



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JÉSSICA BARBOSA DE SOUZA

**CACHAÇA: PRODUÇÃO, CONTROLE DE QUALIDADE E SENSORIAL – A
REVISÃO**

JOÃO PESSOA

2022

JÉSSICA BARBOSA DE SOUZA

**CACHAÇA: PRODUÇÃO, CONTROLE DE QUALIDADE E SENSORIAL – A
REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Engenharia de Alimentos
do Centro de Tecnologia da Universidade Federal
da Paraíba, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheira de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Taliana K. A. Bezerra.

JOÃO PESSOA

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S719cc SOUZA, Jéssica Barbosa de.

CACHAÇA: PRODUÇÃO, CONTROLE DE QUALIDADE E
SENSORIAL- A REVISÃO / Jéssica Barbosa de Souza. - João
Pessoa, 2022.

46 f.

Orientação: Talia Kenia Alves Bezerra.

TCC (Graduação) - UFPB/TECNOLOGIA.

1. Cachaça; Envelhecimento de cachaça; Sensorial. I.
Bezerra, Talia Kenia Alves. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 664(043.2)

JÉSSICA BARBOSA DE SOUZA

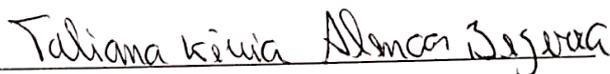
**CACHAÇA: PRODUÇÃO, CONTROLE DE QUALIDADE E SENSORIAL – A
REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso que apresenta à Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Data: 20 de junho de 2022

Resultado: Aprovado

Banca Examinadora



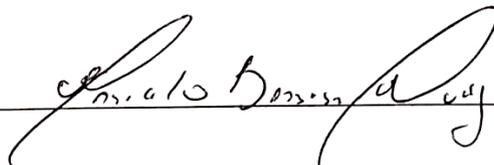
Prof.^a Dra. Taliana Kenia Alencar Bezerra

Orientadora/UEPB



Mestre Vanessa Pedro da Silva

Examinadora/UEPB



Prof.^o Dr. Marcelo Barbosa Muniz

Examinador/UEPB

JOÃO PESSOA

2022

DEDICATÓRIA

As minhas avós Maria Matias da Conceição e Maria Barbosa do Nascimento por serem exemplos de mulheres fortes, que mesmo com as dificuldades e lutas diárias conseguiram prover suas famílias e hoje servem de inspiração e admiração, sou grata por todo amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Á Deus por permitir que eu chegasse até aqui, me guiando e protegendo durante toda essa jornada.

Aos meus pais Maria B. de Souza Matias e Antônio Matias que mesmo sem entender direito as minhas escolhas sempre me apoiaram e acreditaram que eu seria capaz mesmo quando eu não acreditei, por todo os esforços que fizeram para que eu chegasse até aqui, por todo incentivo nos momentos difíceis e por todo o amor incondicional. Amo vocês e serei eternamente grata por tudo.

Aos meus irmãos Gabriel B. Matias e George B. Matias por todo o incentivo e apoio durante toda minha vida, amo vocês.

A minha amiga Inaraykla que durante todos esses anos de amizade, esteve ao meu lado nos bons e maus momentos, me oferecendo ajuda e apoio. Aos muitos momentos de risos sinceros, por me aturar por tanto tempo sem quase não reclamar, pelos inúmeros conselhos e principalmente por acreditar que eu seria capaz de conquistar tudo que conquistei até agora. Sou muito grata pela sua amizade.

Ao meu amigo Jean pelos muitos anos de amizade, mesmo distante sei que torce pelo meu sucesso, sou muito grata por te ter na minha vida.

A minha amiga Thayanne, por estar comigo durante toda a graduação, me apoiando e ajudando a superar os desafios, compartilhando os momentos de felicidades e tristezas também. Amizade que quero levar para toda vida.

Aos meus amigos André e Emily amizades que foram construídas durante a graduação e que pretendo levar por toda minha vida. Sou muito grata por todo carinho, por todo incentivo e apoio.

A minha orientadora Dr. Taliana K A Bezerra, pela orientação, por toda paciência, ajuda, compreensão e por todo carinho.

Ao professor Dr. Marcelo Barbosa Muniz e a Mestre Vanessa Pedro da Silva pelas contribuições dadas a este trabalho.

A Universidade Federal da Paraíba (UFPB), a todos professores e técnicos que contribuíram para minha formação profissional.

A todos as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para que fosse possível chegar até aqui.

*“Levanta essa cabeça
Enxuga essas lágrimas, certo?
Respira fundo e volta pro ringue
Cê vai sair dessa prisão
Cê vai atrás desse diploma
Com a fúria da beleza do Sol, entendeu?
Faz isso por nós
Te vejo no pódio.”*

Emicida

“Quando o mundo estiver unido na busca do conhecimento, e não mais lutando por dinheiro e poder, então nossa sociedade poderá enfim evoluir a um novo nível.”

Thomas Jefferson

RESUMO

A cachaça é uma bebida alcoólica produzida exclusivamente no Brasil, obtida a partir destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar. Dentre as etapas de produção da cachaça destacam-se os processos de fermentação, destilação e envelhecimento. A fermentação alcoólica é realizada pela ação de leveduras, que convertem os açúcares do mosto em etanol e gás carbônico. Já a destilação pode ser realizada em alambiques de cobre ou em colunas contínuas de aço inoxidável. As cachaças recentemente destiladas são descritas com características sensoriais negativas aos consumidores e devido a isto, são amplamente envelhecidas em tonéis de madeiras, assim promovendo a redução do amargor e aumento da doçura, além de proporcionar sabores e cores provenientes do contato com a madeira conferindo suavidade a bebida. O carvalho é a madeira mais utilizada para o envelhecimento, porém, no Brasil, outras espécies de madeiras tropicais têm sido estudadas e utilizadas. Após a produção, as cachaças devem atender a parâmetros físico-químicos que são exigidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil e atender a expectativas sensoriais dos consumidores. A análise sensorial tem destaque devido ao objetivo de melhorar e padronizar a qualidade da bebida, sendo considerada de extrema importância no monitoramento e controle da produção. Embora a cachaça seja uma bebida genuinamente brasileira e amplamente explorada no meio acadêmico, ainda há poucas publicações em formato de revisão. Desta forma o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura que forneça uma visão mais ampla sobre os aspectos de produção, o controle de qualidade e a análise sensorial da cachaça. Para o estudo foi realizado uma pesquisa bibliográfica reunindo o que há de relevante sobre o tema, foram selecionados artigos de 1998 a 2022 publicados em bases de dados. A partir deste levantamento bibliográfico foi possível reunir informações importantes acerca das etapas de produção da cachaça, o controle de qualidade e análise sensorial, bem como a etapa de envelhecimento e suas contribuições para a bebida.

Palavras-chave: Cachaça; Envelhecimento de cachaça; Sensorial.

ABSTRACT

Cachaça is an alcoholic beverage produced exclusively in Brazil, obtained from distillation of fermented must of sugarcane juice. Among the stages of cachaça production stand out the fermentation, distillation and aging processes. Alcoholic fermentation is carried out by the action of yeasts, which convert the wort sugars into ethanol and carbon dioxide. Distillation can be performed in copper stills or in solid stainless steel columns. The newly distilled cachaças are described with negative sensory characteristics to consumers and due to this, they are widely aged in wooden coudins, thus promoting the reduction of bitterness and increased sweetness, besides providing flavors and colors from contact with wood giving softness to the drink. Oak is the most used wood for aging, but in Brazil, other tropical wood species have been studied and used. After production, cachaças must meet physical-chemical parameters that are required by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) of Brazil and meet the sensory expectations of consumers. Sensory analysis is highlighted due to the objective of improving and standardizing the quality of the beverage, being considered extremely important in monitoring and control of production. Although cachaça is a genuinely Brazilian drink and widely explored in academia, there are still few publications in review format. Thus, the objective of this work was to conduct a literature review that provides a broader view of the aspects of production, quality control and sensory analysis of cachaça. For the study, a bibliographical research was carried out gathering what is relevant on the subject, we selected articles from 1998 to 2022 published in databases. From this bibliographic survey it was possible to gather important information about the stages of cachaça production, quality control and sensory analysis, as well as the aging stage and its contributions to drinking.

Keywords: Cachaça; Aging of cachaça; Sensory.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 METODOLOGIA.....	12
2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	12
2.2 UNIVERSO DA PESQUISA.....	12
2.3 COLETA DE DADOS.....	12
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1 HISTÓRICO	13
3.2 PRODUÇÃO DE CACHAÇA.....	14
3.2.1 Variedade de cana-de-açúcar	15
3.2.2 Fermentação para produção de cachaça.....	16
3.2.3 Destilação para produção de cachaça.....	19
3.2.4 Envelhecimento de cachaça	20
3.2.5 Compostos aromáticos em cachaças	25
3.3 CONTROLE DE QUALIDADE.....	29
3.4 ANÁLISE SENSORIAL.....	34
3.5 TENDÊNCIAS FUTURAS.....	36
4 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A cachaça é a bebida destilada mais produzida no Brasil e a segunda bebida alcoólica mais consumida no país, atrás apenas da cerveja (MELO *et al.*, 2021). É obtida a partir da destilação alcoólica da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*) ou da destilação do caldo da cana fermentado, possui graduação alcoólica entre 38% a 48% em volume, a 20 °C (ALCARDE; SOUZA; BELLUCO, 2010).

Dentre as etapas de produção da cachaça destacam-se os processos de fermentação, destilação e envelhecimento. Além disso, são realizadas ao produto final o controle de qualidade e análise sensorial. A fermentação alcoólica transforma o mosto da cana em etanol e gás carbônico (CO₂), através da ação de leveduras, a principal espécie de levedura utilizada é a *Saccharomyces cerevisiae*, pois apresenta características que favorecem o processo fermentativo. O processo de destilação pode ocorrer em alambiques ou em colunas (MELO *et al.*, 2021) e resulta em um produto final composto por água, álcoois, aldeídos, ácidos, cetonas e ésteres. A cachaça recém destilada possui um amargor e dureza indesejáveis, que podem ser amenizados durante o envelhecimento (ALCARDE; SOUZA; BORTOLLETO, 2014).

O envelhecimento promove alterações na composição química, no aroma, sabor e cor da bebida (ANJOS *et al.*, 2011). No Brasil, a cachaça é denominada envelhecida, quando contém no mínimo, 50% de seu volume envelhecido em recipiente de madeira, por um período não inferior a um ano, podendo conter adição de corante caramelo para a correção da cor (BRASIL, 2005a). A utilização de madeiras promove a extração de compostos que modificam o sabor, aroma e cor da bebida, tais como: óleos voláteis, fenóis, açúcares, glicerol, ácidos orgânicos não voláteis e substâncias tânicas (ANJOS *et al.*, 2011). O carvalho é a madeira mais utilizada para o envelhecimento de cachaça, porém, no Brasil, outras espécies de madeiras tropicais têm sido estudadas e utilizadas, dentre elas estão a umburana, amendoim-bravo, jequitibá, araruva, jequitibá rosa, cerejeira, ipê roxo e castanheira. O uso de madeiras tropicais deve manter os padrões de qualidade e autenticidade específicos para cada tipo de madeira (BORTOLETTO; SILVELLO; ALCARDE, 2021).

Para garantir a qualidade da cachaça durante todo processo produtivo, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) determinou um conjunto de parâmetros que devem ser seguidos, por meio da instrução normativa nº 13 de 29 de junho

de 2005, que apresenta o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de cana e para Cachaça (BRASIL, 2005).

A análise sensorial em cachaça desempenha a função de avaliar e comparar a aceitação da bebida, bem como estudar o efeito do processo de fabricação, assim como o seu envelhecimento em tonéis de carvalho e outras madeiras. Trata-se de uma ferramenta indispensável na avaliação da qualidade sensorial da cachaça (SANTOS; FARIA, 2011).

Por tanto diante do contexto, o presente trabalho tem por objetivo elaborar uma revisão de literatura que forneça uma visão mais ampla sobre a produção, o controle de qualidade e a análise sensorial da cachaça.

2 METODOLOGIA

2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Filho e Filho (2008) a pesquisa pode ser classificada de acordo com: sua natureza, aos métodos (ou abordagens metodológicas) utilizados, quanto aos objetivos e aos procedimentos técnicos. Nesse estudo a pesquisa trata-se de uma pesquisa bibliográfica reunindo o que há de relevante sobre o tema em estudo, e se classifica como:

Quanto a natureza: aplicada pois tem a finalidade de gerar conhecimentos de maneira a solucionar problemas específicos;

Quanto ao método: qualitativa pois interpreta e analisa as informações de forma intuitiva de modo que os dados obtidos não são quantificados;

Quanto ao objetivo: exploratória proporcionando maior familiaridade com a problemática em estudo;

Quanto ao procedimento técnico: bibliográfica tendo por objetivo a realização de um estudo sistematizado de artigos já publicadas e disponibilizadas em periódicos científicos.

2.2 UNIVERSO DA PESQUISA

O universo da pesquisa foi delimitado pelo período do estudo em base de dados e do tipo de publicação, nesse sentido foram selecionados os trabalhos de 1998 a 2022. Os tipos de publicação selecionados para o estudo foram os artigos publicados em periódicos tanto nacionais quanto internacionais.

2.3 COLETA DE DADOS

Para a coleta de dados foi realizado uma pesquisa bibliográfica, por meio do acesso ao portal de pesquisa científica, periódicos.capes.gov.br, onde foram selecionadas as áreas de conhecimento de interesse “Ciências agrárias” e a subárea “ciência e tecnologia de alimentos”. As bases de dados utilizadas foram Scopus-Elsevier, ScienceDirect-Elsevier, Scientific Electronic Library Online (SciELO), Taylor e Francis Online e utilizando as seguintes palavras-chaves “envelhecimento de cachaça”, “análises sensoriais de cachaça”, “controle de qualidade em cachaça”, “produção de cachaça”.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 HISTÓRICO

A cachaça está presente na história do Brasil desde a sua colonização, quando a Corte Portuguesa iniciou, em meados do século XV, o cultivo da cana-de-açúcar, a princípio com maior exploração para a produção do açúcar, e posteriormente sendo utilizada como matéria-prima para produção de cachaça (BRAGA, 2015). Existem algumas divergências entre os pesquisadores sobre a data exata e como realmente ocorreu o processo de fabricação da bebida, entretanto acredita-se que tenha surgido a partir dos escravos que consumiam o caldo fermentado, obtido durante o processo de fabricação do açúcar (ANDRADE *et al.*, 2018).

Com a descoberta da cachaça, fez-se necessário a construção de novos engenhos principalmente nas regiões de interior do país, aumentando o número de produção e busca pela bebida. Em 1808, a Corte Portuguesa reconheceu a cachaça como parte dos produtos que compõe a economia brasileira, iniciando sua exportação e a comercialização a outros países. Com o início da cafeicultura na segunda metade do século XIX, houve uma queda na produção de cachaça e só em 1992 voltou a ter grande produção, quando Governo criou o Pró-Cachaça, Programa de Incentivo à Produção da Cachaça, que garantia à proteção e o incentivo aos produtores de cachaça (ANDRADE *et al.*, 2018).

Em 2005, com intuito de impulsionar o mercado da cachaça, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) aprovou o regulamento técnico que define os padrões de qualidade que devem ser seguidos para produção da cachaça (BRASIL, 2005). No ano de 2013, após um acordo entre Estados Unidos e Brasil, a cachaça passou a ser reconhecida como bebida genuinamente brasileira (ANDRADE *et al.*, 2018).

Atualmente, a cachaça está presente em todos os Estados brasileiros e é a segunda bebida alcoólica mais consumida no país, contribuindo não somente para a economia, mas também para formação cultural do país servindo de inspiração para escritores, compositores e artistas de diversas áreas. Em soma, participa da culinária de algumas regiões, sendo inserida como ingrediente em alguns pratos e utilizada também como base para produção de outras bebidas como a caipirinha, drinque nacional, amplamente apreciado pelos brasileiros (BRAGA, 2015).

3. 2 PRODUÇÃO DE CACHAÇA

A cachaça é uma bebida alcoólica produzida exclusivamente no Brasil, cuja denominação é dada a aguardente de cana com graduação alcoólica de 38% a 48% em volume a 20°C, produzida a partir destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açucares até 6g/L, expressos em sacarose. De acordo com o padrão de identidade e qualidade, pode ser classificada em: cachaça, cachaça adoçada, cachaça envelhecida, cachaça premium e cachaça extra premium (BRASIL, 2005).

É uma bebida produzida em unidades industriais ou artesanais e elaboradas em quase todas as regiões do Brasil, apenas os Estados de Amapá e Roraima não apresentaram registros de estabelecimentos produtores no ano de 2020. Em soma, destaca-se que os dez Estados do Brasil, com maior número de produtores são: Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraíba, Goiás, Paraná e Bahia. A Paraíba é o maior produtor de cachaça da região Nordeste, ocupando a sétima posição a nível nacional com quarenta registros de estabelecimentos produtores de cachaça, com destaque para o município de Areia que apresenta o maior número de estabelecimentos produtores de cachaça da Paraíba, contando com nove estabelecimentos, e oitenta marcas de cachaça registradas, além disso, o município também recebeu o título de Capital Paraibana da Cachaça através da Lei nº 11.873 de 19 de abril de 2021 (BRASIL, 2021; PARAIBA, 2021).

Na cachaça, o etanol é o principal composto volátil produzido, no entanto outros compostos secundários (aldeídos, ésteres, ácidos voláteis e outros tipos de álcoois), são os responsáveis pelo aroma e sabor característicos da bebida. Os aromas estão relacionados aos compostos voláteis provenientes da cana-de-açúcar, leveduras utilizadas e condições de fermentação, método de destilação e envelhecimento; e embora o envelhecimento não seja obrigatório, ele refina o perfil sensorial da bebida e influencia na sua qualidade química (GRANATO, *et al.* 2014; BORTOLETTO & ALCARDE, 2013; BORTOLETTO *et al.*, 2016).

Na literatura encontram-se estudos que evidenciam a influência dos parâmetros supracitados, na qualidade do produto final. Serafim *et al.* (2016), ao analisar cinquenta amostras de cachaça produzidas em cinco estados brasileiros (São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraíba e Ceará), obtidas por fermentação natural, destiladas em alambiques de cobre e não envelhecidas em barris de madeira, observaram diferenças

significativas no perfil químico das cachaças. As diferenças citadas foram associadas a região (clima, solo, flora e composição da cana-de-açúcar) em que foram produzidas e também às cepas de leveduras nativas de cada região. Resultados semelhantes foram obtidos por Vilela *et al.* (2021), que obteve um perfil químico variável para as amostras de cachaça tradicionais, coletadas em diferentes mesorregiões do Estado da Paraíba.

3.2.1 Variedade de cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta de grande potencial industrial e econômico, pela existência de mais de 260 derivados de cana-de-açúcar, no Brasil, como em relevância o etanol, açúcar e a cachaça. Destaca-se que é uma planta tropical que se desenvolve bem em regiões de clima quente, com temperaturas entre 18°C e 35°C e possui composição química variável, de acordo com o solo, clima, variedade e estágio de maturação (RIBEIRO-FILHO, 2020).

É uma espécie de colmo ou haste constituída de fibra e caldo com açúcares dissolvidos, que podem ser metabolizados pela levedura e convertidos majoritariamente em etanol e gás carbônico. Seu colmo apresenta 75% a 82% de água e 18% a 25% de sólidos solúveis (açúcares e não açúcares orgânicos e inorgânicos). Os açúcares presentes em maior proporção são a glicose, frutose e a sacarose (PRATI & CAMARGO, 2008).

Para a produção de cachaça, deve-se levar em consideração a variedade de cana-de-açúcar, condições climáticas da região produtiva, fácil despalha, resistência ao tombamento, baixo teor de fibras, resistência às principais pragas e doenças, boa produção por hectare, dentre outros fatores. Vários centros de pesquisa com parcerias junto a diversas universidades do Brasil desenvolvem variedades de cana-de-açúcar; o exemplo da RIDESA Brasil (Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético) que apresentou 16 novas variedades em parceria junto as seguintes Instituições detentoras da proteção, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Variedades de cana-de-açúcar desenvolvidas pela Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético.

Instituição detentora da proteção	Variedades
Universidade Federal de Alagoas	RB961552, RB991536
Universidade Federal de Goiás	RB034045
Universidade Federal Rural de Pernambuco	RB992506, RB002754
Universidade Federal do Paraná	RB036066, RB036088, RB036091
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro	RB969017, RB988503
Universidade Federal de São Carlos	RB975201, RB975242, RB975952, RB985476
Universidade Federal de Viçosa	RB987935, RB988082

Fonte: Oliveira *et al.* (2015)

Desta forma, totalizando noventa e quatro variedades de sigla RB, que vem sendo aplicada em 68% da área total de cultivo no Brasil; destacando a variedade RB92579, que impactou a produtividade de cana da região Nordeste do Brasil (OLIVEIRA, *et al.* 2015; ALCARDE, 2017). Martini *et al.* (2010) em seu estudo avaliou as variedades RB72454, RB835486 e 867515 quanto as características microbiológicas e físico-químicas, obtendo os melhores resultados para a variedade RB867515.

Em soma, avaliando as canas-de-açúcar produzidas no Estado da Paraíba, a mesorregião da Mata paraibana possui uma maior área destinada ao cultivo, com clima e relevo favoráveis, porém, a maior parte desse cultivo é destinada a produção de álcool e açúcar. A mesorregião do Agreste, apesar de possuir clima com temperaturas médias baixas e chuvas irregulares durante o ano, concentra a maior parte de produção de cachaça da Paraíba (VILELA, *et al.* 2021).

3.2.2 Fermentação para produção de cachaça

A fermentação alcoólica para a produção de cachaça e aguardente é realizada pela ação de leveduras, que convertem os açúcares do mosto em etanol e gás carbônico. A principal espécie de levedura é a *Saccharomyces cerevisiae*, que se desenvolve naturalmente na superfície dos colmos e folhas da cana-de-açúcar, solo e ar; sendo amplamente utilizada na produção de cachaça devido a alta capacidade fermentativa e

resistência ao estresse (NOBRE, *et al.*, 2007; SILVA, *et al.* 2020), características desejáveis na seleção de suas cepas em vários estudos.

Vicente *et al.* (2006), isolaram cepas de acordo com a capacidade de fermentar, flocular e produzir compostos aromáticos; com o objetivo de obter inóculos com cepas selecionadas e adaptadas. Cepas floculantes, não produtoras de sulfeto de hidrogênio (H₂S) foram isoladas por Silva *et al.* (2009) e estudos realizados por Paredes *et al.* (2018) avaliaram a resistência e produtividade de etanol de três cepas isoladas em destilarias de cachaça, onde observaram resultados satisfatórios no desempenho durante a fermentação alcoólica e menor sensibilidade ao estresse durante os ciclos de fermentação.

Outras leveduras não-*Saccharomyces* tais como: *Candida milleri* (*Candida humilis*), *Hanseniaspora guilliermondii*, *Pichia caribbica*, *Pichia guilliermondii*, *Pichia membranifaciens* e *Zygosaccharomyces fermentati* (*Lachancea fermentati*), também estão presentes durante a fermentação, sendo espécies frequentemente isoladas (NOVA, *et al.* 2009; SILVA, *et al.* 2009b).

Além da utilização de cepas selecionadas de *S. cerevisiae* para a produção de cachaça; outros estudos avaliaram a influência de inóculos mistos produzidos com leveduras não-*Saccharomyces* e *Saccharomyces cerevisiae*. Observou-se que inóculos mistos de *Saccharomyces cerevisiae* e *Pichia caribbica* melhoram o processo de fermentação, reduziram as concentrações de açúcares residuais, produziram altas concentrações de etanol, além de aumentarem o teor de voláteis desejáveis (DUARTE, *et al.* 2013). Em soma, Amorim *et al.* (2016) ao avaliar a influência de inóculos mistos *Saccharomyces cerevisiae* e *Meyerozyma caribbica* no processo de fermentação, observou um aumento no conteúdo de ésteres etílicos e álcoois superiores; e uma melhoria na qualidade sensorial com relação ao aroma e sabor.

Vale salientar que várias características são desejáveis durante a seleção das cepas, onde podemos destacar: fermentação inicial rápida, alta taxa de fermentação, tolerância ao stress, fermentação completa do substrato, elevada absorção e consumo de açúcar, capacidade de floculação, não produção de sulfeto de hidrogênio (H₂S), baixa produção de ácido acético, produção de compostos aromáticos e rendimento na produção de etanol (SILVA, *et al.* 2009b; NOVA, *et al.* 2009; GONÇALVES, *et al.* 2016).

Entretanto, destaca-se que a fermentação alcoólica na produção de cachaça pode ser realizada de forma espontânea ou artificial. Na fermentação espontânea, se utiliza o fermento natural, também chamado de selvagem ou caipira, é constituído por células de leveduras que estão naturalmente adaptadas ao ambiente de cultivo da cana e do processo

de produção. Esse fermento é obtido do aproveitamento das leveduras naturais do caldo de cana, multiplicadas por tratamento de estímulo à ativação e crescimento (RIBEIRO, *et al.* 2017). O fermento natural pode ser preparado de várias maneiras; tendo como base o caldo de cana que é misturado com farinha de milho, farelo de arroz, suco de frutas cítricas; havendo uma grande variedade de misturas existentes (VICENTE, *et al.* 2006; MARTINI, *et al.* 2010; PORTUGAL *et al.*, 2017).

Martini *et al.* (2010) ao avaliar as características microbiológicas do caldo de cana de diferentes partes do colmo da cana-de-açúcar (base, meio e ponta), durante três períodos de safra (maio a dezembro), observou que a parte do colmo mais indicada para a preparação do fermento natural compreende do décimo primeiro entrenó até a ponta, por ser fonte de leveduras e açúcares redutores; e o início da safra no mês de maio como sendo o melhor período, por apresentar compostos fenólicos em baixa concentração, elevado número de *Saccharomyces* e de outras leveduras, e acidez alta.

A fermentação espontânea continua a ser o método tradicional utilizado para a produção de cachaça, onde cada cachaça apresenta características intrínsecas, que estão relacionadas ao ambiente onde são produzidas e práticas de processamento, considerando o importante papel da microbiota nativa sobre a qualidade e perfil químico distinto do destilado (PORTUGAL, *et al.* 2017).

Na fermentação artificial se utiliza fermentos selecionados, disponíveis no mercado, que consiste de cepas da levedura de *Saccharomyces cerevisiae*, isoladas em processo de produção e que apresentaram características favoráveis em testes de laboratório quanto ao rendimento e à produtividade fermentativa, tolerância à temperatura, acidez, teores alcoólicos e quanto à qualidade química e sensorial do destilado produzido (ALCARDE, 2017).

Em estudo realizado por Alcarde *et al.* (2012), com diferentes cepas da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, foi observado que as cepas apresentaram composições químicas distintas; sendo as cepas selecionadas CA-11 e CANAMAX, as que produziram aguardentes com a melhor composição química relacionada à qualidade sensorial. A cepa CA-11 desenvolvida pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), comercializada pela LNF Latino Americana e a CANAMAX, desenvolvida pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), comercializada pela Lallemand, são as mais frequentemente utilizadas nesse tipo de fermentação (ALCARDE, 2017).

Ribeiro *et al.* (2017), também observaram que a fermentação utilizando as cepas selecionadas CA-11 se destaca em relação a fermentação natural, demonstrando maior

habilidade para desdobrar os açúcares, manter uma maior viabilidade de células durante a fermentação e possibilita a obtenção de destilado de melhor qualidade. O uso de culturas iniciadoras com cepas selecionadas tem a vantagem de acelerar o processo inicial de fermentação, tornando-o mais eficiente (SOUZA, *et al.* 2012).

3.2.3 Destilação para produção de cachaça

A cachaça é uma bebida alcoólica que é produzida através da destilação do mosto fermentado da cana-de-açúcar. A destilação pode ser realizada em alambiques de cobre ou em colunas contínuas de aço inoxidável; onde o destilado é obtido principalmente através do processo de monodestilação, existindo variações do processo como a bidestilação e a redestilação. Na destilação em alambiques de cobre, o destilado é separado com base no conteúdo alcoólico em três frações (cabeça, coração e cauda); na fração da cabeça estão concentrados os compostos mais voláteis e mais solúveis em álcool, com baixo ponto de ebulição (metanol, acetaldeídos e acetato de etila); o coração representa de 80 a 85% do volume do destilado total e é constituído principalmente por etanol, bem como álcoois superiores; já na cauda estão presentes compostos menos voláteis, solúveis em água como o ácido acético e o 5-hidroximetilfurfural. A destilação em colunas de aço inoxidável é realizada em larga escala de forma contínua em destilarias industriais, onde a entrada do mosto fermentado e saída do destilado ocorrem simultaneamente, mas por vias distintas; não ocorrendo o processo de separação do destilado por frações (ALCARDE, *et al.* 2009; NOVA, *et al.* 2009; RECHE & FRANCO, 2009; ROTA & FARIA, 2009; SERAFIM, *et al.* 2012; BORGES, *et al.* 2014; GRANATO, *et al.* 2014; PORTUGAL, *et al.* 2017; SILVA *et al.* 2020; BORTOLETTO, *et al.* 2021).

No processo de bidestilação, a primeira destilação é realizada até que todo o etanol presente seja destilado, resultando em uma mistura com teor alcoólico entre 25 e 27% de álcool em volume. Esse destilado é então submetido a uma nova destilação, onde são separadas as frações da cabeça que corresponde a 2% do volume a ser destilado; coração com teor alcoólico em torno de 60%; e cauda que terá uma posterior recuperação do álcool remanescente. A fração do coração, neste caso, apresenta um teor alcóolico maior do que a fração do coração de uma cachaça monodestilada, já que parte da água já foi retirada na primeira destilação, concentrando o destilado em etanol e também em compostos voláteis secundários; sendo necessário diluição em água potável ou envelhecimento em barris de

madeira para que atinja os limites permitidos pela legislação brasileira e possa ser consumida. A bidestilação contribui para a redução da concentração dos congêneres, contaminantes orgânicos e inorgânicos, melhorando também a qualidade sensorial do destilado (ALCARDE, *et al.* 2009; ROTA & FARIA, *et al.* 2009; SILVA, *et al.* 2020).

As cachaças recentemente destiladas são descritas como agressivas, alcoólicas, duras e amargas, características estas sensoriais negativas aos consumidores. Esses atributos são decorrentes de separações inadequadas das frações do destilado; como também da destilação em colunas de aço inoxidável, que devido à presença de compostos sulfurados formados pela degradação de aminoácidos (metionina, cisteína e cistina), porém esses compostos são muito voláteis e se perdem após um curto período; com isso o armazenamento em barris de madeira pode melhorar essas características sensoriais (ALCARDE, 2017; SILVELLO, *et al.* 2021).

Borges *et al.* (2014) concluíram que uma separação adequada do destilado, contribuiu para redução dos níveis de carbamato de etila (CE), permanecendo na fração da cabeça os níveis mais elevados. Alcarde *et al.* (2009), compararam a monodestilação com a bidestilação e observaram reduções nas concentrações da acidez volátil, aldeídos, ésteres, metanol, álcoois superiores e cobre. A bidestilação produz uma bebida mais padronizada para ser posteriormente envelhecida, melhorando sua qualidade sensorial (ROTA, *et al.* 2013).

Silva *et al.* (2013), ao estudar a influência do número de destilações sobre a composição química de aguardentes, observaram que a pentadestilação obteve melhores resultados, reduzindo 100% do contaminante carbamato de etila. Corroborando com esta pesquisa, Silva *et al.* (2020) observaram redução na concentração dos congêneres (ácido acético, aldeído acético, acetado de etila, álcool propílico e furfural) e dos contaminantes (metanol, sec-butanol, cobre e carbamato de etila) nos processos de bidestilação e redestilação; produzindo destilados com melhor qualidade química, já que as concentrações dos congêneres (ácido acético, aldeído acético e furfural) e dos contaminantes devem ser as menores possíveis, por serem compostos prejudiciais à saúde e a qualidade sensorial.

3.2.4 Envelhecimento de cachaça

Dentre as etapas envolvidas na produção da cachaça o envelhecimento é uma das mais significativas, embora não seja obrigatória, proporciona mudanças tanto na

composição química, quanto no aroma, sabor e cor do produto. O envelhecimento em tonéis de madeira promove a redução do amargor e aumento da doçura, além de proporcionar sabores e cores provenientes do contato com a madeira conferindo suavidade a bebida (ALCARDE; SOUZA; BELLUCO, 2010).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento a cachaça é denominada envelhecida, quando contem no mínimo, cinquenta por cento de seu volume envelhecido em recipiente de madeira, por um período não inferior a um ano, podendo conter adição de corante caramelo para a correção da cor (BRASIL, 2005). Portanto, a escolha de uma madeira adequada é de grande importância e deve ser realizada analisando parâmetros como a densidade, permeabilidade e a composição química (CASTRO, *et al.* 2015).

A madeira utilizada nos barris influencia diretamente na qualidade da cachaça envelhecida, que durante o envelhecimento reage com o destilado gerando reações químicas que extraem os compostos presentes e decompõem as macromoléculas da madeira: celulose, hemicelulose e lignina através da ação do álcool e da água. A degradação da lignina é responsável pela geração de compostos fenólicos de baixo peso molecular, que influenciam na composição química e conseqüentemente nas características sensoriais do destilado, melhorando também sua qualidade e atividades bioativas, como antioxidantes (CARVALHO, *et al.* 2020; CASTRO, *et al.* 2020; SILVELLO, *et al.* 2021).

Dentre os compostos orgânicos, extraídos da madeira e incorporados nos destilados destacam-se os fenólicos, que vem sendo amplamente estudados em bebidas e que apresentam propriedades antioxidantes (ANJOS, *et al.* 2011). O carvalho é a principal madeira utilizada no processo de envelhecimento, sendo as espécies mais predominantes, de carvalho peduncular (*Quercus robur Linn*, *Quercus pedunculata Ehrh.*), carvalho séssil (*Quercus petraea Liebl*, *Quercus sessiliflora Sm.*), carvalho branco americano (*Quercus alba l.*) e o vermelho da América do Norte (*Quercus rubra*). E apresenta em sua composição, as cumurinas, escopoletina, ácidos gálico e elágico, como fenólicos majoritários, e também em destaque a vanilina que após passar por processo de oxidação é convertida em ácido vanílico, que é responsável pelo aroma de baunilha característico (CHATONNET; DUBOURDIEU, 1998).

Entretanto, conforme supracitado o carvalho é a madeira mais utilizada, porém devido a necessidade de importação desta madeira e assim alto custo de utilização (SILVA, *et al.* 2009a), outras madeiras da flora brasileira vêm sendo estudadas e

analisadas na produção de barris com o potencial de gerar compostos aromáticos marcadores de envelhecimento, como o amendoim-bravo, umburana, jequitibá, araruva, jequitibá rosa, cerejeira, ipê roxo, castanheira, grábia, pau-pereira e freijó (BORTOLETTO & ALCARDE, 2013; BORTOLETTO, *et al.* 2016; BORTOLETTO, *et al.* 2021).

Zacaroni *et al.* (2011), em seus estudos observaram que na composição da madeira de castanheira encontram-se os ácidos gálico e elágico como fenólicos majoritários, enquanto que em amburana há predominância de curamina e eugenol e na de louro-canela, catequina e ácido vinílico. Já na madeira de balsamo apresentam-se como fenólicos predominantes o ácido elágico e vanilina, enquanto que o ácido siríngico, vanílico e coniferaldeído estão presentes na madeira de ipê (DIAS, *et al.* 1998). E a predominância de vanilina e ácido siríngico na madeira de peroba e ácido gálico e siringaldeído em madeira de jatobá (SANTIAGO, *et al.* 2017).

Os compostos fenólicos são metabólitos secundário obtidos a partir de plantas, bactérias ou fungos com alto poder antioxidante, apresentam hidroxilas e anéis aromáticos em sua estrutura. São classificados em dois grupos: flavonóides (isoflavonóides, antocianidinas, flavonóides, flavonóis, flavanonas e flavonas) e não flavonóides (ácidos hidroxicinâmicos e hidroxibenzóicos, estilbenóides, lignóides e cumarinas). Em alimentos atuam na cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (CARVALHO, *et al.* 2020).

Em estudo Bortoletto *et al.* (2016) identificaram que a cachaça envelhecida em madeira de carvalho, usualmente mais utilizada, apresentou um sabor doce, suave com aroma de baunilha e uma coloração amarelada característica dessa madeira. A mesma coloração foi identificada em cachaças envelhecidas nas madeiras de umburana, cabreúva e jatobá. As envelhecidas em balsamo apresentaram um aroma acentuado, porém agradável, com uma coloração amarelo-avermelhado, enquanto que em madeiras de amendoim, araruva e jequitibá a bebida apresentou coloração transparente, característico do destilado simples (ALCARDE, *et al.* 2010; CATÃO, *et al.* 2011; SANTIAGO, *et al.* 2017).

Em pesquisas Faria *et al.* (2003) verificaram que a utilização de madeiras de amendoim, pereira e jatobá podem substituir a tradicional madeira de carvalho; Souza *et al.* (2013) observaram que a utilização de madeiras de amburana atribui características sensoriais agradáveis; Enquanto Mori *et al.* (2003) analisaram a composição química de barris confeccionados com madeira de eucaliptos e encontraram semelhança com as de

carvalho em relação a tonalidade da cor como também a presença de polissacarídeos e lignina constituintes da madeira que melhoram as características sensoriais dos destilados.

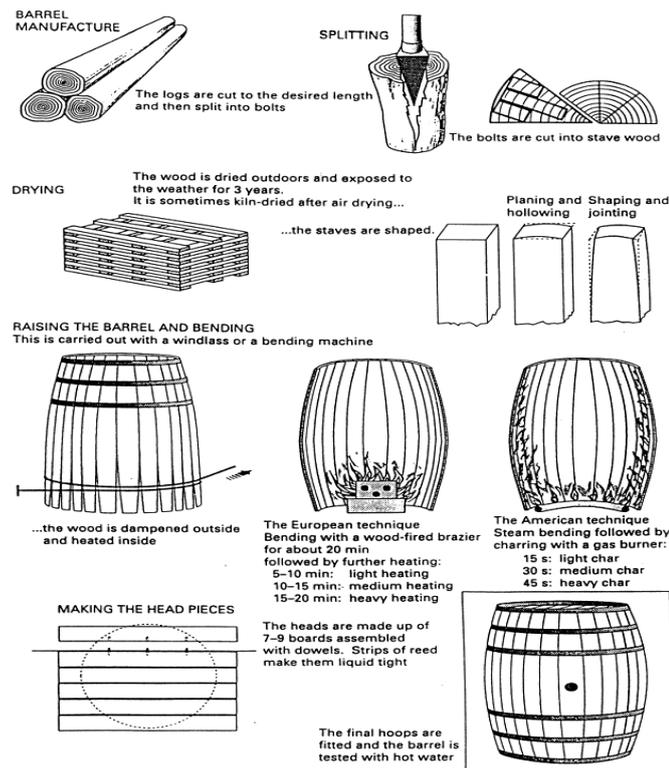
Apesar dos avanços em estudos sobre as variedades de madeiras que podem ser utilizadas no envelhecimento da cachaça ainda existe carência de informações científicas e técnicas sobre o efeito ocasionados dos diferentes tipos de madeiras utilizadas na confecção dos barris e principalmente a bioacessibilidade desses compostos fenólicos frente à digestão.

Vale destacar que a confecção dos barris não é um processo uniforme e existem diferenças entre as tanoarias. A França e os Estado Unidos são os países com maiores produções e exportações de barris de madeira, sendo as espécies de carvalho *Quercus petraea* e *Q. robur* das florestas francesas e carvalho americano *Q. alba* das florestas dos EUA as mais utilizadas (CARPENA, *et al.* 2020).

O processo de produção dos barris ocorre de maneira artesanal e inicia-se com a escolha da madeira desejada, a qual deve possuir características satisfatórias para o envelhecimento da bebida tais como porosidade, permeabilidade e a composição química (CADAHÍA, *et al.* 2009). Em seguida são realizados cortes em cilindro de acordo com a própria estrutura da madeira para formar as aduelas, após o corte, as pilhas de madeira são transportadas para estaleiros onde ocorre o processo de secagem natural ou artificial (LOPES, 2020). Finalizado a secagem, a madeira passa por cortes a *laser* com o objetivo de modelar as aduelas e são utilizadas cintas de aço para realizar a união das aduelas, posteriormente, inicia-se o fechamento do barril (MOSEDALE & PUECH, 1998).

Após o fechamento do barril ocorre a aplicação de tratamento térmico, que tem por objetivo tornar a madeira mais maleável e assim facilitar seu manuseio, durante o aquecimento o tanoeiro modela a parte superior do barril a fim de forma uma parede uniforme, quando as aduelas da parte inferior do barril estão totalmente unidas, o barril é retirado do fogo. Por fim, colocam-se as tampas e logo em seguida realiza-se o acabamento onde os barris são lixados mecanicamente (LOPES, 2020).

Figura 1 – Processo de fabricação dos barris.



Fonte: Mosadale e Puech (1998)

Segundo Mosadale e Puech (1998), o processo de tosta provoca alterações na estrutura e composição da madeira o que consequentemente pode influenciar nas características sensoriais das bebidas durante o envelhecimento. Esse processo pode variar, desde diferentes graus de aquecimento, comuns nos tanoeiros europeus, até carbonização total da madeira utilizada nas tanoarias americanas.

A tosta final, empregada aos barris, pode atribuir características físicas e sensoriais específicas à bebida (BORTOLETTO & ALCARDE, 2015). É considerada uma das etapas mais importantes durante a confecção dos barris, isto porque quando a madeira é aquecida ocorre a liberação de componentes que produzem diversos compostos voláteis que conferem aromas e sabores característicos (DUMITRIU, *et al.* 2017).

O processo de tosta não é padronizado e depende das técnicas empregadas pelo tanoeiro, porém usualmente classificam-se em três tipos: leve, médio e pesado. O leve atribui à bebida a coloração acastanhada; o médio atribui tonalidade intermediária; e o pesado, confere tonalidade escura, semelhante a coloração de chocolate. Os barris cujo processo de tosta é elevado se caracterizam como carbonizados e podem transferir para a bebida aroma indesejáveis de fumaça (BORTOLETTO & ALCARDE, 2015).

3.2.5 Compostos aromáticos em cachaças

O sabor é um atributo que está diretamente relacionado a aceitação de um produto alimentício, e é formado pelas sensações que o aroma e o gosto provocam no indivíduo. Estas sensações são atribuídas aos compostos aromáticos presentes. Os compostos aromáticos apresentam-se através de diferentes classes químicas, e em diferentes quantidades nos produtos. Esta característica dos alimentos é geralmente resultado de dezenas ou centenas de compostos voláteis, que mesmo em concentrações muito baixas, podem influenciar na formação do aroma característico do alimento e que nos fazem identificar qual composto presente (MASHINA, *et al.* 2016).

Os compostos químicos voláteis presentes em cachaças influenciam no sabor e aroma característico, e podem ser provenientes da matéria-prima usada na produção, no processo de fermentação, leveduras e condição da fermentação, destilação, armazenamento e do envelhecimento, quando houver (Tabela 2) (BORTOLETTO & ALCARDE, 2013; GRANATO, *et al.* 2014).

Tabela 2 - Compostos voláteis encontrados em cachaças.

Classes	Compostos	Descritores	Tipos de Madeira
Ésteres Etfílicos	Pentanoato de etilo; Hexanoato de etilo; Heptanoato de etilo; Octanoato de etilo; Nonanoato de etilo; Decanoato de etilo; Etilundecanoato; Dodecanoato de etilo; Tridecanoato de etilo; Tetradecanoato de etilo; Pentadecanoato de etilo; Hexadecanoato de etilo; Octadecanoato de etilo; Dietilsuccinato; Malato de dietil	Álcool	Cerejeira
		Maça	Castanheira
		Banana	
Ésteres de Acetato	Butirato de etilo; Acetato de propilo; Acetato de isobutilo; Acetato de hexilo; Acetato de isoamilo; Acetato de heptilo; Acetato de octilo; Acetato de nonilo; Acetato de decilo; Acetato de dodecil; Acetato de tetradecilo; Acetato de hexadecil	Perfumado Rançoso	Amendoim Araruva
Ésteres de propil	Octanoato de propilo; Dodecanoato de propilo; Hexadecanoato de propil	Adocicado	Carvalho Cerejeira
Ésteres de decanoato	Decanoato de pentilo; Decanoato de heptila	Semelhante ao vinagre	Cabreúva Castanheira Cerejeira
Ésteres de 2-metilpropil (isobutil)	Octanoato de 2-metilpropilo; Decanoato de 2-metilpropilo; Dodecanoato de 2-metilpropilo; Tetradecanoato de 2-metilpropilo	Sabão	Castanheira Cerejeira
Ésteres de 3-metilbutil (isopentil)	Acetato de 3-metilbutilo; Hexanoato de 3-metilbutilo; Octanoato de 3-metilbutilo; Decanoato de 3-metilbutilo; 3-Metilbutil dodecanoato	Casca de laranja Mamão	Castanheira
Ésteres feniletílicos	Acetato de pentilo; Acetato de fenetilo; butanoato de fenetilo; fenetil haxanoato; Fenil octanoato	Rosas	Cabreúva
Ésteres de propan-2-il (isopropil)	Propan-2-il-dodecanoato; Propan-2-il-tetradecanoato; Propan-2-il-hexadecanoato	Solvente Cana de açúcar	Amburana
Aldeídos	Acetaldeído; Furfural; Heptanal; Octanal; Não-anal; Decanal; Undecanal; Dodecanal; Tridecanal; Tetradecanal; Pentadecanal; Hexadecanal; Octadecanal	Mel	Grápia Carvalho Cerejeira Ipê Jequitibá

n-Álcool	Propan-1-ol; Pentan-1-ol; Hexan-1-ol; Heptan-1-ol; Octan-1-ol; Nonan-1-ol; Decan-1-ol; Undecan-1-ol; Dodecan-1-ol; Tridecan-1-ol; Tetradecanol; Pentadecan-1-ol; Hexadecan-1-ol; 2-Metil-1-butanol; 3-Metil-1-butanol	Manteiga Cítrico como laranja	Carvalho
2-Álcool	1,2-Propanodiol; Heptan-2-ol; Octan-2-ol; Nonan-2-ol; Decan-2-ol; Undecan-2-ol; Dodecan-2-ol; Tridecan-2-ol; pentacan-2-ol; Álcool Furfurílico	Coco Frutado	Castanheira Cerejeira
Ácidos	Ácido acético; Ácido propiónico; ácido isobutírico; ácido butírico; ácido hexanoico; ácido heptanoico; ácido 2-etilcapróico; ácido octanoico; ácido nanoico; ácido decanoico; ácido nanônico; Ácido benzanóico, ácido elágico. Ácido vanílico, ácido gálico	Vinagre, pungente, ácido, tipo laticínio	Bálsamo Ipê Carvalho Jequitibá Amburana
Fitalatos	Decanoato de pentilo; decanoato de heptilo; 2-metilpropil butil benzeno-1,2-dicarboxilato; Bis(2-Metilpropil)benzeno-1,2-dicarboxilato; Dibutil benzeno-1,2-dicarboxilato	Ceroso Madeira	Cabreúva Carvalho
Cetonas	Heptan-2-ona; Octan-2-ona; Nonan-2-ona; Decan-2-um; Undecan-2-um; Dodecan-2-ona; Tridecan-2-ona; pentadecan-2-ona; Hexadecan-2-ona; Heptadecan-2-one	Maçã verde Folhas verdes	Cerejeira
Alcanos	Nonano; Undecano; ;Tridecano; Tetradecano; Pentadecano; heptadecano; Octadecano; Nonadecano; Dosocano	Amargo Limão	Cerejeira

Referências: Alcarde; Souza; Belluco, 2010; Bortoletto; Silvello; Alcarde, 2021; Catão et al, 2011; Dias; Maia; Nelson, 1998; Nóbrega, 2003; Cardeal & Mariott, 2009; Silva et al, 2009; Souza et al, 2009; Duarte et al, 2011; Duarte et al, 2013; Amorim et al, 2016; Gonçalves et al, 2016; Santiago et al, 2016; Zacaroni et al, 2017; Nascimento e Silva et al, 2020.

O etanol é o composto volátil encontrado em maior quantidade na cachaça, e é formado após as etapas de processamento, entretanto, outros compostos formados também são responsáveis por suas características sensoriais, como por exemplo: ésteres, aldeídos, álcoois, ácidos graxos, entre outros. Estes compostos são formados em todas as etapas do processamento, mas principalmente na etapa de fermentação, realizado pelas leveduras (PORTUGAL, *et al.* 2017).

Os ésteres podem ser formados tanto no processo de destilação como de envelhecimento, e cada um deles possui um aroma específico, sendo o acetato de etila o éster dominante. O carbamato de etila (CE) é um éster de ácido carbâmico, considerado contaminante e possui propriedade carcinogênica, e é normalmente encontrado em bebidas destiladas (MACHADO, *et al.* 2013; GONÇALVES, *et al.* 2016). O principal aldeído formado é o etanal (acetaldeído), formado pela oxidação do etanol, durante a fermentação, e outros podem ser formados, como metanal, butanal, 3-metil propanal, pentanal, hexanal, furfural e hidroximetilfural. Outros produtos formados são os álcoois superiores que são responsáveis pela formação do odor das cachaças (GONÇALVES, *et al.* 2016; PORTUGAL, *et al.* 2017). O metanol é um álcool considerado contaminante e indesejável e pode causar problemas de saúde ao consumidor mesmo em concentrações baixas no produto. Os ácidos orgânicos voláteis devido ao seu aroma característico fornecem o aroma das bebidas destiladas, e são fixadores de vários compostos aromáticos, além de conferir “corpo” às bebidas destiladas (ALCARDE, 2017).

O uso do método de cromatografia gasosa com detecção em espectrômetro de massas é frequentemente utilizado na identificação do perfil de voláteis em bebidas alcoólicas, onde são identificadas substâncias marcadoras específicas de um determinado país ou região, resultantes da matéria-prima e tecnologias durante sua produção (FALCAO, *et al.* 2008; PLUTOWSKA & WARDENCKI, 2008).

Esses marcadores são substâncias voláteis presentes nos alimentos, que contribuem para o desenvolvimento do aroma e odor característico (LYTOU, *et al.* 2019). De acordo com Serafim *et al.* (2016), esses marcadores aromáticos em cachaças estão associados a fatores climáticos, composição do solo, temperatura, água, estação do ano, que podem influenciar no metabolismo da levedura no local, e conseqüentemente afetando o perfil do destilado. Os fatores ambientais (solo, clima, planta) e humanos influenciam na composição química e sensorial, características que atribuem ao produto elaborado sua indicação de origem geográfica (URVIETA, *et al.* 2018).

3.3 CONTROLE DE QUALIDADE

A cachaça é uma bebida que apresenta características distintas em sua composição físico-química, de acordo com a origem geográfica, condições ambientais e de processamento (matéria-prima, fermentação, destilação e envelhecimento). Portanto é exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) o controle dos parâmetros de qualidade (BRASIL, 2018).

Os valores de referência para as análises de controle de qualidade da cachaça são estabelecidos no Brasil através da instrução normativa nº 13 de 29 de junho de 2005, que apresenta o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de cana e para Cachaça, publicada pelo Ministério da Agricultura (MAPA), alterada em 2014 pela instrução normativa nº 28 de 08 de agosto de 2014 no que se refere ao teor máximo de carbamato de etila permitido. E também através da Portaria nº 276 de 2009 do Inmetro, que estabelece os critérios para o Programa de Avaliação da Conformidade para cachaça, com foco na conformidade, através do mecanismo de certificação voluntária, atendendo aos requisitos da IN nº 13/2005 do MAPA, sendo utilizado o que for mais rigoroso, visando o aumento das exportações do produto (BRASIL, 2005; 2009; 2014).

No que tange às análises exigidas como padrão de qualidade pelo MAPA e Inmetro têm-se o controle dos compostos do coeficiente de congêneres (acidez volátil, aldeídos, ésteres totais, álcoois superiores, furfural e hidroximetilfurfural), contaminantes orgânicos (álcool metílico, carbamato de etila, acroleína, álcool anidro, álcool sec-butílico, álcool n-butílico) e contaminantes inorgânicos (cobre, chumbo e arsênio). Na Tabela 3, estão apresentados os valores máximos permitidos para os parâmetros (BRASIL, 2005a; 2009).

Tabela 3 - Valores máximos permitidos para as análises de cachaças.

Análises de cachaça	MAPA	INMETRO
Grau Alcoólico (% em volume a 20°C)	38 a 48	38 a 48
Açúcares (g de sacarose/L)	6	6
Acidez volátil (mg de ácido acético/100 mL de álcool anidro)	150	100
Ésteres Totais (mg de acetato de etila/100 mL de álcool anidro)	200	200
Aldeídos (mg de acetaldeído/100 mL de álcool anidro)	30	30
Soma de furfural e hidroximetilfurfural (mg/100 mL de álcool anidro)	5	5
Álcoois superiores (mg/100ml de álcool anidro)	360	360
Soma dos componentes secundários (mg/100ml de álcool anidro)	200 a 650	200 a 650
Álcool metílico (mg/100ml de álcool anidro)	20	20
Carbamato de etila (µg/L)	210	150
Acroleína (mg/100ml de álcool anidro)	5	5
Álcool sec-butílico (mg/100ml de álcool anidro)	10	10
Álcool n-butílico (mg/100ml de álcool anidro)	3	3
Cobre (mg/L)	5	5
Chumbo (µg/L)	200	200
Arsênio (µg/L)	100	100

Fonte: BRASIL (2005a; 2009; 2014)

O carbamato de etila (CE) ou uretana é um composto considerado prejudicial à saúde devido ao seu potencial carcinogênico, sendo encontrado em diversos alimentos e em bebidas destiladas; portanto é considerado um importante contaminante em cachaças e aguardentes (ANDRADE-SOBRINHO, *et al.* 2002; BRUNO, *et al.* 2007; ANJOS, *et al.* 2011; BAFFA JUNIOR, *et al.* 2011; ALCARDE, *et al.* 2012a; GALINARO & FRANCO, 2011; MACHADO, *et al.* 2013; BORGES, *et al.* 2014; BORTOLETTO, *et al.* 2015; ZACARONI, *et al.* 2015; MENDONÇA, *et al.* 2016; SANTIAGO, *et al.* 2017).

A formação de carbamato de etila pode estar associada a vários fatores durante todo o processamento, sendo necessário um acompanhamento desde a matéria-prima até armazenamento, a fim de obter um produto com menor teor possível desse contaminante para assegurar a saúde dos consumidores, bem como atender aos padrões de qualidade internacional facilitando as exportações da bebida (ANDRADE-SOBRINHO, *et al.* 2002; ALCARDE, *et al.* 2012^a; MENDONÇA, *et al.* 2016).

O teor de carbamato de etila depende da disponibilidade de seus precursores na matéria-prima processada. Existem várias vias possíveis para a formação de carbamato de etila nas bebidas destiladas, geralmente envolvendo a reação entre o etanol e precursores nitrogenados, tais como uréia, fosfato de carbamila e cianeto (ANDRADE-SOBRINHO, *et al.* 2002; SANTIAGO, *et al.* 2014).

Bortoletto *et al.* (2015), observaram concentrações mais elevadas de carbamato de etila nas cachaças, cujo caldo de cana de açúcar foi suplementado com ureia. De acordo com Galinaro *et al.* (2015), o cianeto é um precursor ativo na formação de carbamato de etila em aguardentes de cana-de-açúcar, cuja presença é consequência da degradação da ureia do “vinho” durante o processo de destilação.

Estudos observaram que não há influência da variedade de cana-de-açúcar e nem do processo de obtenção do caldo na formação do carbamato de etila em cachaças. Santiago *et al.* (2014), Mendonça *et al.* (2016) e Santiago *et al.* (2017) não detectaram concentrações desse contaminante no caldo de cana de açúcar utilizado para a produção da cachaça. Já as amostras estudadas por D’avila *et al.* (2016), continham baixas concentrações de carbamato de etila.

Bortoletto *et al.* (2015), observaram que ao utilizar um caldo de cana de açúcar contaminado por bactérias, a bebida produzida apresentou teores mais elevados de carbamato de etila, bem como de aldeído acético, acetato de etilo, ácido acético e cobre.

De acordo com Baffa Junior *et al.* (2011), o carbamato de etila é formado durante a fermentação e as suas concentrações aumentam durante a destilação, havendo a necessidade de separação adequada das frações da cabeça, coração e cauda; afim de garantir uma melhor qualidade da cachaça (SANTIAGO *et al.* 2017).

Segundo Borges *et al.* (2014), com um controle do processo de fermentação em cachaças de alambique, realizando uma fermentação com cepas selecionadas de levedura; o teor de carbamato de etila é reduzido.

Santiago *et al.* (2014) e (2017) em seu estudo detectaram baixas concentrações de carbamato de etila durante a fermentação, utilizando fermento caipira produzido com farinha de milho e levedura natural *Saccharomyces cerevisiae* presente no ambiente.

D'Avila *et al.* (2016) ao utilizar a levedura selecionada CA-11 e também levedura natural em seu processo de fermentação, também observaram baixas concentrações de carbamato etila,

Mendonça *et al.* (2016) em seu estudo, ao determinar os níveis de carbamato de etila em cachaças produzidas pela fermentação com levedura selecionada e fermentação natural utilizando como nutriente farinha de arroz e/ou farinha de milho; observou níveis de carbamato de etila abaixo do limite exigido pela legislação, porém acima do limite de quantificação, durante todo o processo de produção e armazenamento das cachaças produzidas pela fermentação natural que utilizou farelo de arroz como nutriente; resultado que pode estar relacionado ao tipos de nutriente que pode conter compostos cianogênicos, considerados como possíveis precursores do carbamato de etila. No entanto as cachaças produzidas com levedura selecionada continham concentrações abaixo do limite de detecção.

A formação de carbamato de etila deve ocorrer principalmente após a destilação, em um curto período de tempo. O tipo de destilação, se realizada em alambique de cobre ou em coluna de aço inox, exerce influência sobre o teor desse contaminante na bebida destilada (ANDRADE-SOBRINHO, *et al.* 2002; BRUNO, *et al.* 2007; GALINARO & FRANCO, 2011; SANTIAGO, *et al.* 2017).

Segundo Borges *et al.* (2014), o carbamato de etila pode ser reduzido em cachaças produzidas em alambiques de cobre, através do controle do processo destilação, com separação adequada das frações do destilado; tendo maior cuidado na separação da fração da cabeça por apresentar níveis mais elevados de CE. Além desse tipo de controle, outros autores sugerem outros processos para reduzir o teor de carbamato de etila em cachaça, como por exemplo a bidestilação.

Galinaro e Franco (2011) ao realizar o processo de bidestilação em alambique obteve uma redução de até 92,5% da sua concentração original de carbamato de etila em aguardentes.

Em estudos realizados por Alcarde *et al.* (2012a, 2012b), foram observados que o bidestilação reduziu significativamente o teor de carbamato de etilo em aguardente de cana de açúcar, reduzindo cerca de 97% do CE formado na primeira destilação. Redução

também observada por Bortoletto *et al.* (2015), que ao aplicar a bidestilação obteve redução no teor de carbamato de etila e de outros contaminantes.

Silva *et al.* (2020) ao comparar a influência dos processos de monodestilação, bidestilação e redestilação sobre os congêneres (componentes voláteis) e os contaminantes em aguardentes; observou que as metodologias de bidestilação e de redestilação proporcionaram redução da concentração de congêneres (ácido acético, aldeído acético, acetato de etila, álcool propílico e furfural) e dos compostos contaminantes (metanol, sec-butanol, cobre e carbamato de etila).

Em estudo controverso, Lima *et al.* (2012) avaliaram a influência da destilação rápida e lenta de aguardente de cana de açúcar, com relação ao teor de carbamato de etila e componentes não alcoólicos (componentes voláteis); observou que velocidade da destilação estava proporcionalmente relacionada com a concentração de carbamato de etila e de outros componentes secundários; sendo possível obter bebidas com um baixo teor de carbamato de etila numa destilação lenta e não recomendando uma bidestilação neste caso.

Com relação ao tempo de envelhecimento e o teor de carbamato de etila, Andrade-Sobrinho *et al.* (2002) não observou nenhuma correlação entre eles.

Anjos *et al.* (2011) e Mendonça *et al.* (2016), obtiveram resultados semelhantes ao avaliar a influência do envelhecimento da cachaça armazenada em barrila de carvalho e em recipiente de vidro, na formação do carbamato de etila, observou que a concentração deste contaminante foi aumentando conforme o tempo de estocagem, mas sempre se mantendo inferior ao limite máximo estabelecido pela legislação.

Durante o processo de envelhecimento das cachaças armazenadas em barris de carvalho (*Quercus sp*) e amburana (*Amburana cearenses*), Santiago *et al.* (2014), observou que a concentração de carbamato de etila não se alterou durante o envelhecimento, permanecendo abaixo do nível de quantificação, portanto, também se mantendo inferior ao limite máximo estabelecido pela legislação.

Zacaroni *et al.* (2015) ao avaliar a influência da luz natural na concentração de carbamato de etilo (CE) em cachaças envelhecidas em barris de madeira e armazenados em garrafas de vidro por um período de 6 meses, observou que 70% das amostras foram influenciadas pela luminosidade durante o armazenamento, no entanto, mesmo a concentração mais elevada encontrada ainda se manteve abaixo do limite estabelecido pela legislação brasileira.

O teor de carbamato de etila também foi avaliado Santiago *et al.* (2017) em cachaças armazenadas em barris de carvalho recém-fabricado, amburana, jatobá, balsamo e peroba; e em recipientes de vidro, com e sem a presença de luz; onde foi observado que o carbamato de etila aumentou durante o armazenamento nos barris de madeira e que a luz não afetou a formação desse contaminante nas cachaças armazenadas em recipientes de vidro.

3.4 ANÁLISE SENSORIAL

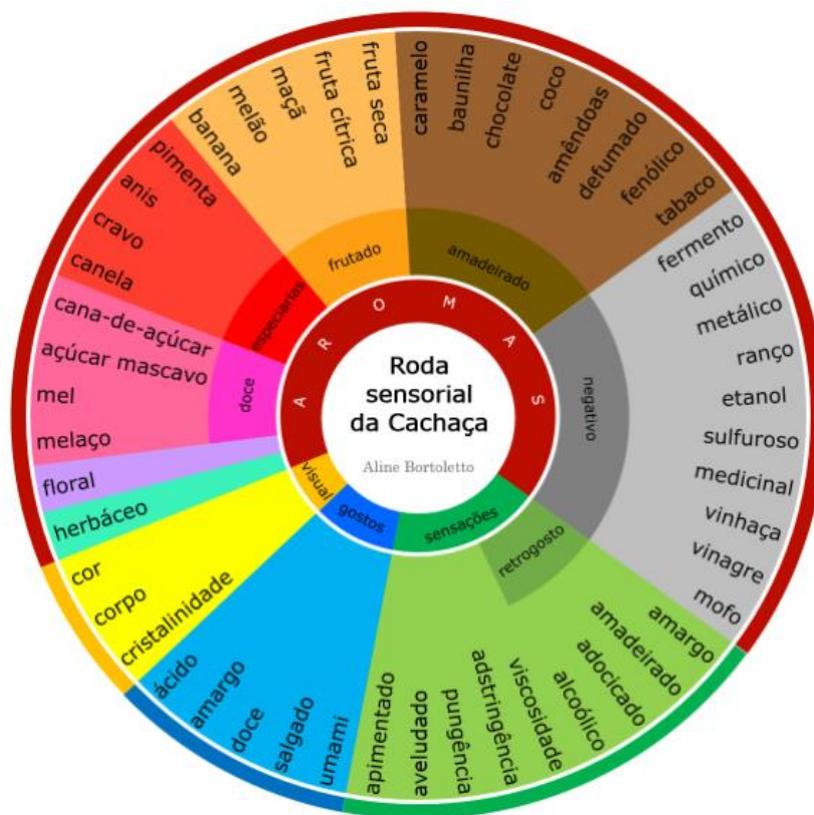
A cachaça é uma bebida aromática com características sensoriais decorrentes do processo de fermentação, destilação e envelhecimento. Os compostos aromáticos presentes são responsáveis pelo aroma e sabor e importantes na qualidade sensorial dessa bebida que vem conquistando o mercado e com isso necessitando de maior conhecimento dos atributos sensoriais (BORTOLETTO, *et al.* 2021; ODELLO, *et al.* 2009). A avaliação sensorial da cachaça tem destaque atenção devido ao objetivo de melhorar e padronizar a qualidade, sendo considerado de extrema importância no monitoramento e controle da produção (SERAFIM, *et al.* 2013).

Devido a importância da análise sensorial na qualidade e autenticidade da cachaça, a fim de determinar os principais atributos sensoriais da bebida, estudos utilizando diferentes métodos sensoriais vêm sendo propostos. Odello *et al.* (2009), avaliaram as cachaças através de descritores quantitativos e qualitativos utilizando um painel de especialistas treinados e a preferência global dessas bebidas por consumidores, obtendo a definição dos parâmetros sensoriais: oleosidade, intensidade de cor amarela, calor, doce, acidez, maciez/suavidade, floral, frutado, madeira e álcool.

Em estudo Serafim *et al.* (2013) utilizaram análise sensorial descritiva e teste hedônico com consumidores, com o objetivo de melhorar a compreensão das características sensoriais correlacionando com a análise química. Ao avaliar diferentes espécies da madeira carvalho e intensidade de suas tostas em barris no envelhecimento de cachaças. Bortoletto *et al.* (2016) na avaliação dos atributos sensoriais através de análise descritiva quantitativa, observaram que o envelhecimento influencia na qualidade sensorial da bebida, sendo descritos os atributos “aroma de baunilha” e “pungência” nas bebidas envelhecidas, e que também as torras resultam em diferenças nos atributos sensoriais descritos.

Bortoletto (2016) em sua tese desenvolveu uma roda sensorial para determinar o perfil descritivo de aguardente envelhecida em barris de carvalho francês e americano com diferentes intensidades de torra da madeira. Esta técnica pode ser empregada para investigar características relevantes para a avaliação sensorial de bebidas alcoólicas e não alcoólicas. A roda sensorial dispõe parâmetros relevantes utilizados para avaliar e descrever características da cachaça e aguardente de cana, conta com 4 categorias sensoriais, 50 descritores finais, sendo 3 para visual, 33 aromas específicos, 5 gostos básicos e 9 sensações como mostra a Figura 2.

Figura 2- A roda sensorial de cachaça e aguardente de cana.



Fonte: Bortoletto (2016)

As rodas sensoriais são ferramentas utilizadas para identificar e qualificar atributos de diferentes alimentos a partir de uma lista técnica que busca unificar as palavras que caracterizam os produtos. O procedimento para elaborar uma roda sensorial consiste em criar um quadro do produto que se deseja analisar como referência e, em seguida, uma lista com palavras que descrevam atributos como aroma, sabor, paladar e sensação na boca. Por fim, a lista passa por uma seleção com julgadores treinados para a escolha dos atributos que melhor descrevem o produto para que então passe a ser

representativo de uma categoria ou classe de produtos específicos (SILVELLO, *et al.* 2020).

Apesar de poucos estudos, a análise sensorial vem sendo uma importante ferramenta cada vez mais aplicada na avaliação da qualidade sensorial da cachaça, com o objetivo de obter produtos padronizados, com aroma e sabor refinado e apreciado pelos consumidores.

3.5 TENDÊNCIAS FUTURAS

A literatura apresenta a carência de estudos com compostos bioativos presentes nas cachaças, pois estes produtos apresentam riqueza de aromas e sabores, além de propriedades funcionais atribuídas à presença destes compostos. Os compostos fenólicos são substâncias antioxidantes, e nos alimentos são responsáveis pela estabilidade oxidativa, a cor e aroma, e alguns estudos avaliam se estes podem exercer ação benéfica a saúde humana e até mesmo prevenir doenças. Para quantificação destes compostos bioativos é interessante a utilização de métodos rápidos e não invasivos a fim de acompanhar o processo de envelhecimento da cachaça de forma contínua, avaliar possíveis fraudes e evitar a comercialização de produtos de qualidade inferior. Nesse contexto, técnicas espectroscópicas como espectroscopia de fluorescência e infravermelho, apresentam diversas vantagens, pois utiliza pequena quantidade de amostra, sem destruí-la; fácil operação e redução do uso de solvente, além da rapidez no processo; e não necessita pré-tratamento da amostra (CARVALHO *et al.*, 2020).

4 CONCLUSÃO

A partir da revisão de literatura realizada foi possível reunir informações importantes acerca das etapas de produção da cachaça, o controle de qualidade e análise sensorial, bem como a etapa de envelhecimento e suas contribuições para a bebida. No que se refere a produção os estudos destacam a importância das etapas de fermentação, destilação e envelhecimento, pois estes parâmetros provocam alterações químicas desejáveis para bebida, sendo eles responsáveis pelo aroma e sabor característicos da cachaça.

O controle de qualidade deve ser mantido durante todo o processo produtivo da bebida, para evitar que compostos prejudiciais à saúde, como o carbamato de etila apresentem uma concentração acima do permitido no produto final. Os autores citados nesse estudo ressaltam a importância de se manter o controle de qualidade para obtenção de produto final que atenda a todos os padrões exigidos pela legislação.

A etapa de envelhecimento em barris embora não obrigatória, provoca uma melhoria significativa tanto os aspectos físico-químicos, como sensoriais da bebida tornando-a mais agradável, independentemente do tipo de madeira utilizada.

Embora apresente poucos estudos a análise sensorial, desempenha o importante papel de investigar a aceitação global dos consumidores através de diferentes métodos. Um dos métodos citados nesse estudo foi a roda sensorial da cachaça, que apesar de se tratar de uma ferramenta rápida e eficaz para determinar o perfil descritivo a partir da ativação da memória de provadores treinados.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, A. R.; SOUZA, P. A.; BOSQUEIRO, A. C.; BELLUCO, A. E. S. Perfil físico-químico de aguardente de cana-de-açúcar produzido por metodologias de dupla destilação em alambique simples. **Alim. Nutr.** v.20, n.3, p.499-506, jul.-set. 2009.
- ALCARDE, A.R., SOUZA, P. A., BELLUCO, A. E. S. Aspectos da composição química e aceitação sensorial da aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em tonéis de diferentes madeiras. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, 30(Supl.1): 226-232, maio 2010.
- ALCARDE, A. R. MONTEIRO, B. M. S.; BELLUCO, A. E. S. Composição química de aguardentes de cana-de-açúcar fermentadas por diferentes cepas de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n.8, p.1612-1618, 2012a.
- ALCARDE, A. R.; SOUZA, L. M.; BORTOLETTO, A. M. Ethyl carbamate kinetics in double distillation of sugar cane spirit. **J. Inst. Brew.** v.118, p.27-31, 2012b.
- ALCARDE, A. R.; SOUZA, L. M.; BORTOLETTO, A. M. Ethyl carbamate kinetics in double distillation of sugar cane spirit. Part 2: influence of type of pot still. **J. Inst. Brew.** v.118, p.352-355, 2012c.
- ALCARDE, A. R. **Cachaça: ciência, tecnologia e arte.** 2ª ed. São Paulo: Ed. Blucher, 2017. 96 p.; PDF.
- AMORIM, J. C.; SCHWAN, R. F.; DUARTE, W. F. Sugar cane spirit (cachaça): Effects of mixed inoculum of yeasts on the sensory and chemical characteristics. **Food Research International.** v.85, p.76–83, 2016.
- ANDRADE-SOBRINHO, L.G; BOSCOLO, M.; LIMA NETO, B. S.; FRANCO, D. W. Carbamato de etila em bebidas alcoólicas (cachaça, tiquira, uísque e grapa). **Química Nova.** v. 25, p. 1074-1077. 2002.
- ANDRADE, L. P., BRITO, M. j., ANDRADE, L. F.S., PAIVA, A.L., BRITO, V. G. P. CACHAÇA SOB UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA, CULTURAL E SIMBÓLICA. **Revista Gestão em Análise.**, Fortaleza, v. 7, n. 2, p. 184-201, jul./dez. 2018
- ANJOS, J. P., CARDOSO, M. G., SACZK, A. A., ZACARONI, L.M., SANTIAGO, W.D. Identificação do carbamato de etila durante o armazenamento da cachaça em tonel de carvalho (*Quercus* sp) e recipiente de vidro. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 874-878, 2011.
- BAFFA JUNIOR, J. C.; MENDONÇA, R. C. S.; PEREIRA, J. M. A. T. K.; PEREIRA, J. A. M.; SOARES, N. F. F. Ethyl-carbamate determination by gas chromatography–mass spectrometry at different stages of production of a traditional Brazilian spirit. **Food Chemistry**, v.129, p.1383-1387, 2011.
- BORGES, G. B. B.; GOMES, F. C. O.; BADOTTI, F.; SILVA, A. L. D.; MACHADO, A. M. R. Selected *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains and accurate separation of distillate fractions reduce the ethyl carbamate levels in alembic cachaças. **Food Control.** v.37 p.380-384, 2014.

BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Congeners in sugar cane spirits aged in casks of different woods. **Food Chemistry**. v.139, p.695-701, 2013.

BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Aging marker profile in *cachaça* is influenced by toasted oak chips. **Journal of the Institute of Brewing**. v.121, p.70-77, 2015.

BORTOLETTO, A. M.; SILVELLO, G. C.; ALCARDE, A. R. Chemical and microbiological quality of sugar cane juice influences the concentration of ethyl carbamate and volatile congeners in *cachaça*. **J. Inst. Brew.** v.121, p.251-256, 2015b.

BORTOLETTO, A. M. **Influência da madeira na qualidade química e sensorial a aguardente de cana envelhecida**. Piracicaba: 2016. 224 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). USP. 2016.

BORTOLETTO, A. M.; CORREA, A. C.; ALCARDE, A. R. Aging practices influence chemical and sensory quality of *cachaça*. **Food Research International**. v.86, p.46-53, 2016.

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, e2019071. 2021.

BRAGA, M. V. F.; KIYOTANI, I. B. A *cachaça* como patrimônio: turismo cultura e sabor. **Revista de Turismo Contemporâneo – RTC**, v. 3, n. 2, p. 254-275, jul./dez. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 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*. Diário Oficial da União: Seção 1, Edição: 124, pp. 3-4, 30 de junho de 2005. Brasília, DF, 2005. Disponível:<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=30/06/2005&jornal=1&pagina=3&totalArquivos=256>. Acesso em: 16 de agosto de 2021.

BRASIL. Ministério do desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. Portaria nº 276, de 24 de setembro de 2009, que estabelece as condições para o registro das Indicações Geográficas. 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/indicacoes-geograficas/arquivos/legislacao-ig/INn095de2018.VersooocerizadaparaPortalINPI.pdf>. Acesso em: 10 de novembro de 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 28, de 08 de agosto de 2014. Altera o subitem 5.1.2. do Anexo da Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. Diário Oficial da União: Seção 1, 11 de agosto de 2014. Brasília, DF, 2014. Disponível: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-28-de-8-de-agosto-de-2014.pdf/view>. Acesso em: 30 de setembro de 2021.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Instrução Normativa nº 095, de 28 de dezembro de 2018, que

estabelece as condições para o registro das Indicações Geográficas. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/indicacoes-geograficas/arquivos/legislacao-ig/INn095de2018.VersooocerizadaparaPortalINPI.pdf>. Acesso em: 10 de novembro de 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. A cachaça no Brasil: dados de registro de cachaças e aguardentes ano 2021. Secretaria de Defesa Agropecuária. 3ª Ed., 27 p - Brasília: MAPA/AECS, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/arquivos/a-cachaca-no-brasil-web-2021.pdf>. Acesso em: 25 de outubro de 2021.

BRUNO, S. N. F.; VAITSMAN, D. S.; KUNIGAMI, C. N.; BRASIL, M. G. Influence of the distillation processes from Rio de Janeiro in the ethyl carbamate formation in Brazilian sugar cane spirits. **Food Chemistry**. v.104, p.1345-1352, 2007

CADAHÍA, E.; SIMÓN, B. F.; SANZ, M.; POVEDA, P.; COLIO, J. Chemical and chromatic characteristics of tempranillo, cabernet sauvignon and merlot wines from DO Navarra aged in Spanish and French oak barrels. **Food Chemistry**. v.115, n.2, p.639-649, 2009.

CHATONNET, P.; DUBOURDIEU, D. Comparative study of the characteristics of American white oak (*Quercus alba*) and European oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) for production of barrels used in barrel aging of wines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 49, n. 1, p. 78-85, 1998.

CARDEAL, Z. L., MARRIOTT, P. J. Comprehensive two-dimensional gas chromatography–mass spectrometry analysis and comparison of volatile organic compounds in Brazilian *cachaça* and selected spirits. **Food Chemistry**, v.112, p. 747-755, 2009.

CARPENA, M.; PEREIRA, A. G.; PRIETO, M. A.; SIMAL-GANDARA, J. Wine aging technology: fundamental role of wood barrels. **Foods**, v.9, n.1160, 2020.

CARVALHO, D. G.; RANZANA, L. TRIERWEILERA, L. F. TRIERWEILERA, J. O. Determination of the concentration of total phenolic compounds in aged *cachaça* using two-dimensional fluorescence and mid-infrared spectroscopy. **Food Chemistry**. v.329, 127142. 2020.

CASTRO, J. P.; PERÍGOLO, D. M.; BIANCHI, M. L.; MORI, F. A.; FONSECA, A. S.; ALVES, I. C. N.; VASCONCELLOS, F. J. Uso de espécies amazônicas para envelhecimento de bebidas destiladas: análises física e química da madeira. **Cerne**, Lavras, v. 21 n. 2, p. 319-327, 2015.

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, e05586. 2020.

CATÃO, C. G.; PAES, J. B.; GOMES, J. P; ARAÚJO, G. T. Qualidade da madeira de cinco espécies florestais para o envelhecimento da *cachaça*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.7, p.741-747, 2011.

- D'AVILA, G. B.; CARDOSO, M. G.; SANTIAGO, W. D.; RODRIGUES, L. M. A.; SILVA, B. L.; CARDOSO, R. R.; CAETANO, A. R. S.; RIBEIRO, C. F. S.; NELSON, D. L. Quantification of ethyl carbamate in cachaça produced in different agro-industrial production systems. **J. Inst. Brew.** v.122, p.299-303, 2016.
- DIAS, S.; MAIA, A.; NELSON, D. Efeito de diferentes madeiras sobre a composição da aguardente de cana envelhecida. **Food Science & Technology.** v.18, n.3, Ago. 1998.
- DUMITRIU, G. D.; LERMA, N. L.; ZAMFIR, C.; COTEA, V.; PEINADO, R. A. Volatile and phenolic composition of red wines subjected to aging in oak cask of different toast degree during two periods of time. **LWT - Food Science & Technology.** v.86, p.643-651, 2017.
- DUARTE, W. F., SOUSA, M.V. F., DIAS, D. R., SCHWAN, R. F. Effect of Co-Inoculation of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus fermentum* on the Quality of the Distilled Sugar Cane Beverage Cachaca. **Journal of Food Science,** v. 76, 2011.
- DUARTE, W. F.; AMORIM, J. C.; SCHWAN, R. F. The effects of co-culturing non-Saccharomyces yeasts with *S. cerevisiae* on the sugar cane spirit (cachaça) fermentation process. **Antonie van Leeuwenhoek.** v.103, p.175–194. 2013.
- FALCÃO, L. D.; REVEL, G.; ROSIER, J. P.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Aroma impact components of Brazilian Cabernet Sauvignon wines using detection frequency analysis (GC–olfactometry). **Food Chemistry.** v.107, p.497-505, 2008.
- FARIA, J. B.; CARDELLO, H. M. A. B.; BOSCOLO, M.; ISIQUE, W. D.; ODELLO, L.; FRANCO, D. W. Evaluation of Brazilian woods as an alternative to oak for cachaças aging. **European Food Research and Technology,** v.218, n.1, p.83-87, 2003.
- GALINARO, C. A.; FRANCO, D. W. Formação de carbamato de etila em aguardentes recém-destiladas; proposta para seu controle. **Quim. Nova,** v.34, n.6, p.996-1000, 2011.
- GALINARO, C. A.; OHE, T. H. K.; SILVA, A. C. H.; SILVA, S. C.; FRANCO, D. W. Cyanate as an Active Precursor of Ethyl Carbamate Formation in Sugar Cane Spirit. **J. Agric. Food Chem.** v.63, p.7415-7420, 2015.
- GONÇALVES, R. C. F.; TEODORO, M. M. G.; MACHADO, A. M. R.; GOMES, F. C. O.; BADOTTI, F.; CARDOSO, M. G. Compostos voláteis em cachaças de alambique produzidas por leveduras selecionadas e por fermentação espontânea. **Magistra,** Cruz das Almas, v. 28, n.3/4, p. 285-293, 2016.
- GONÇALVES, R. C. F. et al. Compostos voláteis em cachaças de alambique produzidas por leveduras selecionadas e por fermentação espontânea. **Magistra,** v. 28, p. 285-293, 2016.
- GRANATO, D.; OLIVEIRA, C. C.; CARUSO, M. S. F.; NAGATO, L. A. F.; ALABURDA, J. Feasibility of different chemometric techniques to differentiate commercial Brazilian sugarcane spirits based on chemical markers. **Food Research International.** v.60, p.212-217, 2014.

- LIMA, U. A.; TEIXEIRA, C. G.; BERTOZZI, J. C.; SERAFIM, F. A. T.; ALCARDE, A. R. Influence of fast and slow distillation on ethyl carbamate content and on coefficient of non-alcohol components in Brazilian sugarcane spirits. **J. Inst. Brew.** v.118, p.305-308, 2012.
- LOPES, I. A. Vergar pelo fogo, a arte da tanoaria no concelho de Carrazeda de Ansiães. **Revista Memória Rural**, n.3, p.64-83, 2020.
- LYTOU, A. E.; PANAGOU, E. Z.; NYCHAS, G. J. E. Volatilomics for food quality and authentication. **Current opinion in food science.** v.28, p.88-95. 2019.
- MACHADO, A. M. R.; CARDOSO, M. G.; SACZK, A. A.; ANJOS, J. P.; ZACARONI, L. M.; DÓREA, H. S.; NELSON, D. L. Determination of ethyl carbamate in cachaça produced from copper stills by HPLC. **Food Chemistry.** v. 138, p. 1233-1238, 2013.
- MARTINI, C.; MARGARIDO, L. A. C.; CECCATO-ANTONINI, S. R. Microbiological and physicochemical evaluations of juice extracted from different parts of sugar cane stalks from three varieties cultivated under organic management. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.30, n.3, p.808-813, jul.-set. 2010.
- MASHINA, R. A. G.; GOMES, V.; MORAIS, S. M. Análises de substâncias voláteis presentes em cachaças artesanais do estado da Paraíba. **Contextos da Alimentação - Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade**, v. 4, n. 2, 2016.
- MELO, T. S., Processo de produção da aguardente e cachaça: Uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.10, 2021.
- MENDONÇA, J. G. P.; CARDOSO, M. G.; SANTIAGO, W. D.; RODRIGUES, L. M. A.; NELSON, D. L.; BRANDÃO, R. M.; SILVA, B. L. Determination of ethyl carbamate in cachaças produced by selected yeast and spontaneous fermentation. **J. Inst. Brew.** v.122, p.63-68, 2016.
- MORI, F. A.; MENDES, L.M.; TRUGILHO, P.F.; CARDOSO, M. G. Utilização de eucaliptos e de madeiras nativas no armazenamento da aguardente de cana-de-açúcar. **Food Science & Technology**, v. 23, n.3, p.396-400, Dez. 2003.
- MOSEDALE, J. R.; PUECH, J-L. Wood maturation of distilled beverages. **Trends in Food Science & Technology** v.9, p.95-101, 1998.
- NASCIMENTO E SILVA, J.H., VERRUMA-BERNARDIA, M. R., BELLUCO, A. E.S., MEDEIROS, S. D. S., OLIVEIRA, A. L. Volatile compounds in cachaças obtained from three sugarcane varieties cultivated under the managements: organic, conventional and without fertilization. **Química Nova**, v. 43, p. 1227-1233, 2020.
- NOBRE, T. P; HORII, J.; ALCARDE, A. R. Viabilidade celular de *Saccharomyces cerevisiae* cultivada em associação com bactérias contaminantes da fermentação alcoólica. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, v.27, n.1, p. 20-25, jan.-mar. 2007.
- NÓBREGA, I. C. Análise dos compostos voláteis da aguardente de Cana por concentração dinâmica do “headspace” e Cromatografia gasosa-espectrometria de massas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 210-216, 2003.

NÓBREGA, I. C. C.; PEREIRA, J. A. P.; PAIVA, J. E.; LACHENMEIER, D. W. Ethyl carbamate in pot still cachaças (Brazilian sugar cane spirits): Influence of distillation and storage conditions. **Food Chemistry**. v.117, p.693-697, 2009.

NOVA, M. X. V.; SCHULER, A. R. P.; BRASILEIRO, B. T. R. V.; MORAIS JR, M. A. Yeast species involved in artisanal cachaça fermentation in three stills with different technological levels in Pernambuco, Brazil. **Food Microbiology**. v.26, p.460–466. 2009.

ODELLO, L.; BRACESHI, G. P.; SEIXAS, F. R. F.; SILVA, A. A.; GALINARO, C. A.; FRANCO, D. W. Avaliação sensorial de cachaça. **Quim. Nova**, v. 32, n. 7, p.1839-1844, 2009.

OLIVEIRA, R. A; DAROS, E.; HOFFMANN, H. P. **Liberção nacional de variedades RB de cana-de-açúcar**. 1ª. ed. Curitiba: Graciosa, 2015. 72 p.

OLIVEIRA, R. E. da S.; CARDOSO, M. das G.; SANTIAGO, W. D.; BARBOSA, R. B.; ALVARENGA, G. F.; NELSON, D. L. Physicochemical parameters and volatile composition of cachaça produced in the state of Paraíba, Brasil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. e504974409, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.4409. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/4409>. Acesso em: 2 feb. 2022.

PARAIBA. Lei nº 11.873, 19 de abril de 2021. Confere o Título de Capital Paraibana da Cachaça à cidade de Areia, no Estado da Paraíba. Diário Oficial do Estado da Paraíba: 1ª Parte, João Pessoa, PB, Ano 2021, Edição: 17.348, p. 1, 20 de abril de 2021. Disponível em: <https://auniao.pb.gov.br/servicos/arquivo-digital/doe/2021/abril/diario-oficial-20-04-2021.pdf>. Acesso em:10 de outubro de 2021.

PAREDES, R. S.; VIEIRA, I. P. V.; MELLO, V. M.; VILELA, L. F.; SCHWAND, R. F.; ELEUTHERIO, E. C. A. Identification of three robust and efficient *Saccharomyces cerevisiae* strains isolated from Brazilian's cachaça distilleries. **Biotechnology Research and Innovation**. v.2, p.22-29. 2018.

PLUTOWSKA, B.; WARDENCKI, W. Application of gas chromatography–olfactometry (GC–O) in analysis and quality assessment of alcoholic beverages – A review. **Food Chemistry**. v.107, p.449-463, 2008.

PORTUGAL, C. B.; SILVA, A. P.; BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. How native yeasts may influence the chemical profile of the Brazilian spirit, cachaça? **Food Research International**. v.91, p.18-25, 2017.

PRATI, P.; CAMARGO, G. A. Características do caldo de cana e sua influência na estabilidade da bebida. **Revista Brasileira De Engenharia De Biosistemas**. v.2, n.1, p. 37-44. 2008.

RECHE, R. V.; FRANCO, D. W. Distinção entre cachaças destiladas em alambiques e em colunas usando quimiometria. **Química Nova**. v.32, n.2, p.332-336, 2009.

RIBEIRO, M. L. D.; FERREIRA, O. E.; TEIXEIRA, V.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Tratamento físico-químico do caldo de cana produz cachaça de qualidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 458-463, jul-set, 2017.

RIBEIRO FILHO, M. N. **Processamento De Cana-De-Açúcar Para Produção de Cachaça e de Etanol**. In: Mielezrski, F. & Lopes, G. N. Cultivo de Cana-de-açúcar na Paraíba. João Pessoa, PB; Editora UFPB. Cap. 13, p. 168-180. 2020.

ROTA, M. B.; FARIA, J. B. Efeito do processo de bidestilação na qualidade sensorial da cachaça. **Alim. Nutr.** v.20, n.1, p.121-127, jan.-mar. 2009.

ROTA, M. B.; PIGGOTT, J. R.; FARIA, J. B. Sensory profile and acceptability of traditional and double-distilled cachaça aged in oak casks. **J. Inst. Brew.** v.119, p.251-257, 2013.

SANTIAGO, W. D. et al. Physico chemical profile and determination of volatile compounds in cachaça stored in new oak (*Quercus* sp.), amburana (*Amburana cearensis*), jatoba (*Hymenaeae carbouril*), balsam (*Myroxylon peruiferum*) and peroba (*Paratecoma peroba*) casks by SP ME -G C-MS. **Journal of Institute of Brewing**, v.112, p. 624-634, 2016.

SANTIAGO, W. D.; CARDOSO, M. G.; DUARTE, F. C.; SACZK, A. A.; NELSON, D. L. Ethyl carbamate in the production and aging of cachaça in oak (*Quercus* sp.) and amburana (*Amburana cearensis*) barrels. **J. Inst. Brew.** v.120, p.507-511, 2014.

SANTIAGO, D. W.; CARDOSO, M. G.; NELSON, D. L. Cachaça stored in casks newly constructed of oak (*Quercus* sp.), amburana (*Amburana cearensis*), jatoba (*Hymenaeae carbouril*), balsam (*Myroxylon peruiferum*) and peroba (*Paratecoma peroba*): alcohol content, phenol composition, colour intensity and dry extract. **Journal of the Institute of Brewing**. v.123, n.2, p.232-241. 2017.

SANTOS, V. R, and FARIA, J. B. "EFEITO DA ADIÇÃO DE AÇÚCAR NA QUALIDADE SENSORIAL DE CACHAÇA OBTIDA TRADICIONALMENTE E REDESTILADA." **Alimentos E Nutrição** 22.3 (2011): 489-97. Web.

SERAFIM, F. A. T.; SILVA, A. A.; GALINARO, C. A.; FRANCO, D. W. Comparação do perfil químico entre cachaças de um mesmo vinho destiladas em alambiques e em colunas. **Química Nova**. v.35, n.7, p.1412-1416, 2012.

SERAFIM, F. A. T.; SEIXAS, F. R. F.; 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*). **J. Braz. Chem. Soc.**, v.24, n.6, p.973-982, 2013.

SERAFIM, F. A. T.; PEREIRA-FILHO, E. R.; FRANCO, D. W. Chemical data as markers of the geographical origins of sugarcane spirits. **Food Chemistry**. v.196, p. 196-203. 2016.

- SILVA, P. H. A. et al. Avaliação cromatográfica de compostos voláteis de cachaças produzidas com leveduras de diferentes procedências. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, p. 100-106, 2009.
- SILVA, A. A.; NASCIMENTO, E. S. P.; CARDOSO, D. P.; FRANCO, D. W. Coumarins and Phenolic Fingerprints of Oak and Brazilian Woods Extracted by Sugarcane Spirit. **Journal of Separation Science**. v. 32, p.3681-3691. 2009a.
- SILVA, C. L. C.; VIANNA, C. R.; CADETE, R. M.; SANTOS, R. O.; GOMES, F. C. O.; OLIVEIRA, E. S.; ROSA, C. A. Selection, growth, and chemo-sensory evaluation of flocculent starter culture strains of *Saccharomyces cerevisiae* in the large-scale production of traditional Brazilian cachaça. **International Journal of Food Microbiology**, v.131, p.203-210, 2009b.
- SILVA, F. A.; VENDRUSCOLO, F.; CARVALHO, W. R.; SOARES JUNIOR, M. S.; PINHEIRO, M. V. M.; CALIARI, M. Influence of the number of distillations on the composition of organic sugarcane spirit. **J. Inst. Brew.** v.119, p.133-138, 2013.
- SILVA, A. P.; SILVELLO, G. C.; BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Composição química de aguardente de cana obtida por diferentes métodos de destilação. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 23, e2018308, 2020.
- SILVELLO, G. C., BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. The barrel aged beer wheel: a tool for sensory assessment. **Journal of the Institute of Brewing**. v.126, p.382-393, 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 Science and Technology**. v.140, 110836. 2021.
- SOUZA, A. P. G.; VICENTE, M. A.; KLEIN, R. C.; FIETTO, L. G.; COUTRIM, M. X.; AFONSO, R. J. C. F.; ARAUJO, L. D.; SILVA, P. H. A.; BOUILLET, L. E. M.; CASTRO, I. M.; BRANDÃO, R. L. Strategies to select yeast starters cultures for production of flavor compounds in cachaca fermentations. **Antonie van Leeuwenhoek**. v.101, p.379–392, 2012.
- SOUZA, L. B.; SOUZA, A. S.; OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, R. F.; CARDOSO, D. C. Uso de extrato da madeira Amburana (*Amburana cearensis*) na produção de aguardente: análise sensorial. **Revista Thema**, v.10, n.1, p. 138-149, 2013.
- SOUZA, P.P., CARDEAL, Z. L., AUGUSTI, R., MORRISON. P., MARRIOTT, P. J. Determination of volatile compounds in Brazilian distilled cachaça by using comprehensive two-dimensional gas chromatography and effects of production pathways. **Journal of Chromatography A**, v. 1216, p. 2881-2890, 2009.

URVIETA, R.; BUSCEMA, F.; BOTTINI, R.; COSTE, B.; FONTANA, A. Phenolic and sensory profiles discriminate geographical indications for Malbec wines from different regions of Mendoza, Argentina - **Food Chemistry** v.265, p.120-127, 2018.

VICENTE, M. A.; FIETTO, L. G.; CASTRO, I. M.; SANTOS, A. N. G.; COUTRIM, M. X.; BRANDÃO, R. L. Isolation of *Saccharomyces cerevisiae* strains producing higher levels of flavoring compounds for production of “cachaça” the Brazilian sugarcane spirit. **International Journal of Food Microbiology**. v.108, p.51–59, 2006.

VILELA, A. F.; OLIVEIRA, L. S. C.; MUNIZ, M. B.; MELO, B. C. A.; FIGUEIREDO, M. J.; VIEIRA NETO, J. 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, July-Sep. 2021.

ZACARONI, L. M.; CARDOSO, M. G.; SACZK, A. A.; MORAES, A. R.; ANJOS, J. P.; MACHADO, A. M. R.; NELSON, D. L. Determination of phenolic compounds and coumarins in sugar cane spirit aged in different species of wood. **Analytical Letters**, v.44, p.2061-2073, 2011.

ZACARONI, L. M.; CARDOSO, M. G.; SANTIAGO, W. D.; GOMES, M. S.; DUARTE, F. C.; NELSON, D. L. Effect of light on the concentration of ethyl carbamate in cachaça stored in glass bottles. **J. Inst. Brew.** p.121, p.238-243, 2015.

ZACARONI, L. M., SALES, P. F., CARDOSO, M. das G., SANTIAGO, W. D., NELSON, D. Response surface optimization of SPME extraction conditions for the analysis of volatile compounds in Brazilian sugar cane spirits by HS-SPME-GC-MS. **Journal of Institute of Brewing**, v.123, p. 226-231, 2017.