



**JORGE LUIZ PEIXOTO BISPO**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE  
CACHAÇAS ARTESANAIS ENVELHECIDAS E  
NÃO ENVELHECIDAS PRODUZIDAS E  
COMERCIALIZADAS NA BAHIA**

**LAVRAS - MG**

**2011**

**JORGE LUIZ PEIXOTO BISPO**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE CACHAÇAS  
ARTESANAIS ENVELHECIDAS E NÃO ENVELHECIDAS  
PRODUZIDAS E COMERCIALIZADAS NA BAHIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Maria das Graças Cardoso

**LAVRAS - MG**

**2011**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Bispo, Jorge Luiz Peixoto.

Características físico-químicas de cachaças artesanais  
envelhecidas e não envelhecidas produzidas e comercializadas na  
Bahia / Jorge Luiz Peixoto Bispo. – Lavras : UFLA, 2011.

89 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Maria das Graças Cardoso.

Bibliografia.

1. Cachaça. 2. Análise físico-química. 3. Armazenamento. 4.  
Qualidade. 5. Envelhecimento. I. Universidade Federal de Lavras.  
II. Título.

CDD – 663.53

**JORGE LUIZ PEIXOTO BISPO**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE CACHAÇAS  
ARTESANAIS ENVELHECIDAS E NÃO ENVELHECIDAS  
PRODUZIDAS E COMERCIALIZADAS NA BAHIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 19 de dezembro de 2011.

Dra. Adelir Aparecida Saczk	UFLA
Dr. David Lee Nelson	UFMG
Dra. Josefina Aparecida de Souza	UFLA

Dra. Maria das Graças Cardoso  
Orientadora

**LAVRAS - MG**  
**2011**

*Ao meu pai José Jorge da Silva Bispo,*

*pelo incentivo e compreensão durante*

*minha vida de estudos longe de casa.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À DEUS e ao TEMPO, por mais uma vitória.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela realização do mestrado.

À professora Dra. Maria das Graças Cardoso, pela grande oportunidade e pela orientação.

Aos Professores Dra. Adelir Aparecida Saczk (UFLA), Dr. David Lee Nelson (UFMG), Dra. Josefina Aparecida de Souza (UFLA), pela participação na banca avaliadora.

À Aline, Carol, Cassiana e Thaianne, pela amizade e pelo tempo em que moramos juntos.

Aos colegas do Laboratório de Química Orgânica: Milene, Leonardo, João, Wilder, Felipe, Christiane, Laize, Lucilene, Marcos, Juliana, Raquel, Cíntia, Maria Luíza e Cleusa pela colaboração.

Aos demais amigos, Élida, Cristiane, Cláudia, Monalisa, Andressa, Mariene, Giselle e Wander que deixaram saudades.

Aos produtores de cachaça da Bahia.

À Capes pelo suporte financeiro.

E àqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a elaboração e conclusão deste trabalho.

## RESUMO

No presente trabalho objetivou-se analisar e mapear a qualidade das cachaças artesanais envelhecidas e não envelhecidas, produzidas nos polos de produção no Estado da Bahia e a qualidade físico-química das mesmas. As amostras foram coletadas diretamente nas cidades dos polos produtores, sendo posteriormente submetidas às análises físico-químicas. As análises foram realizadas conforme metodologia descrita pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e os resultados foram comparados com os padrões de identidade e qualidade da legislação vigente. Foi observado que 35,29% das amostras apresentaram-se fora dos padrões exigidos de qualidade, quanto ao teor alcoólico (5,88%), acidez volátil (11,76%), cobre (11,76%) e organoléptico (11,76%). Tais valores configuram a minoria das amostras, podendo concluir que a produção de cachaça artesanal na Bahia apresenta-se muito desenvolvida em termos de amostras registradas, com marcas disponíveis na linha *Tradicional* e *Envelhecida* e algumas marcas possuem as qualidades exigidas para o mercado internacional.

Palavras-chave: Qualidade. Cachaça. Análise físico-química.

## ABSTRACT

The present study sought to analyze and map the quality of aged and unaged cachaça produced in the production centers in the State of Bahia and their physico-chemical characteristics. The samples were collected directly from the producing areas in the cities, and were then subjected to physical and chemical analysis. Analyses were performed according to the method described by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) and the results were compared with the legal standards of identity and quality. Of the samples, 35.29% were outside the required quality standards with respect to the alcohol content (5.88%), volatile acidity (11.76%), copper concentration (11.76%) and taste (11, 76%). These values represent a minority of the samples, and one may conclude that the production of cachaça in Bahia appears to be very developed in terms of the recorded samples, with brands available in the *Traditional and Aged* lines, and some brands have the qualities required for the international market.

Keywords: Quality. Cachaça. Physico-chemical analyses.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Distribuição da produção de cachaça no Brasil por Região.	18
Figura 2	Polos de produção de cachaça no Estado da Bahia.....	20
Figura 3	Etapas do processo de produção de cachaça.....	23
Quadro 1	Padrões de identidade da aguardente de cana-de-açúcar e da cachaça.....	35
Quadro 2	Especificação de água potável.....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Descrição das amostras.....	38
Tabela 2	Resultados das análises físico-químicas das cachaças.....	45

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Histograma dos teores alcoólicos nas amostras de cachaça.....	48
Gráfico 2	Histograma dos teores de acidez volátil nas amostras de cachaça.....	50
Gráfico 3	Histograma dos teores de ésteres nas amostras de cachaça.....	51
Gráfico 4	Histograma da relação entre os teores de acidez volátil e ésteres nas amostras de cachaça.....	52
Gráfico 5	Histograma dos teores de aldeídos nas amostras de cachaça.....	54
Gráfico 6	Histograma dos teores de furfural nas amostras de cachaça.....	55
Gráfico 7	Histograma dos teores de alcoóis superiores nas amostras de cachaça.....	57
Gráfico 8	Histograma dos teores de metanol nas amostras de cachaça.....	58
Gráfico 9	Histograma dos teores de congêneres nas amostras de cachaça.....	59
Gráfico 10	Histograma dos teores de cobre nas amostras de cachaça	60
Gráfico 11	Histograma dos teores de extrato seco nas amostras de cachaça.....	62
Gráfico 12	Histograma dos teores de açúcares totais nas amostras de cachaça.....	63
Gráfico 13	Histograma da relação entre os teores de extrato seco e açúcares totais nas amostras de cachaça.....	64

## LISTA DE SIGLAS

ABCQ	Associação Baiana dos Produtores de Cachaça de Qualidade
ABRABE	Associação Brasileira de Bebidas
APAQUI	Associação dos Produtores de Aguardente Artesanal de Qualidade de Itarantim
APL	Arranjo Produtivo Local
APROCADES	Associação Santanense dos Produtores de Derivados de Cana-de-açúcar
COOPAMA	Cooperativa dos Produtores de Aguardente da Microrregião de Abaíra
IARC	International Agency for Research on Cancer
IBAMETRO	Instituto Baiano de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MS	Ministério da Saúde
PBDAC	Programa Brasileiro de Desenvolvimento da Aguardente, Caninha ou Cachaça
PIQ	Padrões de Identidade e Qualidade
PROCANA	Programa de Aproveitamento Integral da Cana-de-açúcar
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SECTI	Secretaria de Ciência Tecnologia e Inovação
UFLA	Universidade Federal de Lavras
WHO	World Health Organization

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Histórico.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Produção de Cachaça no Brasil e na Bahia.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Mercado e produção de cachaça na Bahia.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>Processo de produção.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Matéria-prima.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Transporte.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Moagem da cana.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Preparo do mosto.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.5</b>	<b>Fermentação.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.6</b>	<b>Destilação.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4.7</b>	<b>Armazenamento e envelhecimento.....</b>	<b>27</b>
<b>2.5</b>	<b>Definição de Cachaça.....</b>	<b>27</b>
<b>2.6</b>	<b>Compostos secundários e contaminantes presentes nas cachaças.....</b>	<b>28</b>
<b>2.7</b>	<b>Envelhecimento.....</b>	<b>32</b>
<b>2.8</b>	<b>Padrões de Qualidade – Legislação Brasileira.....</b>	<b>33</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>Coleta de amostras.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2</b>	<b>Análise físico-química.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Exame organoléptico.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Teor alcoólico.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Acidez volátil.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Ésteres.....</b>	<b>40</b>

3.2.5	Aldeídos.....	40
3.2.6	Furfural.....	40
3.2.7	Alcoóis superiores.....	41
3.2.8	Metanol.....	41
3.2.9	Congêneres.....	42
3.2.10	Cobre.....	42
3.2.11	Extrato seco.....	42
3.2.12	Açúcares totais.....	43
3.3	Delineamento experimental.....	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1	Análise físico-química.....	44
4.1.1	Exame organoléptico.....	47
4.1.2	Teor alcoólico.....	47
4.1.3	Acidez volátil.....	49
4.1.4	Ésteres.....	51
4.1.5	Aldeídos.....	53
4.1.6	Furfural.....	55
4.1.7	Alcoóis superiores.....	56
4.1.8	Metanol.....	57
4.1.9	Congêneres.....	59
4.1.10	Cobre.....	60
4.1.11	Extrato seco.....	61
4.1.12	Açúcares totais.....	62
5	CONCLUSÕES.....	65
	REFERÊNCIAS.....	66
	ANEXOS.....	74

## 1 INTRODUÇÃO

Cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38% a 48% v/v, a 20 °C, obtida pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, conforme a legislação brasileira.

A produção de Cachaça, no Estado da Bahia, é uma tradição que vem sendo perpetuado por mais de 450 anos. Em 2008, dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) apontaram 120 municípios produtores de cana-de-açúcar, estimando-se uma produção de 5.689.329 toneladas de cana. Esses números evidenciam a grande importância que a cultura da cana tem para a Bahia, garantindo renda e desenvolvimento para os produtores.

O segundo maior produtor de cachaça artesanal de alambique no Brasil, concentra-se no Estado da Bahia, com uma produção de 60 milhões de litros por ano (BAHIA, 2008), ficando somente atrás do Estado de Minas Gerais com 230 milhões de litros por ano atingindo a liderança de mercado no País (SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO AS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE, 2008).

Com o início da colonização e em decorrência da implantação da indústria açucareira pelos portugueses, alguns autores acreditam que a produção da cachaça de alambique iniciou-se no Estado da Bahia. Essa forma de produção mantém suas características artesanais, sendo toda a produção feita em unidades agroindustriais e alambiques de cobre, o que garante ao destilado características nobres, como o aroma e sabor mais suaves.

A qualidade da cachaça pode ser influenciada por diversos fatores, como matéria-prima, fermentação, destilação e envelhecimento. Pesquisas têm sido realizadas em toda a cadeia produtiva da cachaça, buscando tanto a melhoria do

produto final quanto o incremento financeiro para o produtor. A necessidade de um produto competitivo e que atenda às novas exigências do mercado tem atraído investimentos para o setor de cachaça buscando estimular a qualidade e a elitização do consumo (SCHWAN et al., 2006).

Devido o aumento do consumo de cachaça de qualidade e a possibilidade de exportação, o processo de fabricação determina que esta bebida seja baseada em práticas criteriosamente determinadas para obtenção de um produto padronizado com qualidade comprovada nos aspectos físico-químicos e sensoriais. A qualidade da aguardente requer conhecimentos científicos e tecnológicos apurados, com competência, sensibilidade e dedicação (CARDOSO, 2006).

Apesar de ser o segundo maior produtor nacional de cachaça de alambique, ainda existe na literatura uma escassez do perfil da qualidade das cachaças produzidas na região baiana, mesmo assim, tal continua com um crescimento ativo na produção e comercialização da cachaça em todo o território nacional. Diante do exposto, o presente trabalho teve o objetivo de analisar físico-quimicamente e mapear a qualidade das cachaças artesanais envelhecidas e não envelhecidas, produzidas em treze polos de produção no Estado da Bahia.

Este estudo foi uma prévia para a caracterização e verificação se os produtores deste Estado estão produzindo de acordo com os órgãos regulamentadores brasileiros.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Histórico

A história da cana-de-açúcar no Brasil começa quase que com a história do País, constituindo mesmo um dos ciclos da sua economia. A cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil em 1532, trazida por Martin Afonso de Souza, da Ilha da Madeira (Portugal) e plantada na capitania de São Vicente, hoje Estado de São Paulo. Em 1535, Duarte Coelho implantou a cultura da cana na capitania de Pernambuco e em 1540, Pero de Góes a introduziu na capitania da Paraíba do Sul, o que corresponde hoje à região de Campos, norte Fluminense. Destas três regiões (SP, PE, RJ) a cana-de-açúcar foi levada para os demais estados do País. No século XVI ocorreu o ciclo da cana-de-açúcar, segundo grande ciclo da economia do País, que sucedeu ao ciclo extrativista da madeira. Desde aquela época e até hoje, a cultura da cana-de-açúcar tem sido muito importante para o Brasil (ANDRADE, 2006).

Segundo Veiga (2006), no início do século XVI, os portugueses descobriram novas terras propícias ao cultivo de cana e, paralelo ao açúcar, produziram aguardente. A produção de aguardente de cana-de-açúcar teve início, provavelmente na Bahia, em decorrência da implantação da indústria açucareira pelos colonizadores portugueses (GRAVATÁ; GRAVATÁ; GONÇALVES, 1991 apud DIAS, 2006). Com o aprimoramento da produção, a cachaça reservada inicialmente aos escravos, atraiu muitos consumidores e passou a ter importância econômica para o Brasil colônia. Tornou-se moeda corrente no tráfico negreiro com a África. Era costume oferecê-la aos escravos na primeira refeição do dia, a fim de que pudessem suportar melhor o trabalho árduo dos canaviais. Em 1635, na Bahia, houve a proibição da venda da cachaça

e, em 1639, a bebida ganhou notoriedade nacional e mundial quando a corte portuguesa passou a considerá-la como um dos principais produtos da economia brasileira (CARDOSO, 2006). Dos meados do século XVII até metade do século XVIII, as “casas de cozer méis”, como estão registradas, se multiplicaram nos engenhos (VEIGA, 2006).

Em 1743, D. Maria I tenta proibir a produção de cachaça na colônia, justificando que a baixa produção dos escravos foi devido à bebida. Porém, os brasileiros levam a coroa à derrota mais uma vez. Em 1756, a aguardente de cana-de-açúcar foi um dos gêneros que mais contribuiu com impostos voltados para a reconstrução de Lisboa, abatida por um grande terremoto em 1755. A produção da “bebida” cresceu, e nos fins do século XVIII foi exportada para Angola. No período de 1798 a 1890, a Bahia exportou para a África, 46 mil litros da famosa bebida. Como símbolo dos ideais de liberdade, a cachaça percorreu a boca dos inconfidentes e da população que apoiou a Conjuração Mineira. A bebida da terra se transformou no símbolo de resistência à dominação portuguesa (VEIGA, 2006).

## **2.2 Produção de cachaça no Brasil e na Bahia**

Atualmente, do ponto de vista econômico, a cana-de-açúcar produz: açúcar, álcool, cachaça, forragem, rapadura, melado, açúcar mascavo, entre outros (ANDRADE, 2006). A produção brasileira de aguardente de cana e de cachaça é de 1,5 bilhão de litros anuais, representando 87% da produção nacional de bebidas alcoólicas destiladas (ALCARDE et al., 2010).

São Paulo é o Estado líder na produção de cachaça no Brasil, com 46%, seguido por Pernambuco e Ceará que representam participação de 12% cada (Figura 1). Destaca-se que a participação de São Paulo advém principalmente do

volume produzido de cachaça industrial (ABRABE, 2007 apud SEBRAE, 2008).

O Estado de Minas Gerais representa a quinta posição no cenário nacional, com 230 milhões de litros por ano (SEBRAE, 2008), cerca de 5.000 alambiques, 976 estabelecimentos de bebidas registrados no MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), 670 estabelecimentos de cachaça e 1010 marcas registradas de cachaça na região, liderando o mercado nacional com cachaça artesanal (ASSOCIAÇÃO MINEIRA DOS PRODUTORES DE CACHAÇA DE QUALIDADE - AMPAQ, 2008).

Na Bahia, a cachaça nasceu no recôncavo baiano e, atualmente, o Estado produz aproximadamente 60 milhões de litros por ano, se posicionando como o segundo maior produtor de cachaça artesanal de alambique no Brasil (BAHIA, 2008).

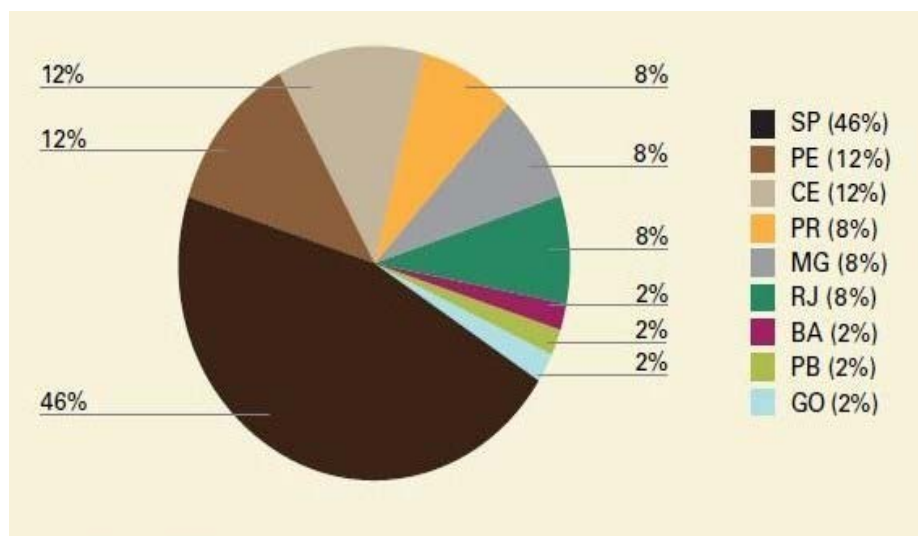


Figura 1 Distribuição da produção de cachaça no Brasil por Região  
Fonte: Associação Brasileira de Bebidas - ABRAB (2007 citado por SEBRAE, 2008)

### 2.3 Mercado e produção de cachaça na Bahia

A Bahia está localizada no Nordeste do Brasil e possui área de 564.692,669 km<sup>2</sup>, totalizando 417 municípios, dos quais 120 são produtores de cana-de-açúcar com área plantada de 109.606 ha, quantidade produzida de 5.689.329 toneladas de cana e com valor de produção próximo a 457.22 mil reais (IBGE, 2008).

A produção dos derivados da cana-de-açúcar no Estado da Bahia conta com 7.000 estabelecimentos espalhados em treze polos produtivos, que geram cerca de 35.000 empregos diretos. Apenas 1% destes estabelecimentos encontra-se formalizado juridicamente em microempresas, associações e cooperativas, concentradas, na sua maioria, no Recôncavo, Litoral Sul, Chapada e Sudoeste (BAHIA, 2008). Os polos de produção são: Polo Recôncavo, Polo Itaquara, Polo Vitória da Conquista, Polo Itarantim, Polo Porto Seguro, Polo Piripá, Polo Caetitê, Polo Abaíra, Polo Lençóis, Polo Santana, Polo Barra, Polo Barreiras (Figura 2).

A produção de cachaça na microrregião da Chapada Diamantina, no Estado da Bahia, é uma atividade secular. A cana-de-açúcar era usada como cultura complementar à criação de gado, servindo de alimento aos bovinos nos períodos de estiagem. No entanto, para algumas famílias, as produções artesanais de rapadura, melado, açúcar mascavo e cachaça tornaram-se a principal fonte de renda, criando-se uma tradição passada de geração para geração (DUARTE, 2004). A produção artesanal dos derivados da cana-de-açúcar sofreu durante anos uma estagnação, repercutindo no atraso técnico-tecnológico, culminando numa atividade produtiva informal e decadente, estruturada nas práticas tradicionais de produção (ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS - APL..., 2007).

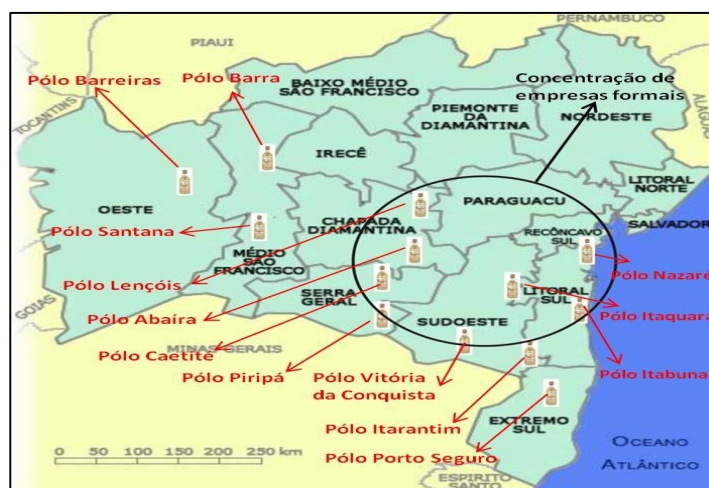


Figura 2 Polos de produção de cachaça no Estado da Bahia  
Fonte: Bahia WS (2011)

Os produtores não mantinham uma regularidade em sua produção e ainda faziam uso de técnicas rudimentares em todo o processo produtivo, sendo basicamente o mesmo dos tempos coloniais. A cana era processada em moendas e fermentada em dornas de madeira, utilizando-se garrações de vidro para armazenagem. No geral, o estilo e a característica das instalações eram bastante rudimentares, sem nenhuma condição de restauração ou de acabamentos em suas estruturas para obtenção de registros no MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento) e no MS (Ministério da Saúde).

A produção de derivados da cana-de-açúcar por pequenos produtores no Nordeste do Brasil não contava com nenhuma forma de apoio institucional, tanto por parte do governo como de entidades representativas dos produtores. Essa ausência de apoio ocorria, sobretudo, para a produção de cachaça, que até recentemente era objeto de rejeição e mesmo de preconceitos (DUARTE, 2004).

Segundo o mesmo autor, em meados da década de 1980 os produtores de derivados de cana-de-açúcar iniciaram um processo de associativismo e cooperativismo na região, criando assim, em 1993 a APAMA (Associação dos Produtores de Aguardente da Microrregião de Abaíra). Esta microrregião é formada pelos municípios de Abaíra, Ibicoara, Jussiape, Mucugê, Piatã e Rio de Contas, situados na região da Chapada Diamantina, no Vale do Rio de Contas. Os municípios possuem as mesmas características climáticas e concentram pequenos estabelecimentos rurais produtores de cachaça.

A Associação foi criada com o objetivo de reduzir o poder de barganha dos atravessadores, aumentar as margens de lucro, padronizar os processos produtivos da Cachaça Abaíra e, conseqüentemente, entrar no mercado com reais condições de gerar renda e empregos na região. Nessa mesma época foram criadas as APROCADES (Associação Santanense dos Produtores de Derivados de Cana-de-açúcar) e a APAQUI (Associação dos Produtores de Aguardente Artesanal de Qualidade de Itarantim) (APL..., 2007; BAHIA, 2009).

As medidas de redução do poder de barganha dos intermediários começaram com uma conscientização comunitária, pois os produtores perceberam que o mercado para cachaça passava por grandes mudanças. A cachaça de alambique começava a ganhar espaço no setor de bebidas e os produtores, por sua vez, precisavam se firmar no mercado. Estruturou-se então, a Cooperativa dos Produtores de Aguardente da Microrregião de Abaíra (COOPAMA) por meio de consultoria em cooperativismo, custos, organização do trabalho e mercado, com o intuito de oferecer aos associados cursos técnicos de produção artesanal de cachaça de alambique e cursos de capacitação tecnológica sobre o processo produtivo (DUARTE, 2004).

Em 1997 foi criado o PBDAC (Programa Brasileiro de Desenvolvimento da Aguardente, Caninha ou Cachaça) a nível nacional e o

PROCANA (Programa de Aproveitamento Integral da Cana-de-açúcar) na Bahia. Posteriormente, em 2002, o Ministério da Agricultura regulamenta as cooperativas de cachaças e foi criada a ABCQ (Associação Baiana dos Produtores de Cachaça de Qualidade), que reúne os produtores organizadamente e representam seus interesses (APL..., 2007; BAHIA, 2009).

No ano de 2003, foi assinado o Protocolo da Cachaça, envolvendo Secretarias do Governo Estadual, SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas), ABCQ e outras entidades firmando parceria para desenvolver no Estado os objetivos do “Projeto de desenvolvimento dos arranjos produtivos de cachaça e outros derivados da cana-de-açúcar do Estado da Bahia”, que se insere nos objetivos do PROCANA (APL..., 2007; BAHIA, 2009).

No ano de 2005 ocorreu a certificação da primeira marca de cachaça pelo IBAMETRO (Instituto Baiano de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial), primeira instituição a atuar como Organismo Certificador do Produto, pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial). Em 2006 ocorreram três encontros de produtores de Cachaça Artesanal de Qualidade, realizados nas cidades de Vitória da Conquista, Rio de Contas e Itarantim, na Bahia, onde foram identificadas as principais dificuldades em diversas áreas do setor (produção, comercialização, distribuição e comunicação). A participação da cachaça produzida na Bahia no processo de certificação INMETRO ocorreu no ano de 2007 (BAHIA, 2009).

## 2.4 Processo de produção

A Figura 3 representa o fluxograma das etapas de produção da cachaça. Esse processo envolve: matéria-prima, transporte, despalha e lavagem, moagem da cana, filtragem, preparo do mosto, fermentação, destilação, armazenamento e envelhecimento, engarrafamento e consumo.

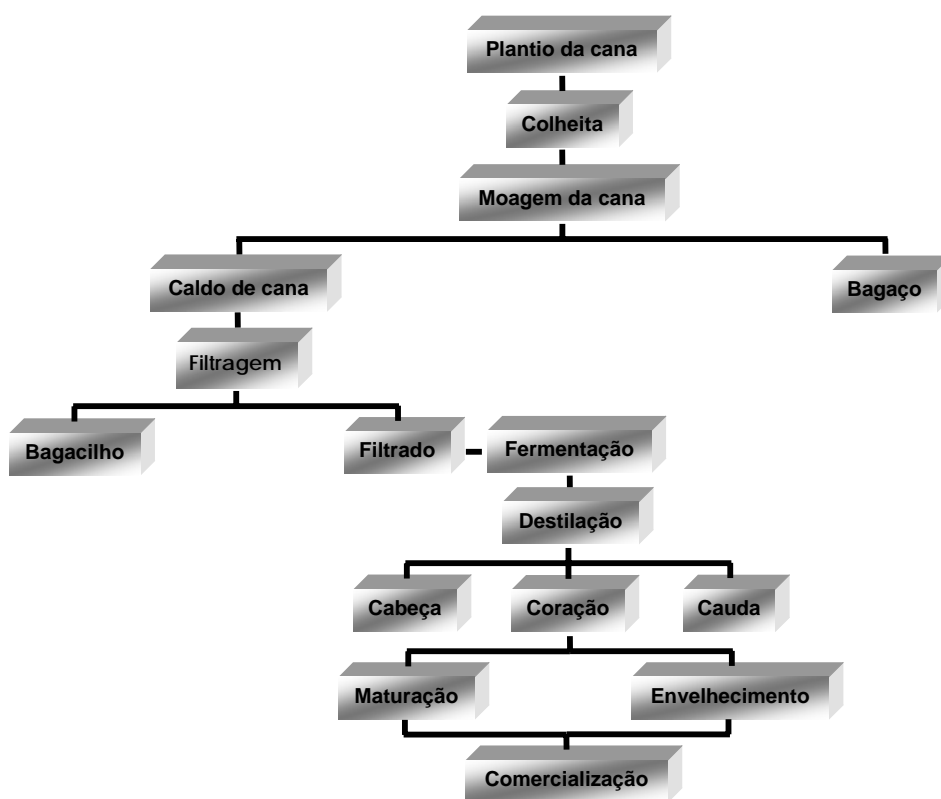


Figura 3 Etapas do processo de produção de cachaça  
Fonte: Zacaroni (2009)



### 2.4.1 Matéria-prima

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) pertence à classe das Monocotyledoneae e à família das Poaceae, chegando a ter trinta e duas espécies conhecidas e catalogadas. As diversas espécies conhecidas têm origens diferentes, tanto no continente da Oceania (Ilha de Nova Guiné) como no continente da Ásia (Índia e China). Todas as variedades de cana, hoje cultivadas em todo o mundo para fins industriais (açúcar, álcool ou cachaça) são híbridas, envolvendo duas ou mais espécies diferentes (ANDRADE, 2006).

A composição química da cana-de-açúcar é muito variável quantitativamente, porém qualitativamente ela é semelhante em todas as variedades. A riqueza em sacarose varia de 13% até 18% e o teor de fibra de 7% até 17% (ANDRADE, 2006).

Quanto mais madura estiver a cana, mais o caldo será rico em açúcares. O teor de açúcares redutores nessa planta é de 1% e o de sacarose em torno de 14%. Recomenda-se que não se faça a colheita dos talhões da matéria-prima com menos de 14% de açúcares (18° Brix) (LIMA, 2001 apud DUARTE, 2009).

### 2.4.2 Transporte

Para a indústria, a matéria-prima que interessa são os colmos de cana-de-açúcar. Esses, por ocasião de sua utilização (seja para obtenção de açúcar, álcool ou cachaça) devem ser utilizados ainda frescos, ou seja, recomenda-se que o intervalo entre o corte e a moagem não ultrapasse 48 horas (ANDRADE, 2006).

A cana-de-açúcar deve ser moída o mais rápido possível, preferencialmente no mesmo dia, pois, quanto maior o intervalo entre o corte e a

moagem, maiores os riscos de deterioração física, química, enzimática ou microbiana, que prejudicam a fermentação, o rendimento e a qualidade do produto (LIMA, 2001 apud SOARES; SILVA; SCHWAN, 2011).

### **2.4.3 Moagem da cana**

Após a colheita, a cana-de-açúcar é levada para a moagem, etapa onde se faz a extração do caldo, com o auxílio das moendas. O caldo obtido, chamado por alguns de garapa, é constituído de água (65-75 %), açúcares (11-18 %), pequenas quantidades de substâncias nitrogenadas, ceras, lipídios, pectinas, materiais corantes e sais minerais. O pH é pouco ácido (4,8-6,0), o que favorece o desenvolvimento de microrganismos (SCHWAN; CASTRO, 2001).

### **2.4.4 Preparo do mosto**

Após a moagem da cana, o caldo passa por um processo de limpeza, com o uso de sistemas de filtração e decantação. O caldo limpo e diluído passa a ser chamado de mosto, estando pronto para a adição do fermento. Opcionalmente, a concentração de açúcares pode ser ajustada para um maior controle do processo de fermentação (LIMA, 2001).

### **2.4.5 Fermentação**

A fermentação ideal ocorre quando a concentração dos açúcares (Brix) estiver entre 14 e 16° Brix. Acima de 16° Brix é necessário diluir o caldo de cana para garantir a estabilidade do fermento ao longo de todo o período fermentativo; se não diluído pode acarretar fermentações mais lentas e

frequentemente incompletas, acarretando perda de qualidade no produto final (SCHWAN, 2006).

A fermentação é uma etapa crítica do processo, porém a utilização de leveduras selecionadas tem facilitado a sua condução. Nessa etapa, os microrganismos, principalmente a *Saccharomyces cerevisiae*, transformam o açúcar e outros componentes presentes no caldo em etanol, CO<sub>2</sub> e componentes secundários, que são responsáveis pela qualidade e anormalidades do produto final. Uma vez finalizada a fermentação, o mosto fermentado, também conhecido como vinho é submetido à destilação para separação, seleção e concentração dos componentes voláteis (SCHWAN, 2006).

#### **2.4.6 Destilação**

No decorrer da destilação de cachaça, efetua-se o fracionamento da bebida em “cabeça”, “coração” e “cauda”. O primeiro destilado, que representa 10% da produção, contém componentes indesejáveis (aldeídos, ésteres e alcoóis superiores) que são mais voláteis que o álcool e é recolhido e separado. Em outro recipiente, obtém-se a fração principal: o “coração. Essa é controlada pelo teor alcoólico (em torno de 45% em média) resultando no produto nobre “a cachaça” com teor alcoólico entre 38 e 48%. Os produtos menos voláteis que o álcool etílico são obtidos na última porção de destilação, chamada de cauda ou “água fraca”, como compostos fenólicos e ácidos orgânicos (AMORIM, 2005; YOKOYA, 1995 apud SOARES; SILVA; SCHWAN, 2011).

#### **2.4.7 Armazenamento e envelhecimento**

Após a destilação, a bebida não deverá ser ingerida; é preciso que ela passe por um período de descanso, de três meses, para que haja equilíbrio entre os componentes e eles possam contribuir efetivamente para o buquê da cachaça. De outra forma, a bebida poderá ser acondicionada em recipientes de madeira, etapa de envelhecimento, por no mínimo 1 ano, e assim receber a denominação de cachaça envelhecida. O envelhecimento em madeiras diferentes proporciona à bebida sabor e aroma diferenciados (AQUINO et al., 2006).

#### **2.5 Definição de Cachaça**

A aguardente de cana é a bebida com graduação alcoólica de 38% a 54% em volume, a 20°C, obtida do destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar ou pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar, podendo ser adicionada de açúcares até 6 g / L. Já a cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38% a 48% v/v, a 20 °C, obtida pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até 6 g / L, expressos em sacarose (BRASIL, 2009).

De acordo com a Legislação vigente, a aguardente de cana/cachaça envelhecida refere-se à bebida que contiver, no mínimo, 50% de aguardente de cana/cachaça envelhecida em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 L, por um período não inferior a um ano. Aguardente de cana/cachaça premium refere-se à bebida que contiver 100% de aguardente de cana/cachaça envelhecida em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 L, por um período não inferior a um ano. Aguardente de

cana/cachaça extra premium refere-se à bebida que contiver 100% de aguardente de cana/cachaça envelhecida em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 L, por um período não inferior a três anos (BRASIL, 2005a).

A cachaça da Bahia apresenta ao mercado consumidor, inicialmente, duas linhas de produto: a linha *Premium*, também conhecida como envelhecida ou ouro, é uma bebida que foi durante um período mínimo de um ano, acondicionada em barril de madeira, ganhando características peculiares, ideal para ser apreciada sem misturas; a linha *Tradicional*, também conhecida como prata, além de poder ser apreciada pura, é a ideal para elaboração de coquetéis diversos com frutas variadas (APL..., 2007).

## **2.6 Compostos secundários e contaminantes presentes nas cachaças**

No processo de fermentação do mosto de cana-de-açúcar são formados diversos compostos, dentre os quais, o majoritário é o álcool etílico. Nesse mesmo processo ocorre a formação de outros compostos, em menores quantidades, denominados de compostos secundários, tais como aldeídos, alcoóis superiores, ésteres e ácidos orgânicos (CARDOSO, 2006; DATO; PIZAURO JÚNIOR; MUTTON, 2005).

Os alcoóis superiores são aqueles com mais de dois átomos de carbono, que podem ser formados durante o processo oxidativo ou ser provenientes das transformações dos aminoácidos durante o processo de fermentação devido à baixa atividade das leveduras, as altas temperaturas e ao baixo pH do mosto. Podem ser formados também pela transformação dos aminoácidos leucina e isoleucina durante a estocagem da cana, ou mesmo quando utiliza-se cana bisada, envelhecida ou que já se passou da hora do corte. Os alcoóis com três a

cinco átomos de carbono são frequentemente encontrados em bebidas destiladas, e são conhecidos como óleo fúsel, apresentando um odor característico de flores. Esses alcoóis, assim como os ésteres e aldeídos, em quantidades normais são responsáveis pelo aroma e sabor característico da bebida. Os principais alcoóis superiores encontrados nas cachaças são os alcoóis isoamílico (2-metilbutanol-1), amílico (pentanol-1), isobutílico (2-metilpropanol-1) e propílico (propanol-1) (CARDOSO, 2006; VILELA et al., 2007).

Os aldeídos são formados durante o processo de fermentação alcoólica. A sua formação tem origem na ação de leveduras durante estágios preliminares do processo de fermentação, tendendo a desaparecer nas etapas finais pela oxidação a ácido acético, formado principalmente durante a aeração excessiva do mosto. O principal aldeído formado nesta etapa de produção da bebida é o acetaldeído. Os demais aldeídos são obtidos provavelmente a partir da oxidação de alcoóis superiores. A intoxicação por aldeídos pode levar a sérios problemas relacionados com sistema nervoso central (CARDOSO, 2006; PEREIRA et al., 2003).

Os ésteres são formados pela reação de esterificação entre pequenas quantidades de etanol e ácidos carboxílicos, provenientes do processo de fermentação (PIGOTT, 1989; ROSE; HARRISON, 1970). O principal éster encontrado na cachaça é o acetato de etila. Estes compostos, quando presentes em pequenas quantidades, incorporam um aroma agradável de frutas à cachaça, porém em grandes quantidades, confere à bebida um sabor enjoativo e indesejado (WINDHOLTZ, 1976).

O metanol é um álcool indesejado na bebida, devido a sua alta toxicidade. Sua ingestão, mesmo em quantidades reduzidas, por longos períodos de consumo pode ocasionar cegueira ou mesmo a morte (BADOLATO; DURAN, 2000). Sua formação advém da degradação da pectina, um

polissacarídeo presente na cana-de-açúcar, durante o processo de fermentação. Portanto, deve-se evitar a presença de bagacilhos no caldo da cana a ser fermentado (CARDOSO, 2006).

O furfural e o hidróximetilfurfural podem ser encontrados no caldo da cana quando esta é submetida à queima da folhagem para facilitar a colheita. A queima provoca a desidratação parcial de uma pequena fração dos açúcares presentes na cana-de-açúcar. Quando, neste processo, estão envolvidas as pentoses, há a formação do 2-furfural (furfural) e quando estão envolvidas as hexoses, forma-se o 5-hidroximetil-2-furfural (hidroximetilfurfural) (MASSON et al., 2007; PEREIRA et al., 2003). Nas aguardentes de cana envelhecidas, o furfural pode ser oriundo da ação de ácidos sobre pentoses e seus polímeros (hemiceluloses), podendo provir, pelo menos em parte, da madeira dos recipientes utilizados no armazenamento da bebida (MASSON et al., 2007).

O ácido acético também pode ser formado por meio da conversão do açúcar na presença de oxigênio e do levedo *Saccharomyces cerevisiae*. Quantidades elevadas de ácidos carboxílicos estão frequentemente, associadas à prática de estocagem da cana e contaminações do mosto por bactérias acéticas, decorrentes de um tempo excessivo de descanso entre o processo de fermentação e a destilação (CARDOSO, 2006; PEREIRA et al., 2003).

A quantificação de metais (cobre, chumbo e arsênio) em aguardentes é efetuada com diversas finalidades, sendo a mais importante a verificação da presença de espécies metálicas em níveis tóxicos, atendendo as especificações exigidas pelas leis do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA (ROSE; HARRISON, 1970). O único metal que deve obedecer a limites especificados pela legislação brasileira é o cobre, que pode ter um teor máximo de 5 mg / L (BRASIL, 2005a). Este metal é proveniente, principalmente, do material constituinte dos alambiques, e acredita-se que o mesmo contribui na

eliminação de certos odores desagradáveis, observados em aguardentes destiladas em alambiques confeccionados com materiais onde não está presente este metal, tal como aço inox (LIMA et al., 2006).

O carbamato de etila vem despertando grande interesse devido ao seu alto potencial carcinogênico, sendo sua quantificação exigida pela legislação a partir de 2012 (BRASIL, 2005a). No entanto, sua origem e formação ainda não estão bem elucidadas. Alguns autores acreditam que originam da degradação de aminoácidos, outros que venham de reações entre o etanol e o ácido cianídrico, catalisado pelo cobre ou pela auto-oxidação de compostos insaturados induzidos pela radiação ultravioleta (CARDOSO, 2006; MASSON, 2009).

Segundo Azevêdo et al. (2007) e Cardoso (2006), a formação de acroleína acontece durante o processo de fermentação, por meio da desidratação do glicerol associado a bactérias termofermentativas. Acredita-se que o aroma penetrante e apimentado em bebidas recém-destiladas, uísques, conhaques ou rum é causado pela acroleína (NYKÄNEN, 1986). Nos últimos anos tem-se observado um considerável interesse por parte do WHO (World Health Organization), particularmente pela IARC (International Agency for Research on Cancer), para identificar estes e outros congêneres presentes em bebidas alcoólicas que podem ser carcinogênicos, mutagênicos ou tóxicos (NASCIMENTO et al., 1997). A quantificação dos teores da acroleína em aguardentes de cana faz-se necessário, visto que a legislação Brasileira, estabelece o limite máximo de 5 mg / 100 mL de álcool anidro, sendo que acima deste limite a bebida estará imprópria para ser comercializada.



## 2.7 Envelhecimento

Por meio do envelhecimento, pode-se obter produtos com melhor qualidade sensorial, inclusive de bebidas provenientes de destiladores de aço inox. Pesquisas de Dias, Maia e Nelson (2002) mostraram que, após estocagem em barris de madeira, praticamente não se detectam diferenças significativas entre aguardentes de cana destiladas em alambiques de cobre e de aço inoxidável.

O armazenamento/envelhecimento é responsável por melhorias nas características organolépticas da cachaça, tornando seu sabor mais agradável e suave. Durante o envelhecimento, são incorporadas à bebida substâncias oriundas da madeira, observando-se também uma redução no teor alcoólico da mesma (ABREU-LIMA, 2005).

Os recipientes utilizados para o armazenamento/envelhecimento são os barris e tonéis de madeira, que atuam como uma membrana semipermeável, permitindo a passagem de vapores de álcool e água, que ocorre em função das condições de umidade relativa e da temperatura do local de armazenamento. No entanto, as perdas ao longo do ano dependem de vários outros fatores, tais como dilatação e contração da aguardente de cana dentro do tonel, vazamentos e expulsão de aguardente por frestas e consequente aspiração de ar por contração no resfriamento em ocorrências sucessivas, devido à inadequação de instalações e de ambientes, além do modo de armazenamento (MIRANDA; HORII; ALCARDE, 2006).

As principais reações que ocorrem no processo de armazenamento da aguardente de cana são reações entre os compostos secundários provenientes da destilação, extração direta dos componentes da madeira, decomposição de macromoléculas da madeira (celulose, hemicelulose e lignina) e a subsequente

incorporação destes compostos à bebida. Além dessas, podem ocorrer também, reações entre os compostos da madeira e os compostos originais do destilado (MORI et al., 2006).

Os principais compostos extraídos da madeira pelos destilados são: óleos voláteis, compostos fenólicos, substâncias tânicas, açúcares, glicerol e ácidos orgânicos não voláteis, que modificam o aroma, sabor e a coloração da bebida (ZACARONI, 2009). Dentre estes, destaca-se a importância do estudo de compostos fenólicos na aguardente de cana armazenada, devido à constatação de que pessoas que consomem bebidas alcoólicas com moderação e constância apresentam significativa redução do risco de adquirirem doenças cardiovasculares, provavelmente associadas à presença desses compostos (CARDELLO; FARIA, 1998, 2000).

## **2.8 Padrões de qualidade – Legislação brasileira**

A qualidade da cachaça pode ser influenciada por diversos fatores, como matéria-prima, fermentação, destilação, envelhecimento, etc. A fermentação é considerada o ponto crítico do processo de fabricação, uma vez que os compostos formadores do aroma que caracterizam a bebida são formados nesta etapa. Pesquisas têm sido realizadas em toda a cadeia produtiva da cachaça: seleção de variedades de cana-de-açúcar, aspectos fermentativos, seleção de cepas de leveduras, aperfeiçoamento do processo de destilação, escolha de madeiras para o envelhecimento do produto, e determinação das análises químicas que caracterizam o produto de alta qualidade, buscando tanto a melhoria do produto final quanto o incremento financeiro para o produtor. A necessidade de um produto competitivo e que atenda às novas exigências do

mercado tem atraído investimentos para o setor de cachaça buscando estimular a qualidade e a elitização do consumo (SCHWAN et al., 2006).

Com o passar dos tempos, melhoraram-se as técnicas de produção. A cachaça passou a ser apreciada por todos. Hoje, várias marcas de alta qualidade figuram no comércio nacional e internacional e estão presentes nos melhores restaurantes e adegas residenciais pelo Brasil e pelo mundo. Depois da cerveja, é a segunda bebida mais consumida no país (VEIGA, 2006).

Os aspectos gerais de sua qualidade e de seu controle, associados a sua importância, exigem a realização de análises físico-químicas para designação da cachaça de boa qualidade (CARDOSO, 2006). De acordo com a Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005 (BRASIL, 2005a), os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQs) para a aguardente de cana-de-açúcar e cachaça, estabelecidos pela legislação brasileira, foram definidos como descritos no Quadro 1.

Quadro 1 Padrões de Identidade e Qualidade (PIQs) da aguardente de cana-de-açúcar e da cachaça.

Componente	Unidade	Limites
Gradação alcoólica (aguardente)	% v/v de álcool etílico a 20°C	38,0 – 54,0
Gradação alcoólica (cachaça)	% v/v de álcool etílico a 20°C	38,0 – 48,0
Sacarose, em açúcar refinado, invertido ou glicose	g L <sup>-1</sup>	6,0 – 30,0
Acidez volátil, em ácido acético	mg/100 mL de álcool anidro	150,0
Ésteres, em acetato de etila	mg/100 mL de álcool anidro	200,0
Aldeídos, em aldeído acético	mg/100 mL de álcool anidro	30,0
Furfural	mg/100 mL de álcool anidro	5,0
Alcoóis superiores*	mg/100 mL de álcool anidro	360,0
Congêneres**	mg/100 mL de álcool anidro	200,0 – 650,0
Álcool metílico	mg/100 mL de álcool anidro	20,0
Acroleína	mg/100 mL de álcool anidro	5,0
Carbamato de etila	µg L <sup>-1</sup>	150,0
Cobre	mg L <sup>-1</sup>	5,0
Arsênio	µg L <sup>-1</sup>	100,0
Chumbo	µg L <sup>-1</sup>	200,0
Extrato seco	g L <sup>-1</sup>	6,0

\*Alcoóis superiores: isobutílico + isoamílico + propílico

\*\*Congêneres: acidez volátil + ésteres + aldeídos + furfural + alcoóis superiores

Fonte: Cardoso (2006)

A água utilizada na elaboração da aguardente/cachaça deve obedecer às normas e padrões aprovados em legislação específica para água potável (Quadro 2), e utilizada exclusivamente para padronização da graduação alcoólica do produto final (BRASIL, 2005a).

Quadro 2 Especificação de água potável.

Teor máximo de ferro	0,3 mg / L
Teor máximo de manganês	0,1 mg / L
Dureza total máxima (em carbono de cálcio)	100,0 mg / L
Oxigênio dissolvido	2,0 mg / L

Fonte: Cardoso (2006)

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Coleta de amostras**

As amostras foram coletadas diretamente nas cidades produtoras, variando entre as amostras a linha *Envelhecida* e a linha *Tradicional*. Cada amostra estava acompanhada com uma identificação contendo: marca do produto, cidade e data de coleta da amostra. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análise Físico-Química de Aguardentes da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Minas Gerais para as devidas análises.

Tabela 1 Descrição das amostras

Amostra	Marca	Tipo	Madeira	Cidade – Pólo	Data de Fabricação – Lote
1	Serra das Almas	Envelhecida	Guarapeira	Rio de Contas – Caetité	2005 – 26
2	Serra das Almas	Tradicional	-	Rio de Contas – Caetité	2008 – 29
3	Engenho Bahia	Envelhecida	Putumujú	Ibirataia – Vitória da Conquista	*
4	Engenho Bahia	Tradicional	-	Ibirataia – Vitória da Conquista	*
5	Tobadouro	Envelhecida	*	Rio de Contas – Caetité	*
6	Abaíra	Envelhecida	*	Abaíra – Abaíra	2007 – 02
7	Abaíra	Tradicional	-	Abaíra – Abaíra	2008 – 01
8	Portal da Chapada	Envelhecida	*	Livramento – Caetité	2004 – 06
9	Portal da Chapada	Tradicional	-	Livramento – Caetité	2007 – 18
10	Rio do Engenho	Envelhecida	Louro-canela e Castanheira	Ilhéus – Itabuna	2006/2007 – 01
11	Caraguataí	Envelhecida	Guarapeira e Carvalho	Jussiape – Abaíra	2009 – 05
12	Caraguataí	Tradicional	-	Jussiape – Abaíra	2008 – *
13	Cabeceira do Rio	Envelhecida	Umburana	Utinga – Lençóis	*
14	Cabeceira do Rio	Tradicional	-	Utinga – Lençóis	*
15	Itagibá	Envelhecida	Jequitibá e Bálamo	Itagibá – Vitória da Conquista	*
16	Itagibá	Tradicional	-	Itagibá – Vitória da Conquista	*
17	Sem marca	Tradicional	-	Poções – Vitória da Conquista	*

\* As informações não constam na embalagem.

### **3.2 Análise físico-química**

As análises foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-Químicas de Aguardente (LAFQA) do Departamento de Química da UFPA, segundo os parâmetros estabelecidos pela Instrução Normativa nº 13, de 29/06/2005 do MAPA. Inicialmente as amostras foram redestiladas em triplicata e acondicionadas em frascos de vidro hermeticamente fechados e mantidos sob refrigeração (-15°C). As metodologias empregadas para as análises estão descritas a seguir.

#### **3.2.1 Exame organoléptico**

Foi determinado, observando-se as amostras contra um transluminador de luz branca, cujos parâmetros analisados foram: aspecto, coloração, limpidez, presença de corpos estranhos e vazamentos (BRASIL, 2005b).

#### **3.2.2 Teor alcoólico**

Foi determinado por densimetria, sendo o resultado expresso em % em volume. As amostras foram redestiladas e o teor alcoólico obtido a partir de medidas a 20 °C, com o auxílio de um densímetro digital DensiMat Gibertini (BRASIL, 2005b).

#### **3.2.3 Acidez volátil**

A acidez volátil foi determinada por titulação volumétrica de neutralização. Os ácidos voláteis foram extraídos da bebida por arraste de vapor,



utilizando o Destilador Eletrônico Enochimico Gibertini. Posteriormente, foram titulados com hidróxido de sódio 0,1 mol / L em presença de fenolftaleína 1%. Os resultados obtidos foram expressos em gramas de ácido acético por 100 mL de amostra ou por 100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005b).

### **3.2.4 Ésteres**

Os ésteres foram determinados pela titulação dos ácidos carboxílicos obtidos por transesterificação dos ésteres presentes nas bebidas. Suas quantidades foram expressas em gramas de acetato de etila por 100 mL de amostra (BRASIL, 2005b). As reações de hidrólise dos ésteres e da titulação estão descritas no ANEXO A, Figura 1A.

### **3.2.5 Aldeídos**

Foram analisados pelo método titulométrico direto com iodo 0,05 mol / L titulando o SO<sub>2</sub> formado por meio das reações envolvidas na análise. A quantidade de aldeídos presente nas amostras foi expressa em gramas de aldeído acético por 100 mL da amostra ou por 100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005b). As reações referentes a essa análise estão descritas no ANEXO A, Figura 2A.

### **3.2.6 Furfural**

A quantificação foi realizada por meio das leituras espectrofotométricas na região visível do espectro (Shimadzu UV-160-1PC) a 520 nm, por comparação das absorbâncias observadas nas amostras da bebida com valores de

absorbâncias de uma curva analítica, previamente construída com soluções padrão de etanol/furfural. Para a análise de furfural, o grau alcoólico do destilado foi corrigido para 50°GL. Os resultados obtidos foram expressos em miligrama de furfural por 100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005b). A reação envolvida na análise está descrita no ANEXO A, Figura 3A.

### **3.2.7 Alcoóis superiores**

A quantidade total de alcoóis superiores foi determinada por meio de reação colorimétrica e a quantificação foi realizada em espectrofotômetro Shimadzu UV-160-1PC a 540 nm. As concentrações foram determinadas por meio da construção de curvas analíticas de solução de alcoóis superiores diluídos em água/etanol (1:1 v/v). A quantidade total desses compostos foi expressa em miligrama por 100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005b). As reações envolvidas na quantificação estão descritas no ANEXO A, na Figura 4A.

### **3.2.8 Metanol**

O metanol foi quantificado por reações colorimétricas e determinação no espectrofotômetro (Shimadzu UV-160-1PC) a 575 nm. As quantidades deste composto foram determinadas por meio da construção de curvas analíticas de solução de etanol/metanol. Os resultados obtidos foram expressos em mg de metanol por 100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005b). As reações envolvidas nessa análise estão descritas no ANEXO A, Figura 5A.

### **3.2.9 Congêneres**

Seu resultado foi estabelecido pela soma dos resultados de Acidez volátil, Ésteres, Aldeídos, Furfural e Alcoóis Superiores, expressos em mg por 100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005b).

### **3.2.10 Cobre**

A quantificação do cobre presente nas cachaças foi realizada por meio de medidas espectrofotométricas na região visível do espectro (Shimadzu UV-160-1PC) a 546 nm, comparado a valores de absorbância referentes a uma curva analítica previamente construída, utilizando-se sulfato de cobre como padrão primário. As reações coloriméticas foram realizadas nas amostras de cachaças sem redestilar. Os resultados obtidos foram expressos em mg / L (BRASIL, 2005b). As reações envolvidas nessa análise estão descritas no ANEXO A, Figura 6A.

### **3.2.11 Extrato seco**

A análise foi efetuada por meio de métodos gravimétricos. Inicialmente, uma cápsula de alumínio foi pesada e em seguida, uma alíquota de 25 mL da amostra sem redestilar foi transferida para a cápsula e evaporada em banho-maria a 95°C, por 3 horas. Após esse período, foi levada à estufa a 100°C por 30 minutos e, posteriormente, o material foi resfriado em dessecador. O resíduo sólido remanescente foi pesado em balança analítica (Marte/ AM - 220) e os resultados obtidos foram expressos em gramas de extrato seco por litro da amostra (BRASIL, 2009).

### **3.2.12 Açúcares totais**

A quantificação foi efetuada pelo método titulométrico (Método Eynon Lane), onde os açúcares não redutores sofrem hidrólise prévia em meio ácido, dissociando os dissacarídeos em seus monossacarídeos, os quais reagem com os íons cúpricos da solução de Fehling, reduzindo-os a íons cuprosos, sob a ação do calor em meio alcalino. Ao reagir com os íons cúpricos, os açúcares sofrem oxidação, enquanto o Cu(II) é reduzido a Cu(I), formando-se um precipitado vermelho de óxido cuproso. Os resultados foram expressos em gramas de açúcares totais por litro da amostra (BRASIL, 2005b).

### **3.3 Delineamento experimental**

Para análise estatística, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 17 tratamentos e 2 amostras e 3 repetições. Os dados foram analisados e a comparação das médias foi feita através do teste Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa ESTAT (BARBOSA; MALHEIROS; BANZATTO, 1992).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Análise físico-química**

Os resultados das análises físico-químicas das cachaças estão representados na Tabela 1.

Tabela 2 Resultados das análises físico-químicas das cachaças

Amostras	Teor alcoólico <sup>1</sup>	Acidez volátil <sup>2</sup>	Ésteres <sup>2</sup>	Aldeídos <sup>2</sup>	Furfural <sup>2</sup>	Alcoóis superiores <sup>2</sup>	Metanol <sup>2</sup>	Congêneres <sup>2</sup>	Cobre <sup>3</sup>	Extrato seco <sup>4</sup>	Açúcares totais <sup>4</sup>
1	40,90± 0,05	109,98± 0,15	83,88± 2,04	15,23± 0,12	0,48± 0,03	302,47± 8,11	2,64± 0,53	512,04± 10,15	2,67± 0,07	0,57± 0,0	0,55± 0,02
2	39,02± 0,07	49,95± 0,09	33,82± 2,31	11,65± 0,12	0,24± 0,04	276,46± 1,61	nd	372,11± 3,85	3,69± 0,05	0,06± 0,0	0,53± 0,0
3	39,10± 0,03	92,03± 0,07	74,24± 2,31	12,77± 0,15	0,88± 0,07	250,28± 15,79	6,32± 0,0	430,20± 18,39	<b>11,19±</b> <b>0,18</b>	0,53± 0,0	0,48± 0,0
4	40,32± 0,02	119,0± 0,04	85,09± 2,15	8,77± 0,14	2,76± 0,04	251,73± 6,03	4,22± 0,0	467,34± 8,23	0,04± 0,0	0,24± 0,0	0,53± 0,0
5	41,81± 0,01	132,69± 0,02	126,24± 0,02	17,98± 0,80	1,67± 0,01	250,40± 7,32	nd	528,98± 6,56	2,34± 0,02	0,42± 0,0	0,67± 0,0
6	41,84± 0,54	127,25± 3,43	88,25± 3,07	9,26± 0,52	0,33± 0,18	281,82± 4,33	nd	506,92± 5,04	0,36± 0,02	0,28± 0,0	0,82± 0,0
7	41,95± 0,08	89,36± 0,16	62,91± 0,11	9,76± 0,12	0,38± 0,0	245,06± 0,95	nd	407,47± 0,79	0,27± 0,01	0,16± 0,0	0,58± 0,0
8	40,70± 0,09	<b>215,53±</b> <b>2,29</b>	188,04± 2,55	15,03± 1,0	1,49± 0,01	141,62± 9,34	2,64± 0,0	561,71± 3,48	3,81± 0,01	0,52± 0,0	0,82± 0,0
9	40,39± 0,02	<b>165,20±</b> <b>1,79</b>	135,03± 0,05	7,50± 1,67	2,50± 0,03	96,71± 3,20	nd	406,94± 3,25	4,75± 0,04	0,13± 0,0	0,96± 0,0
10	40,59± 0,05	38,79± 1,80	34,68± 0,04	18,94± 0,67	0,13± 0,03	261,86± 2,57	1,05± 0,0	354,38± 4,97	1,99± 0,01	0,36± 0,0	0,82± 0,0
11	40,20± 0,02	117,49± 1,94	85,34± 6,51	10,75± 0,41	0,47± 0,01	224,31± 5,56	nd	438,36± 0,56	3,37± 0,03	0,39± 0,0	0,79± 0,0

Tabela 2, continuação

Amostras	Teor alcoólico <sup>1</sup>	Acidez volátil <sup>2</sup>	Ésteres <sup>2</sup>	Aldeídos <sup>2</sup>	Furfural <sup>2</sup>	Alcoóis superiores <sup>2</sup>	Metanol <sup>2</sup>	Congêneres <sup>2</sup>	Cobre <sup>3</sup>	Extrato seco <sup>4</sup>	Açúcares totais <sup>4</sup>
12	40,08± 0,00	148,05± 0,00	123,12± 1,09	13,00± 0,57	2,35± 0,27	178,95± 2,17	1,82± 0,0	465,48± 4,10	1,18± 0,01	0,36± 0,0	0,82± 0,14
13	40,28± 0,13	132,59± 0,43	66,14± 3,47	3,93± 1,11	0,55± 0,11	244,43± 14,49	2,73± 0,0	447,65± 17,38	4,84± 0,0	0,50± 0,0	0,82± 0,0
14	43,77± 0,15	64,40± 0,22	56,87± 1,19	10,09± 0,22	0,53± 0,01	238,19± 6,79	1,82± 0,0	370,08± 7,96	<b>6,69±</b> <b>0,02</b>	0,17± 0,0	0,74± 0,12
15	<b>37,47±</b> <b>0,07</b>	95,03± 0,16	64,10± 3,39	12,10± 0,02	0,56± 0,06	264,49± 6,55	0,91± 0,0	436,28± 3,41	1,31± 0,01	5,70± 0,0	0,86± 0,05
16	41,20± 0,01	50,41± 0,01	44,52± 2,11	13,48± 0,28	0,67± 0,13	226,46± 6,23	0,91± 0,0	335,53± 7,91	0,48± 0,03	5,28± 0,0	0,74± 0,07
17	45,09± 0,11	131,60± 0,32	100,72± 1,69	10,30± 0,23	0,28± 0,01	111,40± 2,97	nd	354,31± 1,39	3,79± 0,05	0,23± 0,0	0,82± 0,0

<sup>1</sup>(% v/v 20 °C) <sup>2</sup>(mg / 100 mL álcool anidro) <sup>3</sup>(mg / L) <sup>4</sup>(g / L) Congêneres = acidez volátil + ésteres + aldeídos + furfural + Alcoóis superiores.

nd = não detectado

Resultados em destaque se encontram fora dos padrões de identidade e qualidade de cachaça, regulamentada pela Instrução Normativa nº13, de 29 de junho de 2005.

#### 4.1.1 Exame organoléptico

Apenas as amostras 3 e 16 foram reprovadas quanto ao exame organoléptico, por conterem material estranho no conteúdo do produto e não apresentarem aparência característica de cachaça.

#### 4.1.2 Teor alcoólico

Para o teor alcoólico da cachaça foi observado um valor médio de 40,86% v/v de álcool etílico a 20 °C, permanecendo dentro dos limites legais que é de 38 a 48%, no entanto os valores variaram entre 37,47 a 45,09% v/v de álcool etílico a 20 °C.

Em amostras de cachaças artesanais, analisadas por Miranda, Dantas e Dell Corral (1992), produzidas nas cidades de Santo Amaro e Salvador, no Estado da Bahia, foram encontrados teores variando entre 37,66 a 38,60% v/v de álcool etílico a 20 °C.

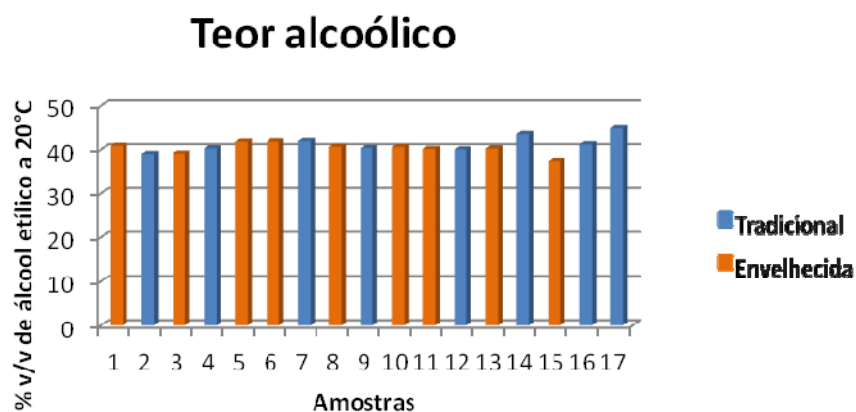


Gráfico 1 Histograma dos teores alcoólicos nas amostras de cachaça



Como pode-se perceber no Gráfico 1, a única amostra fora dos padrões estabelecidos pelo MAPA foi a 15, sendo esta uma cachaça envelhecida. Essa redução pode estar relacionada com a possibilidade de perda de álcool pelos poros da madeira do tonel, que pode ser influenciada pela temperatura e umidade do ar. Além disso, a redução da graduação alcoólica da bebida por ser influenciada pela reação do etanol com outras substâncias características da bebida, durante o período de envelhecimento, levando a formação de outros compostos. Vários componentes das aguardentes têm suas concentrações modificadas durante o envelhecimento, devido à evaporação parcial do etanol e da água, sendo comuns perdas de álcool em torno de 3 a 4% ao ano (MIRANDA; HORII; ALCARDE, 2006; PARAZZI et al., 2008).

De acordo com Silva et al. (2003 apud CANTÃO, 2006) uma das possíveis causas para uma cachaça ou aguardente com grau alcoólico abaixo do limite permitido é a prática de longas esperas do mosto antes da destilação. Este procedimento acarreta perdas por evaporação do álcool. Além disso, para cachaças obtidas por processos artesanais, o alambiqueiro precisa ser bem treinado e se preocupar principalmente com a execução da destilação. Isto se faz necessário para que as frações (cabeça, coração e cauda) sejam obtidas conforme o padrão da bebida.

Trabalhos de Garbin, Bogusz Júnior e Montano (2005), mostram que a redução do teor alcoólico também pode ocorrer por uma provável adição acentuada de água ao destilado, no momento da padronização da cachaça, visando um melhor rendimento do produto.

Analisando várias amostras de cachaças do Estado de Minas Gerais, Labanca et al. (2006), observaram que apenas 79% das amostras estudadas atenderam à legislação vigente quanto ao teor alcoólico, dados que corroboram com aqueles encontrados neste trabalho.

### 4.1.3 Acidez volátil

Para acidez volátil, o limite estabelecido pela legislação para bebida alcoólica é de 150,0 mg de ácido acético / 100 mL de álcool anidro e o valor médio encontrado foi de 110,55 mg / 100 mL para as amostras analisadas. No entanto, duas amostras tiveram seus valores acima do permitido na legislação, sendo que a amostra 8 é envelhecida e a amostra 9 é tradicional, com valores de 215,53 e 165,20 mg / 100 mL, respectivamente, conforme o Gráfico 2.

Borges (2011), analisando cachaças produzidas na Bahia, encontrou 27,27% das amostras com teores de acidez volátil superior ao limite legal, com valores variando entre 64,1 e 210,775 mg de ácido acético / 100 mL álcool anidro.

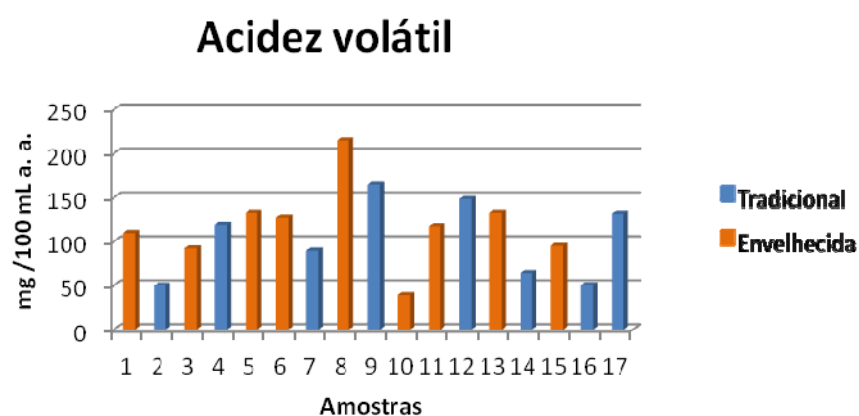


Gráfico 2 Histograma dos teores de acidez volátil nas amostras de cachaça

Segundo Litchev (1989) e Reazin (1981), o aumento da acidez volátil da aguardente envelhecida se deve à reação de oxidação do etanol, a qual contribui

para a formação do acetaldeído, o qual, por sua vez, conduz à formação de ácido acético.

Além disso, alguns compostos oriundos da madeira, tais como ácidos orgânicos não voláteis, componentes secundários, taninos e compostos fenólicos, favorecem o aumento da acidez da aguardente em envelhecimento. Isso não desqualifica o produto no aspecto sensorial pelo conjunto agradável que forma com outros componentes, por tanto a acidez volátil é um importante parâmetro correlacionado às características sensoriais de bebidas destiladas (BOZA; HORII, 1998; ALCARDE et al., 2010).

Bogusz Júnior e Ketzer (2006) acreditam que altos teores de acidez volátil revelam uma falta de conhecimentos técnicos por parte dos produtores destas amostras, podendo ser o caso da amostra 9 (tradicional). Para Cardoso (2006) a acidez volátil da cachaça depende de fatores como o adequado controle do tempo e da temperatura durante o processo fermentativo, tipo de levedura utilizada, manejo do mosto e, principalmente, higiene no processo de fabricação, sendo confirmado por Vilela et al. (2007) que afirmam que uma alta concentração de acidez volátil pode ser reflexo de uma má fermentação ou má higienização do alambique.

#### **4.1.4 Ésteres**

Os resultados obtidos para ésteres das amostras estão representados no Gráfico 3 e expressos em mg de acetato de etila / 100 mL de álcool anidro. O valor médio das amostras foi de 85,47 mg / 100 mL e nenhuma das amostras analisadas excederam o limite estabelecido pela legislação que é de 200,0 mg de ácido acético / 100 mL de álcool anidro.

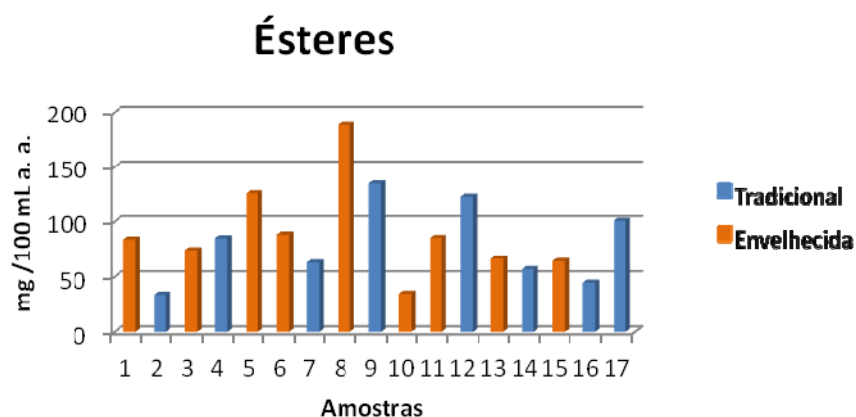


Gráfico 3 Histograma dos teores de ésteres nas amostras de cachaça

Segundo Parazzi et al. (2008), a principal origem dos ésteres está no metabolismo secundário intracelular das leveduras durante a fermentação alcoólica e a concentração final dos ésteres é dependente da concentração dos alcoóis e da acil-CoA produzidos pela levedura. Nóbrega (2003) afirma que a formação dos ésteres também ocorre durante a destilação e no envelhecimento via reação química direta entre ácidos e alcoóis, porém, em escala bem menor que a via enzimática. Em amostras de cachaças analisadas por Vilela et al. (2007), não foram encontradas concentrações de ésteres acima do limite permitido, sendo um resultado já esperado devido às amostras serem recém-destiladas.

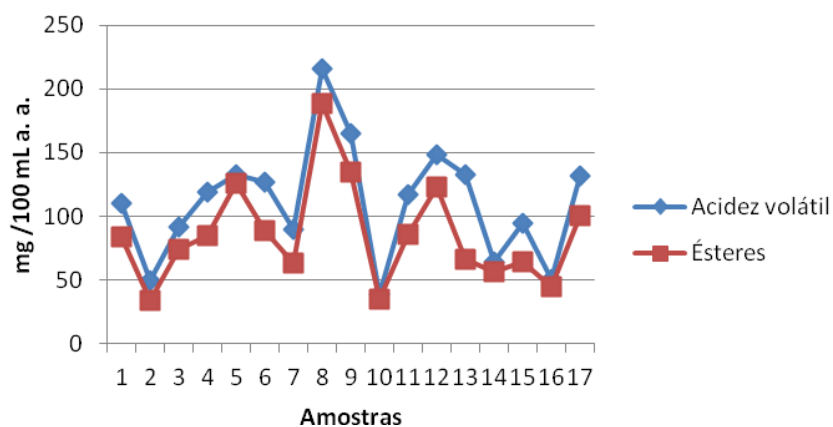


Gráfico 4 Histograma da relação entre os teores de acidez volátil e ésteres nas amostras de cachaça

Fazendo uma associação entre os valores de acidez volátil e ésteres das amostras analisadas, pode-se perceber, no Gráfico 4, uma tendência correlacionada entre os resultados. Essa correlação se deve à reação entre o ácido acético e o álcool etílico na formação do acetato de etila, o qual, segundo Parazzi et al. (2008) representa aproximadamente 80% de todos os ésteres da cachaça. Em baixas concentrações, proporciona um aroma agradável de frutas, porém, em grandes quantidades, confere à bebida um sabor enjoativo e indesejado.

#### 4.1.5 Aldeídos

Em relação à concentração dos aldeídos, encontrou-se um valor médio de 11,80 mg / 100 mL, sendo que o limite máximo permitido é de 30,0 mg de aldeído acético / 100 mL de álcool anidro na bebida. Nenhuma das amostras analisadas excedeu os limites de aldeídos, no entanto, observou-se pelos dados

descritos no Gráfico 5, que as amostras que apresentaram os maiores teores foram as amostras 1, 5, 8 e 10 com teores de 15,23, 17,98, 15,03 e 18,94 mg / 100 mL, respectivamente, sendo estas, cachaças envelhecidas.

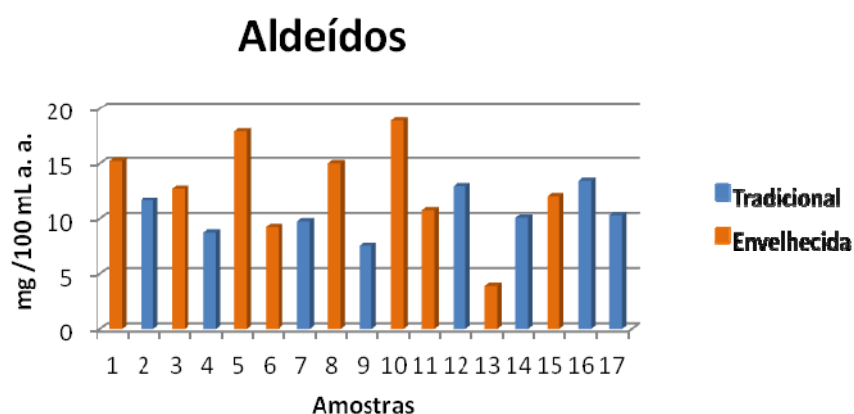


Gráfico 5 Histograma dos teores de aldeídos nas amostras de cachaça

Dentre os compostos narcóticos estão o formaldeído e o benzoaldeído. Estes compostos fazem parte da fração orgânica da bebida e sua produção pode ser influenciada pela cana-de-açúcar, pela fermentação, pelo método de destilação e pelo envelhecimento (CARDOSO, 2006; SIABALD et al., 2002).

Segundo Parazzi et al. (2008), teores de aldeídos aumentam em função do tempo para cachaças armazenadas em tonéis de madeira, onde pequenas variações nas concentrações foram observadas a partir dos 24 meses.

A lignina da madeira tem estreita relação com o desenvolvimento de aroma e sabor nos destilados envelhecidos, porque libera para a bebida ácidos e aldeídos aromáticos durante o período de envelhecimento, sendo que pequena fração é solúvel e, conseqüentemente, extraída durante o processo (SINGLETON, 1995).

Os aldeídos podem estar presentes no caldo de cana antes da fermentação, quando a colheita da cana-de-açúcar é precedida da queima de folhagem, que provoca a desidratação parcial de uma fração dos açúcares presentes. Aldeídos, também, podem ser resultados da ação das leveduras durante estágios preliminares no processo de fermentação. Grande parte da fração aldeídica presente no mosto é separada durante a destilação como produto da cachaça de cabeça (CARDOSO, 2006). De acordo com Vilela et al. (2007), o aldeído é um composto que diminui a qualidade da cachaça e, quando ingerido, interfere no sistema nervoso central, portanto é importante quantificá-lo, sendo que sua concentração deverá ser o mínimo possível.

#### 4.1.6 Furfural

Os teores de furfural nas amostras também não excederam os limites da legislação que é de 5,0 mg / 100 mL de álcool anidro, sendo observado um valor médio de 0,96 mg / 100 mL.

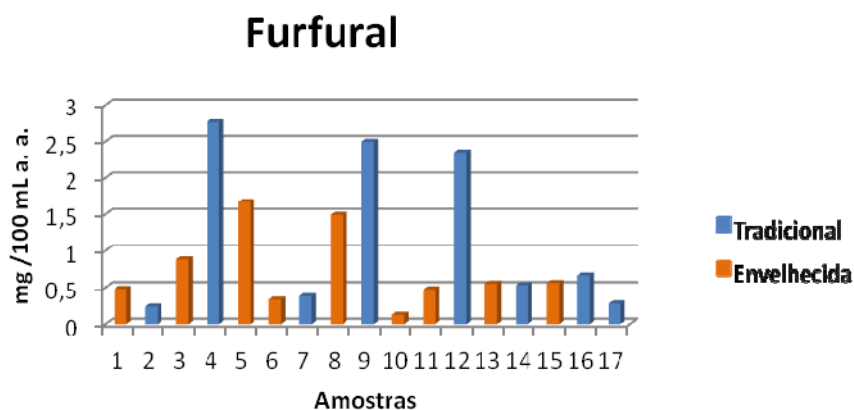


Gráfico 6 Histograma dos teores de furfural nas amostras de cachaça

Analisando os dados do Gráfico 6, percebe-se que as amostras 4, 9 e 12, se destacaram com os maiores teores de furfural com 2,76, 2,50 e 2,35 mg / 100 mL, respectivamente.

Masson et al. (2007) quantificaram o furfural em amostras de cachaças produzidas com cana queimada e não queimada e verificaram que a queima do palhico da cana-de-açúcar favorece a formação de furfural. Barcelos et al. (2007) atribuíram a formação do furfural em cachaças provenientes de cana-de-açúcar não queimada a falhas durante o processo fermentativo e, segundo Miranda, Horii e Alcarde (2006), a formação do furfural ocorre na etapa de destilação da bebida, apesar de outros autores citarem que esse composto pode ser oriundo das pentoses presentes na madeira do tonel.

#### **4.1.7 Alcoóis superiores**

A legislação estabelece um limite de 360,0 mg / 100 mL de álcool anidro para alcoóis superiores, sendo o somatório dos alcoóis isobutílico, isoamílico e propílico. As cachaças analisadas não ultrapassaram o limite para alcoóis superiores, apresentando um valor médio de 226,27 mg / 100 mL.

Segundo Vilela et al. (2007), a baixa concentração de alcoóis superiores pode estar relacionada com os cuidados no corte da cana, assim como no tempo de estocagem para a moagem e fermentação. Trabalhos de Sousa e Llistó (1978) descrevem que grandes quantidades de óleo fúsel (alcoóis superiores com 3 a 5 átomos de carbono) diminuem o valor comercial e a qualidade das cachaças e que o teor de alcoóis superiores, normalmente deve acompanhar proporcionalmente os ésteres em uma cachaça de boa qualidade.



## Álcoois superiores

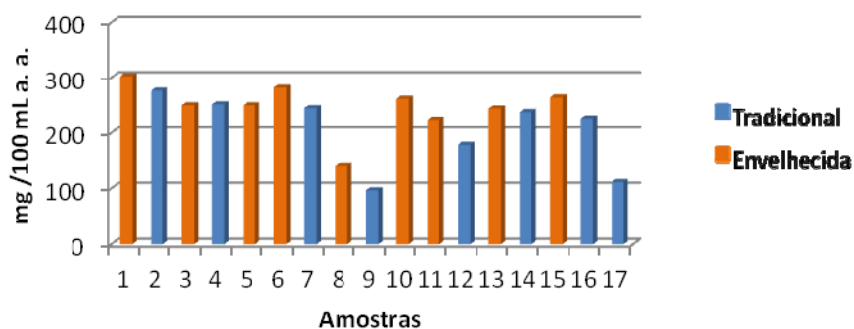


Gráfico 7 Histograma dos teores de álcoois superiores nas amostras de cachaça

De acordo com Léauté (1999 apud BARCELOS et al., 2007), os álcoois superiores são produtos metabólicos decorrente de crescimento de leveduras e aproveitamento de aminoácidos como fonte de nutrientes amoniacais. Depende grandemente das condições do meio de fermentação, da quantidade e viabilidade do inóculo, da temperatura, do teor alcoólico final do vinho, entre outros fatores. Dependendo do equipamento e do processo de destilação o teor do produto final pode variar bastante, tendendo a se acumular até oito vezes o teor do vinho.

### 4.1.8 Metanol

Em relação às análises do metanol, foi encontrado um valor médio de 1,47 mg / 100 mL, sendo que não foram detectados níveis de metanol em algumas amostras de cachaça. De acordo com a legislação, o teor máximo de metanol é de 20,0 mg / 100 mL de álcool anidro.

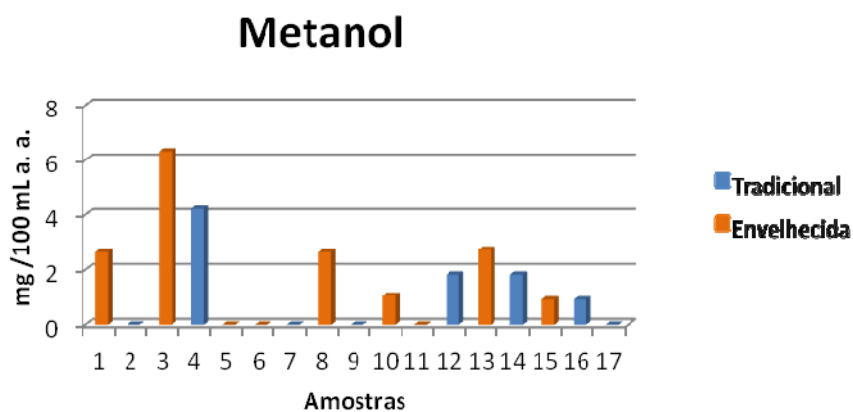


Gráfico 8 Histograma dos teores de metanol nas amostras de cachaça

A presença de metanol na bebida pode estar ligada a má filtragem do caldo, o que possibilita a presença de bagacilhos no processo fermentativo, que podem ser degradados a metanol (VILELA et al., 2007). Barcelos et al. (2007) afirmam que uma alta concentração de metanol é extremamente preocupante, já que este produto é bastante tóxico ao organismo, podendo causar morte por acidulose grave.

Para Machado (2010), o metanol é indesejável na cachaça, pelas características de toxicidade, mesmo em baixas concentrações. A origem desse álcool está associada à degradação da pectina, um polissacarídeo sempre presente na cana-de-açúcar, embora com baixos teores de ocorrência.

Bogusz Júnior e Ketzer (2006) não encontraram teores de metanol em amostras provenientes da região Noroeste do Rio Grande do Sul acima do permitido, assim como Vilela et al. (2007) também não encontraram amostras fora do padrão na região Sul de Minas Gerais.

#### 4.1.9 Congêneres

É a somatória dos valores de acidez volátil, ésteres, aldeídos, furfural e alcoóis superiores e, segundo a legislação, os limites mínimos e máximos para este parâmetro são 200,0 e 650,0 mg / 100 mL de álcool anidro. Observando o Gráfico 9, todas as amostras se encontram dentro dos padrões de identidade e qualidade para cachaça, com um valor médio de 435,05 mg / 100 mL.

Parazzi et al. (2008) observaram que os teores dos congenes de amostras de aguardentes aumentam com o tempo de armazenamento, devido principalmente à somatória dos componentes individuais.

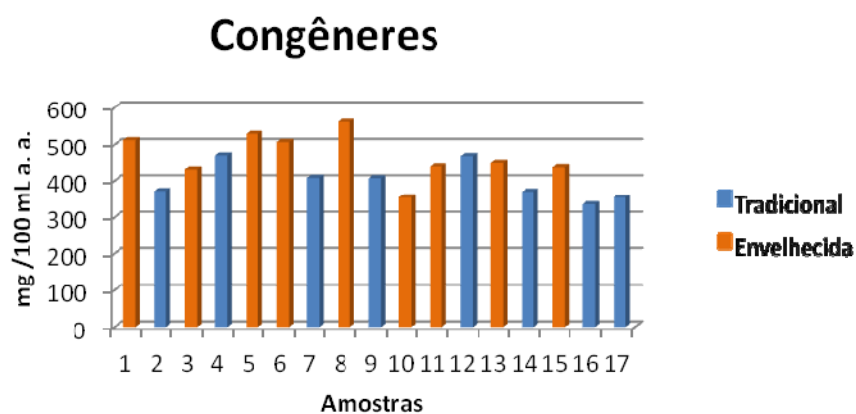


Gráfico 9 Histograma dos teores de congêneres nas amostras de cachaça

#### 4.1.10 Cobre

Foi encontrado um valor médio de 3,10 mg / L para as análises de cobre, sendo que seus valores variaram de 0,27 a 11,19 mg / L. Para a legislação brasileira, o limite máximo para teor de cobre é 5,0 mg / L, assim as amostras 3 e 14 excederam os limites permitidos com 6,69 e 11,19 mg / L, respectivamente (Gráfico 10). Para outros países o limite é de 2 mg / L de cobre nos destilados alcoólicos (AZEVEDO et al., 2003).

Resultado semelhante foi encontrado por Borges (2011), que analisou 11 amostras de cachaças produzidas na Bahia e evidenciou duas amostras com níveis acima do permitido pela legislação. Os resultados obtidos para os teores de cobre variaram entre 0,2 a 6,96 mg / L, sendo que os valores ultrapassados foram 6,86 e 6,96 47 mg / L.

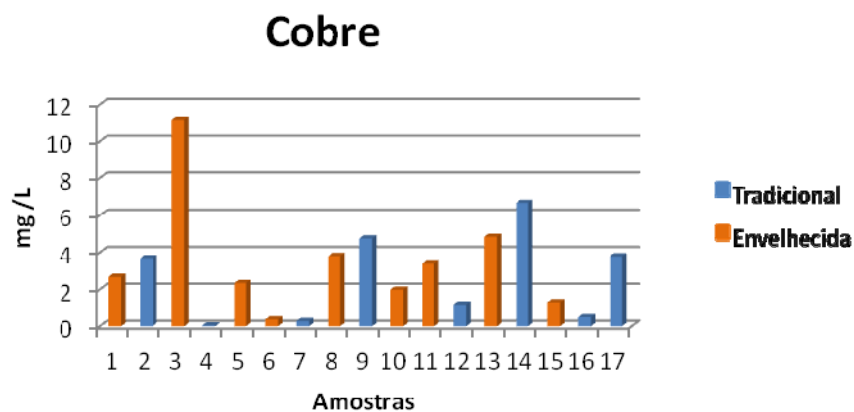


Gráfico 10 Histograma dos teores de cobre nas amostras de cachaça

A aguardente produzida em alambique de cobre apresenta melhor qualidade sensorial quando comparada à produção em alambique confeccionado

com outros materiais, como aço inox, alumínio e porcelana. A utilização de equipamentos de cobre nos alambiques é favorável por reduzir a acidez e os níveis de aldeídos e compostos sulfurosos, os quais conferem sabor e odor estranhos à bebida (CARDOSO et al., 2003).

A principal justificativa para altos teores de cobre em aguardentes pode estar relacionada à falta de higiene dos alambiques, sendo o cobre proveniente da dissolução do “azinhavre” (carbonato básico de cobre solúvel em ácido) que se forma no interior do alambique e, principalmente, nas partes internas da serpentina do condensador. Com assepsia adequada do aparelho, pode-se obter aguardente com um teor de cobre menor (AZEVEDO et al., 2003). Cardoso (2006) recomenda que a primeira destilação do dia deva ser feita adicionando-se suco de limão (ou ácido cítrico) à água na concentração de 5 L de suco para 100 L de água. Assim, esta removerá o azinhavre existente no interior da serpentina de condensação dos vapores do alambique. Vilela et al. (2007), analisando teores de cobre em cachaças da região Sul de Minas Gerais constataram que 66,66% das amostras estavam acima do limite permitido, 14,28% estavam em condições limites e somente 9,52% estavam abaixo do índice ideal para a exportação, sendo um resultado muito preocupante.

#### **4.1.11 Extrato seco**

Segundo a legislação brasileira, o limite máximo para extrato seco é de 6 g / L e, para a cachaças analisadas, foi encontrado um valor médio de 0,93 g / L. Uma atenção especial foi dada às amostras 15 e 16 que apresentaram os maiores níveis de extrato seco, sendo 5,7 e 5,28 g / L, respectivamente (Gráfico 11).

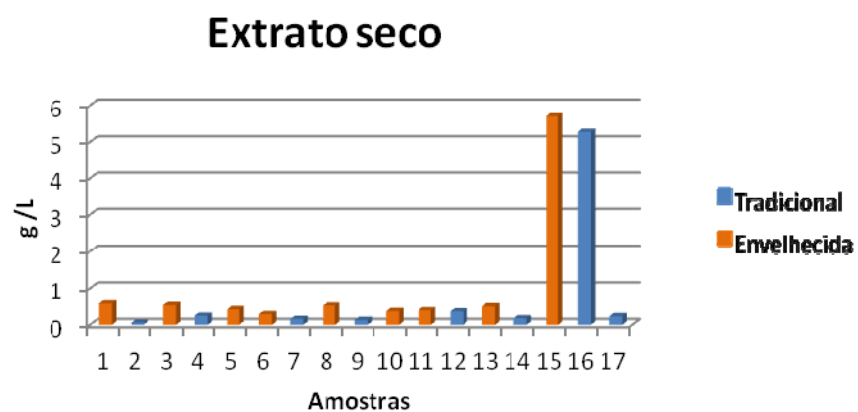


Gráfico 11 Histograma dos teores de extrato seco nas amostras de cachaça

#### 4.1.12 Açúcares totais

Situação semelhante ao extrato seco aconteceu para as análises dos açúcares totais. Segundo a legislação brasileira, o limite máximo também é de 6 g / L. Foram encontrados valores médios de 0,73 g / L, estando dentro dos limites legais.

## Açúcares totais

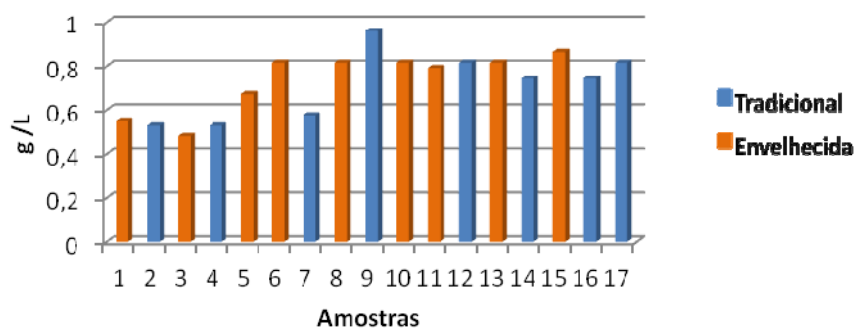


Gráfico 12 Histograma dos teores de açúcares totais nas amostras de cachaça

Fazendo uma correlação entre o extrato seco e os açúcares totais (Gráfico 13), pode-se perceber que as amostras 15 e 16 apresentaram uma disparidade muito grande. Portanto, as frações de extrato seco e dos açúcares totais dessas amostras podem ser justificadas com a presença de compostos extraídos da madeira, para cachaças envelhecidas, ou compostos indesejáveis e não analisados na cachaça nesse trabalho.

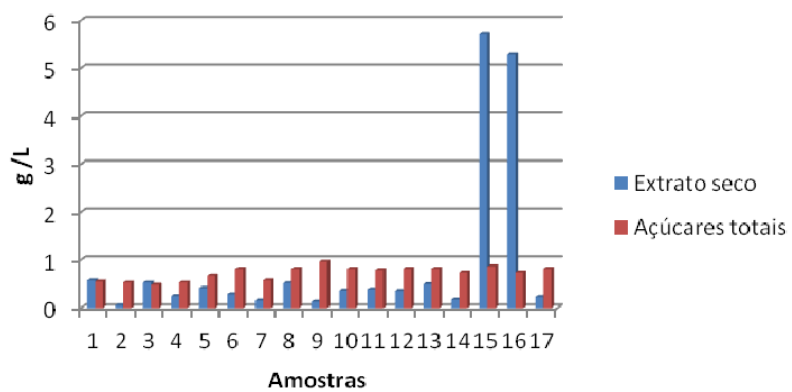


Gráfico 13 Histograma da relação entre os teores de extrato seco e açúcares totais nas amostras de cachaça



## **5 CONCLUSÕES**

A produção de cachaça artesanal na Bahia apresenta-se muito desenvolvida em termos de amostras registradas, com marcas disponíveis na linha Tradicional e Envelhecida.

Apenas 35,29% das amostras apresentaram-se fora dos padrões de qualidade nacional, sendo que 11,76% referem-se à acidez, cobre e organoléptico e 5,88% para teor alcoólico.

## REFERÊNCIAS

ABREU-LIMA, T. L.; MAIA, A. B. R. A.; OLIVEIRA, E. S. Efeitos sensoriais da adição de extratos de diferentes madeiras à cachaça. **B. CEPPA**, Curitiba, v.23, n. 2, p. 347-360, 2005.

ALCARDE, A. R.; SOUZA, P. A.; BELLUCO, A. E. S. Aspectos da composição química e aceitação sensorial da aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em tonéis de diferentes madeiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, p. 226-232, maio 2010. Supl. 1.

ANDRADE, L. A. B. Cultura da cana-de-açúcar. In: CARDOSO, M. G. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. p. 27-29.

AQUINO, F. W. B. et al. Determinação de marcadores de envelhecimento em cachaças. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 145-149, jan./mar. 2006.

ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS - APL de Cachaça e derivados da Bahia: governança, antecedentes, estratégia cachaça da Bahia; Bahia terá centro tecnológico de derivados da cana-de-açúcar ainda em 2009. 2007. Disponível em: <<http://internotes.fieb.org.br:8080/apl-cachaca/main/capa/default.jsp>>. Acesso em: 9 out. 2010.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DOS PRODUTORES DE CACHAÇA DE QUALIDADE. 2008. Disponível em: <<http://www.ampaq.com.br/>>. Acesso em: 17 fev. 2011.

AZEVÊDO, L. C. et al. Efeito da presença e concentração de compostos carbonílicos na qualidade de vinhos. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 8, p. 1968-1975, nov. 2007.

AZEVEDO, S. M. et al. 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.

BADOLATO, E. S. G.; DURAN, M. C. Risco de intoxicação por metanol pela ingestão de bebidas alcoólicas. **Revista de Psiquiatria Clínica**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 90-92, 2000.

BAHIA (Estado). Secretaria de Ciência Tecnologia e Inovação. **Plano de desenvolvimento do APL de derivados de cana de açúcar**. 2008. Disponível em: <[http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1247146507.pdf](http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1247146507.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2010.

BAHIA (Estado). Secretaria de Ciência Tecnologia e Inovação. **Plano de melhoria da competitividade de arranjos produtivos locais: arranjos produtivos locais**. 2009. Disponível em: <[http://www.markestrat.org/pmc/pdfs/2RelatorioPMC\\_SebraeBahia2009.pdf](http://www.markestrat.org/pmc/pdfs/2RelatorioPMC_SebraeBahia2009.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2010.

BAHIA WS. **Mapa da Bahia**: mapa das regiões turísticas da Bahia. 2011. Disponível em: <<http://www.bahia.ws/mapa-bahia/3127-mapa-turismo-bahia.html>>. Acesso em: 20 fev. 2011.

BARBOSA, J. C.; MALHEIROS E. B.; BANZATTO D. A. **ESTAT**: um sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos: versão 2.0. Jaboticabal: UNESP, 1992.

BARCELOS, L.V. F. et al. Teores de carbamato de etila e outros componentes secundários em diferentes cachaças produzidas em três regiões do estado de Minas Gerais: Zona da Mata, Sul de Minas e Vale do Jequitinhonha. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 4, p.1009-1011, jul./ago. 2007.

BOGUSZ JÚNIOR, S.; KETZER, D. C. M. Composição química da cachaça produzida na região noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. v. 26, n. 4, p. 793-798, out./dez. 2006.

BORGES, C. A. **Avaliação da qualidade de cachaças do estado da Bahia**. 2011. 65 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

BOZA, Y.; HORII, J. Influência da destilação sobre a composição e a qualidade sensorial da aguardente de cana de açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 391-396, out./dez. 1998.

BRASIL. Decreto nº 6.871 de 4 de junho de 2009. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 4 jun. 2009. Seção 1, p. 20.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana e para cachaça. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 30 jun. 2005a. Seção 1, p. 3.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005. Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagres. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 20 set. 2005b. Seção 1, p. 11.

CANTÃO, F. O. **Análise físico-química e avaliação da presença do cobre em aguardente de cana por aluminossilicatos**. 2006. 62 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA, J. B. Análise da aceitação de aguardentes de cana por testes afetivos e mapa de preferência interno. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 32-36, abr. 2000.

CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA, J. 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, maio/jul. 1998.

CARDOSO, D. R. et al. 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, mar./abr. 2003.

CARDOSO, M. G. Análises físico-químicas de aguardente. In: \_\_\_\_\_. **Produção de aguardente de cana**. 2 ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. p. 203-232.

DATO, M. C. F.; PIZAURO JÚNIOR, J. M.; MUTTON, M. J. R. Análise dos componentes secundários produzidos por *Saccharomyces cerevisiae* e leveduras selvagens durante a produção de cachaça. **Brazilian Journal Microbiology**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 70, jan./mar. 2005.

DIAS, S. M. B. C.; MAIA, A. B. R. A.; NELSON, D. L. Utilização de madeiras nativas no envelhecimento da cachaça de alambique. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 46-51, 2002.

DIAS, S. M. B. C. O processo da destilação. In: CARDOSO, M. G. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. p. 138.

DUARTE, F. C. **Análise das mudanças físico-químicas e sensoriais de cachaças envelhecidas submetidas à filtração com carvão de um filtro comercial**. 2009. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

DUARTE, R. B. A. (Org.). **Histórias de sucesso: experiências empreendedoras**. Brasília: Sebrae, 2004. 292 p. v. 2.

GARBIN, R.; BOGUSZ JÚNIOR, S.; MONTANO, M. A. Níveis de cobre em amostra de cachaça produzidas na região noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 1436-1440, nov./dez. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Lavoura temporária 2008**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ba&tema=lavouratemporaria2008>>. Acesso em: 10 out. 2010.

LABANCA, R. A. et al. 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, jun. 2006.

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

LIMA, U. A. (Ed.). **Biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: E. Blucher, 2001. v. 4, 523 p.

LITCHEV, V. Influence of oxidation process on the development of the taste and flavor of wine distillates. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 40, n. 1, p. 31-35, 1989.

MACHADO, A. M. R. **Carbamato de etila, acroleína e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos: caracterização e quantificação em cachaças provenientes de cana-de-açúcar com adubação nitrogenada e acondicionadas em vidros e “bombonas” de Pead**. 2010. 269 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

MASSON, J. **Determinação dos teores de carbamato de etila e de acroleína em aguardentes de cana produzidas em Minas Gerais**. 2009. 95 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

MASSON, J. et al. Parâmetros físico-químicos e cromatográficos de aguardentes de cana queimada e não queimada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1805-1810, nov./dez. 2007.

MIRANDA, M. B.; HORII, J.; ALCARDE, A. R. Estudo do efeito da irradiação gamma ( $^{60}\text{Co}$ ) na qualidade da cachaça e no tonel de envelhecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 772-778, out./dez. 2006.

MIRANDA, M. P.; DANTAS, V. P.; DELL CORRAL, F. S. D. Grau alcoólico e níveis de metanol em aguardentes do comércio (no Estado da Bahia). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 104-107, 1992.

MORI, F. A. et al. Influência da qualidade da madeira no envelhecimento da aguardente. In: CARDOSO, M. G. **Produção de aguardente de cana**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. p. 243-270.

NASCIMENTO, R. F. et al. Qualitative and quantitative high-performance liquid chromatographic analysis of aldehydes in Brazilian sugar cane spirits and other distilled alcoholic beverages. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, n. 782, p. 13-23, 1997.

NÓBREGA, I. C. C. Análise de compostos voláteis da aguardente de cana por concentração dinâmica do "Headspace" e comatografia gasosa-espectrometria de massas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 210-216, maio/ago. 2003.

NYKÄNEN, L. Formation and occurrence of flavor compounds in wine and distilled alcoholic beverages. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 37, n. 1, p. 84-96, 1986.

PARAZZI, C. et al. Avaliação e caracterização dos principais compostos químicos da aguardente de cana de açúcar envelhecida em tonéis de carvalho

(*Quercus sp.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 193-199, jan./mar. 2008.

PEREIRA, N. E. et al. Compostos secundários em cachaças produzidas no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1068-1075, set./out. 2003.

PIGOTT, J. R. (Ed.). Distilled beverage flavour. Weinheim: VCA, 1989.

REAZIN, G. H. Chemical mechanisms in whiskey maturation. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 32, n. 4, p. 283-289, 1981.

ROSE, A. H.; HARRISON, J. S. (Ed.). **The Yeasts**. London: Academic, 1970.

SCHWAN, R. F.; CASTRO, H. A. Fermentação. In CARDOSO, M. G. (Ed.). **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. Lavras: UFLA, 2001. p. 113-127.

SCHWAN, R. F. et al. Fermentação. In: CARDOSO, M. G. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. p. 102-103.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cachaça artesanal**. Relatório Completo. 2008. (Série Mercado). Disponível em: <[http://201.2.114.147/bds/BDS.nsf/32D45A5E7EE50293832574DC004574B0/\\$File/NT0003905A.pdf](http://201.2.114.147/bds/BDS.nsf/32D45A5E7EE50293832574DC004574B0/$File/NT0003905A.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2010.

SIABALD, H. G. L. et al. Alguns aspectos toxicológicos da cachaça. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 59-62, 2002.

SINGLETON, V. L. Maturation of wines and spirits: comparison, facts and hypotheses. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 46, n.1, p. 98-115, 1995.



SOARES, T. L.; SILVA, C. F.; SCHWAN, R. F. Acompanhamento do processo de fermentação para produção de cachaça através de métodos microbiológicos e físico-químicos com diferentes isolados de *Saccharomyces cerevisiae*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 184-187, jan./mar. 2011.

SOUSA, L. G.; LLISTÓ, A. M. S. M. Alguns componentes do coeficiente não álcool da aguardente de cana: determinação por cromatografia de fase gasosa. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, n. 3, p. 109, 1978.

VEIGA, J. F. Equipamentos para a produção e controle de operação da fábrica de cachaça. In: CARDOSO, M. G. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. p. 69-71.

VILELA, F. J. et al. Determinação das composições físico-químicas de cachaças do Sul de Minas Gerais e de suas misturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1089-1094, jul./ago. 2007.

WINDHOLTZ, M. (Ed.). **The merck index**. Rahway: Merck, 1976.

ZACARONI, L. M. **Compostos fenólicos e cumarinas: certificação de um método analítico para caracterização e quantificação em aguardentes de cana envelhecidas em barris de diferentes espécies de madeira**. 2009. 138 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

**ANEXOS**

## ANEXO A Reações referentes aos parâmetros físico-químicos

### 1 Ésteres

A quantificação dos ésteres é feita a partir da hidrólise alcalina destes, presentes na cachaça, seguida da titulação dos ácidos liberados com solução padronizada de hidróxido de sódio, demonstrado na Figura 1A.

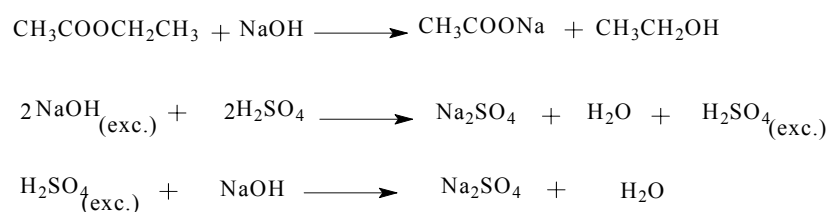


Figura 1A Reações envolvidas na análise de ésteres

### 2 Aldeídos

O método baseia-se na reação de adição, com ataque nucleofílico do íon bissulfito à carbonila do aldeído seguido da ligação do próton ao oxigênio carbonílico. Por se tratar de uma reação reversível em meio ácido e em meio alcalino, trabalha-se inicialmente com solução tamponante a pH neutro. O bissulfito em excesso reage com iodo, em meio fortemente ácido (pH 2,0), para impedir a dissociação dos compostos aldeído-bissulfito, que é estável neste pH. Finalmente, o bissulfito que está combinado com o aldeído é liberado em meio alcalino (pH 9,0), sendo titulado com a solução de iodo (Figura 2A).

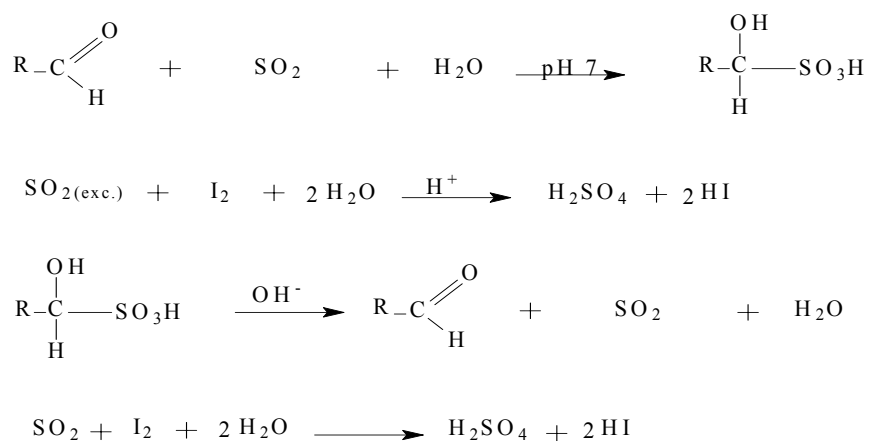


Figura 2A Reações envolvidas na análise de aldeídos

### 3 Furfural

A determinação do furfural baseia-se na reação entre aminas e aldeídos ou cetonas formando um composto denominado imina. A imina formada entre furfural e anilina, em meio ácido, absorve em 520 nm, como demonstrado na Figura 3A. A quantificação de furfural é feita por meio da curva analítica do padrão.

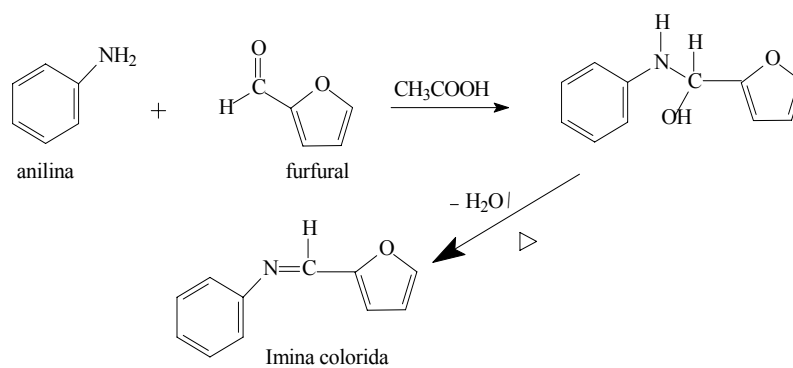


Figura 3A Reações envolvidas na análise de furfural

#### 4 Alcoóis superiores

Um dos métodos oficiais de determinação de alcoóis superiores em bebidas envolve a reação prévia, em meio ácido, entre o p-dimetilaminobenzaldeído e os alcoóis superiores presentes, formando um composto colorido em absorve a 540 nm, conforme representado na Figura 4A. Nesta reação os alcoóis reagem por adição à carbonila do aldeído, em meio ácido com formação de acetais. A quantificação é baseada na curva analítica construída com uma solução de álcool isoamílico.

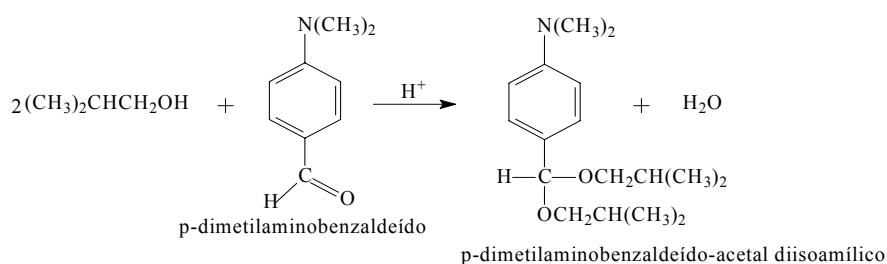


Figura 4A Reações envolvidas na análise de alcoóis superiores

#### 5 Metanol

O método espectrofotométrico do ácido cromotrópico em meio de ácido sulfúrico concentrado se destaca no contexto analítico por apresentar grande sensibilidade e alta seletividade. Nesse método, o metanol oxida o formaldeído, que reage com o ácido cromotrópico em meio sulfúrico concentrado, produzindo um composto colorido (dibenzoxantílica monocatiônica) que tem seu máximo de absorção a 575 nm. A quantificação é realizada por construção de curva analítica (Figura 5A).

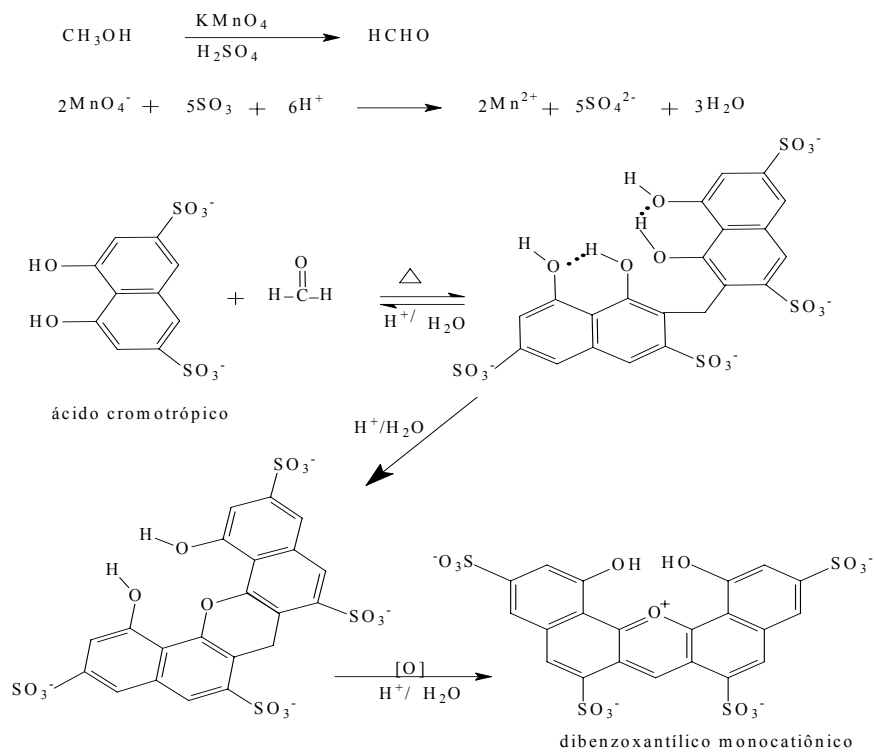


Figura 5A Reações envolvidas na análise de metanol

## 6 Cobre

A análise de cobre ocorre após redução do  $\text{Cu}^{2+}$  presente na bebida a  $\text{Cu}^{1+}$  formando posteriormente um complexo colorido com a solução de 2,2 diquinolilo em álcool isoamílico (Figura 6A). As leituras são realizadas em espectrofotômetro a 546 nm.

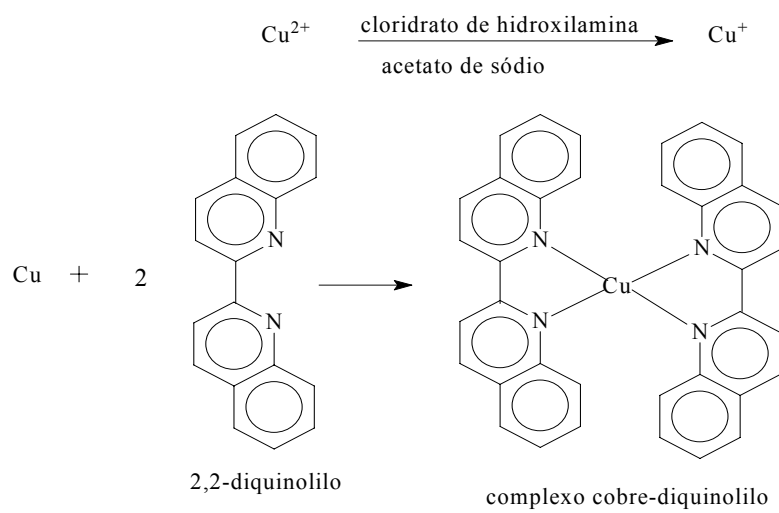


Figura 6A Rea\u00e7\u00f5es envolvidas na an\u00e1lise de cobre

**ANEXO B Tabelas**

Tabela 1B Análise de variância para os valores observados para teor alcoólico.

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	16	148.5903	9.2869	424.14 **
Resíduo	34	0.7445	0.0219	
Total	50	149.3348		

Desvio padrão = 0.1480 Erro padrão da média = 0.0854  
 Média geral = 40.8626 Coeficiente de variação = 0.36

Tabela 2B Valores médios para teor alcoólico.

Tratamento	Média	
1	40.8950	de
2	39.0200	i
3	39.1000	i
4	40.3150	fgh
5	41.8050	c
6	41.8400	c
7	41.9450	c
8	40.6950	ef
9	40.3850	fgh
10	40.5850	efg
11	40.1950	gh
12	40.0800	h
13	40.2800	fgh
14	43.7700	b
15	37.4650	j
16	41.2000	d
17	45.0900	a

As médias na mesma linha seguidas de mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância



Tabela 3B Análise de variância para os valores observados para acidez volátil.

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	16	98500.9078	6156.3067	3777.73 **
Resíduo	34	55.4075	1.6296	
Total	50	98556.3153		

Desvio padrão = 1.2766 Erro padrão da média = 0.7370  
Média geral = 110.5504 Coeficiente de variação = 1.15

Tabela 4B Valores médios para acidez volátil.

Tratamento	Média	
1	109.9831	g
2	49.9495	k
3	92.0256	hi
4	119.0029	f
5	132.6929	d
6	127.2512	e
7	89.3584	i
8	215.5254	a
9	165.2008	b
10	38.7860	l
11	117.4944	f
12	148.0539	c
13	132.5883	d
14	64.3976	j
15	95.0330	h
16	50.4102	k
17	131.6042	d

As médias na mesma linha seguidas de mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 5B Análise de variância para os valores observados para ésteres.

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	16	76525.4609	4782.8413	731.28 **
Resíduo	34	222.3713	6.5403	
Total	50	76747.8323		

Desvio padrão = 2.5574 Erro padrão da média = 1.4765

Média geral = 85.4696 Coeficiente de variação = 2.99

Tabela 6B Valores médios para ésteres.

Tratamento	Média	
1	83.8775	e
2	33.8160	j
3	74.2357	f
4	85.0862	e
5	126.2375	c
6	88.2528	e
7	62.9083	gh
8	188.0425	a
9	135.0321	b
10	34.6753	j
11	85.3370	e
12	123.1215	c
13	66.1450	g
14	56.8739	h
15	64.1033	gh
16	44.5174	i
17	100.7206	d

As médias na mesma linha seguidas de mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 7B Análise de variância para os valores observados para aldeídos.

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	16	669.0974	41.8186	99.60 **
Resíduo	34	14.2749	0.4198	
Total	50	683.3723		

Desvio padrão = 0.6480 Erro padrão da média = 0.3741

Média geral = 11.7960 Coeficiente de variação = 5.49

Tabela 8B Valores médios para aldeídos.

Tratamento	Média	
1	15.2269	b
2	11.6453	cde
3	12.7697	c
4	8.7667	gh
5	17.9820	a
6	9.2584	fgh
7	9.7633	efg
8	15.0283	b
9	7.5019	h
10	18.9365	a
11	10.7466	def
12	13.0035	c
13	3.9343	i
14	10.0945	efg
15	12.0967	cd
16	13.4751	bc
17	10.3017	defg

As médias na mesma linha seguidas de mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 9B Análise de variância para os valores observados para furfural.

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	16	35.3857	2.2116	245.61 **
Resíduo	34	0.3062	0.0090	
Total	50	378.1360		

Desvio padrão = 0.0949                      Erro padrão da média = 0. 0548  
Média geral = 0.9573                      Coeficiente de variação = 9.91

Tabela 10B Valores médios para furfural.

Tratamento	Média	
1	0.4807	efg
2	0.2388	gh
3	0.8820	d
4	2.7594	a
5	1.6714	c
6	0.3318	fgh
7	0.3796	efgh
8	1.4918	c
9	2.4960	ab
10	0.1274	h
11	0.4749	efg
12	2.3507	b
13	0.5521	ef
14	0.5319	ef
15	0.5609	ef
16	0.6658	de
17	0.2789	fgh

As médias na mesma linha seguidas de mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 11B Análise de variância para os valores observados para alcoóis superiores.

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	16	168483.6363	10530.2273	195.99 **
Resíduo	34	1826.7491	53.7279	
Total	50	170310.3853		

Desvio padrão = 7.3299 Erro padrão da média = 4.2319

Média geral = 226.2726 Coeficiente de variação = 3.24

Tabela 12B Valores médios para alcoóis superiores.

Tratamento	Média	
1	302.4684	a
2	276.4600	b
3	250.2825	cd
4	251.7288	cd
5	250.4003	cd
6	281.8232	ab
7	245.0622	cde
8	141.6172	g
9	96.7059	h
10	261.8587	bc
11	224.3120	e
12	178.9474	f
13	244.4272	cde
14	238.1862	de
15	264.4896	bc
16	226.4618	e
17	111.4029	h

As médias na mesma linha seguidas de mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 13B Análise de variância para os valores observados para metanol.

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	16	154.7507	9.6719	2.49 *
Resíduo	34	132.2215	3.8889	
Total	50	286.9721		

Desvio padrão = 1.9720 Erro padrão da média = 1.1385

Média geral = 1.4739

Coeficiente de variação = 133.80

Tabela 14B Valores médios para metanol.

Tratamento	Média	
1	2.6352	ab
2	0.0000	b
3	6.3245	a
4	4.2164	ab
5	0.0000	b
6	0.0000	b
7	0.0000	b
8	2.6352	ab
9	0.0000	b
10	1.0541	ab
11	0.0000	b
12	1.8200	ab
13	2.7301	ab
14	1.8200	ab
15	0.9100	ab
16	0.9100	ab
17	0.0000	b

As médias na mesma linha seguidas de mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 15B Análise de variância para os valores observados para congêneres.

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	16	212351.2329	13271.9521	205.27 **
Resíduo	34	2198.2540	64.6545	
Total	50	214549.4869		

Desvio padrão = 8.0408 Erro padrão da média = 4.6424

Média geral = 435.0459 Coeficiente de variação = 1.85

Tabela 16B Valores médios para congêneres.

Tratamento	Média	
1	512.0366	b
2	372.1097	f
3	430.1955	de
4	467.3440	c
5	528.9840	b
6	506.9174	b
7	407.4718	e
8	561.7051	a
9	406.9369	e
10	354.3840	fg
11	438.3649	d
12	465.4770	c
13	447.6470	cd
14	370.0841	f
15	436.2834	d
16	335.5304	g
17	354.3085	fg

As médias na mesma linha seguidas de mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 17B Análise de variância para os valores observados para cobre

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	16	378.0431	23.6277	8654.66 **
Resíduo	34	0.0928	0.0027	
Total	50	378.1360		

Desvio padrão = 0.0522      Erro padrão da média = 0.0302  
Média geral = 3.1029      Coeficiente de variação = 1.68

Tabela 18B Valores médios para cobre

Tratamento	Média	
1	2.6660	f
2	3.6898	d
3	11.1863	a
4	0.0412	l
5	2.3431	g
6	0.3642	jk
7	0.2680	k
8	3.8066	d
9	4.7549	c
10	1.9858	h
11	3.3669	e
12	1.1818	i
13	4.8373	c
14	6.6857	b
15	1.3055	i
16	0.4810	j
17	3.7860	d

As médias na mesma linha seguidas de mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância



Tabela 19B Análise de variância para os valores observados para extrato seco

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	16	142.3634	8.8977	0.0 **
Resíduo	34	0.0	0.0	
Total	50	142.3634		

Desvio padrão = 0.0                      Erro padrão da média = 0.0  
Média geral = 0.9344                      Coeficiente de variação = 0.0

Tabela 20B Valores médios para extrato seco

Tratamento	Média	
1	0.5720	c
2	0.0560	q
3	0.5280	d
4	0.2440	l
5	0.4160	g
6	0.2840	k
7	0.1560	o
8	0.5160	e
9	0.1280	p
10	0.3640	i
11	0.3880	h
12	0.3600	j
13	0.4960	f
14	0.1720	n
15	5.7000	a
16	5.2760	b
17	0.2280	m

As médias na mesma linha seguidas de mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 21B Análise de variância para os valores observados para açúcares totais

CV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	16	0.9661	0.0604	21.21 **
Resíduo	34	0.0968	0.0028	
Total	50	1.0628		

Desvio padrão = 0.0533 Erro padrão da média = 0.0308

Média geral = 0.7256

Coeficiente de variação = 7.35

Tabela 22B Valores médios para açúcares totais

Tratamento	Média	
1	0.5520	de
2	0.5280	de
3	0.4800	e
4	0.5280	de
5	0.6720	cd
6	0.8160	abc
7	0.5760	de
8	0.8160	abc
9	0.9600	a
10	0.8160	abc
11	0.7920	bc
12	0.8160	abc
13	0.8160	abc
14	0.7440	bc
15	0.8640	ab
16	0.7440	bc
17	0.8160	abc

As médias na mesma linha seguidas de mesma letra são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância