



Universidade Federal de São João Del Rei
Engenharia de Bioprocessos

Produção de cachaça e a análise dos seus componentes

Loreny Araújo Rodrigues

Orientador(a) : Bruna Mara Aparecida de Carvalho

Ouro Branco

Agosto/2013



Produção de cachaça e a análise dos seus componentes

Loreny Araújo Rodrigues

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao como requisito parcial às exigências do curso de Bacharelado em Engenharia de Bioprocessos do Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos da Universidade Federal de São João Del Rei.

Orientador(a): Bruna Mara Aparecida de Carvalho

Ouro Branco

Agosto /2013

Universidade Federal de São João Del Rei
Curso de Engenharia de Bioprocessos

Produção de cachaça e a análise dos seus componentes

Loreny Araújo Rodrigues

A Banca Examinadora, composta pelos membros abaixo, avaliou este TCC:

Bruna Mara Aparecida de Carvalho

Nome 1- Orientador

Ênio Nazaré de Oliveira Júnior

Nome 2 – Examinador 1

Edson Romano Nucci

Nome 3 – Examinador 2

Ouro Branco, 20/08/2013

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	2
LISTA DE FIGURAS	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. Histórico da cachaça	7
2.2. Legislação	8
2.3. Produção da cachaça	9
2.3.1. Matéria prima	9
2.3.2. Moagem da cana	11
2.3.3. Correção do mosto	12
2.3.4. Processo fermentativo	12
2.3.5. Destilação do vinho	15
2.4. Processo de envelhecimento	17
2.4.1. Desenvolvimento da cor e aroma	18
2.4.2. Mecanismo de envelhecimento	18
2.5. Parâmetros para análise e controle	18
2.5.1. Teor de álcool do destilado	21
2.5.2. Teor de álcool no vinho	22
2.5.3. Brix	22
2.5.4. Acidez da cachaça	24
2.5.5. Cobre	25
2.5.6. Álcoois superiores	26
2.5.7. Metanol	26
2.5.8. Aldeídos	27
2.5.8.1. Furfural e Hidroximetil furfural	28
3. ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS	28
3.1. Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)	28
3.2. Cromatografia Gasosa	30
4. CONCLUSÃO	33
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Componentes voláteis (não alcoólicos) permitidos na cachaça e seus respectivos limites. 9

Tabela 2 – Classificação Taxonómica de *Saccharomyces cerevisiae*. 11

Tabela 3 – Laudo com informações das análises de cachaça. Modelo utilizado pelo LABM. 19

Tabela 4 – Componentes analisados por cromatografia gasosa e seus valores padrões de retenção e área. 32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Catabolismo em leveduras.	14
Figura 2 – Esquema do processo de fermentação.	15
Figura 3 – Alcoômetro utilizado para medida do teor alcoólico.	21
Figura 4 – Medida do teor alcoólico em laboratório.	21
Figura 5 – Ebuliometro	22
Figura 6 – Análise do teor de brix no laboratório.	23
Figura 7 – Representação da tabela de correção de sacarímetro de brix a 20°C.	24
Figura 8 – Componentes de cromatógrafo líquido de alta eficiência.	29
Figura 9 – Gráfico encontrado para curva padrão de cumarina.	30
Figura 10 – Padrão cromatográfico para análises de cachaças.	31
Figura 11 – Picos obtidos durante a análise de cachaça envelhecida em toneis de amburana.	32

RESUMO

A cachaça é uma bebida tipicamente brasileira, muito ligada à história do país. Seu consumo se iniciou com escravos, mas se difundiu e hoje é encontrada em mesas nas casas de todos brasileiros, independente da classe e nível social. Para melhores resultados sensoriais no produto é feito o envelhecimento das cachaças em barris de madeira. Essa técnica agrega sabor e aroma à cachaça, aumentando sua qualidade e a competição no mercado. Além de melhorar a qualidade do produto, uma preocupação do produtor é manter sua cachaça padronizada e dentro da legislação brasileira, por isso o produto passa por diversas análises durante e após o processo de produção. O presente trabalho visa discutir a produção da cachaça, desde a matéria prima até o processo de envelhecimento, e alguns parâmetros que devem ser controlados e as análises por trás destes.

ABSTRACT

The cachaça is a typically brasilian drink, closely linked to the history of the country. His consumption began with the slaves, but nowadays you can find it on every brazilian table. Chasing better results on the flavor of the product, a technique of letting cachaça maturing on wooden barrels is done. This technique increases the quality of the product and the competition of the market. Besides increasing the quality of the product, the worry of the producer is to keep his cachaça standardized and following the brazilian laws. Thats why it goes through different analyses during and after the production process. This paper addresses the production of cachaça, from the raw material to maturation process, and some parameters that should be controlled and their analysis made.

1. INTRODUÇÃO

A cachaça é uma bebida que historicamente ocupa posição de destaque no cenário sócio econômico do país e se tornou em 2001 bebida exclusivamente e genuinamente brasileira. Expressões como “cachaça”, “Brasil”, e “cachaça do Brasil” são utilizadas como indicações geográficas de uso restrito aos produtores estabelecidos no país (ESPINOZA, 2006).

Segundo a instrução normativa nº 13, a aguardente de cana pode ter teor alcoólico entre 38° e 54° GL, já a cachaça tem grau alcoólico entre 38° e 48°GL, não podendo sair dessa faixa, ou então perde sua identidade. A cachaça é o produto final das seguintes etapas: preparo do caldo de cana, que visa a colheita da matéria prima, a moagem dos colmos de cana e correção do mosto; propagação do fermento, que é a etapa de crescimento e desenvolvimento do fermento inoculado ou selvagem; fermentação, etapa onde o etanol será formado como produto principal; destilação, processo em que o vinho tem seu teor alcoólico concentrado e é retirado alguns compostos secundários indesejáveis (MAIA; CAMPELO, 2005).

Após a etapa de destilação a cachaça pode ser envasada e consumida ou pode passar por uma serie de procedimentos para apurar sua qualidade. Pode-se envelhecer a cachaça em toneis de madeira; misturar cachaças maturadas em diferentes toneis, gerando características sensoriais diferentes; ajustar o teor alcoólico; filtra-la; entre outros (MAIA; CAMPELO, 2005).

Entre as bebidas alcoólicas destiladas mais consumidas no Brasil, a aguardente de cana e a cachaça estão entre as mais consumidas. Envelhece-las em barris de madeira se tornou uma necessidade para melhorar sua qualidade e tornar o mercado mais competitivo (DIAS,1997).

A qualidade de cachaças de alambique é consequência de diversos cuidados e controles específicos adotados em todas as etapas do processo de produção, desde a seleção e colheita da cana, até o engarrafamento e rotulagem do produto (MAIA; CAMPELO, 2005).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. HISTÓRICO DA CACHAÇA

A produção e consumo de bebidas alcoólicas fermentadas são relatadas a milhares de anos, desde o Antigo Egito. Estas bebidas eram utilizadas como para fins medicinais, várias moléstias eram curadas inalando o vapor de líquidos aromatizados e fermentados (AMPAQ, 2013). O processo de destilação surgiu com os árabes e manteve-se muito semelhante ao existente atualmente. A partir de então o processo se difundiu pelo mundo e diferentes países começaram a produzir seus próprios destilados (AMPAQ, 2013).

Em 1532 o cultivo da cana de açúcar iniciou-se e se transformou em riqueza nos seus primeiros anos de colonização, sendo o açúcar o principal produto de exportação. Junto com essa cultura nascia outro produto tipicamente brasileiro, a cachaça (FEITOSA, 2005). A princípio, a cachaça tratada simplesmente como um subproduto da indústria açucareira, que surgia através do caldo que era esquecido nos tachos de melaço e fermentava de um dia para o outro. Foi consumida inicialmente pelos escravos, mas logo foi parar na mesa dos senhores de engenho, onde foi aprimorada gerando interesse econômico do Brasil colônia (ESPINOZA, 2006). Alguns engenhos passaram a dividir a atenção e produção de cachaça, aumentando consideravelmente seu consumo e tornou-se moeda corrente para compra de escravos na África (FEITOSA, 2005).

Por ser um hábito amplamente difundido no país, o consumo de aguardente atinge uma marca 20 vezes maior que a de qualquer outra bebida destilada. A produção anual média é estimada na ordem de 1,3 bilhões de litros, arrecadando 76,5 milhões de reais, porém com presença de pequenas destilarias espalhadas por todo Brasil, muitas delas clandestinas, há dificuldade de determinar o volume de cachaça produzida. Sua exportação é de aproximadamente 1% da produção total, mas, vem aumentando nos últimos anos, acarretando uma crescente preocupação com o padrão de qualidade desse produto (SOUZA, 2006).

2.2. LEGISLAÇÃO

Segundo a Instrução Normativa nº 13, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2005), os termos aguardente e cachaça são definidos como sinônimos de bebidas destiladas de cana-de-açúcar fermentadas e produzidas no Brasil. Também de acordo com o Ministério da Agricultura, segundo o artigo 105, do decreto nº 73.267, de dezembro de 1973, que regulamenta a Lei nº 5.823, de 14 de novembro de 1972, aguardente de cana é a bebida com graduação alcoólica compreendida entre 38% e 54%, em volume, a 20°C, podendo ser adicionada de açúcar em até 0,6g/100 mL, expressos em sacarose. Porém, acima de 48° GL não pode ser denominada cachaça.

A Instrução Normativa nº 13 de 29/06/2005 define como:

- Cachaça adoçada é aquela que possui açúcares quantidade superior a 6g/L e inferior a 30 g/L, expressos em sacarose;
- Cachaça envelhecida é aquela que pelo menos 50% do seu volume ficou armazenada em recipiente de madeira apropriado, com capacidade de até 700L, por período não inferior a um ano.
- Cachaça Premium é aquela que 100% do seu volume ficou armazenada em recipiente de madeira apropriado, com capacidade de até 700L, por período não inferior a um ano.
- Cachaça Extra Premium é aquela que 100% do seu volume ficou armazenada em recipiente de madeira apropriado, com capacidade de até 700L, por período não inferior a três anos.

A legislação também define a composição química e os requisitos de qualidade para a aguardente de cana e cachaça. Na Tabela 1 são apresentados alguns dos limites máximos para cada componente da cachaça.

Tabela 1 – Componentes voláteis (não alcoólicos) permitidos na cachaça e seus respectivos limites.

COMPONENTE	TEOR MÁXIMO (mg/100mL álcool anidro)
Acidez volátil em ácido acético	150
Aldeídos em aldeído acético	30
Alcoóis superiores	300
Ésteres em acetato de etila	200
Furfural e Hidroximetilfurfural	5

FONTE: MAPA nº 13/2005

2.3. PRODUÇÃO DA CACHAÇA

Dois segmentos são utilizados para a produção da cachaça, industrial ou artesanal. No processo artesanal, as cachaças são produzidas e armazenadas por empresas, geralmente, pequenas, com escala reduzida, tipicamente familiar e mantendo as tradições familiares. Já o processo industrial é realizado por grandes empresas modernizadas e sob controle técnico. (COUTINHO, 2003).

A produção da cachaça inicia-se com o plantio da matéria-prima, a cana de açúcar. Depois de feita a sua colheita essa matéria prima irá passar por diferentes etapas até a produção da cachaça em si. (MAIA; CAMPELO, 2005).

2.3.1. MATÉRIA PRIMA

A matéria-prima para produção da cachaça é a cana de açúcar. A cana de açúcar pertence ao gênero *Sccharum* e é a gramínea com maior presença na agricultura no Brasil. Sua composição é definida basicamente em duas partes: uma subterrânea, formada pelos rizomas e pelas raízes e outra aérea constituída por colmo, folhas e flores. Para a fabricação de aguardente, o colmo representa a parte mais importante. Os colmos da cana-de-açúcar

constituem-se principalmente por fibras e (8% -14%) e caldo (86% - 92%) (MAIA; CAMPELO, 2005).

O caldo presente nos colmos contém 74% a 80% de água e 20 a 26% de sólidos, sendo que nesses sólidos 97% correspondem a açúcares e os 3% restantes são substâncias orgânicas e inorgânicas (MAIA; CAMPELO, 2005). Os não-açúcares orgânicos podem ser de diversas substâncias, como matéria nitrogenada (proteínas, aminoácidos, amidas), gorduras e ceras; pectinas; ácidos livres e combinados (málico, succínico, aconítico, oxálico, fumárico, etc.) e matérias corantes (clorofila, antocianina e sacaretina). Os não-açúcares inorgânicos, conhecidos como cinzas, têm como componentes principais: sílica, potássio, fósforo, cálcio, sódio, magnésio, enxofre, ferro, alumínio, cloro, etc. (NOGUEIRA; VENTURINI FILHO, 2005). O açúcar predominante é a sacarose, dímero formado por uma glicose e uma frutose. As fibras encontradas na cana de açúcar são compostas aproximadamente por 50% de celulose, 25% de hemicelulose e 25% de lignina (MAIA; CAMPELO, 2005).

Para o cultivo da cana de açúcar é ideal uma época quente e chuvosa, favorecendo a brotação, o perfilhamento e o crescimento, e em seguida outra mais fria e seca, que propicia a maturação. O crescimento da cana requer um período de umidade intensa e altas temperaturas, porém, nessa fase não ocorre acúmulo significativo de sacarose nos colmos. O teor de açúcar começa a elevar-se quando o crescimento cessa, e então é necessário solo seco e baixas temperaturas. A cana de açúcar consegue se adaptar a diversos solos, desde que seja feita a correção da sua acidez. (MAIA; CAMPELO, 2005)

A cana deve ser colhida ao atingir o ponto de maturação, que é conhecido mediante determinação do brix do caldo. O brix é medida de sólidos solúveis presente na amostra, e pode ser medido através de um refratômetro de campo, através da retirada de uma pequena quantidade do caldo da cana. Segundo MORETTI 2012, é ideal retirar amostras de 10 a 12 colmos por pedaço de terra cultivado, extraíndo gotas da base (quarto internódio a partir do solo) e da ponta (último internódio) para a realização da leitura do brix de cada amostra, separadamente, pelo aparelho. A partir dos valores obtidos das amostras dos colmos obtém-se o valor do Índice de Maturação (IM), que é a divisão dos valores do brix da ponta pelo brix da base. Se o Índice de

Maturação estiver entre 0,85 e 1,00, considerando a média dos 10 a doze colmos amostrados, a cana é determinada como madura.

A colheita da cana de açúcar pode ser manual ou mecânica e o corte deve ser o mais rente possível do solo, com intuito de aumentar a longevidade do canavial, possibilitando o brotamento sadio e resistente dos rizomas. (THIAGO & VIEIRA, 2002). Após a colheita a cana deve ficar armazenada o menor tempo possível, próxima à moenda. Deve estar suspensa, possibilitando ventilação por baixo e o escoamento da água de lavagem dos colmos, quando esta for necessária (MAIA; CAMPELO, 2005). Desta maneira diminui a propensão de crescimento de microrganismos contaminantes.

2.3.2. MOAGEM DA CANA

A obtenção do caldo da cana de açúcar, conhecido como garapa, que será usado como substrato no processo de fermentação, é obtido através da moagem da cana de açúcar. Nesse processo, a extração do caldo da cana é feita por pressão mecânica nos rolos da moenda. (AMPAQ, 2013).

Com o intuito de reduzir riscos de contaminação e para a obtenção de um produto de maior qualidade, é recomendada a lavagem da cana de açúcar e a assepsia dos equipamentos antes da moagem. Muitos dos contaminantes que se desenvolvem na matéria prima são bactérias lácticas, o que aumenta a acidez do produto final (MONÇÃO & DAYRELL, 2007), diminuindo a eficiência do processo. O termo “Preparação” é dado para o processo de reduzir a cana em menores pedaços para posterior desfibrilação e moagem. Tem como objetivo romper o máximo de células para facilitar a extração do caldo. A eficiência do processo de extração será proporcional a uma boa preparação da cana. (CALTAROSSO, 2008).

Após essa etapa, os colmos são enviados às moendas onde, há separação do bagaço e do caldo. Para se conseguir uma maior recuperação do caldo, é comum a passagem do bagaço várias vezes pela moenda. Porém, essa atividade pode comprometer o produto pela extração de alguns componentes presentes no bagaço da cana. Geralmente passam-se os colmos de cana duas vezes na moenda (MAIA; CAMPELO, 2005).

2.3.3. CORREÇÃO DO MOSTO

O caldo resultante do processo de moagem passa por tratamentos como a filtração e decantação, para retirada de algumas impurezas. As partículas maiores de bagaço arrastadas durante a moagem são retiradas pela filtração e as partículas sólidas e mais densas remanescentes no caldo filtrado deslocam-se para o fundo do recipiente por decantação. Esse processo de remoção de impurezas do caldo reduz as chances de contaminações indesejáveis, melhorando a qualidade da fermentação. Além disso, ajuda na manutenção dos equipamentos do alambique e facilita sua limpeza (AMPAQ, 2013)..

Segundo MALTA 2006, a fermentação ideal do caldo de cana ocorre quando este apresenta uma concentração de açúcares em torno de 15° Brix. Ao sair da etapa de moagem o caldo apresenta um teor de açúcares entre 18° a 22° Brix e precisa ser diluído para a obtenção de 15° Brix. Essa diluição deve ser feita com água limpa, inodora, incolor, e dentro dos padrões de potabilidade, uma vez que ela será ingerida, e também garantir a estabilidade do fermento durante a fermentação. Fermentações mais rápidas ocorreram quando o caldo apresentar um teor de açúcar abaixo de 15° Brix, o que é importante no início do processo, quando ocorre a multiplicação da levedura. Quando o caldo apresentar teores de açúcares muito altos ocorrerá fermentação lenta, frequentemente incompletas, e dificultará a multiplicação da levedura.

2.3.4. PROCESSO FERMENTATIVO

O microrganismo responsável pela fermentação do caldo de cana é a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Essa espécie de levedura é utilizada pelos homens há milhares de anos, tanto na panificação, quanto na fermentação de bebidas alcoólicas.

Em 1883, Meyen ex E.C. Hansen propôs a classificação taxonômica da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, sua descrição encontra-se na Tabela 2 (MAIA; CAMPELO, 2005).

Tabela 2: Classificação Taxonómica de *Saccharomyces cerevisiae*

Super Reino	<i>Eukaryota</i>
Reino	<i>Fungi</i>
Filo	<i>Ascomycota</i>
Classe	<i>Saccharomycetes</i>
Ordem	<i>Saccharomycetales</i>
Família	<i>Saccharomycetaceae</i>
Género	<i>Saccharomyces</i>
Espécie	<i>Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i>

FONTE: MAIA; CAMPELO, 2005

A bioquímica do processo fermentativo acontece quando, em anaerobiose, uma molécula de açúcar contendo seis carbonos é transportada para o interior de uma célula de *S. cerevisiae*. Essa molécula é então degradada através da via glicolítica em duas moléculas de piruvato. Durante a glicólise há produção de duas moléculas de ATP e de duas moléculas de NADH, por molécula de hexose. As enzimas responsáveis pela conversão do piruvato em etanol e dióxido de carbono, são a piruvato descarboxilase e álcool desidrogenase, elas também tem o papel de re-oxidar as duas moléculas de NADH que são produzidas na glicólise (VIANA, apud BARNETT, 2003). Esse processo é conhecido como fermentação alcoólica. A figura 1 expressa as etapas desse processo.

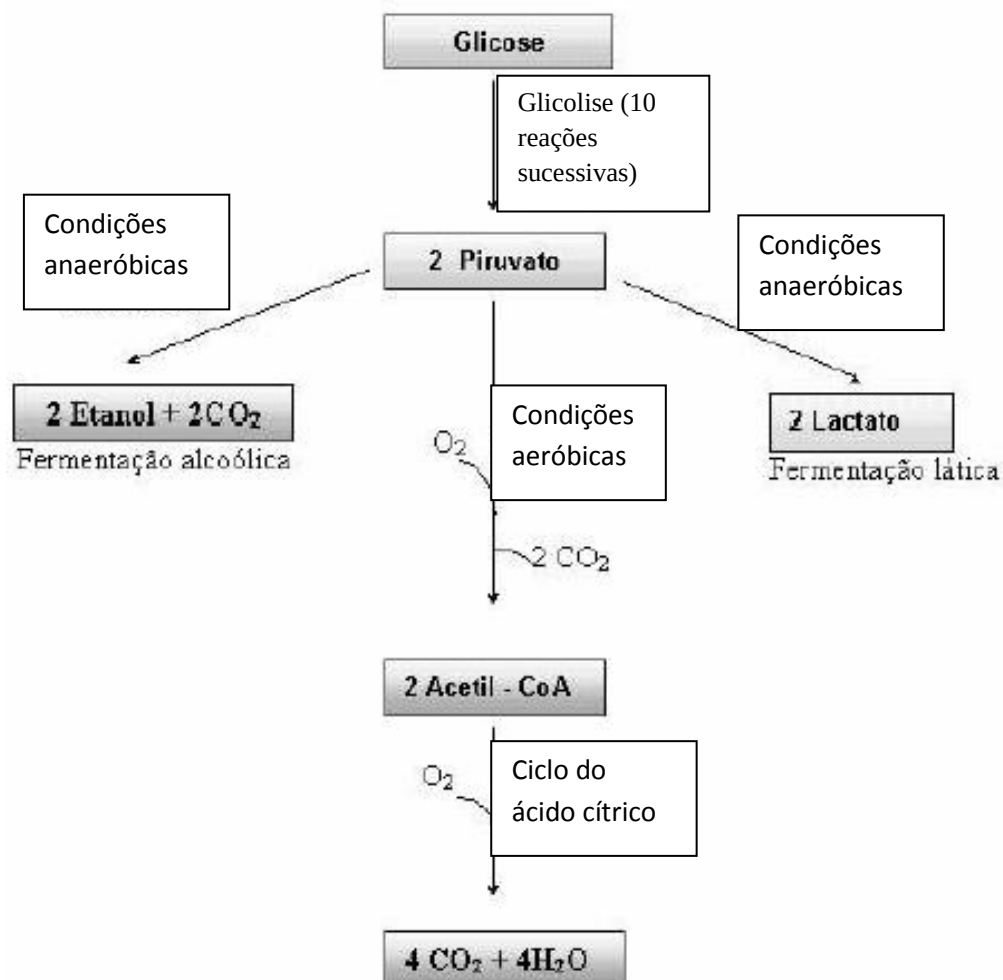


Figura 1 – Catabolismo em leveduras

Fonte: Adaptado de NOGUEIRA; VENTURINI FILHO, 2005

As leveduras são células eucarióticas e apresentam a característica de serem altamente tolerante às adversidades encontradas durante o processo fermentativo, por exemplo, elevada pressão osmótica e altos teores de álcool. (CLETO, 1997)

O pH e a acidez do meio são fatores relevantes no processo fermentativo. Geralmente o caldo proveniente da cana de açúcar tem pH entre 5,0 e 6,0 e pH ideal para o desenvolvimento da cultura e para o processo fermentativo é na faixa de 4,0 à 4,5. Dessa maneira uma correção deve ser feita através de um tratamento ácido, em quantidades apropriadas. Por apresentarem viáveis em faixa acida de pH as leveduras são consideradas microrganismos acidófilos (ANGELIS, 1992).

O controle do pH do meio de cultivo é essencial para proteção contra possíveis bactérias contaminantes. Um exemplo são as bactérias lácticas, comumente encontradas durante o processo, não se desenvolvem nas condições em que as leveduras são expostas. (CLETO apud BLANCHET & BALLERINI, 1987).

Processos fermentativos são considerados bem sucedidos quando se pode identificar a formação de uma camada de espuma fina e de um aroma agradável, decorrente dos compostos secundários produzidos durante o processo fermentativo, como, por exemplo, ésteres (MAIA; CAMPELO, 2005). O resultado da fermentação do caldo de cana é conhecido como vinho volante, e este irá seguir para a próxima etapa do processo, a destilação. O fermento presente no caldo pode ser centrifugado, ou então apenas decantado para a retirada das leveduras para utilização no próximo processo de fermentação. (MORETTI apud BOSQUEIRO, 2010). O esquema do processo pode ser visto na Figura 2.

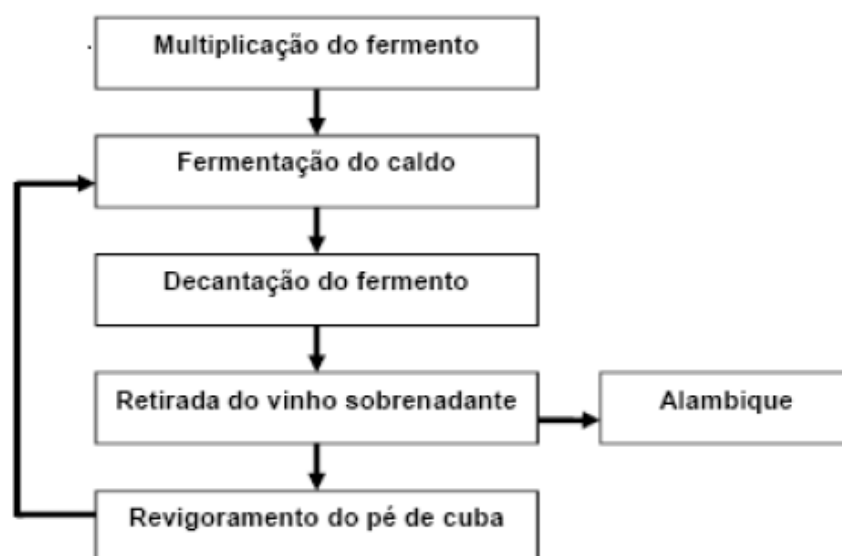


Figura 2 – Esquema do processo de fermentação

FONTE: MAIA; CAMPELO, 2005

2.3.5. DESTILAÇÃO DO VINHO

Durante a fermentação do mosto da cana de açúcar forma-se o vinho de cana, e este é constituído por água, etanol e compostos secundários. Os compostos secundários são diversos, entre eles aldeídos, ésteres, alcoóis

superiores, compostos carbonilados, fenóis, acetais, ácidos, hidrocarbonetos e compostos sulfurados e nitrogenados. A grande maioria desses compostos será responsável pela qualidade e caracterização da bebida. (MORETTI apud BOZA & HORII, 1998).

A destilação tem como objetivo principal aumentar o teor alcoólico da bebida para atender à legislação, que determina a graduação da cachaça entre 38 e 54% em volume. (AMPAQ, 2013).

A destilação é um processo que consiste em separar e selecionar os componentes do vinho de acordo com as temperaturas de ebulição ou de mudança de fase do componente. O processo de destilação ocorre com a fervura do vinho, o que irá produzir vapores que serão condensados por resfriamento, resultando na formação e concentração de grande quantidade de etanol (SORATTO et al., 2007).

A destilação de cachaça em processos industriais é realizada em alambique de aço inoxidável, enquanto nos processos artesanais a destilação é realizada em alambiques de cobre.

Segundo a destilação de compostos voláteis é feita baseada em três critérios: ponto de ebulição, afinidade com álcool/água e o teor alcoólico durante a destilação. O destilado é então dividido em três frações, de acordo com o grau de volatilidade de cada componente, são elas: a cabeça, o coração e a cauda (MORETTI apud SOUZA, 2009; CASSINI, 2004):

- Fração cabeça: Essa fração é constituída por substâncias mais voláteis, como o metanol, acetaldeído e acetato de etila. A cabeça é recolhida nos primeiros minutos da destilação, com as primeiras frações que saem do destilador. A quantidade retirada corresponde a aproximadamente 1% do total do vinho do alambique e possui teor alcoólico superior a 60°GL. Geralmente é feito o seu descarte, uma vez que essa fração contém vários componentes de aroma desagradáveis, tais como acetaldeídos e compostos sulfurados.
- Fração coração: Representa a melhor fração do destilado e é considerada a verdadeira aguardente. A quantidade retirada no coração corresponde a aproximadamente 16% do volume total do vinho que entrou no destilador. Ele apresenta a menor quantidade de compostos com aromas e sabores indesejáveis e a maior quantidade dos componentes desejáveis.

- Fração cauda: é a última fração retirada do destilador. Ela é formada por compostos menos voláteis, que apresentam alto ponto de ebulição, maiores que 100°C, e é obtida quando prossegue o processo de destilação após a retirada da cachaça. Corresponde a 3% do volume total do vinho do alambique. Alguns ácidos como o capróico, caprílico e cáprico estão concentrados nesta fração, e estes possuem aromas parecidos com o de sabão. Dessa maneira costuma-se descartar a fração cauda.

2.4. PROCESSO DE ENVELHECIMENTO

O processo final da produção de bebidas alcoólicas, antes do engarrafamento, é seu envelhecimento. Nesta etapa, a qualidade sensorial de bebidas nobres é aprimorada, pois as mesmas adquirem atributos desejáveis de cor, aroma e sabor (SORATTO et al., 2007).

Algumas bebidas tem seu período de envelhecimento estabelecido pela legislação de alguns países. Por exemplo, os uísques escoceses de malte ou de grão, são envelhecidos, no mínimo, três anos. Os bourbons americanos por no mínimo um ano. (DIAS, 1997 apud NISHIMURA & MATSUYAMA, 1989). No Brasil, a etapa de envelhecimento da cachaça é opcional. Devido ao tempo longo de maturação e aos custos introduzidos pelo armazenamento, o envelhecimento não é feito rotineiramente. É utilizado quando se deseja um produto com maior qualidade e, conseqüentemente, de custo mais elevado.

Geralmente o envelhecimento de cachaça é feito em barris de madeira de diversos tipos. Esses barris podem ser utilizados várias vezes. Normalmente sofrem tratamentos físicos ou químicos, como a degradação térmica, tratamento com vapor de água e amônia, tratamento com água e tratamento com vinho (DIAS, 1997). Para rejuvenescer um barril pode-se queima-lo, tornando os compostos presentes na madeira mais acessíveis, mas os níveis desses componentes diminuem ao longo do tempo de uso.

2.4.1. DESENVOLVIMENTO DA COR E AROMA

A cor obtida pela bebida ao longo do tempo de envelhecimento depende de alguns fatores, sendo os mais determinantes: o tipo da madeira, a história do barril e o tempo de estocagem.

O tipo de madeira refere-se à composição química daquele barril, a quantidade de celulose, lignina e hemicelulose. Além de componentes em menores quantidades como compostos fenólicos, óleos voláteis, ácidos graxos, carboidratos e compostos nitrogenados. (DIAS, 1997)

A história do barril está ligada ao tempo de uso do mesmo, da quantidade de vezes que passou por um tratamento físico ou químico, se alguma tabua já foi restaurada ou substituída. De acordo com sua história, diferentes níveis de compostos podem ser extraídos, variando sua cor e seu aroma. Assim como a história do barril, o tempo de estocagem da bebida também influenciará no aroma e cor, de acordo com as reações que ali ocorrerem, dos componentes extraídos e da concentração de álcool presente na bebida estocada.

Os constituintes do aroma acumulados no final do envelhecimento são inúmeros, muitas vezes formados pela interação de componentes oriundos da destilação e fermentação com substâncias extraídas da madeira. Em bebidas destiladas os compostos que mais contribuem com o aroma são ésteres, compostos carbonílicos, lactonas, fenóis, compostos sulfurados e nitrogenados e derivados da matéria prima. Alguns são de baixa expressão, sendo considerados de importância secundária. Enquanto outros, apesar de estarem presente em baixas concentrações, são responsáveis por aromas característicos. (DIAS, 1997 apud MAGA, 1989b; PATERSON & PIGGOTT, 1989; MAGA 1996).

2.4.2. MECANISMO DE ENVELHECIMENTO

De acordo com DIAS (1997) apud NISHIMURA & MATSUYAMA (1989) o mecanismo de envelhecimento em barris de madeira é basicamente o mesmo para todas as bebidas destiladas e podem ser divididas nas seguintes etapas:

- Modificações que envolvam componentes naturais do destilado, como perdas por evaporação através dos poros da madeira;
- Reações dos compostos secundários do destilado com os componentes da madeira.
- Decomposição de macromoléculas presente na madeira e sua incorporação na bebida.

2.5. PARÂMETROS PARA ANÁLISES E CONTROLES

Várias são as análises feitas para o cumprimento das normas exigidas pela legislação e para controle do processo. Além de atender a legislação o produtor deve se preocupar em padronizar seu produto e analisa-lo constantemente para que seja possível identificar fraudes ou erros que se propagaram durante a produção.

A Tabela representa algumas das análises que podem ser feitas na cachaça para mantê-la dentro da normalização. Essa tabela é um modelo de laudo utilizado pelo laboratório LABM (Laboratório Amazílie Biagioni Maia), em Belo Horizonte/MG.

Tabela 3 – Laudo com informações das análises de cachaça. Modelo utilizado pelo LABM.

CLIENTE:		CNPJ:	
END:		TEL:	
AMOSTRA ENVIADA POR:		DATA DE ENTRADA:	
INÍCIO DA ANÁLISE:		TÉRMINO DA ANÁLISE:	
REF. CLIENTE:			
Aparência:		Aroma:	
Cor:		Sabor:	
Parâmetro	Unidade	Resultado	Valores de referência ⁽¹⁾
Teor alcoólico aparente ⁽²⁾	°GL a 20°C		-
Teor alcoólico real ⁽²⁾			38 – 48
Acidez, em ácido	Total	mg/ 100 mL	-

acético ⁽³⁾	Volátil	etanol		≤ 150
Ésteres ⁽⁴⁾	Acetato de Etila			≤ 200 ⁽⁵⁾
	Lactato de Etila			-
Aldeído acético ⁽⁴⁾				≤ 30
Álcoois superiores ⁽⁴⁾	Totais			≤ 360
	n-Propílico			-
	Isobutílico			-
	Isoamílico			-
Álcool n-butílico ⁽⁴⁾				≤ 3
Álcool sec-butílico ⁽⁴⁾				≤ 10
Álcool metílico ⁽⁴⁾				≤ 20
Furfural ⁽⁴⁾				≤ 5
Soma dos componentes voláteis ⁽⁶⁾				200 – 650
Cobre ⁽⁷⁾		mg/ L amostra		≤ 5

(1) IN MAPA nº 13/2005 de 29/06/2005 (DOU 30/06/2005). (2) Densimetria; (3) Titulometria; (4) Cromatografia; (5) A metodologia de análise de controle do laboratório oficial do MAPA considera o teor de acetato de etila, aferido por cromatografia, como representativo do teor de ésteres totais cujo limite está definido na legislação; (6) Cálculo; (7) Espectrofotometria; n.d.: não detectado.

Os resultados contidos neste certificado referem-se exclusivamente à amostra analisada, conforme enviada pelo cliente.

AVALIAÇÃO:

Fonte: LABM.

De acordo com os dados contidos nesse laudo é feita a avaliação final do produto. As seguintes análises são feitas rotineiramente, para o controle do produtor.

2.5.1. TEOR ALCOÓLICO DO DESTILADO

A medição do teor alcoólico da cachaça destilada é feita com um alcoômetro. O seu emprego é baseado na relação entre o teor alcoólico e a densidade da mistura de água e etanol. A figura 3 representa esse equipamento.



Figura 3 – Alcoômetro utilizado para medida do teor alcoólico.

FONTE: Arquivo pessoal.

Quando outros componentes estão presentes há interferência na leitura, acarretando um erro. O termo teor alcoólico aparente é geralmente utilizado para cachaças adoçadas. É o termo utilizado quando o teor alcoólico é lido diretamente no alcoômetro. Já o termo “teor alcoólico real” refere-se à leitura feita após a redestilação do produto, para retirada de qualquer interferente que não seja álcool (MAIA; CAMPELO, 2005). A Figura 4 mostra como é feita a medição.



Figura 4 – Medida do teor alcoólico em laboratório.

FONTE: Arquivo pessoal.

2.5.2. TEOR ALCOOLICO DO VINHO

Para a determinação do teor alcoólico do vinho, produto antecedente a cachaça, a técnica mais adequada é a ebuliometria. Essa técnica correlaciona o ponto de ebulição inicial de uma amostra de vinho e seu teor alcoólico. Utiliza-se uma régua (que relaciona temperatura de ebulição e teor alcoólico), tarando-a com água destilada para depois continuar o procedimento com as amostras (MAIA; CAMPELO, 2005). A Figura 5 mostra o equipamento comumente utilizado em fábricas e laboratórios.



Figura 5 - Ebuliometro.

FONTE: Arquivo pessoal.

2.5.3. BRIX

Segundo MAIA; CAMPELO (2005) uma solução com 1° Brix contém uma razão de 99g de água e 1g de açúcar. A escala de brix, na prática, pode variar de 0 (zero), quando não há açúcares na solução, até aproximadamente 80 (oitenta), valor próximo da solubilidade do açúcar em água. O aparelho utilizado para medida do grau brix é o densímetro (Figura 6). No caldo de cana o teor de açúcares tem alta precisão mediante leitura de densidade, uma vez

que reflete as contribuições do açúcar (densidade de 1,587 g/mL) e da água (0,998 g/mL). Porém, durante a fermentação há um aumento gradativo no teor de álcool e um decréscimo no teor de açúcares, e incorporação do etanol e gás carbônico na água. Dessa maneira a precisão do aparelho diminui, mas o erro não é muito grande, uma vez que a quantidade de etanol no vinho é de aproximadamente 8,5%, representando um abaixamento na densidade da água de 0,998 g/mL para 0,980g/mL. A Figura 6 representa a medição de brix feita em laboratório.

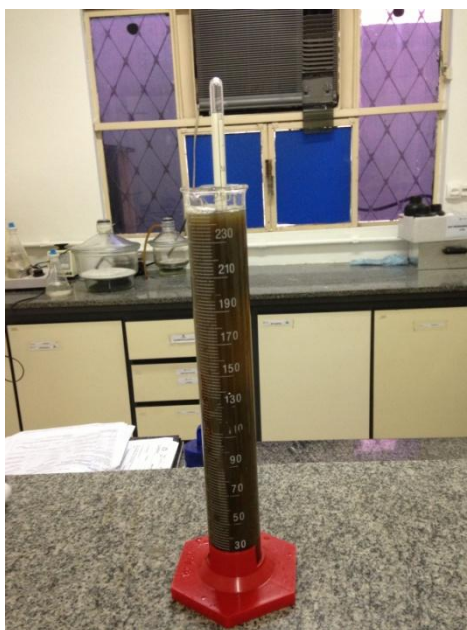


Figura 6 – Análise do teor de brix no laboratório.

FONTE: Arquivo pessoal.

O valor de brix é dado para uma temperatura de 20°C. Quando em outra temperatura é utilizada a tabela contida na Figura 7 para correção do valor.

TABELA DE CORREÇÃO SACARIMETRO DE BRIX CALIBRADOS A 20° C											
Tempo de referência °C	GRAUS BRIX										Tempo de referência °C
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
10	-0,32	-0,42	-0,52	-0,60	-0,67	-0,71	-0,74	-0,76	-0,80	-0,80	10
11	0,30	0,39	0,47	0,54	0,61	0,65	0,67	0,68	0,70	0,70	11
12	0,27	0,35	0,42	0,49	0,54	0,58	0,60	0,61	0,60	0,60	12
13	0,25	0,32	0,38	0,43	0,48	0,51	0,53	0,53	0,53	0,50	13
14	0,22	0,28	0,33	0,37	0,41	0,44	0,45	0,46	0,50	0,50	14
15	-0,20	-0,24	-0,28	-0,32	-0,35	-0,37	-0,38	-0,38	-0,40	-0,40	15
16	0,16	0,19	0,23	0,26	0,28	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	16
17	0,12	0,15	0,17	0,19	0,21	0,22	0,23	0,23	0,25	0,25	17
18	0,08	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,15	0,18	0,20	18
19	-0,04	-0,05	-0,06	-0,06	-0,07	-0,04	-0,08	-0,08	-0,10	-0,10	19
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
21	+0,05	+0,06	+0,06	+0,07	+0,07	+0,07	+0,08	+0,08	+0,10	+0,10	21
22	0,10	0,11	0,12	0,14	0,14	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	22
23	0,16	0,17	0,19	0,21	0,22	0,23	0,23	0,23	0,25	0,25	23
24	0,21	0,23	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31	24
25	0,27	0,30	0,32	0,35	0,37	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40	25
26	+0,33	+0,36	+0,39	+0,42	+0,45	+0,46	+0,47	+0,47	+0,48	+0,48	26
27	0,40	0,42	0,46	0,50	0,53	0,54	0,55	0,55	0,56	0,56	27
28	0,46	0,49	0,54	0,57	0,61	0,62	0,64	0,64	0,64	0,64	28
29	0,54	0,56	0,61	0,65	0,69	0,70	0,72	0,72	0,72	0,72	29
30	0,60	0,63	0,68	0,73	0,77	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	30
31	+0,68	+0,70	+0,76	+0,81	+0,85	+0,87	+0,88	+0,88	+0,90	+0,90	31
32	0,75	0,78	0,84	0,90	0,94	0,95	0,97	0,97	1,00	1,00	32

Figura 7 – Representação da tabela de correção de sacarímetro de brix a 20°C.

Fonte: INCOTERM – Indústria de termômetros

2.5.4. ACIDEZ DA CACHAÇA

O índice do conteúdo total de substâncias ácidas na cachaça é fornecido pela medida de acidez. O procedimento utiliza da técnica de titulação com solução indicadora de fenolftaleína, obtendo uma coloração levemente rosa no ponto de viragem.

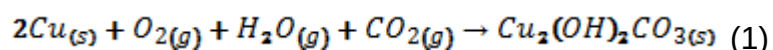
Para esse parâmetro há uma faixa normal encontrada em cada região, mas ela varia entre 0,3 a 0,6 em gramas de ácido acético/100 mL de amostra. Depois de conhecermos a faixa de acidez característica de determinado produto, podemos analisar os resultados e algumas conclusões podem ser tiradas, por exemplo, valores mais altos podem indicar a ocorrência de contaminação por bactérias lácticas e /ou acéticas (MAIA; CAMPELO, 2005).

A acidez encontrada no destilado corresponde a quase toda a acidez ali presente. Isso por que os ácidos não voláteis continuaram no destilador, no chamado vinhoto. Durante o processo de envelhecimento a acidez pode sofrer um aumento por causa da oxidação dos aldeídos fenólicos extraídos da madeira, que se convertem em ácidos fenólicos (MAIA; CAMPELO, 2005).

2.5.5. COBRE

A contaminação da cachaça pelo cobre se dá através da destilação do vinho em alambiques de cobre, ocorrendo pela consequente oxidação do metal nas paredes internas do destilador, e que se solubiliza na bebida.

Segundo Lima et al. (2006) cobre sofre oxidação formando o diidróxi-carbonato de cobre II, conhecido também como azinhavre, como mostra a reação abaixo (Equação 1).



A instrução normativa nº13 de 2005 impõe um limite máximo para presença de cobre na cachaça de 5mg/L. Quando esse limite é ultrapassado, alguns produtores de cachaça filtram a bebida em carvão ativado (LIMA et al. 2006) ou em algodão hidrofílico (VIEIRA e MENDONÇA, 2005).

Quando encontrado na bebida dentro dos limites impostos pela legislação e pela saúde humana, o cobre é benéfico. Isso porque ele atua como catalisador de algumas reações químicas de compostos formados durante a fermentação, como mercaptanas e ácidos graxos leves, que se arrastam e destilam junto com o álcool e são indesejáveis em no produto final. (VIEIRA e MENDONÇA, 2005).

Pode-se atenuar a formação de azinhavre dentro das paredes e canos do alambique pela adição de uma válvula na extremidade onde o destilado é recolhido. Quando o alambique não estiver sendo usado, deve-se mantê-lo cheio de água, reduzindo o contato com o oxigênio do ar. Esse cuidado permite retardar a oxidação do cobre, mas não a elimina por inteiro. (MAIA; CAMPELO, 2005)

Existem algumas opções para diminuir a quantidade de cobre presente no destilado. Uma delas é substituir a serpentina de cobre por aço inoxidável, uma vez que o efeito positivo de cobre sobre o aroma da cachaça acontece dentro da coluna e não na serpentina de refrigeração. Outra opção é modificar a geometria do trocador de calor, permitindo operações de limpeza e assepsia no interior de tubos e placas com maior frequência. (MAIA; CAMPELO, 2005)

2.5.6. ALCOÓIS SUPERIORES

Os alcoóis superiores mais comumente encontrados em cachaça são propanol, butanol, isobutanol, amílico e isoamílico (LIMA et al. 2006). A legislação brasileira aceita como limite 360mg/100 mL de etanol, mas geralmente ajusta-se esse teor para uma faixa de 100 a 200 mg/100 mL de etanol (MAIA; CAMPELO, 2005).

Segundo MAIA; CAMPELO, 2005 é necessário evitar a formação dos alcoóis superiores na etapa de fermentação, pois na etapa de destilação sua redução requer o aumento do tamanho da cabeça, o que prejudica o equilíbrio entre os outros componentes presentes no coração.

Alguns cuidados podem ser utilizados para abaixar o teor de alcoóis superiores durante a fermentação como: Minimizar o contato do fermento com o oxigênio durante a fermentação; manter o pH do mosto acima de 4,0; manter o controle permanente e rígido da temperatura de fermentação, geralmente entre 28 até 38°C; utilizar fubá durante e a propagação do fermento e não adicionar mais quantidades durante as bateladas sucessivas. (MAIA; CAMPELO, 2005)

2.5.7. METANOL

A ausência de metanol na cachaça é desejável por ser um álcool tóxico ao organismo humano. Seu principal efeito tóxico é exercido sobre o sistema nervoso, particularmente os nervos ópticos e a retina, é também um irritante para as mucosas. No organismo humano os produtos formados a partir de sua oxidação são o formaldeído e o ácido fórmico, ambos tóxicos. É um produto

considerado de efeito cumulativo, pela lentidão com a qual é eliminado. (PEREIRA, P. A. P.; ANDRADE J. B. 1998)

O limite permitido na cachaça é de 20mg/100mL de etanol e sua presença não é desejada no produto. Para evitar a formação de metanol durante o processamento é preciso manter boas condições de assepsia e higiene, principalmente no alambique, evitando o acúmulo de bagacilhos nas paredes internas. O fermentado não deve ser acrescido de frutas e nem se deve queimar a cana para colheita (MAIA; CAMPELO, 2005).

2.5.8. ALDEÍDOS

Os aldeídos são formados durante a fermentação do mosto, juntamente com outros compostos. O aumento da sua formação pode ocorrer quando há aeração do mosto no momento da fermentação, e é então recomendando não aerar ou mexer no mosto nas primeiras horas da fermentação (MAIA; CAMPELO, 2005).

O valor de referência para quantidades de aldeídos na cachaça é de 30mg/100mL. Na destilação, esses compostos se concentram na cabeça, porém não pode-se aumentar muito o volume do seu destilado pela interferência causada em outros componentes desejáveis. Os ésteres são um exemplo de componentes desejáveis na cachaça e que se perdem com o aumento do volume da cabeça (MAIA; CAMPELO, 2005).

Uma forma de abaixar o teor de aldeídos na cachaça é recorrer a microaerações sucessivas, algumas horas por dia, já na dorna de armazenamento. Os aldeídos se oxidam com facilidade, convertendo-se nos seus ácidos correspondentes. Por exemplo, o acetaldeído converte-se em ácido acético, os aldeídos fenólicos, provenientes da madeira de armazenamento em seus ácidos fenólicos correspondentes (MAIA; CAMPELO, 2005).

2.5.8.1. FURFURAL E HIDROXIMETIL FURFURAL

Um exemplo de aldeídos formados durante o processo de produção de cachaça pela desidratação das pentoses do bagaço e das hexoses do caldo de cana. Esses compostos devem ser minimizados, uma vez que conferem ao produto um aroma enjoativo. Em cachaças artesanais os teores desses aldeídos serão baixos se alguns cuidados forem tomados como não se queimar a cana para colheita (MAIA; CAMPELO, 2005).

3. ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS

3.1. CROMATOGRAFIA LIQUIDA DE ALTA EFICIENCIA (CLAE)

A Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) é uma técnica de separação que vem sendo muito utilizada para fins qualitativos e quantitativos. A importância dessa técnica se dá pela sua adaptabilidade para determinações quantitativas com boa sensibilidade e a possibilidade de separar espécies não voláteis e termicamente instáveis (TONHL, 2002).

A CLAE é um método físico-químico de separação de componentes de uma mistura, realizada pela distribuição em duas fases. Uma fase permanece estacionária enquanto a outra se move através dela. Os componentes são então distribuídos entre as duas fases, resultando em migrações diferenciais destes componentes (DEGANI, 1998). A cromatografia líquida de alta eficiência é utilizada para quantificar os compostos fenólicos presentes nas cachaças envelhecidas em toneis de madeira.

A figura 8 representa esquematicamente um equipamento de CLAE. O equipamento é composto por um reservatório de solvente, uma bomba de alta pressão, injetor da amostra, coluna cromatográfica, detector e registrador de dados. (DEGANI, 1998)

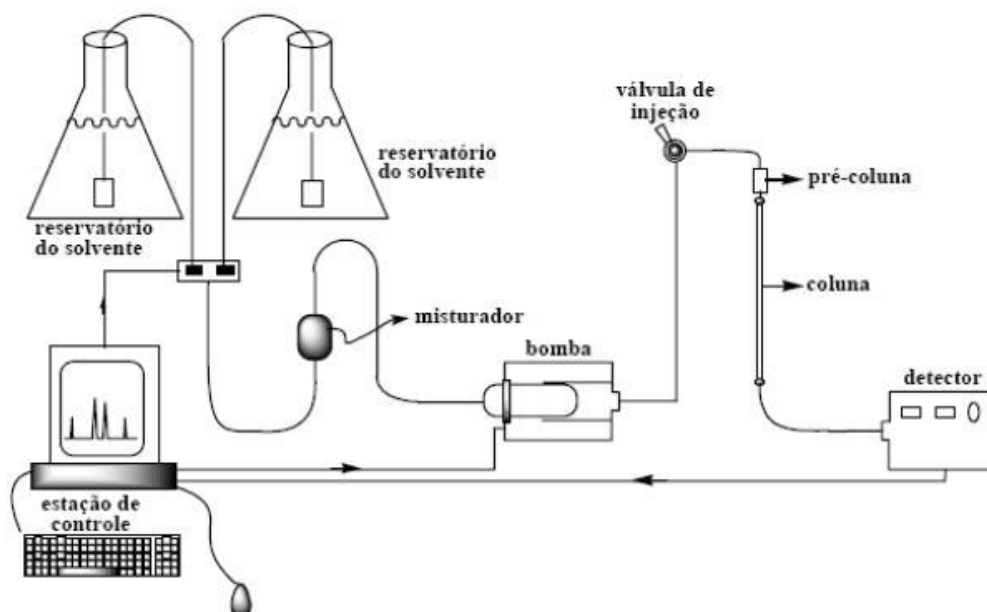


Figura 8 – Componentes de cromatógrafo líquido de alta eficiência.

FONTE: DEGANI, 1998

Para envelhecimento de cachaça comumente são utilizados toneis de amburana. As análises de CLAE dessas cachaças apresentam um padrão cromatográfico, com alguns picos característicos.

Segundo Silveira; Pessoa (2005) são constituintes químicos da casca e do caule da amburana a cumarina, como principal componente, e compostos fenólicos, sobretudo flavonóides como isocampferídio, o flavonóide majoritário, campferol, quercetina, entre outros.

As cumarinas constituem uma classe química, que estão presentes em diferentes partes das plantas tanto nas raízes como nas flores e frutos. As cachaças envelhecidas em amburana apresentam um pico muito característico de cumarina em CLAE. Para análise de cachaças em geral inicialmente deve ser feito uma curva padrão dos principais compostos. A figura representa a curva padrão, feita no laboratório LABM, para a cumarina. Para a construção do gráfico utilizou-se amostras conhecidas com as seguintes concentrações de cumarina: 10µg/mL 50µg/mL e 100µg/mL.

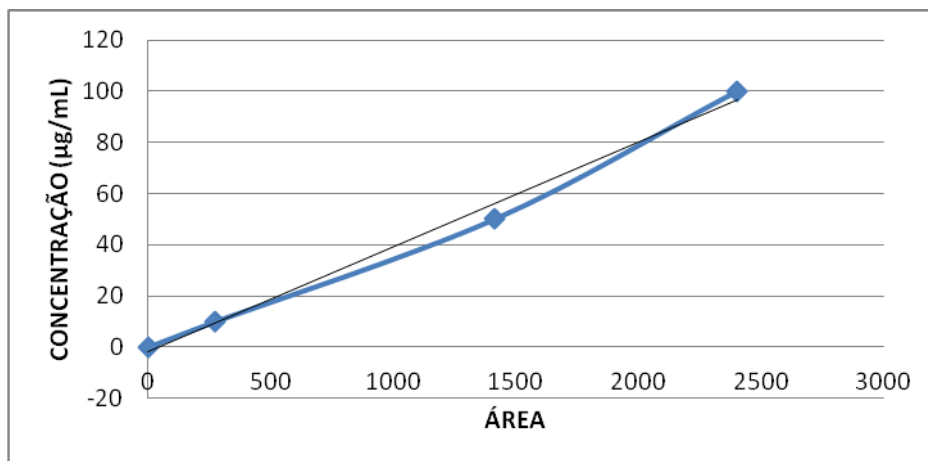


Figura 9 - Gráfico encontrado para curva padrão de cumarina.

FONTE: Arquivo pessoal.

A partir da equação dessa curva pode-se determinar a concentração de cumarina em diversas cachaças envelhecidas e armazenadas em toneis de amburana.

3.2. CROMATOGRAFIA GASOSA.

A cromatografia gasosa tem como princípio básico de operação: a volatilização de uma amostra durante sua injeção com aquecimento, a separação dos componentes da mistura numa coluna especialmente preparada e a detecção de cada componente por um detector. A fase móvel é um gás quimicamente inerte, conhecido como gás de arraste, e a fase estacionária pode ser apenas um sólido, ou sólido impregnado com um líquido pouco volátil (SOUZA, 2006).

Existem diversos tipos de detectores utilizados na técnica de cromatografia gasosa, e a escolha deste dependerá dos compostos a serem estudados. No caso de bebidas destiladas usa-se o detector de ionização de chamas, próprio para a separação e quantificação de álcoois (SOUZA, 2006 apud CIOLA, 1985).

Em um cromatógrafo gasoso acoplado a um espectrômetro de massa (CG/EM), a identificação dos compostos separados pode ser feita por meio da alimentação de gases efluentes da coluna do cromatógrafo gasoso para o espectrômetro de massa (SOUZA, 2006)

A cromatografia gasosa é utilizada em diversas análises de identificação, inclusive em bebidas alcoólicas.

A figura representa um padrão cromatográfico utilizado pelo laboratório LABM para identificação e quantificação de produtos secundários encontrados em cachaças. A partir desse padrão são feitas as comparações com valores definidos por lei e a avaliação da cachaça perante a legislação.

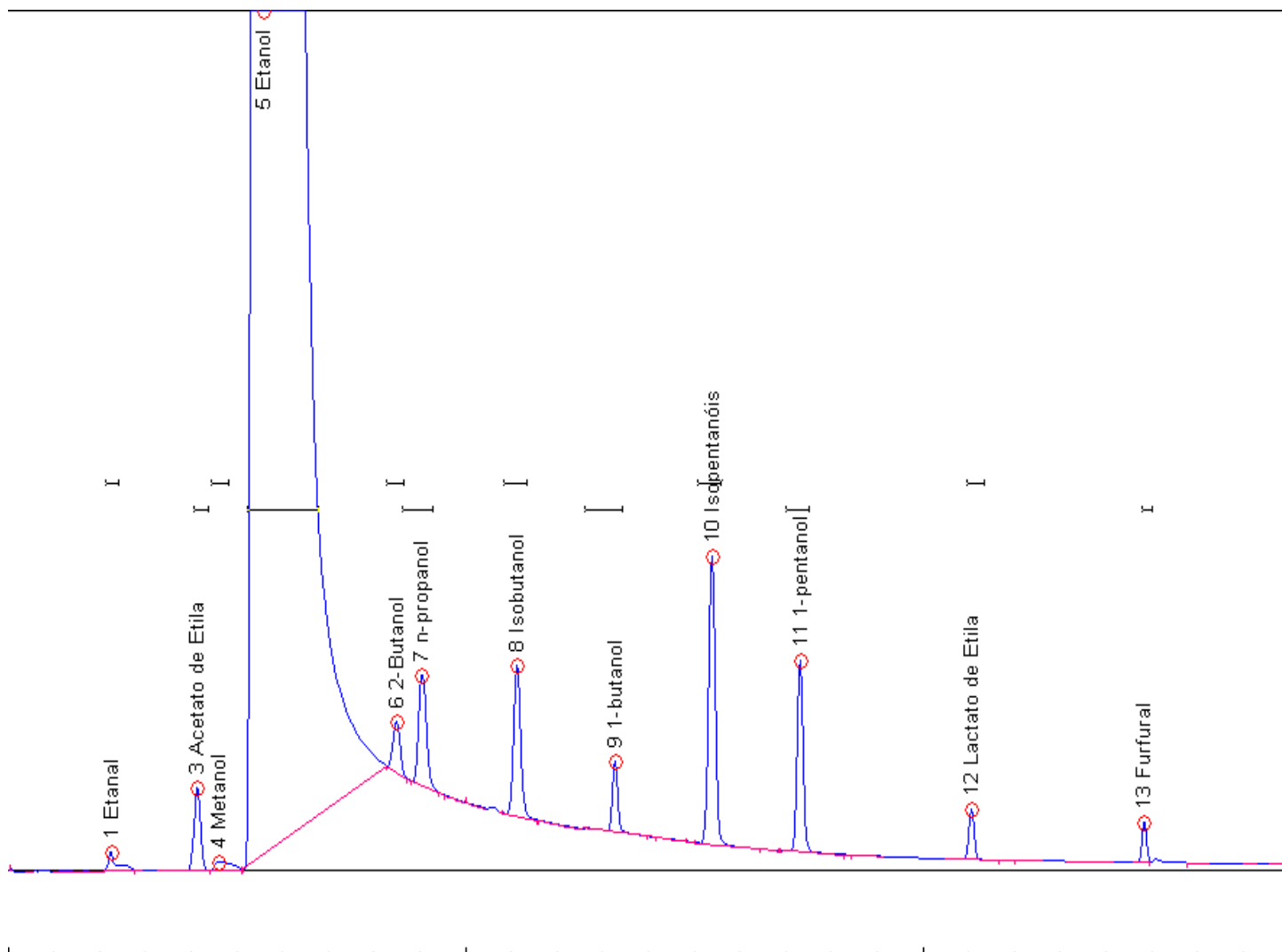


Figura 10 – Padrão cromatográfico para análises de cachaças.

FONTE: LABM.

A partir do padrão cromatográfico resultante da análise de cachaças temos os componentes que são analisados por cromatografia gasosa e os valores padrões de retenção de área. A Tabela 4 representa esses dados.

Tabela 4 – Componentes analisados por cromatografia gasosa e seus valores padrões de retenção e área.

Componente	Retenção	Área
Etanal	2,216	68,2140
Acetato de Etila	4,100	221,6430
Metanol	4,583	62,6980
Etanol	5,550	327053,0810
2-Butanol	8,466	149,9320
n-propanol	9,016	355,3190
Isobutanol	11,100	449,1125
1-butanol	13,233	153,5185
Isopentanóis	15,350	829,3415
1-pentanol	17,283	483,2235
Lactato de Etila	21,033	115,8140
Furfural	24,800	75,4880

FONTE: LABM.

Como citado anteriormente, a amburana é muito utilizada para envelhecimento de cachaças. A cromatografia gasosa não visa a análise de compostos agregados pelo envelhecimento, mas aqueles formados durante a produção da cachaça. Utilizaremos a cachaça envelhecida em amburana para exemplificar uma análise feita no laboratório LABM, para caracterização e quantificação de compostos secundários obtidos na produção de cachaça. A figura representa os picos obtidos durante a passagem da amostra.

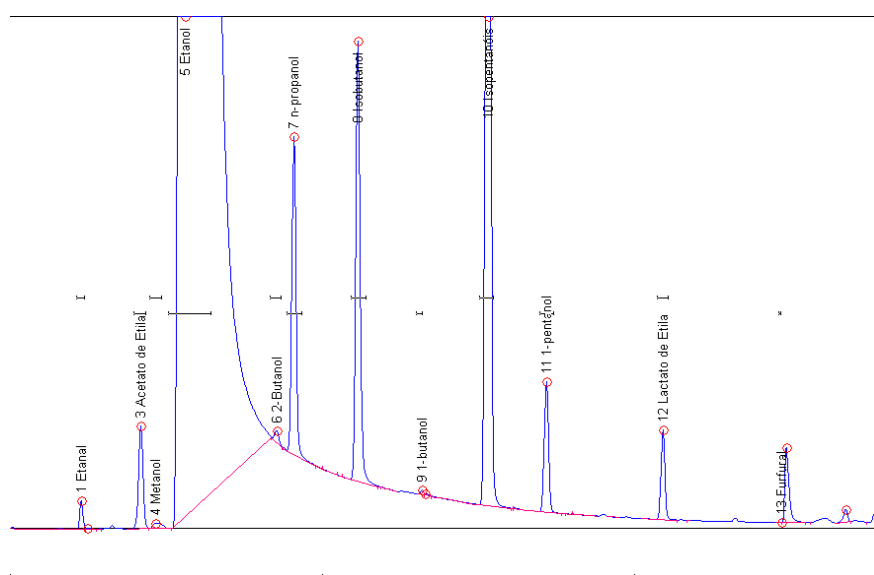


Figura 11 – Picos obtidos durante a análise de cachaça envelhecida em toneis de amburana.

FONTE: LABM.

4. CONCLUSÃO

A produção de cachaça envolve uma série de etapas sucessivas que devem ser controladas. O controle deve ser feito durante o processamento e após o produto já pronto. Durante as etapas de processo, ele é necessário para a obtenção de um produto de qualidade, sem compostos que possam interferir no seu sabor. Depois de pronta, a cachaça deve ser analisada para obedecer a legislação brasileira, que define alguns parâmetros a serem seguidos. É necessário também padronizar a cachaça visando um produto com identidade conhecida e livre de fraudes.

A cachaça artesanal geralmente apresenta qualidade superior às cachaças industriais. Isso porque, elas passam por um processo de maturação e envelhecimento em barris de madeira conferindo aroma e sabor, se tornando mais agradáveis ao paladar do consumidor. Várias são as madeiras utilizadas pelos produtores, mas algumas se destacam mais, como o carvalho, a amburana, a castanheira.

O mercado consumidor da cachaça vem crescendo e novos produtos com qualidade excelente estão sendo exigidos. Muitos estudos na área de envelhecimento e maturação da cachaça estão sendo feitos, visando conhecer os compostos fenólicos presente em cada tipo de madeira e qual seu efeito sobre o produto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELIS, D. F. A. **Agentes físicos, químicos e microbiológicos que afetam a fermentação etanólica.** Jaboticabal: FUNEP, 1992.

AMPAQ - Associação Mineira dos Produtores de Cachaça de Qualidade. Disponível em http://www.ampaq.com.br/arquivos/etapas_para_produção.pdf. Acesso em: 10 de agosto de 2013.

BRASIL. Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. Anexo único - Regulamento técnico para fixação do padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana e para cachaça.

CALTAROSSO, F. **Análise de tensões em equipamentos de moagem da cana de açúcar usando o método dos elementos finitos.** São Carlos, 2008.

CLETO, F.G.V. **Influência da adição de ácido sulfúrico e de fubá de milho no processo fermentativo, rendimento e composição da cachaça.** Tese [Mestrado] Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Jaboticabal, 1997.

COUTINHO, E. P. **Práticas ultrapassadas e mitos de qualidade na cadeia de produção artesanal.** Ouro Preto-MG, Brasil, out.2003.

DEGANI, A. L.; CASS, Q. B.; VIEIRA P. C. **Cromatografia: um breve ensaio.** Química Nova na Escola.

DIAS, S. M. B. C., **Efeito de diferentes tipos de madeira sobre a composição química da aguardente de cana envelhecida.** Faculdade de Farmácia – UFMG. Belo Horizonte/1997.

ESPINOZA, L. S. J., **Tecnologia de Produção de Cachaça: Princípios do Processo de Produção de Cachaça de Qualidade.** 2006. Minicurso (Conselho Regional de Química IV Região (SP/MS)).

FEITOSA, P.C.L. **A cachaça como identidade cultural.** 2005. Universidade de Brasília. Centro de Excelência em Turismo. Brasília, 2005.

LIMA, A de J. B. et al. **Emprego do carvão ativado para remoção de cobre em cachaça.** Química Nova [online]. 2006, volume 29, n.2. pp. 247-250.

MAIA, A. B. R. A.; CAMPELO, E. A .P. **Tecnologia da cachaça de alambique.** Belo Horizonte, SEBRAE/MG; SINDBEBIDAS, 2005.

MALTA, H.L. **Estudo de parâmetros de propagação de cachaça de alambique.** Tese [Mestrado em Ciências de Alimento]. Faculdade de Farmácia - UFMG. Belo Horizonte/2006.

MONÇÃO, G.N.; DAYRELL, C.A. M.A. **Cachaça no contexto histórico cultural e econômico da região do alto Rio Pardo - MG.** Relatório Final. *Secretaria de Desenvolvimento Territorial. Centro de Agricultura alternativa do Norte de Minas.* Set.2007.

MORETTI, J. C. B., **Produção de cachaça: Estudo de um produto legitimamente brasileiro.** Faculdade de Tecnologia de Araçatuba. Araçatuba/2012.

NOGUEIRA, A. M. P.; VENTURINO FILHO, W. G. **Aguardente de Cana.** 2005, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, SP.

PEREIRA, P. A. de P.; ANDRADE J. B. **Fontes, reatividade e quantificação de metanol e etanol na atmosfera.** Salvador/Bahia 1998.

SILVEIRA, E. R.; PESSOA, O. D. L. **Constituintes micromoleculares de plantas do Nordeste com potencial farmacológico.** Fortaleza: Editora Expressão Gráfica, 2005.

SORATTO A. N.; VARVAKISII G.; HORII. J. **A certificação agregando valor à cachaça do Brasil.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.27, n.4, out./dez. 2007.

SOUZA, M. D. C. A. **Identificação, quantificação e comparação das substâncias químicas responsáveis pelos aromas da cachaça de**

alambique e do rum comercial tratados pelo processo de irradiação. Tese Doutorado. São Paulo/2006.

THIAGO, L.R.L.S., VIEIRA, J.M. Cana-de-açúcar: **Uma alternativa de alimento para a seca.** *Comunicado técnico.* Dezembro/2002

TONHL, E.; COLLINS, K. E.; JARDIM, I. C. S.; COLLINS, C. H. **Fases estacionárias para cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa (CLAE-FR) baseadas em superfícies de óxidos inorgânicos funcionalizados.** Química Nova. 2002.

VIANA, T. M. L. **Caracterização bioenergética de *Saccharomyces Cerevisiae* em fermentação vinária.** Lisboa 2009.

VIEIRA, D. A.; MENDONÇA, J. K. A. **Avaliação da contaminação com cobre na cachaça produzida na região da estrada de ferro-orizona no estado de Goiás.** 2005.