

**PAPEL DA MADEIRA NO ENVELHECIMENTO DA CACHAÇA****ROLE OF WOOD IN THE AGING OF CACHAÇA****PAPEL DE LA MADERA EN EL ENVEJECIMIENTO DE CACHAÇA**Amazile Biagioni Maia¹**Submetido em: 13/08/2021**

e28682

Aprovado em: 23/09/2021<https://doi.org/10.47820/recima21.v2i8.682>**RESUMO**

O armazenamento prolongado em barris de madeira (envelhecimento) é uma etapa integrante da produção de inúmeras bebidas destiladas, e afeta acentuadamente suas características sensoriais. Entre outras alterações moleculares sabe-se que, nessa etapa, as bebidas absorvem compostos fenólicos, especialmente monômeros e dímeros bioativos presentes na fração referida como extrativos da madeira. Esses fenólicos ocorrem em estruturas e proporções variáveis em cada tipo de madeira e tanto podem incorporar valor nutricional (especialmente pela função antioxidante) como efeitos potencialmente tóxicos à saúde. No Brasil, o envelhecimento da cachaça é opcional, mas amplamente efetuado, sendo empregados inúmeros tipos diferentes de madeiras. Nesse artigo, reúnem-se dados selecionados da literatura recente, que apontam a necessidade de um aprofundamento específico, tanto no âmbito das pesquisas como da legislação vigente, viabilizando a inserção de critérios químicos apropriados para caracterização e certificação do envelhecimento das cachaças brasileiras.

PALAVRAS-CHAVES: cachaça, envelhecimento, fenólicos**ABSTRACT**

Prolonged storage in wooden barrels (aging) is a procedure that integrates the production of numerous distilled beverages, and markedly affects their sensory characteristics. Among other molecular changes, it is known that, at this stage, beverages absorb phenolic compounds, especially bioactive monomers and dimers present in the fraction referred to as wood extractives. These phenolics occur in variable structures and proportions in each type of wood and can both incorporate nutritional value (especially due to their antioxidant function) and potentially toxic effects on health. In Brazil, the aging of cachaça is optional but widely performed, using numerous different types of wood. In this article, selected data from recent literature are gathered, which point to the need for a specific deepening, both in the scope of research and in the current legislation, enabling the insertion of appropriate chemical criteria for the characterization and certification of the aging of Brazilian cachaça.

KEYWORDS: cachaça, aging, phenolics**RESUMEN**

El almacenamiento prolongado en toneles de madera (envejecimiento) es un procedimiento que integra la producción de numerosas bebidas destiladas y afecta notablemente sus características sensoriales. Entre otros cambios moleculares, se sabe que, en esta etapa, las bebidas absorben compuestos fenólicos, especialmente monómeros y dímeros bioactivos presentes en la fracción denominada extractos de madera. Estos fenólicos se presentan en estructuras y proporciones variables en cada tipo de madera y pueden incorporar tanto valor nutricional (especialmente debido a su función antioxidante) como efectos potencialmente tóxicos para la salud. En Brasil, el

¹ LABM Laboratório Amazile Biagioni Maia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PAPEL DA MADEIRA NO ENVELHECIMENTO DA CACHAÇA
Amazile Biagioni Maia

envejecimiento de la cachaza es opcional pero se realiza ampliamente, utilizando muchos tipos diferentes de madera. En este artículo se recogen datos seleccionados de la literatura reciente, que apuntan a la necesidad de una profundización específica, tanto en el ámbito de la investigación como en la legislación vigente, que permita la inserción de criterios químicos adecuados para la caracterización y certificación del envejecimiento de Cachaça brasileña.

PALABRAS CLAVE: cachaça, envejecimiento, fenólicos

INTRODUÇÃO

Recentemente, foi publicada a Portaria nº 339 (MAPA, 2021) destinada a consulta pública para aprovação do novo texto da legislação brasileira da aguardente de cana e da cachaça. Na sequência, ocorreram inúmeros debates e propostas, especialmente no âmbito da diferenciação entre a cachaça de alambique e a cachaça industrial. Embora tenha havido consenso acerca da necessidade de avançar na caracterização da etapa do envelhecimento, ficou clara a necessidade de consenso acerca dos fatores mais relevantes a serem considerados. Esse texto foi concebido como contribuição para os debates e esforços de consenso, acelerando encaminhamentos que permitam incorporar avanços científicos recentes, tanto aos procedimentos como aos critérios de certificação do envelhecimento da cachaça.

ENVELHECIMENTO DA CACHAÇA: ESTADO DA ARTE

Tal como acontece outras bebidas destiladas, a produção da cachaça não se encerra, necessariamente, na etapa da destilação. Na sequência, a bebida pode ser submetida a armazenamento em barris de madeira, por alguns meses ou até mesmo anos. Nesse período, referido como envelhecimento, a cachaça adquire tonalidade amarela, passando também por alterações acentuadas no aroma e na palatabilidade (MOSEDALE, 1995; MAIA & CAMPELO, 2006).

Para inúmeras aplicações, a adequação da madeira é aferida mediante referenciais de rigidez e resistência mecânica. Esses parâmetros são governados pelas estruturas das macromoléculas celulose, hemicelulose e lignina, as quais compõem a parede celular. À diferença da celulose e hemicelulose, que são glicídicas e brancas, a lignina é fortemente corada, sendo constituída por centenas de monômeros fenilpropanoides (PETTERSEN, 1984; SJÖSTRÖM, 1993; KLOCH et al., 2005). Tal fato ensejou o entendimento de que as alterações na cor e palatabilidade das bebidas destiladas, no decorrer do envelhecimento, adviriam de monômeros da lignina, os quais seriam progressivamente solubilizados pela ação de enzimas da própria madeira (fenolases). Na sequência, esses compostos se difundiriam pelos interstícios da madeira, até serem incorporados à bebida (MOSEDALE, 1995). Esse entendimento validou a concepção de que a vida útil dos barris esteja atrelada à degradação progressiva da lignina, macromolécula indispensável para a integridade física dos toneis. Paralelamente, avanços no âmbito da delignificação da madeira, afetos à tecnologia do papel e da celulose, reforçaram práticas de revitalização dos barris, mediante desmonte e



tratamento das aduelas (BRANNVALL & REIMANN, 2018; MACHMUDAH et al., 2015; ZHANG et al., 2015; FUJIEDA et al., 2008).

NOVOS PARADIGMAS

Nas duas últimas décadas ocorreram avanços importantes no âmbito da química da madeira, assim como do papel dos fenólicos vegetais na saúde humana. As novas informações sinalizam a necessidade de mudança nos paradigmas relacionados tanto à composição química como ao potencial bioativo das bebidas alcoólicas armazenadas em recipientes de madeira.

Em primeiro lugar, é importante ter clareza de que os fenólicos da madeira não ocorrem apenas na estrutura da lignina. Todas as madeiras contêm inúmeras classes de fenólicos dotados de baixo peso molecular e que podem ser extraídos diretamente, mediante aplicação de solventes. Ocorrem na fração referida como “extrativos da madeira” (EM), que também inclui ácidos graxos, esteróis, terpenoides e alcaloides, entre outros. A fração EM geralmente é pequena, situando-se entre 2 e 4% em árvores de climas temperados, mas chega a 10 a 20% da massa total de certas árvores tropicais. À diferença das macromoléculas, que são agentes estabilizantes da configuração tridimensional, os EM desempenham ampla gama de funções fisiológicas (KLOCH et al., 2005; NAJJAR et al., 2011). Em especial, as estruturas fenólicas têm ação como antioxidantes e antimicrobianos, na prevenção de ataque de insetos, roedores e herbívoros, e ainda na polinização. Suas estruturas e teores variam conforme a espécie vegetal, a idade, estação do ano e as condições climáticas; podendo variar até mesmo entre árvores distintas da mesma espécie e na mesma região (HUTZLER et al., 1998; LIU et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2013).

Em segundo lugar, é necessário admitir que, sendo bioativos nos vegetais, os fenólicos da madeira não são apenas agentes de cor e/ou palatabilidade. De fato, muitos deles têm sido cada vez mais valorizados como agentes para a promoção da saúde, especialmente por sua ação como antioxidantes. Sua presença em bebidas e alimentos funcionais tem tido um crescimento vertiginoso (CALEJA et al., 2017). Então, a atividade biológica dos fenólicos incorporados à cachaça na etapa do envelhecimento não deve ser negligenciada. Essa atividade pode ser benéfica e existem recursos apropriados para sua quantificação e certificação. Mas pode também ser prejudicial e indesejável, demandando critérios rígidos de avaliação e autorização (KYSSELOVA, 2011; BODE & DONG, 2014).

Em terceiro lugar, é importante ter clareza de que nem todos os fenólicos da fração EM passam para a cachaça. Isso é muito importante, porque reduz acentuadamente a complexidade das estruturas fenólicas a serem avaliadas, assim como dos procedimentos analíticos requeridos para fins de monitoramento e certificação. Entre os fenólicos dos EM encontram-se monômeros (como o ácido gálico e a vanilina), inúmeros dímeros (incluindo flavonoides, como a quercetina) e também lignanos (com três a cinco monômeros). Em maior proporção, ocorrem em associações referidas como “taninos condensados”, insolúveis no ambiente hidroalcoólico das bebidas destiladas (DAS et al., 2020), Em menor proporção, encontram-se os “taninos hidrolisáveis” (ligados a açúcares) e os isolados referidos como agliconas (PETTERSEN, 1984; TAYLOR et al., 2006). Esses últimos é que



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PAPEL DA MADEIRA NO ENVELHECIMENTO DA CACHAÇA
Amazile Biagioni Maia

são incorporados à cachaça dos barris, em extensões variáveis conforme efeitos de polaridade, força iônica e temperatura (LOH et al., 1993; NASCIMENTO et al., 2013). Já no ambiente hidroalcológico, ocorrem adaptações intermoleculares que tanto podem resultar em ganhos sensoriais (esterificação...) como em turvação, devido a interações que acarretam perdas na solubilidade (FERREIRA et al., 2000; ALLYSSON et al., 2005). Portanto, não há necessidade de se analisar exaustivamente todos os componentes fenólicos da madeira para deliberar sobre sua adequação ou não ao emprego na confecção de barris. É suficiente que se caracterize a fração efetivamente extraída considerando as especificidades química do destilado alcoólico como “solvente extrator” (solução hidroalcolica com 40 a 60% vol. de etanol). Por outro lado, é necessária atenção ao fato de que cada tratamento específico destinado a ampliar o espectro de fenólicos solúveis na bebida destilada precisa ser avaliado no âmbito das alterações estruturais que possa desencadear (VICENTE, 2011; SOTTO-VACA et al., 2012; TIAN et al., 2017).

Isso nos leva ao quarto ponto importante na revisão dos paradigmas. As inevitáveis alterações sensoriais (relativamente aos toneis de primeiro uso) são ajustáveis mediante procedimentos padronizados. No entanto, as possíveis alterações no efeito nutricional recaem em panorama predominantemente obscuro. Não é à toa que certas marcas dão especial destaque, na divulgação de seus produtos, ao fato de advirem exclusivamente de “barris de primeiro e único uso”: nos usos subsequentes, os fenólicos serão absorvidos em proporções menores e diferenciadas. E o desmonte dos barris para fins de “revitalização” das aduelas, além dos custos e perdas associadas ao “retrabalho”, leva a incertezas quanto à segurança nutricional de novas estruturas fenólicas, não prontamente identificáveis e potencialmente tóxicas (SHADNIA & WRIGHT, 2008; ADEBOYE et al., 2014).

Assim, somos induzidos a buscar mais racionalidade no âmbito da valorização e aproveitamento das riquezas vegetais. O exemplo já advém da própria lógica da fisiologia vegetal: para as plantas, a lignina foi concebida como fator de rigidez e resistência mecânica. Com essa finalidade ocorre em proporções nitidamente acentuadas nos troncos das árvores em comparação a outras partes da planta. Já os fenólicos bioativos ocorrem em todas as partes vegetais, como cascas, galhos e folhas, até mesmo em maiores proporções (KLOCH et al., 2005). Muitos deles são reconhecidos como benéficos à saúde, e secularmente usados no preparo de chás, extratos e infusões terapêuticas. Outros são apontados como prejudiciais à saúde humana, seja a partir da experiência empírica ou de pesquisas científicas (DEL RIO et al., 2013). Então, se é indispensável abater árvores para confeccionar toneis de madeira, o mesmo não se pode dizer quanto ao aproveitamento de seus integrantes bioativos. Esses podem ser incorporados às bebidas sem necessidade de abate de árvores ou quaisquer ameaças ao meio ambiente. Ademais, podem ser selecionados e dosados criteriosamente, com base em análises químicas, farmacológicas e nutricionais.

Os fenólicos que advêm do contato da cachaça com a madeiras dos toneis são predominantemente monômeros e dímeros, em parte agliconas e em parte glicosídicos. As estruturas



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

PAPEL DA MADEIRA NO ENVELHECIMENTO DA CACHAÇA
Amazile Biagioni Maia

livres (agliconas) são identificáveis e quantificáveis diretamente mediante procedimentos rotineiros em HPLC (cromatografia líquida de alta resolução). As glicosídicas podem também ser identificadas e quantificadas, mas demandam procedimentos específicos, que dificultam sua aplicação rotineira (IGNAT et al., 2013; KHODDAMI et al., 2013; POLJANŠEK et al., 2015). Para os fins de padronização do processo e certificação da madeira do envelhecimento, já existem técnicas simples e aplicáveis rotineiramente (MAIA et al., 2020). Mas ainda há entraves, especialmente no âmbito da legislação.

LEGISLAÇÃO DA CACHAÇA

Alterando alguns critérios anteriores, a Portaria 339 de 28/06/21 (MAPA, 2021) submeteu à consulta pública novos referenciais afetos aos padrões de identidade e qualidade da aguardente de cana e da cachaça. No item 2.3.a propõe:

“Aguardente de cana ou cachaça envelhecida: (é) a bebida que contém, no mínimo, 50% (cinquenta por cento) de seu volume envelhecido em recipiente de madeira, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a 1 (um) ano, podendo ser adicionada de caramelo para a correção da cor”.

Observa-se que o texto sugere a “cor” como referencial para o envelhecimento da cachaça. Mas esse parâmetro não consta entre os critérios de caracterização. Nem poderia constar, pois admite-se que seja corrigida mediante adição de corante de caramelo.

Por outro lado, o item 6.13 sinaliza um pequeno avanço:

“As bebidas (...) poderão ser acondicionadas em contato com fragmentos de madeira, durante um período determinado, com o objetivo de conferir a bebida características sensoriais próprias da madeira utilizada”.

Com os dizeres acima, a proposta abre caminho para que se minimize tanto a necessidade de aquisição permanente de novos barris como dos arriscados esforços de desmonte dos barris usados para fins de “revitalização”.

CONCLUSÃO

Há muito para se avançar no âmbito do envelhecimento da cachaça, tanto em termos conceituais como operacionais. Embora a legislação não possa adiantar-se aos avanços científicos, seria muito desejável que fosse concebida de modo a estimular – ao invés de dificultar e estigmatizar – pesquisas e esforços que possam propiciar avanços importantes. Nesse sentido, considera-se prioritário: (a) que a etapa do envelhecimento seja caracterizada a partir de marcadores químicos da espécie vegetal dos barris empregados; (b) que a possibilidade de adição da espécie vegetal não fique restrita a fragmentos da madeira, estendendo-se a outras partes da planta, desde que a adição tenha respaldo científico e aprovação legal; (c) que haja limites claros à adição de caramelo para ajuste da cor ou mesmo que essa prática seja desestimulada.



REFERÊNCIAS

ADEBOYE, P. T.; BETTIGA, M.; OLSSON, L. The chemical nature of phenolic compounds determines their toxicity and induces distinct physiological responses in *Saccharomyces cerevisiae* in lignocellulose hydrolysates. **AMB Expr.**, v. 4, n. 46, 2014. DOI:[10.1186/s13568-014-0046-7](https://doi.org/10.1186/s13568-014-0046-7).

ALLISON, S. K., FOX, J. P., HARGREAVES, R.; BATES, S. P. Clustering and microimmiscibility in alcohol-water mixtures: Evidence from molecular-dynamics simulations. **Physical Review B**, v. 71, n. 2, 2005. DOI: 10.1103/physrevb.71.024201

AQUINO, F. W. B. **Determinação de compostos fenólicos em extratos de *Amburana cearensis* e em aguardentes de cana envelhecidas no Ceará.** 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

ARAÚJO, A. C. C. **Composição química monomérica da lignina da madeira de *Eucalyptus* spp. para produção de carvão vegetal.** 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

BODE, A. M.; DONG, Z. Toxic phytochemicals and their potential risks for human cancer. **Cancer Prevention Research**, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2014. DOI:10.1158/1940-6207.

BRÄNNVALL, E.; REIMANN, A. The balance between alkali diffusion and alkali consuming reactions during impregnation of softwood. Impregnation for kraft pulping revisited. **Holzforschung**, v. 72, n. 3, p. 169-178, 2018. DOI: 10.1515/hf-2017-0078

CALEJA, C.; RIBEIRO, A.; BARREIRO, M. F.; FERREIRA, I. C. F. R. Phenolic compounds as nutraceuticals or functional food ingredients. **Curr Pharm Des.**, v. 23, n. 19, p. 2787-2806, 2017.

DAS, A. K.; ISLAM, M. N.; FARUK, M. O.; ASHADUZZAMAN, M.; DUNGANI, R. Review on tannins: extraction processes, applications and possibilities. **South African Journal of Botany**, v. 135, p. 58-70, 2020

DEL RIO, D.; MATEOS, A.R.; SPENCER, J.P.E, TOGNOLINI, M., BORGES, G.; CROZIER, A. Dietary (poly)phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. **Antioxidants & Redox Signaling**, v. 18, n. 14, p. 1818–1892, 2013. DOI:10.1089/ars.2012.4581

FERREIRA, V.; ORTEGA, L.; ESCUDERO, A. A comparative study of the ability of different solvents and adsorbents to extract aroma compounds from alcoholic beverages. **Journal of Chromatographic Science**, v. 38, n. 11, p. 469-76, 2000. DOI:10.1093/chromsci/38.11.469

FUJIEDA, M.; TANAKA, T.; SUWA, Y.; KOSHIMIZU, S.; KOUNO, I. Isolation and structure of whiskey polyphenols produced by oxidation of oak wood ellagitannins. **J. Agric. Food Chem.**, v. 56, p. 7305-7310, 2008. DOI: 10.1021/jf8012713 CCC:

HUTZLER, P.; FISCHBACH, R.; HELLER, W.; JUNGBLUT, T. P.; REUBER, S.; SCHMITZ, R.; VEIT, M.; WEISSENBOCK, G.; SCHNITZLER, J. P. Tissue localization of phenolic compounds in plants by confocal laser scanning microscopy. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, n. 323, p. 953–965, 1998.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. Analytical Methods of Phenolic Compounds. *In.*: RAMAWAT, K.; MÉRILLON, J. M. (Eds). **Produtos naturais**. Berlim: Heidelberg; Springer, 2013. DOI:[10.1007/978-3-642-22144-6_56](https://doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6_56)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

PAPEL DA MADEIRA NO ENVELHECIMENTO DA CACHAÇA
 Amazile Biagioni Maia

[KHODDAMI](#), A.; WILKES, M. A.; ROBERTS, T. H. Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. **Molecules**, v. 18, n. 2, p. 2328-75, 2013. DOI: [10.3390/molecules18022328](https://doi.org/10.3390/molecules18022328)

KLOCK, U.; MUNIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da Madeira**. Curitiba: UFPR, 2005. Disponível em: <http://marioloureiro.net/ciencia/biomass/quimicadamadeira.pdf>

KYSELOVA, Z. Toxicological aspects of the use of phenolic compounds in disease prevention. **Interdiscip. Toxicol.**, v. 4, n. 4, p. 173–183, 2011. DOI:10.2478/v10102-011-0027-5

LIU, F.; CHEN, J.; CHAI, J.; ZHANG, X.; BAI, X. H.; ROUBIK, D. W. Adaptive functions of defensive plant phenolics and a non-linear bee response to nectar components. **Functional Ecology**, v. 21, n. 1, p. 96-100, 2007. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4139390>

[LIU](#), Q.; [LUO](#), L.; ZHENG, L. Lignins: Biosynthesis and Biological Functions in Plants. **Int J Mol Sci.**, v. 19, n. 2, p. 335, 2018. DOI: [10.3390/ijms19020335](https://doi.org/10.3390/ijms19020335)

LOH, W.; TONEGUTTIT, C. A.; VOLPE, P. L. O. Diffusion coefficients of aqueous phenols determined by the Taylor dispersion technique. **J. Chem. Soc. Faraday Trans.**, v. 89, n. 1, p. 113-118, 1993.

MACHMUDAH, S.; WAHYUDIONO, KANDA, H.; SASAKI, M.; GOTO, M. Hot Compressed Water Extraction of Lignin by Using a Flow-Through Reactor. **Engineering Journal**, v. 19, n. 4, 2015. DOI:10.4186/ej.2015.19.4.25

MAIA, A. B.; CAMPELO, E. P. **Tecnologia da cachaça de alambique**. Belo Horizonte: Fiemg/SindBebidas, 2006.

MAIA, A. B.; MARINHO, L. S.; NELSON, D. L. Certification of amburana in the aging of cachaça. **Res. Soc. Development**, v. 9, n. 12, 2020. DOI:[10.33448/rsd-v9i12.10644](https://doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10644)

MAPA. **Portaria 339 de 28/06/21**: Submete à Consulta Pública pelo prazo de 75 (setenta e cinco) dias a contar da data de publicação desta Portaria, a minuta de Portaria e respectivo Anexo que estabelece os Padrões de Identidade e Qualidade da aguardente de cana e da Cachaça e revoga atos normativos com matérias pertinentes. DOU, 120, seção 1, p.14.

MOSEDALE, J. **Effects of oak wood on the maturation of alcoholic beverages with**. [S. l.: S. n.], 1995

NAJJAR, N. E.; MUHTASIB, H. G.; RA, K.; VUORELA, P.; URTTI, A.; VUORELA, H. The chemical and biological activities of quinones: overview and implications in analytical detection. **Phytochemistry Reviews**, v. 10, n. 3, p. 353-370, 2011. DOI:10.1007/s11101-011-9209-1

NASCIMENTO, M. S.; SANTANA, A. L. B. D.; MARANHÃO, C. A.; OLIVEIRA, L. S.; BIEBER, L. **Phenolic extractives and natural resistance of wood**. London: IntechOpen, 2013 DOI: 10.5772/56358.

PETTERSEN, R. C. The Chemical composition of wood. **The Chemistry of Solid Wood**, p. 57-126, 1984. DOI: 10.1021 / ba-1984-0207.ch002

[POLJANŠEK](#), I.; VEK, V.; PRIMOZ, F. **Development of the HPLC method for separation of some phenolic compounds of wood**. [S. l.: S. n.], 2015. DOI: [10.20315 / ASetL.108.2](https://doi.org/10.20315 / ASetL.108.2)

SHADNIA, H.; WRIGHT, J. S. Understanding the toxicity of phenols: using quantitative structure–activity relationship and enthalpy changes to discriminate between possible mechanisms. **Chemical Research in Toxicology**, v. 21, n. 6, p. 1197-1204, 2008. DOI: 10.1021/tx800058r.

SJÖESTRÖM, E. **Wood Chemistry: Fundamentals and Application**. 2. ed. New York: Academic Press, 1993. ISBN 9780080925899.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

PAPEL DA MADEIRA NO ENVELHECIMENTO DA CACHAÇA
Amazile Biagioni Maia

SOTO-VACA, A.; GUTIERREZ, A.; LOSSO, J. L.; XU, Z.; FINLEY, J. W. Evolution of phenolic compounds from color and flavor problems to health benefits. **J. Agric. Food Chem.**, v. 60, p. 6658-6677, 2012. DOI:10.1021/jf300861c

TIAN, D.; CHANDRA, R. P.; LEE, J. S.; LU, C.; SADLER, J. N. A comparison of various lignin-extraction methods to enhance the accessibility and ease of enzymatic hydrolysis of the cellulosic component of steam-pretreated poplar. **Biotechnol Biofuels**, v. 10, p. 157, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13068-017-0846-5>.

VICENTE, C. D. **Determinação de compostos fenólicos, congêneres, contaminantes, carbamato de etila e capacidade antioxidante em cachaças no processo de envelhecimento em barris de diferentes madeiras**. 2011. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

ZHANG, B.; CAI, J.; DUAN, C. Q.; REEVES, M. J.; HE, F. A review of polyphenolics in oak woods. **Int. J. Mol. Sci.**, v. 16, p. 6978-7014, 2015. DOI:10.3390/ijms16046978.