

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE TECNOLOGIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
CÂMPUS CAMPO MOURÃO – PARANÁ

THAISA CARVALHO VOLPE

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

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2013

THAISA CARVALHO VOLPE

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

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos da Coordenação dos Cursos de Tecnologia e Engenharia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, câmpus Campo Mourão, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Cavalcanti Vitório.

CAMPO MOURÃO
2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão

Coordenação dos Cursos de Tecnologia e Engenharia de Alimentos
Engenharia de Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO

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

por

THAISA CARVALHO VOLPE

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 22 de Fevereiro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Alberto Cavalcanti Vitório
Orientador

Prof. Dr. Evandro Bona

Prof. Dr. Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus acima de tudo, pois nada seria, se não me fosse concedido do alto. Muito obrigada meu Deus.

Agradeço plenamente aos meus familiares e amigos por serem minha força e minha base em todos os momentos da minha vida.

Reverencio o Professor Dr. Alberto Cavalcanti Vitório pela sua orientação e dedicação neste trabalho e, por meio dele, me reporto a toda a Coordenação de Engenharia e Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Campo Mourão, pelo apoio.

Agradeço a Profa. Dra. Mirela Vanin dos Santos Lima, por sua ajuda na leitura e dicas em relação ao trabalho; Prof. Msc. Diogo Heron Macowski e Prof. Dr. Evando Bona, por me orientarem nas análises estatísticas; Prof. Dr. Augusto Tanamati e Prof. Dr. Ailey Aparecida Coelho Tanamati, no auxílio das metodologias aplicadas.

Agradeço Ângela Kwiatkowski e Marcos Vieira por me orientar na parte prática das metodologias realizadas no laboratório.

Agradeço aos professores da banca examinadora, pelas contribuições referentes a este estudo.

Muito Obrigada!

“Pode me faltar amor,
Disto até acho graça,
Só não quero que me falte,
A danada da cachaça”
(PINHEIRO; CASTRO;
LOBATO, 2012).

RESUMO

VOLPE, T. C. Avaliação das características físico-químicas da cachaça industrial e artesanal comercializadas no centro norte paranaense. 2013. 92f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

A cachaça é a bebida brasileira, mais conhecida que o samba e o futebol. É a segunda bebida alcoólica mais consumida pelos brasileiros, perdendo apenas para a cerveja. A fabricação está dividida em cachaça artesanal (oriunda de alambique) e cachaça industrial (coluna de destilação), onde ambas conquistam cada vez mais o mercado interno e externo. 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, grau alcoólico, pH, cobre, alcoóis superiores, aldeídos, ésteres, furfural e metanol, além de avaliar diferenças estatísticas entre a origem da bebida para os compostos estudados. Foram colhidas três amostras de cachaça de alambique, identificadas de acordo com a cidade de origem, ou seja, Jardim Alegre, Ivaiporã e Lunardelli; também foram coletadas cachaças de três estabelecimentos industriais, denominados por Nova Tebas, Arapuã e Ariranha do Ivaí. Com relação ao parâmetro acidez volátil e aldeídos 83,3% das amostras apresentaram valores dentro da legislação; para a determinação do teor de cobre 33,3% apresentaram valores inaceitáveis; para a quantificação do °GL, alcoóis superiores, ésteres, furfural e metanol 100% das amostras apresentaram-se em conformidade aos valores limítrofes. Dos compostos avaliados neste trabalho, a origem da bebida (artesanal – industrial) diferenciou-se estatisticamente para o teor de acidez volátil, aldeídos e grau alcoólico para a bebida artesanal, contra alcoóis superiores e ésteres para a industrial. Cobre, furfural e metanol não entraram nesta correlação, visto que seus resultados foram obtidos de laboratório terceirizado, não sendo possível realizar os testes estatísticos. Concluiu-se que a cachaça produzida artesanalmente na região acompanhada do estado do Paraná quando comparada com a legislação vigente para os parâmetros analisados, sua qualidade não está totalmente em conformidade com os valores estabelecidos, exceção para a bebida de Ivaiporã. Quanto às cachaças industriais todas estiveram coerentes com os padrões instituídos.

Palavras-Chaves: Cachaça. Artesanal. Industrial. Físico-Química. Legislação.

ABSTRACT

VOLPE, T. C. Evaluation of physico-chemical cachaça industrial and artisanal marketed in centre north paranaense. 2013. 92f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

The Cachaça is a Brazilian drink, better known as the samba and soccer. It is the second most consumed alcoholic beverage by Brazilians, second only to beer. The production is divided into cachaça (coming from distillery) and industrial rum (distillation column), where both gain more and more domestic and foreign markets. The aim of this study was to evaluate the quality of cachaça handcrafted and industrially in the central northern Paraná, through physico-chemical measurements of volatile acidity, alcohol content, pH, copper, higher alcohols, aldehydes, esters, furfural and methanol, and to assess statistical differences between the origin of the drink for the compounds studied. Three samples were collected from rum distillery, identified according to the city of origin, ie, Jardim Alegre, and Ivaiporã Lunardelli; cachaças were also collected from three industrial establishments, called by New Thebes, and Arapuã Ariranha Ivaí. Regarding the parameter aldehydes and volatile acidity 83.3% of the samples had values within the law, for the determination of copper content 33.3% had values unacceptable, for the quantification of the GL, higher alcohols, esters, furfural and methanol 100 % of samples were in accordance with borderline values. Of the compounds evaluated in this study, the origin of the drink (craft - industrial) differed statistically for volatile acidity, aldehydes and alcoholic to drink craft and higher alcohols and esters for the industrial. Copper, furfural and methanol did not enter this correlation, since their results were obtained from third-party laboratory, it is not possible to perform statistical tests. It was concluded that the handcrafted cachaça in the region together with the state of Paraná compared with current legislation for the analyzed parameters, their quality is not fully in accordance with established values, except for the drink Ivaiporã. Regarding industrial cachaça were all consistent with the established standards.

Keywords: Cachaça. Artisanal. Industrial. Physical-Chemistry. Legislation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Alambique simples, modelo fixo.....	23
Figura 2 - Alambique de três corpos.	24
Figura 3 - Torre de destilação.	25
Figura 4 – Localização das amostras na região central norte do Paraná.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fixação dos padrões de identidade e qualidade de cachaça e aguardente, regulamentada pela Instrução Normativa Nº 13, de 29 de junho de 2005 e em conformidade com as Instruções Normativas Nº 58 e Nº 27.	16
Tabela 2 - Resultados obtidos da acidez volátil, grau alcoólico, pH e teor de cobre das cachaças analisadas.	41
Tabela 3 - Resultados obtidos dos alcoóis superiores, aldeídos, ésteres, furfural e metanol das cachaças analisadas.....	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Valores de Acidez Volátil nas diferentes amostras estudadas.	42
Gráfico 2 - Valores do Grau Alcoólico das diferentes amostras de cachaças analisadas.	45
Gráfico 3 - Valores de pH das amostras de cachaças comercializadas no centro norte do Paraná.	47
Gráfico 4 - Teor de Cobre nas diferentes amostras.	48
Gráfico 5 - Concentrações de Alcoóis Superiores das amostras avaliadas.	52
Gráfico 6 - Concentrações de Aldeídos das cachaças estudadas.	54
Gráfico 7 - Determinação de Ésteres das amostras da região estuda.	57
Gráfico 8 - Valores de Furfural para as cachaças analisadas.	60
Gráfico 9 - Concentração encontrada de Metanol para as amostras estudadas.	62
Gráfico 10 - Representação bidimensional dos resultados físico-químicos.	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 HISTÓRICO DA CACHAÇA	14
3.2 LEGISLAÇÃO.....	15
3.3 PROCESSAMENTO DA CACHAÇA/AGUARDENTE	16
3.3.1 Recepção e Pré-Limpeza da Matéria-Prima.....	17
3.3.2 Picagem e Desfibragem	17
3.3.3 Moagem e Tratamento de Caldo.....	18
3.3.4 Fermentação	19
3.3.4.1 Processos de fermentação	20
3.3.5 Destilação.....	21
3.3.5.1 Processos de destilação.....	22
3.3.6 Envasamento e Armazenamento	25
3.4 O MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL DA CACHAÇA	26
3.5 CACHAÇA ARTESANAL E CACHAÇA INDUSTRIAL	27
3.6 CACHAÇA E SEUS COMPOSTOS	28
3.6.1 Acidez Volátil.....	29
3.6.2 Cobre.....	30
3.6.3 Alcoóis Superiores	30
3.6.4 Aldeídos	31
3.6.5 Ésteres	31
3.6.6 Furfural.....	32
3.6.7 Metanol.....	32
4 MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO	34
4.2 OBTENÇÃO E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS.....	34
4.3 CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DAS CACHAÇAS	35
4.3.1 Determinação da Acidez Volátil.....	36
4.3.2 Determinação da Graduação Alcoólica	36
4.3.3 Determinação do pH	36
4.3.4 Determinação do Teor de Cobre	37
4.3.5 Determinação de Alcoóis Superiores	37
4.3.6 Determinação de Aldeídos	37
4.3.7 Determinação de Ésteres	38
4.3.8 Determinação de Furfural.....	38
4.3.9 Determinação de Metanol	38
4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1 DETERMINAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DAS AGUARDENTES.....	40
5.1.1 Acidez Volátil.....	41
5.1.2 Grau Alcoólico	45
5.1.3 pH.....	46
5.1.4 Teor de Cobre	48

5.1.5 Alcoóis Superiores	51
5.1.6 Aldeídos	54
5.1.7 Ésteres	57
5.1.8 Furfural	59
5.1.9 Metanol.....	61
5.2 AVALIAÇÃO GLOBAL DO ESTUDO	63
6 CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS.....	69
ANEXO A – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) DOS DIAGNÓSTICOS FÍSICO-QUÍMICOS.	81
ANEXO B – TESTE DE TUKEY DOS DIAGNÓSTICOS FÍSICO-QUÍMICOS.....	88

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 (MAPA DA CACHAÇA, 2012).

Para que o produto seja reconhecido como aguardente, deve satisfazer aos parâmetros instituídos pelo Decreto Nº 2314, de 4 de setembro de 1997, que regulamenta a padronização e classificação de bebidas, ou seja, bebida de 38 a 54°GL a 20°C, podendo ser acrescida de outros sabores além da cana-de-açúcar e desenvolvida fora do Brasil (BRASIL, 1997). Portanto, toda cachaça é considerada uma aguardente, mas, nem toda aguardente é uma cachaça.

A produção de cachaça no Brasil teve início nos anos de 1538-1545 aproximadamente, tornando-se a bebida típica do brasileiro, mais conhecida que samba e futebol (VENTURINI, 2010). 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 (FRANÇA; SÁ; FIORINI, 2011).

Estima-se que o consumo de aguardente/cachaça por habitante no Brasil seja de 8,0 L/ano, sendo, portanto, a bebida destilada mais consumida pelos brasileiros. Sua produção no país é da ordem de 1,5 bilhão/L/ano, deste total a exportação equivale menos de 1%. Do valor produzido, aproximadamente 70% são aguardente oriunda de coluna de destilação, cachaças industriais. Os 30% restantes são produzidos por alambiques, representando aguardentes artesanais (VENTURINI, 2010).

De acordo com Vidal e Gonçalves (2008), o grande diferencial da cachaça artesanal em relação à industrial é o aroma, enquanto, o que diferencia a industrial da artesanal é a padronização do produto conseguido por um acompanhamento mais detalhado do processo, que vai desde a chegada da matéria-prima até a

obtenção do produto final, garantindo assim uma aguardente de maior confiabilidade para o consumidor.

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, 2008; BRASIL, 2007). Estes padrões visam situar a influência de cada composto nas características sensoriais da aguardente/cachaça (FRANÇA; SÁ; FIORINI, 2011).

A qualidade e o controle da aguardente são características que estão integrados à sua importância, por conseguinte exigem cumprimento de análises laboratoriais, visando conhecer a composição tanto inorgânica como orgânica da mesma (AZEVEDO et al., 2003; FARIA, 1989).

As crescentes exigências do mercado têm feito crescer a preocupação com a qualidade da pinga, conseqüentemente, as análises físico-químicas são ferramentas essenciais para geração de informações relevantes para obtenção de um produto de qualidade (CARDELLO; FARIA, 1997). 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 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estabelecer a caracterização físico-química de cachaças não envelhecidas e não adoçadas oriundas de alambique de cobre (artesanal) e destilaria de aço inox (industrial) da região centro norte do Paraná, avaliando se as mesmas situam-se dentre os critérios estabelecidos na legislação vigente.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a acidez volátil, grau alcoólico, pH, teor de cobre, alcoóis superiores, aldeídos, ésteres, furfural e metanol em cachaças de alambiques de cobre e destilarias de aço inox localizadas na região norte central paranaense;
- Verificar a correlação dos dados coletados com o determinado pela legislação;
- Examinar estatisticamente se há diferença entre a cachaça artesanal e industrial quanto à composição.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 HISTÓRICO DA CACHAÇA

De acordo com informações existentes não é possível definir ao certo se a produção de cachaça no Brasil se deu de forma acidental, ou de modo racional (OSHIRO; MACCARI, 2005). Contudo, sabe-se que foi a primeira bebida destilada produzida na América Latina e no Brasil, descoberta entre os anos 1534 a 1549, a partir da produção do açúcar de cana (ABRABE, 2012).

De acordo com Feitosa (2005), os traficantes de escravos utilizavam a cachaça junto com o fumo e o açúcar como moeda de troca de escravos que iriam trabalhar na lavoura colonial. Segundo Oshiro e Maccari (2005), naquela época também era comum os senhores de engenho oferecer bebida alcoólica aos escravos para garantir maior resistência nos canaviais. Consequentemente, tornou a cachaça um importante insumo nos engenhos, dando lugar para produção e consumo da bebida.

O governo português tentou por várias vezes proibir a produção nacional da cachaça, pois a venda da bebida estava refletindo na redução da comercialização do vinho português. Entretanto, tal tarefa demonstrou-se quase impossível, pois quem se beneficiava do comércio de escravos reagiu contra (CÂMARA, 2004; BOLLO; SCHRADER, 2012). O governo português então resolveu cobrar taxas sobre a bebida e permitiu a produção (ABRANTES, 2012).

Deste então, a cachaça sempre encontrou destaque na história do Brasil, tendo acompanhado todas as alterações ocorridas em cinco séculos de história, sendo empregada como bebida oficial nos momentos marcantes. Por exemplo, foi à bebida escolhida por D. Pedro I para brindar a Independência do Brasil e, recentemente, pelo ex-presidente Fernando Henrique Cardoso, nas comemorações dos 500 anos de descobrimento (SEBRAE, 2008).

3.2 LEGISLAÇÃO

“Cachaça é a denominação típica e exclusiva da Aguardente de Cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38% vol (trinta e oito por cento em volume) a 48% vol (quarenta e oito por cento em volume) a 20°C (vinte graus Celsius), obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até 6g/l (seis gramas por litro), expressos em sacarose” (BRASIL, 2005).

“Aguardente de Cana é a bebida com graduação alcoólica de 38% vol (trinta e oito por cento em volume) a 54% vol (cinquenta e quatro por cento em volume) a 20°C (vinte graus Celsius), obtida do destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar ou pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar, podendo ser adicionada de açúcares até 6g/l (seis gramas por litro), expressos em sacarose” (BRASIL, 2005).

No dia 21 de dezembro de 2001, o ex-presidente da república, Fernando Henrique Cardoso, assinou o Decreto N° 4.062, que reconhece exclusividade do uso da cachaça por parte do Brasil (BRASIL, 2001). Medida que impõe patente sobre o nome, preservando o produto, além de proteger a identidade da cachaça no país (PINHEIRO, 2010).

A Lei Federal N° 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre padronização, registro, inspeção, produção e fiscalização de bebidas alcoólicas, inclusive a cachaça, foi regulamentada pelo Decreto Federal N° 2.314, de 4 de setembro de 1997, que traz indicações de características técnicas e responsabilidades de fiscalização da bebida (BRASIL, 1994; BRASIL, 1997).

Segundo Oliveira e Oliveira (2000) e Pinheiro (2010), a clandestinidade na produção de cachaça/aguardente em todo o território brasileiro é elevada. Avalia-se que 60% das cachaças produzidas no Brasil não tenham registro. O licenciamento para comercialização do produto está sobre o comando do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, por intermédio da Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, no dia 29 de junho de 2005 regulamentou a Instrução Normativa N° 13, que aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e Cachaça (BRASIL, 2005). No âmbito legal, a Instrução Normativa N° 13, foi alterada pela Instrução Normativa N° 58 de 19 de dezembro de 2007 e pela Instrução Normativa N° 27 de 15 de maio de 2008, regulamentando a identificação

da composição química e os requisitos de qualidade necessários para a bebida, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Fixação dos padrões de identidade e qualidade de cachaça e aguardente, regulamentada pela Instrução Normativa Nº 13, de 29 de junho de 2005 e em conformidade com as Instruções Normativas Nº 58 e Nº 27.

Componentes	Unidades	Limite	
		Mínimo	Máximo
Graduação Alcoólica cachaça	-	38 °GL	48 °GL
Graduação Alcoólica aguardente	-	38 °GL	54 °GL
Acidez volátil expressa em ácido acético	mg/100 mL de álcool anidro	-	150
Ésteres, expressa em acetato de etila	mg/100 mL de álcool anidro	-	200
Aldeídos, em acetaldeído	mg/100 mL de álcool anidro	-	30
Soma de alcoóis superiores	mg/100 mL de álcool anidro	-	360
Cobre	mg/L	-	5,0
Furfural	mg/100 mL de álcool anidro	-	5,0
Metanol	mg/100 mL de álcool anidro	-	20

Fonte: Adaptado de BRASIL (2005); BRASIL (2007); BRASIL (2008).

3.3 PROCESSAMENTO DA CACHAÇA/AGUARDENTE

O processo de fabricação de cachaça/aguardente de cana-de-açúcar engloba como principais etapas: recepção e pré-limpeza da matéria-prima; picagem e desfibragem; moagem e tratamento de caldo; fermentação do vinho; destilação; envase e armazenamento (SEBRAE, 1999).

3.3.1 Recepção e Pré-Limpeza da Matéria-Prima

A matéria-prima recepcionada deve estar madura, com °Brix acima de 18 e com menos de 24 horas de corte, para evitar queda no rendimento do processo (SEBRAE, 1999). De acordo com Stupiello (1992), existe uma relação entre qualidade da cana-de-açúcar e obtenção do produto final, permitindo maior aproveitamento industrial.

Segundo SEBRAE (1999), grande parte da matéria-prima recepcionada vem suja de terra, cinza, palha, entre outros. Quando uma cana nestas condições é enviada para o processo, pode-se desencadear um decréscimo na produção, pois esta traz com si microrganismos indesejáveis, que afetam principalmente a fermentação, comprometendo a comercialização final do produto. Para evitar que esses microrganismos invadam o processo, as empresas empregam de maneira preventiva uma etapa conhecida como pré-limpeza, onde a cana passa por um sistema de lavagem com jato de água, antes de ser levada para as moendas, retirando assim parte das impurezas vegetais e minerais. Contudo, só o emprego desta pré-limpeza não é suficiente, sendo necessário posteriormente uma filtração e decantação da garapa obtida.

3.3.2 Picagem e Desfibragem

O picador e o desfibrador são recursos utilizados pelas indústrias como forma de melhorar o rendimento na obtenção do caldo de cana nas moendas. A cana é picada por um conjunto de facas e depois é desfibrada, ocorrendo à ruptura da parede grossa da matéria-prima. Esse processo permitirá maior extração da sacarose devido ao processo de desintegração da cana-de-açúcar. Esta etapa de preparo facilitará o trabalho dos ternos de extração, reduzindo perdas de açúcares no bagaço (SEBRAE, 1999).

De acordo com Nogueira e Filho (2005), a quantidade de garapa extraída é função direta da intensidade da picagem e desfibragem. Assim, estes equipamentos

operam a alta velocidade e a baixa pressão, sem extrair o caldo, apenas prepararam a matéria-prima para a etapa posterior, a moagem.

3.3.3 Moagem e Tratamento de Caldo

A extração é um dos fatores que governam o rendimento do processo. Ocorre nos ternos de moagem, com a finalidade de recuperar o açúcar que está dissolvido na garapa, armazenado nos tecidos de reserva dos colmos da cana-de-açúcar (VENTURINI, 2010).

Segundo Nogueira e Filho (2005), a moagem na maior parte das indústrias de aguardente ocorre em moendas, que são constituída de 3 cilindros ranhurados, que visam a compressão constante do bagaço. Esta operação consiste em passar a cana através de unidades, ou seja, ternos ou castelos, a fim de submeter o bagaço a novas compressões.

A eficiência de uma moenda é em função da capacidade e da extração do terno. Geralmente utilizam-se diferentes números de castelos de moagem, podendo variar entre 1 a 5. Durante a passagem de uma unidade para a outra, o bagaço sofre constantemente embebição, que é a aspersão de caldo ou/e água sobre o bagaço, de acordo com as características do processo (NOGUEIRA; FILHO, 2005).

A embebição tem por finalidade diluir a sacarose contida no bagaço, aumentando a extração do açúcar nos ternos de moagem. Sem a embebição, a eficiência situa-se em torno de 50 a 60%, com a mesma, pode alcançar de 80% a 92%. Esta operação também possibilita a qualificação do °Brix do caldo de acordo com a viabilidade das leveduras (MAIA; RIBEIRO; SILVEIRA, 1995).

Após a moagem, o caldo obtido passa por um processo de tratamento, com o uso de sistemas de filtração e decantação, visando à limpeza da garapa obtida. O tratamento é importante, pois minimiza ou elimina totalmente inconvenientes que promovem focos de infecções, entupimento de canalizações e bicos de equipamentos, além da formação de produtos indesejáveis para a qualidade da bebida. Este caldo limpo passa então a ser conhecido como mosto, estando apto para inoculação das leveduras (LIMA, 2001; VENTURINI, 2010).

3.3.4 Fermentação

Segundo Nogueira e Filho (2005), a fermentação pode ocorrer em dornas abertas ou fechadas. Na indústria de aguardente, a predominância é para as dornas abertas, por serem de menores custos, de fácil limpeza e por permitirem um controle visual maior da fermentação, entretanto, favorecem contaminações e perdas de álcool por arraste.

Os processos de fermentação mais empregados pelas indústrias de aguardente/cachaça são processos descontínuos (cortes, Melle-Boinot e Melle-Boinot-Almeida) e semicontínuos (decantação) (NOGUEIRA; FILHO, 2005).

Na fermentação, os açúcares presentes no mosto se transformam em etanol, gás carbônico e água pelos microrganismos *Saccharomyces cerevisiae*, o mais utilizado. O etanol é o composto de maior quantidade secretado pelas leveduras (SILVA, 2003). Além deste composto, uma parte dos açúcares do mosto é convertida em outros produtos, de menor representatividade, conhecidos como compostos secundários, que são responsáveis pelas características sensoriais da bebida. Os compostos secundários mais identificados são: ácidos orgânicos, alcoóis superiores, aldeídos, ésteres, entre outros (JANZANTTI, 2004).

Para a produção de cachaça, a fermentação ocorre de forma rápida se comparada com outras bebidas, como o vinho e a cerveja. A duração máxima é de 24 horas (PATARO et al., 2002). Para que a fermentação ocorra eficientemente é importante o controle de parâmetros como temperatura, acidez volátil, °Brix e tempo de fermentação.

Segundo Ribeiro (2002) e Venturini (2010), a fermentação chega ao fim quando a superfície do mosto estiver sem a presença de espuma, ou seja, diminuição do desprendimento de CO₂, redução da temperatura, aumento da acidez e quando o vinho, observado ao sacarímetro, alcançar um °Brix próximo de zero, devido ao esgotamento do substrato.

3.3.4.1 Processos de fermentação

- Cortes

O processo de cortes é descontínuo e ocorre quando a concentração de açúcares presentes no meio se reduz à metade da concentração do mosto de alimentação, posteriormente, transfere-se metade do conteúdo para uma segunda dorna, completando ambas com novo mosto e prosseguindo a fermentação (CARVALHO; SATO, 2001). Araújo (1982) afirma que, a sucessão de cortes pode ser feita até alcançar o número de dornas desejado.

- Melle-Boinot

Processo descontínuo que visa reaproveitar inóculos de bateladas anteriores. Atualmente está entre as formas de fermentação mais usadas para a produção de cachaça. Baseia-se em recuperar o fermento ao final da fermentação e reutiliza-lo em um novo ciclo (LIMA; AQUARONE; BORZANI, 2001).

Após a conclusão da fermentação, o vinho levedurado é enviado diretamente para as centrífugas, onde ocorrerá a separação em duas distintas frações: a primeira corresponde uma suspensão concentrada de leveduras, conhecida como creme e a segunda ao vinho delevedurado, meio fermentado sem a presença de leveduras que é encaminhado para a destilação (LIMA; AQUARONE; BORZANI, 2001).

O creme obtido é enviado a uma dorna pulmão, onde será tratado a fim de aumentar sua viabilidade para próxima fermentação.

- Melle-Boinot-Almeida

Processo descontínuo que consiste em aguardar a decantação da maior parte do creme no fundo da dorna ao final da fermentação, enviando o vinho sobrenadante à centrífuga para ocorrer às separações das frações, igualmente descritas no processo Melle-Boinot (NOGUEIRA; FILHO, 2005).

- Decantação

A decantação é um processo semicontínuo, baseado na reutilização do fermento separado da fermentação anterior, por intermédio da decantação. Uma vez concluída a fermentação, aguarda-se um tempo suficiente entre 3 a 6 horas para que ocorra a decantação do fermento no fundo da dorna. Após este período, o vinho é removido da dorna a certa altura do fundo da mesma e enviado à destilaria, permanecendo no reator um volume mínimo de 20%. O creme sedimentado é então diluído com água para a redução de seu teor alcoólico e tratado com ácido sulfúrico (NOGUEIRA; FILHO, 2005; SEBRAE, 2008).

3.3.5 Destilação

A destilação do vinho para obtenção da aguardente/cachaça pode ser executada de duas maneiras: destilação simples ou descontínua (ocorre em alambiques, na grande maioria, de cobre) e destilação sistemática ou contínua (ocorre em coluna de destilação, na maioria, aço inox). O desempenho destes processos depende principalmente da construção e do desenho dos destiladores, ou seja, com ou sem eliminação de produtos de cabeça e cauda e das condições operacionais (NOGUEIRA; FILHO, 2005; MUTTON; MUTTON, 1992).

O vinho, ou seja, o meio fermentado é constituído de substâncias voláteis e substâncias fixas. As substâncias voláteis são compostas pela água, álcool etílico,

aldeídos, ácido acético, álcoois superiores e gás carbônico, entre outros. Enquanto as substâncias fixas são representadas pelos extratos do mosto, as células de levedura, bactérias e substâncias não solúveis que acompanham o mosto, como o bagacilho (NOGUEIRA; FILHO, 2005).

As substâncias voláteis possuem propriedades físicas e químicas diferentes, sendo possível sua separação e quantificação através da diferença do ponto de ebulição, ou seja, empregando o processo de destilação. A destilação irá concentrar o álcool e os compostos secundários, definindo grande parte da composição química da cachaça/aguardente (OSHIRO; MACCARI, 2005; VENTURINI, 2010).

Conforme Nogueira e Filho (2005) e Venturini (2010), quando o vinho é submetido à destilação, resultam-se desse processo duas frações importantes denominadas de flegma e vinhaça. O flegma é o produto principal da destilação do vinho, ou seja, a cachaça/aguardente propriamente dita, cuja graduação depende do tipo de aparelho empregado na destilação. Já a vinhaça, é o resíduo da destilação, a concentração de todas as substâncias fixas do mesmo, muito empregada na agricultura.

3.3.5.1 Processos de destilação

- Destilação simples ou descontínua

Ocorre em alambiques simples ou alambiques de três corpos, na grande maioria, de cobre. Ambos têm em comum o procedimento de separação das frações de cabeça, coração e cauda a fim de obter uma aguardente de boa qualidade sensorial (NOGUEIRA; FILHO, 2005).

O alambique simples pode ser fixo ou móvel, metálico ou de barro, tendo como fonte de aquecimento o fogo direto ou vapor, por meio de serpentina, Figura 1.

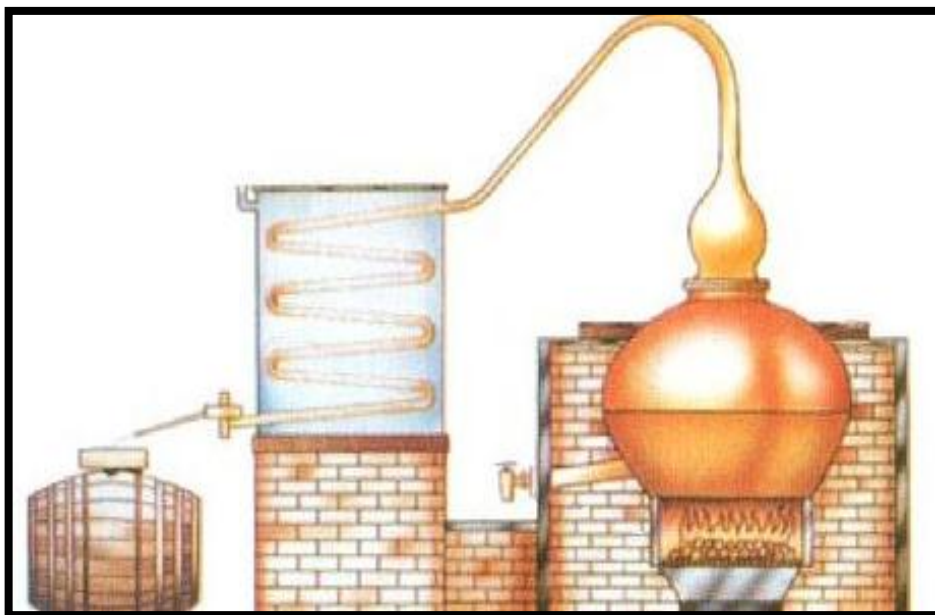


Figura 1 - Alambique simples, modelo fixo.
Fonte: Alambique (2012).

O seu funcionamento é extremamente fácil, exige apenas do operador cuidado em destilar o vinho o mais lentamente possível. É recomendado a produtores que trabalham com até 2400 L/dia. Consta de uma caldeira, denominada cucúrbita onde se introduz o vinho; na parte superior possui o tubo de condensação ou alonga o qual se prolonga em uma serpentina imersa em um tanque de água fria, denominado refrigerante. O flegma obtido varia de 45 a 55°GL (NOGUEIRA; FILHO, 2005).

O lambique de três corpos, Figura 2, apesar de trabalhar com cargas intermitentes, seu funcionamento é praticamente contínuo. A caldeira no plano inferior é a caldeira de esgotamento. Em sua parte superior situa-se um capitel da qual parte uma alonga terminando no interior da caldeira seguinte, caldeira de destilação. Deste segundo corpo, a canalização em continuação vai até o interior da caldeira três, denominada de aquecedor de vinho, que se encontra em um plano superior em relação à segunda, esta possui um capitel que funciona como condensador. A alimentação é feita nesse capitel de refrigeração. Este tipo de equipamento é utilizado por produtores com produção diária de 2400 a 5000 litros. O flegma adquirido tem graduação alcoólica entorno de 65°GL (NOGUEIRA; FILHO, 2005; MUTTON; MUTTON, 1992).

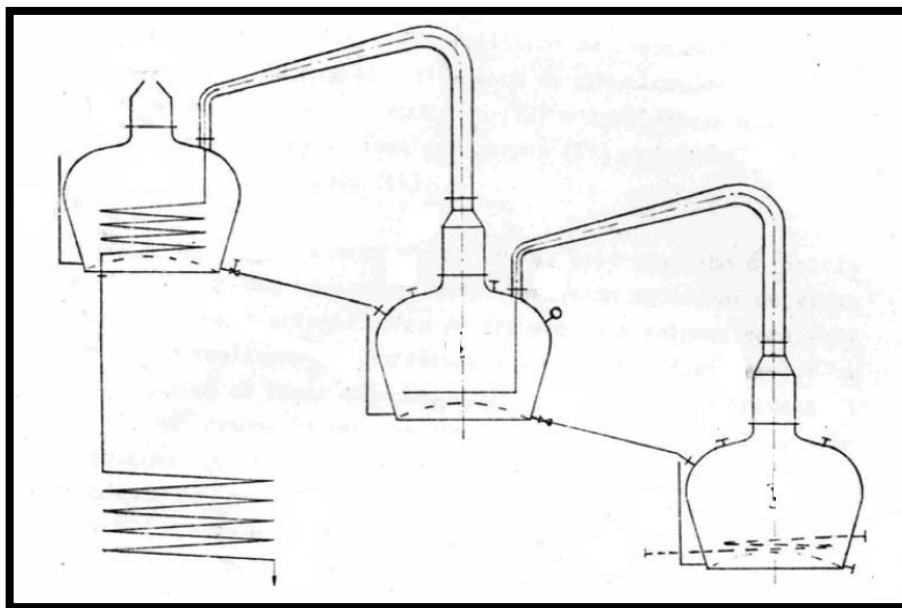


Figura 2 - Alambique de três corpos.
Fonte: Adaptado de Novaes (1974).

- Destilação sistemática ou contínua

Ocorre em coluna de destilação, Figura 3, na maioria, aço inox. É o processo empregado por empresas de média e grande capacidade. É possível obter flegmas de alto e baixo grau 90 - 96°GL e 35 - 65°GL, respectivamente, de acordo com o tipo de aparelho e finalidade. As colunas de destilação são constituídas por uma série de caldeiras de destilação superpostas, denominadas de bandejas ou pratos, onde cada bandeja constitui uma unidade de destilação. Em síntese, o vinho a ser destilado chega à coluna pela parte superior, desce de bandeja em bandeja, desprendendo-se do álcool, enquanto que os vapores caminham em sentido inverso, de menor ponto de ebulição, acumulando-se no topo e condensando em condensadores (NOGUEIRA; FILHO, 2005; BOZA; HORII, 1999).



Figura 3 - Torre de destilação.
Fonte: Autoria própria.

3.3.6 Envasamento e Armazenamento

O envasamento da cachaça/aguardente ocorre em embalagens, normalmente de vidro e plástico de diferentes quantidades. Pode ser feito manualmente ou mecanicamente, seguindo posteriormente para o fechamento da garrafa, rotulação e finalmente o armazenamento (BECKER et al., 2012).

A cachaça poderá ser armazenada em tonéis de aço inox ou envelhecida em tonéis de madeira de acordo com as características que se deseja para a bebida (SEBRAE, 1999).

3.4 O MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL DA CACHAÇA

O setor de bebidas alcoólicas no Brasil vem experimentando atualmente um mercado cada vez mais promissor. Diversos segmentos do setor produtivo como cooperativas, sindicatos, órgãos governamentais e associações estão envolvidos entorno de uma mesma meta, o desenvolvimento da cadeia produtiva da aguardente (VENTURINI, 2010).

A cadeia produtiva da cachaça vem adquirindo espaço crescente no mercado nacional, bem como nas exportações do país (VERDI, 2006). A bebida se apresenta como um produto de importância econômica cada vez mais crescente, devido sua boa aceitação, justificando, portanto, a necessidade de se conhecer suas composições, a fim de garantir a qualidade, obtendo um produto padronizado e com excelência perante os aspectos físico-químicos e sensoriais (PEREIRA et al., 2003; AZEVEDO et al., 2003).

Hoje a bebida ocupa as gôndolas dos grandes mercados, onde os valores variam de R\$ 3,00 a R\$ 250,00 (IBRAC, 2012c). Esse destilado vem movimentando nesses últimos anos cerca de US\$ 6,0 bilhões anuais. Avalia-se que são mais de 40 mil produtores de cachaça/aguardente no Brasil, representando aproximadamente 5 mil marcas, o que acaba sendo responsável pela geração de mais de 600 mil empregos de forma direta e indireta (IBRAC, 2012a).

A cachaça/aguardente é produzida em todas as regiões do Brasil, sendo a maior parte concentrada nos estados de São Paulo, Pernambuco, Ceará, Rio de Janeiro, Goiás, Minas Gerais e Paraná (RODAS, 2005).

O Brasil produz perto de 1,5 bilhões de litros/ano de cachaça, sendo que menos de 1% do valor produzido anualmente é exportado. Por enquanto, o volume exportado é suficiente para tornar a bebida respeitada e apreciada por um público cada vez mais exigente. Contudo, ainda se tem muito que expandir, explorar e melhorar. Um dos principais problemas relacionados com a exportação da cachaça é a falta dos padrões de qualidade da maioria das marcas nacionais. Atualmente, estima-se que 180 empresas são exportadoras e que a cachaça é exportada para mais de 60 países, a grande maioria concentrados na Europa (IBRAC, 2012b; LUCENA, 1959; RODAS, 2005).

De acordo com a Associação Brasileira de Bebidas - ABRABE (2012), o mercado nacional de bebidas alcoólicas, em relação ao volume total, está dividido entre a cerveja e a cachaça, onde representam 88,8% e 6,6%, respectivamente, sendo o restante, 4,6% para as demais bebidas. Segundo o Programa Brasileiro de Desenvolvimento da Cachaça, atualmente a pinga se constitui como a terceira bebida destilada mais consumida no mundo, perdendo apenas para a vodca e o sochu, superando bebidas como: rum, gim, uísque e conhaque (VERDI, 2006).

Hoje os consumidores buscam cada vez mais o contato com uma bebida diferenciada, que traga novidades, e a cachaça apresenta todos esses pré-requisitos, ou seja, seu sabor e aroma são diferentes do que se encontra no mercado e sua versatilidade permite a combinação com sucos, frutas e extratos vegetais (RODAS, 2005).

3.5 CACHAÇA ARTESANAL E CACHAÇA INDUSTRIAL

A cachaça pode ser produzida artesanalmente ou industrialmente, a diferença entre ambas está no processo de fabricação. A cachaça industrial é obtida em destiladores de coluna, com fluxo constante, utilizando um volume grande de produção. Todavia, a cachaça artesanal é oriunda de alambique, caracterizada por uma produção em batelada e de pequenos volumes (SEBRAE, 2008; FEITOSA, 2005).

Além da diferença do processo, existem ainda, diferenças significativas no produto final, mesmo que a legislação não estabeleça. A principal diferença da cachaça artesanal em relação a industrial é o aroma, enquanto, a industrial em relação a artesanal é devido à padronização do produto conseguido por um acompanhamento mais detalhado do processo (VENTURINI, 2010).

De acordo com o SEBRAE (2008), na produção da cachaça industrial se tem o emprego de grandes culturas de cana-de-açúcar, conseqüentemente, utilizam-se de agroquímicos para controle do cultivo. A colheita da matéria-prima é feita de forma mecanizada e com uso esporádico de queimadas, visando agilidade nesta etapa. Na fermentação é comum à adição de produtos quimicamente sintetizados, refletido do grande volume de produção e facilidade de contaminação do caldo.

A maior parte da produção de cachaça artesanal é sem a presença de agrotóxicos na matéria-prima e a colheita é feita manualmente, sem uso de queimadas. Na etapa de fermentação tem quase total ausência da adição de produtos químicos, devido à facilidade do controle da cana-de-açúcar (SEBRAE, 2008). Na destilação existe ainda separação das partes, onde são desprezados o início 10% (cabeça) e o fim 10% (cauda) da destilação, sendo aproveitado para o consumo só a parte central 80% (coração), aproximadamente (COOCACHAÇA, 2012). Com isso, a percepção de qualidade das aguardentes produzidas em alambiques aumenta, permitindo um posicionamento com maior valor agregado em relação às industriais. Contudo, isso só é possível desde que se tenha um controle de produção eficiente, o que na maioria dos alambiques não acontecem (FEITOSA, 2005).

O controle de qualidade das etapas de produção tanto industrial como artesanal é de fundamental importância para agregar valor às características sensoriais do produto final, sendo necessário que os produtores atualizem periodicamente seus conhecimentos e introduza novas técnicas de análises de controle, garantindo que a bebida chegue ao consumidor em conformidade com as exigências legais. Portanto, o controle de qualidade deve ser mantido durante todo o processo, seguindo o fluxograma de produção (PINHEIRO, 2010).

3.6 CACHAÇA E SEUS COMPOSTOS

Pesquisadores envolvidos com a produção e qualidade da aguardente destacam que apesar da importância econômica e social da bebida, ainda é muito insuficiente os estudos sobre a mesma. Contudo, as crescentes exigências do mercado têm feito crescer a preocupação com a qualidade da cachaça (CARDELLO; FARIA, 1998).

A cachaça tem como componentes principais, água e álcool, contudo, apresenta baixas concentrações de componentes secundários, que são formados principalmente durante a fermentação alcoólica e selecionados pelo processo de destilação. Tais componentes são pertencentes a classes funcionais dos ácidos, ésteres, aldeídos e alcoóis. A cachaça também apresenta contaminações, como por

exemplo, a presença de cobre (VENTURINI, 2010; CARAZZA et al., 2001; MAIA, 1994).

Para uma cachaça de boa qualidade, esta não deve possuir em sua composição concentrações de substâncias fora do permitido pela legislação. Assim sendo, a bebida deve ser submetida a controle de qualidade por meio de análises físico-químicas para evitar que esses compostos influenciem negativamente nas características sensoriais da aguardente e na saúde do consumidor (ISIQUE; LIMA NETO; FRACO, 2002).

A composição da cachaça é fiscalizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento com base na legislação que estabelece os padrões de identidade e qualidade da bebida. Os padrões são regulamentados através da Instrução Normativa Nº 13 de 2005, que tem por finalidade moderar a influência de cada componente na bebida (BRASIL, 2005; FRANÇA; SÁ; FIORINI, 2011).

3.6.1 Acidez Volátil

Dentre os produtos secundários, o ácido acético é o componente mais importante da fração ácida das aguardentes, sendo expresso em acidez volátil (MIRANDA, 2005).

De acordo com Cardoso (2001), a acidez depende de fatores como o controle da matéria-prima, condução da destilação e principalmente do processo de fermentação, onde se deve levar em consideração à predominância da levedura, tempo, pureza do meio, temperatura e manejo do mosto, a fim de evitar a proliferação de bactérias acéticas, que aumentam a acidez da bebida e diminuem o rendimento da produção.

A acidez é um parâmetro que reflete intimamente na qualidade da aguardente/cachaça devido ao seu importante papel nas características sensoriais, como sabor e aroma da bebida (BORGES, 2011). O excesso pode promover um sabor indesejado e ligeiramente agressivo para o paladar do consumidor, depreciando a qualidade (CHERUBIN, 1998).

A acidez volátil na aguardente/cachaça não deve ultrapassar 150 mg de ácido acético/100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

3.6.2 Cobre

O alambique de cobre tem uma participação positiva na cachaça, pois este metal contribui para a eliminação de determinados odores desagradáveis na bebida que são causados por compostos sulfurados, observados em aguardentes destiladas com outros metais (FRANÇA; SÁ; FIORINI, 2011). Contudo, concentrações elevadas do cobre na cachaça são indesejáveis (SARGENTELLI; MAURO; MASSABNI, 1996).

Uma das causas que leva a cachaça a apresentar teores acima do permitido é a falta de higienização do alambique, resultando na oxidação do cobre, que forma o azinhavre, composto responsável pela contaminação da bebida. O azinhavre ou zinabre é o carbonato básico de cobre que fica localizado na superfície do metal, sendo posteriormente solubilizado pelos vapores ácidos produzidos na etapa de destilação do vinho, levando a contaminação por íons de cobre (CARDOSO, 2001).

De acordo com Sargentelli, Mauro e Massabi (1996), o cobre em excesso na bebida pode trazer para o consumidor a associação de várias doenças, como a epilepsia, artrite reumatoide, melanoma, degeneração hepato-lenticular ou doença de Wilson, bem como à perda do paladar.

A Instrução Normativa Nº 13, de 29 de junho de 2005, definiu o limite máximo para cobre em 5 mg/L (BRASIL, 2005).

3.6.3 Alcoóis Superiores

Os alcoóis superiores são responsáveis por atuar no aroma da cachaça. Quando em baixas quantidades melhoram a bebida, entretanto, em altas concentrações prejudicam-na, trazendo para o consumidor dor de cabeça, náuseas e tonturas (CARUSO; NAGATO; ALABURDA, 2008; SOUZA; FABRÍCIO; 2012).

Os alcoóis superiores são resultantes da degradação de alguns aminoácidos e sua concentração tende a aumentar quando o processo fermentativo é lento devido à baixa atividade das leveduras. Variáveis como armazenamento da matéria-prima, temperatura da fermentação, pH do mosto, níveis de inoculação, entre outros,

também influenciam para o incremento dos alcoóis na bebida (CARUSO; NAGATO; ALABURDA, 2008).

Os principais alcoóis superiores encontrados na aguardente são: n-propílico (1-propanol), álcool isobutílico (2-metil propanol) e alcoóis iso-amílicos (2-metil -1-360 – butanol + 3 metil-1-butanol) (VENTURINI, 2010). De acordo com a Instrução Normativa Nº 13, o limite máximo é de 360 mg, expresso pela soma dos principais alcoóis, em mg/100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

3.6.4 Aldeídos

Os aldeídos são desenvolvidos na fermentação alcoólica, e sua formação depende de fatores como a linhagem da levedura, pH do meio, substâncias nitrogenadas e temperatura de fermentação. São compostos voláteis responsáveis pelo sensorial da cachaça, muitas vezes enjoativos e indesejáveis. O principal aldeído formado é o acetaldeído em torno de 90% (PIGGOTT; PATERSON, 1989; FICAGNA, 2005).

Sua presença é facilmente detectada na hora da degustação da cachaça devido ao incômodo provocado nas fossas nasais, gerando até lacrimejamento. Os aldeídos também são responsáveis pelo efeito fisiológico, como a dor de cabeça e ressaca do dia seguinte (MAIA, 2002). A legislação determina um limite de 30 mg de acetaldeído/100 mL de álcool anidro (FRANÇA; SÁ; FIORINI, 2011; BRASIL, 2005).

3.6.5 Ésteres

Os ésteres são oriundos da reação de esterificação entre um ácido e um álcool na etapa de fermentação, normalmente resultam em um aroma bem intenso, típico, agradável, pungente e suave para a cachaça, contribuindo para a formação do buquê da bebida. O principal éster presente na cachaça é o acetato de etila que corresponde cerca de 80% do conteúdo total de ésteres, incorporando um aroma agradável de frutas quando em baixas concentrações, entretanto, em grandes

quantidades, confere um sabor indesejável e enjoativo (PINHEIRO, 2010; PIGGOTT; HUNTER 1999; FICAGNA, 2005).

Segundo a Instrução Normativa Nº 13, o limite máximo permitido para ésteres é de 200 mg de acetato de etila/100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

3.6.6 Furfural

O furfural é um composto orgânico heterocíclico aromático, ou seja, um aldeído de baixas concentrações encontrado em algumas cachaças, resultante da decomposição química de carboidratos (YOKOYA, 1995).

Segundo Santos (2012), é no processo de destilação da aguardente que o composto é formado principalmente, causando odor penetrante e desagradável na cachaça, e no consumidor pode causar dor abdominal, diarreia, dor de cabeça, vômito e dor de garganta. Além da destilação, fatores como pH do mosto, queima da cana e presença de bagacilho no processo também influenciam para formação do composto.

A alta concentração de furfural é evitada pela destilação de um vinho limpo, livre de substâncias orgânicas em suspensão, pelo controle de temperatura no destilador e aquisição de matéria-prima de qualidade (FARIA et al., 2003). Os teores encontrados deveriam estar abaixo do limite máximo de 5 mg/100 mL de álcool anidro, estabelecidos pela Instrução Normativa Nº 13 (BRASIL, 2005).

3.6.7 Metanol

O metanol é produzido devido à degradação da pectina presente na cana-de-açúcar por enzimas microbianas ou pelos ácidos do mosto. As moléculas de metanol ficam aderidas na estrutura da pectina, as quais são liberadas durante o processo de fermentação, se incorporando na bebida (VIVELA, 2005; MAIA, 1994).

A presença do metanol na cachaça é indesejável, pois, sua ingestão mesmo que em pequenas quantidades pode causar ao consumidor a diminuição do pH

sanguíneo, afetando o sistema respiratório, além da possibilidade de acarretar cegueira e até mesmo a morte (WINDHOLZ, 1976; CARDOSO et al., 2012). Pela Instrução Normativa Nº 13 de 2005, o metanol tem como limite máximo 20 mg/100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente estudo foi desenvolvido com o apoio dos seguintes laboratórios: laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – câmpus Campo Mourão e laboratório de análises físico-químicas da cidade de Joinville – Santa Catarina.

4.2 OBTENÇÃO E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

As amostras de aguardentes foram coletadas nas seguintes cidades: Jardim Alegre, Ivaiporã, Lunardelli, Nova Tebas, Arapuã e Ariranha do Ivaí, todas pertencentes à região central norte do Paraná, como indicado na Figura 4.



Figura 4 – Localização das amostras na região central norte do Paraná.
Fonte: Adaptado de Paraná Turismo (2012).

Coletaram-se seis amostras de cachaças divididas em artesanais e industriais localizadas nas cidades estabelecidas. As amostras se limitaram a seis aguardentes devido à quantidade de empreendimentos dispostos nesta região, bem como a permissão da realização do trabalho nas empresas.

Previamente, foi estabelecido um contato com as indústrias produtoras de aguardentes da região estudada, informando a importância e objetivos do trabalho. Posteriormente, foi agendada uma data para que se pudesse realizar a coleta das amostras.

A divulgação do nome das empresas fornecedoras não é revelada no trabalho, visando à integridade das mesmas.

As amostras foram classificadas de acordo com o nome da cidade fornecedora. As cidades de Jardim Alegre, Ivaiporã e Lunardelli forneceram cachaças de alambique de cobre (artesanais). Nova Tebas, Arapuã e Ariranha do Ivaí proporcionaram as aguardentes oriundas de torres de destilação de aço inox (industriais).

A coleta das amostras foi feita na forma de compra para consumo de aguardentes não envelhecidas e não adoçadas, devido ser o produto equivalente para todos os empreendimentos. As cachaças analisadas foram produzidas na safra de 2012 do mês de junho do mesmo ano. Todas as amostras foram provenientes de lotes, sendo cada lote constituído de 2 unidades com volume de 2000 mL, totalizando 4 litros cada unidade amostral.

As amostras coletadas foram mantidas ao abrigo da luz, utilizando papel alumínio para preservar seus componentes. Todas as cachaças foram identificadas e conduzidas ao laboratório, mantidas a temperatura ambiente, aproximadamente 25°C até o momento das análises físico-químicas.

4.3 CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DAS CACHAÇAS

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

4.3.1 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 100 mL de álcool anidro. Segundo a legislação os valores encontrados não devem ultrapassar 150 mg/100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

4.3.2 Determinação da Graduação Alcoólica

A graduação alcoólica é uma propriedade importante para a cachaça, devendo estar em conformidade com a legislação, ou seja, o teor alcoólico deve estar entre 38 a 54% do volume, à temperatura de 20°C para aguardente e 38 a 48% para cachaça (BRASIL, 2005). A porcentagem em volume de etanol foi determinada pelo método alcoométrico de acordo com a NBR 13920 (1997), que se baseia na correlação entre a densidade da mistura hidroalcoólica e seu teor alcoólico. Os resultados foram expressos em °GL.

4.3.3 Determinação do pH

Determinou-se o pH no pHmetro eletrônico digital, com as cachaças a temperatura ambiente. As amostras foram submetidas à leitura direta no aparelho, depois da calibração do mesmo. Pela Instrução Normativa N° 13 de 29 de junho de 2005, não se tem estabelecido os limites máximos e mínimos para o pH da cachaça/aguardente.

4.3.4 Determinação do Teor de Cobre

O teor de cobre foi determinado por meio de leituras diretas no espectrômetro de absorção atômica, realizado em laboratório terceirizado, da cidade de Joinville – Santa Catarina. A empresa contratada não disponibilizou os limites de detecção. Os valores fornecidos pelo laboratório foram expressos em miligrama de cobre por litro de álcool anidro.

A Instrução Normativa Nº 13 de 29 de junho de 2005, define seu limite máximo em 5 mg/L. Contudo, países europeus como Alemanha a legislação não admite mais que 2 mg/L de cobre nos destilados (CARDOSO, 2001; CARDOSO; LIMA-NETO; FRANCO, 2003; BRASIL, 2005).

4.3.5 Determinação de Alcoóis Superiores

A quantidade total de alcoóis superiores foi avaliada através de medidas espectrofotométricas efetuadas na região visível do espectro, no comprimento de onda de 540 nm, conforme a NBR 14052 (1998). Os resultados obtidos foram expressos em mg por 100 mL de álcool anidro. Pela regulamentação da qualidade da aguardente o máximo permitido para alcoóis superiores é de 360 mg/100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

4.3.6 Determinação de Aldeídos

O método empregado para a determinação de aldeídos seguiu as metodologia disposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), que se baseia na reação de bissulfito com aldeídos da cachaça, formando bissulfíticos, onde o seu excesso é titulado com solução de iodo na presença de amido, ou seja, os aldeídos foram dosados através de métodos iodimétricos. Os valores obtidos foram expressos em miligrama de aldeído acético por 100 mL de álcool anidro. Pela legislação, o limite é

de 30 mg de acetaldeído/100 mL de álcool anidro (ANDRADE; LANA; PATACA, 2005; BRASIL, 2005).

4.3.7 Determinação de Ésteres

A quantificação dos ésteres (acetato de etila) nas aguardentes foi determinada a partir do método descrito nas normas do Instituto Adolfo Lutz (2008), que se baseia na saponificação dos ésteres com hidróxido de sódio. Os resultados adquiridos foram expressos em mg de acetato de etila por 100 mL de álcool anidro. Segundo a Instrução Normativa Nº 13 de 2005, o limite máximo permitido para ésteres em cachaças são de 200 mg/100 mL (BRASIL, 2005).

4.3.8 Determinação de Furfural

A quantificação do composto furfural ocorreu no laboratório de análises físico-químicas, localizado na cidade de Joinville – Santa Catarina. A empresa convencionada não disponibilizou os limites de detecção. O composto foi expresso em mg por 100 mL de álcool anidro. O valor máximo do composto furfural é de 5 mg/100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

3.3.9 Determinação de Metanol

O metanol foi determinado no laboratório terceirizado, localizado na cidade de Joinville – Santa Catarina. A empresa não disponibilizou os limites de detecção. Os valores obtidos foram expressos em miligrama de metanol por 100 mL de álcool anidro. Os limites máximos tolerados para o metanol, em aguardente, são fixados pela legislação brasileira em 20 mg/100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados adquiridos nas análises físico-químicas foram tabulados e representados graficamente em planilhas eletrônicas no programa Microsoft Excel. Valeu-se do uso da ANOVA a 5% de significância para realizar a comparação dos grupos estudados, ou seja, artesanais e industriais. Além disso, foi aplicado o teste de Tukey ao mesmo nível de significância a fim de avaliar todas as cachaças de forma global. Os dados também foram tratados por análise multivariada, a fim de realizar um diagnóstico dos componentes principais. Valeu-se dos programas de estatísticas BioEstat e Matlab.

Os resultados estatísticos estão apresentados no anexo A e B.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos basearam-se em seis amostras de cachaças da região centro norte do Paraná, divididas em artesanais e industriais. As bebidas foram coletadas no mês de junho, onde com frequência inicia-se o processo de fabricação da cachaça, ou seja, início da safra. Consequentemente, deve-se levar em conta que fatores como viabilidade das leveduras, qualidade da matéria-prima e higiene do estabelecimento estão no seu ápice, o que pode ofuscar possíveis resultados. Por conseguinte, os dados obtidos neste estudo podem divergir quando comparados com o meio e final da safra.

Deve-se levar em conta que a grande maioria dos produtores de aguardente seja ele artesanal ou industrial, vale-se do uso de antibióticos na etapa de fermentação, resultante da ausência de um tratamento de caldo eficiente. O emprego do antibiótico tem por finalidade o controle de infecção na dorna, por conseguinte, evita a produção de substâncias tóxicas para levedura, bem como inativando a elevação de compostos que afetaria o sensorial da bebida. Logo, os resultados também não garantem que a cachaça se origina de um estabelecimento de qualidade, apenas verifica a presença e quantificação dos principais compostos da bebida, avaliando se os mesmos estão dentro dos padrões da legislação e se há alguma diferença na concentração dos mesmos para artesanais e industriais.

5.1 DETERMINAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DAS AGUARDENTES

Os resultados das caracterizações físico-químicas estão apresentados na Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 2 - Resultados obtidos da acidez volátil, grau alcoólico, pH e teor de cobre das cachaças analisadas.

	Amostra	Acidez volátil (mg ácido acético.100 mL ⁻¹ álcool anidro)	Grau alcoólico (°GL)	pH	Teor de cobre (mg.L ⁻¹)
Artesanais	Jardim Alegre	152,12 ± 0,16 ^{ax}	51,33 ± 0,29 ^a	5,2 ± 0,10 ^a	6,13 ^x
	Ivaiporã	78,37 ± 0,22 ^c	42,96 ± 0,45 ^a	4,3 ± 0,15 ^a	3,89
	Lunardelli	125,59 ± 0,36 ^b	47,21 ± 0,01 ^a	4,5 ± 0,15 ^a	5,37 ^x
Industriais	Nova Tebas	72,24 ± 0,25 ^d	39,88 ± 0,57 ^a	5,1 ± 0,15 ^a	1,17
	Arapuã	44,35 ± 0,06 ^f	47,69 ± 0,07 ^a	4,4 ± 0,12 ^a	1,02
	Ariranha do Ivaí	58,87 ± 0,18 ^e	45,43 ± 0,42 ^a	4,0 ± 0,06 ^a	1,61

-Resultado (média ± desvio padrão), exceção para o teor de cobre.

-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.

Tabela 3 - Resultados obtidos dos alcoóis superiores, aldeídos, ésteres, furfural e metanol das cachaças analisadas.

	Amostra	Alcoóis superiores (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)	Aldeídos (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)	Ésteres (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)	Furfural (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)	Metanol (mg.100 mL ⁻¹ álcool anidro)
Artesanais	Jardim Alegre	128,75 ± 0,47 ^f	31,02 ± 0,63 ^{dx}	18,90 ± 0,27 ^e	1,07	2,04
	Ivaiporã	172,38 ± 0,37 ^d	19,67 ± 0,36 ^a	29,87 ± 0,12 ^d	0,81	3,31
	Lunardelli	138,54 ± 0,48 ^e	19,01 ± 0,17 ^a	16,41 ± 0,14 ^f	0,47	1,12
Industriais	Nova Tebas	298,31 ± 0,16 ^a	8,54 ± 0,46 ^b	94,75 ± 0,54 ^a	0,53	2,52
	Arapuã	218,01 ± 0,99 ^b	9,37 ± 0,51 ^{bc}	93,39 ± 0,24 ^b	0,98	1,38
	Ariranha do Ivaí	204,02 ± 0,15 ^c	9,79 ± 0,21 ^c	87,83 ± 0,44 ^c	0,24	2,34

-Resultado (média ± desvio padrão), exceção para furfural e metanol.

-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.

5.1.1 Acidez Volátil

Os resultados obtidos para acidez volátil das amostras de aguardentes analisadas na região centro norte do Paraná estão expressos em mg de ácido acético por 100 mL de álcool anidro, exibidos no Gráfico 1.

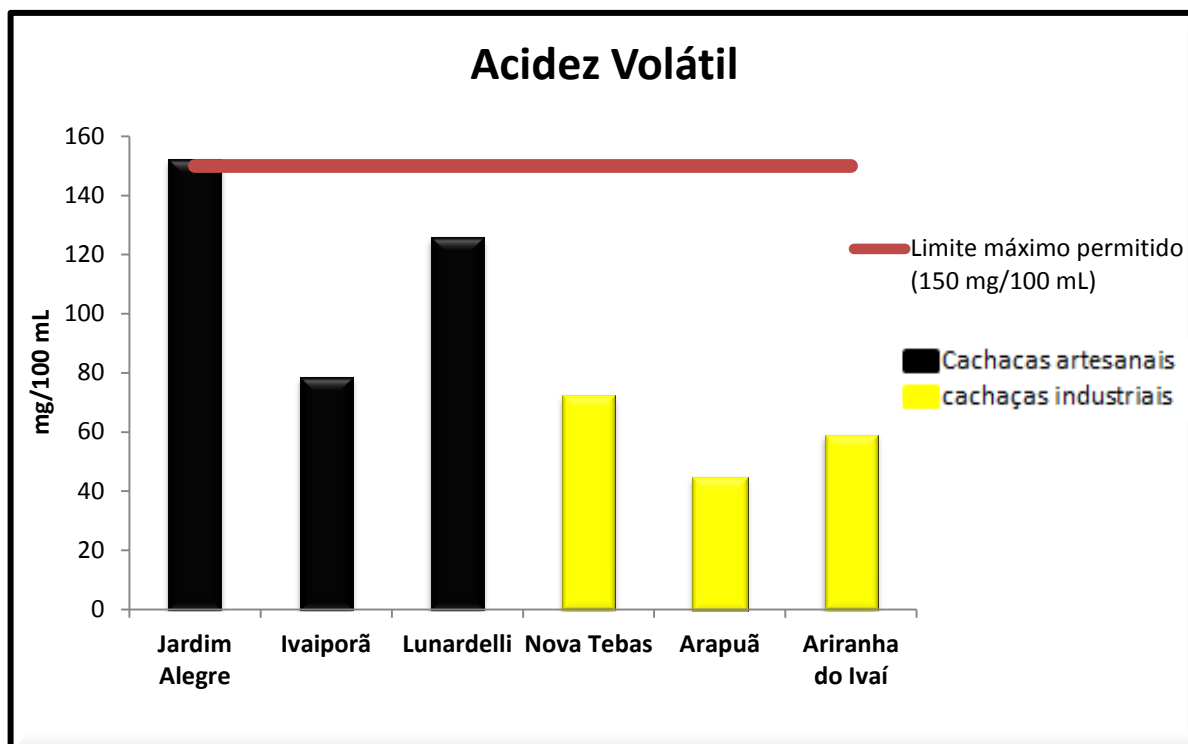


Gráfico 1 - Valores de Acidez Volátil nas diferentes amostras estudadas.

O ácido acético é um parâmetro fundamental de referência para a qualidade sensorial da bebida. Segundo Silva e Nobregá (2001), a acidez volátil de cachaças de diversas procedências já estudadas apresentam média entorno de 61 a 90 mg ácido acético/100 mL de álcool anidro.

As amostras artesanais e industriais avaliadas neste estudo variaram de 44,35 a 152,12 mg ácido acético/100 mL, resultando média final de 88,59 mg/100 mL. De acordo com a Instrução Normativa Nº 13 de 2005, 150 mg de ácido acético/100 mL de álcool anidro é o limite máximo estabelecido (BRASIL, 2005).

Das cachaças artesanais analisadas (Jardim Alegre, Ivaiporã e Lunardelli), apenas a cachaça fornecida pela cidade de Jardim Alegre apresentou acidez volátil superior ao estabelecido pela Normativa Nº 13, seu intervalo de confiança a 95% foi de $(151,9 \leq \mu \leq 152,3)$. Das cachaças industriais (Nova Tebas, Arapuã e Ariranha do Ivaí) nenhuma ficou em desconformidade.

De acordo com análise de variância, anexo A, as amostras artesanais e industriais diferenciaram-se estatisticamente entre si para determinação da acidez, ou seja, a origem da bebida, industrial e artesanal, influenciou na quantificação do

ácido acético. A média encontrada foi 118,69 mg/100 mL para artesanais e 58,59 mg/100 mL para industriais.

Miranda et al. (2008), afirmou em seu estudo que quanto menor a acidez melhor são as características sensoriais da aguardente e maior sua aceitação pelos consumidores. Portanto, as cachaças industriais aqui analisadas podem ser sensorialmente mais agradáveis que as artesanais.

No trabalho feito por Cardoso, Lima-Neto e Franco (2002) sobre a influência do material do destilador na composição química das aguardentes de cana, as médias obtidas foram 20,7 e 21,5 mg de ácido acético/100 mL para cachaça destilada em cobre e aço inox, respectivamente, o que não representou diferenciação das bebidas. Conforme Nascimento et al. (1998), 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).

Segundo Lima e Nobrega (2004), o aumento da acidez é decorrente de motivos como, má fermentação ou má higienização do local de trabalho, além da qualidade da matéria-prima. Por conseguinte, se estes forem feitos adequadamente não trarão desvios de resultados entre as aguardentes e suas origens para determinação da acidez volátil.

Na aplicação do teste de tukey, anexo B, avaliando todas as cachaças da região, estas foram classificadas estatisticamente como divergentes, logo a concentração de ácido acético nas bebidas é resultante das características de cada empreendimento, visto que a acidez volátil é resultante de parâmetros de processo.

A alta acidez contribui de forma negativa para o aroma e o sabor da bebida, tornando-a desagradável. Segundo Silva (2003), a solução para enquadrar a bebida dentro dos padrões para acidez volátil se baseia no controle da produção, que consisti em processo de prevenção.

O controle deve ser feito desde a matéria-prima até a etapa de destilação, ou seja, manusear a cana de forma correta; manutenção da temperatura entre 26-35°C na fermentação; utilização de locais e equipamentos em adequadas condições de higiene; realização da destilação imediatamente após o mosto atingir aproximadamente 0°Brix; cuidados com as dornas (limpeza, transbordamento); utilização de leveduras apropriadas, homogêneas e com boa viabilidade (SILVA, 2003; LIMA; NOBREGA, 2004).

Todos esses fatores estão dentro do programa de boas práticas de fabricação (BPF) e demonstram a importância deste tipo de programa para garantia de um produto de boa qualidade, dentro dos limites máximos de contaminantes (VILELA, 2005).

De acordo com Bizelli, Ribeiro e Novaes (2000) e Venturini (2010), caso a bebida destinada para consumo for constatada com alta acidez, o produtor pode reduzir este teor para então comercializá-la. Consequentemente, os valores de acidez volátil não são suficientes e válidos para julgar o estabelecimento como bom ou ruim, visto que a acidez é facilmente corrigida, e isso é possível através do processo de bidestilação.

A bidestilação se baseia em nova destilação, reduzindo os compostos secundários como a acidez, a fim de melhorar a qualidade da bebida e adequá-la à legislação brasileira. Porém, este método eleva o grau alcoólico da bebida, podendo muitas vezes ficar acima do recomendado. Por conseguinte, esta técnica deve ser realizada com cuidado e treinamento (NOVAES, 1997).

No estudo feito por Alcarde et al. (2009), uma cachaça na primeira destilação obteve concentração de ácido acético de 237,02 mg/100 ml álcool anidro; quando se empregou a bidestilação a mesma apresentou uma concentração de 43,08 mg/100 ml álcool anidro.

Outra forma de reduzir a acidez volátil da cachaça é pela mistura de quantidades proporcionais de água e álcool comum, visto que ambos diminuem a acidez. Entretanto, o álcool ainda ajuda controlar o grau alcoólico da bebida. A adição de álcool neutro também é um método utilizado por empresas produtoras de cachaças/aguardentes para controle da acidez, porém deve-se ter cuidado quanto ao aumento do °GL.

Prontamente, o produtor que comercializa uma cachaça com acidez acima do exigido é resultante da falta de conhecimento e técnicas para determinar esse composto, já que este é facilmente corrigido e de maneira econômica. Logo, as empresas que comercializam cachaças industriais tendem a controlar este parâmetro de forma mais eficiente que as artesanais. Porém, não significa que os produtores de cachaça de alambique não estão aptos para o controle do ácido acético, mas, que ainda existem estabelecimentos que não dão a atenção necessária, visto que este composto influencia significativamente na qualidade final do produto.

5.1.2 Grau Alcoólico

A graduação alcoólica da cachaça é definida pela percentagem volumétrica de álcool puro nela contida (MARINHO; RODRIGUES; SIQUEIRA, 2009).

Os resultados obtidos para o grau alcoólico das amostras analisadas expresso em °GL estão apresentados no Gráfico 2.

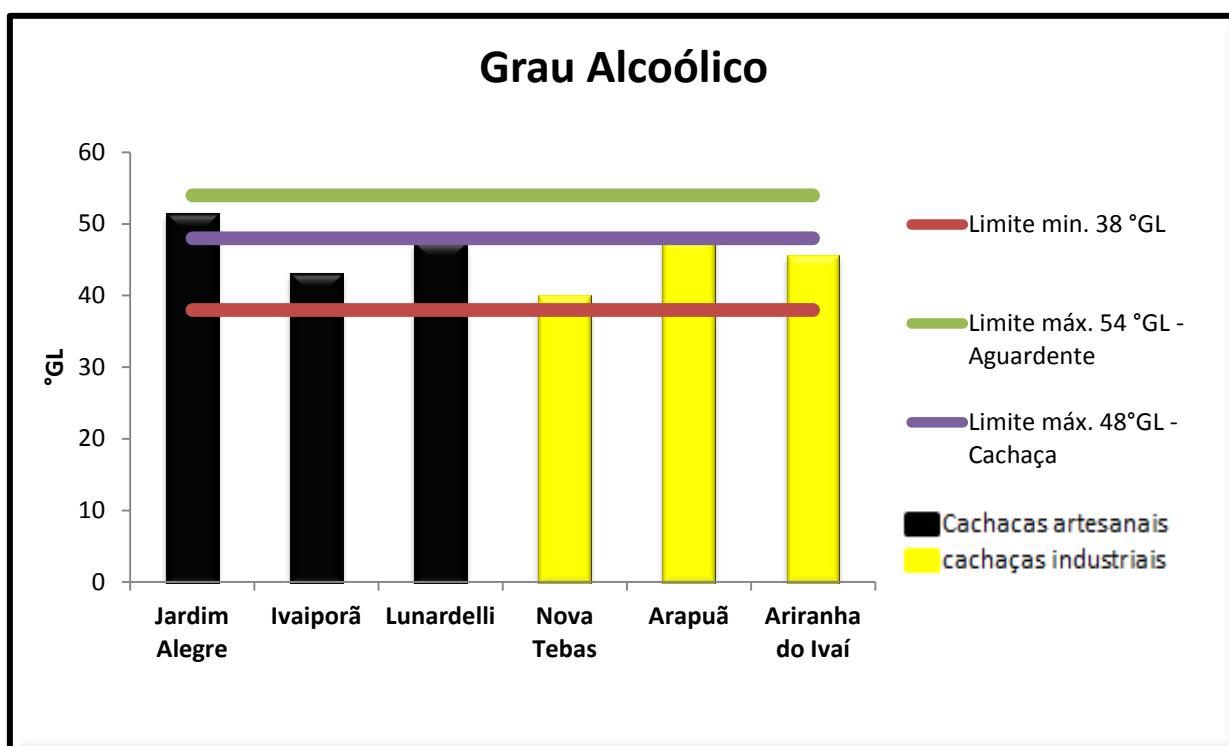


Gráfico 2 - Valores do Grau Alcoólico das diferentes amostras de cachaças analisadas.

Os dados das amostras artesanais e industriais variaram de 39,88 a 51,33°GL, sendo observado valor médio de 45,47°GL. No trabalho feito por Labanca et al. (2006), com 71 amostras de cachaças, o teor médio foi 45,6%, e no estudo de Borges (2011), com 11 amostras observou-se 42,71°GL.

Na aplicação da ANOVA, anexo A, evidenciou-se que as médias entre cachaças industriais (44,33°GL) e artesanais (47,28°GL) não diferenciaram significativamente entre si, ao nível de 5% de significância. Esse resultado já era esperado, pois ambos os produtores industriais e artesanais buscam o grau

alcoólico dentro dos limites estabelecidos, para posterior comercialização de suas bebidas. Pelo teste de Tukey, anexo B, apenas duas cachaças estiveram estatisticamente relacionadas, Arapuã (industrial) e Lunardelli (artesanal), as demais se diferenciaram. Isso se deve a forma de realização da padronização a fim de enquadrar a bebida dentro de uma faixa limítrofe, fazendo com que haja certas igualdades e diferenças. Todavia, todas as bebidas estiveram de acordo com os padrões instituídos pela legislação. No estudo feito por Nóbrega et al. (2011), 27,3% de suas amostras não atingiram os padrões de 33 cachaças estudadas.

Segundo Marinho, Rodrigues e Siqueira (2009), na aguardente o teor alcoólico está interligado à quantidade de água arrastada pelo processo de destilação, que pode ser facilmente corrigido para correta padronização da graduação alcoólica do produto final. A correção pode ser feita para mais ou para menos, conforme necessidade. As empresas utilizam adição de água potável para diminuir °GL e álcool neutro ou pinga forte para aumentá-lo.

França, Sá e Fiorini (2011) afirmam que, cachaça com baixa ou alta graduação, resulta na formação de um produto turbido e com qualidade depreciada.

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

Todas as empresas no momento da compra de seus produtos classificaram suas bebidas como cachaça. Dessa forma, os produtores devem ficar atentos quanto ao grau alcoólico para realizar correta classificação de seus produtos.

5.1.3 pH

De acordo com Moraes (2012), a determinação do pH de uma dada substância é fundamental para reconhecer o caráter ácido ou alcalino da amostra. Os resultados adquiridos para pH das amostras analisadas estão apresentados no Gráfico 3.

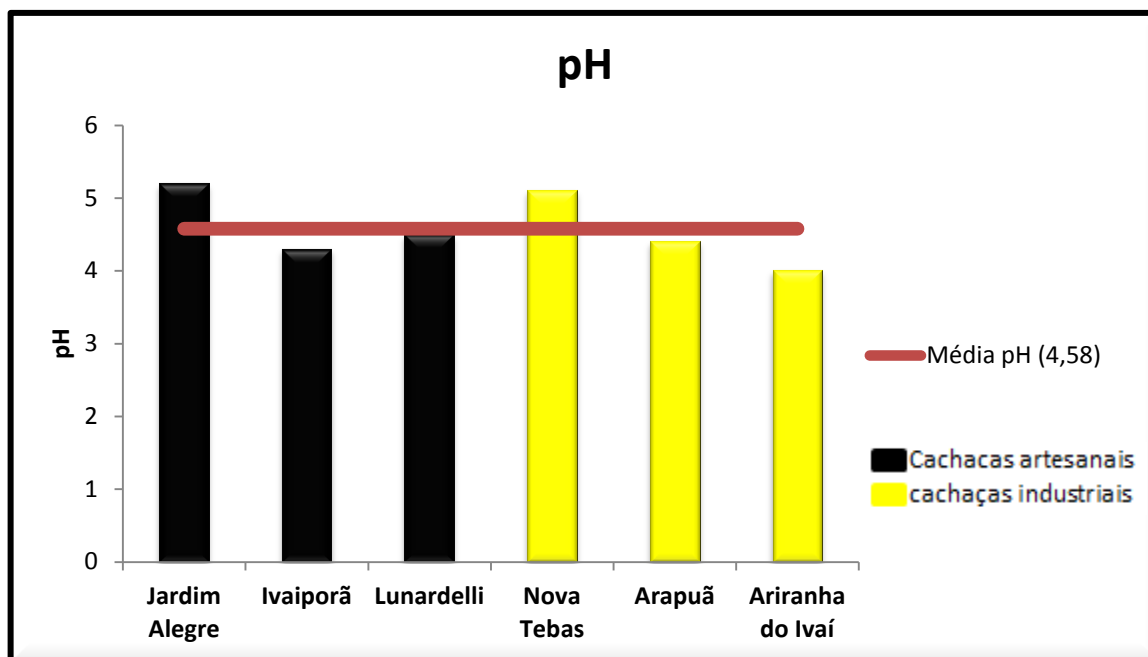


Gráfico 3 - Valores de pH das amostras de cachaças comercializadas no centro norte do Paraná.

Os valores variaram entre 4,0 a 5,2, resultando em valor ácido para todas as amostras. Sobre o pH, a Instrução Normativa N° 13 de 29 de junho de 2005 não estabelece limites máximos e mínimos para cachaça/aguardente.

Os resultados observados neste trabalho apresentaram variação semelhante aos encontrados por Cavalcanti (2009) e Borges (2011) em estudos realizados com cachaças do estado de São Paulo e Minas Gerais, respectivamente, onde obtiveram valores de pH entre 4,41-5,41 e 4,0-5,3 para cada autor. Situação semelhante ocorreu na pesquisa de Carvalho et al. (2011), que analisou o pH de cinco amostras de cachaças brancas comercializadas na cidade de Natal, Rio Grande do Norte, onde obteve valores entre 4,18-4,70.

De acordo com análise de variância, anexo A, amostras industriais e artesanais não se diferenciaram estatisticamente quanto a determinação de pH. A média para as cachaças artesanais foi 4,7 contra 4,51 para as aguardentes industriais. Pelo teste de Tukey, anexo B, das bebidas artesanais, Jardim Alegre se diferenciou das demais, em relação às industriais todas foram consideradas divergentes estatisticamente. Porém, algumas bebidas estiveram relacionadas ao nível de 5% de significância, como: Jardim Alegre (artesanal) e Nova Tebas (industrial); Ivaiporã (artesanal) e Arapuã (industrial); Ivaiporã (artesanal) e Ariranha

do Ivaí (industrial). A acidez da bebida é influenciada pela forma e condução de cada empreendimento, resultando em um aumento ou diminuição do teor ácido da aguardente, levando a igualdades e diferenças, porém sem distinguir estatisticamente a origem da bebida.

5.1.4 Teor de Cobre

O cobre é um dos constituintes inorgânicos de grande importância na qualidade final da cachaça/aguardente. O teor máximo permitido é 5 mg/L, conforme disposto na Instrução Normativa N° 13 (BRASIL, 2005). Sua presença em concentração adequada contribui para ressaltar o sabor picante da bebida (FURUYA et al., 2002).

Os resultados para o teor de cobre das amostras, encaminhados pelo laboratório de análises físico-químicas da cidade de Joinville, Santa Catarina, expresso em mg por litro são apresentados no Gráfico 4.

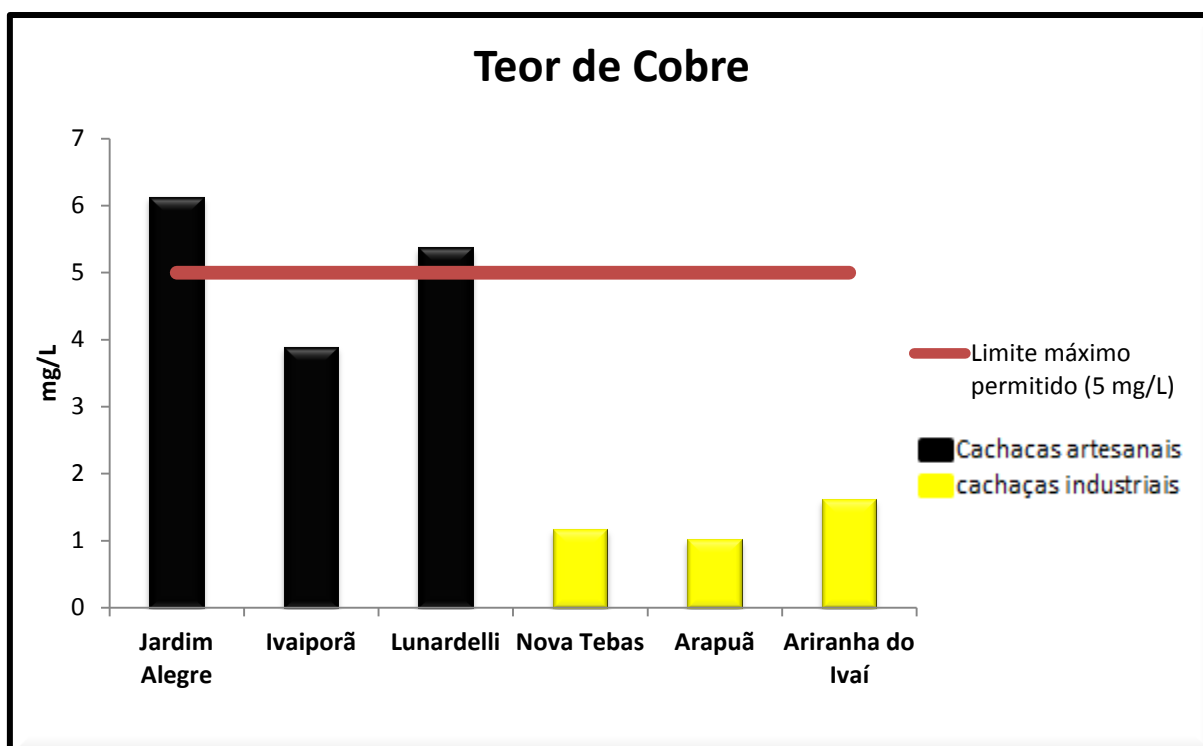


Gráfico 4 - Teor de Cobre nas diferentes amostras.

Constatou-se que duas amostras (Jardim Alegre e Lunardelli) oriundas de alambiques de cobre apresentaram concentrações acima do determinado legalmente. Por conseguinte, os produtores dessas aguardentes de cana devem ser orientados quanto aos riscos que o cobre pode acarretar aos consumidores, e também sobre a necessidade dos cuidados do alambique.

Boza e Horri (2000) afirmam que, a contaminação da cachaça por cobre ocorre na destilação do vinho, uma vez que o metal constituinte do equipamento é exposto ao ar úmido que lentamente se oxida, sendo coberto por uma camada esverdeada, chamada de “azinhavre”. Esta camada é então dissolvida pelos vapores alcoólicos ácidos, gerados durante o processo de destilação, se incorporando na bebida.

De acordo com França, Sá e Fiorini (2011) o excesso de cobre na bebida é tóxico devido à afinidade que o metal tem com o grupo S-H de muitas proteínas e enzima do corpo humano, trazendo várias complicações para o consumidor.

No estudo realizado por Azevedo et al. (2003), apenas 6,7% das 45 amostras de cachaças analisadas tiveram teor de cobre acima do especificado. No trabalho feito por Borges (2011), 11 cachaças foram avaliadas e duas estiveram em desconformidade. Isso é resultante do fato que, atualmente, as empresas independentemente do porte vem se preocupando em manter condições de higiene em seus destiladores, que é fator primordial para evitar contaminação com cobre.

Contudo, ainda é relevante o número de empresas que apresentam teor do metal acima do estabelecido, como foi detectado no trabalho feito por França, Sá e Fiorini (2011), onde 75% das amostras testadas em Minas Gerais encontraram-se divergentes a legislação. De acordo com Siebald et al. (2002) a contaminação de íons cobre em cachaças brasileira é considerado o maior entrave na exportação da bebida.

Segundo Azevedo et al. (2003) um aspecto importante para redução do teor de cobre na cachaça é o incentivo de vários órgãos competentes para o setor, como cooperativas, visando conscientizar os produtores em prol da melhoria do produto, já que a cachaça se encontra em momento de ascensão do mercado interno e externo.

Nascimento et al. (1998) e Cardoso (2000) afirmam que, a forma mais eficaz de evitar a contaminação da bebida é através da higienização do alambique. Isso pode ser realizado através de pré-destilação com solução preparada de água e suco de limão na proporção de 5:100 L, o que seria suficiente para remover o azinhavre

do destilador e do interior do local onde ocorre a condensação dos vapores hidroalcoólicos. Azevedo et al. (2003) recomendam também encher o alambique com água nos períodos de paradas, para evitar a oxidação do cobre, além de realizar assepsia dos alambiques após o término diário de produção.

Se mesmo assim for constatado pelo produtor contaminação em excesso na bebida, uma maneira eficiente para minimizar o contágio de íons de cobre para posterior comercialização é a filtragem desta, por meio do uso de carvão ativado, ou emprego de resinas de troca iônica (CARDOSO, 2001; OLIVEIRA, 1970). Outra sugestão descrita por Bizelli et al. (2000) é o emprego da bidestilação.

No trabalho feito por Alcarde et al. (2009) foi estudado o efeito da bidestilação nos compostos da cachaça, um deles o teor de cobre, onde constataram que uma cachaça com 6,38 mg/L, após a bidestilação, chegou a 1,52 mg/L.

Contudo, estes procedimentos de reduzir a concentração do metal na bebida podem fazer com que a cachaça não apresente suas características típicas, devido à retenção também de outros compostos que são fundamentais para aroma e sabor (MUTTON; MUTTON, 1992). Consequentemente, a melhor forma de evitar a contaminação de cobre na aguardente é a implantação de boas práticas de fabricação (BPF), a fim de assegurar sua qualidade sem prejuízo das práticas artesanais.

A utilização de aço inox, porcelana e alumínio, ao invés do cobre, na construção dos alambiques, são alternativas para contornar esta contaminação (FARIA; CAMPOS, 1989). Isso justifica baixas concentrações encontradas do metal para cachaças industriais, que são todas oriundas de torres de destilação de aço inox.

Quando a aguardente é destilada em destiladores constituídos de outros materiais, como o aço inox, o produto final pode conter compostos sulfurados, sendo a cachaça resultante de baixa qualidade organoléptica. Por este motivo as cachaças/aguardentes destiladas em alambiques de cobre obtém, em média, 80% a preferência dos consumidores e apreciadores da bebida, em função do aroma e do sabor (FARIA; LOURENÇO, 1990). Desta forma, indica a importância e necessidade dos produtores artesanais se aterem à manutenção e prevenção de seus alambiques, a fim de garantir cachaça de boa qualidade.

Na cachaça, os compostos sulfurados são formados pela autólise dos aminoácidos sulfurados constituintes das proteínas das leveduras. A redução dos teores de enxofre no produto final pode ser conseguida pela presença do cobre nos equipamentos de destilação (DELLEG; MIGLIO; NIEFIND, 1969).

Alves, Cardello e Faria (2002) estudaram a origem dos compostos de enxofre presentes em cachaças com três tratamentos distintos: destilada em alambique de alumínio com e sem centrifugação e destilada em alambique de cobre.

Os autores constataram que a cachaça destilada em alambique de alumínio apresentou média superior (7,49 $\mu\text{g/mL}$) comparada com a bebida destilada em alambique de cobre (1,44 $\mu\text{g/mL}$), resultados coerentes com a literatura. Porém, o emprego da centrifugação antes da destilação pode reduzir 55,24% à presença de compostos sulfurados para cachaças destiladas em alumínio, melhorando assim a qualidade sensorial de bebidas que são destiladas com outros materiais, quebrando um possível paradigma de superioridade de qualidade entre artesanal e industrial quanto à presença de compostos sulfurados.

5.1.5 Alcoóis Superiores

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) (VENTURINI, 2010).

No trabalho feito por Vargas e Glória (1995), as cachaças consideradas como de boa qualidade sensorial apresentaram concentração de álcoois superiores dentro dos padrões definidos pela legislação, o contrário foi observado para as bebidas com teores acima do exigido.

Os resultados obtidos estão expressos em mg por 100 mL de álcool anidro, exibidos non Gráfico 5. Os valores variaram de 172,38 a 298,31 mg/100 mL de álcool anidro entre as amostras. O máximo permitido é 360 mg/100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

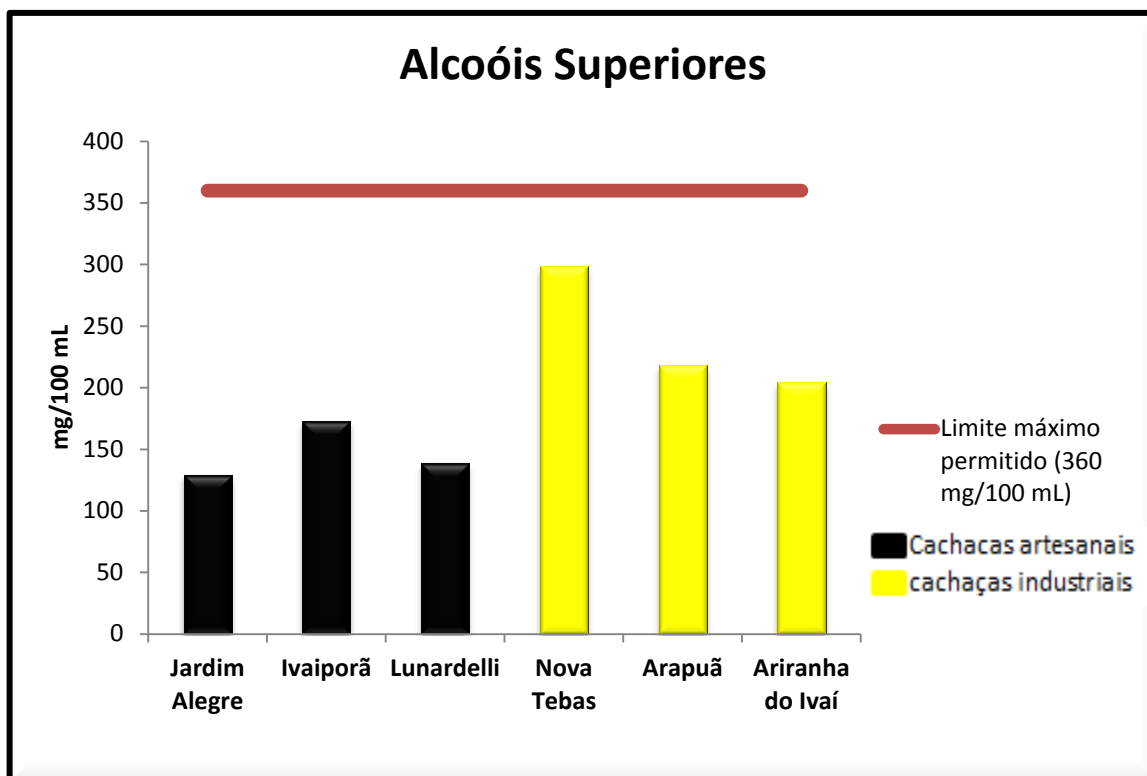


Gráfico 5 - Concentrações de Alcoóis Superiores das amostras avaliadas.

Das cachaças estudadas nenhuma apresentou desconforme com a legislação quanto a alcoóis superiores. Nos trabalhos realizados por Araújo et al. (2000) com 7 cachaças e Pinheiro (2010) com 16 marcas, o teor de alcoóis de suas amostras também estiveram de acordo com a legislação. Na pesquisa feita por Vargas e Glória (1995), apenas 4,5% de 50 cachaças avaliadas não atenderam aos padrões.

De acordo com Vilela et al. (2007) e Nykanen e Nykanen (1991), a baixa concentração de álcoois superiores na bebida esta relacionada com cuidados no momento do corte da cana, assim como no tempo para realizar a moagem e fermentação, consequentemente, trarão corpo e características sensoriais agradáveis a cachaça. Todavia, como relata Yokoya (1995), a formação destes compostos em excesso, é maior quando o fermento apresenta uma viabilidade muito baixa, ocasionando um aumento no processo fermentativo, resultando para o produto final gosto e aroma enjoativo.

O teste de Tukey, anexo B, avaliando as amostras de cachaças da região centro norte do Paraná, resultou na diferenciação de todas as bebidas ao nível de

5%. Esse resultado se deve a forma como os alcoóis são formados na bebida, ou seja, cada empreendimento tem sua forma de condução da etapa de fermentação e destilação, o que leva as variações.

No teste da ANOVA, anexo A, as cachaças industriais (Nova Tebas, Arapuã e Ariranha do Ivaí) obtiveram uma média 240,11 mg/100 mL para alcoóis superiores, enquanto artesanais (Jardim Alegre, Ivaiporã e Lunardelli) atingiram 146,56 mg/100 mL, o que resultou na hipótese das cachaças se diferenciarem quanto sua origem a 5% de significância.

Em um estudo anterior, feito por Nascimento et al. (1998), avaliando a influência do material do alambique na composição química das aguardentes de cana-de-açúcar, eles obtiveram o mesmo resultado, onde o produto destilado em cobre apresenta um teor médio total de álcoois superiores (136 mg/L) inferior ao observado para aguardentes destiladas em aço inox (187 mg/L). O mesmo foi observado no trabalho de Cardoso, Lima-Neto e Franco (2002) com média 155 mg/L para aço inox e 109 mg/L para cobre. Ambos os autores concluíram que o material da construção do destilador não somente influenciou nos teores médios totais de alcoóis superiores da bebida, como também no perfil individual desta função nas características sensoriais da cachaça.

Segundo Pereira et al. (2003) um outro fator que explica a diferença entre as cachaças avaliadas neste estudo, além do material de destilação, são as características de processo de cada empreendimento, principalmente a etapa de destilação. O que envolveria possivelmente os pontos de corte das frações da cachaça denominadas de cabeça, coração e cauda para o produtor artesanal.

De acordo com Chaves (1998), denomina-se de 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), verificou-se que álcoois superiores devem-se incorporar 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.

Nos alambiques, os produtores geralmente tem costume de separar as frações cabeça e calda, porém, esses pontos de corte variam muito de um alambique para outro, podendo variar de 2 a 15% de remoção. Independentemente do percentual retirado, este ocasiona diminuição de álcoois superiores na cachaça de coração. Nas cachaçarias industriais, devido à coluna de destilação, pouco se

preocupa em separar as frações e sim controla-las por meio de parâmetros de funcionamento da destilaria, o que pode resultar em uma concentração mais significativa de alcoóis para essas aguardentes em comparação com artesanais (PEREIRA et al., 2003).

5.1.6 Aldeídos

Os resultados adquiridos para os teores de aldeídos das amostras analisadas expresso em mg por 100 mL de álcool anidro são apresentados no Gráfico 6.

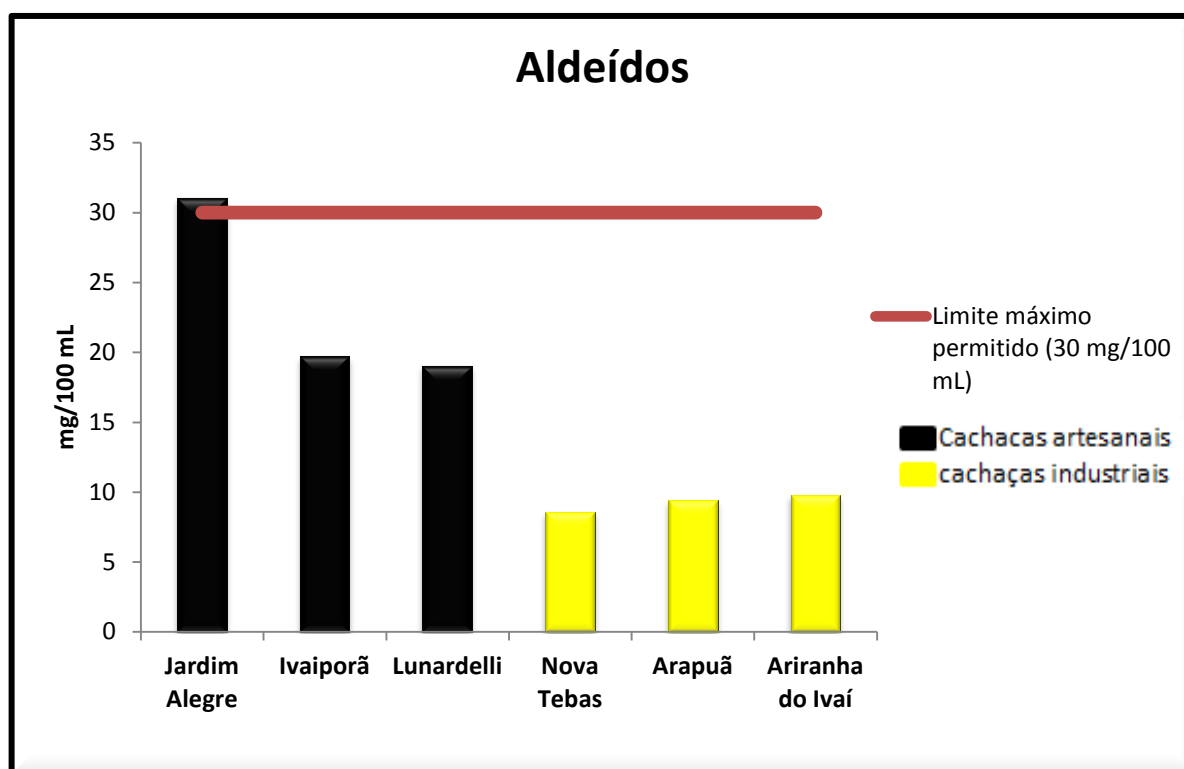


Gráfico 6- Concentrações de Aldeídos das cachaças estudadas.

Os aldeídos compõem o aroma da cachaça, porém em altas concentrações são considerados influência negativa para mesma. Tem odor desagradável na

maioria dos casos avaliados e trás para o consumidor a dor de cabeça e ressaca do dia seguinte (SOUZA, 2006).

São grupos funcionais que contêm oxigênio ligado duplamente com um átomo de carbono, e este grupo é ligado a um radical alifático ou aromático. O aroma dos aldeídos com baixo peso molecular é irritante, contudo, à medida que o número de carbonos aumenta, torna-se mais agradável (SOLOMONS, 1983). Segundo um estudo feito por Braga (2006), aldeídos com até oito átomos de carbono possuem aromas intensos, geralmente enjoativos, considerados indesejáveis na pinga. Contudo, os que contêm acima de dez átomos de carbono, apresentam aromas agradáveis e aceitáveis para bebida. Esses aldeídos podem ser formados pela redução de ácidos graxos, de ocorrência restrita durante a condução da fermentação.

Apenas a amostra da cidade de Jardim Alegre teve a concentração de aldeídos acima de 30 mg de acetaldeído/100 mL de álcool anidro, concentração estabelecida pela legislação vigente. A causa do excesso pode ser uma indicação de uma possível oxidação espontânea ou devido à atividade de bactérias contaminantes no mosto. Outros fatores relevantes é linhagem da levedura, pH do meio, temperatura da fermentação, separação incorreta das frações de cabeça na destilação (SILVA; MALCATA; REVEL, 1996; YOKOYA, 1995; VILELA, 2005).

É possível reduzir o teor de aldeídos na cachaça aumentando o tamanho do destilado de cabeça durante a destilação, bem como realizar constantemente o controle dos parâmetros na sala de fermentação e valer-se do emprego da bidestilação (MAIA, 2002).

Portanto, uma forma eficaz para o controle de aldeídos, seria o emprego das boas práticas de fabricação no estabelecimento, onde haveria um sistema de segurança de produção, abrangendo todas as áreas de atuação da empresa, bem como orientando os produtores quanto aos cuidados e técnicas para a produção de uma cachaça/aguardente de qualidade, satisfazendo os âmbitos legais e os anseios dos consumidores, como descrito na NBR 14900 (2002).

Pelo teste de tukey, anexo B, a cachaça de Jardim Alegre (artesanal) apresentou teor do composto aldeído acima do estabelecido pela legislação brasileira, diferenciando-se das demais bebidas artesanais. Com relação às cachaças industriais, a bebida oriunda da cidade de Arapuã apresentou concentração correlacionada com as duas aguardentes industriais, porém estas se

diferenciaram estatisticamente ao nível de 5%. A concentração de acetaldeído que influenciou para os resultados do teste de Tukey é decorrente da etapa de fermentação do meio, ou seja, cada estabelecimento tem suas características peculiares para esta fase do processo. Porém se realizado de forma adequada, tende para uma correlação positivas das bebidas da mesma origem.

Na aplicação da análise de variância a 5% de significância, anexo A, foi possível concluir que as cachaças artesanais e industriais se diferenciaram. As artesanais da região estudada apresentaram média superior (23,26 mg/L) em comparação com as industriais (9,23 mg/L).

A mesma constatação foi observada nos trabalhos realizados por Nascimento et al. (1998) e Cardoso, Lima-Neto e Franco (2002) e onde os valores médios encontrados para o destilador de cobre foram mais relevantes que das destiladas em aço inox (19,72 e 9,01 mg/L, 19,0 e 9,00 mg/L, respectivamente para cada trabalho). Os autores concluíram que o material que constitui o destilador influencia na composição química da cachaça para a concentração de aldeídos.

Além da constituição do destilador, segundo Cardoso (2001), grande parte da concentração de aldeídos presente no mosto é apartada durante a condução da etapa de destilação.

As cachaças industriais apresentaram baixas concentrações em relação as artesanais devido também à maneira da destilação, ou seja, a forma contínua e as variáveis de trabalho da coluna, como: altura da torre, temperatura e pressão de trabalho, entre outros, fazendo com que a concentração de aldeídos para essas bebidas diminuam, apesar dos produtores artesanais terem o costume de separar a fração cabeça (PEREIRA et al., 2003).

Vale lembrar que, a condução da etapa de fermentação é fator primordial para a concentração deste composto na cachaça, ou seja, os estabelecimentos industriais geralmente têm mais recursos para o controle dessa etapa resultando em menores percentuais para suas bebidas.

Para que o produtor da cachaça artesanal da cidade de Jardim Alegre reduza o teor de aldeídos de seu produto final, este deve verificar a qualidade da condução da etapa de fermentação, verificando contaminantes, viabilidade das leveduras, controle de pH, qualidade da matéria-prima, além de reduzir o composto ampliando a fração cabeça na hora da destilação entorno de 10 a 15%, já que este apresenta um ponto de ebulição entorno de 21°C.

De acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa e a correlação dos efeitos causados pelos aldeídos na bebida, as cachaças artesanais aqui estudadas de um modo geral podem apresentar sabor mais picante que as industriais e trazer para o consumidor maior efeito fisiológico. De acordo com Nascimento et al. (1998), quanto menor o teor de aldeídos na cachaça, melhor a qualidade desta, já que estão geralmente associados à intoxicação e sintomas de ressaca.

5.1.7 Ésteres

Os resultados obtidos para ésteres das amostras de cachaças estudadas estão expressos em mg de acetato de etila por 100 mL de álcool anidro, exibidos no Gráfico 7.

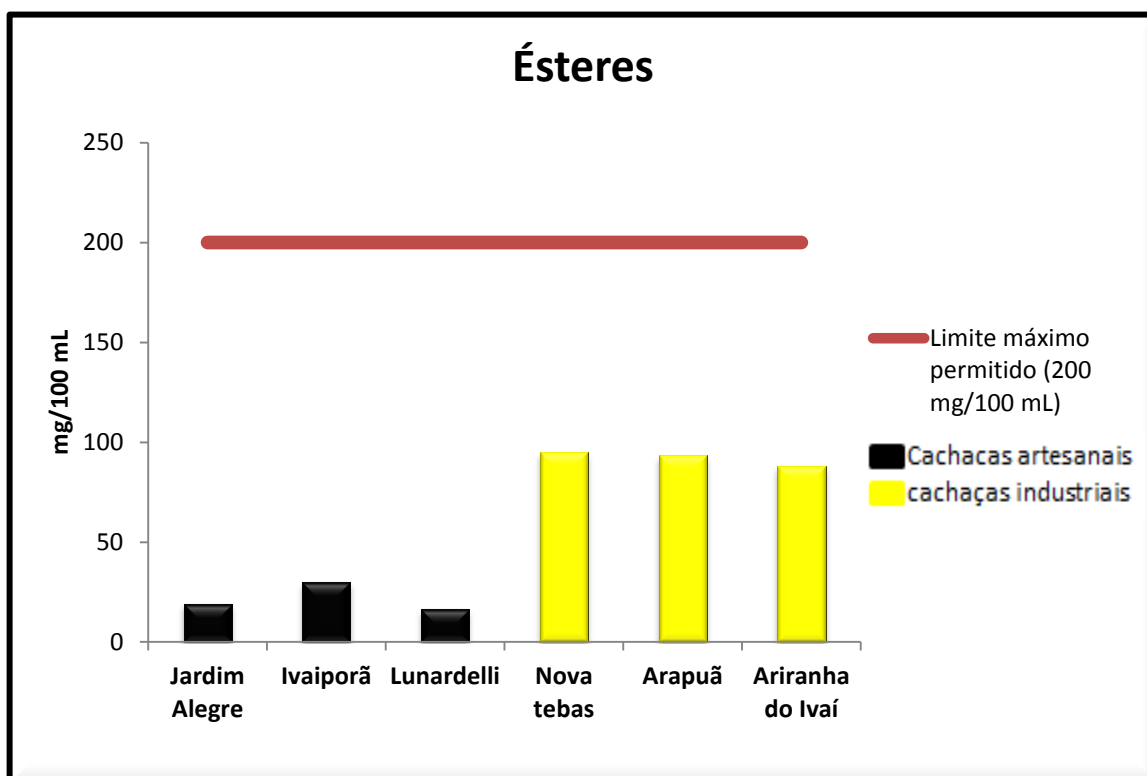


Gráfico 7 - Determinação de Ésteres das amostras da região estuda.

Os valores adquiridos variaram de 16,41 a 94,75 mg de acetato de etila/100 mL de álcool anidro entre as aguardentes. Segundo a Instrução Normativa Nº 13, máximo permitido é de 200 mg/100 mL (BRASIL, 2005). De modo geral, os ésteres são desejáveis na aguardente, pois favorecem o aroma (MAIA; PEREIRA; SCHWBE, 1994).

Todas as cachaças estudadas da região centro norte do Paraná se enquadraram dentro dos padrões estabelecidos para ésteres, com concentrações bem inferiores ao padrão. No trabalho realizado por Vilela et al. (2007), foram analisadas 21 amostras de cachaças da região sul de Minas Gerais, onde nenhuma esteve acima do limite permitido pela legislação. No estudo feito por Nascimento (2007) com 136 amostras, apenas 9 ficaram acima do exigido.

Este resultado já era esperado, pois as amostras coletadas eram recém-destilladas, e a concentração de ésteres tende ser maior com o tempo de envelhecimento, como observa Moraes (2004).

As cachaças envelhecidas apresentam um buquê de aromas mais concentrado, ou seja, maior concentração de ésteres. Contudo, vale ressaltar que a presença de ésteres na cachaça não está apenas relacionada com o envelhecimento, mais também com a etapa de destilação e o modo como se desencadeia a fermentação (VILELA et al., 2007; NASCIMENTO, 2007).

Na aplicação do teste de Tukey, anexo B, avaliando as amostras de cachaças da região centro norte paranaense, resultou na diferenciação de todas as bebidas ao nível de 5%, tal resposta se implica na forma como cada bebida concentrou o composto, ou seja, a maneira da condução da fermentação, bem como a destilação. Contudo, a concentração de ésteres teve uma variação observada em função da origem da cachaça (artesanal – industrial) neste trabalho. No teste da ANOVA, anexo A, comprovou-se, a 5% de significância que as médias obtidas para as cachaças artesanais (21,73 mg/L) e cachaças industriais (91,99 mg/L) são divergentes.

No trabalho realizado por Cardoso, Lima-Neto e Franco (2002), constatou-se que o material que constitui o equipamento de destilação influencia diretamente na quantificação de ésteres da bebida. Os autores observaram que as cachaças oriundas de destilador de aço inox apresentaram valores superiores aos encontrados para o material de cobre (108 mg/L e 6,7 mg/L, respectivamente). O mesmo foi observado no estudo feito por Nascimento et al. (1998), onde os

resultados mostraram que o vinho destilado em aço inox (108 mg/L) apresentaram teores de acetato de etila superiores aos vinhos destilados em alambique de cobre (16,3 mg/L).

O tipo e a operação do destilador (coluna de destilação ou alambique) também são fundamentais para as concentrações de compostos secundários na aguardente. Dados de Reed e Nagodawithana (1991) indicam que a remoção das frações cabeça e cauda podem modificar o sensorial da bebida. Compostos mais voláteis que o etanol, representado por seus ésteres, são mais frequentes na fração cabeça, já que seu ponto de fusão está próximo de 77°C.

A cabeça é removida pelos produtores artesanais mesmo que em frações pequenas, resultando assim na diminuição de ésteres nestas bebidas recém-destilladas. Na destilação contínua, torre de destilação, o local da sua maior concentração depende das condições de operação da coluna, destacando-se o perfil de concentração de álcool e o tamanho da coluna, o que pode resultar em concentrações mais expressivas de ésteres quando comparados com as artesanais (Yokoya, 1995). De modo geral, as cachaças industriais recém-destilladas avaliadas neste trabalho tendem apresentar um buque de aromas mais concentrados que as bebidas artesanais, por conseguinte, se destacando possivelmente na preferência do consumidor.

5.1.8 Furfural

Os resultados adquiridos pelo laboratório de Joinville - Santa Catarina, para o teor de furfural das amostras analisadas estão apresentados no Gráfico 8.

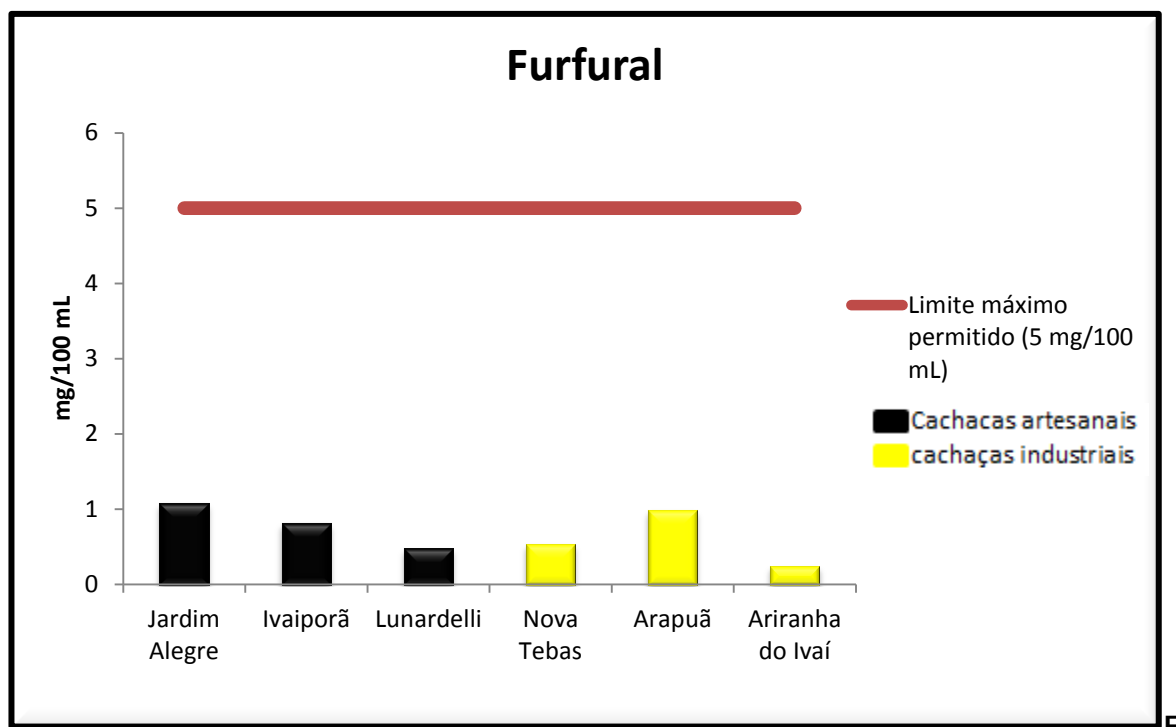


Gráfico 8 - Valores de Furfural para as cachaças analisadas.

Os valores variaram entre 0,24 a 1,07 mg por 100 mL de álcool anidro entre as cachaças estudadas. De acordo com a legislação o valor máximo permitido para o composto na bebida é de 5 mg/100 mL de álcool anidro.

Os teores encontrados nesta pesquisa estiveram bem inferiores ao padrão. Vários trabalhos apresentaram o mesmo resultado, como o de Dantas et al. (2007) e Vargas e Glória (1995), onde depararam com um teor médio de furfural de 0,2 mg/100 mL e 0,11 mg/100 mL, respectivamente, ainda mais inferiores ao encontrado neste trabalho (0,683 mg/100 mL). No estudo feito por Pinheiro (2010), o valor médio de furfural foi de 1,5 mg/100 mL, também abaixo dos limites.

As baixas concentrações de furfural são resultados de uma boa filtração do caldo, removendo os bagacilhos presentes na garapa e evitando os mesmos na sala de fermentação. A qualidade da matéria-prima também é fundamental, visto que a cana-de-açúcar envolvida no processo não se apresentava danificada pela queimada, pois a desidratação de pentoses 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 (LÉAUTE, 1990; DANTAS et al., 2007; PINHEIRO, 2010).

Não foram encontradas referências que correlacionassem teor de furfural com a origem da bebida artesanal e industrial e com a composição do destilador. Pelos valores enviados do laboratório, também não é possível realizar uma análise de variância para comparação das amostras.

Por conseguinte, a concentração de furfural pode estar ligada diretamente a fatores como, funcionamento do destilador e controle de processo, como a qualidade da cana-de-açúcar, peneiramento do caldo, temperatura de destilação e remoção das frações. Se esses fatores forem manejados e realizados de forma correta as cachaças artesanais e industriais tendem a não se diferenciarem estatisticamente, pois visivelmente não foi notada nenhuma diferença entre as cachaças.

Segundo Faria et al. (2003), o furfural surge predominantemente como produto de cauda, já que seu ponto de ebulição é entorno de 162°C. Por isso, a remoção desta fração pode ser fator primordial para diminuição do composto nas aguardentes artesanais, além de cuidados no processo. Para as cachaças industriais as baixas concentrações, além de cuidados no processo, podem estar relacionadas com os parâmetros da torre de destilação.

5.1.9 Metanol

Os resultados enviados pelo laboratório de Santa Catarina para o composto, estão expressos em mg por 100 mL de álcool anidro, exibidos no Gráfico 9.

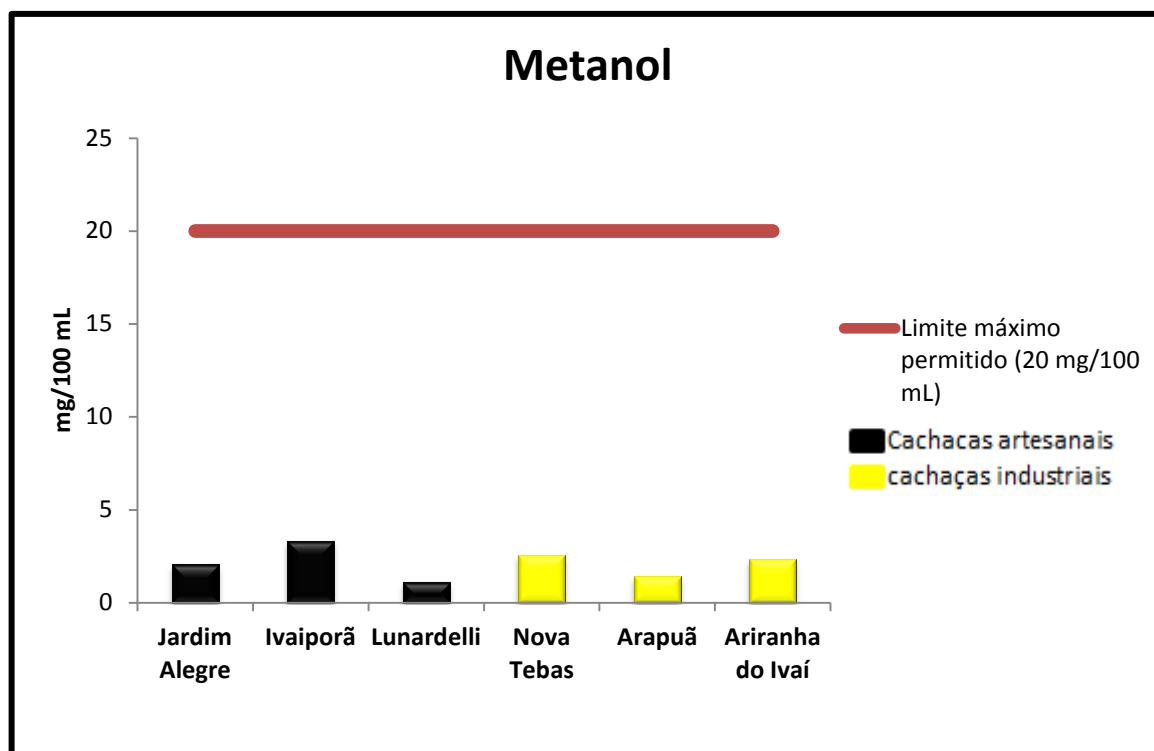


Gráfico 9 - Concentração encontrada de Metanol para as amostras estudadas.

Nenhuma das amostras analisadas teve a concentração de metanol fora dos padrões determinados pela legislação. O limite máximo tolerado é 20 mg/100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

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. (2006) com 21 amostras divididas em destiladas em alambique de cobre e aço inox, os valores médios destas não ultrapassaram 2 mg/100 mL.

As baixas concentrações do metanol na bebida é devido ao teor de matérias pécticas em cana-de-açúcar ser baixo, posteriormente o teor de álcool metílico em seus destilados também será baixo (MIRANDA et al., 2008). Porém vale salientar que quando a fermentação está contaminada exageradamente, esta pode percorrer uma rota diferente da produção de etanol, levando a produção de metanol em grandes quantidades.

De acordo com Vilela et al. (2007), evita-se a presença do metanol na cachaça realizando uma boa filtragem do caldo, o que permite remover a presença

de bagacilho no processo fermentativo e no destilador, conseqüentemente anulam a formação do composto.

Segundo Nykanen (1986), o metanol não é um componente importante para as características sensoriais da bebida, contudo, de acordo com França (1988), sua presença na cachaça pode causar agressividade olfativa, além de ser altamente prejudicial à saúde do consumidor. Logo, os responsáveis pelas cachaças industriais e artesanais estão tendo cada vez mais conscientização e, portanto investem em tratamento de caldo, evitando, por exemplo, a presença de bagacilho no processo.

Não foram encontradas referências que correlacionassem o teor de metanol com a origem da bebida e a composição do destilador. Conseqüentemente, a presença de álcool metílico na cachaça pode estar relacionada principalmente a fatores de processo, como a filtração do caldo e controle de fermentação, porém, não se pode descartar que o funcionamento do destilador também possa interferir na concentração.

O ponto de ebulição do metanol é próximo a 65°C, sendo encontrado na fração cabeça principalmente, onde esta é removida pelos produtores artesanais, justificando as baixas concentrações para essas bebidas. As industriais devido ao funcionamento da torre de destilação e aperfeiçoamentos no processo de tratamento de caldo conseguem reduzir o teor do mesmo a níveis aceitáveis (ALCARDE et al., 2009).

5.2 AVALIAÇÃO GLOBAL DO ESTUDO

Segundo Alves (2007), o aumento de informações nos trabalhos científicos implicou em uma expansão de técnicas para interpretação e organização dos dados. Por conseguinte, a Análise Estatística Multivariada dispõe de uma multiplicidade de técnicas que beneficiam o entendimento de muitos fenômenos.

A designação de Análise Multivariada satisfaz um conjunto de técnicas e métodos que consideram simultaneamente todas as variáveis na interpretação do conjunto de dados, ou seja, agrupa todos os elementos discutidos (ALVES; BELDERRAIN; SCARPEL, 2007). Neste contexto, o Gráfico 10, ilustra a incorporação de todas as informações adquiridas neste trabalho.

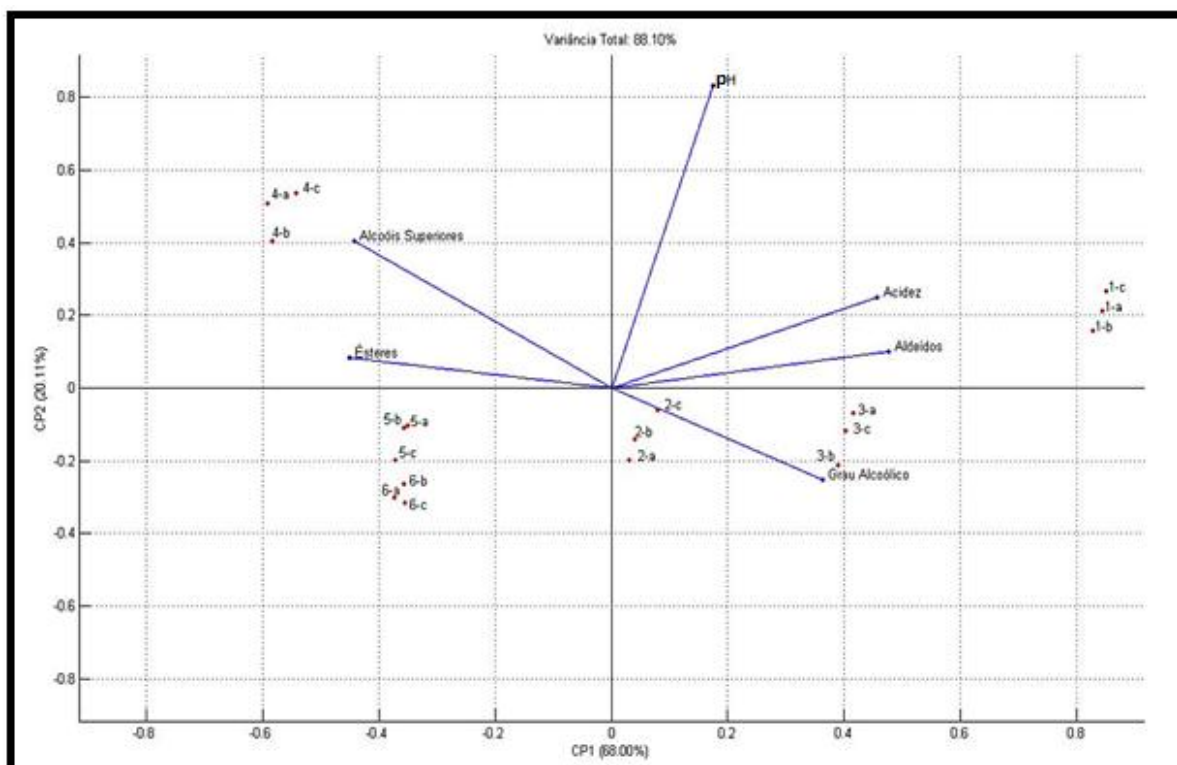


Gráfico 10 - Representação bidimensional dos resultados físico-químicos.

Notas: amostras 1 – Jardim Alegre (artesanal); amostras 2 – Ivaiporã (artesanal); amostras 3 – Lunardelli (artesanal); amostras 4 – Nova Tebas (industrial); amostras 5 – Arapuã (industrial); amostras 6 – Ariranha do Ivaí (industrial).

A Análise Multivariada no presente estudo teve como objetivo primordial confirmar que as cachaças artesanais e as bebidas industriais são estatisticamente divergentes, bem como identificar os prováveis compostos que levam a tal distinção. Os dados obtidos para os teores de cobre, furfural e metanol, oriundos de laboratório terceirizado não foram tratados neste teste estatístico.

Ao se analisar o percentual de variação explicada (percentual cumulativo), foi decidido averiguar a associação das variáveis com 88,10% de explicação das informações. Tal escolha se deu ao fato que a interpretabilidade a um nível de 100%, a análise gráfica se produziria na sexta dimensão, o que possivelmente dificultaria ao máximo sua interpretação. Além disso, a finalidade do trabalho já foi alcançada na representação bidimensional que correlacionou CP1 (68%) e CP2 (20,10%). 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.

De acordo com a Figura 14, mediante avaliação no CP1, é possível identificar 2 grupos de cachaça, ou seja, artesanal (amostras com valores positivos) e industrial (amostras com valores negativos). Estar no lado positivo ou negativo é influenciado pelos autovalores e autovetores correspondentes para a matriz de correlação com 18 variáveis medidas (6 amostras com 3 repetições), em 6 análises físico-químicas, realizado pelo programa estatístico.

Nota-se que os componentes que levam a cachaça industrial diferenciar da artesanal na CP1 é a concentração de Alcoóis Superiores e Ésteres, ou seja, quando a bebida apresenta teores mais significativos para tais compostos, faz com que a aguardente fique posicionada no lado negativo, consequentemente diferenciando-se da artesanal. Cada empreendimento tem sua forma de condução da etapa de fermentação e destilação, porém, como já visto o material do destilador e a forma de destilação faz com que a cachaça industrial concentrasse mais esses compostos.

Os componentes de maior relevância para a distinção da artesanal em relação a industrial é a presença do acetaldeído, ácido acético e grau alcoólico em maiores proporções para estas bebidas, influenciando para a posição positiva. O pH, pouco teve influência na diferenciação das bebidas, já que este se encontra bem próximo ao eixo. As cachaças artesanais apresentaram concentrações expressivas para estes compostos devido à condução da etapa de fermentação (asepsia, contaminação, viabilidade das leveduras, entre outros), bem como a forma de destilação (alambique) e o material de constituição do mesmo (cobre).

A partir da análise estatística multivariada da CP1 também foi possível verificar que os resultados das análises físico-químicas apresentaram um erro experimental pequeno, devido à forma de dispersão da repetição das amostras. Também ilustrou de forma significativa a orientação das cachaças em relação as suas concentrações para cada composto estudado. Por exemplo, a bebida de Nova Tebas (indicada como amostra 4), foi a cachaça que apresentou o maior índice de Alcoóis Superiores e o menor Grau Alcoólico, isto é identificado devido a aproximação da amostra do composto.

Quando se estuda a CP2, não se tem mais a separação entre artesanal e industrial, mais 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, conseqüentemente, as amostras 1 e 4 são as de pH mais significativos que as demais, 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.

6 CONCLUSÃO

Constatou-se neste trabalho que mesmo que as cachaças avaliadas aparentemente em sua maioria apresentaram-se de acordo com a legislação, ainda é grande o número de cachaças fora dos padrões de qualidade determinado pela legislação vigente, principalmente as bebidas oriundas de uma produção artesanal; o que destaca a importância e a necessidade do produtor priorizar por implantar e realizar análises físico-químicas de seu produto final. Contudo, somente as análises físico-químicas não são suficientes, é preciso que a empresa adquira as boas práticas de fabricação como um importante instrumento de orientação.

Das seis amostras de cachaças analisadas, todas as cachaças industriais e apenas uma artesanal estiveram em conformidade com a Instrução Normativa Nº13, de 29 de junho de 2005 para todos os padrões estudados. As cachaças artesanais, provenientes das cidades de Jardim Alegre e Lunardelli permaneceram em desconformidade com os limites máximos da legislação para o teor de cobre, porém a bebida de Jardim Alegre também divergiu na quantificação de acidez volátil e aldeídos. A extrapolação dos limites pode ser decorrente de fatores como má separação das frações durante a destilação, cuidados com a higienização dos alambiques e controle na etapa de fermentação e destilação. Por conseguinte, se o estabelecimento visa uma produção de qualidade seu produto final será aceito tanto na forma legal como na escolha do consumidor, e isso é conseguido por meio de incentivos governamentais e por parte de cooperativas, a fim de conscientizar o produtor em produzir uma cachaça de boa qualidade, por meio de palestras, treinamento, técnicas e ajuda financeira.

Tornou-se evidente que as cachaças artesanais e industriais apresentaram diferenças estatísticas, ou seja, acidez volátil, aldeídos, grau alcoólico foram representativos para as artesanais, e alcoóis superiores e ésteres para as bebidas industriais. A divergência da origem da bebida é decorrente da influência do material que constitui o destilador (aço inox e cobre) e do processo de destilação (alambique e coluna), ou seja, os compostos químicos presentes na aguardente são em suma originados no processo fermentativo (igual para os dois processos), porém selecionados na etapa de destilação, que é o diferencial da bebida artesanal e industrial, fazendo com que concentre mais ou menos composto. Todavia, a

quantificação e a certeza que estas diferenças afetam o sensorial para o consumidor, só serão possíveis atrás de uma aplicação de uma análise sensorial com provadores treinados, onde estes detectem minuciosas diferenças, podendo assim classificar uma bebida como melhor que a outra.

REFERÊNCIAS

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 alcoóis superiores. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 14900**: Sistema de gestão da análise de perigos e pontos críticos de controle. São Paulo, 2002.

ABRABE. **Associação Brasileira de Bebidas**. Disponível em: <<http://www.abrabe.org.br/cachaça>>. Acesso em: 05 jun. 2012.

ABRANTES, Antônio. **Cachaça**. Disponível em: <<http://inventabrasilnet.t5.com.br/cachaca.htm>> Acesso em: 05 de jun. 2012.

ALAMBIQUE. **Cachaça do Vigário – Aguardente de cana, receita colonial**. Disponível em: <<http://cachacadovigario.blogspot.com.br/2010/11/curiosidade-alambique.html>>. Acesso em: 18 set. 2012.

ALCARDE, André R.; SOUZA, Paula A.; BOSQUEIRO, Ângelo C.; BELLUCO, André. E. S. Perfil físico-químico de aguardentes de cana-de-açúcar produzidas por metodologias de dupla destilação em alambiques simples. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 499-506, jul./set. 2009.

ALVES, Gisele L.; CARDELLO, Helena M. A B.; FARIA, João B. Estudos preliminares sobre a origem dos compostos sulfurados presentes na cachaça. **Alm. Nutr.**, São Paulo, v.1, n.3, p. 83-92, jul. 2002.

ALVES, Luciene. B. **Tratamento de Dados Multivariados por Análises de Correspondência e de Agrupamentos em dados de idosos de São José dos Campos**. 2007. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, 2007.

ALVES, Luciene. B.; BELDERRAIN, Mischel C. N.; SCARPEL, Rodrigo A. Tratamento multivariado de dados por análise de correspondência e análise de agrupamentos. **13º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA**, São José dos Campos, out. 2007.

ANDRADE, Giselle C. F.; LANA, Enio J. L.; PATACA, Luiz 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.1, jan. 2005.

ARAÚJO, J. A. Obtenção de Etanol por Fermentação Alcoólica, **Planalsucar**. Maceió - Alagoas, v.2, n.12, p. 83, out. 1982.

ARAÚJO, Julio M. A.; COELHO, Silvia R. M.; MACÊDO, Jorge A. B.; SALINAS, Erick 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**, Toledo - Paraná, v.4, n.3, p. 243-246, set./dez. 2000.

AZEVEDO, Sebastião M.; CARDOSO, Maria G.; PEREIRA, Norma E.; RIBEIRO, Cleusa F. S.; SILVA, Vanisse F.; AGUIAR, Fábio C. Levantamento da contaminação por cobre nas aguardentes de cana-de-açúcar produzidas em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v. 27, n. 3, p. 618-624, maio/jun. 2003.

BECKER, Caroline; TREML, Daiana; MAUS, Elis. M.; BOSCO, Kenia. **Produção cachaça**. Disponível em: <www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/.../cac_haca.doc>. Acesso em: 06 jun. 2012.

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

BOLLO, Ricardo H. G.; SCHRADER, Willian W. **Histórico da cachaça da ilha de Santa Catarina primórdios: pirataria e navegação à vela**. Disponível em <<http://www.armazenvieira.com.br/>>. Acesso em: 05 jun. 2012.

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

BOZA, Yago; HORII, Jorge. A destilação na obtenção de aguardente de cana-de-açúcar. **Bol. SBCTA**, Campinas, v. 33, n.1. p. 98-05, jan./jun.1999.

BRAGA, Vivian. S. **A influência da temperatura na condução de dois processos fermentativos para produção de cachaça**. 2006. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - ESALQ/FCTA, Piracicaba, 2006.

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.

_____. Decreto nº 4.062, de 21 de dezembro de 2001. Define expressões “cachaça” e “cachaça do Brasil” como indicações geográficas e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 jan. 2001.

_____. 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.

BRASIL. 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.

CAMARA, Marcelo. **Cachaça Prazer Brasileiro**. Rio de Janeiro: Mauad, 2004.

CARAZZA, Fernando; CARDEAL, Zenilda L.; CARVALHO, Ciomara R.; NONATO, Eliana A.; SILVA, Fernando C. A headspace solid-phase microextraction method for the determination of some secondary compounds of Brazilian sugar cane spirits by chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 49, n. 8, p. 3533-3539, jul. 2001.

CARDELLO, Helena M. A. B; FARIA, João. B. Análise descritiva quantitativa da aguardente de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus alba* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.18, n.2, p.169-175, maio/jul. 1998.

_____. Modificações físico-químicas e sensoriais de aguardente de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus alba* L.). **B.CEPPA**. Campinas, v. 15, n. 2, p. 87-100, jul./dez.1997.

CARDOSO, Daniel R.; LIMA-NETO, Benedito S.; FRANCO, Douglas W. Influência do material do destilador na composição química das aguardentes de cana. Parte II. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 165-169, 2003.

CARDOSO, Maria G. Análises físico-químicas de aguardente. In: _____. **Produção artesanal de aguardente**. Lavras, UFLA/FAEPE, p. 61-73, 2000.

_____. Análises físico-químicas de aguardente. In: _____. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. Lavras: Ed. da UFLA/FAEPE, p. 152-173, 2001.

CARDOSO, Maria G.; CAMPOS, Gustavo A.; SILVA, Rosane A.; SANTOS, Custódio D.; PINTO, Ana P.; SILVA, Cleusa F. **Cachaça: qualidade e produção**. Disponível em: <www.canabrazil.com.br/cachaca.../11-cachaca-qualidade-e-producao>. Acesso em: 01 jun. 2012.

CARUSO Miriam S. F.; NAGATO Letícia A. F.; ALABURDA Janete. Avaliação do teor alcoólico e componentes secundários de cachaças. **Rev Inst Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 67, n.1, p. 28-33, abr. 2008.

CAVALCANTI, Aline F. **Bidestilação em alambiques contendo dispositivos de prata e cobre e sua influência na qualidade da cachaça**. 2009. 120f. Dissertação (Mestrado Nutrição, Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2009.

CARVALHO, Genickson B.; EMERENCIANO, Denise P.; CARVALHO, Geovane C.; FERNADES, Pablo R.; MOURA, Maria F. Avaliação dos parâmetros físico-químicos em diferentes marcas de cachaças comercializadas em Natal – RN. **IV Congresso Norte – Nordeste de Química**, Natal, v. 1, n. 1, p. 1-6, abr. 2011.

CARVALHO, João C. M.; SATO, Sunão. **Fermentação descontínua**. In: SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. (Coord.). **Biotecnologia Industrial: engenharia bioquímica**. São Paulo: Edgard Blücher, v. 2, cap. 9, p. 193-204, 2001.

CHAVES, João B. P. **Manual Técnico - Cachaça: produção artesanal de qualidade**. Viçosa: CPT, 1998. 78p.

CHERUBIN, Rudimar A. **Efeitos da adição de benzoato de sódio na fermentação alcoólica para produção de aguardente de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. Piracicaba, 1998. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

COOCACHAÇA: **Cooperativa da cachaça de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.coocachaca.com/>>. Acesso em: 12 set. 2012.

DANTAS, Hermeval J.; VILAR, Francisco A.; SILVA, Flavio L. H.; SILVA, Adriano S. Avaliação da influência da velocidade de destilação na análise físico-química de aguardentes de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 101-109, jan. 2007.

DELLEG, Henri; MIGLIO, Gianfranco; NIEFIND, Hoevel J. Thioalcohos, thioether and other sulphur compounds in distillery products. **Branntweinwirtschaft**, v. 109, n. 19, p. 445-446, abr. 1969.

FARIA, João B. **A influência do cobre na qualidade das aguardentes da cana (*Saccharum officinarum*, L.)**. 1989. 98f. Dissertação (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

FARIA, João B.; CAMPOS, Maria. A. P. Eliminação do cobre contaminante das aguardentes de cana (*Saccharum Officinarum* L.) brasileiras. **Alim. e Nutr.**, São Paulo, v. 1, n.1, p. 117-126, out. 1989.

FARIA, João B.; CARDELLO, Helena M. A. B.; BOSCOLO, Mauricio; ISIQUE, Willian D.; ODELLO, Luigi; FRANCO, Douglas W. Evaluation of brazilian woods as an alternative to oak for cachaças aging. **European Food Research and Technology**. v. 218, n. 1, p. 83-87, nov. 2003.

FARIA, João B.; LOURENÇO, Euclides J. Influência do cobre na composição das aguardentes de cana (*Saccharum officinarum* L.). **Alim. Nutr.**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 93-100, set. 1990.

FEITOSA, Patrícia C. L. **A cachaça como identidade cultural**. 2005. 70 f. Monografia (Especialista em Turismo, Cultura e Lazer) – Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2005.

FICAGNA, Evandro. **Influência do tempo de maceração a composição química do fermentado e do destilado de pêssego [Prunus pérsica (L) atsch]. Cv. Chiripá.** 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

FRANÇA. Décret 88.41622 avril, 1988. **Journal Officiel de la République Française.** França. p. 5461. 1988.

FRANÇA, Norival; SÁ, Odila R.; FIORINI, João E. Avaliação da qualidade da cachaça artesanal produzidas no município de Passos (MG). **Ciência et Praxis.** v. 4, n. 7, p 47-49, jun. 2011.

FURUYA, Sandra M.; ISIQUE, Willian D.; LIMA-NETO, Benedito S.; ANDERSEN, Mogens L.; SKIBSTED, Leif H.; FRANCO, Douglas. W. Phenols and metals in sugar-cane spirits. Quantitative analysis and effect on radical formation and radical scavenging. **Eur. Food Res. Technol.** v 215, n. 2, p. 169-175, jan. 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos.** 4. ed. São Paulo, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DA CACHAÇA. **Dados de mercado.** Disponível em: <<http://www.ibrac.net>>. Acesso em: 19 jul. 2012c.

_____. **Mercado externo.** Disponível em: <http://www.ibrac.net/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=4>. Acesso em: 22 Jan. 2011a.

_____. **Mercado interno.** Disponível em: <http://www.ibrac.net/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=47>. Acesso em: 20 fev. 2011b.

ISIQUE, Willian D.; LIMA NETO, Benedito S.; FRACO, Douglas W. Qualidade da cachaça, uma opinião para discussão. **Engarrafador Moderno**, Brasil, v. 98, n.4, p. 92-97, dez. 2002.

JANZANTTI, Natalia S. **Compostos voláteis e qualidade de sabor de cachaça.** 2004. 179 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

LABANCA, Renata A.; GLORIA, Maria B. A.; GOUVEIA, Vitor J. P.; AFONSO, Robson J. C. F. Determinação dos teores de cobre e grau alcoólico em aguardentes

de cana produzidas no estado de Minas Gerais. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 5, p. 1110-1113, set./out. 2006.

LÉAUTE, Robert. Distillation in alembiq. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 41, n. 7, p. 30-103, 1990.

LIMA, Ana K. S.; NOBREGA, Ian C. C. Avaliação de parâmetros de qualidade em aguardentes de cana produzidas no Estado da Paraíba. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 79-103, 2004.

LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotecnologia Industrial – Processos Fermentativos e Enzimáticos**. Ed. Edgard Blucher, capítulo 1, v. 3, São Paulo, SP, 2001.

LUCENA, Vitor. G. O problema do cobre nas aguardentes. **Bras. Açucareiro**, v. 6, n. 2, p. 8-14, maio, 1959.

MAIA, André B. Componentes secundários da aguardente. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 12, n. 2, p. 29-39, set./out. 1994.

_____. Equipamentos para a produção de cachaça. **Informe agropecuário**, São Paulo, v. 23, n. 217, p. 63-66, jan./mar. 2002.

MAIA, André B.; PEREIRA, Ana R.; SCHWBE, Willian K. **Segundo curso de tecnologia para produção de aguardente de qualidade**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG e Fundação Cristiano Otoni. 1994, 65p.

MAIA, André B.; RIBEIRO, João C. G.; SILVEIRA, Lucimar C. I. 1º Curso AMPAQ de produção artesanal de aguardente de qualidade. Belo Horizonte: **AMPAQ**, 1995, 106p.

MAPA DA CACHAÇA. **Qual a diferença entre cachaça e aguardente?**. Disponível em: <<http://mapadacachaca.com.br/blog/qual-a-diferenca-entre-cachaca-e-aguardente/>>. Acesso em: 04 jun. 2012.

MARINHO, Aline V.; RODRIGUES, Janaína P. de M.; SIQUEIRA, Maria I. D. Avaliação da acidez volátil, teor alcoólico e de cobre em cachaças artesanais. **Estudos**, Goiânia, v. 36, n. 1/2, p. 75-93, jan./fev. 2009.

MIRANDA, Mariana B. **Avaliação Físico-Química de Cachaças Comerciais e Estudo da Influência da Irradiação Sobre a Qualidade da Bebida em Tonéis de Carvalho**. 2005. 196 f. Tese (Mestrado em Ciências e Tecnologia de alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MIRANDA, Mariana B.; MARTINS, Nilo G. S.; BELLUCO, André E. S.; HORRI, Jorge; ALCARDE, André R. Perfil físico-químico de aguardente durante envelhecimento em tonéis de carvalho. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, Campinas, v. 28, supl., p. 84-89, dez. 2008.

MORAES, Joyce S. **Estudo comparativo das características químicas e sensoriais do rum e da cachaça**. 2004. 95 f. Dissertação (Mestrado em Farmácia) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Araraquara, 2004.

MORAES, Júlio. **O valor do pH**. Disponível em: <http://www.videos.uevo.ra.pt/quimica_para_todos/valor_ph.pdf>. Acesso em: 09 out. 2012.

MUÑOZ, Alejandra M., CIVILLE, Gail V., CARR, Thomas B. **Sensory evaluation in quality control**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 240 p.

MUTTON, Márcia J. R.; MUTTON, Miguel A. **Aguardente de cana: produção e qualidade**. Jaboticabal: FUNEP, 1992, 39 p.

NACIMENTO, Eduardo S. P. **Ésteres em aguardente de cana: seu perfil**. 2007, 150 f. Dissertação (Mestre em Ciências – Química Analítica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

NASCIMENTO, Ronaldo F.; CARDOSO, Daniel R.; LIMA NETO, Benedito S.; FRANCO, Douglas W. Influência do material do alambique na composição química das aguardentes de cana-de-açúcar. **Química Nova**, Araraquara, v. 21, n. 6, p. 735-39, jan. 1998.

NÓBREGA, Ian C. C.; PEREIRA, José A. P.; PAIVA, José E.; LACHENMEIER, Dirk W. Ethyl carbamate in cachaça (Brazilian sugarcane spirit): Extended survey confirms simple mitigation approaches in pot still distillation. **Food Chemistry**, v. 127, p. 1243-1247, fev. 2011.

NOGUEIRA, Andressa M. P.; FILHO, Waldemar G. V. **Aguardente de cana**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2005. 71 p.

NOVAES, Fernando V. Em nome da qualidade da aguardente de cana. **O Engarrafador Moderno**, São Paulo, v. 7, n. 49, p. 68-73, mar. 1997.

_____. **I curso de extensão em tecnologia de aguardente de cana (apontamentos)**. Piracicaba: Departamento de tecnologia Rural/ESALQ/USP, 1974. 104 p.

NYKANEN, Lalli. Formation and occurrence of flavour compounds in wine and distilled alcoholic beverages. **Amer. J. Enol. Vitic. Beedley**, v. 37, n.1, p. 84-96, jan. 1986.

NYKÄNEN, Lalli.; NYKÄNEN, Ianck. Distilled beverages. **Volatile compounds in food and beverages**. New York: Henk Maarse, Mercel Dekker, 1991.

OLIVEIRA, Ana J.; **Efeito da adição de suplementos nutricionais na fermentação alcoólica de melão de cana-de-açúcar em diferentes temperaturas**. 1970. 186 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; Piracicaba, 1970.

OLIVEIRA, Elias R.; OLIVEIRA, E. C. M. Produção artesanal de cachaça em Minas Gerais: o mito da qualidade da cachaça de Salinas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, v. 17, 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: [s.n.], 2000. 3166 p.

OSHIRO, C. R.; MACCARI Junior A. **Cachaças do Paraná: de gole em gole da cana ao copo**. 1. ed. SEBRAE-PR, 2005.104 p.

PARANÁ TURISTO. **Mapa do Paraná**. Disponível em: <<http://www.paranaturismo.com.br/mapa.asp>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

PATARO, Carla; GOMES, Fátima C. O.; ARAÚJO, Roberta A. C.; ROSA, Carlos A.; SCHWAN, Rosane F.; CAMPOS, C. R.; CLARET, A. S.; CASTRO, H. A. Utilização de leveduras selecionadas na fabricação da cachaça de alambique. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n 217, p. 37-43, abr. 2002.

PEREIRA, Norma E.; CARDOSO, Maria G.; AZEVEDO, Sebastião M.; MORAIS, Augusto R.; FERNANDES, Welington; AGUIAR, Priscila M. Compostos secundários em cachaças produzidas no estado de Minas Gerais. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 27, n. 5, p.1068-1075, set./out. 2003.

PIGGOTT, J. R.; HUNTER, E. A. Evaluation of assessor performance in sensory analysis. **Italian Journal of Food Science**, Torino, v. 11, n. 4, p. 289-303, 1999.

PIGGOTT, J. R.; PATERSON, A. The contributions of the process to flavour in Scotch malt whisky. In PIGGOTT, J.R.; PATERSON, A. (Eds). **Distilled beverage flavours: recent developments**. New York: VCH, 1989. 352 p.

PINHEIRO, Mirabeau; CASTRO, Lúcio; LOBATO, Heber. **Cachaça**. Disponível em: <<http://www.vagalume.com.br/mirabeau-pinheiro/cachaca.html>>. Acesso em: 10 set. 2012.

PINHEIRO, Sandra H. M. **Avaliação sensorial das bebidas aguardente de cana industrial e cachaça de alambique**. 2010. 129 f. Tese (*Doctor Scientiae*) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – Minas Gerais, 2010.

REED, G.; NAGODAWITHANA, T. W. Distiller's yeasts. In: REED, G. (Ed.). **Yeast technology**. 2. ed. New York: AVI Book, 1991.

RIBEIRO, José C. G. M. **Fabricação da cachaça artesanal mineira**. 2. ed. Belo Horizonte: O Lutador, 2002.

RODAS, Fabio G. **Inovação na produção de cachaça de qualidade: Estudo de caso Armazém Vierira – Florianópolis/ SC**. 2005. 82 f. Monografia (Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SANTOS, Maick V. S. **Causas e efeitos do furfural na produção de cachaça**. Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/55207280/Causas-e-Efeitos-Do-Furfural> >. Acesso em: 21 ago. 2012.

SARGETELLI, Vagner; MAURO, Antônio E.; MASSABNI, Antônio C. Aspectos do metabolismo do cobre no homem. **Química Nova**, Araraquara SP, v. 19, n. 3, p. 290-293, dez. 1996.

SEBRAE. **Cachaça Artesanal – relatório completo**. São Paulo, 2008. 154p.

_____. **Fábrica de aguardente de cana-de-açúcar**. Vitória, 1999. 28p.

SIEBALD, Helmuth G. L.; GERALDO, M. L.; CANUTO, Marcus H.; Silva, José B. B. Alguns aspectos toxicológicos da cachaça. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p.59-62, jan./fev. 2002.

SILVA, Carol L. C. **Seleção de linhagens de *Saccharomyces cerevisiae* floculantes e linhagens não produtoras de H₂S e sua influência na qualidade da cachaça**. 2003. 99 f. Tese (Mestre em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

SILVA, M. Luiz; MALCATA, F. Xavier.; REVEL, G. de. Volatile contents of grape marcs in Portugal. **Journal of food composition and analysis**, Orlando, v. 9, p. 72-80, set. 1996.

SILVA, Paulo H. A.; NOBREGÁ, I. C. C. Physical – chemical characterization of commercial brands of brazilian sugar cane spirit. **MBAA technical Quarterly**, v. 38, n. 3, p 163-166, jan./fev. 2001.

SOLOMONS, T. W. Graham. **Química Orgânica**. v. 2, Rio de Janeiro: LTC, 1983.

SOUZA, Elton B.; FABRICÍO, Gizelda S. **Alcoóis superiores e metanol**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/51807220/Alcoois-Superiores-e-Metanol>>. Acesso em: 26 ago. 2012.

SOUZA, Maria 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**. 2006. 137 f. Tese de doutorado (Ciências Tecnologia nuclear)- Instituto de pesquisas energéticas e nucleares (IPEN). Autarquia associada à universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

STUPIELLO, João. P. Produção de aguardente: qualidade da matéria-prima. In: Mutton, M. J. R., Mutton, M. A. **Aguardente de cana produção e qualidade**, FUNEP, p. 9-21, 1992.

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**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 43-46, jun./jul. 1995.

VENTURINI, F. Waldemar Gastoni. **Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2010.

VERDI, Adriana R. Dinâmicas e perspectivas do mercado da cachaça. **Informação Econômica**, São Paulo, v.36, n. 2, fev. 2006.

VIDAL, Maria F.; GONÇALVES, Marcos F. Produção de cachaça na área de Jurisdição do BNB: Mercado e estrutura da cadeia produtiva. **Sober.**, Rio Branco – Acre, v. 1, n. 1, jul. 2008.

VILELA, Anderson F. **Estudo da adequação de critérios de boas práticas de fabricação na avaliação de fábricas de cachaça de alambique**. 2005. 96 f. Dissertação (Mestre em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

VILELA, Fernando J.; CARDOSO, Maria G.; MASSON José; ANJOS, Jean C. P. Determinação das composições físico-químicas de cachaças do sul de Minas Gerais e suas misturas. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1089-1094, jul./ago. 2007.

YOKOYA, Fernando. **Fabricação de aguardente de cana** (Série Fermentações Industriais). Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia André Tosello, 1995. 87 p.

WINDHOLZ, Martha. **The Merck index**. Rahway: Merck, 1976. 1606p.

ANEXO A – Análise de variância (ANOVA) dos diagnósticos físico-químicos.

ANOVA PARA COMPARAÇÃO DA ACIDEZ VOLÁTIL ENTRE OS GRUPOS

$$\begin{cases} H_0 : \mu_A = \mu_B \\ H_1 : \mu_A \neq \mu_B \end{cases}$$

DADOS:

Industriais (A)	Artesanais(B)
72,24	78,37
73,48	78,59
71,99	78,15
58,67	152,12
58,92	152,28
59,01	151,96
44,32	125,34
44,42	126,01
44,3	125,43

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
industriais	9	527,35	58,5944444	149,564003
artesanais	9	1068,25	118,694444	1046,64778

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	p
Entre grupos	16254,045	1	16254,045	27,1758651	8,54E-05
Dentro dos grupos	9569,694244	16	598,10589		
Total	25823,73924	17			

Conclusão: Como o valor-P é inferior a 0,05, concluímos que existe diferença significativa entre as aguardentes artesanais e industrializadas, quanto a acidez, ao nível de 5% de significância.

ANOVA PARA COMPARAÇÃO DE GRAU °GL ENTRE OS GRUPOS

$$\begin{cases} H_0 : \mu_A = \mu_B \\ H_1 : \mu_A \neq \mu_B \end{cases}$$

DADOS:

Industriais(A)	Artesanais(B)
39,32	42,96
39,88	42,52
40,45	43,41
44,95	51,33
45,57	52,62
45,76	51,05
47,63	47,22
47,76	47,21
47,69	47,2

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
industriais	9	399,01	44,33444	12,23353
artesanais	9	425,52	47,28	14,43035

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	p
Entre grupos	39,04333889	1	39,04334	2,928557	0,106338
Dentro dos grupos	213,3110222	16	13,33194		
Total	252,3543611	17			

Conclusão: Como o valor-P é superior a 0,05, concluímos que não existe diferença significativa entre as aguardentes artesanais e industrializadas, quanto ao grau alcoólico, ao nível de 5% de significância, não havendo a necessidade da aplicação do Teste de Tukey.

ANOVA PARA COMPARAÇÃO DE pH ENTRE OS GRUPOS

$$\begin{cases} H_0 : \mu_A = \mu_B \\ H_1 : \mu_A \neq \mu_B \end{cases}$$

DADOS:

Industriais (A)	Artesanais(B)
5,1	4,2
4,9	4,3
5,2	4,5
4	5,2
4,1	5,1
4	5,3
4,5	4,6
4,5	4,3
4,3	4,5

Anova: fator único

RESUMO:

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Industriais	9	40,6	4,511111	0,213611
Artesanais	9	42	4,666667	0,1775

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	p
Entre grupos	0,10888889	1	0,108889	0,556818	0,466368
Dentro dos grupos	3,12888889	16	0,195556		
Total	3,23777778	17			

Conclusão: Como o valor-P é superior a 0,05, concluímos que não existe diferença significativa entre as aguardentes artesanais e industriais, quanto ao pH, ao nível de 5% de significância, não havendo a necessidade da aplicação do Teste de Tukey.

ANOVA PARA COMPARAÇÃO DE ALCÓÓIS SUPERIORES ENTRE OS GRUPOS

$$\begin{cases} H_0 : \mu_A = \mu_B \\ H_1 : \mu_A \neq \mu_B \end{cases}$$

DADOS:

Industriais(A)	Artesanais(B)
298,44	172,35
298,13	172,03
298,35	172,76
204,05	128,34
204,15	128,65
203,85	129,26
218	139,03
217,03	138,15
219	138,45

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
industriais	9	2161	240,1111111	1942,001286
artesanais	9	1319,02	146,5577778	393,1890694

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Entre grupos	39385,0178	1	39385,0178	33,73174072	2,66959E-05
Dentro dos grupos	18681,52284	16	1167,595178		
Total	58066,54064	17			

Conclusão: Como o valor-P é inferior a 0,05, concluímos que existe diferença significativa entre as aguardentes artesanais e industrializadas, quanto a alcoóis superiores, ao nível de 5% de significância.

ANOVA PARA COMPARAÇÃO DE ALDEÍDOS ENTRE OS GRUPOS

$$\begin{cases} H_0 : \mu_A = \mu_B \\ H_1 : \mu_A \neq \mu_B \end{cases}$$

DADOS:

Industriais(A)	Artesanais(B)
8,03	19,26
8,92	19,89
8,68	19,86
9,99	31,23
9,57	30,51
9,8	31,51
9,69	19,1
8,78	19,12
9,63	18,82

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
industriais	9	83,09	9,232222	0,428844
artesanais	9	209,3	23,25556	34,65268

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	p
Entre grupos	884,94245	1	884,9425	50,45063	2,5E-06
Dentro dos grupos	280,6521778	16	17,54076		
Total	1165,594628	17			

Conclusão: Como o valor-P é inferior a 0,05, concluímos que existe diferença significativa entre as aguardentes artesanais e industrializadas, quanto a aldeídos, ao nível de 5% de significância.

ANOVA PARA COMPARAÇÃO DE ÉSTERES ENTRE OS GRUPOS

$$\begin{cases} H_0 : \mu_A = \mu_B \\ H_1 : \mu_A \neq \mu_B \end{cases}$$

DADOS:

industrializados	artesanais
95,22	29,95
94,87	29,93
94,16	29,73
87,63	18,91
88,34	19,16
87,53	18,63
93,66	16,32
93,18	16,33
93,34	16,57

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
industriais	9	827,93	91,99222	10,21092
artesanais	9	195,53	21,72556	38,50365

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Entre grupos	22218,32	1	22218,32	912,1837	1,54E-15
Dentro dos grupos	389,716578	16	24,35729		
Total	22608,0366	17			

Conclusão: Como o valor-P é inferior a 0,05, concluímos que existe diferença significativa entre as aguardentes artesanais e industrializadas, quanto a esteres, ao nível de 5% de significância

ANEXO B – Teste de Tukey dos diagnósticos físico-químicos.

TESTE DE TUKEY PARA A ACIDEZ VOLÁTIL DAS AMOSTRAS ESTUDADAS

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	5	25.9 e+03	51.7 e+02
Erro	12	0.603	0.050
F =	102925.8819		
(p) =	< 0.0001		
Média (Coluna 1) =	152.1200		
Média (Coluna 2) =	78.3700		
Média (Coluna 3) =	125.5933		
Média (Coluna 4) =	72.2367		
Média (Coluna 5) =	44.3467		
Média (Coluna 6) =	58.8667		
Tukey:	Diferença	Q	(p)
Médias (1 a 2) =	73.7500	569.9046	< 0.01
Médias (1 a 3) =	26.5267	204.9853	< 0.01
Médias (1 a 4) =	79.8833	617.3001	< 0.01
Médias (1 a 5) =	107.7733	832.8206	< 0.01
Médias (1 a 6) =	93.2533	720.6170	< 0.01
Médias (2 a 3) =	47.2233	364.9192	< 0.01
Médias (2 a 4) =	6.1333	47.3955	< 0.01
Médias (2 a 5) =	34.0233	262.9160	< 0.01
Médias (2 a 6) =	19.5033	150.7124	< 0.01
Médias (3 a 4) =	53.3567	412.3147	< 0.01
Médias (3 a 5) =	81.2467	627.8352	< 0.01
Médias (3 a 6) =	66.7267	515.6316	< 0.01
Médias (4 a 5) =	27.8900	215.5205	< 0.01
Médias (4 a 6) =	13.3700	103.3169	< 0.01
Médias (5 a 6) =	14.5200	112.2036	< 0.01

Conclusão: Todas as cachaças estudadas neste trabalho, abrangendo artesanais e industriais, se diferenciaram ao nível de 5% de significância.

TESTE DE TUKEY PARA ALCOÓIS SUPERIORES DAS AMOSTRAS ESTUDADAS

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	5	58.1 e+03	11.6 e+03
Erro	12	3.144	0.262
F =	44317.5649		
(p) =	< 0.0001		
Média (Coluna 1) =	128.7500		
Média (Coluna 2) =	172.3800		
Média (Coluna 3) =	138.5433		
Média (Coluna 4) =	298.3067		
Média (Coluna 5) =	218.0100		
Média (Coluna 6) =	204.0167		
Tukey:	Diferença	Q	(p)
Médias (1 a 2) =	43.6300	147.6277	< 0.01
Médias (1 a 3) =	9.7933	33.1370	< 0.01
Médias (1 a 4) =	169.5567	573.7167	< 0.01
Médias (1 a 5) =	89.2600	302.0227	< 0.01
Médias (1 a 6) =	75.2667	254.6744	< 0.01
Médias (2 a 3) =	33.8367	114.4907	< 0.01
Médias (2 a 4) =	125.9267	426.0890	< 0.01
Médias (2 a 5) =	45.6300	154.3950	< 0.01
Médias (2 a 6) =	31.6367	107.0467	< 0.01
Médias (3 a 4) =	159.7633	540.5797	< 0.01
Médias (3 a 5) =	79.4667	268.8857	< 0.01
Médias (3 a 6) =	65.4733	221.5374	< 0.01
Médias (4 a 5) =	80.2967	271.6941	< 0.01
Médias (4 a 6) =	94.2900	319.0423	< 0.01
Médias (5 a 6) =	13.9933	47.3482	< 0.01

Conclusão: Todas as cachaças estudadas neste trabalho, abrangendo artesanais e industriais, se diferenciaram ao nível de 5% de significância.

TESTE DE TUKEY PARA ALDEÍDOS DAS AMOSTRAS ESTUDADAS

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	5	11.6 e+02	231.560
Erro	12	2.128	0.177
F =	1305.9511		
(p) =	< 0.0001		
Média (Coluna 1) =	31.0167		
Média (Coluna 2) =	19.6700		
Média (Coluna 3) =	19.0133		
Média (Coluna 4) =	8.5433		
Média (Coluna 5) =	9.3667		
Média (Coluna 6) =	9.7867		
Tukey:	Diferença	Q	(p)
Médias (1 a 2) =	11.3467	46.6725	< 0.01
Médias (1 a 3) =	12.0033	49.3736	< 0.01
Médias (1 a 4) =	22.4733	92.4401	< 0.01
Médias (1 a 5) =	21.6500	89.0534	< 0.01
Médias (1 a 6) =	21.2300	87.3258	< 0.01
Médias (2 a 3) =	0.6567	2.7011	ns
Médias (2 a 4) =	11.1267	45.7676	< 0.01
Médias (2 a 5) =	10.3033	42.3809	< 0.01
Médias (2 a 6) =	9.8833	40.6533	< 0.01
Médias (3 a 4) =	10.4700	43.0665	< 0.01
Médias (3 a 5) =	9.6467	39.6799	< 0.01
Médias (3 a 6) =	9.2267	37.9523	< 0.01
Médias (4 a 5) =	0.8233	3.3866	ns
Médias (4 a 6) =	1.2433	5.1142	< 0.05
Médias (5 a 6) =	0.4200	1.7276	ns

Conclusão: A bebida de Jardim Alegre (coluna 1) se diferenciou das demais artesanais ao nível de 5% de significância. A bebida industrial de Nova Tebas (coluna 5) está relacionada com as demais bebidas industriais estatisticamente.

TESTE DE TUKEY PARA ÉSTERES DAS AMOSTRAS ESTUDADAS

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	5	22.6 e+03	45.2 e+02
Erro	12	1.303	0.109
F =	41633.0265		
(p) =	< 0.0001		
Média (Coluna 1) =	18.9000		
Média (Coluna 2) =	29.8700		
Média (Coluna 3) =	16.4067		
Média (Coluna 4) =	94.7500		
Média (Coluna 5) =	93.3933		
Média (Coluna 6) =	87.8333		
Tukey:	Diferença	Q	(p)
Médias (1 a 2) =	10.9700	57.6570	< 0.01
Médias (1 a 3) =	2.4933	13.1047	< 0.01
Médias (1 a 4) =	75.8500	398.6587	< 0.01
Médias (1 a 5) =	74.4933	391.5283	< 0.01
Médias (1 a 6) =	68.9333	362.3056	< 0.01
Médias (2 a 3) =	13.4633	70.7617	< 0.01
Médias (2 a 4) =	64.8800	341.0017	< 0.01
Médias (2 a 5) =	63.5233	333.8712	< 0.01
Médias (2 a 6) =	57.9633	304.6485	< 0.01
Médias (3 a 4) =	78.3433	411.7634	< 0.01
Médias (3 a 5) =	76.9867	404.6329	< 0.01
Médias (3 a 6) =	71.4267	375.4102	< 0.01
Médias (4 a 5) =	1.3567	7.1305	< 0.01
Médias (4 a 6) =	6.9167	36.3532	< 0.01
Médias (5 a 6) =	5.5600	29.2227	< 0.01

Conclusão: Todas as cachaças estudadas neste trabalho, abrangendo artesanais e industriais, se diferenciaram ao nível de 5% de significância.