



ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DA CACHAÇA DURANTE O ENVELHECIMENTO EM BARRIS UTILIZADOS EM VINHO

Wilton A. Santos¹; Maria G. Cardoso¹; Wilder D. Santiago¹; Antonia I. Fernandes¹; Danubia A. C. S. Rezende¹; Sofia F. Vitta²; Adelir A. Saczk¹

¹ Universidade Federal de Lavras, Departamento de Química/Instituto de Ciências Naturais, Lavras, Minas Gerais, Brasil, 37200-000

² Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia, Lavras, Minas Gerais, Brasil, 37200-000

*e-mail: mcardoso@ufla.br

Palavras-Chave: Envelhecimento da cachaça, Compostos voláteis, Barris reutilizados

Introdução

A cachaça é uma bebida genuinamente brasileira, obtida a partir da destilação do mosto fermentado da cana-de-açúcar crua. De acordo com a **Portaria nº 539, de 2022**, a graduação alcoólica da cachaça deve estar entre 38 e 48% (v/v) a 20 °C. Após as etapas de fermentação e destilação, a bebida pode ser comercializada ou submetida ao envelhecimento em recipientes de madeira com capacidade máxima de 700 L (Brasil, 2022).

O envelhecimento constitui uma etapa importante para o desenvolvimento das características sensoriais e químicas de bebidas destiladas, como cachaça, uísque e conhaque, promovendo alterações na coloração, no aroma e no sabor, além de contribuir para maior complexidade e valor agregado ao produto (Bortoletto et al., 2016; da Silva Cruz et al., 2020). Durante esse processo, ocorre uma interação contínua entre a bebida e a madeira do recipiente, favorecendo a extração e a transformação de diferentes compostos presentes na matriz vegetal. Como consequência, compostos fenólicos e voláteis provenientes da madeira podem ser incorporados à bebida, contribuindo para a formação de características típicas dos destilados envelhecidos (Silvello et al., 2021). Além da extração de compostos da madeira, o envelhecimento envolve diferentes transformações químicas, incluindo reações de oxidação, esterificação e hidrólise, capazes de modificar a composição da bebida ao longo do tempo (Perestrelo et al., 2020).

Entre os principais componentes que podem sofrer alterações estão os álcoois superiores, ésteres e ácidos orgânicos, compostos que apresentam importante influência sobre o perfil aromático e gustativo das bebidas destiladas. Os álcoois superiores, por exemplo, são formados principalmente durante a fermentação e podem participar de diferentes reações ao longo do envelhecimento, enquanto os ésteres podem ser formados por reações de esterificação entre álcoois e ácidos orgânicos, contribuindo para características frutadas e florais. Os ácidos, por sua vez, podem apresentar alterações decorrentes de processos oxidativos e participar de



reações de esterificação, influenciando tanto a composição química quanto as características sensoriais da bebida (Cardoso, 2026; Santiago et al., 2014).

O envelhecimento é uma prática que modifica as características químicas e sensoriais da bebida, adicionando cores, sabores e aromas. O carvalho é a espécie tradicionalmente utilizada em todo o mundo para o envelhecimento de bebidas destiladas (Castro et al., 2020; Santos et al., 2025). No entanto, o carvalho é nativo do hemisfério norte, o que torna seu uso difícil e caro no Brasil (Rodrigues et al., 2020).

A utilização de barris previamente empregados no armazenamento de outras bebidas representa uma alternativa interessante para o envelhecimento da cachaça, uma vez que esses recipientes podem apresentar compostos residuais capazes de interagir com a bebida e modificar sua composição química. Entretanto, as alterações promovidas durante esse processo dependem das características do barril, da bebida e do tempo de contato, sendo importante compreender a evolução dos compostos presentes na cachaça ao longo do período de envelhecimento.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações na composição de compostos voláteis de cachaça, com ênfase nos álcoois superiores, ésteres e ácidos, durante o envelhecimento em barris previamente utilizados para armazenamento de vinho.

Material e Métodos

A cachaça analisada foi produzida na Indústria Engarrafadora Estiva Ltda. Situada no distrito de Abreus/Alto rio Doce/MG, safra de 2024, com graduação alcoólica 45,23% v/v a 20 °C, sendo as amostras utilizadas do mesmo lote. Toda parte experimental ocorreu no espaço da destilaria e os períodos de coleta foram a cada 6 meses, totalizando duas coletas. A cachaça recém-distilada utilizada no experimento foi analisada antes do início do processo de envelhecimento.

Foram utilizados quatro barris de madeira carvalho com volume de 200 L, sendo: A, B, C, D, e a cachaça recém destilada (Controle).

Foram coletadas amostras de 1L em intervalos regulares de 0, 6 e 12 meses. Todas as amostras foram armazenadas em frascos de vidro e levados ao laboratório para as análises físico-químicas, realizadas seguindo os parâmetros estabelecidos pela Instrução Normativa nº 13, de 29/06/2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA, (BRASIL, 2005).

Todas as análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Qualidade de Aguardente (LAQA) e no Centro de Referência em Análise de Qualidade da Cachaça (CRAQC).

Inicialmente as amostras foram redestiladas em triplicata para as seguintes análises: grau alcoólico, ésteres totais, acidez volátil e álcoois superiores, e acondicionadas em frascos de vidro hermeticamente fechados e mantidos sob refrigeração (-15°C). Na determinação dos compostos fenólicos totais, foi utilizado a cachaça sem redestilar.

A determinação da graduação alcoólica, foi realizada medindo-se inicialmente a densidade em balança hidrostática eletrônica (Gibertini Elettronica™, Super Alcomat, Itália) e concomitantemente a leitura do teor alcoólico expresso em % v /v.

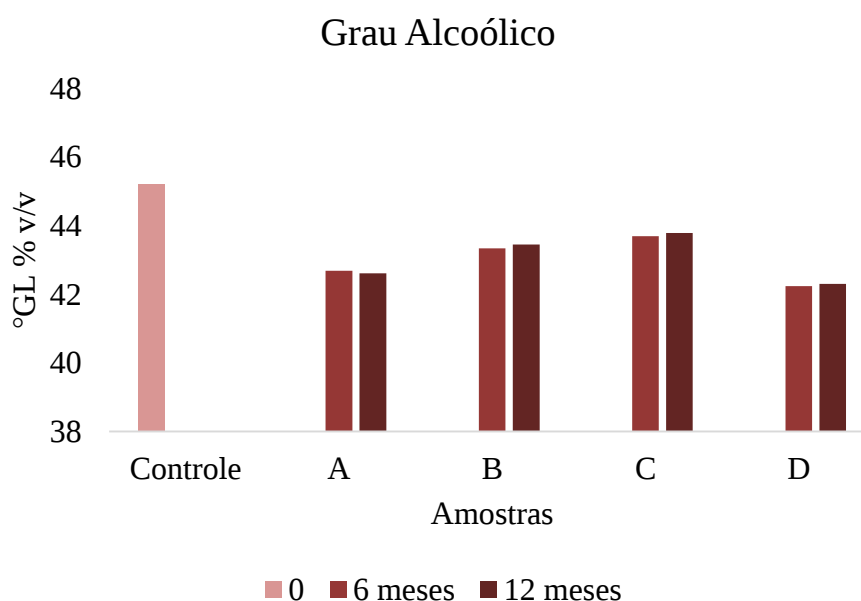
A acidez volátil foi determinada pela técnica arraste de vapor dos ácidos voláteis, utilizando um destilador eletrônico enochimico (Gibertini, modelo super D.E.E, DensiMat, Itália). Foram recolhidos 250 mL do vapor condensado, que posteriormente foi titulado com hidróxido de sódio 0,1 N.

As amostras foram submetidas às análises de concentração de ésteres (acetato de etila e lactato de etila), metanol e álcoois superiores (propan-1-ol, isobutanol, butan-1-ol, butan-2-ol e álcool isoamílico), empregando o Cromatógrafo Gasoso com Detector de Ionização de Chamas (FID) (Shimadzu), GC2050A, baseando no método proposto por Barbosa et al. (2022).

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos estão apresentados nas Imagens 1, 2 e 3. Os dados apresentados abrangem a análise de diferentes amostras de cachaça durante o processo de envelhecimento, considerando quatro parâmetros fundamentais para a caracterização. Os resultados demonstraram que o período de envelhecimento promoveu alterações nos parâmetros físico-químicos das cachaças, com comportamento variável entre as amostras. A graduação alcoólica apresentou redução após seis meses de envelhecimento, quando comparada ao controle (45,23% v/v), atingindo valores de 42,24 a 43,70% v/v (Figura 1). Entre seis e 12 meses, foram observadas apenas pequenas variações, com redução na amostra 96-A (42,69 para 42,61% v/v) e discretos aumentos nas amostras 97-B (43,34 para 43,45% v/v), 98-C (43,70 para 43,79% v/v) e 112-D (42,24 para 42,31% v/v). A redução da graduação alcoólica durante o envelhecimento pode estar relacionada à evaporação do etanol através da matriz madeira, enquanto as pequenas variações posteriores podem resultar do equilíbrio entre perdas de etanol e água e processos de transferência entre a bebida e o recipiente (Barbosa et al., 2022).

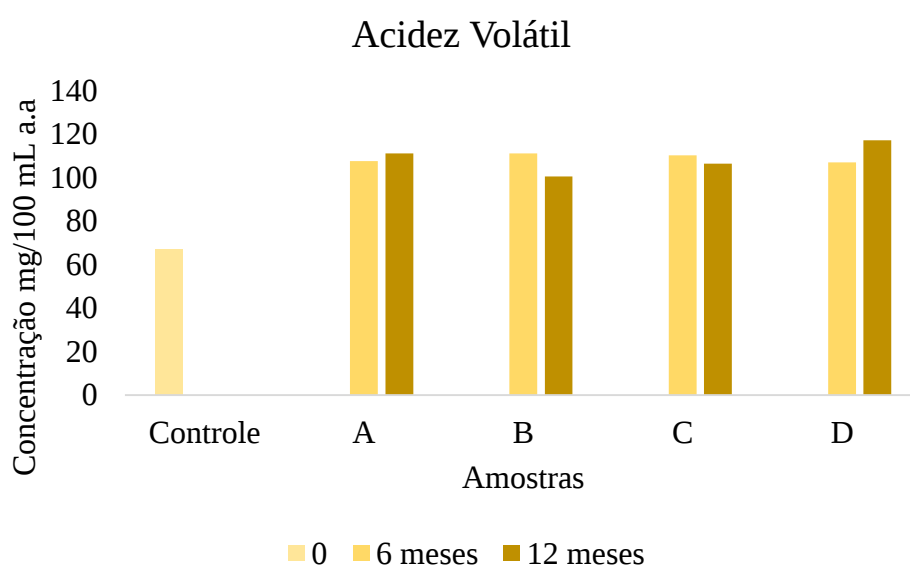
Figura 1 - Grau alcoólico de cachaças armazenadas/envelhecidas em carvalho.



Controle: amostra branca utilizada no experimento; A, B, C e D: amostras armazenadas/envelhecidas em carvalho.

A acidez apresentou comportamento distinto entre as amostras, aumentando nas amostras A e D e diminuindo nas amostras B e C entre seis e 12 meses (Figura 2). Essas alterações podem estar associadas à extração de compostos da madeira e a reações oxidativas que ocorrem ao longo do envelhecimento, evidenciando a influência das características da madeira sobre a evolução desse parâmetro (Cardoso, 2026; Garcia-Moreno et al., 2021). De acordo com Bortoletto e Alcarde (2013) o etanol pode reagir com os ácidos orgânicos, principalmente o ácido acético, para formação de ésteres.

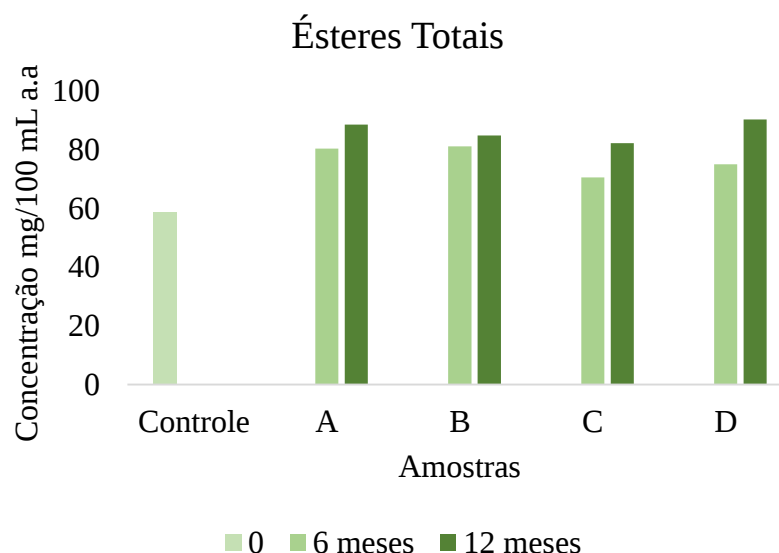
Figura 2 - Acidez Volátil de cachaças armazenadas/envelhecidas em carvalho.



Controle: amostra branca utilizada no experimento; A, B, C e D: amostras armazenadas/envelhecidas em carvalho.

Em relação aos ésteres totais, observou-se aumento em todas as amostras entre seis e 12 meses (Figura 3), com valores passando de 80,45 mg/ 100 mL a.a. para 88,68 mg/ 100 mL a.a. na amostra A, de 81,24 mg/ 100 mL de a.a. para 84,95 mg/ 100 mL de a.a. B, de 70,64 mg/ 100 mL de a.a. para 82,31 mg/ 100 mL de a.a. em C e de 75,14 mg/ 100 mL de a.a. para 90,33 mg/ 100 mL de a.a. em D. O incremento desses compostos pode estar relacionado às reações de esterificação entre álcoois e ácidos orgânicos durante o envelhecimento, sendo relevante para a formação do perfil aromático da bebida (Cardoso, 2026).

Figura 3 – Ésteres totais de cachaças armazenadas/envelhecidas em carvalho.



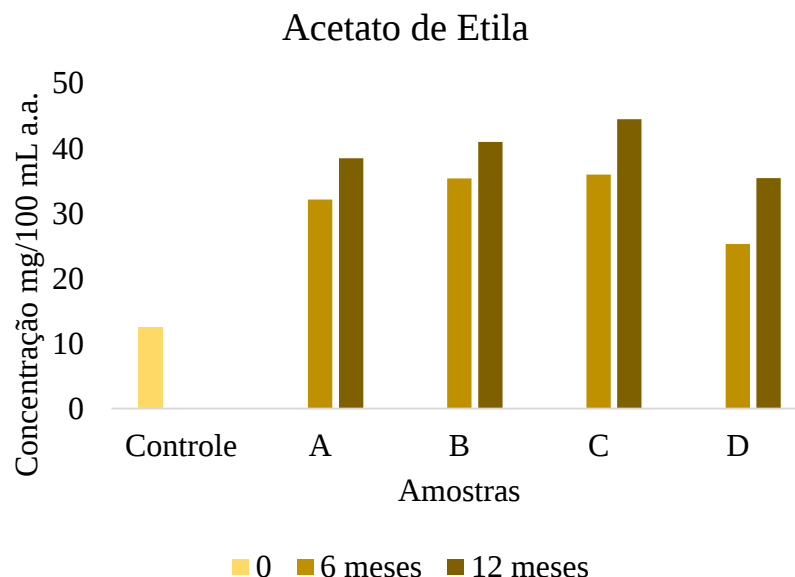
Controle: amostra branca utilizada no experimento; A, B, C e D: amostras armazenadas/envelhecidas em carvalho.

Os ésteres mais comuns encontrados são: acetato de etila, formato de etila (sabor artificial de rum), acetato de pentila (aroma de banana), acetato de octila (laranja), butirato de etila (abacaxi) e butirato de pentila (abricó) (Cardoso, 2026). O lactato de etila também é um éster encontrado em cachaças. Segundo Nascimento et al. (2008) O lactato de etila é formado por bactérias *Lactobacillus* spp. presentes no mosto de fermentação, seja advindo da cana-de-açúcar, das condições de propagação do fermento ou da água.

De modo geral, os resultados evidenciam que o envelhecimento promove modificações na composição físico-química das cachaças, principalmente na evolução dos ésteres e da acidez, enquanto a graduação alcoólica apresentou maior estabilidade após os primeiros seis meses.

O acetato de etila é um dos principais ésteres encontrados em bebidas. Neste estudo foi um dos parâmetros com maior variação durante o envelhecimento; a amostra controle (branca) apresentou apenas 16,59 mg/100 mL a.a., enquanto as demais amostras apresentaram aumento, chegando a 44,51 mg/100 mL de a.a. na amostra C, e 25,32 mg/100 mL de a.a. em D (Figura 4). Esse aumento expressivo é um sinal positivo do ponto de vista sensorial, já que os ésteres contribuem para os aromas frutados e florais na bebida, sendo o limite legal de 200 mg/100 mL de a.a., o que não foi ultrapassado por nenhuma das amostras avaliadas.

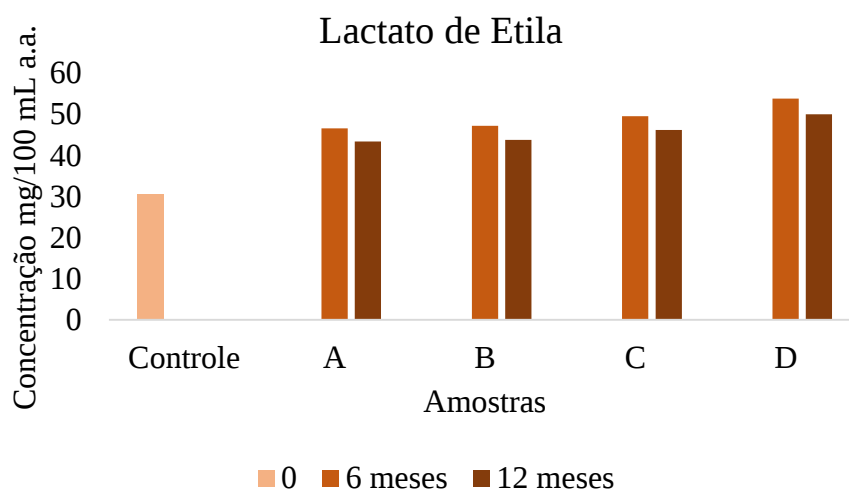
Figura 4 – Acetato de Etila em cachaças armazenadas/envelhecidas em carvalho.



Controle: amostra branca utilizada no experimento; A, B, C e D: amostras armazenadas/envelhecidas em carvalho.

O lactato de etila é um éster encontrado em cachaças. O controle apresentou o maior valor entre todas as amostras, 105,49 mg/100 mL a.a., enquanto todos os tratamentos reduziram esse teor para a faixa de 43,39 a 53,84 mg/100 mL a.a. (Figura 5). Esse comportamento pode estar relacionado ao equilíbrio dinâmico entre formação e possível hidrólise do éster, bem como à disponibilidade de ácido láctico remanescente do processo fermentativo (Zhou; Jinhua, 2025).

Figura 5 – Lactato de Etila em cachaças armazenadas/envelhecidas em carvalho.

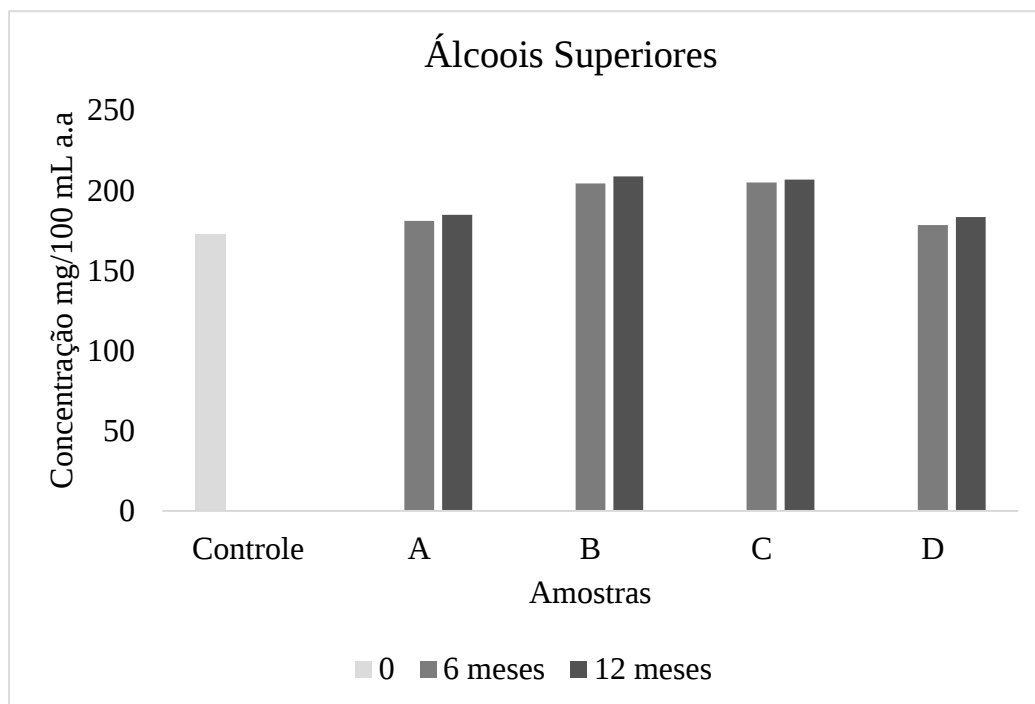


Controle: amostra branca utilizada no experimento; A, B, C e D: amostras armazenadas/envelhecidas em carvalho.

Assim como os álcoois, os ésteres constituem uma outra classe de compostos secundários, sendo responsáveis pelas notas florais e frutadas. A formação dos ésteres ocorre na etapa de fermentação pelas leveduras e durante o envelhecimento, pela esterificação de ácidos graxos com etanol. O acetato de etila é o éster predominante na cachaça, contribuindo com um aroma frutado em concentrações baixas, entretanto, em níveis elevados, pode conferir um aroma indesejável. Em conjunto com os álcoois superiores, a presença de ésteres dentro dos limites específicos contribui para o aroma da bebida (Cardoso, 2026).

Os resultados para álcoois superiores estão apresentados na Figura 6. A quantidade total de álcoois superiores nas amostras de cachaça variou de 172,49 mg/100 mL de a.a. para a amostra controle a 208,89 mg/100 mL de a.a. na amostra B. Segundo a Legislação Brasileira, a soma dos álcoois propílico, isoamílico e isobutílico não deve exceder 360 mg/100 mL a.a. (Brasil, 2022). Depois do álcool etílico, os álcoois superiores são os compostos voláteis predominantes na cachaça. Esses compostos podem contribuir para o sabor e aroma da bebida, no entanto quando em níveis elevados, podem afetar negativamente essas características (Cardoso, 2026).

Figura 6 – Álcoois Superiores em cachaças armazenadas/envelhecidas em carvalho.



Controle: amostra branca utilizada no experimento; A, B, C e D: amostras armazenadas/envelhecidas em carvalho.

Os teores de metanol foram extremamente baixos em todas as amostras, variando de 2,27 a 3,96 mg/100 mL a.a, valores abaixo do limite estabelecido de 20 mg/100 mL a.a. (Tabela 1). Esse é um resultado especialmente positivo do ponto de vista toxicológico, já que o metanol é o único composto da tabela com implicações diretas à saúde, associado a neuro e



hepatotoxicidade em concentrações elevadas. Vale destacar que as amostras D em 6 e 12 meses apresentaram os maiores valores entre os tratamentos (3,96 e 3,51). De acordo com Cardoso (2026), a presença de metanol em cachaça está associada a degradação da lignina presente nos bagacilhos (estrutura celular da cana-de-açúcar durante o processo de fermentação). Para evitar a formação desse contaminante, é necessário processos físicos, químicos e térmicos, como a filtração, floculação e sedimentação, que são eficazes para obtenção de um caldo limpo e claro e de menor contagem microbiana, acarretando na minimização de produção de metanol durante a fermentação.

Tabela 1 – Concentração de contaminantes na cachaça armazenada/envelhecida em carvalho.

Parâmetros	Controle	A - 6	A - 12	B - 6	B - 12	C - 6	C - 12	D - 6	D - 12
Metanol	2.28	2.27	2.33	2.74	2.31	2.69	2.67	3.96	3.51
Butan-2-ol	0.00	2.01	2.04	1.41	1.43	1.23	1.31	1.77	2.28
Pronan-1-ol	31.44	54.72	55.60	50.56	51.44	48.95	49.44	49.66	54.34
Butan-1-ol	0.34	0.58	0.59	0.60	0.62	0.61	0.61	0.52	0.56

Controle: amostra branca utilizada no experimento; A, B, C e D: amostras armazenadas/envelhecidas em carvalho.

Considerados contaminantes em destilados, os álcoois butan-1-ol (butílico) e o butan-2-ol (sec-butílico), não apresentaram aumento, mantendo-se estáveis ao longo do tempo nas amostras. A amostra controle, não apresentou concentrações detectáveis desses contaminantes pelo método utilizado. Para as demais amostras foram detectadas pequenas concentrações para o butílico e sec-butílico, sendo 1,23 e 2,28 mg/100 mL a.a. (butílico), enquanto o sec-butílico apresentou variação pequena, de 0,34 na Cachaça controle Branca a 0,62 mg/100 mL a.a. nos tratamentos.

Quanto ao propan-1-ol, ao isobutílico e ao isoamílico, que somados compõem os álcoois superiores, estes demonstraram comportamento heterogêneo entre os compostos individuais. O propan-1-ol aumentou de forma acentuada em todos os tratamentos frente ao controle, saindo de 31,44 mg/100 mL a.a. para valores entre 48,95 e 55,60 mg/100 mL a.a. Já o isobutílico manteve-se relativamente estável ou até reduziu discretamente em alguns tratamentos, saindo de 39,48 mg/100 mL a.a. no controle, para 39,13 mg/100 mL a.a. para amostra B, com destaque para a amostra D, que apresentaram os menores teores. O isoamílico, álcool superior predominante em cachaças envelhecidas, em quase todas as amostras, variou de 87,11 mg/100 mL a.a. na amostra C a 118,58 mg/100 mL a.a. para B. Como resultado dessa combinação, o total de álcoois superiores variou de 166,43 mg/100 mL a.a. em 112.1 a 208,89 mg/100 mL a.a. em B, sempre bem abaixo do limite legal de 360 mg/100 mL a.a., o que indica que, apesar do aumento expressivo em relação à testemunha, nenhuma amostra corre risco de desconformidade nesse parâmetro tão sensível, associado sensorialmente à ardência e ao efeito de ressaca quando em excesso.

De maneira geral, os resultados mostram que todas as amostras estão em conformidade com os parâmetros regulamentados pela legislação brasileira para os parâmetros avaliados em relação aos limites máximos, o que é um sinal de matéria-prima e processo bem conduzidos. Além disso, os resultados indicam que barris previamente utilizados para vinho constituem uma



alternativa promissora para agregação de valor à cachaça, mantendo conformidade com os padrões legais de qualidade.

Conclusões

O envelhecimento promoveu alterações na composição físico-química e no perfil de compostos voláteis das cachaças, evidenciando a influência do tempo de armazenamento sobre a qualidade da bebida. A graduação alcoólica apresentou redução após seis meses de envelhecimento, seguida de pequenas variações até 12 meses, enquanto a acidez apresentou comportamento distinto entre as amostras. Os teores de ésteres aumentaram entre seis e 12 meses, indicando a ocorrência de transformações químicas ao longo do envelhecimento.

No perfil de compostos voláteis, foram observadas diferentes concentrações de acetato de etila, metanol, álcoois superiores e lactato de etila. O acetato de etila apresentou aumento em relação à cachaça branca em algumas amostras, destacando-se por sua contribuição para características frutadas do aroma. Entre os álcoois superiores, o álcool isoamílico apresentou as maiores concentrações, com aumento em determinadas amostras durante o envelhecimento. O lactato de etila, por outro lado, apresentou redução em relação à bebida não envelhecida, indicando transformações na composição volátil durante o armazenamento.

O somatório dos compostos voláteis também apresentou diferenças entre os períodos de envelhecimento, demonstrando que as alterações ocorreram de maneira dependente da amostra. Em geral, os resultados demonstram que o envelhecimento modificou a composição química das cachaças, especialmente os teores de ésteres, ácidos e compostos voláteis, contribuindo para a diferenciação das amostras ao longo do período avaliado e evidenciando o potencial da etapa de envelhecimento na modulação das características de qualidade e sensoriais da bebida. Nesse contexto, a utilização de barris já utilizados na indústria vinícola apresenta-se como uma alternativa economicamente viável para os produtores de cachaça, especialmente em razão do elevado custo de aquisição e importação de barris de carvalho novos, além de possibilitar o aproveitamento de um material que seria descartado.

Agradecimentos

A empresa Engarrafadora Estiva Ltda. responsável pela produção da aguardente comercializada sob a marca Rainha da Cana. A CAPES, CNPq e a FAPEMIG (PPE 0035/2023) pela concessão de bolsas.

Referências

BARBOSA, R. B.; SANTIAGO, W. D.; ALVARENGA, G. F.; OLIVEIRA, R. E. S.; FERREIRA, V. R. F.; NELSON, D. L.; CARDOSO, M. G. Physical-Chemical Profile and Quantification of Phenolic Compounds and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Cachaça



Samples Aged in Oak (*Quercus* sp.) Barrels with Different Heat Treatments. **Food Bioprocess Tech.** 15, 1977-1987, 2022.

BORTOLETTO A. M.; ALCARDE A. R. Aging marker profile in cachaça is influenced by toasted oak chips, **J Inst Brew**, v. 21, p. 70-77, 2015. <https://doi.org/10.1002/jib.202>

BRASIL. 2022. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Portaria nº 539, de 26 de dezembro de 2022. Aprova a nova Portaria para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e Cachaça. Diário Oficial da União, Brasília, 26 dez. 2022. Seção 1, n, 243.

CARDOSO M G. 2026. **Produção de aguardente de cana** (5ª ed.). Lavras, UFLA.

CASTRO, M. C.; BORTOLETTO, A. M.; SILVELLO, G. C.; ALCARDE, A. R. Lignin-derived phenolic compounds in cachaça aged in new barrels made from two oak species. **Heliyon**, v. 6, n. 11, e05586, 2020.

GARCÍA-MORENO, M. V. et al. Chemical content and sensory changes of Oloroso Sherry wine when aged with four different wood types. **LWT - Food Sci. Technol.** v. 140, 110706, 2021.

NASCIMENTO, E. S. P.; CARDOSO, D. R.; FRANCO, D. W. Quantitative ester analysis in cachaça and distilled spirits by gas chromatography-mass spectrometry (GCMS). **J Agric Food Chem.**, v. 56, n. 14, p. 5488-5493, 2008.

PERESTRELO, R.; SILVA, C.; GONÇALVES, C.; CASTILLO, M.; CÂMARA, J. S. An Approach of the Madeira Wine Chemistry. **Beverages**, v. 6, (1), 12. 2020.

RODRIGUES, L. M. A.; CARDOSO, M. G.; SANTIAGO, W. D.; BARBOSA, R. B.; SANTIAGO, J. D. A.; LIMA, L. M. Z.; NELSON, D. L. Organic contaminants in distilled sugar cane spirits produced by column and copper alembic distillation. **Res. Soc. Dev.** (9), e930974879, 2020.

SANTIAGO, W. D. et al. Comparação do perfil físico-químico de cachaças envelhecidas em tonéis de carvalho (*Quercus* sp) e amburana (*Amburana cearensis*). **E-xacta**, v. 7, n. 2, p. 17-29, 2014.

SANTOS, W. A. et al. Influence of Jackfruit Wood Barrels and Chips During Aging on the Quality and Phenolic Compounds of Cachaça. **Foods**, v. 14, n. 10, 1812, 2025.

SILVA CRUZ, E. B. et al. Kurtosis-based projection pursuit analysis to extract information from sensory attributes of cachaça. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, [S. l.], v. 203, 104075, 2020.



SILVELLO, G. C.; BORTOLETTO, A. M.; CASTRO, M.C.; ALCARDE, A. R. New approach for barrel-aged distillates classification based on maturation level and machine learning: A study of cachaça. **LWT - Food Sci. Technolo.** [S. l.], v. 140, 110836, 2021.

ZHOU, Y.; HUA, J. Lactic Acid Dynamics in Baijiu Brewing: Microorganisms, Roles, and Control Strategies. **Fermentation**, 11, 431, 2025.