

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE - PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

INDICADORES DE QUALIDADE DE CACHAÇAS  
PRODUZIDAS COM *Saccharomyces cerevisiae* DE  
DIFERENTES ORIGENS

Autor: José Antônio Alves de Moura  
Orientador: D.Sc. Celso Martins Belisário

Rio Verde - GO  
Setembro - 2017

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE - PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

INDICADORES DE QUALIDADE DE CACHAÇAS  
PRODUZIDAS COM *Saccharomyces cerevisiae* DE  
DIFERENTES ORIGENS

Aluno: José Antônio Alves de Moura  
Orientadora: D.Sc. Celso Martins Belisário

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração desenvolvimento de produtos de origem vegetal.

Rio Verde - GO  
Setembro – 2017

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

MJ83i Moura, José Antônio Alves de  
INDICADORES DE QUALIDADE DE CACHAÇAS PRODUZIDAS  
COM *Saccharomyces cerevisiae* DE DIFERENTES ORIGENS /  
José Antônio Alves de Moura; orientador Celso Martins  
Belisário; co-orientadora Letícia Fleury Viana. --  
Rio Verde, 2017.  
49 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação  
em Tecnologia de Alimentos) -- Instituto Federal  
Goiano, Câmpus Rio Verde, 2017.

1. Bebida destilada. 2. Levedura. 3. Análise  
sensorial. 4. Fermentação. I. Belisário, Celso  
Martins, orient. II. Viana, Letícia Fleury, co-  
orient. III. Título.

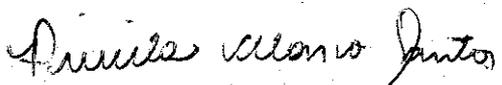
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

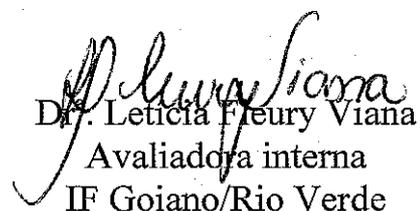
**INDICADORES DE QUALIDADE DE CACHAÇAS  
PRODUZIDAS COM LEVEDURAS DE DIFERENTES  
ORIGENS**

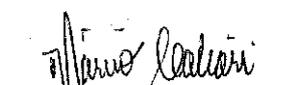
Autor: José Antônio Alves de Moura  
Orientador: Celso Martins Belisário

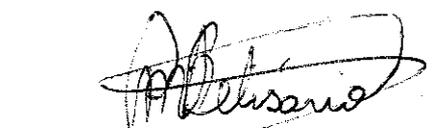
TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos – Área de Concentração  
em Tecnologia e Processamento de Alimentos.

APROVADA em 29 de setembro de 2017.

  
Dr.<sup>a</sup> Priscila Alonso dos Santos  
Avaliadora interna  
IF Goiano/Rio Verde

  
Dr.<sup>a</sup> Leticia Freury Viana  
Avaliadora interna  
IF Goiano/Rio Verde

  
Dr. Márcio Caliani  
Avaliador externo  
UFG/Goiânia

  
Dr. Celso Martins Belisário  
Presidente da banca  
IF Goiano/Rio Verde

## AGRADECIMENTOS

A elaboração e execução deste estudo, seria impossível de se realizar sozinho. Durante o tempo em que estive à frente desta pesquisa, recebi apoio de forma direta e indireta de diversas pessoas, que devo os mais sinceros agradecimentos.

Deixo enfatizado o “muito obrigado” aos meus pais e demais familiares, bem como meu irmão e braço direito Bruno Alves de Moura, que me auxiliou, desde ideias para escrever o projeto, até as análises realizadas.

Agradeço ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, instituição que faz parte de minha vida desde 2010. A todos os professores e demais servidores do Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, em especial ao meu orientador DSc. Celso Martins Belisário, que acompanha minha vida acadêmica desde a graduação, sempre me incentivando.

A minha coorientadora DSc. Letícia Fleury Viana, que conheci através de vários e-mails enviados por engano (achando que estava falando com outra professora) no início de meus estudos neste programa como aluno especial e que foi uma peça fundamental para o direcionamento e norteamento desse estudo.

Ao professor Hipólito Tadeu da Silva e sua esposa, por terem doado a cana-de-açúcar utilizada para a produção da cachaça.

Ao colega Marcio Filho, pelo auxílio na etapa de produção. Aos demais colegas que de forma direta ou indireta me auxiliaram nos laboratórios de Fitoquímica, Microbiologia de Alimentos, Bromatologia e Análise Sensorial.

Todas as experiências que vivi ao lado de cada um de vocês, foram muito importantes para meu crescimento pessoal, profissional e acadêmico. Muito obrigado!

## BIOGRAFIA DO AUTOR

José Antônio Alves de Moura, filho de Lucivaine Alves Barros e Antônio Emiliano de Moura, nascido em 12 de maio de 1991, natural de Rio Verde – Goiás. Fui criado na cidade de Santo Antônio da Barra, onde conclui o ensino médio em dezembro de 2008, passei no vestibular do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde em 2009, iniciando a graduação em Química em 2010, com o objetivo de quando formado atuar na indústria, porém em 2011 entrei para o Programa de Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) e comecei a descobrir a vocação para docência e antes mesmo de concluir a graduação comecei a trabalhar como professor no Colégio Estadual Hermínio Rodrigues Leão, onde já havia sido aluno atuando até hoje como professor temporário.

Colei grau em Licenciatura em Química em março de 2014. Entrei para o Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, no primeiro semestre de 2015, como aluno especial, e no segundo semestre fui aprovado e conclui a pesquisa intitulada como “Indicadores de qualidade de cachaças produzidas com *Saccharomyces cerevisiae* de diferentes origens”.

## ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Cachaça: definições e origem.....	2
1.2. Processo de produção.....	4
1.2.1. Cana-de-açúcar.....	5
1.2.2. Obtenção do caldo de cana e preparo do mosto.....	6
1.2.3. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	7
1.2.4. Fermentação.....	7
1.2.5. Destilação.....	10
1.3.1. Etanol.....	13
1.3.2. Acidez Volátil.....	13
1.3.3. Ésteres totais.....	14
1.3.4. Metanol.....	14
1.3.5. Furfural.....	15
1.3.6. Cobre.....	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
2. OBJETIVOS.....	21
3. CAPÍTULO I – INDICADORES DE QUALIDADE DE CACHAÇAS PRODUZIDAS COM <i>Saccharomyces cerevisiae</i> DE DIFERENTES ORIGENS.....	22
RESUMO.....	22
ABSTRACT.....	23
3.1. INTRODUÇÃO.....	25
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	26

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	30
3.4. CONCLUSÃO .....	38
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Parâmetros usados na caracterização físico-química de cachaça. ....	3
Tabela 2 - Equações e valores de $R^2$ para sólidos solúveis em função do tempo de fermentação do mosto, com fermentos de diferentes origens.....	30
Tabela 3 - Resultados médios das análises físico-químicas das cachaças produzidas com diferentes tipos de fermento.....	31
Tabela 4 - Médias dos valores hedônicos para os atributos de cor, aroma, sabor e impressão global das amostras de cachaça em estudo.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Fluxograma do processo de produção da cachaça. ....	5
Figura 2 – Visão geral da cana-de-açúcar no local de coleta.....	6
Figura 3 - Características desejáveis para <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	7
Figura 4 - Etapa de fermentação. ....	8
Figura 5 - Representação do mecanismo para a formação do complexo ativado invertase-sacarose. ....	9
Figura 6 - Mecanismo ilustrativo da produção de etanol.....	10
Figura 7- Alambique de cobre utilizado na destilação de cachaça. ....	11
Figura 8 - Componentes secundários presentes na cachaça. ....	12
Figura 9 - Fluxograma da etapa de fermentação.....	27
Figura 11 - Histograma de frequência dos valores hedônicos atribuídos à cor, aroma, sabor e impressão global das amostras de cachaças. ....	35
Figura 12- Histograma de distribuição de frequências para aceitação, indiferença e rejeição para os atributos cor, aroma, sabor e impressão global.....	36

## 1. INTRODUÇÃO

O panorama histórico da cachaça no Brasil está interligado à história da colonização, quando a bebida era produzida a partir de restos de caldeira, utilizadas para a produção de rapadura em pequenos engenhos rústicos. Na época, a cachaça tornou-se popular entre homens e mulheres passando a ser bastante consumida por custar menos que as bebidas portuguesas, com isso, começaram a ser cobrados tributos excessivos dos produtores de cachaça, que se revoltaram contra Portugal, juntamente com a população consumidora, marcando este cenário com a Revolta da Cachaça em 1660 (PINHEIRO et al., 2003).

Com a implantação do Programa Brasileiro de Desenvolvimento da Aguardente de Cana, caninha ou cachaça, em 1997, a produção de cachaça passou a ser mais cuidadosa e começou a receber incentivos da Associação Brasileira de Indústria de bebidas (Abrabe); do programa Especial de Exportações (PEE); da Agência de Promoção das Exportações (Apex); da Federação das Associações de Produtores da Cachaça de Alambique (FENACA) e do Programa de Novos Polos de Exportação (PNPE) (SILVA, 2006).

Mesmo com o início da fiscalização, atualmente existem produtores clandestinos. Porém, a agroindústria de produção de cachaça apresenta crescimento constante no mercado, juntamente com a agricultura familiar, e os produtores passaram a se organizar em associações e cooperativas, visando melhorias no processo de produção, a fim de atender aos padrões de qualidade, para tornar a cachaça um produto de maior competitividade no mercado consumidor interno e externo, tornando-a cada vez mais conhecida.

A cachaça é considerada uma bebida tipicamente brasileira, que consolidou seu espaço no mercado e assumiu importantíssimo papel econômico, cultural e social no Brasil (ETANISLAU et al., 2002; SILVA et al., 2011), sendo a bebida destilada mais consumida no Brasil e estando entre as mais consumidas internacionalmente, juntamente com a vodka, soju e baijiu (GRANATO et al., 2014; BORTOLETTO & ALCARDE, 2015).

### 1.1. Cachaça: definições e origem

O termo cachaça é a denominação típica para a bebida destilada produzida a partir de cana-de-açúcar brasileira, através da destilação do mosto do caldo de cana fermentado, com graduação alcóolica entre trinta e oito e quarenta e oito por cento em volume a vinte graus Celsius, podendo ser acrescida de até seis gramas de açúcar expressos em miligramas de sacarose por litro (BRASIL, 2005a). A produção de cachaça chegou ao Brasil no começo da colonização, e até o ano de 1945, era produzida em indústrias rurais simples e sem padrões de qualidade. Com o aumento do consumo, fez-se necessário aperfeiçoar os procedimentos de produção, assim obtendo melhorias no rendimento, produtividade e qualidade (PATARO et al., 2002).

Inicialmente, a produção de cachaça destinava-se ao consumo dos escravos, posteriormente adquirindo novas particularidades tornou-se produto de exportação. Até o final da Segunda Guerra Mundial, a indústria de cachaça era predominantemente rural, com pequenos produtores. Não existia processo de envelhecimento definido, uma vez que a bebida era pouco consumida, era armazenada em tonéis de madeira por intervalos de tempo prolongados, atribuindo melhor qualidade sensorial. Após a guerra, o aumento da população e manifestação do costume em beber cachaça, fez com que os produtores ampliassem as destilarias e aumentassem a produção (MAÇATELLI, 2007).

A produção de cachaça no Brasil é feita por dois métodos. A cachaça de alambique (artesanal), produzida em pequenas propriedades, em que se realiza a colheita da cana-de-açúcar de pequenos cultivos e a destilação em alambique de cobre. E a cachaça industrial, em que a matéria-prima é colhida de forma mecanizada em grandes culturas e a destilação é conduzida em colunas de aço inoxidável (GRANATO et al., 2014).

A fiscalização da produção e comercialização de cachaça é de responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que estabelecem, de acordo com Brasil (2005a), os padrões de identidade e qualidade (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros usados na caracterização físico-química de cachaça.

<b>Componentes</b>	<b>Unidade</b>	<b>Limite mínimo</b>	<b>Limite máximo</b>
Graduação alcóolica	% em volume de álcool etílico a 20 °C	38	48
Sacarose, açúcar refinado, cristal, invertido ou glicose	g/L	6,0	30,0***
Acidez volátil, em ácido acético	mg/100 mL de álcool anidro	--	150
Ésteres, em acetato de etila	mg/100 mL de álcool anidro	--	200
Aldeídos, em aldeído acético	mg/100 mL de álcool anidro	--	30
Furfural + hidroximetilfurfural	mg/100 mL de álcool anidro	--	5
Álcoois superiores*	mg/100 mL de álcool anidro	--	360
Congêneres**	mg/100 mL de álcool anidro	200	650
Álcool metílico	mg/100 mL de álcool anidro	--	20
Cobre	mg/L	--	5,0
Extrato seco	g/L	--	6***
Partículas em suspensão (resíduo sólido de qualquer espécie)	--	Ausente	Ausente

\* Álcoois superiores (isobutílico + isoamílico + n-propílico); \*\* Congêneres (Acidez volátil + Ésteres + Aldeídos + furfural + Álcoois superiores); \*\*\* Cachaça adoçada (Max. 30,0 g/L). Fonte: BRASIL, 2005b

Todos os estados brasileiros produzem cachaça, sendo São Paulo, Pernambuco, Ceará, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás, Paraná, Paraíba e Bahia os principais produtores. Por haver diferenças nas características químicas e sensoriais entre as bebidas produzidas nas diferentes regiões, a competitividade interna para produção de cachaça de alta qualidade ocasionou melhoras no procedimento de produção e aumento da comercialização do produto (SERAFIM et al., 2016).

No Brasil, são produzidos aproximadamente 1,7 bilhões de litros de cachaça, de cerca de 40 mil produtores, contabilizando aproximadamente 4.000 marcas de cachaça. O setor oferta cerca de 600 mil empregos diretos e indiretos e um faturamento

anual de US\$ 6 bilhões. Logo, a cachaça assume função importante no avanço da economia agroindustrial e social no Brasil, mesmo que ainda possua altos índices de produção clandestina. Entre os estados brasileiros produtores de cachaça, Minas Gerais se destaca como o maior produtor artesanal totalizando mais de 8466 produtores. No entanto, apenas uma pequena parcela, 452 produtores, possui registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (SOUZA et al. 2014; BORTOLETTO & ALCARDE, 2015).

Observa-se aumento do consumo de cachaça em todas as classes sociais no Brasil e em países como Europa, Estados Unidos e Japão, onde é comercializada em forma de drinque, conhecido como caipirinha (MENEHIN, 2012). De acordo com Amorim et al. (2016), no ano de 2013, a exportação de cachaça foi realizada para 59 países, gerando a receita US\$ 16,59 milhões.

## **1.2. Processo de produção**

O processo de produção de cachaça, Figura 1, consiste na extração e purificação do caldo de cana-de-açúcar para ser submetido à fermentação em dornas. Posteriormente, o vinho é destilado para a obtenção da bebida, que pode ou não passar por processo de envelhecimento antes do envase (BOSQUEIRO, 2010).

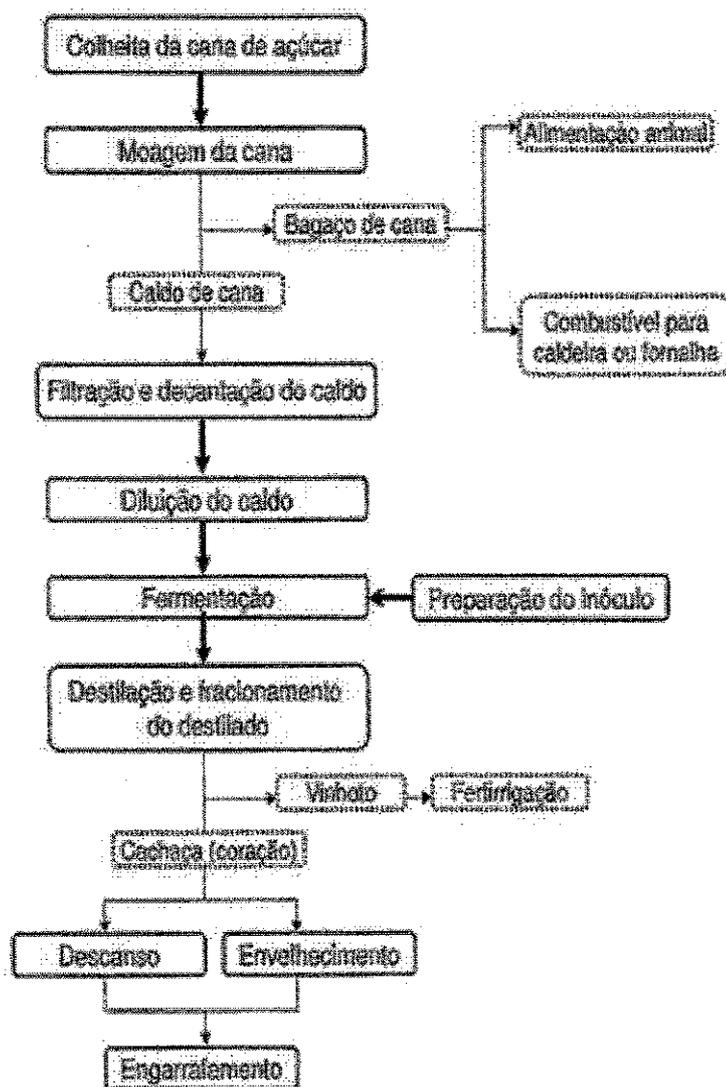


Figura 1 - Fluxograma do processo de produção da cachaça (GONÇALVES, 2015).

### 1.2.1. Cana-de-açúcar

Para a produção de cachaça, a cana-de-açúcar, Figura 2, deve ser colhida madura e utilizada em curto espaço de tempo, não devendo apresentar deterioração. O amadurecimento satisfatório da cana-de-açúcar é importante para a obtenção de um caldo concentrado em açúcares e boas propriedades de fermentação. A maturação da cana é influenciada por fatores como a variedade, umidade do solo, temperatura e propriedades físicas e químicas. Considera-se madura a cana em que o caldo atinja média de sólidos solúveis totais de 18 °Brix ou mais (MAÇATELLI, 2007).



Figura 2 – Visão geral da cana-de-açúcar no local de coleta (arquivo pessoal).

### 1.2.2. Obtenção do caldo de cana e preparo do mosto

Define-se como caldo de cana-de-açúcar a solução diluída de sacarose, com aproximadamente oitenta por cento de água e vinte por cento de sólidos solúveis totais. Os açúcares presentes no caldo de cana são sacarose, glicose e frutose, totalizando respectivamente, 18%, 0,4% e 0,1% do caldo (BOSQUEIRO, 2010). Para a extração do caldo, a cana deve ser cortada próximo ao solo, com cuidados inerentes à limpeza, tanto na colheita manual como na mecânica. A obtenção do caldo é através do esmagamento da cana em moenda (SOUZA et al., 2013a).

Após a moagem o caldo passa pelo processo de decantação durante 20 a 30 minutos e posteriormente é filtrado, para a retirada de partículas e fragmentos finos e densos ainda presentes. Por fim, o caldo é submetido a tratamento térmico e passa por ajuste da concentração de açúcares para uma faixa ideal entre 14 e 16 °Brix, para a obtenção de melhor rendimento no processo fermentativo e estabilização do fermento. O caldo de cana que passa por esse procedimento é denominado mosto (BOSQUEIRO, 2010).

### 1.2.3. *Saccharomyces cerevisiae*

Na produção de bebidas alcoólicas, utiliza-se normalmente a linhagem de levedura *S. cerevisiae*, porém, em processos que utilizam fermentação espontânea, pode haver a ação de muitas outras espécies de leveduras, sendo a *S. cerevisiae* a de maior influência no processo fermentativo (MALTA, 2006; SILVA et al., 2009). Por isso, deve considerar as características mostradas na Figura 3.

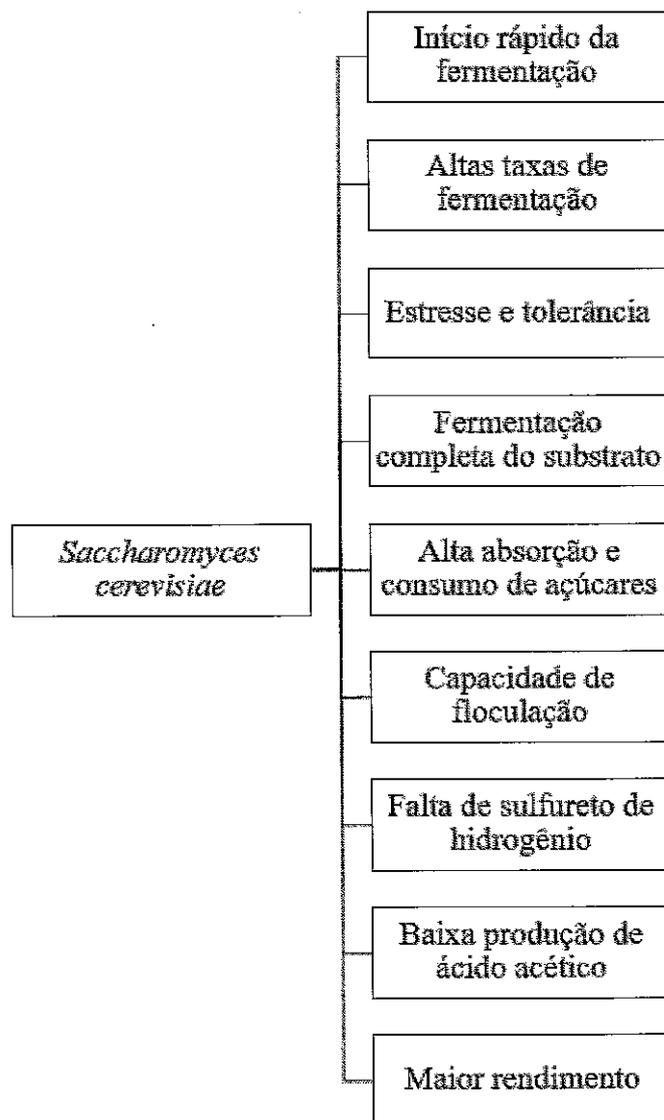


Figura 3 - Características desejáveis para *Saccharomyces cerevisiae* (SILVA et al., 2009).

### 1.2.4. Fermentação

O inoculo natural utilizado na produção de cachaça é determinado de acordo com o tipo de processo de produção utilizado. Existe uma variedade de fermentos que podem ser utilizados, tais como, caipira, prensado, misto e selecionado (FILHO & NOGUEIRA, 2013). A produção de cachaça artesanal apresenta a particularidade da preparação do inoculo, que se baseia no desenvolvimento da microbiota fermentativa por meio de crescimento naturais, tais como, da mistura de milho, arroz e farinha de soja ao caldo de cana (PATARO et al., 2002):

A fermentação do mosto dura em média vinte e quatro horas, sendo geralmente realizada por sistema convencional em batelada (adição do inoculo e todo o mosto a ser fermentado à dorna de fermentação), Figura 4. Assim que a levedura e o mosto entram em contato, já se inicia a fermentação, que se divide em três fases, são elas, preliminar ou pré-fermentação, fermentação principal e tumultuosa e fermentação complementar ou pós fermentação, que consistem respectivamente em: ocorrência da multiplicação celular e adaptação da levedura, produção de etanol e excessiva liberação de gás e diminuição da atividade fermentativa (MALTA, 2006).



Figura 4 - Etapa de fermentação (arquivo pessoal).

Durante a fermentação, a sacarose é quebrada pela ação de enzimas invertase das leveduras. Figura 5, produzindo glicose e frutose, que sofrem degradação para a formação de etanol e dióxido de carbono, como produtos principais da conversão dos açúcares do mosto (PINHEIRO et al., 2003).

O mecanismo para ação da enzima invertase sobre a sacarose é influenciado pelo pH, em que a formação do complexo ativado só ocorre com o pH do meio

reacional em faixa intermediária, entre a acidez e alcalinidade. Observa-se ainda que as formas iônicas são ativas, portanto existe um pH em que a concentração da enzima na forma ativa é maior, sendo este o pH que ocorre a atividade máxima da enzima (BARBOSA, 2009).

A produção de etanol e dióxido de carbono durante a fermentação do açúcar, envolve 12 reações sequenciais, catalisadas por enzimas específicas, presentes no citoplasma celular. A obtenção do etanol ocorre por via anaeróbia denominada fermentação glicolítica Figura 6. A coenzima nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD) age no processo de oxidação, em que  $\text{NAD}^+$  é a forma oxidada, transformando-se em NADH (forma reduzida), produzindo como fonte de energia, duas moléculas de trifosfato de adenosina (ATP), (essencial para atividades fisiológicas, biossíntese, vida, crescimento e multiplicação da levedura) que na ausência de oxigênio produz duas moléculas de piruvato que são descarboxiladas, pela ação da enzima piruvato descarboxilase, formando acetaldeído, que sofre redução pelo NADH, produzindo etanol, através da enzima álcool desidrogenase, com liberação de gás (SOUSA, 2016).

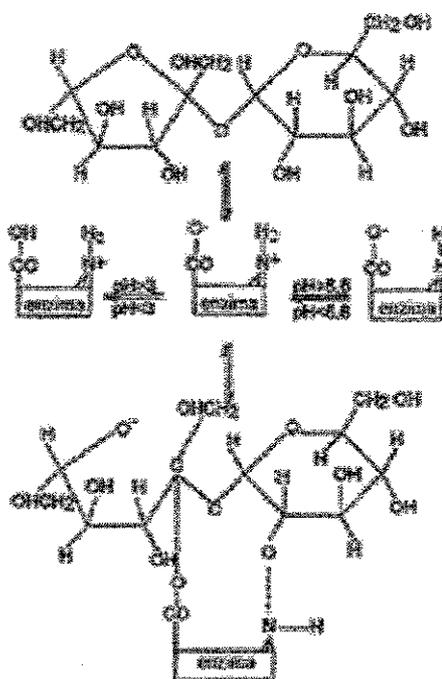


Figura 5 - Representação do mecanismo para a formação do complexo ativado invertase-sacarose (BARBOSA, 2009).

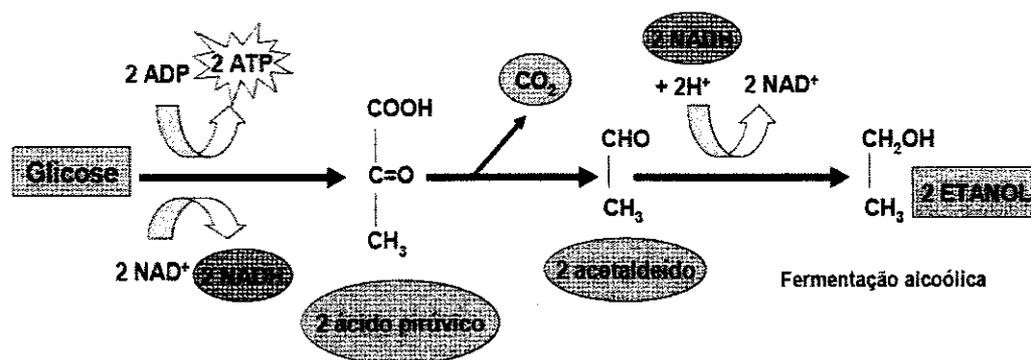


Figura 6 - Mecanismo ilustrativo da produção de etanol (SOUSA, 2016).

Além das transformações citadas e da formação do etanol, há também a formação de compostos secundários (ácidos carboxílicos, ésteres, aldeídos e álcoois superiores), presentes em menores concentrações, mas com ação importante para as propriedades sensoriais da bebida (BORTOLETTO & ALCARDE, 2015).

### 1.2.5. Destilação

A destilação é um processo físico de separação de misturas, em que o líquido a ser destilado é aquecido até passar para o estado gasoso, posteriormente sendo condensado através de resfriamento. Processo utilizado com o objetivo de purificação ou obtenção de novos produtos oriundos da decomposição de outras frações. É a etapa de produção responsável pela separação do álcool da mistura hidro alcoólica que se forma na etapa de fermentação. Portanto, é um procedimento essencial na fabricação de cachaça (SOUZA et al., 2013a).

De acordo com Alcarde et. al. (2009), os pequenos e médios produtores de cachaça realizam a destilação em alambiques de cobre em sistema descontínuo. Figura 7.

A separação das frações “cabeça”, “coração” e “cauda” durante a destilação do vinho, é de suma importância para a produção da cachaça. A fração “cabeça” corresponde aos vapores que são condensados no início da destilação, apresenta alto teor de álcool e de componentes como metanol, acetaldeído e acetato de etila, correspondendo de 1,0 a 2,0% do volume total do vinho presente na caldeira. A segunda

fração de destilado, o “coração”, correspondente a 80% do volume total do destilado, é a cachaça propriamente dita e seu recolhimento é cessado quando o teor alcoólico atinge entre 38 a 40% (v/v). A “cauda” corresponde a 3,0% do volume total do vinho, estabelecendo como ponto final da destilação quando se atinge o teor alcoólico de 14% (v/v). O vinho restante na panela do destilador é considerado vinhoto (SOUZA et al., 2013a).



Figura 7- Alambique de cobre utilizado na destilação de cachaça (arquivo pessoal).

### 1.3. Composição química

A cachaça é uma bebida caracterizada como uma solução de diversas substâncias químicas além do etanol. A composição e concentração dessas substâncias podem variar de um produto para o outro, de acordo com fatores como, matéria-prima e processo de produção (PINHEIRO et al., 2003). Os componentes majoritários da cachaça são etanol e água, o etanol é formado durante a fermentação, e as leveduras convertem os açúcares glicose e frutose em etanol e dióxido de carbono, como representado na Equação 1 (MARIA & MOREIRA, 2003; PINHEIRO et al., 2003).



Equação 1

No entanto, ocorrem reações secundárias, produzindo substâncias em menores concentrações durante os processos de destilação, envelhecimento e principalmente durante a fermentação (SOUZA et al., 2013b). Os componentes secundários da cachaça (Figura 8) como ácidos carboxílicos, ésteres, aldeídos e álcoois superiores, são componentes responsáveis pelo desenvolvimento de aroma e sabor da bebida destilada. Durante a fermentação, os açúcares são degradados, produzindo aldeídos que sofrem redução para a formação dos álcoois. A produção de ésteres durante a fermentação pode ocorrer por três vias, tais como, a esterificação de ácidos orgânicos, a degradação de aminoácidos e o catabolismo de açúcares. Os aldeídos são produzidos através de reações de oxidação de aminoácidos, álcoois ou ácidos graxos são produzidos aldeídos. Devido a degradação térmica de açúcares, pentoses e hexoses, estes sofrem desidratação e produz furfural e 5-hidroximetilfurfural (5-HMF). Durante a fermentação enzimas pectinolíticas de leveduras agem sobre o ácido galacturonio presente em particular devido ao bagaço em suspensão no caldo de cana, produzindo metanol (MOREIRA, et al., 2012).

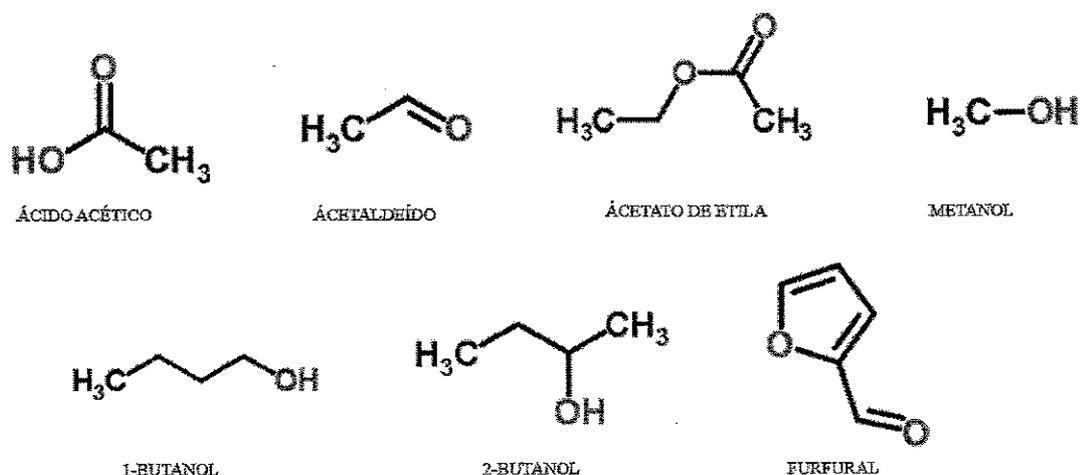


Figura 8 - Componentes secundários presentes na cachaça.

De acordo com Portugal et al. (2017) o furfural, o metanol, o 1-butanol, o 2-butanol e carbamato de etila são considerados substâncias contaminantes presentes na cachaça e podem alterar as características sensoriais importantes para a bebida.

### 1.3.1. Etanol

A determinação do grau alcoólico real é realizada pela destilação de 200 mL da amostra em um Microdestilador de Álcool TE-012 Tecnal®, recolhendo-se o destilado em um balão volumétrico de 200 mL em um banho de gelo, até próximo ao menisco. Esperou-se o resfriamento da amostra e completou-se o menisco com água destilada. O teor alcoólico foi quantificado a partir da densidade relativa a 20 °C, através de uma tabela (Densidade x Grau alcoólico) presente no Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagre (BRASIL, 2005b).

### 1.3.2. Acidez Volátil

A acidez volátil é quantificada por método titulométrico, em que foi destilado 10 mL de amostra em um Microdestilador de Álcool TE-012 Tecnal®, para a extração dos ácidos voláteis, que posteriormente foi acrescido de duas gotas de fenolftaleína e titulado com hidróxido de sódio 0,1 N. A quantificação da acidez volátil foi calculada através das Equações 2 e 3, e expressa em gramas de ácido acético por 100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005b).

$$Av = \frac{Eq \times n \times N}{10 \times V} \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

Av = Acidez volátil

n = Volume da solução de hidróxido de sódio gastos na titulação em mL.

N = Normalidade da solução de hidróxido de sódio.

V = Volume da amostra em mL.

Eq = Equivalente grama do ácido acético (60).

$$A. v. a. a. = \frac{Av \times 100 \times 1000}{GR} \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

A.v.a.a. = Acidez volátil em mg/ 100 mL de álcool anidro.

GR. = Grau alcoólico real (% vol.)

### 1.3.3. Ésteres totais

Os ésteres totais são determinados através de método químico, com o princípio de que os ésteres sofrem hidrólise na presença de hidróxido de sódio, determinando-se o excesso de álcali por titulação. Pipetou-se 100 mL do destilado da amostra (mesmo utilizado para análise de grau alcoólico real), e transferiu-se para um Erlenmeyer de 500 mL, neutralizou-se com solução de hidróxido de sódio, utilizou-se fenolftaleína como indicador. Adicionou-se 10 mL de hidróxido de sódio 0,1 N e deixou em refluxo por 1 hora em banho-maria. Ao fim do refluxo, resfriou-se rapidamente e acrescentou-se 10 mL de ácido sulfúrico 0,1 N. Titulou-se o excesso de ácido sulfúrico com solução NaOH 0,1 N até a coloração rósea. O cálculo de concentração dos ésteres totais foi realizado pela equação 4, e expressa em miligramas de acetato de etila por 100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005b).

$$E_{aa} = \frac{n \times N \times 8,8 \times 100}{V \times GR} \times 1000 \quad \text{Equação 4}$$

Em que:

$E_{aa}$  = Concentração de ésteres em mg/ 100 mL de álcool anidro

GR = Grau alcoólico real

n = Volume em mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação

N = Normalidade da solução de hidroxilo de sódio

V = Volume em mL de amostra titulada.

### 1.3.4. Metanol

O metanol é quantificado por método espectrofotométrico, partindo do princípio de que o permanganato de potássio oxida o metanol a formaldeído, que reage com o sal presente no ácido cromotrópico formando coloração roxa medida no espectrofotômetro. Partindo-se da amostra destilada utilizada para a análise de grau alcoólico real, realizou-se a diluição da concentração de etanol para 5-6% em volume.

Em um balão volumétrico de 50 mL, adicionou-se 2 mL de solução de permanganato de potássio e ácido fosfórico, transferindo-se 1 mL da amostra diluída para o balão volumétrico de 50 mL com o auxílio de uma pipeta, e resfriou-se em banho de gelo.

Preparou-se um branco de álcool etílico a 5,5% e um padrão de 0,025% de metanol e solução de álcool etílico a 5,5%, que foram tratadas da mesma forma que as amostras. As amostras, o branco e o padrão foram deixados em banho de gelo por meia hora. Na sequência, acrescentou-se ao balão sulfito de sódio até que a solução fosse descolorida e adicionou-se 1 mL de ácido cromotrópico. A seguir, foram adicionados lentamente 15 mL de ácido sulfúrico concentrado, efetuando-se giros no balão volumétrico. Sendo levados a refluxo em banho-maria por 15 minutos entre 60 e 70 °C.

Em seguida foram resfriados e completou-se o volume com água destilada a temperatura ambiente. Efetuou-se a calibração do espectrofotômetro Lambda 750 PerkinElmer® em 575 nm, e realizou-se a leitura das absorvâncias das amostras e do padrão. A concentração de metanol é expressa em mL de metanol por 100 mL de álcool anidro e foi calculada através da equação 5 (BRASIL, 2005b).

$$C_m = \frac{A \times 2,5 \times F}{A_p \times GR} \quad \text{Equação 5}$$

Em que:

$C_m$  = Concentração de metanol em mL/ 100 mL de álcool anidro

$A$  = Absorvância da amostra

$F$  = Fator de diluição do teor alcoólico

$A_p$  = Absorvância do Padrão

$GR$  = Grau alcoólico real

### 1.3.5. Furfural

A concentração de furfural é determinada por método espectrofotométrico, baseado no princípio de que na reação entre furfural e o íon anilínio, proveniente do acetato de anilínio, produz furfulidenanelina, que pode ser quantificada por espectrofotômetro.

Inicialmente, preparou-se solução padrão de furfural acrescentando-se 10 mg de furfural em 100 mL de etanol a 50% em volume, transferindo-se para tubos de ensaio respectivamente 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mL da solução padrão de furfural. Em outros tubos acrescentou-se 0,5; 1,0; 2,0 mL do destilado da amostra. Completou-se o volume para 10 mL com etanol 50% volume em todos os tubos. Em seguida, adicionou-se aos tubos 0,5 mL de anilina e 2 mL de ácido acético puro. Colocaram-se todos os tubos em banho a 20 °C. Decorridos de 5 a 10 minutos da adição dos reagentes, foram efetuadas as leituras das absorvâncias a 520 nm em um espectrofotômetro Lambda 750 PerkinElmer®.

Construiu-se a curva padrão através de Microsoft Excel 2010®, plotando-se nas abscissas miligramas de furfural por 100 mL de amostra e, nas ordenadas as absorvâncias. Efetuaram-se os cálculos de concentração de furfural a partir da equação 6 (BRASIL, 2005b).

$$C = \frac{c \times F \times 100}{GR} \quad \text{Equação 6}$$

Em que:

C = Concentração de Furfural em mg por 100 de álcool anidro

c = Concentração lida na curva

F = Fator de diluição (10)

GR = Grau alcoólico real

### 1.3.6. Cobre

A concentração de cobre presente nas amostras foi quantificada através de um espectrofotômetro de absorção atômica AAS vario 6 da marca Varian®, com chama de ar/acetileno oxidante, utilizando-se lâmpada de cátodo oco de cobre.

Transferiu-se 50 mL da bebida destilada para um béquer de 250 mL e evaporou-se em banho-maria até 10 mL. Resfriou-se e transferiu-se para um balão de 50 mL e completou-se volume para 50 mL com água desmineralizada ultrapura. Seguiram-se as instruções do manual do equipamento para ajustar-se o zero da escala de absorvância e efetuou-se a aspiração das soluções padrão de cobre presentes para traçar a curva padrão de absorvância em função da concentração de cobre. Sendo

posteriormente aspiradas as amostras para o queimador do espectrofotômetro, registrando-se as absorvâncias. Os resultados para a concentração de cobre foram expressos em miligramas por litro (BRASIL, 2005b).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AMORIM, J.C.; SCHWAN, R.F.; DUARTE, W.F. Sugar cane spirit (cachaça): Effects of mixed inoculum of yeasts on the sensory and chemical characteristics. **Food Research International**. v.85, p.76-83, 2016.

BARBOSA, E.F. **Avaliação da atividade a inversate de *Saccharomyces cerevisiae* imobilizada em polianilina sobre o caldo de cana**. 2009. 62f. Dissertação (Mestrado em Biologia) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

BORTOLETTO, A.M.; ALCARDE, A.R. Assessment of chemical quality of Brazilian sugar cane spirits and cachaças. **Food Control**, Elsevier Ltd., v.54, p.1-6, 2015.

BOSQUEIRO, A. C. **Composição química da aguardente de cana-de-açúcar ao longo do processo de dupla destilação em alambique simples**. 2010. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

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**. Brasília, DF. 30 de junho de 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. Revoga a Portaria nº 76 de 27/11/1986. **Diário Oficial**. Brasília, DF. 20 de setembro de 2005b. Seção 1, p. 11.

ETANISLAU, M. L. L.; CANÇADO JR., F. L.; PAIVA, B. M. Mercado Atual e potencial da cachaça. **Informe Agropecuário, EPAMIG**, v. 23, n.217, p.19-24, 2002.

FILHO, W. G. V.; NOGUEIRA, A. M. P. **Aguardente e Cachaça**. Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista – Campus Botucatu. Botucatu, 2013.

GONÇALVES, C.M. **Uso de levedura selecionada em escala piloto para a produção de cachaça de alambique**. 2015. 118f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2015.

GRANATO, D.; OLIVEIRA, C.C.de.; CARUSO, M.S.F.; NAGATO, L.A.F.; ALABURDA, J. Feasibility of different chemometric techniques to differentiate commercial Brazilian sugarcane spirits based on chemical markers. **Food Research International**. Elsevier, v.60, p.212-217, 2014.

MAÇATELLI, M. **Determinação do perfil sensorial de marcas comerciais de cachaça**. 2007. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2007.

MALTA, H. L. **Estudo de parâmetros de propagação de fermento (*Saccharomyces cerevisiae*) para produção de cachaça de alambique**. 2006. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Farmácia. Belo Horizonte, 2006.

MARIA, C.A.B.; MOREIRA, R.F.A. Compostos voláteis em méis florais. **Química Nova**. v.26, p.897-901, 2003.

MENEGHIN, M. C. **Avaliação do processo de produção de cachaça em pequenas empresas em relação às Boas Práticas de Fabricação**. 2012. 76 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, 2012.

MOREIRA, R.F.A.; NETTO, C.C.; De MARIA, C.A.B. A fração volátil das aguardentes de cana produzidas no Brasil. **Química Nova**. v. 35, p.1819-1826, 2012.

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

PINHEIRO, P.C.; LEAL, M.C.; ARAÚJO, D.A. de. Origem, produção e composição química da cachaça. **Química Nova na Escola**. n.8, p.3-8, 2003.

PORTUGAL, C.B.; SILVA, A.P.DE D; BORTOLETTO, A.M.; ALCARDE, A.R. How native yeasts may influence the chemical profile of the Brazilian spirit, cachaça?. **Food Research International**. v.91, p.18-25, 2017.

SERAFIM, F.A.T.; PEREIRA-FILHO, E.R.; FRANCO, D.W. Chemical data as markers of the geographical origins of sugarcane spirits. **Food Chemistry**, Elsevier Ltd., v.196, p. 196-203, 2016.

SILVA, J. M. (2006). **Cachaça: o mais brasileiro dos prazeres**. São Paulo: Anhembi Morumbi.

SILVA, C.L.C.; VIANNA,C.R.; CADETE, R.R.; SANTOS, R.O.; GOMES, F.C.O.; OLIVEIRA, E.S.; ROSA, C.A. Selection, growth, and chemo-sensory evaluation of flocculent starter culture strains of *Saccharomyces cerevisiae* in the large-scale of traditional Brazilian cachaça. **International Journal of Food Microbiology**. v. 131, p. 203-210, 2009.

SILVA, M. C.; AZEVEDO, L. C.; CARVALHO, M. M.; SÁ, A. G. B., LIMA, M. S. Elaboração e avaliação da qualidade de aguardentes de frutas submetidas a diferentes tratamentos. **Revista Semiárido. Visu 1**: 92-106, 2011.

SOUSA, G.S. **Estudo da fermentação alcoólica em um biorreator de leito fixo em sistema contínuo com células de *Saccharomyces cerevisiae* imobilizadas em alginato cálcio revestido com quitosana.** 2016. 142f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

SOUZA, P.P.de; RESENDE, A.M.M.; AUGUSTI, D.V.; BADOTTI, F.; GOMES, F.de C.O.; CATHARINO, R.R.; EBERLIN, M.N.; AUGUSTI, R. Artificially-aged cachaça samples characterised by direct infusion electrospray ionisation mass spectrometry. **Food Chemistry**, Elsevier Ltd., v.143, p.77-31, 2014.

SOUZA, L.M.de; ALCARDE, A.R.; LIMA, F.V. de; BORTOLETTO, A.M.I. **Produção de cachaça de qualidade.** Piracicaba: ESALQ, 72p. 2013a.

SOUZA, R. A.; HENRIQUE, R. S.; SILVA, M. T. P. Perfil sensorial de cachaças industriais produzidas no sudeste do Brasil safra 2008/2009. **Revista Agrotecnologia**, v. 4, n. 1, p. 97-108, 2013b.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo geral

Produzir cachaça artesanal utilizando *Saccharomyces cerevisiae* de diferentes origens, destilando em alambique de cobre e identificar a melhor bebida em relação às características físico-químicas e sensoriais.

### 2.2. Objetivos específicos

- ✓ Produzir cachaças utilizando *Saccharomyces cerevisiae* de diferentes origens;
- ✓ Realizar a caracterização físico-química das amostras de cachaça e avaliar as possíveis correlações entre elas.
- ✓ Realizar um teste de preferência em relação as características de cor, aroma e sabor;
- ✓ Definir o melhor tipo de levedura para fermentação alcoólica.

3. CAPÍTULO I – INFLUÊNCIA DA ORIGEM DE *Saccharomyces cerevisiae* NA QUALIDADE DA CACHAÇA ARTESANAL.

RESUMO

MOURA, JOSÉ ANTÔNIO ALVES DE. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – GO, setembro de 2017. **INFLUÊNCIA DA ORIGEM DE *Saccharomyces cerevisiae* NA QUALIDADE DA CACHAÇA ARTESANAL.** Orientador: Prof. D.Sc. Celso Martins Belisário. Coorientadora interna: Prof.<sup>a</sup> D.Sc. Letícia Fleury Viana. Coorientador externo: Prof. D.Sc. Márcio Caliari.

A cachaça é uma bebida tipicamente brasileira, produzida a partir da destilação do caldo de cana-de-açúcar fermentado, possuindo graduação alcoólica de 38 a 48 % do volume de etanol. A bebida possui características sensoriais peculiares que variam de acordo com o processo produtivo. O presente estudo objetivou, produzir cachaça artesanal utilizando *Saccharomyces cerevisiae* de diferentes origens na fermentação, destilando em alambique de cobre e identificar a melhor bebida em relação às características físico-químicas e sensoriais. Utilizou-se as leveduras comerciais Fleischmann® e Levapan® e levedura selecionada CA-11. A cinética de degradação dos açúcares, obteve maiores valores de  $R^2$  nas funções polinomiais de grau 3 para todos os tratamentos, entretanto, o tempo de fermentação foi menor para leveduras comerciais. A

graduação alcoólica média das cachaças variaram entre 43,10 e 47,56 % (v/v). As concentrações de acidez volátil, ésteres totais, metanol, furfural e cobre apresentaram-se em conformidade com a legislação. Foi realizada análise sensorial em escala hedônica de 7 pontos para cor, aroma, sabor e impressão global, os resultados não apresentaram diferenças. A frequência de aceitação para cor foi maior nas cachaças produzidas por leveduras comerciais. A cachaça produzida pela levedura Levapan® apresentou maior aceitabilidade para o aroma, e a cachaça produzida por levedura CA-11 foi mais aceita em relação a sabor e impressão global. É possível produzir cachaças de boa qualidade utilizando leveduras comerciais, tanto pelo menor preço para aquisição, quanto pela eficiência na fermentação.

**PALAVRAS-CHAVE:** bebida destilada, levedura, análise sensorial, fermentação.

## ABSTRACT

MOURA, JOSÉ ANTÔNIO ALVES DE. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, september, 2017. **INFLUENCE OF THE ORIGIN OF *Saccharomyces cerevisiae* IN THE QUALITY OF ARTISANAL CACHAÇA.** Advisor: Belisário, Celso Martins. Internal Co-advisor: Prof. D.Sc. Viana, Leticia Fleury. External Co-advisor: Prof. D.Sc. Caliari, Márcio.

Cachaça is a Brazilian drink, produced from the distillation of fermented sugarcane juice, having an alcoholic strength of 38 to 48% of the ethanol volume. The beverage has peculiar sensorial characteristics that vary according to the productive process. The present study aimed to produce artisanal cachaça using *Saccharomyces cerevisiae* of different origins in the fermentation, distilling in copper alembic and identifying the best drink in relation to the physical-chemical and sensorial characteristics. The commercial yeasts Fleischmann® and Levapan® and selected yeast CA-11 were used. The degradation kinetics of sugars obtained higher values of R<sup>2</sup> in the polynomial functions of grade 3 for all treatments, however, the fermentation time was lower for

commercial yeasts. The average alcohol content of cachaças ranged from 43.10 to 47.56% (v / v). Concentrations of volatile acidity, total esters, methanol, furfural and copper were in accordance with the legislation. A 7-point hedonic scale sensory analysis was performed for color, aroma, taste and overall impression. The results were not statistically significant by the Tukey test ( $p < 0.05$ ). The frequency of acceptance for color was higher in the cachaças produced by commercial yeasts, the yeast-produced cachaça Levapan® presented greater acceptability for the aroma, and the cachaça produced by yeast CA-11 was more accepted in relation to flavor and overall impression. It is possible to produce good quality cachaças using commercial yeasts, both for the lowest price for acquisition and for the efficiency in the fermentation.

**KEY WORDS:** distilled beverage, yeast, sensory analysis, fermentation.

### 3.1. INTRODUÇÃO

Cachaça é o termo usado para bebida destilada, tipicamente brasileira, obtida através da destilação do mosto do caldo de cana-de-açúcar fermentado, com graduação alcoólica entre 38 a 48 % do volume a 20°C, podendo realizar-se acréscimo de até seis gramas de açúcar expressos em miligramas de sacarose por litro (BRASIL, 2005a).

A bebida em questão consiste em uma solução de etanol, água e compostos com aromas peculiares, que possui entre seus componentes, ésteres, aldeídos, ácidos orgânicos e álcoois superiores que influenciam diretamente na formação do aroma (AMORIM et. al., 2016). A produção de cachaça é realizada em praticamente todas as regiões do Brasil, sendo produzidas por métodos artesanais ou em escalas industriais (PORTUGAL et. al., 2017).

A tecnologia de produção de cachaça preocupa-se com a instalação e aplicação de parâmetros que garantam a produção de cachaça de qualidade, imprescindível para o atendimento das necessidades e exigências dos mercados interno e externo (RIACHI et. al., 2014).

A cachaça é considerada uma bebida tipicamente brasileira, que consolidou seu espaço no mercado e assumiu um importantíssimo papel econômico, cultural e social no Brasil (ETANISLAU et al., 2002; SILVA et al., 2011), sendo a bebida destilada mais consumida no Brasil e estando entre as mais consumidas internacionalmente, juntamente com a vodka, soju e baijiu (GRANATO et al., 2014; BORTOLETTO & ALCARDE, 2015).

Um agente importante para a qualidade da cachaça é o tipo de fermento utilizado. Na produção artesanal, utiliza-se o fermento natural, que por possuir uma gama de espécies de leveduras dificulta a padronização do produto. Já a utilização de fermento selecionado, viabiliza fermentações puras e mais eficientes, uma vez que se

lida com células de *Saccharomyces cerevisiae* que possuem características que se adaptam melhor às condições de fermentação (RIBEIRO et. al., 2017). Além disso, podem acelerar a fermentação, reduzir os contaminantes e contribui significativamente para a qualidade sensorial, principalmente associada aos teores de acidez e álcoois superiores (ALCARDE et. al., 2012).

Outro fator que influencia na qualidade da cachaça é a utilização de alambique de cobre. Esse destilado é preferido pelos consumidores pois, o cobre auxilia na eliminação de alguns aromas desagradáveis, no entanto, cuidados com a limpeza devem ser tomados para diminuir a presença deste metal na bebida, que de acordo com a legislação, aceita-se sua presença em concentração máxima de  $5 \text{ mg.L}^{-1}$  no produto final (FERNANDES et. al., 2007).

Mediante esse cenário, o presente estudo objetivou produzir cachaça artesanal utilizando diferentes origens de *Saccharomyces cerevisiae* no processo de fermentação e destilação em alambique de cobre para identificar a melhor bebida em relação às características físico-químicas e sensoriais.

### 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados de abril a agosto de 2017, na cidade de Rio Verde – GO. Para a produção da cachaça foram utilizadas canas-de-açúcar da variedade RB 85-5453, que foram doadas por um pequeno produtor da região. As mesmas foram cortadas, higienizadas e transportadas até um produtor de garapa local para a extração do caldo através de moenda eletrônica, previamente higienizada e reservada somente para a pesquisa no dia da moagem. A etapa de produção da cachaça foi desenvolvida no laboratório de Microbiologia de Alimentos e as análises físico-químicas e sensoriais, foram realizadas nos laboratórios de Fitoquímica, Bromatologia, Microbiologia de Alimentos, Central analítica e Análise Sensorial, do Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde.

Utilizaram-se três tipos de leveduras de diferentes origens, fermento biológico seco instantâneo *Saccharomyces cerevisiae*, marca Fleischmann® (tratamento 1), fermento biológico fresco *Saccharomyce cerevisiae* marca Levapan® (tratamento 2), CA-11 *Saccharomyces cerevisiae* marca LNF Latino Americana Consultoria Assessoria e Importação Ltda (tratamento 3). A concentração de leveduras por litro de mosto, para

as leveduras Fleischmann® e Levapan® foram determinadas de acordo com estudos de Filho & Nogueira (2013), para a levedura CA-11, foram seguidas as recomendações dos fabricantes, sendo respectivamente  $1 \text{ g.L}^{-1}$  em condições normais de fermentação.

Após a colheita e higienização da cana-de-açúcar, a mesma foi submetida a moagem para a extração do caldo, que posteriormente foi decantado e filtrado para a retirada de partículas em suspensão. As diferentes amostras de caldo utilizadas na produção das cachaças, inicialmente com  $17,3 \text{ }^\circ\text{Brix}$  foram diluídas com água, até atingirem teores de sólidos solúveis próximos a  $16 \text{ }^\circ\text{Brix}$ .

Foram realizadas 9 fermentações simultâneas, divididas em 3 tratamentos, como representado no modelo na Figura 9, em dornas de plástico de 15 L, utilizando-se 7 L de mosto para cada processo fermentativo, sendo 3 repetições para cada lote. Acrescentaram-se nas dornas das leveduras Fleischmann® e Levapan®, 20 g de leveduras por litro de mosto a ser fermentado e para a leveduras CA-11 1 g de levedura por litro de mosto. As fermentações foram conduzidas dentro de Incubadoras B.O.D. com temperatura controlada em  $32 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Realizou-se a aferição do teor de sólidos solúveis através de leitura em refratômetro de bancada, após a filtração do caldo de cana, depois da diluição do caldo, e acompanhamento periódico de hora em hora durante o processo fermentativo (INSTITUTO ADOLF LUTZ, 2008). Determinando-se o seu fim quando o teor de sólidos solúveis se apresentou constante e próximo de zero. Após a fermentação o vinho foi armazenado em Incubadoras B.O.D. a temperatura de  $4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , até serem submetidos à destilação.

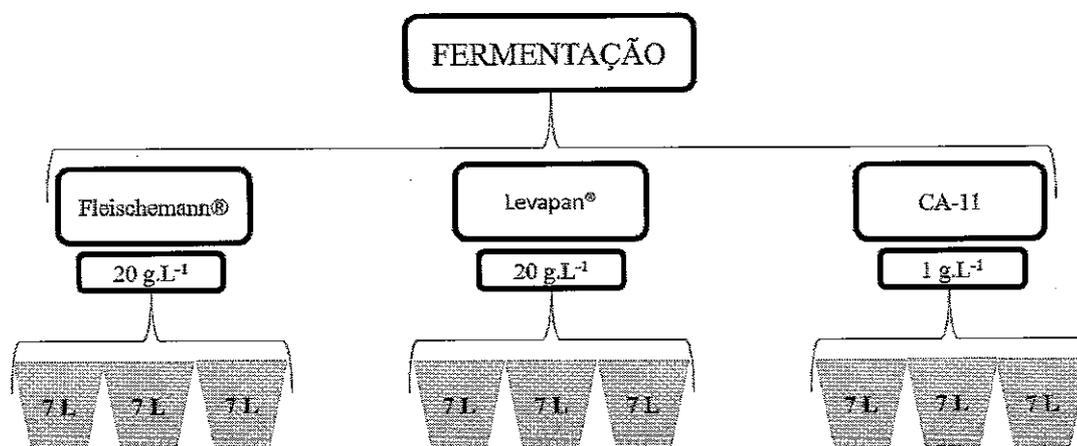


Figura 9 - Fluxograma da etapa de fermentação

Antes da destilação determinou-se o teor alcoólico do vinho, através da destilação de 20 mL de vinho em um Microdestilador de Álcool TE-012 Tecnal®. Foi utilizado um densímetro digital Antoon Paar DMA 35® para a realização da leitura de grau alcoólico a 20 °C. Foram realizados cálculos a partir do volume de álcool no vinho para determinação do volume a ser retirado das frações cabeça (10%), coração (80%) e cauda (10%) do volume do destilado.

As destilações foram realizadas em alambique de cobre de 15 L de capacidade. Antes da realização das destilações, o equipamento foi devidamente higienizado com água, sabão e uma solução de ácido cítrico e cloreto de sódio, para a extração de compostos oxidados na sua superfície, entre cada destilação. Durante a realização das destilações foi utilizado um alcoômetro para o acompanhamento do grau alcoólico do destilado para facilitar o corte das frações do destilado, sendo aproveitada apenas a fração coração.

A determinação do grau alcoólico real foi realizada pela destilação de 200 mL da amostra em um Microdestilador de Álcool TE-012 Tecnal®, e quantificado a partir da densidade relativa a 20 °C usando tabela de conversão presente no Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagre (BRASIL, 2005b).

A acidez volátil foi quantificada por método titulométrico, em que foram destilados 10 mL de amostra em um Microdestilador para a extração dos ácidos voláteis, que posteriormente foi acrescido de duas gotas de fenolftaleína e titulado com hidróxido de sódio 0,1 N (BRASIL, 2005b).

Os ésteres totais foram determinados através de método químico, com o princípio de que os ésteres sofrem hidrólise na presença de hidróxido de sódio, determinando-se o excesso de álcali por titulação (BRASIL, 2005b).

O metanol foi quantificado por método espectrofotométrico, partindo do princípio de que o permanganato de potássio oxida o metanol a formaldeído, que reage com o sal presente no ácido cromotrópico formando coloração roxa medida no espectrofotômetro, efetuou-se a calibração do espectrofotômetro Lambda 750 PerkinElmer® em 575 nm, e realizaram-se as leituras das absorvâncias das amostras e do padrão (BRASIL, 2005b).

A concentração de furfural foi determinada por método espectrofotométrico, baseado no princípio de que na reação entre furfural e o íon anilínio, proveniente do

acetato de anilínio, produz furfulidenanelina, que foi quantificada através de leituras das absorvâncias em 520 nm, por espectrofotômetro Lambda 750 PerkinElmer® (BRASIL, 2005b).

A concentração de cobre presente nas amostras foram quantificadas através de um espectrofotômetro de absorção atômica, com chama de ar/acetileno oxidante, utilizando-se lâmpada de cátodo oco de cobre (BRASIL, 2005b).

O projeto para a realização da análise sensorial foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal Goiano, sob Parecer CAAE: 68378117.3.0000.0036. Após o período de descanso de 3 meses, a análise sensorial foi realizada. Foram realizados testes de preferência em escala hedônica de 7 pontos, fixadas em suas extremidades os seguintes termos: “gostei muitíssimo” e “desgostei muitíssimo”, para os atributos de cor, aroma, sabor e impressão global.

Os testes foram realizados com 50 provadores maiores de 18 anos, apreciadores de cachaça e não treinados, que demonstraram interesse em participarem voluntariamente da pesquisa após lerem, concordarem e assinarem o termo de consentimento livre (TCLE). Serviu-se aos provadores as cachaças produzidas com as leveduras, mistura de 1/3 de cada repetição de cachaça. Foram servidas em copos descartáveis transparentes, previamente codificados e cobertos com vidro de relógio até o momento do teste. Orientou-se os provadores para que comessem bolachas e tomassem água no intervalo entre a degustação das amostras.

O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso, com três tratamentos e três repetições. Sendo os tratamentos, as cachaças produzidas a partir de leveduras de diferentes origens.

A cinética de consumo dos açúcares foi realizada por meio de regressão em Microsoft Excel 2010®, plotando-se os valores de sólidos solúveis em função do tempo de atividade de fermentação, de hora em hora, até valores constantes. Foram comparados os valores de  $R^2$  das equações geradas nos modelos Exponencial e Polinomial de graus 2 e 3. Os dados obtidos nas análises físico-químicas, bem como os valores da escala hedônica, foram submetidos à análise de variância e as médias submetidas ao teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), no Sisvar 5.6©. Os histogramas de frequência dos valores da escala hedônica foram construídos a partir do Microsoft Excel 2010®.

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A cinética de degradação dos açúcares indicou comportamento exponencial e polinomial de graus 2 e 3, para os três tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2 - Equações e valores de  $R^2$  para sólidos solúveis em função do tempo de fermentação do mosto, com fermentos de diferentes origens.

Tratamento	Função	$R^2$
1	$y = 17,103e^{-0,189x}$	0,9292
	$y = 0,1433x^2 - 2,7963x + 17,048$	0,9574
	$y = 0,0614x^3 - 0,5941x^2 - 0,5719x + 16,016$	0,9877
2	$y = 14,719e^{-0,162x}$	0,8231
	$y = 0,2481x^2 - 3,6523x + 17,565$	0,9116
	$y = 0,0122x^3 + 0,0832x^2 - 3,0891x + 17,257$	0,9137
3	$y = 17,626e^{-0,067x}$	0,9675
	$y = -0,0016x^2 - 0,741x + 16,73$	0,9755
	$y = 0,0066x^3 - 0,1301x^2 - 0,0971x + 16,165$	0,9867

As funções apresentadas estão na seguinte sequência: função exponencial, função polinomial de grau 2 e função polinomial de grau 3.

Os três modelos descritos na tabela 2, foram os que melhor se adequaram aos dados de sólidos solúveis em função do tempo de fermentação. No entanto, os maiores valores de  $R^2$  se apresentaram nas funções polinomiais de grau 3 para todos os tratamentos. Além desse fator, é importante destacar o tempo de fermentação, associado aos níveis de consumo dos açúcares, já que a redução do tempo pode evitar diversas ações indesejáveis como contaminações. E a degradação mais eficiente pode ajudar a selecionar o melhor fermento. Nesse caso, o tratamento 3 (CA-11) apresenta comportamento matemático melhor do que os outros, no entanto, ao final de 28 horas, o teor de sólidos solúveis estava próximo de 7 °Brix, enquanto os fermentos comerciais, com aproximadamente 20 horas de fermentação, já atingiram teores próximos a 4 °Brix.

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

Tabela 3 - Resultados médios das análises físico-químicas das cachaças produzidas com diferentes tipos de fermento.

	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	CV (%)	Valores legais
Grau alcoólico real (%)	45,37 a	47,56 a	43,10 a	8,97	38-48
Acidez Volátil (mg 100 mL <sup>-1</sup> )	6,62 a	2,15 b	6,05 a	1,16	<150
Ésteres totais (mg 100 mL <sup>-1</sup> )	67,31 a	76,57 a	84,31 a	12,58	<200
Metanol (mg 100 mL <sup>-1</sup> )	ND	ND	ND	ND	<20
Furfural (mg 100 mL <sup>-1</sup> )	0,024 a	0,013 a	0,014 a	0,003	<5
Cobre (mg L <sup>-1</sup> )	2,12 a	1,91 a	2,71 a	0,81	<5

Médias na mesma linha, seguidas de letras iguais, não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. Tratamento 1: Fermento biológico seco instantâneo *Saccharomyces cerevisiae*, marca Fleischmann®. Tratamento 2: Fermento biológico fresco *Saccharomyces cerevisiae* Levapan®. Tratamento 3: CA-11 *Saccharomyces cerevisiae* LNF Latino Americana Consultoria Assessoria e Importação Ltda. ND: não detectado. CV (%): Coeficiente de variação.

De acordo com os dados apresentados, as concentrações médias de etanol presentes nas cachaças produzidas, não apresentaram diferenças a 5% de significância, e estão de acordo com o limite de 38 a 48 % do volume, estabelecidos por Brasil (2005b).

Amorim et al. (2016) analisou cachaças produzidas a partir de inoculo misto *M. caribbica* CCMA 0198 e *S. cerevisiae* CA-11, obteve bebidas com teor alcoólico de 40,24% v/v e 40,88% v/v.

O tratamento 2 apresentou a menor concentração de acidez volátil em ácido acético, observando-se diferença significativa em relação as outras amostras. No

entanto, tais valores estão de acordo com o limite máximo estabelecido pela legislação em todos os tratamentos. Em um estudo realizado por Fernandes et al. (2007) foram analisadas 16 amostras de cachaças produzidas por cooperativa do sul de Minas Gerais, onde detectaram-se duas amostras com valores de acidez volátil superiores ao limite da legislação brasileira.

De acordo com, Bortoletto & Alcarde (2015), a alta concentração de acidez volátil em cachaça é proveniente da contaminação bacteriana durante o processo de fabricação. Além disso, outro fator que influencia na redução da acidez volátil na bebida é o fracionamento correto do destilado, realizando o corte ideal para a fração “cauda”. A partir desse contexto, presume-se que o fracionamento e os cuidados na prevenção de contaminação durante o processo foram exitosos no presente estudo.

Os teores de ésteres totais não apresentam diferenças significativas e encontram-se com concentrações inferiores ao limite máximo de  $200 \text{ mg.mL}^{-1}$  estabelecido pela legislação. Em estudo realizado por Ribeiro et al. (2017), foram produzidas cachaças utilizando-se leveduras nativas e levedura CA-11, com variação de caldo clarificado e não clarificação, e obtiveram concentrações médias de ésteres totais dentro das conformidades da legislação, destacando-se que para os tratamentos que utilizaram a levedura CA-11 a concentração de ésteres totais foi menor que nos tratamentos realizados com leveduras nativas.

Bogusz Junior et al. (2006) realizaram análise de 27 amostras cachaças produzidas no noroeste do Rio Grande do Sul, onde nenhuma amostra apresentou irregularidade para a concentração de ésteres. Para Nikfardjam & Maier (2011) este componente presente na cachaça em altas concentrações pode afetar de forma negativa as características sensoriais da bebida devido a pungência característica.

Não foi detectada a presença de metanol em nenhuma amostra. Em uma pesquisa de Portugal et al. (2016) foram produzidas cachaças por fermentação espontânea, e também não foi detectada presença de metanol.

Em estudo semelhante realizado por Garcia (2016), foram produzidas cachaças utilizando-se leveduras presadas da marca Fleischman e a levedura selecionada CA-11, realizando tratamentos com e sem clarificação do caldo durante o preparo do mosto, e o mesmo obteve resultados dentro dos limites, ressaltou que o tratamento realizado com a clarificação do caldo a concentração de metanol foi reduzida pela metade, justificando-se que a clarificação do caldo foi eficiente, pois esse processo promove a extração de

bagacilhos oriundos da extração do caldo, que podem influenciar na produção de metanol através da hidrólise ácida ou enzimática da pectina, durante a fermentação.

No preparo do mosto do presente estudo, não se realizou a clarificação do caldo, entretanto, os procedimentos de filtragem e decantação foram eficientes na extração dos bagacilhos, pois não houve detecção de metanol nas cachaças produzidas.

As concentrações médias de furfural não se diferiram ao nível de 5% de significância. Analisando os valores médios para este componente, observa-se que as cachaças obtidas nos três tratamentos em estudo estão de acordo com o limite máximo de 5 mg.mL<sup>-1</sup> definido pela legislação vigente.

Alcarde et al. (2012) analisaram cachaças produzidas a partir de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, cepas Y-904 (AB Brasil, Pederneiras-SP, Brasil), CA-11, BG-1, PE-2, SA-1 ou CAT-1 (LNF – Latino Americana, Bento Gonçalves-RS, Brasil), obtendo a concentração de furfural nessas bebidas dentro das conformidades legais, que variou de 0,30 a 0,88 mg. 100<sup>-1</sup> a.a.

Para Filho (2015) a produção de furfural e hidroximetilfurfural ocorre por pirolise da matéria orgânica em contato com o fundo da caldeira do alambique aquecido diretamente no fogo. Confirmando que a utilização de um fogareiro para o aquecimento do alambique neste estudo, não afetou as concentrações de furfural em concentrações acima do permitido pela legislação.

Analisando as concentrações médias de cobre, verificou-se que foram inferiores ao limite de 5 mg.L<sup>-1</sup> e não diferiram estatisticamente entre os tratamentos. De acordo com Bortoletto & Alcarde (2015) existe relação entre a acidez e o teor de cobre na cachaça, pois o ácido acético é capaz de solubilizar o cobre que oxida na superfície do alambique. Verificou-se essa relação ao comparar os valores de acidez e teor de cobre nos tratamentos 1 e 3, que apresentaram acidez volátil de 6,63 e 6,05 mg.100 mL<sup>-1</sup> de a.a., respectivamente, e teores de cobre relativamente altos com relação ao tratamento 2, que apresentou menor concentração de acidez volátil.

Para Fernandes et al. (2007) a ocorrência de contaminação por cobre em cachaça se dá através da higienização inadequada do alambique durante a destilação e recomenda a realização de uma destilação prévia com suco de limão e água para a extração do cobre oxidado na superfície do alambique. Analisando os resultados para a concentração de cobre pode-se afirmar que a realização da higienização do alambique com solução de ácido cítrico, cloreto de sódio e água, antes das destilações foi eficiente

para a extração dos compostos oxidados na superfície do equipamento e no controle da contaminação das cachaças produzidas.

Os valores hedônicos médios atribuídos para aceitação das características de cor, aroma, sabor e impressão global das cachaças analisadas divididas em tratamentos, estão descritos na tabela 4.

Tabela 4 - Médias dos valores hedônicos para os atributos de cor, aroma, sabor e impressão global das amostras de cachaça em estudo.

<b>Tratamento</b>	<b>Cor</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Impressão Global</b>
<b>1</b>	6.04 a	5.28 a	4.82 a	5.04 a
<b>2</b>	5.96 a	5.42 a	4.78 a	5.16 a
<b>3</b>	5.96 a	5.44 a	5.14 a	5.34 a

Médias na mesma coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Tratamento 1: Femento biológico seco instantâneo *Saccharomyces cerevisiae*, marca Fleischmann®. Tratamento 2: Fermento biológico fresco *Saccharomyce, cerevisiae* Levapan®. Tratamento 3: *Saccharomyces cerevisiae* CA-11 LNF Latino Americana Consultoria Assessoria e Importação Ltda.

Pode-se observar que não houve diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) entre os três lotes para nenhum dos atributos analisados, indicando que todas as amostras foram igualmente aceitas em todos os atributos analisados no teste sensorial.

Os valores médios para cor das amostras variaram da categoria de “gostei” a “gostei muito” (valor entre 5 e 6), para o aroma e impressão global os valores médios para os três lotes ficaram na categoria “gostei” (valor 5), e os resultados para sabor tiveram valores médios entre as categorias “nem gostei/nem desgostei” a “gostei” (valor entre 4 e 5). De acordo com Dornelles et al. (2009) as opiniões divergentes dos provadores podem anular um resultado ou outro. Desta forma, pode-se obter médias que não se diferem significativamente entre si.

Na Figura 11, são apresentados os histogramas de distribuição de frequências das respostas dos provadores para cada atributo avaliado.

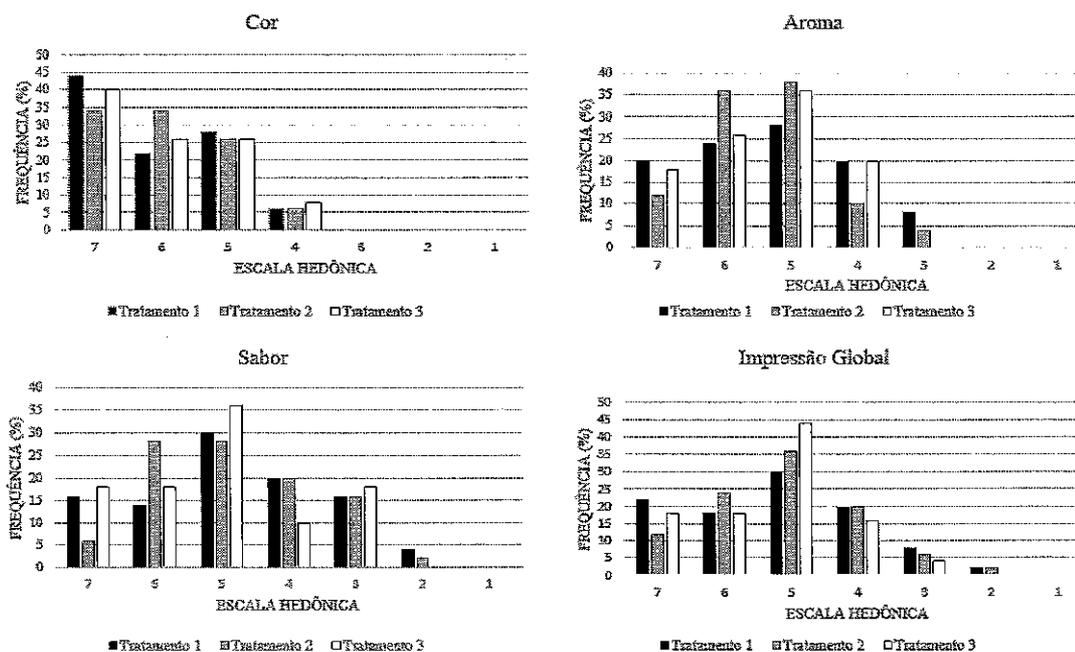


Figura 10 - Histograma de frequência dos valores hedônicos atribuídos à cor, aroma, sabor e impressão global das amostras de cachaças. (1: desgostei extremamente, 4: nem gostei, nem desgostei 7: gostei extremamente). Tratamento 1: Fermento biológico seco instantâneo *Saccharomyces cerevisiae*, marca Fleischmann®. Tratamento 2: Fermento biológico fresco *Saccharomyces cerevisiae* Levapan®. Tratamento 3: *Saccharomyces cerevisiae* CA-11 LNF Latino Americana Consultoria Assessoria e Importação Ltda.

Os resultados para aceitação de cor das cachaças estão mostrados no gráfico da figura 11, observa-se que as respostas dos provadores variaram da categoria de “nem gostei/nem desgostei” até “gostei extremamente” (entre 4 e 7), identificaram-se maiores valores percentuais entre as escalas de aceitação, em que os lotes 1 e 3 apresentam moda 7 e o lote 2, bimodal 6 e 7, caracterizando uma pequena superioridade para a cor das cachaças dos lotes 1 e 3.

As respostas dos provadores quanto ao atributo aroma mostrados na figura 11, apresentou variação entre as categorias “desgostei” e “gostei extremamente” (valores entre 3 e 7), as cachaças dos lotes 1 e 2 apresentaram pequenos valores percentuais na escala de rejeição “desgostei”. Porém, todos os lotes apresentaram moda em torno de 7.

A distribuição de frequências também apresenta os resultados obtidos nas respostas dos provadores para o atributo de sabor da cachaça mostrados na figura 11. As respostas variaram da categoria de “desgostei muito” até “gostei extremamente” (valores entre 2 e 7). As amostras dos lotes 1 e 3 apresentaram moda em torno de 5, já as amostras do lote 2 mostra-se bimodal entre 5 e 6. Apesar das amostras dos três lotes

apresentarem maiores frequências na categoria “gostei”, as três também foram avaliadas de forma negativa na escala “desgostei” com valores de 16, 16 e 18 % respectivamente para os lotes 1, 2 e 3. Destacando-se ainda um pequeno percentual de 4 e 2% respectivamente para os lotes 1 e 2 de avaliações na categoria de desgostei muito.

As respostas dos provadores para impressão global em distribuição de frequências indicam que a moda para os três lotes está em torno de 5, categoria “gostei”. Destaca-se ainda a ocorrência de pequenas frequências nas categorias “desgostei” e “desgostei muito”.

Apesar da ocorrência de pequenas frequências em escalas de rejeição, pode ser observado que as avaliações foram positivas para todos os atributos avaliados no teste sensorial, em que as modas variaram de 5 a 7.

Para a facilidade da interpretação dos dados agrupou-se os resultados dos valores hedônicos de 5 a 7, sendo considerados resultados da “região de aceitação”. Os resultados para o valor hedônico 4 foram considerados com “região de indiferença” e considerados na “região de rejeição” os valores hedônicos de 3 a 1, e foram representados a partir do histograma de distribuição de frequências da figura 12.

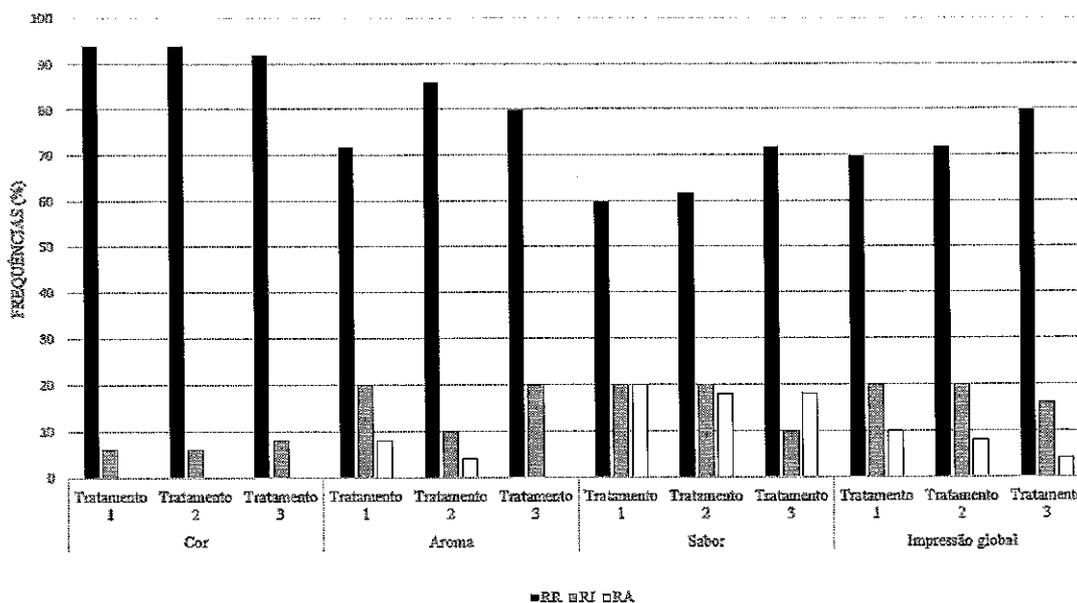


Figura 11- Histograma de distribuição de frequências para aceitação, indiferença e rejeição para os atributos cor, aroma, sabor e impressão global. RA: região de aceitação, RI: região de indiferença, RR: região de rejeição. Tratamento 1: Fermento biológico seco instantâneo *Saccharomyces cerevisiae*, marca Fleischmann®. Tratamento 2: Fermento biológico fresco *Saccharomyces cerevisiae* Levapan®. Tratamento 3: *Saccharomyces cerevisiae* CA-11 LNF Latino Americana Consultoria Assessoria e Importação Ltda.

Observe-se que todos os lotes analisados apresentam resultados na região de aceitação superiores a 60 % para todos os atributos avaliados. Considerando separadamente o atributo de cor, os três lotes receberam avaliações superiores a 90% na região de aceitação, em que os lotes 1 e 2 apresentaram pequena diferença superior a aceitação desta característica.

Identifica-se que para a característica aroma, o lote 2 foi melhor avaliado, totalizando 86% dos valores hedônicos na região de aceitação. Analisando-se o sabor e a impressão global das bebidas estudadas identificou-se maior aceitação para o lote 3 com 72% e 80% dos resultados dentro da região de aceitação para os respectivos atributos citados anteriormente.

Na pesquisa de Dornelles et al. (2009), realizou teste aceitação com escala hedônica de nove pontos e avaliou aroma e impressão global, de cachaças obtidas a partir de leveduras e cachaças produzidas com grânulos de Kefir, comparando-as com cachaça comercial não envelhecida, com 57 provadores adultos e consumidores de aguardentes, e as duas amostras de cachaça obtiveram resultados satisfatórios para os atributos avaliados, porém a cachaça produzida a partir de leveduras, apresentou maior índice de aceitação comparada com a cachaça produzida com Kefir e a cachaça comercial, por apresentar sabor já conhecido pelos consumidores.

Amorim et al. (2016) realizou teste sensorial de aceitação com escala hedônica de nove categorias, com 61 provadores não treinados para avaliar aroma, sabor e impressão global de três lotes de cachaças produzidas com inoculo misto e três lotes de cachaças produzidas utilizando *S. cerevisiae*, em que as características de aroma, sabor e impressão global, receberam pontuações médias respectivas de 7,33; 6,98; 7,21, para as cachaças obtidas por inoculo misto, e 6,84; 6,47 e 6,60 para os lotes de cachaça obtidos por *S. cerevisiae*, concluindo que a cachaças obtidas por inoculo misto possuíram melhor aceitação sensorial.

A partir do contexto exposto, pode se inferir que o acompanhamento das etapas de produção dos lotes 1, 2 e 3 foi eficiente para a obtenção de cachaças de boa qualidade físico-química e sensorial.

### 3.4. CONCLUSÃO

Conclui-se que foi possível produzir cachaças a partir de leveduras de diferentes origens, atingindo elevados padrões de qualidade. O modelo que melhor se adequou à cinética de degradação das leveduras foi o polinomial de terceira ordem, sendo que pelo tempo reduzido de degradação dos açúcares, é mais vantajoso utilizar as leveduras Feishmann e Levapan. Todas as cachaças produzidas apresentaram boa qualidade físico-química. A acidez volátil foi menor no tratamento com levedura da marca Levapan. Das cachaças submetidas a análise sensorial, destacam-se como melhor avaliadas para a característica cor as cachaças produzidas com leveduras 1 e 2, para o atributo de aroma as do lote 2, e para a característica de sabor e impressão global destaca-se as cachaças do lote 3. É possível produzir cachaças de boa qualidade utilizando leveduras comerciais, tanto pelo menor preço para aquisição, quanto pela eficiência na fermentação.

### 3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, A.R.; MONTEIRO, B.M.dos.S.; BELLUCO, A.E.de.S. Composição química de aguardente de cana-de-açúcar fermentadas por diferentes cepas de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*. **Química Nova**. v. 35, n. 8, p. 1612-1618, 2012.

AMORIM, J.C.; SCHWAN, R.F.; DUARTE, W.F. Sugar cane spirit (cachaça): Effects of mixed inoculum of yeasts on the sensory and chemical characteristics. **Food Research International**. v.85, p.76-83, 2016.

BORTOLETTO, A.M.; ALCARDE, A.R. Assessment of chemical quality of Brazilian sugar cane spirits and cachaças. **Food Control**, Elsevier Ltd., v.54, p.1-6, 2015.

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**. Brasília, DF. 30 de junho de 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. Revoga a Portaria nº 76 de 27/11/1986. **Diário Oficial**. Brasília, DF. 20 de setembro de 2005b. Seção 1, p. 11.

BOGUSZ JUNIOR, S.; KETZER, D.C.M; GUBERT, R.; ANDRADES, L.; GOBO, A.A. Composição Química da cachaça produzida na região noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, p.793-798, 2006.

DORNELLES, A.S.; RODRIGUES, S.; GARRUTI, D. dos S. Aceitação e perfil sensorial das cachaças produzidas com Kefir e *Saccharomyces cerevisiae*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 518-522, 2009.

ETANISLAU, M. L. L.; CANÇADO JR., F. L.; PAIVA, B. M. Mercado Atual e potencial da cachaça. **Informe Agropecuário, EPAMIG**, v. 23, n.217, p.19-24, 2002.

FERNANDES, W. J.; CARDOSO, M. DAS G.; VILELA, F.J.; MORAIS, A.R. DE; SILVA, V.DE F.; NELSON, D.L. Physicochemical quality of a blend of domestic cachac-as from the south of Minas Gerais. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20, p.257–261, 2007.

FILHO, J. H. O. **Qualidade pós-colheita de colmos de cana armazenados e seus reflexos na produção de cachaças**. 2015. 101 f. Tese de Doutorado em Ciências e Tecnologia de alimentos. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

FILHO, W. G. V.; NOGUEIRA, A. M. P. **Aguardente e Cachaça**. Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista – Campus Botucatu. Botucatu, 2013.

GRÁCIA, G. **Tratamento de caldo e tipos de leveduras sobre os componentes secundários e qualidade da cachaça de alambique**. 2016. 72f. Dissertação de

mestrado em microbiologia agropecuária. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP Campus Jaboticabal, 2016.

GRANATO, D.; OLIVEIRA, C.C.de.; CARUSO, M.S.F.; NAGATO, L.A.F.; ALABURDA, J. Feasibility of diferente chemometric techniques to differentiate comercial Brazilian sugarcane spirits based on chemical markers. **Food Research International**. Elsevier, v.60, p.212-217, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (SÃO PAULO). Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo, 2008. 1000p.

NIKFARDJAM, M.P.; MAIER, D. Development of a headspace trap HRGC/MS method for the assessment of the relevance of certain aroma compounds on de sensorial characteristics of commercial apple juice. **Food Chemistry**. v.126, p.1926-1933, 2011.

PORTUGAL, B.C.; ALCARDE, A.R.; BORTOLETTO, A.M.; SILVA, A.P.de. The role of spontaneous fermentation for the production of cachaça: a study of case. **Eur. Food. Res. Technol**. v. 242. P. 1587-1597, 2016.

PORTUGAL, C.B.; SILVA, A.P.DE D; BORTOLETTO, A.M.; ALCARDE, A.R. How native yeasts may influence the chemical profile of the Brazilian spirit, cachaça?. **Food Research International**. v.91, p.18-25, 2017.

RIACHI, L.G.; S, Â MOREIRA, R.F.A.; DE MARIA, C.A.B. A review of ethyl carbamate and polycyclic aromatic hydrocarbon contamination risk in cachaça and other Brazilian sugarcane spirits. **Food Chemistry**. v. 149, p. 159-169, 2014.

RIBEIRO, M.L.D.; FERREIRA, O.E.; TEIXEIRA, V.; MUTTON, M.A.; MUTTON, J.R. Tratamento físico-químico do caldo de cana produz cachaça de qualidade. **Revista Ciências Agrônômicas**, v. 48, n. 3, p. 458-463, 2017.

SILVA, M. C.; AZEVEDO, L. C.; CARVALHO, M. M.; SÁ, A. G. B., LIMA, M. S.  
Elaboração e avaliação da qualidade de aguardentes de frutas submetidas a diferentes  
tratamentos. **Revista Semiárido**. *Visu 1*: 92-106, 2011.