https://www.naturezabela.com.br/2017/05/pau-branco-auxemma-oncocalyx.html>. Acesso em: 21 ago. 2024. Publicado em: 03 maio 2017.

- NASCIMENTO, H. O. do; SILVA, M. Z. F.; ALEXANDRE, J. B.; VIDAL, C. B.; CARVALHO, T. V.; NASCIMENTO, R. F. do. New HS-SPME-GC-BID method for the determination of volatile constituents in distilled beverages. **Microchemical Journal**, v. 181, n. 1, p. 1-10, 2022.
- NEVES, N. de A.; GÓMEZ-ALONSO, S.; GARCÍA-ROMERO, E.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; SILVA, I. F.; STRINGHETA, P. C. Chemical composition of jaboticaba (*Plinia jaboticaba*) liquors produced from cachaça and cereal alcohol. **LWT**, v. 155, n. 1, p. 1-9, 2022.
- NIE, X.; Liu, K.; ZHANG, Y.; WANG, Z.; MENG, C.; LIU, K.; ZHAO, Z.; AO, C. Effects of oak chips on quality and flavor of persimmon brandy: A comprehensive analysis of volatile and non-volatile compounds. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie Food science and technology**, v. 183, n. 1, p. 1-12, 2023.
- NOVIELLO, M.; PARADISO, V. M.; NATRELLA, G.; GAMBACORTA, G.; FACCIA, M.; CAPONIO, F. Application of toasted vine-shoot chips and ultrasound treatment in the ageing of primitivo wine. **Ultrasonics Sonochemistry**, Amsterdã, v. 104, n. 1, p. 1-13, 2024.
- ODELLO, L.; BRACESCHI, G. P.; SEIXAS, F. R. F.; SILVA, A. A. Da; GALLNARO, C. A.; FRANCO, D. W. Avaliação sensorial de cachaça. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1839–1844, 2009.
- ORELLANA-PALMA, P.; PETZOLD, G.; ANDANA, I.; TORRES, N.; CUEVAS, C. Retention of ascorbic acid and solid concentration via centrifugal freeze concentration of orange juice. **Journal of food quality**, v. 2017, n. 1, p. 1–7, 2017.
- OLIVEIRA, S. C.; OLDONI, T. L. C.; VERAS, G.; SOUSA, E. S.; FERNANDES, D. D. S. Non-destructive authentication of Cachaças from Brejo Paraibano based on MIR spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 477, n. 1, p. 1-10, 2025.
- OLIVEIRA-ALVES, S. C.; FERNANDES, T. A.; LOURENÇO, S.; GRANJA-SOARES, J.; SILVA, A. B.; BRONZE, M. R.; CATARINO, S.; CANAS, S. Storage Time in Bottle: Influence on Physicochemical and Phytochemical Characteristics of Wine Spirits Aged Using Traditional and Alternative Technologies. **Molecules**, v. 30, n. 9, p. 1-32, 2025.
- OLIEVEIRA, É. R.; DEUS, K. O.; CALIARI, M. Production, characterization and acceptability of different alcohol-based pineapple liqueurs. **Green Magazine**, v. 10, n. 1, p. 108–114, 14 mar. 2015.
- PINO, J. A.; FAJARDO, M. Volatile composition and key flavour compounds of spirits from unifloral honeys. **International journal of food science & technology**, v. 46, n. 5, p. 994–1000, 2011.
- PEREIRA, I. M. C.; MATOS NETO, J. D.; FIGUEIREDO, R. W.; CARVALHO, J. D. G.; FIGUEIREDO, E. A. T.; MENEZES, N. V. S.; GABAN, S. V. F. Physicochemical characterization, antioxidant activity, and sensory analysis of beers brewed with cashew peduncle (*Anacardium occidentale*) and orange peel (*Citrus sinensis*). **Food Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 749–755, 2020.

REFLORA. **Flora e Funga do Brasil**, 2020. Disponível em:

<<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/consulta/>>. Acesso em: 21 ago. 2024.

RIBEIRO, F.; SILVA, D. P. DA. Utilização do cumaru como planta medicinal: revisão bibliográfica. **Scire Salutis**, v. 12, n. 1, p. 82–93, 2021.

RAJINDRAN, N.; WAHAB, R. A.; HUDA, N.; JULMOHAMMAD, N.; SHARIFF, A. H. M.; ISMAIL, N. I.; HUYOP, F. Physicochemical Properties of a New Green Honey from Banggi Island, Sabah. **Molecules** **2022**, v. 27, n. 13, p. 1-19, 2022.

ROB, M. M.; PAPPU, MD, M. H.; ARIFIN, Md, S.; ERA, T. N.; AKHI, M. Z.; BHATTACHARJYA, D. K.; KAYSHAR, MD, S.; JUBAYER, Md, F. Application and evaluation of plant-based edible active coatings to enhance the shelf-life and quality attributes of Jara lebu (*Citrus medica*). **Discover Food**, v. 4, n. 1, p. 1-14, 2024.

SERAFIM, F. A. T.; SEIXAS, F. R. F.; DA SILVA, A. A.; GALINARO, C. A.; NASCIMENTO, E. S. P.; BUCHVISER, S. F.; ODELLO, L.; FRANCO, D. W. Correlation between chemical composition and sensory properties of Brazilian sugarcane spirits (cachaças). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 24, n. 6, p. 973–982, 2013.

SCHWARZ, M.; RODRÍGUEZ, M. C.; SÁNCHEZ, M.; GUILLÉN, D. A.; BARROSO, C. G. Development of an accelerated aging method for Brandy. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, n. 1, p. 108–114, 1 nov. 2014.

SEBRAE. **Conheça o histórico da apicultura no Brasil**, 22 out. 2015.

SELEME, E.P. *Amburana in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22781>>. Acesso em: 04 dez. 2023.

SIBBR - **Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira**. Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil e Lista da Flora do Brasil 2020: *Amburana cearensis*. Disponível em: <<https://portal-espacial.sibbr.gov.br/spatial-hub/?q=lsid:300938>>. Acesso em: 21 ago. 2024.

SIBBR - **Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira**. Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil e Lista da Flora do Brasil 2020: *Cordia oncocalyx*. Disponível em: <<https://ala-bie.sibbr.gov.br/ala-bie/species/299792>>. Acesso em: 21 ago. 2024.

SIBBR - **Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira**. Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil e Lista da Flora do Brasil 2020: *Myracrodruon urundeuva*. Disponível em: <<https://ala-bie.sibbr.gov.br/ala-bie/species/369879>>. Acesso em: 21 ago. 2024.

SILVA, L. L. S.; ARAUJO, I. M. S.; COSTA, P. M. O; OLIVEIRA, A. P. S.; OLIVEIRA, A. P.; SANTOS, A. D. C.; DUTRA, L. M.; ALMEIRDA, J. R. G. S.; COLEHO, L. C. B. B.; SOUZA-MOTTA, C. M.; NAPOLEÃO, T. H. Evaluation of the use of *Myracrodruon urundeuva* heartwood extracts to protect *Moringa oleifera* seeds against *Nasutitermes corniger* attack and improve sanity. **Suid-Afrikaanse tydskrif vir plantkunde [South African journal of botany]**, v. 129, n. 1, p. 423–428, 2020.

SILVA, F. A.; MORAIS, K. C. R. C.; RIBEIRO, K. O.; GARCIA, L. G. C.; CALIARI, M. Evolution of the content of phenolic compounds, antioxidant activity and color in organic sugarcane spirit aged in barrels of different woods. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, p. 1-16, 31 mar. 2020a.

SILVA, M. S.; ROCHA FILHO, L. K. A.; CARVALHO, P. H. G. Produção e processamento de aguardente de mel. In: SILVA, M. S.; PEREIRA, J. O. P.; SANTANA, W. C (Org.). **Produtos fermentados derivados do mel: hidromel, vinagre e aguardente**. Rio de Janeiro: Telha, 196 p. 2021.

SILVA-LUZ, C.L.; PIRANI, J.R.; PELL, S.K.; MITCHELL, J.D. *Anacardiaceae in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em:<<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB4394>>. Acesso em: 02 dez. 2023.

SOUSA, F. D. D.; ALMEIDA, V. E.; FONTES, M. M.; ARAÚJO, M. C. U.; VÉRAS, G.; DINIZ, P. H. G. D. Simultaneous identification of the wood types in aged cachaças and their adulterations with wood extracts using digital images and SPA-LDA. **Food chemistry**, v. 273, n. 1, p. 77–84, 2019.

SOUZA, E. G. T.; MUNIZ E SILVA, M. M. A.; DA SILVA, V. P.; DE SOUSA GALVÃO, M.; DOS SANTOS LIMA, M.; DA SILVA, J. A.; MADRUGA, M. S.; MUNIZ, M. B.; BEZERRA, T. K. A. Accelerated aging of Brazilian sugarcane spirit: Impact of wood chips reuse on the phenolic and volatile profile of the beverage. **Food Chemistry**, v. 476, p. 1-14, 1 jun. 2025.

SILVA, J. H. D. N.; VERRUMA-BERNARDI, M. R.; DE SOUZA BELLUCO, A. E.; DANIELA, S.; DE MEDEIROS, S.; LOPES DE OLIVEIRA, A. Volatile compounds in cachaças obtained from three sugarcane varieties cultivated under the managements: organic, conventional and without fertilization. **Quim. Nova**, v. 43, n. 9, p. 1227–1233, 2020.

STAPF, M.N.S. *Cordia in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em:<<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB127463>>. Acesso em: 02 dez. 2023.

SUN, J.; AL-ANSI, W.; XUE, L.; FAN, M.; LI, Y.; QIAN, H.; FAN, L.; WANG, L. Unraveling the complex nexus: Interplay of volatile compounds, free amino acids, and metabolites in oat solid state fermentation. **Journal of Chromatography B**, v. 1241, p. 1-12, 1 jul. 2024.

StatSoft, Inc. **Statistica: data analysis software system**, version 10.0. Tulsa: StatSoft, 2011.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: ed. UFSC, 180p. 1987.

TAMAYO-SÁNCHEZ, J. C.; MEZA-GONZÁLEZ, D. A.; WARREN-VEGA, W. M.; ZÁRATE-GUZMÁN, A. I.; ROMERO-CANO, L. A. Avanços no desenvolvimento de bebidas alcoólicas coloridas sob medida com base em um processo acelerado de maturação. **Food research international** (Ottawa, Ont.), v. 169, n. 1, p. 1-7, 2023.

TRILLO-OLLERO, R.; TRILLO-GUTIÉRREZ, L. M.; GARCÍA-MORENO, M. V.; RODRÍGUEZ-DODERO, M. C.; GUILLÉN-SÁNCHEZ, D. A. Applying kinetic models to the study of the influence of wood contact surface area/volume ratio on the ageing of Brandy de Jerez. **Current Research in Food Science**, v. 9, p. 100900, 1 jan. 2024.

UZUNCA, H.; ÇELEMLİ, Ö. G.; BIYIKLIOĞLU, O.; KARABİCAK, S.; ÇETER, T. Characterisation of Kastamonu honeys by palynological and physicochemical methods. **Grana**, v. 62, n. 3, p. 192–205, 2023.

VASCONCELOS, J. N. C.; BRITO, A. L.; PINHEIRO, A. L.; PINTO, D. I. J. G. C.; ALMEIDA, J. R. G. S.; SOARES, T. L.; SANTANA, J. R. F. Stimulation of 6-benzylaminopurine and meta-topolin-induced in vitro shoot organogenesis and production of flavonoids of *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith). **Biocatalysis and agricultural biotechnology**, v. 22, n. 1, p. 1-9, 2019.

VERAS, B. O.; MOURA, G. M. M.; BARROS, A. V.; SILVA, V. M.; ASSIS, P. A. C.; AGUIAR, J. C. R. O. F.; NAVARRO, D. M. A. F.; XIMENES, R. M.; WANDERLEY, A. G.; OLIVEIRA, M. B. M.; LOPES, A. C. S. Antinociceptive and anti-inflammatory activities of essential oil of the leaves of *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. from the semi-arid region of Northeastern Brazil. **Journal of ethnopharmacology**, v. 317, n. 1, p. 1-13, 2023.

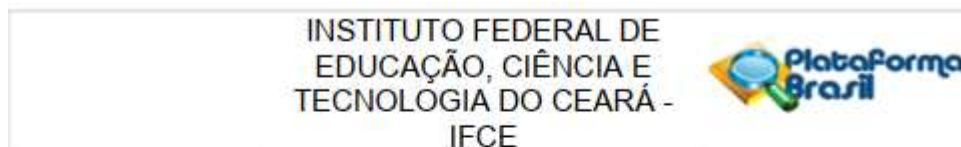
VILELA, A. F.; OLIVEIRA, L. S. C.; MUNIZ, M. B.; MÉLO, B. C. A.; FIGUEIREDO, M. J.; VIEIRA NETO, J. de M. Assessment of sensory and physical-chemical quality, and potential for certification of cachaças from the state of Paraíba, Brazil. **Food Science and Technology**, v. 41, n. 3, p. 661–668, 2021.

XIANG, X.-F.; LAN, Y.-B.; GAO, X.-T.; XIE, H.; AN, Z.-Y.; LV, Z.-H.; YIN, S.; DUAN, C.-Q.; WU, G.-F. Characterization of odor-active compounds in the head, heart, and tail fractions of freshly distilled spirit from Spine grape (*Vitis davidii* Foex) wine by gas chromatography-olfactometry and gas chromatography-mass spectrometry. **Food research international** (Ottawa, Ont.), v. 137, n. 1, p. 1-11, 2020.

YAN, T.; LIUM Z., ZHAO, M.; TANG, X.; TAN, H.; XU, Z.; SHEN, Y.; HO, C. T. Chemical characterization and sensory properties of apple brandies aged with different toasted oak chips and ultra-high-pressure treatments. **Food chemistry**, v. 442, n. 1, p. 1-8, 2024.

ZHU, W.; FANG, X.; WANG, W.; XU, W.; CHEN, W.; WU, S.; HUANG, Y.; WANG, S. Aroma effects of critical volatile compounds during thermophilic bacteria pile-fermentation in dark tea using gas chromatography mass spectrometry and odor activity value. **Food Science and Technology**, v. 42, p. 1-8, 14 out. 2022.

APENDICE A – Parecer para realização da análise sensorial das aguardentes branca, aromatiza e *blends*



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: PROPOSTA DE AGREGAÇÃO DE VALOR À CAATINGA: AROMATIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE MEL COM PLANTAS NATIVAS

Pesquisador: JOSE LEITAO SENA LIMA FILHO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 84132024.9.0000.5589

Instituição Proponente: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Campus Limoeiro

Patrocinador Principal: CENTRO FEDERAL DE EDUCACAO TECNOLOGICA DO CEARA

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.276.834

Apresentação do Projeto:

A aguardente de mel é uma bebida destilada produzida a partir do mosto de mel, cuja produção ainda é pouco disseminada no Brasil, mas com potencial econômico por meio do mel industrial como alternativa viável para o aproveitamento do mel originando um subproduto e balanceamento da renda dos produtores. A utilização de madeiras na maturação de destilados é uma prática comum na indústria de bebidas, conferindo características sensoriais únicas. No entanto, dado o longo tempo para a maturação em barril, o uso de lascas torna a maturação mais eficiente, modernizando e agregando valor à produção de destilados. Diante da relevante produção de mel na região do Vale do Jaguaribe e da ampla biodiversidade do bioma Caatinga, este estudo teve como objetivo desenvolver uma aguardente de mel inovadora, aromatizada com plantas nativas, por meio da adição de lascas de Aroeira, Pau branco e Cumaru em diferentes concentrações. As matérias-primas foram obtidas no município de Limoeiro do Norte (CE). Durante o processo produtivo, serão realizadas análises físico-químicas para garantir o cumprimento dos parâmetros legais vigentes para aguardente. Posteriormente, a avaliação sensorial será realizada utilizando uma escala

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

UF: CE

Município: FORTALEZA

CEP: 60.410-426

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br

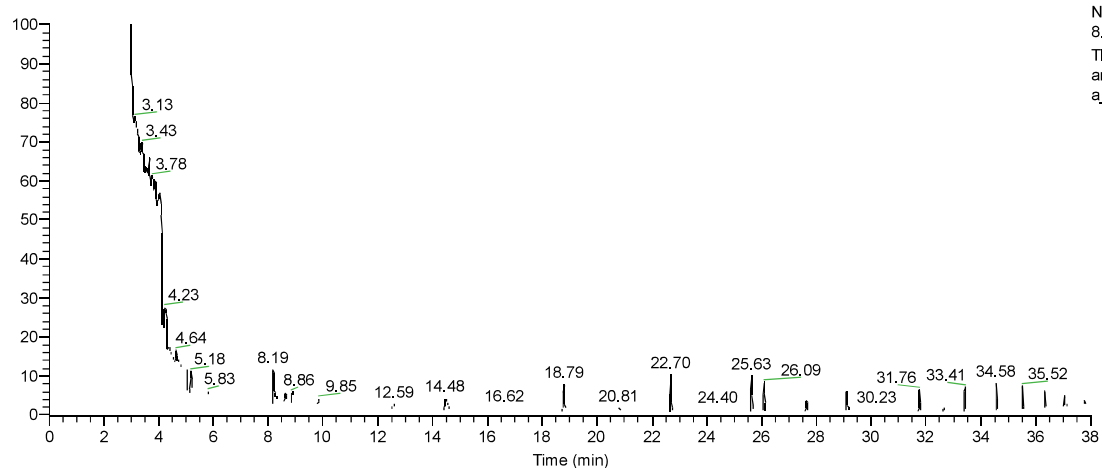
APENDICE B – Cromatogramas da análise de voláteis

CROMATOGRAMA DA AMOSTRA AGUARDENTE DE MEL BRANCA

C:\Xcalibur\...\am_cachaca_branco

2/14/2025 11:22:56 AM

RT: 0,00 - 38,02



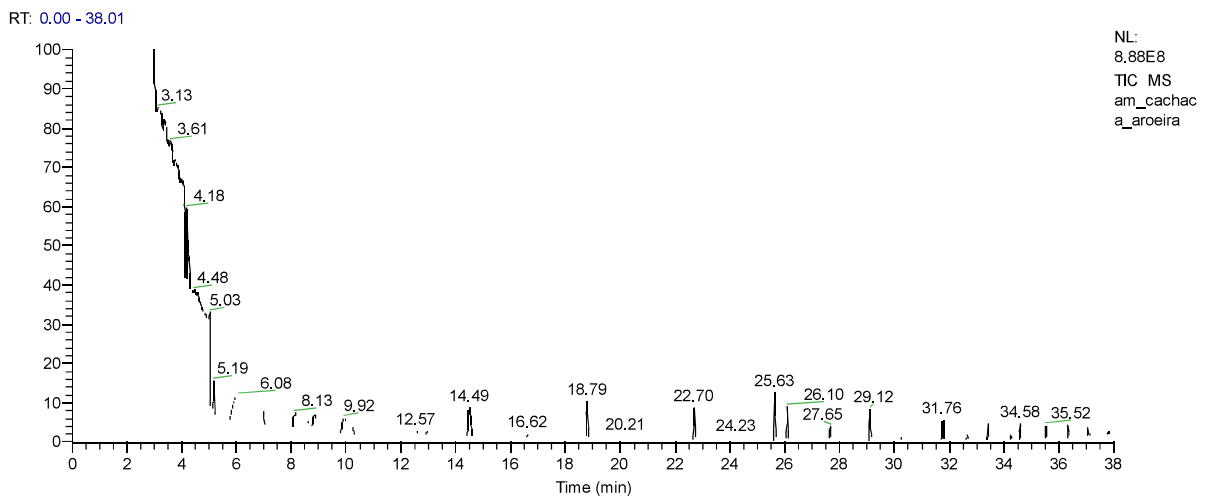
NL:
8.44E8
TIC MS
am_cachac
a_branco

NOME	Fórmula	TR	PROBABILIDADE	CAS	%AREA
Dimethylether	C2H6O	3,43	50,94	115-10-6	2,21
4-Methoxy-benzaldehyde oxime	C8H9NO2	4,37	70,07	3717-22-4	45,12
Benzaldehyde	C7H6O	8,86	52,46	100-52-7	4,02

CROMATOGRAMA DA AMOSTRA DA AGUARDENTE AROMATIZA COM AROEIRA

C:\Xcalibur\...\am_cachaca_aroeria

2/26/2025 9:56:04 AM



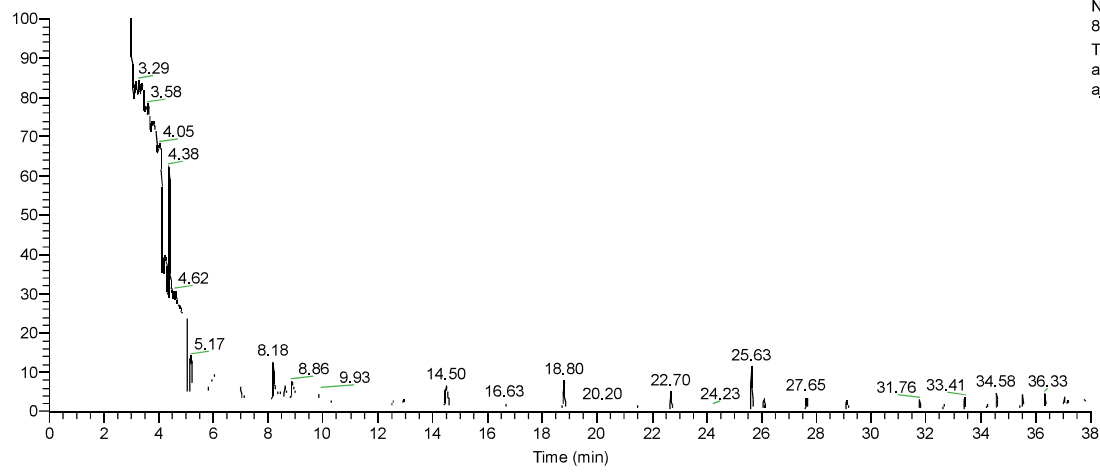
NOME	Fórmula	TR	PROBABILIDADE	CAS	%AREA
Linalool oxide	C10H18O2	8,13	54,67	60047-17-8	2,22
Benzaldehyde	C13H22O3	8,85	54,61	100-52-7	0,57

CROMATOGRAMA DA AMOSTRA DA AGUARDENTE AROMATIZA COM CUMARU

C:\Xcalibur\...lam_cachaca_cumaru

2/14/2025 2:41:29 PM

RT: 0.00 - 38.02



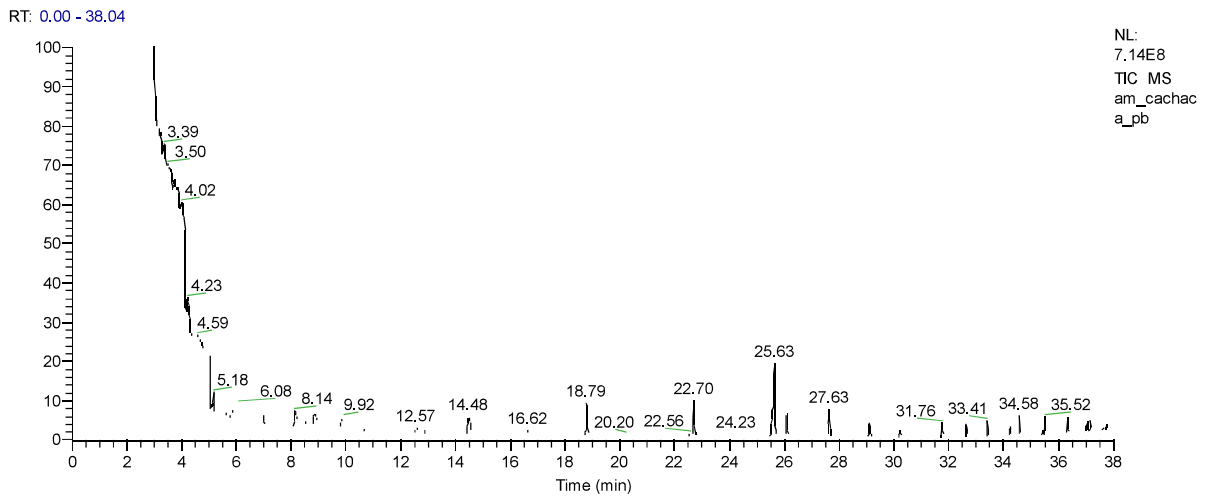
NL:
8.79E8
TIC MS
am_cachac
a_cumaru

NOME	Fórmula	TR	PROBABILIDADE	CAS	%AREA
Benzaldehyde	C13H22O3Si2	8,86	50,01	56114-69-3	1,96

CROMATOGRAMA DA AMOSTRA DA AGUARDENTE AROMATIZA COM PAU
BRANCO

C:\Xcalibur\...\am_cachaca_pb

2/11/2025 1:55:20 PM



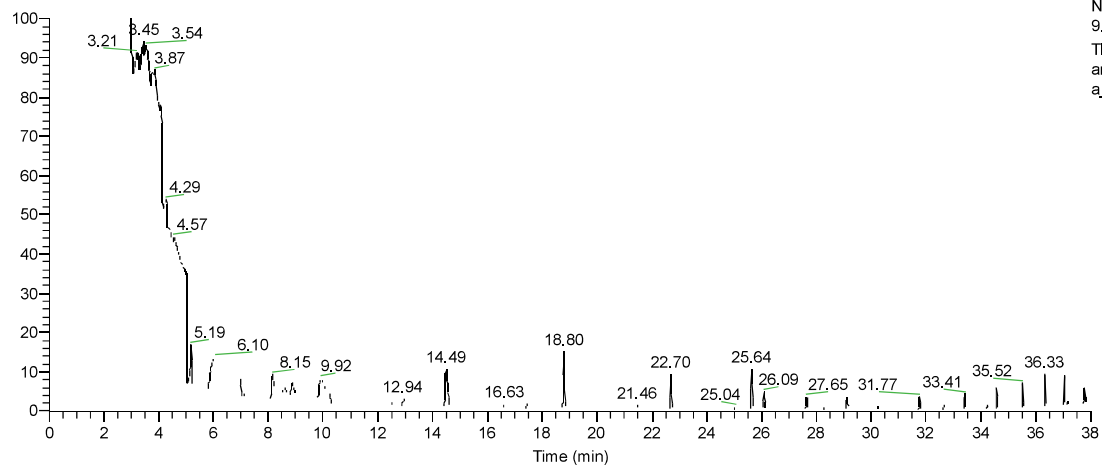
NOME	Fórmula	TR	PROBABILIDADE	CAS	%AREA
3,23	51,31	C2H6O	Ethylalcohol	64-17-5	1,25

CROMATOGRAMA DA AMOSTRA DA AGUARDENTE AROMATIZA COM CUMARU + AROEIRA

C:\Xcalibur\...\am_cachaca_c+aroeira

2/26/2025 11:30:49 AM

RT: 0.00 - 38.02



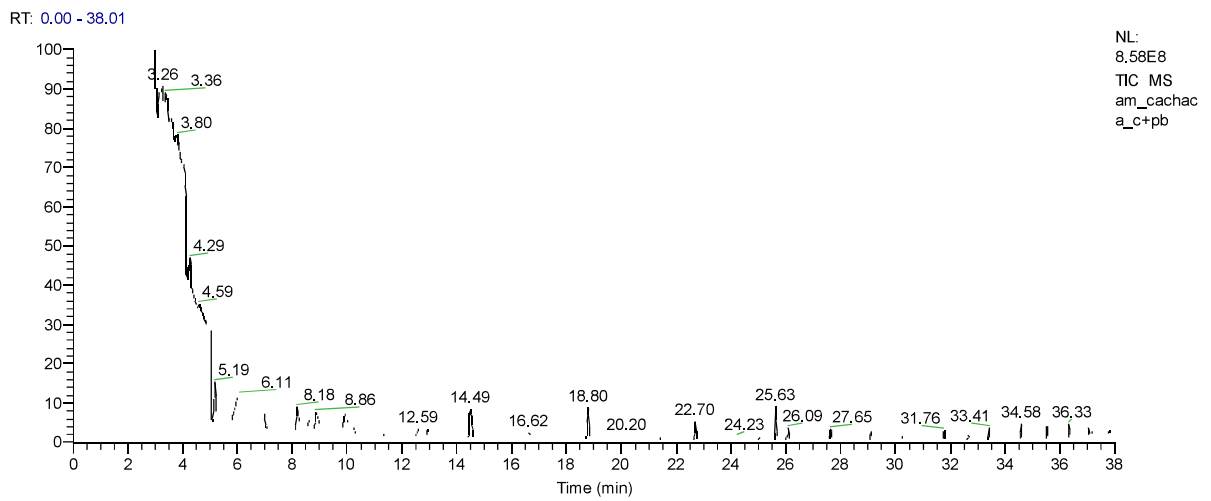
NL:
9.91E8
TIC MS
am_cachac
a_c+aroeira

NOME	Fórmula	TR	PROBABILIDADE	CAS	%AREA
4,29	52,1	C2H6O	Ethylalcohol	64-17-5	1,15
8,15	54,03	C10H18O2	Linalool oxide	60047-17-8	2,49

CROMATOGRAMA DA AMOSTRA DA AGUARDENTE AROMATIZA COM CUMARU + PAU BRANCO

C:\Xcalibur\...\am_cachaca_c+pb

2/14/2025 3:25:49 PM



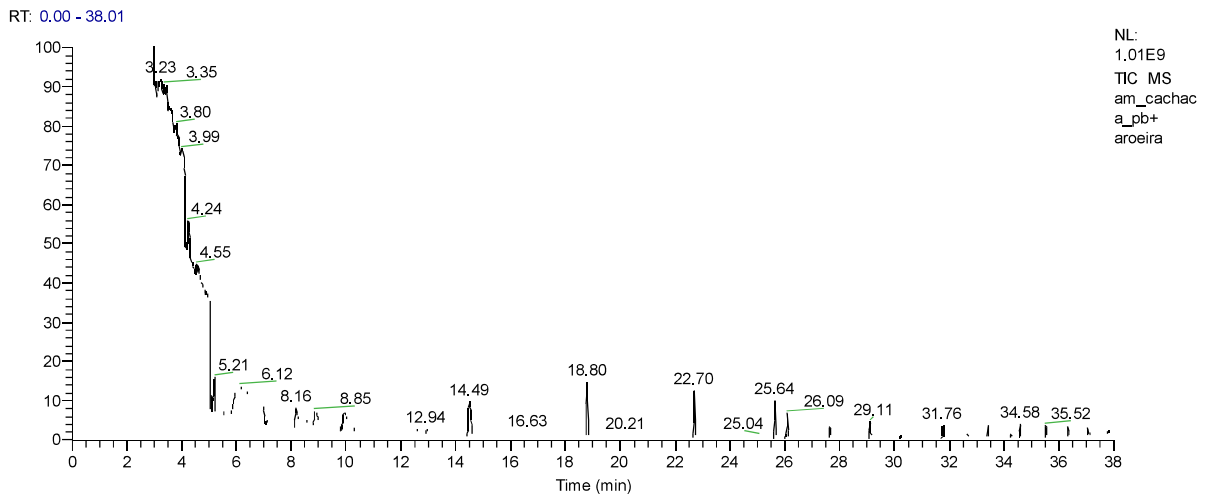
NOME	Fórmula	TR	PROBABILIDADE	CAS	%AREA
11,37	55,41	C20H21NO4	Isoquinoline	11,37	0,42

CROMATOGRAMA DA AMOSTRA DA AGUARDENTE AROMATIZA COM CUMARU
+ PAU BRANCO + AROEIRA

CROMATOGRAMA DA AMOSTRA DA AGUARDENTE AROMATIZA COM PAU
BRANCO + AROEIRA

C:\Xcalibur\...\am_cachaca_pb+aroeira

2/26/2025 10:39:14 AM



NOME	Fórmula	TR	PROBABILIDADE	CAS	%AREA
EthylAcohol	C2H6O	3,06	79,3	64-17-5	0,2

APENDICE C – Ficha da análise sensorial



FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL

PROPOSTA DE AGREGAÇÃO DE VALOR À CAATINGA: AROMATIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE MEL COM PLANTAS NATIVAS

Nome: _____

Provedor: _____ Data: / /

Gênero: () Masculino () Feminino () Outro

Escolaridade: () Não estudou () Fundamental incompleto () Fundamental () Médio incompleto

() Médio () Superior incompleto () Superior () Especialização () Mestrado incompleto

() Mestrado () Doutorado incompleto () Doutorado

Faixa Etária: () 18-29 anos () 30-39 anos () 40-49 anos () 50-59 anos

Você consome aguardente?

() Sim.

() Não.

Com que frequência você consome aguardente?

() Sempre (quase todo dia).

() Muito (pelo menos 4 vezes por semana).

() Moderado (pelo menos 2 vezes por semana).

() Pouco (1 vez por mês).

() Quase nunca (menos de uma vez por mês).

O que lhe motivaria a comprar aguardente de mel?

() Sabores.

() Novo produto.

() Aguardente ouro.

() Aguardente prata.

() Aguardente envelhecida.

() Aguardente acondicionada.

() Não sabe informar.

() Outros.

Você já ouviu falar de aguardente de mel?

() Sim.

() Não.

Já provou a bebida aguardente de mel?

() Sim.

() Não.

Se sim, o que achou?

() Gostou.

() Não gostou.

Compraria aguardente de mel aromatizada para consumo próprio?

() Sim.

() Não.

() Talvez.

AMOSTRA: _____

1. Você recebeu uma amostra de aguardente de mel. **OBSERVE-A** e avalie quanto a sua **COR**:

1.2. Abaixo estão listados vários termos descritores de cor. **OBSERVE** a amostra e marque o **SIM** ou **NÃO** nos termos que a **CHARACTERIZAM**:

Descritores	Sim	Não
Transparente	()	()
Vermelho escuro	()	()
Dourado escuro	()	()
Castanho	()	()
Outros:		

2. Faça movimentos circulares com o copo e aproxime do nariz, sinta o cheiro da aguardente de mel e avalie o **AROMA**:

2.2. Abaixo estão listados vários termos descritores de aroma. **OBSERVE** a amostra e marque **SIM** ou **NÃO** nos termos que a **CHARACTERIZAM**:

Descritores	Sim	Não
Aroma Floral	()	()
Aroma Amadeirado	()	()
Aroma Fresco	()	()
Aroma Seco	()	()
Aroma de Doce	()	()
Aroma de Pungente	()	()
Outros:		

3. Prove a aguardente e avalie o **SABOR**:

3.2) Abaixo estão listados vários termos descritores de sabor. **OBSERVE** a amostra e marque o **SIM** ou **Não** nos termos que a **CHARACTERIZAM**.

Descritores	Sim	Não
Gosto doce	()	()
Gosto ácido	()	()
Gosto amargo	()	()
Sabor frutado	()	()
Sabor adstringente	()	()
Sabor de fenólico	()	()
Sabor de floral	()	()
Sabor de sulfuroso	()	()
Sabor alcoólico	()	()
Sabor amadeirado	()	()
Sabor desagradável	()	()

Outros:

4. Você recebeu quatro copos de aguardente mel, para avaliar a aparência, aroma, cor, textura, sabor e impressão global, com o uso da escala abaixo.

4.2) Abaixo estão listados vários termos descritores de aparência, aroma, cor, sabor e impressão global. **OBSERVE** a amostra e marque os termos que a **CHARACTERIZAM**.

Aparência	()
Aroma	()
Cor	()
Sabor	()
Impressão Global	()

9 – Gostei MUITÍSSIMO	4 – Desgostei Ligeiramente
8 – Gostei Muito	3 – Desgostei Moderadamente
7 – Gostei Moderadamente	2 – Desgostei Muito
6 – Gostei Ligeiramente	1 – Desgostei MUITÍSSIMO
5 – Nem Gostei/Nem Desgostei	

5. De maneira geral, indique sua intenção de compra abaixo:

5.1) Caso você encontrasse essa bebida no mercado, qual seria sua **INTENÇÃO DE COMPRA**?

Certamente compraria	()
Provavelmente compraria	()
Talvez comprasse/talvez não comprasse	()
Provavelmente não compraria	()
Certamente não compraria	()

APENDICE D – Evolução do índice de escurecimento IE observada em amostras de Aroeira, Cumaru e Pau Branco em diversos tempos de Extração

Código	IE (índice de escurecimento)
AT0	$9,86 \pm 0,00^n$
AT1	$76,01 \pm 0,22^i$
AT2	$105,74 \pm 0,05^h$
AT3	$207,45 \pm 0,12^e$
AT4	$223,84 \pm 0,24^b$
AT5	$165,73 \pm 0,31^g$
CT0	$7,66 \pm 0,03^o$
CT1	$206,28 \pm 0,81^f$
CT2	$215,12 \pm 0,15^d$
CT3	$222,50 \pm 0,11^c$
CT4	$232,14 \pm 0,11^a$
CT5	$231,89 \pm 0,28^a$
PBT0	$6,45 \pm 0,08^p$
PBT1	$25,52 \pm 0,05^m$
PBT2	$27,31 \pm 0,01^l$
PBT3	$28,04 \pm 0,02^k$
PBT4	$28,86 \pm 0,03^j$
PBT5	$28,08 \pm 0,06^k$

A – Aroeira; C – Cumaru; PB - Pau Branco; B – aguardente branca (sem aromatização); PB + A – pau branco + aroeira; PB + C – pau branco + cumaru; C + A – cumaru + aroeira; A + PB + C – aroeira + pau branco + cumaru. Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna, indicam diferença significativa de acordo com análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$).

APENDICE E – Frequência da intenção de compra para as aguardentes

Amostras	Aparência	Aroma	Cor	Sabor	Impressão global
B	7,00 ± 1,63 ^{a,b}	6,94 ± 2,02 ^a	6,87 ± 1,70 ^{a,b}	6,19 ± 1,51 ^a	6,19 ± 1,60 ^a
P	7,31 ± 1,45 ^{a,b}	7,62 ± 1,20 ^a	7,62 ± 1,40 ^{a,b}	6,56 ± 2,00 ^a	6,94 ± 2,11 ^a
C	8,06 ± 1,12 ^a	7,62 ± 1,26 ^a	8,19 ± 1,22 ^a	6,94 ± 1,84 ^a	7,44 ± 1,50 ^a
A	7,19 ± 1,47 ^{a,b}	7,38 ± 1,45 ^a	6,94 ± 1,49 ^{a,b}	6,12 ± 2,25 ^a	6,44 ± 1,59 ^a
PB+C	8,19 ± 0,98 ^a	8,06 ± 1,24 ^a	8,31 ± 0,95 ^a	6,94 ± 1,61 ^a	7,56 ± 1,21 ^a
PB+A	6,50 ± 1,50 ^b	7,19 ± 1,17 ^a	6,31 ± 1,45 ^b	6,12 ± 1,82 ^a	6,37 ± 1,50 ^a
C+A	7,12 ± 1,36 ^{a,b}	7,56 ± 1,03 ^a	6,75 ± 1,77 ^{a,b}	6,87 ± 1,82 ^a	6,94 ± 1,73 ^a
Pb+A+C	7,37 ± 1,15 ^{a,b}	7,50 ± 1,26 ^a	7,31 ± 1,40 ^{a,b}	7,06 ± 1,29 ^a	7,12 ± 1,15 ^a

B- aguardente branca (sem lascas) A – Aroeira; C – Cumarú; PB - Pau Branco; B – aguardente branca (sem aromatização); PB + A – pau branco + aroeira; PB + C – pau branco + cumarú; C + A – cumarú + aroeira; A + PB + C – aroeira + pau branco + cumarú. Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna, indicam diferença significativa de acordo com análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$).

APENDICE F – Questionário de seleção de avaliadores

08/06/2025, 13:26

PROPOSTA DE AGREGAÇÃO DE VALOR À CAATINGA: AROMATIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE MEL COM PLANTAS NA...

PROPOSTA DE AGREGAÇÃO DE VALOR À CAATINGA: AROMATIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE MEL COM PLANTAS NATIVAS

O presente questionário tem o objetivo de selecionar avaliadores para caracterização de aguardente aromatizada de forma alternativa desenvolvida por um projeto acadêmico de alunos do IFCE, campus Limoeiro do Norte. Se você deseja participar do estudo, por favor, preencha esse formulário. Todas as informações dadas por você serão analisadas juntamente com a de outros participantes de forma estatística e em nenhum momento será revelado ou utilizado nenhum dado relacionado a um indivíduo específico. Em caso de dúvida ou informações adicionais entrar em contato com Eduardo Freitas [REDACTED]

[REDACTED] José Filho [REDACTED] ou Mayara Salgado [REDACTED]

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Nome *

2. Telefone *

3. E-mail: *

4. Sexo *

Marcar apenas uma oval.

☐ Feminino

☐ Masculino

5. Grau de instrução (escolaridade) *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Ensino fundamental
- ☐ Ensino médio
- ☐ Graduação
- ☐ Pós-graduação

6. Horários e dias da semana NÃO disponíveis para os testes: *

7. Especifique e explique os alimentos que você não pode comer ou beber por razões de saúde. *

8. Você se encontra em dieta por razões de saúde? Em caso positivo, explique, por favor. *

08/09/2025, 13:26

PROPOSTA DE AGREGAÇÃO DE VALOR À CAATINGA: AROMATIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE MEL COM PLANTAS NA...

9. Você está tomando alguma medicação que poderia influir em sua capacidade de perceber odores e sabores? Em caso positivo, explique, por favor. *

10. Você possui alguma restrição que impeçam o consumo de bebidas alcoólicas destiladas? *

11. Você gosta de beber bebidas alcoólicas destiladas? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não

12. Há quanto tempo você consome bebidas alcoólicas destiladas (anos)? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 1-5
☐ 6-10
☐ 11-15
☐ 16-20
☐ > 20

08/06/2025, 13:26

PROPOSTA DE AGREGAÇÃO DE VALOR À CAATINGA: AROMATIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE MEL COM PLANTAS NA...

13. **Ordene** as bebidas a seguir de acordo com a sua preferência, sendo o número 1 a mais preferida e o número 5 a menos preferida: *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Cachaça	☐	☐	☐	☐	☐
Cachaça Envelhecida	☐	☐	☐	☐	☐
Vodka	☐	☐	☐	☐	☐
Whisky	☐	☐	☐	☐	☐
Rum	☐	☐	☐	☐	☐

14. O que lhe atrai em uma bebida alcoólica destilada? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Preço
☐ Marca
☐ Tipo
☐ Origem
☐ Qualidade
☐ Teor Alcoólico
☐ Outro: _____

15. Com que frequência você costuma consumir bebidas destiladas? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Diariamente
☐ 2 a 4 vezes por semana
☐ Semanalmente
☐ Quizenalmente
☐ Mensalmente
☐ Semestralmente

08/06/2025, 13:26

PROPOSTA DE AGREGAÇÃO DE VALOR À CAATINGA: AROMATIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE MEL COM PLANTAS NA...

16. Você sabe o que é uma bebida destilada envelhecida? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

17. Você costuma reconhecer diferenças entre bebidas destiladas convencionais e bebidas destiladas envelhecidas? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

18. Se sim, qual(is)?

APENDICE G – Parâmetros CIELab das aguardentes de mel adicionadas de diferentes tipos de lascas ao longo do tempo

Código	<i>L</i>*	<i>a</i>*	<i>b</i>*	<i>C</i>*	<i>h</i>*(°)
AT0	74,92 ± 0,00 ^c	-2,47 ± 0,00 ^p	8,90 ± 0,00 ⁿ	9,23 ± 0,00 ^o	105,55 ± 0,00 ^c
AT1	69,02 ± 0,05 ^h	-1,682 ± 0,06 ⁿ	38,77 ± 0,02 ^g	38,80 ± 0,02 ⁱ	92,48 ± 0,10 ^d
AT2	67,70 ± 0,01 ⁱ	-0,62 ± 0,01 ^m	46,78 ± 0,01 ^f	46,78 ± 0,01 ^g	90,76 ± 0,01 ^e
AT3	57,82 ± 0,00 ^o	10,42 ± 0,02 ^c	55,90 ± 0,02 ^e	56,87 ± 0,02 ^f	79,44 ± 0,02 ^m
AT4	39,68 ± 0,02 ^p	25,42 ± 0,02 ^b	37,20 ± 0,03 ^h	45,05 ± 0,01 ^h	55,66 ± 0,05 ⁿ
AT5	30,46 ± 0,02 ^q	29,21 ± 0,01 ^a	20,48 ± 0,02 ⁱ	35,68 ± 0,01 ^j	35,04 ± 0,04 ^o
CT0	75,35 ± 0,02 ^b	-2,377 ± 0,02 ^o	7,34 ± 0,02 ^o	7,72 ± 0,02 ^p	107,93 ± 0,15 ^a
CT1	64,22 ± 0,04 ^k	4,54 ± 0,06 ^h	63,11 ± 0,15 ^c	63,27 ± 0,15 ^d	85,89 ± 0,05 ^g
CT2	66,35 ± 0,02 ^j	6,03 ± 0,02 ^g	66,34 ± 0,00 ^a	66,61 ± 0,00 ^a	84,80 ± 0,01 ⁱ
CT3	64,12 ± 0,00 ^l	7,87 ± 0,01 ^f	64,86 ± 0,01 ^b	65,33 ± 0,02 ^b	83,08 ± 0,01 ^j
CT4	61,37 ± 0,00 ^m	9,32 ± 0,01 ^e	63,11 ± 0,02 ^c	63,80 ± 0,02 ^c	81,60 ± 0,01 ^k
CT5	60,71 ± 0,03 ⁿ	9,70 ± 0,03 ^d	62,34 ± 0,00 ^d	63,10 ± 0,01 ^e	81,16 ± 0,03 ^l
PBT0	75,84 ± 0,00 ^a	-1,77 ± 0,05 ⁿ	6,10 ± 0,09 ^p	6,38 ± 0,10 ^q	106,17 ± 0,24 ^b
PBT1	70,55 ± 0,01 ^d	0,99 ± 0,00 ^l	15,63 ± 0,02 ^m	15,67 ± 0,03 ⁿ	86,38 ± 0,01 ^{f,h}
PBT2	70,22 ± 0,03 ^e	1,22 ± 0,03 ^j	16,41 ± 0,03 ^l	16,46 ± 0,03 ^m	85,76 ± 0,13 ^g
PBT3	70,00 ± 0,01 ^f	1,10 ± 0,01 ^k	16,82 ± 0,00 ^k	16,86 ± 0,01 ^l	86,24 ± 0,04 ^f
PBT4	69,77 ± 0,00 ^g	1,33 ± 0,04 ⁱ	17,08 ± 0,02 ^j	17,13 ± 0,02 ^k	85,55 ± 0,13 ^h
PBT5	70,27 ± 0,02 ^e	1,25 ± 0,03 ^{i,j}	16,83 ± 0,03 ^k	16,87 ± 0,03 ^l	85,76 ± 0,10 ^{g,h}

Valores médios dos parâmetros de cor *L**, *a**, *b**, *C**, e *h** (°) para amostras de aguardente de mel aromatizada com Aroeira (A), Cumaru (C) e Pau Branco (PB) em diferentes tempos de amostragem T1 (24 horas), T2 (48 horas), T3 (72 horas), T4 (96 horas) e T5 (120 horas). Letras diferentes dentro da mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível 5% de significância ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autor (2025).

APENDICE H – Evolução dos Fenólicos totais das aguardentes de mel adicionadas de diferentes tipos de lascas ao longo do tempo

