

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CACHAÇA INDUSTRIAL E ARTESANAL COMERCIALIZADAS NO CENTRO NORTE PARANAENSE

Thaís Carvalho Volpe^{1*}, Evandro Bona², Alberto Cavalcanti Vitória¹

*thaisvolpe@hotmail.com

¹ Departamento de Alimentos – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão (UTFPR-CM);

² Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos (PPGTA), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão (UTFPR-CM).

DOI: <http://dx.doi.org/10.14685/rebrapa.v4i2.114>

Resumo: A cachaça é a segunda bebida alcoólica mais consumida pelos brasileiros, perdendo apenas para a cerveja. A fabricação está dividida em artesanal (alambique) e industrial (coluna de destilação). O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da cachaça produzida artesanalmente e industrialmente na região centro norte do Paraná, através de quantificações físico-químicas da acidez volátil, teor alcoólico, pH, cobre, álcoois superiores, aldeídos, ésteres, furfural e metanol; além de avaliar diferenças estatísticas entre a origem da bebida para os compostos estudados. Foram coletadas três amostras de cachaça de alambique (A101, A102 e A103) e três de estabelecimentos industriais (B101, B102 e B103). Com relação aos parâmetros, teor alcoólico, álcoois superiores, ésteres, furfural e metanol, as amostras de forma global exibiram 100% de conformidade aos valores limítrofes; para acidez volátil e aldeídos, 83,3% apresentaram valores adequados e, 33,3% expuseram valores inaceitáveis para a determinação do teor de cobre. Assim sendo, das bebidas artesanais, apenas A101, esteve totalmente em conformidade com os valores estabelecidos pela legislação vigente, enquanto, todas as cachaças industriais, estiveram coerentes. Em relação à origem da bebida, a cachaça artesanal, diferenciou da industrial ($p \leq 0,05$), por ter apresentado as maiores concentrações para os teores de acidez volátil, cobre, aldeídos e teor alcoólico. Ao mesmo nível de significância, a bebida industrial se sobressaiu à artesanal quanto à álcoois superiores e ésteres. Concluiu-se desta forma que, as bebidas artesanais e industriais são divergentes quanto aos compostos analisados, assim como, na garantia dos padrões de qualidade frente os limites legais.

Palavras-chave: Cachaça; Artesanal; Industrial; Físico-Química; Legislação.

Evaluation of Physicochemical Characteristics from Industrial and handcrafted Cachaça commercialized in the North Central Region from Paraná State: Cachaça is the second most consumed alcoholic beverage by Brazilians, only losing position for beer. Its manufacturing is divided into handcrafted (still) and industrial (distillation column). The objective of this study was to evaluate the quality of cachaça handcrafted and industrialized in the north central region of Paraná by physicochemical measurements of volatile acidity, alcohol content, pH, copper, higher alcohols, aldehydes, esters, furfural and methanol; as well as to evaluate statistical differences between the origin of the drink for the studied compounds. Three samples of handcrafted cachaça (A101, A102 and A103) and three different industrial samples (B101, B102 and B103) were collected. With respect to the parameters, alcohol content, higher alcohols, esters, furfural and methanol, samples globally exhibited 100% compliance to the boundary values, for aldehydes and volatile acidity, 83.3% had adequate values and 33.3% exhibited unacceptable for determining the values for copper. Therefore, from crafted drinks, only A101, was fully in accordance with the values established by law, while all industrial samples, were consistent. Regarding the origin of the beverage, the handcrafted cachaças presented significant difference from the industrial ones ($p \leq 0.05$) for having presented the highest concentration to the levels of volatile acidity, copper, aldehydes and alcohol content. At the same significance level, industrial-scale beverage excelled by the higher alcohols and esters content. One can conclude that the industrial and artisanal drinks are divergent on compounds analyzed, as well as the guarantee of quality standards across the legal limits.

Key-words: Cachaça; Handcrafted; Industrial; Physical-Chemistry; Legislation.

1 Introdução

Segundo a Lei Nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, classificação, registro, inspeção, produção e fiscalização de bebidas, tem-se que cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana-de-açúcar produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38 a 48% em volume, a 20°C (BRASIL, 1994). Caso a bebida não se enquadre nesta definição, não poderá ser comercializada como cachaça e receberá então a denominação de aguardente. Para que o produto seja reconhecido como aguardente, deve satisfazer aos parâmetros de 38 a 54°GL a 20°C, podendo ser acrescida de outros sabores e desenvolvida fora do Brasil (BRASIL, 1997).

Segundo França, Sá e Fiorini (2011) e o Instituto Brasileiro da Cachaça - IBRAC (2013), a produção de cachaça no país teve início nos anos de 1538-1545. Desde então, o Brasil vem se destacando na produção, assim como o vinho na Itália, a cerveja na Alemanha e o uísque na Escócia. Atualmente é a segunda bebida alcoólica mais consumida no país, perdendo apenas para a cerveja.

O consumo de aguardente/cachaça por habitante no Brasil era de 8,0 L/ano em 2010; em 2011 totalizou 10,5; 2012 somou 11,5 L/ano/habitante e estima-se para 2013 um índice de 11,6, sendo, portanto, a bebida destilada mais consumida pelos brasileiros (CENTRO BRASILEIRO DE REFERÊNCIA DA CACHAÇA – CBRC, 2013). A produção no país foi da ordem de 1,4 bilhão/L no ano de 2012, deste total a exportação equivaleu menos de 1%. Do valor produzido, aproximadamente 70% foram oriundos de empresas industriais. Os 30% restantes foram provenientes de aguardentes artesanais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BEBIDAS – ABRABE, 2013; PROGRAMA BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DA CACHAÇA, 2013).

Tanto a cachaça industrial como artesanal devem seguir os padrões de identidade e qualidade da bebida, atendendo às disposições legais contidas na Instrução Normativa Nº 13 de 29 de junho de 2005, alterada pela Instrução Normativa Nº 58 de 19 de dezembro de 2007 e pela Instrução Normativa Nº 27 de 15 de maio de 2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005; BRASIL, 2007; BRASIL, 2008). Estes padrões visam situar a influência de cada composto nas características sensoriais da aguardente/cachaça (VENTURINI, 2010; FRANÇA; SÁ; FIORINI, 2011).

As crescentes exigências do mercado têm feito crescer a preocupação com qualidade, conseqüentemente, as análises físico-químicas são ferramentas essenciais para geração de informações relevantes para obtenção de uma cachaça de excelência (CARDELLO; FARIA, 1997; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2007; PINHEIRO, 2010; VOLPE, 2013). Deste modo, o presente trabalho teve por objetivo estabelecer a caracterização físico-

química de cachaças artesanais e industriais comercializadas no centro norte do Paraná.

2 Material e Métodos

2.1 Obtenção e Tratamento das Cachaças

Seis amostras de cachaças divididas em artesanais e industriais não envelhecidas e não adoçadas da safra de junho/2012 foram coletadas. A classificação das bebidas se deu por meio de códigos; amostras dos estabelecimentos produtores A101, A102 e A103 forneceram cachaças de alambique de cobre (artesanais), enquanto bebidas nomeadas de B101, B102 e B103 proporcionaram as oriundas de torres de destilação de aço inox (industriais). As amostras coletadas foram mantidas a temperatura ambiente e ao abrigo da luz.

2.2 Análises Físico-Químicas

As amostras colhidas passaram por determinações físico-químicas, em triplicata, para averiguação quanto a Instrução Normativa Nº 13 de 29 de junho de 2005. Cada bebida teve a quantificação da acidez volátil, teor alcoólico, pH, teor de cobre, álcoois superiores, aldeídos, ésteres, furfural e metanol.

2.2.1 Determinação da Acidez Volátil

A acidez volátil foi determinada de acordo com a metodologia empregada pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), baseada na diferença entre a acidez total e acidez fixa da bebida. Os resultados foram expressos em mg de ácido acético por 100mL de álcool anidro.

2.2.2 Determinação do Teor Alcoólico

A porcentagem em volume de etanol foi determinada pelo método alcoométrico de acordo com a NBR 13920 (1997), fundamentada na correlação entre a densidade da mistura hidroalcoólica e seu teor alcoólico. Os resultados foram expressos em °GL.

2.2.3 Determinação do pH

O pH das amostras foi determinado em pHmetro eletrônico digital, de acordo com a Instrução Normativa Nº 13 de 29 de junho de 2005. As análises se deram com as cachaças em temperatura ambiente,

submetidas à leitura direta no aparelho, depois da calibração do mesmo.

2.2.4 Determinação de Álcoois Superiores

A quantidade total de álcoois superiores foi avaliada através de medidas espectrofotométricas efetuadas na região visível do espectro, no comprimento de onda de 540nm, conforme a NBR 14052 (1998). Os resultados obtidos foram expressos em mg por 100mL de álcool anidro.

2.2.5 Determinação de Aldeídos

O método empregado para a determinação de aldeídos seguiu a metodologia disposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), que se baseia na reação de bissulfito com aldeídos da cachaça, formando bissulfíticos. O excesso de bissulfito é titulado com solução de iodo na presença de amido. Os valores obtidos foram expressos em miligrama de aldeído acético por 100mL de álcool anidro.

2.2.6 Determinação de Ésteres

A quantificação dos ésteres (acetato de etila) foi determinada a partir do método descrito nas normas do Instituto Adolfo Lutz (2008), fundamentado na saponificação dos ésteres com hidróxido de sódio. Os resultados adquiridos foram expressos em mg de acetato de etila por 100mL de álcool anidro.

2.2.7 Determinação de Cobre, Furfural e Metanol

As amostras foram enviadas para o Laboratório de Análises Físico-Químicas de Aguardente da cidade de Joinville – Santa Catarina, com a finalidade de quantificar os teores de Cobre, Furfural e Metanol. Foram aplicadas leituras no espectrômetro de absorção atômica CGS 4005.01; em cromatógrafo a líquido, coluna C-18, usando metanol-água como fase móvel e;

cromatógrafo a gás (CGAR) empregando coluna HP-FFAP (Polyethylene Glycol - TPA modified), para os respectivos compostos. A empresa convenionada não disponibilizou os limites de detecção. Os valores fornecidos foram expressos em miligrama por litro de álcool anidro para o teor de cobre e expressos em mg por 100mL de álcool anidro para furfural e metanol.

2.3 Análises estatísticas

Foram aplicados os testes estatísticos, Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey, ao nível de 95% de confiabilidade, tendo em vista a comparação dos grupos de bebidas estudados (artesanais e industriais). Os dados também foram tratados por Análise dos Componentes Principais (ACP) a fim de visualizar uma segmentação das amostras utilizando os parâmetros físico-químicos. Valeu dos softwares de estatísticas BioEstat 5.0 e Matlab 7.0, respectivamente.

3 Resultados e Discussão

3.1 Acidez Volátil

O resultado da caracterização físico-química das bebidas artesanais e industriais, quanto ao teor de ácido acético, estão apresentados na Tabela 1.

Segundo a legislação brasileira, os valores encontrados para a acidez volátil não devem ultrapassar 150mg/100mL de álcool anidro (BRASIL, 2005). As amostras artesanais e industriais avaliadas apresentaram média final dentro do limite máximo. Contudo, se diferenciaram estatisticamente ao nível de 5% de significância, resultando, na distinção das bebidas quanto sua origem.

No teste de Tukey, as cachaças de maneira geral divergiram estatisticamente entre si. Entretanto, apenas a bebida artesanal A102 apresentou acidez volátil superior ao teor legal, com intervalo de confiança de 95% ($151,9 \leq \mu \leq 152,3$). Miranda *et al.* (2008) afirma que, quanto menor a acidez melhor são as características sensoriais da aguardente e maior sua aceitação pelos consumidores.

Tabela 1- Resultados das análises quantitativas do composto ácido acético.

Artesanal	Acidez Volátil (mg ácido acético.100 mL ⁻¹ álcool anidro)	Industrial	Acidez Volátil (mg ácido acético.100 mL ⁻¹ álcool anidro)
A101	78,37 ± 0,22 ^c	B101	72,24 ± 0,25 ^d
A102	152,12 ± 0,16 ^{ax}	B102	44,35 ± 0,06 ^f
A103	125,59 ± 0,36 ^b	B103	58,87 ± 0,18 ^e
Média Final	118,694	Média Final	58,594

-Resultado (média ± desvio padrão).

-Letras diferentes, na mesma coluna, são significativamente diferentes no teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

-Resultados seguidos de ^x se encontram fora dos padrões estabelecidos pela legislação.

Nascimento *et al.* (1998) e Silva e Nóbrega (2001) Nóbrega *et al.* (2011) asseguraram que, não existe informações relevantes sobre alterações no perfil químico da aguardente para acidez volátil em função da composição do material que a destila (aço inox ou cobre) ou a forma de destilação (coluna ou alambique). No trabalho feito por Cardoso, Lima-Neto e Franco (2002), por exemplo, a influência do material do destilador na composição ácida das aguardentes não diferiu as mesmas.

Segundo Lima e Nobrega (2004), Miranda *et al.* (2008) e Volpe (2013), o aumento da acidez é decorrente de motivos como: má fermentação ou má higienização do local de trabalho, além da qualidade da matéria-prima; ou seja, a acidez está diretamente relacionada com a contaminação do processo, resultando posteriormente, em características sensoriais baixas. Desta forma, de acordo com Bizelli, Ribeiro e Novaes (2000), Silva (2003), Vilela (2005) e Venturini (2010), para garantir a qualidade da bebida quanto ao seu teor ácido, a solução é valer-se de um programa de boas práticas de fabricação, abordando atitudes como: prevenção (controle da matéria-prima, das leveduras, da temperatura de processo, assim como, utilização de locais e equipamentos em adequadas condições de higiene), emprego da bidestilação (nova destilação), e/ou ainda, de acordo com Volpe (2013), simplesmente misturando água e álcool neutro junto à bebida.

3.2 Teor Alcoólico

O resultado da caracterização físico-química das bebidas quanto ao teor alcoólico, estão apresentados na Tabela 2. A legislação vigente estima o teor alcoólico entre 38 a 54°GL, à temperatura de 20°C para aguardente e 38 a 48°GL para cachaça (BRASIL, 2005). A origem da bebida neste estudo proporcionou média dentro dos limites, 47,28 e 44,3°GL, respectivamente para artesanal e industrial. No trabalho feito por Labanca *et al.* (2006), com 71 amostras de cachaças de alambique, o teor médio foi de 45,6°GL, e no estudo de Borges (2011), com 11 amostras de torre de destilação, foi observado 42,71°GL.

Tabela 2- Resultados das análises quantitativas do teor alcoólico.

Artesanal	Teor Alcoólico (°GL)	Industrial	Teor Alcoólico (°GL)
A101	42,96 ± 0,45 ^a	B101	39,88 ± 0,57 ^a
A102	51,33 ± 0,29 ^a	B102	47,69 ± 0,07 ^a
A103	47,21 ± 0,01 ^a	B103	45,43 ± 0,42 ^a
Média Final	47,280	Média Final	44,334

-Resultado (média ± desvio padrão).

-Letras diferentes, na mesma coluna, são significativamente diferentes no teste de Tukey (p≤0,05).

A classificação quanto à denominação de cachaça ou aguardente para comercialização divergiu para uma das amostras neste trabalho. A bebida A102 foi à única considerada aguardente, as demais foram classificadas como cachaças.

Foi constatado, pelo teste da análise de variância, que as médias das amostras artesanais e industriais acompanhadas, apresentaram 95% de confiança entre si. Esse resultado já era esperado, visto que ambos os produtores buscam o teor alcoólico dentro dos limites estabelecidos, para posterior comercialização de suas bebidas.

O teor alcoólico da bebida, segundo Marinho, Rodrigues e Siqueira (2009), é facilmente padronizado pelo estabelecimento produtor. Volpe (2013) relata que, a correção pode ser feita para mais ou para menos, conforme necessidade. Emprega-se água potável para diminuir e álcool neutro para aumentar. Venturini (2010) e França, Sá e Fiorini (2011) afirmam que, cachaça com baixa ou alta graduação, resulta na formação de um produto turbido e com qualidade depreciada, respectivamente.

3.3 pH

O resultado da caracterização do pH das bebidas, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Resultados das análises quantitativas do pH.

Artesanal	pH	Industrial	pH
A101	4,3 ± 0,15 ^a	B101	5,1 ± 0,15 ^a
A102	5,2 ± 0,10 ^a	B102	4,4 ± 0,12 ^a
A103	4,5 ± 0,15 ^a	B103	4,0 ± 0,06 ^a
Média Final	4,667	Média Final	4,511

-Resultado (média ± desvio padrão).

-Letras diferentes, na mesma coluna, são significativamente diferentes no teste de Tukey (p≤0,05).

A legislação brasileira não tem estabelecido limites máximos e mínimos para o pH da cachaça/aguardente (VOLPE, 2013). Neste estudo, os valores variaram entre 4,0 a 5,2, resultando em valor ácido para todas as amostras; o mesmo foi constatado por Cavalcanti (2009), Borges (2011) Carvalho *et al.* (2011), onde obtiveram valores de pH entre 4,41-5,4; 4,0-5,3 e 4,18-4,70, respectivamente.

De acordo com o teste da análise de variância, as amostras industriais e artesanais não se diferenciaram estatisticamente quanto a determinação de pH. Segundo Borges (2011) e Volpe (2013) a acidez da bebida é influenciada pela soma dos fatores de qualidade da matéria-prima e do mosto de fermentação, que tendem a apresentar os mesmos teores ácidos, independente do processo artesanal ou industrial.

3.4 Teor de Cobre

O resultado da caracterização físico-química das bebidas quanto ao teor de cobre, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4- Resultados das análises quantitativas do teor de cobre.

Artesanal	Cobre (mg.L ⁻¹)	Industrial	Cobre (mg.L ⁻¹)
A101	3,89	B101	1,17
A102	6,13 ^x	B102	1,02
A103	5,37 ^x	B103	1,61
Média Final	5,130	Média Final	1,267

-Resultados seguidos de x se encontram fora dos padrões estabelecidos pela legislação.

A Instrução Normativa Nº 13 de 29 de junho de 2005, define o limite máximo de 5mg de cobre por litro de cachaça/aguardente (BRASIL, 2005). Foi constatado que as amostras A102 e A103 oriundas de alambique exibiram concentrações acima do determinado legalmente. Observou ainda que, as bebidas artesanais tiveram aproximadamente 305% de representatividade do composto sobre as bebidas industriais. De acordo com Boza e Horri (1999), França, Sá e Fiorini (2011), esta desproporcionalidade é devido à contaminação por cobre ocorrer principalmente na destilação realizada em equipamento constituído pelo próprio metal.

O excesso de cobre na bebida é reflexo do composto “azinhavre”, formado pela oxidação que ocorre no aparelho, quando o mesmo é exposto ao ar úmido. Este composto é então dissolvido pelos vapores alcoólicos ácidos, gerados durante o processo de destilação, se incorporando na bebida. Desta forma, a utilização de aço inox, porcelana e alumínio, ao invés de cobre, na construção dos alambiques, são alternativas eficientes para contornar a contaminação (FARIA; CAMPOS, 1989; AZEVEDO *et al.*, 2003; FRANÇA; SÁ; FIORINI, 2011; VOLPE, 2013).

De acordo com Siebald *et al.* (2002) e Nóbrega *et al.* (2011) o contágio por de íons cobre em cachaças brasileira é considerado o maior entrave na exportação

da bebida. No trabalho de França, Sá e Fiorini (2011), por exemplo, 75% das amostras artesanais testadas em Minas Gerais divergiram quanto à legislação.

Nascimento *et al.* (1998), Cardoso (2000), Azevedo *et al.* (2003) e Machado *et al.* (2013a) afirmam que, a forma mais eficaz de evitar a contaminação da bebida em um alambique de cobre é através da prevenção, por meio da assepsia dos alambiques, antes e após cada produção, além de, nos períodos de paradas preencher o equipamento com água.

De acordo com Oliveira (1970) e Cardoso (2001), Volpe (2013) se mesmo assim for constatado pelo produtor contaminação na bebida, a maneira mais eficiente para minimizar o contágio é a filtragem desta, por meio do uso de carvão ativado, ou emprego de resinas de troca iônica. Outra sugestão descrita por Bizelli *et al.* (2000) e Machado *et al.* (2013a) é o emprego da bidestilação.

3.5 Álcoois Superiores

O resultado da caracterização físico-química das bebidas artesanais e industriais, quanto ao teor de Álcoois Superiores, estão apresentados na Tabela 5.

Segundo a regulamentação da qualidade da cachaça/aguardente o máximo permitido de álcoois superiores é de 360mg/100mL de álcool anidro (BRASIL, 2005). Das cachaças estudadas nenhuma apresentou desconformidade com a legislação. Nos trabalhos realizados por Vargas e Glória (1995), Araújo *et al.* (2000) e Pinheiro (2010) com 50, 7 e 16 marcas, respectivamente, também não houveram irregularidades.

A origem da bebida neste estudo, de acordo com o teste da ANOVA, resultou na hipótese das cachaças se diferenciarem ao nível de 95% de confiabilidade. No teste de Tukey, ao mesmo nível de significância, foi revelado que as bebidas são, entre si, desiguais quanto à soma dos álcoois superiores. Segundo Pereira *et al.* (2003) e Volpe (2013), esse resultado se deve a forma como os álcoois são formados e dosados, ou seja, forma-se na etapa de fermentação, porém pode ser regulado na destilação. Apesar dos produtores seguirem a mesma ordem (fermentação-destilação), cada estabelecimento tem um fator distinto que interfere na instauração dos mesmos.

Tabela 5- Resultados das análises quantitativas da soma dos Álcoois Superiores.

Artesanal	Álcoois Superiores (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)	Industrial	Álcoois Superiores (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)
A101	172,38 ± 0,37 ^d	B101	298,31 ± 0,16 ^a
A102	128,75 ± 0,47 ^f	B102	218,01 ± 0,99 ^b
A103	138,54 ± 0,48 ^e	B103	204,02 ± 0,15 ^c
Média Final	146,558	Média Final	240,111

-Resultado (média ± desvio padrão).

-Letras diferentes, na mesma coluna, são significativamente diferentes no teste de Tukey (p≤0,05).

Yokoya (1995), Vilela *et al.* (2007) e Venturini (2010), pontam que, o estabelecimento destes compostos na bebida é reflexo da viabilidade do mosto na fermentação. Assim sendo, quanto menor a qualidade do fermento, maior será a formação dos álcoois, visto que, o desenvolvimento é resultado de reações de defesa, que as leveduras realizam, quando o meio está contaminado ou em falta de algum nutriente; procedendo um produto final de gosto e aroma enjoativo. Os álcoois superiores de maior interesse na cachaça/aguardente, conhecidos como óleo fúsel da cachaça, são: isoamílico (soma dos álcoois 2-metil-1-butanol e 3-metil-1-butanol), isobutílico (2-metil-1-propanol) e n-propílico (1-propanol).

Segundo Pereira *et al.* (2003) e Vidal *et al.* (2013) o fator que irá refletir na permanência de tais compostos na cachaça, é a condução da etapa de destilação e a composição do material. Em um estudo anterior, Nascimento *et al.* (1998) e Cardoso, Lima-Neto e Franco (2003) avaliaram a influência do material do alambique na composição química dos álcoois das aguardentes, eles obtiveram que o produto destilado em cobre apresentou um teor médio total de álcoois superiores (136 e 109mg/100mL, respectivamente) inferior ao observado para aguardentes destiladas em aço inox (187 e 155mg/100mL); relação também notada neste estudo. Ambos os autores concluíram que, o material cobre, influencia grupos de reações que permite a desintegração dos álcoois.

Um fator mais expressivo que a composição do material é a operação unitária do processo de destilação, proporcionado distinção das cachaças industriais e artesanais de forma mais expressiva. Segundo Maia (1994), Pereira *et al.* (2003) e Volpe (2013) envolveria possivelmente os pontos de corte das frações da cachaça, denominadas de cabeça e cauda para o produtor artesanal. De acordo com Chaves (1998), Vilela (2005) e Nóbrega *et al.* (2011), denomina-se cabeça (compostos com baixo ponto de ebulição) os 10% iniciais do processo de destilação e cauda (compostos com alto ponto de ebulição) os 10% finais. Em um estudo feito por Maia (1994) e Vidal *et al.* (2013), verificou-se que os álcoois superiores incorporam na bebida principalmente a partir do destilado de cauda, já que o ponto de ebulição dos mesmos é entorno de 82,5 a 128°C.

Pereira *et al.* (2003), França, Sá e Fiorini (2011) e Vidal *et al.* (2013) afirmam que, os produtores artesanais separam as frações cabeça e calda, a fim de proporcionar maior qualidade sensorial à bebida, porém, esses pontos de corte variam muito de um alambique para outro (de 2 a 15% de remoção). Independentemente do percentual retirado, este ocasiona diminuição de álcoois na cachaça artesanal final. Em contrapartida, as cachaçarias industriais, devido à coluna de destilação, pouco se preocupam em separar as frações e sim, remover a bebida no teor alcoólico e temperatura ideal, o que, possivelmente permitiria maiores concentrações de álcoois superiores em comparação com as artesanais.

3.6 Aldeídos

O resultado da caracterização físico-química das bebidas artesanais e industriais, quanto ao teor de aldeídos, estão apresentados na Tabela 6.

De acordo com a legislação brasileira, o limite máximo permitido é de 30 mg de acetaldeído/100mL de álcool anidro (BRASIL, 2005). Apenas a amostra A102 teve a concentração do composto acima do estabelecido. Na aplicação da análise de variância, foi possível concluir que as cachaças artesanais e industriais se diferenciaram. Pelo teste de Tukey, a cachaça A102 diferenciou das demais bebidas, exatamente por estar fora dos padrões legais; não houve correlação ente as cachaças e suas origens, porém, entre os grupos, algumas bebidas se identificaram, por exemplo, B101 e B102.

A concentração de acetaldeído ocorre na etapa de fermentação, assim sendo, cada estabelecimento tem suas características peculiares, podendo se igualar ou diferenciar. Fatores como: oxidação espontânea no meio, presença de bactérias contaminantes no mosto, linhagem da levedura, pH do meio e temperatura da fermentação, são os parâmetros essenciais de concentração do composto (YOKOYA, 1995; SILVA; MALCATA; REVEL, 1996; VILELA, 2005; NÓBREGA *et al.*, 2011).

De acordo com Andrade, Lana e Pataca (2005) e Souza (2006), Souza *et al.* (2009), quando tais parâmetros não são controlados na sala de fermentação, tem-se o excesso do composto, trazendo influências negativas para cachaça, como odor desagradável na maioria dos casos avaliados, e para o consumidor, geralmente intoxicação e sintomas de ressaca.

Maia (2002), Pereira *et al.*, (2003) e Volpe (2013), afirmam que, mesmo que a fermentação não ocorra em grau de qualidade, é possível reduzir o teor de aldeídos na etapa de destilação, ou seja, para o produtor artesanal, aumenta-se a remoção da fração cabeça durante a destilação (acetaldeído apresenta ponto de ebulição entorno de 21°C). Os processos industriais, entretanto, já têm por característica apresentar baixas concentrações, devido à forma contínua e as variáveis de trabalho da coluna (altura da torre, temperatura e pressão de trabalho) controlando de forma eficiente a presença do composto na bebida.

Contudo, existem relatos de trabalhos que apontam como outra distinção de alambique e coluna de destilação, o material que constitui os mesmos. Nos trabalhos realizados por Nascimento *et al.* (1998) e Cardoso, Lima-Neto e Franco (2002) os valores médios encontrados para o destilador de cobre foram mais relevantes que o mesmo destilado em aço inox (19,72 e 9,01 mg/L, 19,0 e 9,00 mg/L, respectivamente para cada trabalho), valores bem coerentes ao obtidos nesta pesquisa. Os autores concluíram que o material que constitui o destilador influencia na composição química da cachaça para a concentração de aldeídos. Contudo, não justificam quimicamente dos dados.

Tabela 6- Resultados das análises quantitativas do composto aldeído.

Artesanal	Aldeídos (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)	Industrial	Aldeídos (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)
A101	19,67 ± 0,36 ^a	B101	8,54 ± 0,46 ^b
A102	31,02 ± 0,63 ^{dx}	B102	9,37 ± 0,51 ^{bc}
A103	19,01 ± 0,17 ^a	B103	9,79 ± 0,21 ^c
Média Final	23,256	Média Final	9,232

-Resultado (média ± desvio padrão).

-Letras diferentes, na mesma coluna, são significativamente diferentes no teste de Tukey (p≤0,05).

-Resultados seguidos de ^x se encontram fora dos padrões estabelecidos pela legislação.

Tabela 7- Resultados das análises quantitativas de ésteres nas cachaças.

Artesanal	Ésteres (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)	Industrial	Ésteres (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)
A101	29,87 ± 0,12 ^d	B101	87,83 ± 0,44 ^c
A102	18,90 ± 0,27 ^e	B102	93,39 ± 0,24 ^b
A103	16,41 ± 0,14 ^f	B103	94,75 ± 0,54 ^a
Média Final	21,726	Média Final	91,992

-Resultado (média ± desvio padrão).

-Letras diferentes, na mesma coluna, são significativamente diferentes no teste de Tukey (p≤0,05).

3.7 Ésteres

O resultado da caracterização físico-química das bebidas artesanais e industriais, quanto à presença de ésteres, estão apresentados na Tabela 7.

Segundo a Instrução Normativa Nº 13 de 2005, o limite máximo permitido para ésteres em cachaças é de 200mg/100mL (BRASIL, 2005). Todas as amostras estudadas da região centro norte do Paraná se enquadraram dentro dos padrões estabelecidos para ésteres, com concentrações bem inferiores ao padrão. Este resultado já era esperado, pois as amostras coletadas eram recém-distiladas, e a concentração de ésteres tende ser maior com o tempo de envelhecimento, como observa Moraes (2004), Vilela *et al.* (2007) e Venturini (2010).

No teste da ANOVA, foi comprovado (p≥0,05), que as médias obtidas para as cachaças artesanais e industriais são divergentes, ou seja, bebidas industriais puderam concentrar mais o composto. Na aplicação do teste de Tukey, foi notado que, as bebidas entre si não apresentam qualquer correlação tendenciosa.

De modo geral, os ésteres são desejáveis na aguardente, pois favorecem o aroma; sua presença está relacionada principalmente com o envelhecimento produto (cachaças envelhecidas apresentam buque de aromas mais concentrado), mais também com o desencadeamento da fermentação e destilação, característico de cada estabelecimento produtor (MAIA; PEREIRA; SCHWBE, 1994; VILELA *et al.*, 2007; NASCIMENTO, 2007; VOLPE, 2013).

Na fermentação, a formação de ésteres tem pouca representação para o produto final, porém, é influenciado pela qualidade da mesma, necessitando de eficiência em relação ao tempo, temperatura, viabilidade das leveduras e controle de infecção; proporcionando, desta forma, aumento da concentração de aromas agradáveis (VIDAL *et al.*, 2013).

É difícil prever como ocorreu a fermentação das bebidas analisadas, porém, dados de Reed e Nagodawithana (1991), Yokoya (1995) e Vidal *et al.* (2013) indicam que, a remoção da fração cabeça pelo produtor artesanal modifica o sensorial da bebida, ou seja, compostos mais voláteis que o etanol (representado por seus ésteres, com ponto de fusão próximo a 77°C) são mais frequente nesta fração. Deste modo, justificaria as baixas concentrações dos compostos aromáticos para as bebidas artesanais em comparação com as industriais recém-distiladas. A cachaça industrial, devido à destilação contínua e as condições de operação da coluna, promove a presença em maior concentração de ésteres, proporcionando odores mais frutados.

3.8 Furfural

O resultado da caracterização físico-química das bebidas quanto ao composto furfural, estão apresentados na Tabela 8. Na legislação brasileira tem-se estabelecido como valor máximo do composto furfural de 5mg/100mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

Tabela 8- Resultados das análises quantitativas da concentração de furfural.

Artesanal	Furfural (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)	Industrial	Furfural (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)
A101	0,81	B101	0,53
A102	1,07	B102	0,98
A103	0,47	B103	0,24
Média Final	0,783	Média Final	0,583

Tabela 9- Resultados das análises quantitativas da concentração de metanol.

Artesanal	Metanol (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)	Industrial	Metanol (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)
A101	3,31	B101	2,52
A102	2,04	B102	1,38
A103	1,12	B103	2,34
Média Final	2,157	Média Final	2,08

Os teores encontrados nesta pesquisa estiveram bem inferiores ao padrão. Vários trabalhos apresentaram o mesmo resultado, como o de Vargas e Glória (1995), Dantas *et al.* (2007) e Pinheiro (2010), onde depararam com um teor médio de 0,2; 0,11 e 1,5mg/100 mL, respectivamente.

As baixas concentrações são resultados de uma boa filtração do caldo, removendo os bagacilhos presentes na garapa e evitando os mesmos na sala de fermentação, pois é a desidratação de pentoses do bagacilho que leva à formação elevada de furfural. O emprego de temperatura controlada na destilação é outro fator favorável para diminuição da formação do composto, já que durante a destilação também pode ocorrer à reação de Maillard, que é a principal fonte de compostos heterocíclicos como furanos (DANTAS *et al.*, 2007; PINHEIRO, 2010).

3.9 Metanol

O resultado da caracterização físico-química quanto à presença do metanol nas bebidas, estão apresentados na Tabela 9.

Os limites máximos tolerados para metanol, em aguardente/cachaça, são fixados pela legislação brasileira em 20 mg/100mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

Nenhuma das amostras analisadas teve a concentração de metanol fora dos padrões determinados pela legislação. No estudo feito por Souza (2006), a concentração de metanol ficou dentro dos limites máximos recomendados pela legislação brasileira para as 5 cachaças artesanais analisadas. No trabalho de Vilela *et al.* (2005) com 21 amostras divididas em

destiladas em alambique de cobre e aço inox, os valores médios destas não ultrapassaram 2mg/100mL.

As baixas concentrações na bebida é devido ao teor de matérias pécnicas em cana-de-açúcar ser baixo, posteriormente o teor de álcool metílico em seus destilados também serão baixos (VILELA *et al.*, 2007; MIRANDA *et al.*, 2008). Porém, vale salientar que, quando a fermentação está contaminada, esta pode percorrer uma rota diferente da produção de etanol, levando a produção de metanol em grandes quantidades (VOLPE, 2013). De acordo com França (1988) Machado *et al.* (2013b), sua presença na cachaça pode causar agressividade olfativa, além de ser altamente prejudicial à saúde do consumidor.

3.10 Análise de Componentes Principais (ACP)

A Figura 1, ilustra a dispersão das amostras em relação às duas primeiras componentes principais que representam 74,92% da variância dos dados.

A primeira componente principal (CP1) segue na direção da variação, máxima possível, existente no conjunto de dados, enquanto a segunda componente (CP2) é ortogonal a primeira, segue a segunda maior variância. Foi observado, como identifica a Figura 1 que a CP1, com 58,90% da variância, segmenta as amostras artesanais no quadrante positivo, enquanto as industriais estão no quadrante negativo. É possível observar que os parâmetros que mais diferenciam as amostras artesanais das industriais são os teores de cobre, acidez e aldeídos. Já para as amostras industriais destacou o teor de álcoois superiores e ésteres. Esses resultados corroboram com as conclusões já apresentadas através da análise individual de cada parâmetro. As variáveis furfural, metanol e teor

alcoólico não foram importantes para a diferenciação das amostras de acordo com o tipo de produção.

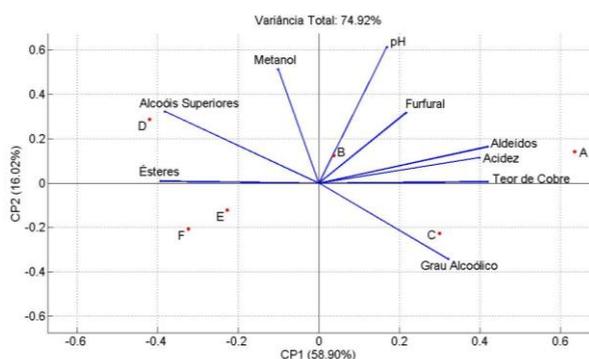


Figura 1 - Representação bidimensional dos resultados físico-químicos. Notas: amostra A – A102 (artesanal); amostra B – A101 (artesanal); amostra C – A103 (artesanal); amostra D – B101(industrial); amostra E – B102(industrial); amostra F – B103 (industrial).

Quando estudado a CP2 (variância de 16,02%), não se tem mais a separação entre artesanal e industrial, e sim a dispersão das amostras perante o composto pH. Isto é resultado dos autovetores da matriz de correlação identificados pelo programa utilizado. O pH teve o maior autovetor, consequentemente, as amostras A102 e B101 são as de pH mais significativas, resultando no deslocamento positivo. Como já discutido, o aumento ou a diminuição do pH da cachaça, seja ela artesanal ou industrial é resultado de características de cada processo, que levam a variações na porção ácida da bebida.

4 Conclusões

Das cachaças industriais analisadas todas estiveram em conformidade com a Instrução Normativa Nº13, de 29 de junho de 2005, em contrapartida, apenas uma artesanal apresentou todos os parâmetros coerentes com os padrões estipulados. Foi evidente que a origem da bebida refletiu na concentração de alguns compostos; cobre, acidez e aldeídos foram característicos de bebidas artesanais, enquanto álcoois superiores e ésteres para as cachaças industriais.

5 Referências

ARAÚJO, J. M. A.; COELHO, S. R. M.; MACÊDO, J. A. B.; SALINAS, E. S. S. Álcoois superiores em aguardente de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) por cromatografia de fase gasosa em coluna capilar. *Arq. Ciênc. Saúde Unipar*, v.4, n.3, p. 243-246, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BEBIDAS - ABRABE. Mercado nacional da Cachaça. Disponível

em: <<http://www.abrabe.org.br/cachaça>>. Acesso em: 30 nov. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13920: Aguardente de cana - Determinação do teor alcoólico. Rio de Janeiro, 1997.

NBR 14052: Aguardente de cana - Determinação de álcoois superiores. Rio de Janeiro, 1998.

ALCARDE, A. R.; SOUZA, P. A.; BOSQUEIRO, Â. C.; BELLUCO, A. E. S. Perfil físico-químico de aguardentes de cana-de-açúcar produzidas por metodologias de dupla destilação em alambiques simples. *Alimentos e Nutrição*, v. 20, n. 3, p. 499-506, 2009.

ANDRADE, G. C. F.; LANA, E. J. L.; PATACA, L. C. M. Avaliação da incerteza de medição na determinação de aldeídos totais em cachaças por cromatografia a gás. *Sociedade Brasileira de Química (SBQ)*. Minas Gerais, v.1, n. 34, p.11-18, 2005.

AZEVEDO, S. M.; CARDOSO, M. G.; PEREIRA, N. E.; RIBEIRO, C. F. S.; SILVA, V. F.; AGUIAR, F. C. Levantamento da contaminação por cobre nas aguardentes de cana-de-açúcar produzidas em Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 27, n. 3, p. 618-624, 2003.

BIZELLI, L. C.; RIBEIRO, C. A. F.; NOVAES, F. V. Dupla destilação da aguardente de cana: teores de acidez total e de cobre. *Scientia Agrícola*, v. 57, n. 4, p. 623-627, 2000.

BORGES, C. A. Avaliação da qualidade de cachaças do estado da Bahia. 66f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

BOZA, Y.; HORII, J. A destilação na obtenção de aguardente de cana-de-açúcar. *Bol. SBCTA*, v. 33, n.1. p. 98-05, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 2314, de 4 de setembro de 1997. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo*, Brasília, DF, 4 set. 1997.

Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e para Cachaça. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo*, Brasília, DF, 29 jun. 2005.

Instrução Normativa nº 27, de 15 de maio de 2008. Altera o item 9.4 da Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo*, Brasília, DF, 16 mai. 2007.

Instrução Normativa nº 58, de 19 de dezembro de 2007. Altera os itens 4 e 9 da Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo*, Brasília, DF, 08 jan. 2008.

- Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, autoriza a criação da Comissão Intersetorial de Bebidas e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, 15 jul. 1994.
- CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA, J. B. Modificações físico-químicas e sensoriais de aguardente de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus alba* L.). B.CEPPA, v. 15, n. 2, p. 87-100, 1997.
- CARDOSO, D. R.; LIMA-NETO, B. S.; FRANCO, D. W. Influência do material do destilador na composição química das aguardentes de cana. Parte II. Química Nova, v. 26, n. 2, p. 165-169, 2003.
- CARDOSO, M. G. Análises físico-químicas de aguardente: Produção artesanal de aguardente. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000.
- Análises físico-químicas de aguardente. Produção de aguardente de cana-de-açúcar. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.
- CAVALCANTI, A. F. Bidestilação em alambiques contendo dispositivos de prata e cobre e sua influência na qualidade da cachaça. 120f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2009.
- CARVALHO, G. B.; EMERENCIANO, D. P.; CARVALHO, G. C.; FERNADES, P. R.; MOURA, M. F. Avaliação dos parâmetros físico-químicos em diferentes marcas de cachaças comercializadas em Natal – RN. IV Congresso Norte – Nordeste de Química, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2011.
- CENTRO BRASILEIRO DE REFERÊNCIA DA CACHAÇA – CBRC. O Mercado da Cachaça no Brasil. Disponível em: <<http://www.expocachaca.com.br/file/s/mercadodacachaca.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2013.
- DANTAS, H. J.; VILAR, F. A.; SILVA, F. L. H.; SILVA, A. S. Avaliação da influência da velocidade de destilação na análise físico-química de aguardentes de cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 9, n. 2, p. 101-109, 2007.
- FARIA, J. B.; CAMPOS, M. A. P. Eliminação do cobre contaminante das aguardentes de cana (*Saccharum Officinarum* L.) brasileiras. Alimentos e Nutrição, v. 1, n.1, p. 117-126, 1989.
- FRANÇA, N.; SÁ, O. R.; FIORINI, J. E. Avaliação da qualidade da cachaça artesanal produzidas no município de Passos (MG). Ciência et Praxis. v. 4, n. 7, p 47-49, 2011.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. São Paulo: IAL, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DA CACHAÇA - IBRAC. Dados de mercado. Disponível em: <<http://www.ibrac.net>>. Acesso em: 30 nov. 2013.
- LABANCA, R. A.; GLORIA, M. B. A.; GOUVEIA, V. J. P.; AFONSO, R. J. C. F. Determinação dos teores de cobre e grau alcoólico em aguardentes de cana produzidas no estado de Minas Gerais. Química Nova, v. 29, n. 5, p. 1110-1113, 2006.
- LIMA, A. K. S.; NOBREGA, I. C. C. Avaliação de parâmetros de qualidade em aguardentes de cana produzidas no Estado da Paraíba. Boletim CEPPA, v. 22, n. 1, p. 79-103, 2004.
- MACHADO, A. M. R.; CARDOSO, M. D. C.; SACZK, A. A.; ANJOS, J. C. P.; ZACARONIC, L. M.; DÓREAD, A. S.; NELSON, D. L. Determination of ethyl carbamate in cachaça produced from copper stills by HPLC. Food Chemistry, v.138, n. 2–3, p. 1233–1238, 2013a.
- MACHADO, A. M. R.; CARDOSO, M. D. C.; SACZK, A. A.; ANJOS, J. C. P.; ZACARONIC, L. M.; DÓREAD, A. S.; NELSON, D. L. Contamination of cachaça by PAHs from storage containers. Food Chemistry, v.146, n.1, p.65-70, 2013b.
- MAIA, A. B. Equipamentos para a produção de cachaça. Informe agropecuário, v. 23, n. 217, p. 63-66, 2002.
- MAIA, A. B.; PEREIRA, A. R.; SCHWBE, W. K. Segundo curso de tecnologia para produção de aguardente de qualidade. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG e Fundação Cristiano Otoni, 1994.
- MARINHO, A. V.; RODRIGUES, J. P. de M.; SIQUEIRA, M. I. D. Avaliação da acidez volátil, teor alcoólico e de cobre em cachaças artesanais. Estudos, v. 36, n. 1/2, p. 75-93, 2009.
- MIRANDA, M. B.; MARTINS, N. G. S.; BELLUCO, A. E. S.; HORRI, J.; ALCARDE, A. R. Perfil físico-químico de aguardente durante envelhecimento em tonéis de carvalho. Ciência Tecnologia de Alimentos, v. 28, supl., p. 84-89, 2008.
- MORAES, J. S. Estudo comparativo das características químicas e sensoriais do rum e da cachaça. 95f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Araraquara, 2004.
- NACIMENTO, E. S. P. Ésteres em aguardente de cana: seu perfil. 150f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- NASCIMENTO, R. F.; CARDOSO, D. R.; LIMA NETO, B. S.; FRANCO, D. W. Influência do material do alambique na composição química das aguardentes de cana-de-açúcar. Química Nova, v. 21, n. 6, p. 735-39, 1998.
- NÓBREGA, I. C. C.; PEREIRA, J. A. P.; PAIVA, J. E.; LACHENMEIER, D. W. Ethyl carbamate in cachaça (Brazilian sugarcane spirit): Extended survey confirms simple mitigation approaches in pot still distillation. Food Chemistry, v.127, n.3, p. 1243–1247, 2011.

- OLIVEIRA, A. J.; Efeito da adição de suplementos nutricionais na fermentação alcoólica de melaço de cana-de-açúcar em diferentes temperaturas. 186 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; Piracicaba, 1970.
- PEREIRA, N. E.; CARDOSO, M. G.; AZEVEDO, S. M.; MORAIS, A. R.; FERNANDES, W.; AGUIAR, P. M. Compostos secundários em cachaças produzidas no estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 27, n. 5, p.1068-1075, 2003.
- PINHEIRO, S. H. M. Avaliação sensorial das bebidas aguardente de cana industrial e cachaça de alambique. 129 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – Minas Gerais, 2010.
- PROGRAMA BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DA CACHAÇA (PBDAC). Cachaça brasileira. Disponível em: <<http://www.pbdac.com.br>>. Acesso em 30 nov. 2013.
- REED, G.; NAGODAWITHANA, T. W. Distiller's yeasts. New York: AVI Book, 1991.
- RODRIGUES, L. R.; OLIVEIRA, E. A. A. Q. de. Expansão da exportação de cachaça brasileira: uma nova oportunidade de negócios internacionais. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 11.; Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, José dos Campos, São Paulo: Anais, p. 85-93, 2007.
- SIEBALD, H. G. L.; G., M. L.; CANUTO, M. H.; SILVA, J. B. B. Alguns aspectos toxicológicos da cachaça. *Informe Agropecuário*, v. 23, n. 217, p.59-62, 2002.
- SILVA, C. L. C. Seleção de linhagens de *Saccharomyces cerevisiae* floculantes e linhagens não produtoras de H₂S e sua influência na qualidade da cachaça. 99f. Tese (Mestrado) - Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
- SILVA, M. L.; MALCATA, F. X.; REVEL, G. de. Volatile contents of grape marcs in Portugal. *Journal of food composition and analysis*, v. 9, p. 72- 80, 1996.
- SILVA, P. H. A.; NÓBREGA, I. C. C. Physical – chemical characterization of commercial brands of brazilian sugar cane spirit. *MBAA technical Quarterly*, v. 38, n. 3, p 163-166, 2001.
- SOUZA, M. D. C. A. Identificação, quantificação e comparação das substâncias químicas responsáveis pelos aromas da cachaça de alambique e do rum comercial tratados pelo processo de irradiação. 137f. Tese (Doutorado) - universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- SOUZA, P. P.; CARDEAL, Z. L.; AUGUSTIA, R.; MORRISON, P.; MARRIOTT, F. 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, n.14, p.2881–2890, 2009.
- VARGAS, E. A.; GLÓRIA, M. B. Qualidade de aguardente de cana (*Sacharum officinarum*, L.) produzida comercialmente e/ou engarrafada no estado de Minas Gerais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 15, n. 1, p. 43-46, 1995.
- VENTURINI, F. W. G. Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia. São Paulo: Blucher, 2010.
- VIDAL, E. E.; Billerbeck, G. B.; Simões, D. A.; Schuler, A.; François, J. M.; Morais, M. A. Influence of nitrogen supply on the production of higher alcohols/esters and expression of flavour-related genes in cachaça fermentation. *Food Chemistry*, v. 138, n. 1, p. 701-708, 2013.
- VILELA, A. F. Estudo da adequação de critérios de boas práticas de fabricação na avaliação de fábricas de cachaça de alambique. 96f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- VILELA, F. J.; CARDOSO, M. G.; MASSON J.; ANJOS, J. C. P. Determinação das composições físico-químicas de cachaças do sul de Minas Gerais e suas misturas. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 4, p. 1089-1094, 2007.
- VOLPE, T. C. Avaliação das características físico-químicas da cachaça industrial e artesanal comercializadas no centro norte paranaense. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.
- YOKOYA, F. Fabricação de aguardente de cana - (Série Fermentações Industriais). Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia André Tosello, 1995.