

Parâmetros para certificação da madeira empregada no armazenamento da cachaça

Parameters for certification of wood used in cachaça storage

Parámetros para la certificación de la madera empleada en el almacenamiento de cachaza

Recebido: 26/10/2022 | Revisado: 12/11/2022 | Aceitado: 13/11/2022 | Publicado: 20/11/2022

Amazile Biagioni Maia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1119-8759>
Laboratório LABM, Brasil
E-mail: amazilebram@gmail.com

Frederico Marx Brom Carneiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4290-2881>
Universidade UniBH, Brasil
E-mail: fredbrom@gmail.com

Lucas Oliveira Tonidandel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3001-2059>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: lucas.tonidandel@yahoo.com

Elaine Cristina da Conceição

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9834-8598>
Laboratório LABM, Brasil
E-mail: elainecon2008@hotmail.com

Bárbara Dias Machado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4363-5992>
Laboratório LABM, Brasil
E-mail: barbaradias96@hotmail.com

Lorena Simão Marinho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3732-3041>
Laboratório LABM, Brasil
E-mail: lorena@labm.com.br

Resumo

O potencial bioativo dos fenólicos das madeiras tem sido cada vez mais enfatizado. Vários autores têm pesquisado as estruturas fenólicas transferidas para a cachaça armazenada em diversas madeiras nativas. No entanto, ainda não existem parâmetros químicos para monitoramento/padronização das etapas de maturação/envelhecimento da cachaça. Devido à falta de critérios e exigências legais, os rótulos da bebida quase sempre informam apenas o nome popular da madeira dos barris/tonéis. Nesse trabalho foram analisadas cachaças de oito estados brasileiros (PA, RN, PE, PB, BA, ES, MG e SP). As amostras foram agrupadas conforme a madeira informada e submetidas a cromatografia a líquido de alta eficiência para quantificação de nove compostos fenólicos previamente selecionados. Os resultados comprovaram a possibilidade de identificação de madeiras com base em similaridades cromatográficas e estruturas predominantes. No entanto, ocorreram discrepâncias acentuadas entre as cinco amostras armazenadas em “bálsamo”. No Brasil, esse nome (bálsamo) é aplicado popularmente a várias espécies nativas conforme a região geográfica. Assim sendo, recomenda-se a adoção do nome científico da madeira dos tonéis na rotulagem da bebida, como ponto de partida para regulamentação e avanços na certificação de origem e segurança para os consumidores.

Palavras-chave: Cachaça; Maturação; Envelhecimento; Fenólicos; Madeiras dos tonéis.

Abstract

The bioactive potential of wood phenolics has been increasingly emphasized. Several authors have researched the phenolic structures transferred to cachaça stored in various native woods. However, there are still no chemical parameters for monitoring/standardizing the stages of maturation/aging of cachaça. Due to the lack of criteria and legal requirements, the beverage labels almost always inform only the popular name of the wood of the barrels/vats. In this work, cachaças from eight Brazilian states (PA, RN, PE, PB, BA, ES, MG and SP) were analyzed. The samples were grouped according to the informed wood and submitted to high performance liquid chromatography to quantify nine previously selected phenolic compounds. The results proved the possibility of identifying woods based on chromatographic similarities and predominant structures. However, there were marked discrepancies between the five samples stored in “balsam”. In Brazil, this name (balsam) is popularly applied to several native species according to the geographic region of origin. Therefore, it is recommended to adopt the scientific name of the wood of the barrels in the beverage labeling, as a starting point for regulation and advances in the certification of origin and safety for consumers.

Keywords: Cachaça; Maturation; Aging; Phenolics; Wood from the barrels.

Resumen

El potencial bioactivo de los fenoles de la madera se ha enfatizado cada vez más. Algunos autores han investigado las estructuras fenólicas transferidas a la cachaza almacenada en varias maderas nativas. Sin embargo, aún no existen parámetros químicos para monitorear/estandarizar las etapas de maduración/envejecimiento de la cachaza. Debido a la falta de criterios y requisitos legales, las etiquetas de las bebidas casi siempre informan solo el nombre popular de la madera de las barricas/barriles. En este trabajo, se analizaron cachazas de ocho estados brasileños (PA, RN, PE, PB, BA, ES, MG y SP). Las muestras se agruparon según la madera informada y se sometieron a cromatografía líquida de alta resolución para cuantificar nueve compuestos fenólicos previamente seleccionados. Los resultados probaron la posibilidad de identificar maderas en base a similitudes cromatográficas y estructuras predominantes. Sin embargo, hubo marcadas discrepancias entre las cinco muestras almacenadas en "bálsamo". En Brasil, este nombre (bálsamo) se aplica popularmente a varias especies nativas según la región geográfica de origen. Por ello, se recomienda adoptar el nombre científico de la madera de las barricas en el etiquetado de las bebidas, como punto de partida para la regulación y avances en la certificación de origen y seguridad para los consumidores.

Palabras-clave: Cachaza; Maduración; Envejecimiento; Fenoles; Madera de las barricas.

1. Introdução

O armazenamento é uma etapa integrante do processo de produção da cachaça, compreendendo as opções de maturação e envelhecimento. Para maturação, a cachaça pode permanecer por tempo indeterminado em tonéis de aço inoxidável ou por período inferior a um ano em tonéis de madeira. Para ser denominada envelhecida, a legislação brasileira estabelece que “um percentual mínimo de 50% da cachaça tenha sido armazenado pelo período mínimo de um ano em tonéis de madeira com capacidade máxima para 700 litros”; além disso, admite a adição de caramelo para correção da cor (Brasil, 2009).

Sabe-se que a tonalidade amarela que ocorre naturalmente na cachaça advém de compostos fenólicos que são extraídos da madeira dos tonéis de armazenamento. Vários deles ocorrem na fração extrativos da madeira, alguns dos quais são diretamente solúveis no ambiente hidroalcolico da cachaça. Outros advém da degradação parcial da lignina, pela ação de enzimas e, especialmente, de tratamento térmico (Brebú & Vasile, 2010; Souza et al., 2012). Embora os fenólicos extraídos da madeira ainda passem por reações químicas no decorrer do tempo de armazenamento, admite-se que prevaleçam interações físico-químicas que levam à formação de *clusters* moleculares, conforme demonstrado recentemente em estudos sobre envelhecimento dos uísques (Maia et al., 2022; Morishima et al., 2019).

Tradicionalmente, a cachaça é armazenada em tonéis de várias madeiras nacionais, à diferença de outros destilados, como uísques e cognacs, cujo envelhecimento é feito exclusivamente em barris de carvalho. Até o momento, a legislação brasileira estabelece apenas a “presença de compostos fenólicos” como indicativo de submissão da cachaça a envelhecimento (Brasil, 2005). Mas os recentes avanços no conhecimento acerca do potencial bioativo desses compostos (Caleja et al., 2017; Rios et al., 2018; Soto-Vaca et al., 2012) reforçam a importância de se avançar na caracterização das estruturas que são incorporadas à cachaça no decorrer do armazenamento - não apenas para padronizar efeitos sensoriais como, especialmente, para certificar garantias afetas à saúde dos consumidores. Como primeiro passo, é necessário dispor de parâmetros analíticos para reconhecimento das diferentes madeiras.

Além da lignina, polímero fenólico que propicia sustentação e resistência mecânica, todas as madeiras contêm fenólicos simples e diretamente solúveis (na fração extrativos). Nas árvores folhosas (categoria que engloba as espécies brasileiras empregadas em tanoaria) a lignina compõe-se predominantemente de seis monômeros fenólicos: ácido vanílico, ácido siríntrico, vanilina, coniferaldeído, siringaldeído e sinapaldeído (Klock et al., 2005; Wu et al., 1992,). As diferenças ocorrem no âmbito das proporções relativas, formas e energias de ligação (Chiang, 2005; Fukushima, 2001; Nascimento et al., 2013; Pettersen, 1984).

Na fração extrativos, além de fenólicos, ocorrem outros compostos dotados de cor, especialmente terpenoides (Noriega, 2020; Pettersen, 1984; Zhang et al., 2015). Já foi demonstrado, porém, que proporções variáveis (em certos casos acentuadas)

desses compostos se perdem nos procedimentos de preparo da madeira, conforme peculiaridades dos tratamentos térmicos aplicados (Fengel & Wegener, 1989; Johansson, 2008).

Análises anteriores de cachaças armazenadas em recipientes de carvalho importado e de amburana mostraram peculiaridades consistentes no âmbito das proporções relativas entre fenólicos advindos dessas madeiras (Maia et al., 2021, 2022), mas ainda há carência de dados sobre outras madeiras. Como esforço de contribuição para preencher essa lacuna, investigou-se a ocorrência de indícios de similaridade entre as proporções de fenólicos nas cachaças advindas de diversas regiões do país, previamente agrupadas com base na espécie vegetal presumida a partir do nome popular da madeira de armazenamento informado no rótulo.

2. Metodologia

Material

Foram analisadas amostras de cachaça provenientes de oito estados do país, as quais foram disponibilizadas, após os testes sensoriais, pelo Comitê Organizador do Concurso Expocachaça realizado em 2022 (Belo Horizonte). Nos rótulos das garrafas, acham-se informados apenas os nomes populares das madeiras. Assim sendo, os nomes científicos foram apenas presumidos, considerando as associações mais usuais (Tabela 1).

Tabela 1 – Amostras de cachaça analisadas.

Madeira empregada no armazenamento		Número de amostras
Nome popular (Informado no rótulo)	Nome científico (presumido)	
Carvalho	<i>Quercus</i> (*)	5
Bálsamo	<i>Myroxylon peruiferum</i>	5
Amburana	<i>Amburana cearensis</i>	5
Freijó	<i>Cordia</i>	4
Jaqueira	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	3
Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i>	2

(*) Podendo ser *Q. petraea*, *Q. robur* ou *Q. alba*. Fonte: Autores.

Reagentes

Ácido acético glacial (Neon), metanol 70% padrão HPLC (Supelco), padrões cromatográficos Sigma-Aldrich: ácido gálico, ácido vanílico, vanilina, ácido siríngico, siringaldeído, sinapaldeído, coniferaldeído e ácido elágico.

Preparo e aplicação das amostras

Após filtração a vácuo, o volume de 5,00 mL do filtrado foi transferido para balão volumétrico de 50,0 mL, completando o volume com solução de metanol 40% e homogeneizando por agitação. Os volumes aplicados foram de 100 µL da amostra diluída a 10%.

Análise dos compostos fenólicos

Metodologia ajustada a partir de trabalhos prévios (Aquino, 2004; Maia et al., 2021, 2022), empregando cromatógrafo Shimadzu SPD-10A com detector no UV (leituras em 274 e 375 nm). Gradiente de eluição do solvente por meio de duas bombas Gilson 305. Fases móveis: (A) solução a 2% de ácido acético glacial em água destilada/deionizada e (B) solução a 70% de metanol, 2% de ácido acético glacial e 28% de água destilada/deionizada. Gradiente e fluxo de fase móvel conforme descritos na Tabela 2. Coluna Agilent Zorbax Eclipse C-18, mantida a 40°C no forno do cromatógrafo durante todo o tempo da análise. Os tempos de retenção de cada um dos compostos analisados foi determinado aplicando-se cada componente na concentração

de 10 mg/L. As curvas-padrão de cada composto foram determinadas mediante aplicação de soluções contendo todos os componentes nas concentrações 0,10 mg/L; 0,5 mg/L e 1,0 mg/L e 20,0 mg/L. Os testes foram feitos em duplicata, tanto para as soluções-padrão como para as amostras. Tempo total de cada aplicação: 60 minutos.

Tabela 2 - Gradiente de fase móvel utilizado na análise cromatográfica dos fenólicos.

Tempo (min)	Fase B (%)	Fluxo (mL/min)
0,00	20	1,50
5,00	20	1,50
25,00	40	1,50
40,00	40	1,50
50,00	20	1,50
60,00	20	1,50

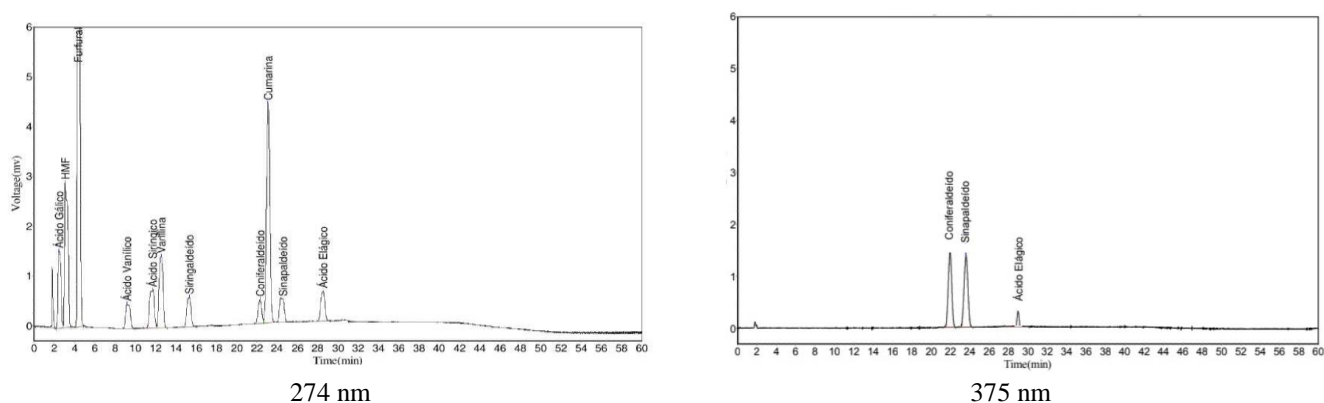
Fonte: Autores.

Em cada análise, os picos que ficaram abaixo dos limites de detecção (0,03 mg/L) e de quantificação 0,1 mg/L foram reportados como ausência do respectivo composto.

3. Resultados e Discussão

A maioria dos fenólicos analisados apresentaram absorvância máxima e foram quantificados em 274 nm. Excetuaram-se apenas o sinapaldeído e o coniferaldeído, cuja quantificação se deu em 375 nm. Portanto, cada amostra foi objeto de dois cromatogramas (Figura 1). Em certos casos, o cromatograma obtido em 375 nm foi útil para confirmar a identidade do ácido elágico, cujo pico em 274 nm suscitava dúvidas na identificação (não identificados). Embora com menor coeficiente de resposta, o pico do ácido elágico (nas amostras que o continham) ficou livre de indícios de interferências em 375 nm. Vale notar que, em 274 nm, as condições analíticas permitiram identificar e quantificar o furfural e o hidroximetilfurfural (resultados não reportados nesse trabalho).

Figura 1 - Cromatogramas dos padrões de compostos fenólicos (0,5 mg/L).



Fonte: Autores (2022).

Os dados das curvas padrão encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Tempos de retenção e coeficientes da regressão linear das curvas-padrão dos compostos analisados.

Composto	Comprimento de onda (nm)	Tempo de retenção (min.)	Coeficientes da curva-padrão		R ²
			angular	linear	
Ácido gálico	274	2,4	48012,9	- 2323,6	1,000
Ácido vanílico	274	9,1	39942,2	978,2	0,997
Ácido siríngico	274	11,7	53271,0	-2655,5	1,000
Vanilina	274	12,4	60979,8	270,9	1,000
Siringaldeído	274	15,2	27314,6	- 658,3	1,000
Coniferaldeído	375	21,9	42007,0	624,3	0,999
Cumarina	274	22,8	87612	2854	0,995
Sinapaldeído	375	23,9	55856,0	102,6	1,000
Ácido elágico	274	29,2	15868,8	-107,5	0,999

Fonte: Autores (2022).

Observa-se que os tempos de retenção de todos os fenólicos analisados situaram-se abaixo de 30 minutos. Por segurança, porém, todas as corridas tiveram duração de 60 minutos. Na faixa de concentrações testada (0,1 a 20,0 mg/L), as regressões lineares apresentaram margem de confiança satisfatória, com R² entre 0,995 e 0,997 para quatro fenólicos e igual a 1,000 para os outros cinco.

3.1 Carvalho

Foram analisadas cinco amostras de cachaças envelhecidas em carvalho (Ca), cada uma originária de um estado brasileiro (Tabela 4).

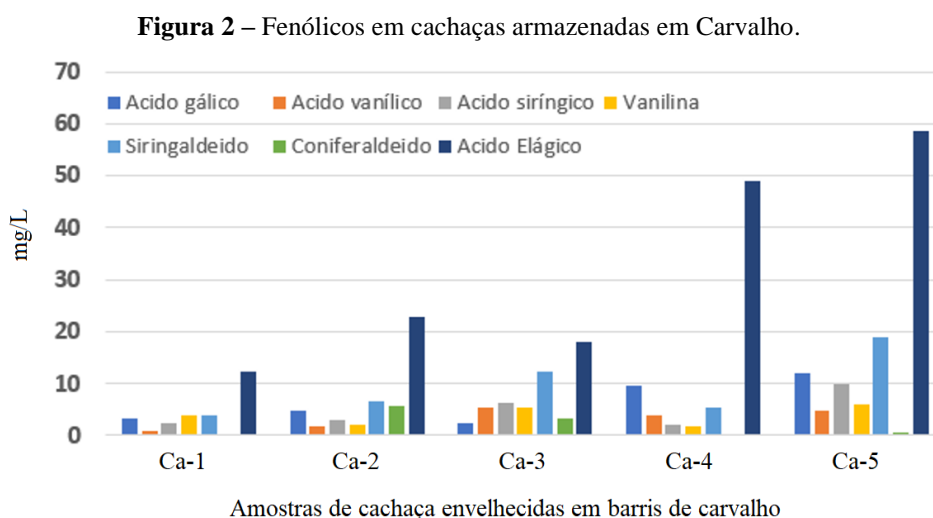
Tabela 4 – Teores de fenólicos em cachaças armazenadas em barris de carvalho (mg/L).

Composto	Amostra/Estado de procedência				
	Ca-1	Ca-2	Ca-3	Ca-4	Ca-5
	SP	MG	RN	SC	BA
Ácido gálico	3,3	4,9	2,4	9,6	11,9
Ácido vanílico	0,8	1,8	5,5	4,0	4,7
Ácido siríngico	2,5	3,1	6,2	2,0	9,8
Vanilina	3,9	2,1	5,3	1,7	5,9
Siringaldeído	3,9	6,7	12,3	5,3	19,0
Coniferaldeído	...	5,6	3,2	...	0,6
Cumarina	...	...	...	...	...
Sinapaldeído	...	...	...	...	...
Ácido elágico	12,3	22,7	18,0	48,9	58,5
Total	29,9	51,6	68,4	91,0	115,3

Nota: o sinal ... corresponde a ausência ou teor abaixo do limite de quantificação. Fonte: Autores (2022).

Observa-se que, dentre os nove fenólicos investigados, sete foram detectados em três amostras (Ca-2, Ca-3 e Ca-5) e seis nas outras duas (Ca-1 e Ca-4). Diferenças poderiam ser esperadas, tendo em vista que, via de regra, o armazenamento em carvalho é feito mediante barris importados, de diferentes procedências e com diferentes históricos de uso. No entanto, observa-se que, a despeito das variações, todas as amostras mostraram predomínio do ácido elágico, seguido pelo siringaldeído e ácido gálico (Figura 2). Santiago et al. (2017), após armazenar cachaça em barril de carvalho de 20 L, preparado a partir das aduelas recuperadas de um barril de 250 L, encontraram predominância dos ácidos gálico e vanílico, com teores mais baixos de siringaldeído e vanilina. No entanto, os autores não investigaram a ocorrência do ácido elágico. Os valores ora apresentados corroboram resultados prévios (Maia et al., 2021) referentes à análise de 17 amostras de cachaça armazenadas em carvalho: todas

apresentaram predominância do ácido elágico e, na sequência, ácido gálico e siringaldeído. O ácido vanílico e a vanilina foram sempre detectados, mas em proporções menores.



Fonte: Autores (2022).

3.2 Amburana

Dentre as cinco amostras de cachaça armazenada em amburana (Am), quatro apresentaram similaridades, com predomínio de cumarina. A amostra Am-1, à diferença das demais, apresentou teor de cumarina acentuadamente baixo e presença de ácido elágico em teor acima do ácido gálico. Além da amostra Am-1, o ácido elágico foi encontrado apenas na amostra Am-5 (Tabela 5).

Tabela 5 – Teor de fenólicos em cachaças armazenadas em tonéis de amburana (mg/L).

Composto	Amostra/Estado de procedência				
	Am-1 ES	Am-2 MG-1	Am-3 SP	Am-4 PR	Am-5 MG-2
Ácido gálico	1,6	1,2	3,6	2,6	9,0
Ácido vanílico	1,0	6,0	0,8	17,9	5,8
Ácido siríngico	0,9	...	...	...	...
Vanilina	0,5	...	...	...	...
Siringaldeído	1,3	0,1	...	0,3	0,5
Coniferaldeído	...	...	...	...	...
Cumarina	0,6	19,8	30,1	25,1	14,6
Sinapaldeído	...	...	...	...	...
Ácido elágico	6,0	...	...	...	3,9
Total	11,9	27,1	34,5	45,9	33,8

Nota: o sinal ... corresponde a ausência ou teor abaixo do limite de quantificação. Fonte: Autores (2022).

A predominância da cumarina corrobora trabalhos prévios (Santiago et al., 2017; Maia et al., 2021). Apenas uma amostra (Am-1) destacou-se acentuadamente das demais, tanto pelo baixo teor de cumarina e predomínio de ácido elágico como pelo teor mais elevado de siringaldeído e presença de ácido siríngico e vanilina, não detectados em nenhuma das outras. Os resultados apontam a possibilidade de que a amostra Am-1 corresponda a uma associação de cachaças armazenadas em carvalho e amburana. Contudo, deve-se notar também que, em certas regiões do Brasil, a amburana é referida popularmente como

cerejeira, nome que também se aplica às espécies *Eugenia involucrata* (araçazeiro) e *Hexachlamis edulis* (pêssego-do-mato). Assim sendo, a referência ao nome mais popular (amburana) não permite garantir a identidade da espécie vegetal empregada.

3.3 Bálamo

Nos resultados das cinco amostras armazenadas em bálamo (Ba) analisadas, observaram-se discrepâncias acentuadas (Tabela 6). Todas elas apresentaram ocorrência de ácido gálico e vanilina. No entanto: (a) o ácido vanílico foi encontrado em apenas duas amostras (Ba-4 e Ba-5), (b) O siringaldeído não foi encontrado em duas amostras (Ba-1 e Ba-2); (c) o coniferaldeído e sinapaldeído ocorreram apenas na amostra Ba-5; (d) o ácido elágico ocorreu em três amostras, em proporções bem distintas. Considerando trabalhos prévios, como o de Santiago et al. (2017), era de se esperar a ocorrência de ácido vanílico, ácido siríngico, vanilina e siringaldeído em todas as amostras armazenadas em bálamo. O fato de que a expectativa não se realizou reforça um alerta sobre a fragilidade da identificação das madeiras pelos nomes populares (Sartori et al., 2015). Segundo Lorenzi (2002), várias espécies brasileiras podem ser designadas popularmente bálamo, como a *Schinus molle* (também chamada aroeira), *Schinus terebinthifolia* (aroeira mansa), *Copaifera langsdorffii* (copaíba), *Pterogyne nitens* (amendoim) e *Myrocarpus frondosus* (cabreúva), entre outras.

Tabela 6 - Teores de fenólicos em cachaças armazenadas em tonéis de bálamo (mg/L).

Composto	Amostra/Estado de procedência				
	Ba-1 MG-3	Ba-2 PA	Ba-3 MG-2	Ba-4 MG-1	Ba-5 SC
Acido gálico	2,4	7,5	4,4	8,5	8,0
Acido vanílico	...	...	...	1,6	7,4
Acido siríngico	...	...	...	1,0	2,5
Vanilina	0,7	1,2	5,3	8,0	15,9
Siringaldeído	...	...	5,6	5,7	10,9
Coniferaldeído	...	...	...	...	2,9
Cumarina	...	...	...	...	...
Sinapaldeído	...	...	...	...	5,0
Acido elágico	3,7	...	...	13,9	30,2
Total	6,8	8,7	15,3	37,7	80,3

Nota: o sinal ... corresponde a ausência ou teor abaixo do limite de quantificação. FONTE: Autores (2022) Fonte: Autores (2022).

3.4 Freijó

Foram analisadas quatro amostras de cachaça armazenada em freijó (Fr): duas de Pernambuco e as outras duas dos estados da Paraíba e São Paulo, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7 - Teores de fenólicos em cachaças armazenadas em tonéis de freijó (mg/L).

Composto	Amostra/Estado de procedência			
	Fr-1 PE-1	Fr-2 PB	Fr-3 PE-2	Fr-4 SP
Ácido gálico	0,9	1,5	4,4	2,0
Ácido vanílico	1,0	0,9	2,8	13,9
Ácido siríngico	...	...	...	...
Vanilina	...	...	...	75,0
Siringaldeído	1,6	1,3	3,0	1,1
Coniferaldeído	...	...	...	...
Cumarina	...	...	...	...
Sinapaldeído	...	...	...	...
Ácido elágico	...	...	...	...
Total	3,5	3,7	10,2	92,0

Nota: o sinal ... corresponde a ausência ou teor abaixo do limite de quantificação. Fonte: Autores (2022).

Observa-se que houve similaridades nos resultados, com baixos teores de ácido gálico, siringaldeído e ácido vanílico em todas as amostras. De fato, à observação visual, três amostras eram dotadas de tonalidade bem clara. Destacou-se apenas a amostra (Fr-4) que, além de tonalidade mais forte, apresentou teor acentuadamente elevado de vanilina – peculiaridades que demandariam maior investigação. O freijó é nativo da Amazônia, ocorre no Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará e Rondônia e Tocantins. São conhecidas pelo menos duas espécies (*Cordia alliodora* e *C. goeldiana*) mas ainda não há publicações acerca dos componentes fenólicos dessa madeira (Carvalho, 2006);

3.5 Jaqueira

As amostras de cachaça armazenadas em tonéis de jaqueira (Ja) analisadas, uma do Rio Grande do Norte e duas da Bahia (Tabela 8) mostraram resultados consistentes quanto à presença dos mesmos compostos fenólicos. Nota-se a predominância de ácido gálico (10,7 a 18,0 mg/L) e vanilina (4,1 a 17,2 mg/L), seguidos do ácido vanílico (3,2 a 14,3 mg/L) e do siringaldeído (0,7 a 1,4 mg/L).

Tabela 8 - Teores de fenólicos em cachaças armazenadas em tonéis de jaqueira (mg/L).

Composto	Amostra/Estado de procedência		
	Ja-1 BA-1	Ja-2 BA-2	Ja-3 RN
Ácido gálico	12,0	10,7	18,0
Ácido vanílico	3,4	3,2	14,3
Ácido siríngico	...	...	...
Vanilina	5,0	4,1	17,2
Siringaldeído	1,4	0,7	1,4
Coniferaldeído	...	...	...
Cumarina	...	...	...
Sinapaldeído	...	...	...
Ácido elágico	...	...	...
Total	21,8	18,7	50,9

Nota: o sinal ... corresponde a ausência ou teor abaixo do limite de quantificação. Fonte: Autores (2022).

Vale notar que, originária da Índia, a jaqueira é cultivada em toda a costa brasileira e na região amazônica. Estudos recentes têm apontado ações fisiológicas importantes de extratos desta madeira (Bhad et al, 2021; Santiago et al, 2022). Vale notar que, conforme resultado do concurso de degustação às cegas, as três amostras tiveram excelente avaliação, todas tendo recebido medalha de ouro, que corresponde a pontuação igual ou acima de 90,0 (em *score* de 100,0 pontos).

3.6 Castanheira

Foram disponibilizadas amostras de apenas duas cachaças armazenadas em castanheira (Tabela 9). Ambas mostraram predominância do ácido elágico (45,4 e 50,0 mg/L) e ácido gálico (13,6 e 20,4 mg/L) com presença em teores mais baixos de ácido vanílico, ácido siríntrico, vanilina e siringaldeído (entre 0,5 e 5,8 mg/L).

Tabela 9 - Teores de fenólicos em cachaças armazenadas em tonéis de castanheira (mg/L).

Composto	Amostra/Estado de procedência	
	Ca-1 PR	Ca-2 SP
Ácido gálico	13,6	20,4
Ácido vanílico	5,8	4,4
Ácido siríntrico	1,0	1,0
Vanilina	1,4	0,5
Siringaldeído	2,3	2,5
Coniferaldeído	...	...
Cumarina	...	...
Sinapaldeído	...	...
Ácido elágico	45,4	50,0
Total	69,5	78,3

Nota: o sinal ... corresponde a ausência ou teor abaixo do limite de quantificação. Fonte: Autores (2022).

Presume-se que ambas correspondam a tonéis da espécie *Bertholletia excelsa*, também conhecida como castanheira-do-brasil ou castanheira do Pará, árvore nativa que vive até 500 anos e chega a atingir 50 m de altura. Mas inúmeras outras castanheiras são também nativas do Brasil, como *Bombacopsis glabra* (castanha-do-maranhão), *Pachira aquatica* (castanha-d'água), *Holopyxidium latifolium* (castanha-jarana), *Lecythis pisonis* (castanha sapucaia) e *Sterculia striata* (castanha de macaco), entre outras (Lorenzi, 2002). Assim, a análise de um número maior de amostras poderia ensejar resultados muito diferenciados, tal como ocorreu na análise das cachaças armazenadas em “bálsamo”.

4. Conclusão

Os resultados reiteraram trabalhos prévios (carvalho e amburana) e mostraram perspectivas promissoras da análise cromatográfica dos fenólicos como recurso analítico para identificação das madeiras empregadas no armazenamento da cachaça. No entanto, ficou claro que é imprescindível adotar e informar a denominação científica de cada madeira, uma vez que, no Brasil, os mesmos populares podem ser aplicados a várias espécies vegetais diferentes. Vale reiterar que, não obstante a importância de se associarem avanços na tecnologia da cachaça com a valorização da diversidade vegetal brasileira, não se pode negligenciar compromissos com o respeito e a preservação da flora nativa: várias madeiras ainda se encontram ameaçadas de extinção. Por isso, um caminho ecologicamente apropriado para avanços nas pesquisas, na qualidade sensorial e representatividade cultural brasileira da cachaça em âmbito internacional, é testar, otimizar e padronizar o emprego de *chips* de madeiras nacionais certificadas como coadjuvantes no envelhecimento da cachaça.

Referências

- Aquino, F. W. B. (2004). Determinação de compostos fenólicos em extratos de *Amburana cearensis* e em aguardentes de cana envelhecidas no Ceará. Fortaleza, UFC. (diss. mest.)
- Bhad, P. R., Bobde, M. V., & Sibi, G. (2021) Chemical constituents and biological activities of *Artocarpus heterophyllus* lam (Jackfruit): a review. <https://doi.org/10.29328/journal.ijcmt.1001019>
- Brasil (2005). Instrução Normativa n°. 13 de 29 de junho de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e para Cachaça.
- Brasil (2009). Decreto n° 6.871 de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei n° 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas.
- Brebu, M., & Vasile, C. (2010). Thermal degradation of lignin – a review. *Cellulose Chem. Technol.*, 44 (9): 353-363.
- Caleja, C., Ribeiro, A., Barreiro, M. F., & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Phenolic compounds as nutraceuticals or functional food ingredients. *Curr. Pharm Des.*, 23(19): 2787-2806. 10.2174/1381612822666161227153906.
- Carvalho, P. E. R. (2006). *Espécies arbóreas brasileiras*. v. 2. Colombo (PR), Embrapa Florestas.
- Chiang, V. L. (2005). Understanding gene function and control in lignin formation in wood. *Agric. Biotechnology*, Amsterdam, 17:139-144.
- Fengel, D., & Wegener, G. (1989). Wood: chemistry, ultrastructure, reactions. Berlin – New York, Walter de Gruyter. www.forstbuch.de
- Fukushima, K. (2001). Regulation of syringyl to guaiacyl ratio in lignin biosynthesis. *J. Plant Res.*, Nagoya, 114 (4): 499-508.
- Johansson, D. (2008). Heat treatment of solid wood. Effects on absorption, strength and colour. Lulea Univ. Technol. (thesis doct.). Heat Treatment of Solid Wood - DiVA Portal - <https://www.diva-portal.org>
- Klock, U., Muniz, G. I. B., Hernandez, J. A., & Andrade, A. S. (2005). Química da madeira. (3ª ed.), UFPR.
- Lorenzi, H. (2002). Árvores Brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. (8ª ed.), Inst. Plantarum.
- Maia, A. B. (2021). Papel da madeira no envelhecimento da cachaça. *RECIMA21*, 2(8): <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i8.682>
- Maia, A. B., Marinho, L. S., & Nelson, D. L. (2021). Certification of amburana in the aging of cachaça. (2020). *Res. Soc. Develop.*, 9 (12).10.33448/rsd-v9i12.10644
- Maia, A. B., Marinho, L. S., Carneiro, F. M. B., & Tonidandel, L. O. (2022). Certificação do carvalho no armazenamento de bebidas destiladas. *RECIMA21*, 3(2) <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i2.1189>
- Morishima, K., Nakamura, N., Matsui, K., Tanaka, Y., Masunaga, H., Mori, S., Iwashita, T., Li, X., & Shibayama, M. (2019). Formation of clusters in whiskies during maturation process. *J. Food Sci.*, 84: 59-64. 10.1111/1750-3841.14398
- Nascimento, M. S., Santana, A. L. B. D., Maranhão, C. A., Oliveira, L. S., & Bieber, L. (2013). Phenolic extractives and natural resistance of wood. *Biodegr. Life Sci.* <http://dx.doi.org/10.5772/56358>
- Noriega, P. (2020). Terpenes in essential oils: bioactivity and applications. In: Terpenes and Terpenoids. Intech Open. DOI:10.5772/intechopen.93792
- Pettersen, R. C. (1984). The chemical composition of wood. *Adv. Chem.*, 207: 57-126.10.1021/ba-1984-0207.ch002
- Rios, J. L., Giners, R. M., Marin, M., & Recio, M. C. (2018). A pharmacological update of ellagic acid. *Planta Med.*; 84: 1068–1093
- Santiago, J. O. C., Castillejos, G. C. R., Montenegro, G., Bridi, R., Gómez, H. V., Reyna, S. A., Ruiz, O. C., & Adame, R. S. (2022). Phenolic content, antioxidant and antifungal activity of jackfruit extracts (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Food Sci. Technol*, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.02221>
- Santiago, W. D., Cardoso, M. G., & Nelson, D. L. (2017). Cachaça stored in casks newly constructed of oak (*Quercus* sp.), amburana (*A. cearensis*), jatoba (*Hymenaea caribouril*), balsam (*Myroxylon peruiferum*) and peroba (*Paratecoma peroba*): alcohol content, phenol composition, colour intensity and dry extract. wileyonlinelibrary.com: 10.1002/jib.414
- Sartori, A. L. B., Lewis, G. P., Mansano, V. F., & Tozzi, A. M. G. A. (2015). A revision of the genus *Myroxylon* (Leguminosae: Papilionoideae). *Bol. Kew*, 70 (4). 10.1007/s12225-015-9604-7
- Soto-Vaca, A., Gutierrez, A., Losso, J. L., Xu, Z., & Finley, J. W. (2012). Evolution of phenolic compounds from color and flavor problems to health benefits. *J. Agric. Food Chem.*, 60: 6658-6677. dx.doi.org/10.1021/jf300861c
- Souza, J. B. G. S., Poppi, N. R., & Raposo Jr., J. L. (2012). Characterization of pyrolygneous acid used in agriculture by gas chromatography-mass spectrometry. *J. Braz. Chem. Soc.*, 23 (4) 10.1590/S0103-50532012000400005
- Wu, J., Fukazawa, K., & Ohtani, J. (1992). Distribution of syringyl and guaiacyl lignins in hardwoods in relation to habitat and porosity form in wood. *Holzforchung*, Berlin, 46 (3): 181-185.
- Zhang, B., Cai, J., Duan, C. Q., Reeves, M. J., & He, F. (2015). A review of polyphenolics in oak woods. *Int. J. Mol. Sci.*, 16: 6978-7014. 10.3390/ijms16046978