



Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Campus de Araraquara

**Avaliação dos processos de redestilação e purificação com
carvão ativado nas qualidades sensoriais e físico-químicas
da cachaça.**

Henrique Belinassi Balarini

Araraquara/SP

2015

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Ciências Farmacêuticas

Departamento de Alimentos e Nutrição

Henrique Belinassi Balarini

Avaliação dos processos de redestilação e purificação com carvão ativado nas qualidades sensoriais e físico-químicas da cachaça.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Farmácia-Bioquímica da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista para obtenção do grau de Farmacêutico-Bioquímico.

Orientador: Prof. Dr. João Bosco Faria

Araraquara

2015

RESUMO

A cachaça é uma bebida exclusivamente brasileira que vem conquistando espaço no mercado dentre as bebidas alcoólicas destiladas. Porém, o Brasil é responsável pelo consumo de 99% do total produzido por ano e apenas 1% é exportado. Isso se deve à falta de padronização na produção e de conhecimento por parte dos produtores, que levam a contaminação por compostos indesejáveis produzindo uma bebida de baixa qualidade, tanto físico-química quanto sensorialmente. Os métodos de redestilação e filtração em carvão ativado vêm sendo alternativas para melhoria da qualidade. Amostras de cachaças foram submetidas a esses métodos e avaliadas quanto à composição química e a qualidade sensorial. As análises químicas de acidez volátil, aldeídos, ésteres, metanol, álcoois superiores e carbamato de etila foram realizadas em triplicatas utilizando cromatografia gasosa. Para a análise sensorial, as amostras foram submetidas ao Teste de Aceitação utilizando escala hedônica híbrida de nove pontos e avaliadas pelo Teste de Kruskal-Wallis. Foi aplicado também o Teste de Ordenação para avaliar a preferência entre as amostras e a Intenção de Compra foi avaliada utilizando-se uma escala de cinco pontos, de “certamente não compraria” a “certamente compraria”. A redestilação reduziu os níveis de acidez volátil, cobre e carbamato de etila enquanto a filtração diminuiu as concentrações de aldeídos e ésteres. Os processos de redestilação e filtração em carvão ativado não alteraram a aceitação da bebida, mantendo seu perfil sensorial e melhoraram a composição química.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Representação esquemática do filtro empregado no sistema de circulação. | 17 |
| Gráfico 1. Acidez volátil em ácido acético na amostra de cachaça antes (TRA) e após os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL)..... | 21 |
| Gráfico 2. Aldeído em aldeído acético na amostra de cachaça antes (TRA) e após os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL)..... | 22 |
| Gráfico 3. Ésteres em acetato de etila na amostra de cachaça antes (TRA) e após os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL)..... | 22 |
| Gráfico 4. Teor de cobre na amostra de cachaça antes (TRA) e após os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL)..... | 23 |
| Gráfico 5. Teor de carbamato de etila na amostra de cachaça antes (TRA) e após os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL)..... | 24 |
| Gráfico 6. Álcool metílico na amostra de cachaça antes (TRA) e após os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL)..... | 25 |
| Gráfico 7. Compostos presentes na cachaça (TRA) que não sofreram alterações a pós os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL)..... | 27 |
| Gráfico 8. Intenção de compra da amostra de cachaça antes (TRA) e após os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL). | 29 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Tendência central e variabilidade dos atributos de aroma, sabor e impressão global obtidas a partir do Teste de Aceitação da cachaça antes e após os processos de redestilação e filtração..... | 26 |
| Tabela 2. Somatória das ordens atribuídas (R) às cachaças antes e após os processos de redestilação e filtração no Teste de Ordenação Preferência..... | 28 |

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------|----|
| RESUMO..... | 3 |
| LISTA DE FIGURAS..... | 4 |
| LISTA DE TABELAS..... | 4 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 7 |
| 1.1 Cachaça e sua produção..... | 7 |
| 1.2 Composição Química..... | 9 |
| 1.3 Cobre..... | 10 |
| 1.4 Carbamato de Etila..... | 11 |
| 1.5 Carvão Ativado..... | 12 |
| 1.6 Redestilação..... | 14 |
| 2 OBJETIVOS..... | 15 |
| 2.1 Objetivo Geral..... | 15 |
| 2.2 Objetivos Específicos..... | 15 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 16 |
| 3.1 Obtenção das amostras..... | 16 |
| 3.1.1 Cachaça Tradicional..... | 16 |
| 3.1.2 Filtrada..... | 16 |
| 3.1.3 Redestilada..... | 16 |
| 3.2 Métodos..... | 17 |
| 3.2.1 Análise Físico-Química..... | 17 |
| 3.2.2 Análise Sensorial..... | 18 |
| 3.3 Análise de Dados..... | 19 |
| 3.3.1 Análise Química..... | 19 |
| 3.3.2 Análise Sensorial..... | 19 |
| 3.3.3 Teste de Aceitação..... | 19 |
| 3.3.4 Teste de ordenação..... | 19 |
| 3.3.5 Intenção de Compra..... | 20 |

| | | |
|----|--|----|
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 21 |
| 5 | CONCLUSÕES..... | 30 |
| | REFERÊNCIAS | 31 |
| | APÊNDICES..... | 36 |
| 1 | Fixa de avaliação do teste de aceitação | 36 |
| 2 | Ficha de avaliação do Teste de Ordenação associado à Intenção de compra..... | 37 |
| | ANEXO..... | 38 |
| 1. | Laudos Análises Físico-químicas | 38 |
| | DADOS FINAIS | 39 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Cachaça e sua produção

Segundo a legislação brasileira, a cachaça é uma bebida típica e exclusivamente brasileira, produzida a partir da destilação do mosto fermentado da cana-de-açúcar com graduação alcoólica de 38% (trinta e oito por cento) até 48% (quarenta e oito por cento) em volume, a 20°C (vinte graus Celsius), com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionado até 6g L⁻¹ (seis gramas por litro) de açúcares, expressos em sacarose (BRASIL, 2007).

Sua produção consiste em diversas etapas, desde o plantio e colheita da cana de açúcar, passando pela moagem, coamento e decantação do caldo, preparo e correção do mosto, fermentação alcoólica, destilação, envelhecimento (opcional) e engarrafamento (GASTONI e FILHO; 2010).

A colheita da cana deve ser feita de forma adequada, cortada e sem queima, pois isso declina a qualidade da matéria-prima e do produto final, devido a inversão da sacarose, pelas cinzas residuais que interferem na fermentação e formação de hidrocarbonetos poliaromáticos (GALINARO et al., 2007).

Na etapa de moagem da cana de açúcar, o objetivo é romper os colmos da cana e obter seu caldo, rico em açúcares solúveis, e o separar das fibras ou bagaço. O processo deve ser realizado em até 24 (vinte e quatro) horas após a corte da cana e essa deve estar limpa, possuindo o menor índice de impurezas possível (DOS SANTOS, 2010).

O coamento e decantação do caldo são importantes para a retirada de impurezas provenientes da moagem, como bagacilho e terra, pois podem se tornar focos de contaminações, o que podem interferir posteriormente no processo de fermentação. O coamento é feito através de peneiras, que podem ser fixas, vibratórias ou rotativas. A decantação é realizada em um decantador, no qual o caldo passa lentamente, a fim de eliminar impurezas que não foram retiradas no processo de coamento (DOS SANTOS, 2010; GASTONI e FILHO; 2010).

Segundo Gastoni e Filho (2010) denomina-se mosto, qualquer líquido açucarado que esteja apto a sofrer fermentação. O caldo, quando extraído da cana, apresenta altos índices de açúcares, tornando-se incapaz de receber inóculo de leveduras. Por esse motivo, deve-se diluir o caldo com água potável, para que seja feita a correção do Brix, que é a correlação entre o teor de açúcares total e o de sólidos solúveis, para um valor que favoreça o crescimento das leveduras alcoólicas. Dessa maneira, a diluição deve ser feita para atingir valores que se compreendem entre 14 a 16° Brix.

A fermentação é um processo no qual as leveduras conseguem metabolizar açúcares, no caso da cana de açúcar a sacarose, em etanol e gás carbônico. A espécie *Saccharomyces cerevisiae* é a levedura pertencente à família dos ascomicetos e a mais utilizada na fermentação de aguardentes. Alguns fatores interferem no rendimento da levedura e conseqüentemente, no processo de fermentação. Temperatura, pH e o tempo são os principais fatores que devem ser controlados. O pH ideal da levedura de crescimento varia de 4,0 a 5,0, no qual ocorre a predominância de enzimas ao metabolismo relacionados da fermentação dos açúcares (GASTONI e FILHO, 2010). A temperatura ótima encontra-se na faixa de 26°C a 32°C e o tempo varia de 12 a 24 horas, não devendo ultrapassar esse valor.

O controle da fermentação deve ser realizado no processo de produção da cachaça para que não ocorra contaminação por leveduras selvagens e bactérias, como bactérias lácteas que compete com as leveduras e produzem metabolitos secundários como ácido lático e ácido acético, responsáveis pelo aumento da acidez volátil (ROSA et al., 2009), que pode diminuir o rendimento da fermentação e depreciar a qualidade sensorial do produto.

Após o processo de fermentação, o vinho, como é chamado o caldo de cana já fermentado, possui um teor alcoólico cerca de 7 a 8,5% e está pronto para ser destilado.

O processo de destilação consiste na separação de substâncias, de forma gradual, de acordo com suas volatilidades. Na início da destilação, obtêm-se uma solução hidro alcoólica denominada “cabeça” composta por substâncias de baixo peso molecular e alto grau alcóolico, representando 10% do volume total do

alambique. Nela encontram-se compostos indesejáveis de alta volatilidade, como o metanol, acetaldeído e acetato de etila. O “coração”, que representa 80% do volume total, consiste na fração desejável da destilação e apresenta alto teor de etanol e compostos que constituem a cachaça propriamente dita. A porção final da destilação, chamada “cauda”, é composta pelos compostos, que apresentam baixa volatilidade, tais como álcool isobutílico, isoamílico e n-propílico e ácido acético.

Após a destilação a cachaça pode passar ou não pelo processo de envelhecimento em tonéis de madeira, geralmente carvalho. Nessa etapa ocorre reações de esterificação, por exemplo, gerando compostos desejáveis na bebida que melhoram a qualidade sensorial.

1.2 Composição Química

A cachaça é o destilado mais consumido no Brasil e o terceiro no mundo. Apresenta características únicas devido a compostos secundários voláteis que surgem durante o processo de fermentação como álcoois, ésteres, aldeídos e ácidos carboxílicos (GASTONI e FILHO, 2010).

O coeficiente de Congêneres é a soma da acidez volátil (expressa em ácido acético), aldeídos (expressos em acetaldeído), ésteres totais (expressos em acetato de etila), álcoois superiores (expressos pela soma do álcool n-propílico, álcool isobutílico e álcoois isoamílicos) e, furfural + hidroximetilfurfural (BRASIL, 2005).

De acordo com a legislação, a soma dos congêneres não deverá ser inferior a 200 mg e nem superior a 650mg por 100 mL de álcool anidro, sendo que os componentes do coeficiente devem estar compreendidos entre os seguintes limites (BRASIL, 2005):

- Acidez volátil – máximo de 150 mg de ácido acético/100 mL de álcool anidro;
- Aldeídos totais – máximo de 30 mg de acetaldeído/100 ml de álcool anidro;
- Ésteres totais – máximo de 200 mg de acetato de etila/100 mL de álcool anidro;

- Álcoois superiores - máximo de 360 mg, expressos pela soma do álcool n-propílico (1-propanol), álcool isobutílico (2-metil propanol) e álcoois isoamílicos (3-metil -1-360 – butanol + 3 metil-1-butanol), em mg/100 mL de álcool anidro;
- Furfural + hidroximetilfurfural máximo de 5 mg/100 mL de álcool anidro.”

Além dos compostos secundários formados, pode ocorrer a contaminação por compostos orgânicos que interferem na qualidade físico-química e sensorial da bebida que devem ser controlados para não ultrapassarem os limites impostos pela legislação (BRASIL, 2005; 2014):

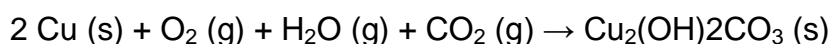
- Álcool metílico – quantidade inferior a 20 mg/100 mL de álcool anidro;
- Carbamato de etila – quantidade inferior a 210 µg/L;
- Acroleína (2-propenal) – quantidade inferior a 5 mg/100mL de álcool anidro;
- Álcool sec-butílico (2-butanol) – quantidade inferior a 10 mg/100mL de álcool anidro;
- Álcool n-butílico (1-butanol) – quantidade inferior a 3 mg/100mL de álcool anidro.

Assim como a presença de compostos orgânicos, deve-se observar a contaminação por inorgânicos, principalmente o cobre, que deve apresentar valores inferiores a 5 mg/L.

1.3 Cobre

O cobre é o material mais utilizado na fabricação de alambiques devido seu poder catalítico que favorece reações de importância durante o processo de destilação para a formação de aroma agradável, diferente do que ocorre em destiladores feitos de aço inoxidável. Nesse caso, ocorre o surgimento de compostos sulfurados, principalmente o dimetil sulfeto, que afeta negativamente a qualidade sensorial da cachaça, com aromas desagradáveis (FARIA, 1989). O metal reage com esses compostos, impedindo que contaminem o destilado.

Apesar de produzir aromas mais agradáveis do que em destiladores de aço inox, o cobre pode contaminar a cachaça no processo de destilação ou quando não está em uso, pela formação do “azinhavre” ou carbonato básico de cobre $[\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2]$ (LIMA NETO et al, 1994). Isso ocorre pela oxidação do cobre formando o diidróxi-carbonato de cobre II, como descreve Lima *et al.* (2006):



Segundo Pinheiro et al. (2003), esse composto pode ser retirado das paredes do destilador através da destilação de soluções ácidas fracas, como caldo de limão misturado com água. Se não retirado, pode ser contaminar o destilado por arraste a vapor.

Como consta na legislação brasileira, o limite máximo de cobre permitido em cachaças é de 5mg L^{-1} (BRASIL, 2005), o que dificulta a exportação da bebida, pois em determinados países o limite desse metal chega a apenas 2mg L^{-1} (CODEX, 2003).

Assim, métodos vêm sendo desenvolvidos para reduzir a quantidade de cobre presente na cachaça com filtrações com resinas iônicas, carvão ativado (LIMA, 2006; MARIA DE LIMA, 2009), precipitação com carbonatos (NEVES *et al.*, 2007), entre outros.

Quando encontrado em altas concentrações, o cobre pode ser prejudicial à saúde humana, pois esse metal possui alta afinidade com grupos S-H de muitas enzimas e proteínas, sendo associado a diversas doenças (SARGENTELLI, 1996). Sabe-se também que a presença do cobre é responsável pela formação do carbamato de etila, um composto potencialmente carcinogênico (SCHLATTER e LUTZ, 1990).

1.4 Carbamato de Etila

O carbamato de etila, também conhecido como uretano, é um composto considerado potencialmente carcinogênico para o ser humano (MIRVISH, 1968). É encontrado em quase todos os alimentos fermentados e em bebidas fermento-destiladas (OUGH, 1976).

O caminho para a formação do carbamato de etila ainda não é muito bem elucidado. Diversos trabalhos mostram diferentes vias e precursores para sua formação. No caso da cachaça, indícios apontam que a formação desse composto inicia-se na fermentação, assim como no vinho, em reações entre etanol e uréia (COOK *et al.* 1990). A biossíntese de fostato de carbamila pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* durante a fermentação pode causar a formação do contaminante devido a sua reação com o etanol (INGLEDEW, MAGNUS & PATTERSON, 1987). A contaminação do mosto por bactéria lácticas pode ser responsável pelo surgimento do carbamato, já que metabolizam a arginina em citrulina e esse aminoácido por reagir com o etanol para sua formação. Riffkin *et al.* (1989) realizaram um estudo em alambiques, um deles sendo de cobre e perceberam que a formação do carbamato de etila só ocorreu na presença desse metal, em um reação dependente do tempo, que se concluiu 48 horas após a destilação.

Segundo a legislação brasileira, os níveis de carbamato em bebidas destiladas não podem ultrapassar $210 \mu\text{g L}^{-1}$ (BRASIL, 2014). Park *et al.* (2009) realizaram um estudo em que bebidas alcoólicas passavam por colunas preenchidas de carvão ativado em diferentes velocidades de fluxo e concentrações de carvão e conseguiram bons resultados em obter reduções significativas nos teores de carbamato de etila.

1.5 Carvão Ativado

O carvão ativado em seu termo mais amplo inclui uma vasta variedade de material carbonáceo amorfo que apresenta um elevado grau de porosidade e extensa área de superfície Inter particulada. Eles são obtidos a partir de combustão, combustão parcial ou decomposição térmica de uma variedade de substancias carbonáceas. São obtidos na forma granular e em pó (BANSAL & GOYAL, 2010). A forma granular possui uma grande área de superfície interna e pequenos poros e a forma pulverizada, os poros são maiores e a área de superfície interna é reduzida.

Carvões ativados são principalmente e quase exclusivamente preparados a partir de pirolises de matérias-primas carbonáceas a temperaturas menores que 1000°C . A preparação envolve dois principais passos: carbonização da matéria-

prima a temperaturas menores a 800°C em uma atmosfera inerte, e ativação do produto carbonizado entre 950°C e 1000°C. Assim, todos os materiais carbonáceos podem ser convertidos em carvões ativados, no entanto as propriedades finais serão diferentes, dependendo da natureza da matéria-prima utilizada, do agente e das condições do processo de ativação (BANSAL & GOYAL, 2010). Em geral, a produção de carvão ativado pode ser realizada por ativação química ou física (DELGADO, 2011).

É o material mais utilizado nos processos de adsorção, pois suas propriedades como área de superfície, distribuição dos tamanhos de poros e capacidade de adsorção faz desse material um adsorvente único que pode ser usado no tratamento de efluentes (JUANG *et al.*, 2002; DA SILVA GUILARDUCI *et al.*, 2006) tanto em líquidos como em gases (DELGADO *et al.*, 2011).

O processo de adsorção é associado com a acomodação do adsorbato na superfície do adsorvente (SKOOG *et al.*, 2005) O adsorbato pode ser líquidos, substancias solidas ou gases. Existe a adsorção física, na qual ocorre uma interação fraca e reversível entre o adsorbato e o adsorvente, geralmente por ligações de Van der Waals. A adsorção química já ocorre uma interação mais forte, podendo ser ou não reversível, dependendo do material utilizado e da ativação do carvão. Nesse caso podem ocorrer interações como ligação de hidrogênio ou ligações covalentes.

Estudos com carvão ativado vêm sendo realizados para a redução de contaminantes na cachaça, tanto de compostos inorgânicos como o cobre (LIMA *et al.*, 2006; MARIA DE LIMA, 2009) como compostos orgânicos prejudiciais à saúde e a qualidade sensorial (PARK *et al.* 2009).

Apesar das pesquisas, esse método não foi adotado por muitos produtores. Isso pode estar relacionado com a dificuldade de implantação da técnica em uma escala industrial ou até mesmo pela falta de conhecimento por parte dos produtores.

Assim, a busca por métodos para corrigir problemas relacionados a erros no processo de produção continua. Uma técnica que vem sendo estudada é a redestilação, que tem apresentado bons resultados e garantindo a melhoria de qualidade da cachaça (FRANCO, 2009; ALCARDE *et al.*, 2012).

1.6 Redestilação

Grande parte das contaminações que ocorrem durante a cadeia produtiva da cachaça se deve pela falta de controle dos processos. Mostos que são deixados para ser fermentados em dias posteriores a sua obtenção. Aparelhos sujos e má higiene durante a manipulação da matéria-prima. Esses são exemplos de condutas que causam a produção de uma bebida de baixa qualidade (COUTINHO, 2003).

Outro motivo é que alguns produtores, a fim de não perder o rendimento desejado, não realizam os cortes necessários de “cabeça” e “cauda” de forma correta. Dessa maneira a cachaça é contaminada com compostos que depreciam a qualidade sensorial, além de possuírem, em certos casos, teores de substâncias nocivas à saúde acima dos valores impostos pela legislação (BRASIL, 2005; 2014), como o metanol que em altas concentrações pode levar a cegueira.

O processo de redestilação consiste na diluição de cachaças consideradas defeituosas, que apresentam grandes quantidades de contaminantes ou com uma baixa qualidade sensorial, e uma nova destilação realizando corretamente os cortes de cabeça e cauda. Trabalhos realizados por Bizelli *et al.* (2000) no qual realizou-se uma segunda destilação, os valores de acidez volátil reduziram em 60% do valor inicial. Alcarde *et al.* (2012) também mostrou que a segunda destilação diminui os teores de carbamato de etila em 97%, de forma eficiente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito dos processos de redestilação e de filtração em carvão ativado na qualidade físico-química e sensorial da cachaça.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar se a redestilação e a filtração em carvão ativado conseguem retirar ou diminuir a concentração de contaminantes sem alterar as características físico-químicas da cachaça;
- Verificar se esses métodos alteram a qualidade sensorial da bebida.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção das amostras

3.1.1 Cachaça Tradicional

A amostra de cachaça, TRA, foi obtida na COPACESP (Cooperativa dos Produtores de Cana, Aguardente, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo), sendo representativa da safra de 2012, com teor alcóolico de 48% v/v a 20°C.

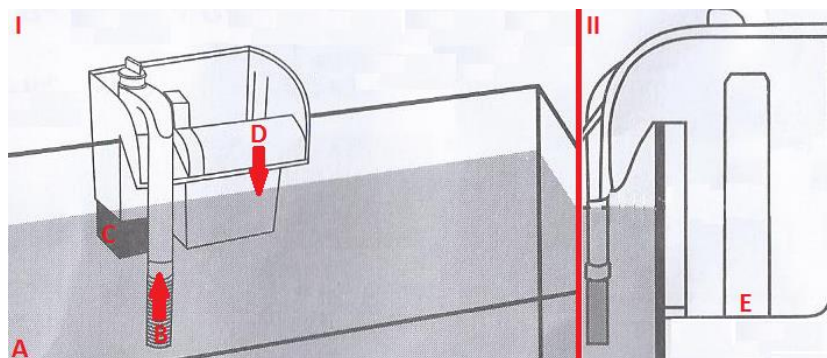
3.1.2 Filtrada

A cachaça da COPACESP passou por um processo adsorção através da filtração em carvão ativado granular, com granulometria de 10 x 20 mesh fornecido pela NORCARBON Indústria e Comércio de Carvão Ativado LTDA, caracterizando a amostra FIL. O processo se constituiu em um sistema de circulação (ATMAN, Filtro Externo HangOnAtman HF-0100), contendo uma bomba d'água que puxava a bebida e a depositava em um reservatório contendo carvão ativado. Após ter passado pelo agente adsorvente, a cachaça retornava ao recipiente inicial. A bebida ficou circulando por um tempo de 1 hora em uma concentração de carvão ativado de 1,5% g L⁻¹ (massa/volume). Essa porcentagem de carvão ativado foi estipulada com base no trabalho de Maria de Lima (2009) e na colocação do IX Concurso de Qualidade da Cachaça, realizado em 2013 pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Qualidade da Cachaça, no qual também participaram amostras tratadas com concentrações de carvão que variaram entre 0,5% a 3% (m/v). Após a filtração, a bebida foi diluída a 40% (v/v) a 20°C.

3.1.3 Redestilada

A cachaça da COPACESP foi submetida ao processo de redestilação proposta por FRANCO *et al*, 2009, na qual foi diluída a 30% (v/v) a 20°C seguida de uma nova destilação em alambique de cobre de 300 L, realizando novos cortes de cabeça (fração inicial representada por 2% do volume total do alambique), coração (fração correspondente ao teor alcóolico de 60% v/v a 20°C) e cauda (volume final do destilado). O coração, para caracterizar a amostra RED, foi diluído a 40% (v/v) a 20°C.

Figura 1. Representação esquemática do filtro empregado no sistema de circulação.



I. Visão frontal, apresentando: A. Cachaça; B. Entrada do filtro; C. Bomba d'água; D. Saída do filtro. II. Visão lateral, apresentando: E. Reservatório contendo carvão ativado (ATMAN, 2012).

3.2 Métodos

3.2.1 Análise Físico-Química

As determinações de etanol, cobre e acidez volátil seguiram a metodologia descrita na Instrução Normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005, do MAPA; aldeídos, ésteres, metanol, álcoois superiores (propanol, 1-butanol, 1-amilico) acidez volátil e furfural, por cromatografia gasosa com detector de ionização em chama (CG-FID) e carbamato de etila por cromatografia gasosa com detector de espectrometria de massas (CG-MS).

3.2.1.1 Cromatografia Gasosa

As análises foram realizadas em cromatógrafo a gás *Shimadzu* modelo QP-2010 *Plus*, com coluna *Stabilwax-DA* (*Crossbond® Carbowax® polyethylene glycol*, 30 m x 0,18 mm x 0,18 μm) e detector de ionização de chama (FID). As temperaturas do detector e do injetor foram fixadas em 250°C e a injeção realizada manualmente com divisão de fluxo (*Split*) de 1: 25 e volume de injeção de 1,0 μL da amostra, em triplicata. O fluxo do gás de arraste (H_2) na coluna foi de 1,5 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ (isoterma de 1 min) e aumento de 30°C min^{-1} até 180°C, isoterma de 4 minutos (ALCARDE *et al*, 2012; BORTOLETTO *et al*, 2013).

A análise de carbamato de etila foi realizada em um cromatógrafo gasoso *Shimadzu* com detector de massas, modelo GCMS-QP2010 *Plus*, tendo como fonte de ionização o impacto eletrônico com energia de ionização de 70 eV. Foi utilizada coluna cromatográfica capilar de fase polar (polietileno glicol esterificada) HP-FFAP

(50 m x 0,20 mm x 0,33 µm de espessura do filme da fase estacionária). As temperaturas do injetor e da interface do detector foram respectivamente 230 e 220°C. Empregou-se a seguinte programação de temperatura para o forno: início com 90°C por 1 min, elevação para 150°C a uma taxa de 10°C/ min, seguido de aquecimento para 230°C a uma taxa de 30°C / min, na qual permaneceu por 2 min. O volume injetado foi de 1,0 µL no modo “*splitless*” automático, em duplicata. O gás de arraste foi hélio (5.0) com fluxo de 1,2 mL/min. O modo de aquisição foi o SIM, monitorando os íons de m / z 62 para carbamato de etila e m / z 75 para carbamato de metila, usando como padrão interno (CLEGG, FRANK, 1988; RECHE *et al*, 2007). A quantificação foi realizada mediante comparação dos resultados cromatográficos das amostras com uma curva analítica obtida a partir de uma solução padrão de carbamato de etila, utilizando carbamato de metila na concentração de 150 µg / L como padrão interno (ALCARDE *et al*, 2012; BORTOLETTO *et al*, 2013).

3.2.2 Análise Sensorial

Para realização da análise sensorial, todas as amostras foram diluídas a 40% (v/v) a 20°C. A análise foi realizada em laboratório de análise sensorial com cabines. Foram aplicados Teste de Aceitação, Teste de Ordenação de Preferência e Intenção de Compra.

O trabalho foi aprovado pelo Comitê de ética em Pesquisa da FCFar, UNESP, sendo 16498013.9.0000.5426 o número do Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE).

3.2.2.1 Teste de Aceitação

As amostras foram submetidas ao teste de aceitabilidade em relação aos atributos aroma, sabor e impressão global, para 112 consumidores de ambos os sexos, maiores de 18, que decidiram participar voluntariamente e que declararam gostar pelo menos ligeiramente de bebidas alcoólicas durante o recrutamento.

As amostras foram servidas de forma monádica e aleatória, em copos acrílicos transparentes contendo 5 mL das bebidas, codificados com números de 3 dígitos. As notas foram registradas em fichas, com escala hedônica híbrida de nove pontos (Apêndice 1), conforme descrito por Villanueva, Petente e Silva (2005).

3.2.2.2 Teste de Ordenação de Preferência

As amostras foram submetidas ao teste de ordenação de preferência por 30 consumidores.

A apresentação das amostras foi aleatória, em cálices transparentes contendo 5 mL da bebida, codificados com números de 3 dígitos e cobertos com vidros de relógio, que eram retirados no momento do teste. Os participantes ordenaram as amostras apresentadas de acordo com sua preferência, da esquerda para a direita (Apêndice 2).

Os critérios de recrutamento foram os mesmos do teste de aceitação.

3.2.2.3 Intenção de Compra

A intenção de compra dos consumidores foi avaliada através de uma escala de 5 pontos (certamente não compraria a certamente compraria) (Apêndice 2).

3.3 Análise de Dados

3.3.1 Análise Química

A partir da análise química das amostras, em triplicata, os dados foram submetidos à análise estatística descritiva para a construção de gráficos de intervalo de confiança e comparados com os limites impostos pela legislação nacional.

3.3.2 Análise Sensorial

Os dados obtidos na análise sensorial foram analisados a partir de estatística descritiva, testes de normalidade e homocedasticidade.

3.3.3 Teste de Aceitação

O Teste de Aceitação apresentou dados não-paramétricos, dessa maneira, foi aplicado o Teste de Kruskal-Wallis ao nível de significância de 5%.

3.3.4 Teste de ordenação

A partir dos resultados relativos à soma das posições de ordenação, os dados foram tratados com o Teste de Friedman ao nível de 5% de significância, para comparação entre as amostras apresentadas.

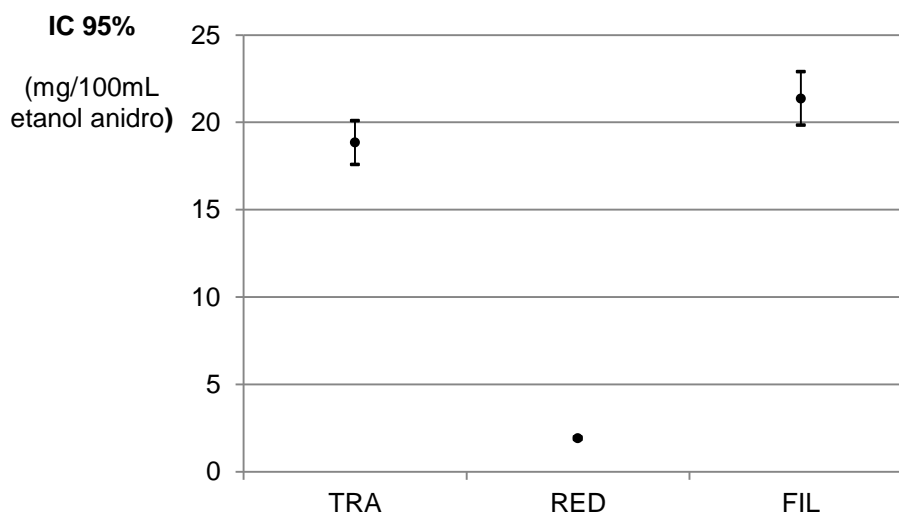
3.3.5 Intenção de Compra

A análise foi realizada levando em consideração a distribuição de frequência das notas atribuídas para cada amostra e representada em porcentagem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do laudo físico-químico (Anexo 1) possibilitou verificar uma redução de 90% em relação à acidez volátil na amostra de cachaça que passou pelo processo de redistilação (Gráfico 1), como também encontrado no estudo de BIZELLI *et al.* (2000). A acidez é causada por compostos ácidos solúveis em água, com altas temperaturas de ebulição, presentes na porção final do coração e em altas concentrações na cauda (LÉAUTÉ, 1990). Como o processo de redistilação realiza-se novos cortes de cabeça e cauda, pode-se dizer que esses compostos foram removidos de forma mais eficiente do que na primeira destilação. Na amostra que passou por filtração, houve um aumento da acidez. Esses dados concordam com o estudo realizado por Lima *et al.* em 2006, no qual também ocorreu aumento da acidez na concentração de carvão ativado de 2 g/L e somente em maiores concentrações do adsorvente esse aumento não foi observado.

Gráfico 1. Acidez volátil em ácido acético na amostra de cachaça antes (TRA) e após os processos de redistilação (RED) e filtração (FIL).

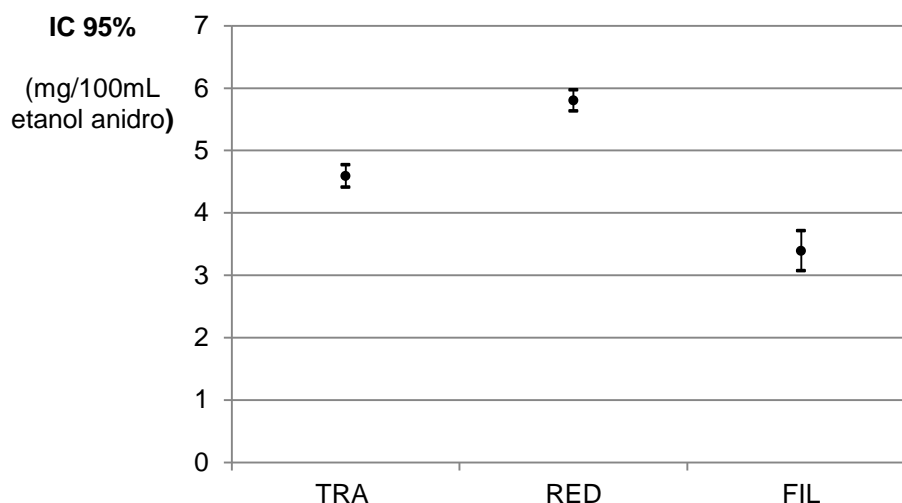


Valor de referência estabelecido pela IN 13: 0-150 mg/100mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

Os aldeídos, representados em aldeído acético, são substâncias indesejadas na cachaça, formados a partir da fermentação alcoólica, de alta volatilidade, encontrados em maiores concentrações na cabeça. O principal e mais encontrado é ao acetaldeído, responsável pelos sintomas da “ressaca” como náuseas, tontura e vômitos (NASCIMENTO *et al.* 1997). A partir do Gráfico 2, podem-se notar diferentes variações nas amostras. O carvão ativado conseguiu

reduzir a concentração, ao contrario da redestilação que causou um pequeno aumento dos teores de aldeídos.

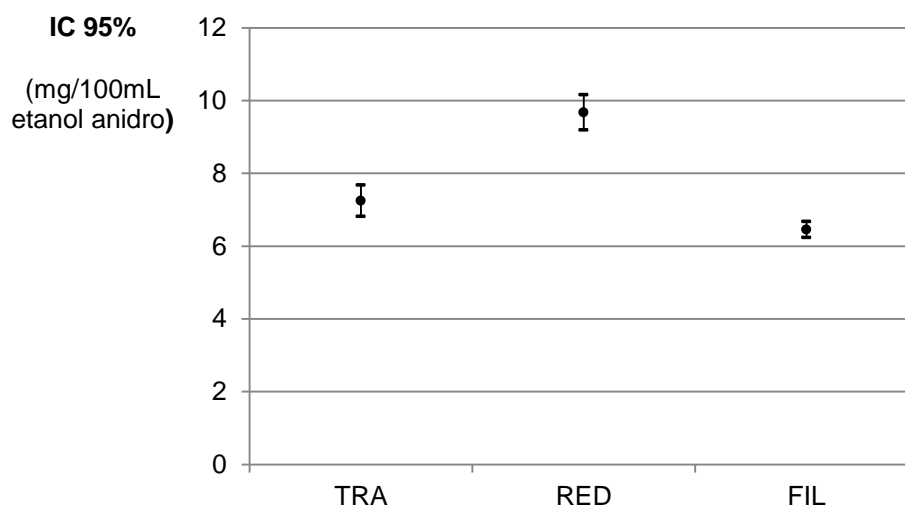
Gráfico 2. Aldeído em aldeído acético na amostra de cachaça antes (TRA) e após os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL).



Valor de referência estabelecido pela IN 13: 0-30 mg/100mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

Assim como ocorrido com os aldeídos, os teores de ésteres foram reduzidos com o uso do carvão ativado e aumentados na redestilação (Gráfico 3).

Gráfico 3. Ésteres em acetato de etila na amostra de cachaça antes (TRA) e após os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL).



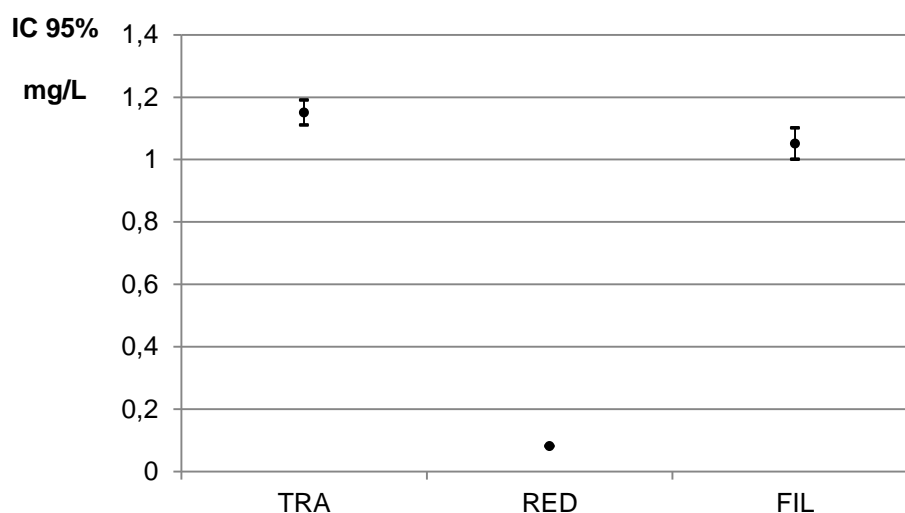
Valor de referência estabelecido pela IN 13: 0-200 mg/100mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

Os ésteres são desejáveis na cachaça, pois são responsáveis por conferirem características aromáticas interessantes, porém em altas concentrações

podem prejudicar a bebida, deixando-a com sabor enjoativo (MAIA, 1994). Assim, o uso do carvão ativado pode suavizar características indesejáveis, mas deve ser usado com cautela, pois pode também afetar negativamente características sensoriais importantes da bebida.

O cobre é um composto que apesar de sua importância como catalisador na produção da cachaça, também é um de seus principais contaminantes. A falta de higienização dos alambiques faz com que a cachaça seja contaminada com altos teores de cobre. Isso faz com que a exportação da bebida seja mais difícil, além da diferença nos teores máximos permitidos pelas legislações de outros países em comparação com a do Brasil. A Gráfico 4 mostra os resultados das concentrações do cobre. Em ambos os tratamentos realizados houve redução na quantidade de cobre das amostras, mas o processo de redestilação mostrou ser o mais eficiente em comparação a filtração. Segundo Maria de Lima (2009), se os teores iniciais de cobre presente na cachaça forem baixos, o carvão ativado pode ser um boa alternativa para a remoção ou diminuição desse contaminante. Ainda assim, é recomendada a higienização frequente dos alambiques para que não ocorram altas contaminações da bebida por cobre.

Gráfico 4. Teor de cobre na amostra de cachaça antes (TRA) e após os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL).



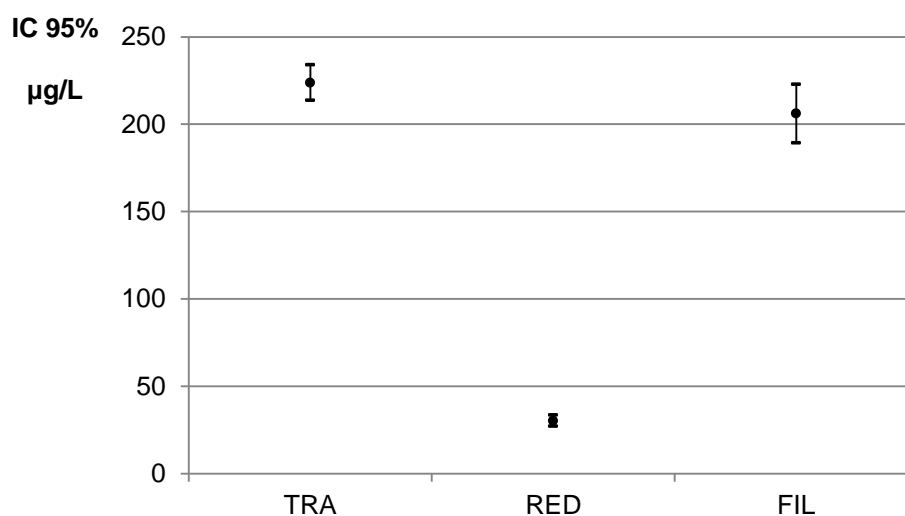
Valor de referência estabelecido pela IN 13: 0-5 mg/L de álcool anidro (BRASIL, 2005).

O carbamato de etila é um composto prejudicial á saúde, por isso sua redução a valores mínimos é essencial. A utilização do carvão ativado para remoção desse componente não foi tão efetiva (205,96 µg/L ±12,16) quando comparada ao

processo de redestilação (30,17 $\mu\text{g/L} \pm 2,33$) que conseguiu retirar cerca de 87% em relação a cachaça tradicional. Os resultados da redestilação foram muito semelhantes aos resultados encontrados por Alcarde *et al.* (2012) e Riffikin *et al.* (1989), no qual o ultimo conseguiu reduzir em 84% a concentração de carbamato, em uma segunda destilação do whisky.

O processo de filtração conseguiu retirar 8% do carbamato de etila, não conseguindo enquadrar as amostras nos limites legais (210 $\mu\text{g/L}$). Park *et al.* (2009) conseguiram melhores resultados em seu estudo, no qual bebidas alcoólicas passaram por uma coluna preenchida com 15g de carvão ativado, e que, nos primeiros 4 minutos já obtiveram uma redução de mais de 40% no teor de carbamato de etila. Essa diferença pode ter sido causada pelas diferentes concentrações iniciais de carbamato nas amostras, do carvão ativado utilizado e sua granulometria.

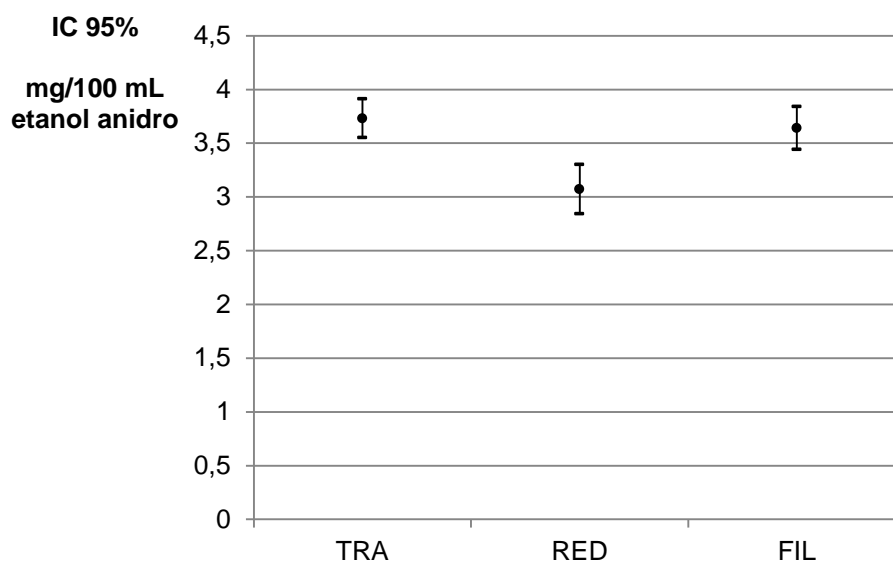
Gráfico 5. Teor de carbamato de etila na amostra de cachaça antes (TRA) e após os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL).



Valor de referência estabelecido pela IN 13: 0-210 $\mu\text{g/L}$ de álcool anidro (BRASIL, 2005).

Assim como mostrado no trabalho de Bizelli *et al.* (2000), houve redução nos teores de metanol na cachaça após a segunda destilação (Gráfico 6). Quando os cortes feitos na destilação não são feitos de maneira certa, esse composto, que deveria ser retirado na porção da “cabeça” devido sua alta volatilidade, pode estar presente em altas concentrações na cachaça. Como a segunda destilação promove novos cortes de maneira correta, parte desse contaminante foi retirada (18%). A filtração não reduziu de forma significativa a concentração do metanol.

Gráfico 6. Álcool metílico na amostra de cachaça antes (TRA) e após os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL).



Valor de referência estabelecido pela IN 13: 0-20 mg/100mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

Outros compostos analisados, álcool propílico, álcool iso-butílico, álcool iso-amílico, álcool sec-butanol e álcool n-butílico não apresentaram diferenças significativas em suas concentrações entre as amostras (Gráfico 7). O furfural não foi detectado em nenhuma amostra.

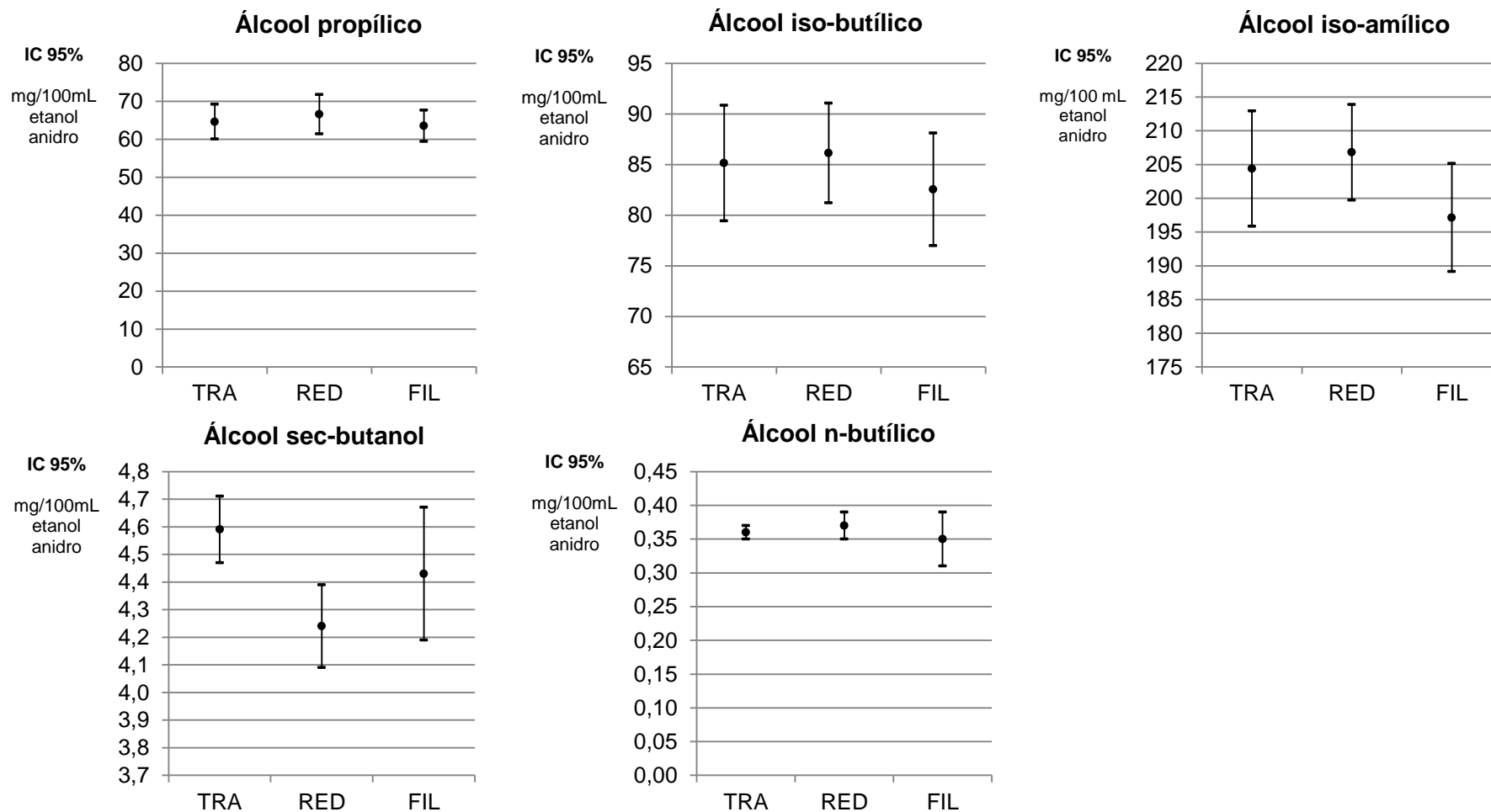
No teste de aceitação, os consumidores recrutados apresentaram faixa etária entre 18 e 68 anos, sendo a maior parte composta por homens (60,71%). Apesar das diferenças encontradas na análise química, a aceitação entre as amostras tradicional, redestilada e filtrada em carvão ativado não apresentaram nenhuma diferença significativa entre os atributos de aroma, sabor e impressão global, mostrado na Tabela 1. Isso pode ser considerado como um ponto positivo, já que quimicamente houve melhora nas cachaças tratadas e ainda sim, sensorialmente, mantiveram-se dentro dos padrões aceitáveis dos consumidores.

Tabela 1. Tendência central e variabilidade dos atributos de aroma, sabor e impressão global obtidas a partir do Teste de Aceitação da cachaça antes e após os processos de redestilação e filtração. FCF-UNESP, Araraquara/SP, 2014.

| Atributos | | Destilação | Redestilação | Filtração |
|------------------|------------------|------------|--------------|-----------|
| Aroma | <i>md</i> | 6,00 | 6,00 | 6,00 |
| | <i>Min</i> | 2,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Q_1 | 5,00 | 5,00 | 4,00 |
| | Q_3 | 8,00 | 7,00 | 7,00 |
| | <i>Máx</i> | 9,00 | 9,00 | 9,00 |
| | $\bar{x} \pm dp$ | 6,13±1,63 | 5,93±1,62 | 5,77±1,81 |
| Sabor | <i>md</i> | 6,00 | 5,50 | 6,00 |
| | <i>Min</i> | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Q_1 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| | Q_3 | 7,00 | 6,63 | 7,00 |
| | <i>Máx</i> | 9,00 | 9,00 | 9,00 |
| | $\bar{x} \pm dp$ | 5,44±2,12 | 5,18±2,06 | 5,54±2,14 |
| Impressão Global | <i>md</i> | 5,75 | 6,00 | 6,00 |
| | <i>Min</i> | 1,00 | 1,00 | 2,00 |
| | Q_1 | 4,00 | 4,00 | 5,00 |
| | Q_3 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |
| | <i>Máx</i> | 9,00 | 9,00 | 9,00 |
| | $\bar{x} \pm dp$ | 5,54±1,92 | 5,42±1,93 | 5,76±1,77 |

Não houve diferença significativa no teste de Kruskal-Wallis ($\alpha = 5\%$).

Gráfico 7. Compostos presentes na cachaça (TRA) que não sofreram alterações a pós os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL).



Valores de referência estabelecidos pela IN 13: 0-3 mg/100mL para o álcool n-butílico e 0-360 mg/100mL álcoois de álcool anidro para os demais álcoois (BRASIL, 2005).

No teste de ordenação os consumidores que participaram possuíam idade entre 19 a 51 anos, sendo a maioria mulheres (56,67%). Os resultados são mostrados na Tabela 2, revelando que não houve diferença significativa entre as amostras obtidas pelos diversos processos.

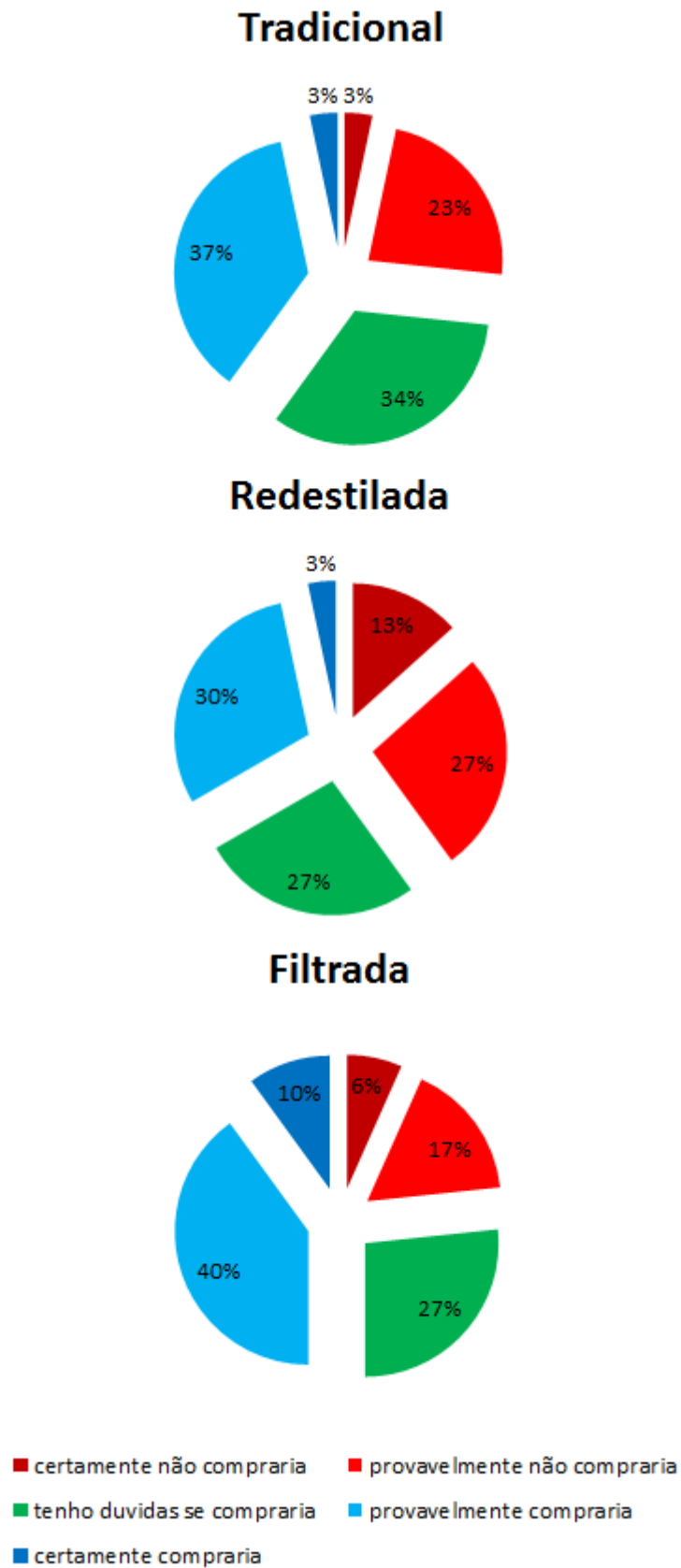
Tabela 2. Somatória das ordens atribuídas (R) às cachaças antes e após os processos de redestilação e filtração no Teste de Ordenação Preferência. FCF-UNESP, Araraquara/SP, 2013.

| Processo | R |
|------------------------------|----------|
| Destilação Simples | 59 |
| Redestilação | 55 |
| Filtração com Carvão Ativado | 66 |

Não houve diferença significativa no Teste de Friedman ($\alpha = 5\%$ com dois graus de Liberdade).

Analisando o gráfico (Gráfico 8) que mostra a intenção de compra, percebe-se que as amostras obtiveram resultados muito próximos uma das outras. Isso mostra, que apesar dos tratamentos realizados na bebida, não houve muita variação na intenção de compra, segundo os consumidores.

Gráfico 8. Intenção de compra da amostra de cachaça antes (TRA) e após os processos de redestilação (RED) e filtração (FIL).



5 CONCLUSÕES

A partir do estudo realizado foi possível concluir que os processos de redestilação e filtração em carvão ativado não alteraram a aceitação da cachaça, mantendo seu perfil sensorial e ainda melhoram sua qualidade química.

Em relação à acidez volátil, aos teores de cobre e carbamato de etila, a redestilação mostrou-se ser o melhor método na retirada de compostos indesejáveis quando comparada ao processo de filtração, pois apesar de ter havido redução nos níveis de carbamato de etila, essa não foi significativamente suficiente.

A filtração diminuiu os níveis de aldeídos e ésteres, apesar de apresentarem-se em baixas concentrações na amostra. Porém, em altas concentrações, esses compostos podem causar depreciação na qualidade sensorial. Assim, o tratamento pode ser uma boa alternativa na redução desses compostos em situações que se encontrem em altas concentrações, podendo interferir na aceitação da cachaça ou quando estão acima dos níveis legais impostos.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, A.R.; SOUZA, L.M.; BORTOLETTO, A.M. Ethyl carbamate kinetics in double distillation of sugar cane spirit. **Journal of the Institute of Brewing**, v.118, n.1, p.27-31, 2012.

BANSAL, R. C., GOYAL, M.; **Activated Carbon Adsorption**. Taylor & Francis Group, 2010.

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

BRASIL. Decreto n 2314, 4 set. 1997. Regulamenta a Lei nº 8918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial**, Brasília, v.171, p.19, 1997. Seção II, Artigo 91.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Instrução normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. **Diário Oficial da União** de 30/6/2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Instrução Normativa nº 24, de 16 de dezembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Instrução Normativa nº 28, de 8 de agosto de 2014, Diário Oficial, Brasília, nº 152, Seção I, pág. 7, 2014

BIZELLI, Leandro César; RIBEIRO, Carlos Alberto França; NOVAES, Fernando Valadares. Dupla destilação da aguardente de cana: teores de acidez total e de cobre. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 4, p. 623-627, 2000.

CARLOS A. GALINARO, DANIEL R. CARDOSO, AND, DOUGLAS W. FRANCO. Profiles of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Brazilian Sugar Cane Spirits: Discrimination between Cachaças Produced from Nonburned and Burned Sugar Cane Crops. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 55 (8), 3141-3147, 2007.

CODEX ALIMENTARIUS. MAXIMUM LEVELS FOR LEAD (CODEX STAN Contaminated alcohol in the EU 29 © 2011 The Authors, Addiction © 2011 **Society for the Study of Addiction** *Addiction*, 106 (Suppl. 1), 20–30230-2001, Rev. 1-2003), 2003.

COOK, R., MACCAIG, N., MACMILLIAN, J. M. B., & LUMSDEN, W. B. Ethyl carbamate formation in grain-based sprits. Part III. The primary source. **Journal of the Institute of Brewing**, 96(4), 233–244, 1990.

COUTINHO, Edilma Pinto. Práticas ultrapassadas e mitos de qualidade na cadeia de produção de cachaça artesanal. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, v. 23, 2003.

DA SILVA GUILARDUCI, Viviane Vasques et al. Adsorção de fenol sobre carvão ativado em meio alcalino. **Quim. Nova**, v. 29, n. 6, p. 1226-1232, 2006.

DELGADO, C. N. et al; Development of highly microporous activated carbon from the alcoholic beverage industry organic by-products. **Biomass and bioenergy**, 2011; 35: 103 -112.

DOS SANTOS, Jean Maykon; SALES, Telminto Marinho. HISTÓRIA DA CACHAÇA: símbolo de identidade nacional, 2010.

FARIA, J. B. A.; **Tese de Doutorado**, Universidade Estadual Paulista, Brasil, 1989.

FRANCO, A. C.; ROTA, Michelle Boesso; FARIA, João Bosco. A redestilação da cachaça e sua influência na qualidade sensorial. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20, n. 2, p. 331-334, 2009.

GALINARO, A. C., CARDOSO, D.R., FRANCO, D. W. Profiles of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Brazilian Sugar Cane Spirits: Discrimination between cachaças Produced from Nonburned and Burned Sugar Cane Crops. **J. Agric. Food Chem.**, 55, p.3141-3147, 2007.

GASTONI W.; FILHO V. **Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia** – São Paulo: Editora Blucher, 2010, volume 1.

INGLEDEW, W. M., MAGNUS, C. A., & PATTERSON, J. R., Yeast foods and ethyl carbamate formation in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, 38(4), 332–335, 1987.

JUANG, RUEY-SHIN; WU, FENG-CHIN; TSENG, RU-LING. Characterization and use of activated carbons prepared from bagasses for liquid-phase adsorption. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 201, n. 1, p. 191-199, 2002.

LÉAUTÉ, Robert. Distillation in alambic. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 41, n. 1, p. 90-103, 1990.

LIMA NETO, B. S.; BEZERRA, C. W. B.; POLASTRO, L. R.; CAMPOS, P.; NASCIMENTO, R. F.; FURUYA, S. M. B.; FRANCO, D. W.; **Química Nova**, 17, 220, 1994.

LIMA, Annete de J. Boari et al. Emprego do carvão ativado para remoção de cobre em cachaça. **Química Nova**, v. 29, n. 2, p. 247-250, 2006.

MARIA DE LIMA, José. Efeito de substâncias empregadas para remoção de cobre sobre o teor de compostos secundários da cachaça. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 845-848, 2009

MAIA A. B. Componentes secundários da aguardente. **STAB**, Piracicaba, v. 12, n. 6, p. 29-34, 1994.

NASCIMENTO, R.F. do; LIMA NETO, B.S. e FRANCO, D.W. Aldeídos em bebidas alcoólicas fermento-destiladas. **O Engarrafador Moderno**, n. 49, p. 76-78, 1997.

NEVES, E. A. et al. Simple and eficiente elimination of copper(II) in sugar-cane spirits. **Food Chemistry**, 101, p. 33-36, 2007.

OUGH, C. S. Ethyl carbamate in fermented beverages and foods. I. Naturally occurring ethyl carbamate. **J. Agric. Food Chem**, 24, 323-328, 1976.

PARK, SAE-ROM et al. Exposure to ethyl carbamate in alcohol-drinking and nondrinking adults and its reduction by simple charcoal filtration. **Food Control**, v. 20, n. 10, p. 946-952, 2009.

PINHEIRO, PAULO C. et al. Origem, produção e composição química da cachaça. **Revista Química Nova na Escola**, nº 18, novembro, 2003.

RIFFKIN, Harry L. et al. Ethyl carbamate formation in the production of pot still whisky. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 95, n. 2, p. 115-119, 1989.

ROSA, C.A.; SOARES, A.M.; FARIA, J.B.. Cachaça production. In: Ingledew, W. M. **The Alcohol Textbook**. 5th Edition. Nottingham: Nottingham University Press, p. 481-490, 2009.

SARGENTELLI, V.; **Química Nova**, 19, 290, 1996.

SCHLATTER, J.; LUTZ, Werner K. The carcinogenic potential of ethyl carbamate (urethane): risk assessment at human dietary exposure levels. **Food and chemical toxicology**, v. 28, n. 3, p. 205-211, 1990.

SKOOG. et al. **Fundamentos de Química Analítica**. 8 ed. Editora Thomson, 2005.

VILLANUEVA, N. D. M., PETENATE, A. J.; SILVA, M. A. A. P. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. **Food Quality and Preference** v. 16, p.691-703, 2005.

APÊNDICES

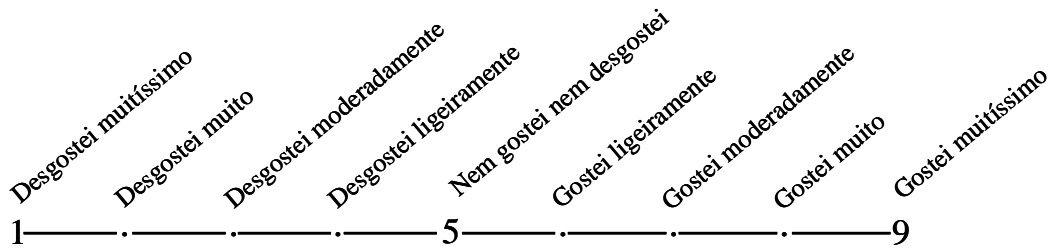
1 Fixa de avaliação do teste de aceitação

Nome: _____ Data: ___/___/___

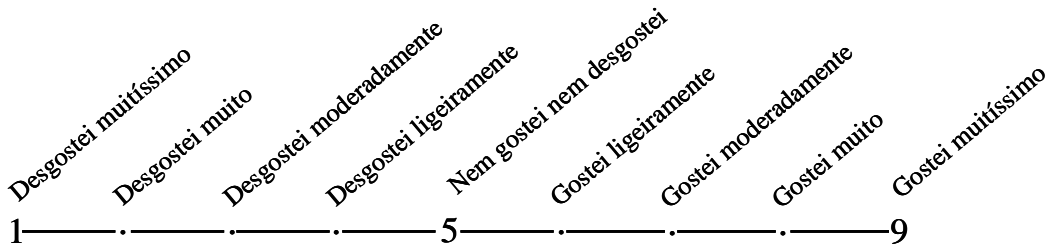
Você está recebendo uma amostra de **cachaça** com 40% de álcool em volume. Por favor, avalie a amostra de acordo com os atributos, utilizando a escala abaixo.

Amostra nº: _____

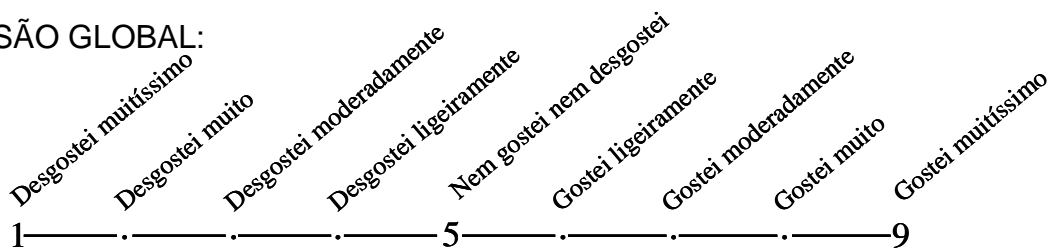
AROMA:



SABOR:



IMPRESSÃO GLOBAL:



Indique abaixo o que você mais gostou e o que menos gostou nesta nova bebida:

+ gostei:

- gostei:

Comentários:

2 Ficha de avaliação do Teste de Ordenação associado à Intenção de compra

Nome: _____ Data: ____/____/____

Instruções

Você receberá 3 amostras de cachaça codificadas. Por favor, avalie as amostras da esquerda para a direita, coloque-as em ordem decrescente em relação a sua preferência e avalie cada uma quanto a sua intenção de compra:

_____ Amostra mais preferida

Assinale abaixo o grau de certeza com que você compraria ou não compraria esta cachaça:

- Certamente compraria
- Provavelmente compraria
- Tenho dúvidas se compraria
- Provavelmente **não** compraria
- Certamente **não** compraria

_____ Amostra preferida em segundo lugar

Assinale abaixo o grau de certeza com que você compraria ou não compraria esta cachaça:

- Certamente compraria
- Provavelmente compraria
- Tenho dúvidas se compraria
- Provavelmente **não** compraria
- Certamente **não** compraria

_____ Amostra preferida em terceiro lugar

Assinale abaixo o grau de certeza com que você compraria ou não compraria esta cachaça:

- Certamente compraria
- Provavelmente compraria
- Tenho dúvidas se compraria
- Provavelmente **não** compraria
- Certamente **não** compraria

Comentários: _____

ANEXO

1. Laudo Análises Físico-químicas



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"



Av. Pádua Dias, 11 • Caixa Postal 9 • Cep 13418-900 • Piracicaba, SP - Brasil
Fone (19) 3429-4100 • Fax (19) 3422-5925
<http://www.esalq.usp.br>

CERTIFICADO DE ANÁLISE Nº 01-03/14

Amostras de cachaça, interessado: João Bosco Faria.

| Itens analisados / Amostras | 1 | 2 | 3 | Referência (IN 13) |
|--|--------|--------|--------|-----------------------|
| Grau alcoólico real a 20°C (v/v) | 41,83 | 41,06 | 43,08 | 38-48 |
| Acidez volátil em ácido acético (mg/100mL álcool anidro) | 18,84 | 1,91 | 21,36 | 0-150 |
| Aldeídos em aldeído acético (mg/100mL álcool anidro) | 4,59 | 5,80 | 3,39 | 0-30 |
| Ésteres em acetato de etila (mg/100mL álcool anidro) | 7,24 | 9,67 | 6,45 | 0-200 |
| Álcool metílico (mg/100mL álcool anidro) | 3,73 | 3,07 | 3,64 | 0-20 |
| Álcool sec-butanol (mg/100mL álcool anidro) | 4,59 | 4,24 | 4,43 | 0-10 |
| Álcool propílico (mg/100mL álcool anidro) | 64,57 | 66,56 | 63,49 | - |
| Álcool iso-butílico (mg/100mL álcool anidro) | 85,13 | 86,12 | 82,52 | - |
| Álcool n-butílico (mg/100mL álcool anidro) | 0,36 | 0,37 | 0,35 | 0-3 |
| Álcool iso-amílico (mg/100mL álcool anidro) | 204,37 | 206,79 | 197,12 | - |
| Álcoois superiores (mg/100mL álcool anidro) | 354,08 | 359,47 | 343,13 | 0-360 |
| Furfural (mg/100mL álcool anidro) | nd | nd | nd | 0-5 |
| Coefficiente de congêneres (mg/100mL álcool anidro) | 384,75 | 376,85 | 374,33 | 200-650 |
| Cobre (mg/L) | 1,15 | 0,08 | 1,05 | 0-5 |
| Carbamato de etila (µg/L) | 223,69 | 30,17 | 205,96 | 0-150 |

OBSERVAÇÕES: A presente análise tem valor restrito à amostra recebida no laboratório. A identificação da amostra é de exclusiva responsabilidade do remetente.

Laudo com resultados exclusivamente destinados para a finalidade de pesquisa científica acadêmica.

METODOLOGIAS UTILIZADAS:

ALCARDE, A.R.; SOUZA, L.M.; BORTOLETTO, A.M. Ethyl carbamate kinetics in double distillation of sugar cane spirit. *Journal of the Institute of Brewing*, v.118, n.1, p.27-31, 2012.
BORTOLETTO, A.M.; ALCARDE, A.R. Congeners in sugar cane spirits aged in casks of different woods. *Food Chemistry*, Reading, v.139, p.695-701, 2013.

Piracicaba, 12 de março de 2014.

Dr. André Ricardo Alcarde (CREA: 5060223704)
Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição
Setor de Açúcar e Álcool

1: Cachaça COPACESP; 2: Cachaça COPACESP após redestilação; 3: Cachaça COPACESP após filtração com carvão ativado.

DADOS FINAIS

Araraquara, 20 de maio de 2015.

De acordo,

Estagiário: Henrique Belinassi Balarini – RA 201010411

Orientador: Prof. Dr. João Bosco Faria