



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira



PAULA ELEONORA DA SILVA QUIRINO

**EFEITO DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE FERMENTAÇÃO NA
QUALIDADE DA CACHAÇA**

João Pessoa/PB

2022

Paula Eleonora da Silva Quirino

**EFEITO DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE FERMENTAÇÃO NA
QUALIDADE DA CACHAÇA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Produção Sucroalcooleira.

Orientador(a): Prof Dr. Kelson Carvalho Lopes

João Pessoa/PB

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

Q8e Quirino, Paula Eleonora da Silva.
Efeitos de diferentes temperaturas de fermentação na
qualidade da cachaça / Paula Eleonora da Silva Quirino.
- João Pessoa, 2022.
61 f. : il.

Orientação: kelson Carvalho Lopes.
TCC (Graduação) - UFPB/CTDR.

1. Cachaça. 2. Temperatuda de fermentação. 3.
Destilação. 4. Fermentação alcoólica. 5. cana de
açúcar. I. Lopes, kelson Carvalho. II. Título.

UFPB/CTDR

CDU 663.543

**EFEITO DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE FERMENTAÇÃO NA
QUALIDADE DA CACHAÇA**

Paula Eleonora da Silva Quirino

TCC aprovado em 20/06/2022 como requisito para a conclusão do curso de
Tecnologia em Produção Sucoalcooleira da Universidade Federal da Paraíba.

BANCA EXAMINADORA:



PROF KELSON CARVALHO LOPES (UFPB – Orientador)



PROF. Dr^a. ANGELA LUCÍNIA URTIGA VASCONCELOS (UFPB – Membro interno)



PROF. Dr MARCELO TEIXEIRA LEITE (UFPB – Membro interno)

DEDICATÓRIA

Dedico em especial a minha vó Maria que não se encontra mais entre nós, pois, ela é o maior exemplo de força e perseverança para todas as mulheres da minha família. Obrigada por tudo Vó!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me ajudado a chegar até aqui me dando força e sabedoria.

Aos meus familiares em especial minha vó Maria José Chagas Silva, minha mãe Maria José Silva e minha irmã Denize Emmanuely Madruga Silva por todo incentivo.

Ao meu companheiro Yakov de Carvalho Panta por todo apoio e força durante todos esses anos que estamos juntos. Obrigado por esta sempre ao meu lado!

Aos meus amigos de curso Ana Paula Ribeiro, Rayane Calixto, Isabelle Fernanda, Marlon Vinicio e Daniele Amarantes por todo companheirismo durante o curso.

Agradeço a todos os professores por repassarem seu conhecimento e bagagem durante nossa formação acadêmica. Aprendi muito com todos!

As usinas **Monte Alegre e Olho D'água**, por terem doado o caldo de cana de açúcar utilizado neste trabalho.

Ao meu amigo, **Gilberto Pedro dos Santos Terceiro**, pela ajuda com a temperatura de 32 °C, da fermentação alcoólica simultânea, na destilação e no decorrer do TCC, como parte do **ESTÁGIO SUPERVISIONADO I e II**;

Aos meus amigos, **Joaquim Daniel de Azevedo Roma e Maria Luizza Azevedo Maciel**, pela ajuda com a temperatura de 30 °C, da fermentação alcoólica simultânea, na destilação e no decorrer do TCC, como parte do **ESTÁGIO SUPERVISIONADO I e II**;

Ao meu amigo, **Thomas Henrique de Souza Ramos**, pela ajuda com a temperatura de 33 °C, da fermentação alcoólica simultânea, na destilação e no decorrer do TCC, como parte do **ESTÁGIO SUPERVISIONADO I**;

Ao meu amigo, **Victor Nunes Santana**, pela ajuda com a temperatura de 29 °C, da fermentação alcoólica simultânea, na destilação e no decorrer do TCC, como parte do **ESTÁGIO SUPERVISIONADO I e II**;

Aos meus amigos, **Mayne Ivila Pereira Vieira e Gabriel Gomes Pereira**, pela ajuda com a temperatura de 31 °C, da fermentação alcoólica simultânea, na destilação e no decorrer do TCC;

A minha amiga, **Gessica Moraes Pereira**, pela ajuda com a temperatura de 34 °C, da fermentação alcoólica simultânea, na destilação e no decorrer do TCC, como parte do **ESTÁGIO SUPERVISIONADO I e II**;

Ao meu orientador, **Kelson Carvalho Lopes**, pela ajuda com as temperaturas de 26 °C e 36 °C, da fermentação alcoólica simultânea, na destilação e no decorrer do TCC;

***“Só se pode alcançar um grande êxito
quando nos mantemos fiéis a nós
mesmos***

Friedrich Nietzsche

RESUMO

A cachaça está presente desde o início da colonização do Brasil, não se sabe ao certo onde teve sua primeira destilação, no entanto surgiu em nossos territórios por volta do ano de 1516 e 1532, originando o primeiro destilado da América Latina. Cachaça é a denominação típica e exclusiva da Aguardente de Cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38 a 48 (°G.L.) a 20 °C, obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares. Fermentação é definida bioquimicamente, como um processo de transformação de compostos orgânicos complexos. A destilação acontece após a fermentação alcoólica. O principal objetivo é a separação do álcool da água através da diferença dos pontos de ebulição. Normalmente a produção de cachaça é feita em alambiques de cobre largamente utilizado devido conseguirem retirar componentes indesejáveis da bebida, mas sua produção pode ser feita em alambiques de inox complementado com cobre normalmente realizada para processos industriais. Esse trabalho teve como objetivo observar e avaliar a influência de diferentes temperaturas (26, 28 a 34 e 36 °C) na fermentação alcoólica na qualidade da cachaça. O controle da temperatura na fermentação foi feito através de controladores automáticos. Os sólidos solúveis (°BRIX) inicial era de 19,4 °BRIX no caldo doado. No primeiro dia de fermentação o °BRIX foi diluído de 19,4 para 6,0 °BRIX. Em cada um dos 5 dias de fermentação, foi feita a análise do caldo para a diluição para os °BRIX 6, 9, 12 e 15. A levedura utilizada no trabalho, foi a levedura especialmente desenvolvida para a produção da cachaça CA11. De um modo geral ao considerarmos a fermentação desde o °BRIX 6 até o 15, considerando as colocações que as temperaturas tiveram nas fermentações a °BRIX 6, 9, 12 e 15, nos mostra que as temperaturas de 29 °C, 32 °C e 36 °C, tiveram os maiores valores de graduação alcoólica (°G.L.) e consequentemente as melhores colocações, resultando em um menor (Σ). Se levarmos em conta apenas a fermentação a °BRIX 15, a temperatura de 36 °C, foi obtido o maior valor de graduação alcoólica (°G.L.). As temperaturas de 29 °C, 32 °C e 36 °C, que foram as melhores em termos dos valores de graduação alcoólica (°G.L.), apresentaram valores de acidez total, na fração coração, de 31,4 (+11,9%), 28,8 (+9,2%) e 38,4 (+22,9%), respectivamente. Valores de acidez se encontram bem abaixo do limite permitido pela legislação (ácido acético 150 mg /100 ml da amostra). Podemos concluir pelos resultados apresentados no trabalho que devemos escolher entre a temperatura de 29 °C ou a de 32 °C, para uma fermentação alcoólica que produza uma maior graduação alcoólica (°G.L.) e também por estarem dentro do intervalo sugerido pela literatura, razão pela qual a temperatura de 36 °C ter ficado de fora.

Palavras-chave: Cachaça, Temperatura de Fermentação, Destilação, Fermentação alcoólica, Cana de Açúcar.

ABSTRACT

Cachaça has been present since the beginning of the colonization of Brazil, it is not known for sure where it had its first distillation, however it appeared in our territories around the year 1516 and 1532, originating the first distillate in Latin America. Cachaça is the typical and exclusive denomination of the sugarcane spirit produced in Brazil, with an alcoholic strength of 38 to 48 (°G.L.) at 20 °C, obtained by the distillation of the fermented must of the sugarcane juice with sensorial characteristics. peculiar. Fermentation is defined biochemically as a process of transforming complex organic compounds. Distillation takes place after alcoholic fermentation. The main objective is the separation of alcohol from water through the difference in boiling points. Usually, the production of cachaça is done in copper stills widely used because they can remove undesirable components from the drink, but its production can be done in stainless steel stills complemented with copper normally carried out for industrial processes. This work aimed to observe and evaluate the influence of different temperatures (26, 28 to 34 and 36 °C) on alcoholic fermentation on cachaça quality. The temperature control in the fermentation was done through automatic controllers. The initial soluble solids (°BRIX) were 19.4 °BRIX in the donated broth. On the first day of fermentation the °BRIX was diluted from 19.4 to 6.0 °BRIX. In each of the 5 days of fermentation, the broth was analyzed for dilution for °BRIX 6, 9, 12 and 15. The yeast used in the work was the yeast specially developed for the production of CA11 cachaça. In general, when we consider fermentation from °BRIX 6 to 15, considering the placements that temperatures had in fermentations at °BRIX 6, 9, 12 and 15, it shows us that temperatures of 29 °C, 32 °C and 36 °C, had the highest values of alcohol content (°G.L.) and consequently the best placements, resulting in a lower (Σ). If we only consider fermentation at °BRIX 15, at a temperature of 36 °C, the highest alcoholic content (°G.L.) was obtained. The temperatures of 29, 32 and 36 °C, which were the best in terms of alcohol content (°G.L.), showed total acidity values, in the heart fraction, of 31.4 (+11.9%), 28.8 (+9.2%) and 38.4 (+22.9%), respectively. Acidity values are well below the limit allowed by legislation (acetic acid 150 mg /100 ml of sample). We can conclude from the results presented in the work that we should choose between the temperature of 29 °C or 32 °C, for an alcoholic fermentation that produces a higher alcohol content (°G.L.) and also because they are within the range suggested by the literature, reason why the temperature of 36 °C was left out.

Keywords: Cachaça, Fermentation Temperature, Distillation, Alcoholic Fermentation, Sugar Cane.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Principais países de destino em volume - 2020.....	21
Figura 2- Principais estados exportadores em volume -- 2020.....	21
Figura 3- Principais países de destino em valor - 2018.....	22
Figura 4- Principais estados exportadores em volume - 2019	22
Figura 5- Principais estados exportadores em valor - 2020	22
Figura 6- Principais estados exportadores em valor - 2019	23
Figura 7- Curiosidades sobre a cachaça.....	24
Figura 8- Processo de produção da cachaça.....	27
Figura 9 - Reações que ocorrem no processo de fabricação da cachaça que influem no sabor e odor do produto	29
Figura 10- Caldo doado pelas usinas Monte Alegre e Olho D'água	35
Figura 11- Detalhes das dornas com controlador automático de temperatura usados na fermentação alcoólica.....	38
Figura 12- Refratômetro digital e ebuliometro utilizados neste trabalho.....	39
Figura 13- Detalhes do procedimento do pé de cuba realizados na fermentação alcoólica.	40
Figura 14- Os 9 controladores automáticos de temperatura usados na fermentação alcoólica.	41
Figura 15- Equipamentos utilizados para a destilação.....	44
Figura 16- Amostras de cachaça retiradas para medir a acidez total, por titulação. .	46
Figura 17- Os 9 controladores automáticos de temperatura das dornas de fermentação.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Os componentes do Coeficiente de Congêneres para os produtos previstos no subitem 2.2 do presente Regulamento Técnico devem observar os seguintes limites:	19
Tabela 2 - parâmetros obtidos durante o acompanhamento das fermentações para o 1 dia.....	48
Tabela 3 - parâmetros obtidos durante o acompanhamento das fermentações para o 2 dia.....	49
Tabela 4 – parâmetros obtidos durante o acompanhamento das fermentações para o 3 dia.....	50
Tabela 5 - parâmetros obtidos durante o acompanhamento das fermentações para o 4 dia.....	51
Tabela 6 – Resumo da produção da graduação alcoólica em função de cada uma das temperaturas na fermentação.	52
Tabela 7 - Parâmetros obtidos das análises físico-químicas das amostras das cachaças após o processo de destilação, FRAÇÃO CORAÇÃO (54 a 30 °G.L.)	53
Tabela 8 - Parâmetros obtidos das análises físico-químicas das amostras das cachaças após o processo de destilação, FRAÇÃO CAUDA (30 a 15 °G.L.)	54
Tabela 9 – Resumo do volume do destilado (cachaça) obtidos.	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	CANA-DE-AÇÚCAR	16
3.2	LEVEDURA	16
3.3	DENOMINAÇÃO E POTENCIALIDADE DA CACHAÇA	18
3.3.1	Definição (BRASIL, 2005)	18
3.3.2	Coefficiente de Congêneres.	18
3.3.3	Números da cachaça	21
3.3.4	Informações da cachaça e curiosidades (EXPOCACHAÇA, 2022)	23
3.4	PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DA CACHAÇA	27
3.5	FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA	28
3.5.1	Fatores que inibem a fermentação alcoólica	30
3.5.1.1	Temperatura	30
3.5.1.2	pH	31
3.5.1.3	Glicerol	32
3.5.1.4	Concentração de substrato	32
3.6	DESTILAÇÃO DO VINHO	32
4	MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1	CANA-DE-AÇÚCAR	35
4.1.1	Preparo da matéria prima para fermentação	37
4.2	FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA	37
4.3	DESTILAÇÃO	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1	CONTROLADOR DE TEMPERATURA DAS DORNAS DE FERMENTAÇÃO.	47
5.2	°BRIX e °G.L.	48

5.3	ACIDEZ TOTAL. _____	53
6	CONCLUSÕES _____	56
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS _____	57
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	58

1 INTRODUÇÃO

Falar da cachaça não é simplesmente descrever sobre qualquer bebida, mas sim descrever um produto que nasceu com as cores da bandeira do nosso país, produto que está difundido não só no Brasil, mas no mundo. A bebida carrega consigo fatos históricos que só ela presenciou, talvez seja por isso que é considerado um produto autêntico e genuinamente brasileiro, esse título não foi conquistado por acaso, mas simplesmente por sua história que está presente desde os primórdios da colonização do Brasil. De modo geral podemos afirmar que desde o início do século XVII a bebida já era fabricada, uma aguardente de caldo de cana (CASCUDO, 2006).

Quando surgiu nos engenhos brasileiros a bebida era tida como um produto secundário e de baixo valor agregado, sua produção era absorvida por classes sociais com poder aquisitivo mais baixo e com isso o seu volume de produção era reduzido. A cachaça surgiu como um produto de baixo valor comercial e pequeno volume de produção nos engenhos (SOUZA, 2004).

Não se sabe ao certo onde deu início sua primeira destilação, no entanto, podemos afirmar que surgiu em nosso território por volta do ano de 1516 e 1532 originando o primeiro destilado da América Latina (IBRAC, 2018).

A cachaça cada dia mais vem ganhando o seu espaço e se tornando um produto apreciado e cobiçado por muitos admiradores, com o tempo e evoluções tecnológicas a cachaça acabou ganhando cor, sabor e variações que há tempos não se imaginaria, isso fez com que a nossa bebida galgasse outros horizontes, novos países e culturas diferentes. No entanto, nunca vai perder a sua essência e originalidade, pois cachaça com este nome e matéria prima só vai existir no Brasil. ***Desta forma Cachaça é a denominação típica e exclusiva da Aguardente de Cana produzida no Brasil com graduação alcoólica que varia entre 38-48 % a 20 °C*** (BRASIL, 2005).

Na elaboração da cachaça existem alguns fatores que interferem diretamente na sua produção. São elas: pH, temperatura, matéria prima, contaminações bacterianas e graduação alcoólica.

De acordo com Ferreira (2002) a temperatura está intrinsicamente ligada ao processo de fermentação alcoólica, no qual temperaturas elevadas fazem com que cause uma desnaturação, provocando uma diminuição nas suas reações catabólicas.

As leveduras têm uma faixa de temperatura ótima que varia de 25 °C a 35 °C para se desenvolverem, temperaturas acima dessas inibe o seu metabolismo e facilita a contaminação do mosto devido ao aumento do tempo de fermentação.

As temperaturas escolhidas 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33 e 34 fazem parte deste intervalo e a de 36 °C não.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência de diferentes temperaturas na fermentação alcoólica na qualidade da cachaça.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a etapa de fermentação alcoólica, simultânea;
- Analisar o andamento da fermentação através das medidas de °BRIX e graduação alcoólica do mosto fermentado;
- Verificar a influência da temperatura de fermentação sobre a fermentação alcoólica;
- Destilar os vinhos obtidos a partir das fermentações realizadas nas diferentes temperaturas;
- Determinar a acidez das cachaças produzidas nas diferentes temperaturas de fermentação;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de açúcar é uma herbácea, pertence à família das gramíneas mais precisamente da espécie *Saccharum officinarum* L, tem suas adaptações em climas tropicais e subtropical. (ALBUQUERQUE, 2012).

Os primeiros contatos com a cana-de-açúcar foram na Nova Guiné e disseminada na Índia (HISTÓRIA DA CANA, 2006). A cana-de- açúcar foi responsável por desenvolver a economia brasileira nos dois primeiros séculos fazendo com que sua colonização desenvolvesse de forma mais significativa. (MOKFA, 2015).

3.2 LEVEDURA

A indústria alimentícia utiliza diferentes microrganismos para a produção de diversos produtos que chegam às nossas casas diariamente. Desde o pão, passando por queijos, iogurtes, vinagres, chegando às bebidas alcoólicas. A produção desses alimentos depende da ajuda de seres microscópicos, como bactérias e leveduras. Dentre as leveduras, a mais famosa e mais utilizada é, sem sombra de dúvidas, a *Saccharomyces cerevisiae*, e é sobre ela que falaremos hoje. (BIOTEC, 2016)

A *Saccharomyces cerevisiae* pertence ao gênero *Saccharomyces*, cujo nome significa literalmente fungos do açúcar, termo cunhado em 1837. Ele engloba as espécies de leveduras mais utilizadas na produção industrial, não só alimentícia, como também de medicamentos e de combustíveis. (BIOTEC, 2016)

Apesar da constatação da presença de leveduras na produção cervejeira desde o século XVII. Em 1846, o processo de produção do Pão de Viena, ou pão vienense, surge utilizando apenas a *Saccharomyces* obtida da cerveja. Esse pão fez grande sucesso na Exposição Internacional de Paris de 1867 e continua presente em padarias e confeitarias mundo afora. Essa levedura, contudo, só foi isolada por Christian Hansen em 1888. (BIOTEC, 2016)

Além de estar presente na produção de cerveja e pão, a *Saccharomyces cerevisiae* também é utilizada na fermentação alcoólica de outras bebidas. Ela é responsável pela presença de CO₂ e álcool nesses produtos (exceto no pão final, pois o álcool evapora no forno), mas também confere sabor característico à cerveja, uísque e rum. (BIOTEC, 2016)

Devido à sua grande importância, foi o primeiro eucarioto a ter seu genoma inteiramente sequenciado, em 1996, tendo sido também o maior genoma sequenciado até então: 6000 genes. Se sempre foram tão célebres, após serem devidamente caracterizadas, tornaram-se destaque oficial na produção de alimentos e ainda não surgiu concorrente a altura para alcançá-las. Hoje, a partir do uso de ferramentas da Engenharia Genética, elas são modificadas geneticamente para conferir novas características de sabor, aroma e até mesmo melhorias na produção. (BIOTEC, 2016)

Atualmente, a indústria alimentícia vem despertando para o uso das chamadas leveduras não convencionais, ou não *Saccharomyces*, antes conhecidas apenas como leveduras selvagens ou contaminantes. Encontradas na fermentação de diversos alimentos, acreditava-se que elas eram prejudiciais ao produto final, portanto, não se poupavam esforços a fim de eliminá-las do processo produtivo. Recentemente, algumas delas despertaram interesse para estudo, como as do gênero *Pichia*, encontradas na produção de vinho, *Starmera*, *Hanseniaspora*, *Galactomyces* e *Saccharomycopsis*. (BIOTEC, 2016)

3.3 DENOMINAÇÃO E POTENCIALIDADE DA CACHAÇA

3.3.1 Definição (BRASIL, 2005)

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

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

Destilado Alcoólico Simples de Cana-de-Açúcar, destinado à produção da Aguardente de Cana, é o produto obtido pelo processo de destilação simples ou por destilo-retificação parcial seletiva do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar, com graduação alcoólica superior a 54% vol (cinquenta e quatro por cento em volume) e inferior a 70% vol (setenta por cento em volume) a 20°C (vinte graus Celsius).

3.3.2 Coeficiente de Congêneres.

O Coeficiente de Congêneres (componentes voláteis "não álcool", ou substâncias voláteis "não álcool", ou componentes secundários "não álcool", ou impurezas voláteis "não álcool") é a soma de:

- **acidez volátil (expressa em ácido acético);**
- **aldeídos (expressos em acetaldeído);**
- **ésteres totais (expressos em acetato de etila);**
- **álcoois superiores (expressos pela soma do álcool n-propílico, álcool isobutílico e álcoois isoamílicos);**
- **furfural + hidroximetilfurfural.**

O Coeficiente de Congêneres para os produtos previstos no subitem 2.2 do presente Regulamento Técnico não poderá ser inferior a 200 mg (duzentos

miligramas) por 100 ml e não poderá ser superior a 650 mg (seiscentos e cinquenta miligramas) por 100 ml de álcool anidro.

Tabela 1 - Os componentes do Coeficiente de Congêneres para os produtos previstos no subitem 2.2 do presente Regulamento Técnico devem observar os seguintes limites:

	Maximo	Minima
Acidez volátil, expressa em ácido acético em mg/100 ml de álcool anidro	150	-
Ésteres totais, expressos em acetato de etila, em mg/100 ml de álcool anidro	200	-
Aldeídos totais, em acetaldeído, em mg/100 ml de álcool anidro	30	-
Soma de Furfural e Hidroximetilfurfural, em mg/100 ml de álcool anidro	5	-
Soma dos álcoois isobutílico (2-metil propanol), isoamílicos (2-metil -1-butanol +3 metil-1-butanol) e n-propílico (1- propanol), em mg /100 ml de álcool anidro	360	-

Cachaça é denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, ficando estabelecido sua graduação alcoólica de 38% a 48% a 20 °C obtido pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana (BRASIL, 2005).

A cachaça produzida em alambique de cobre oferece um sabor mais suave, isto é decorrente do material em que a bebida foi destilada, realçando o sabor e odor que só esses materiais oferece ao destilado (LIMA et al., 2006).

A bebida é apreciada devido ao seu sabor e aroma, decorrentes da fermentação e destilação isso faz com que a bebida se torne um produto com características sensoriais variados (ODELLO et al.,2009)

O destilado é produzido em praticamente todos os estados do Brasil, gerando emprego e renda direta e indiretamente. Sabemos que sua produção movimentam o mercado financeiro e tem representado bem esse setor, nacionalmente e internacionalmente.

De acordo com Sebrae (2012), podemos dizer que o mercado de bebida no Brasil se divide em dois grupos os fermentados compostos por cerveja e vinhos e os destilados, formados por cachaça, whisky e vodca. Desta forma observamos que a bebida tem concorrentes variados e consumidores bem diversificados. Dentre dessas diversificações de bebida no nosso país a cachaça ocupa o segundo lugar das mais consumidas, ficando atrás apenas da cerveja. (SEBRAE, 2012).

Segundo Souza (2013), a produção de cachaça é dividida em duas partes, processos contínuos destilados em coluna, chegando ao volume de 1,3 bilhão de litros e batelada produzidos 200 milhões destilados em alambique (SOUZA, 2013). A produção é influenciada basicamente por volume de produção e diminuição dos custos do produto. Na elaboração de uma garrafa em processos industriais se gasta R\$ 0,46 a 0,48, na artesanal é cerca de R\$ 1,20 (VERDI, 2006)

De acordo com o Mapa (2018), no primeiro semestre de 2018, de janeiro a junho, os Estados Unidos foram os que mais compraram a nossa bebida, ficando à frente da Alemanha, Paraguai e Portugal. Isto demonstra que cada vez a bebida está ganhando o mundo e a preferência de consumidores estrangeiros.

3.3.3 Números da cachaça

A importância do mercado da Cachaça no Brasil e no Mundo

Em relação as exportações, no ano de 2018, a Cachaça foi exportada para 77 países, com mais de 50 empresas exportadoras, gerando receita de US\$ 15,61 milhões (8,41 milhões de litros). Esses números representam um decréscimo de 1,24% em valor e de 3,80% em volume, em comparação a 2017. Em 2018, os principais países de destino em valor foram: Estados Unidos, Alemanha, Paraguai, Portugal e Itália. (EXPOCACHAÇA, 2022).

Na Figura 1 até a Figura 6, mostramos os volumes exportados e receita no ano de 2020 e 2019

Figura 1- Principais países de destino em volume - 2020



Figura 2- Principais estados exportadores em volume -- 2020



Figura 3- Principais países de destino em valor - 2018

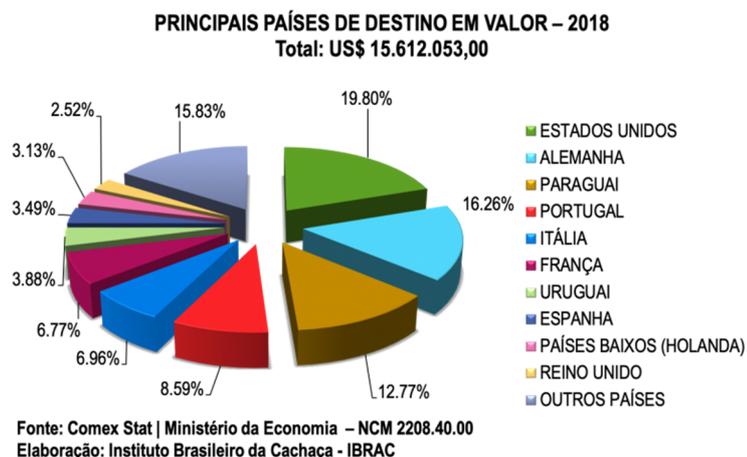


Figura 4- Principais estados exportadores em volume - 2019

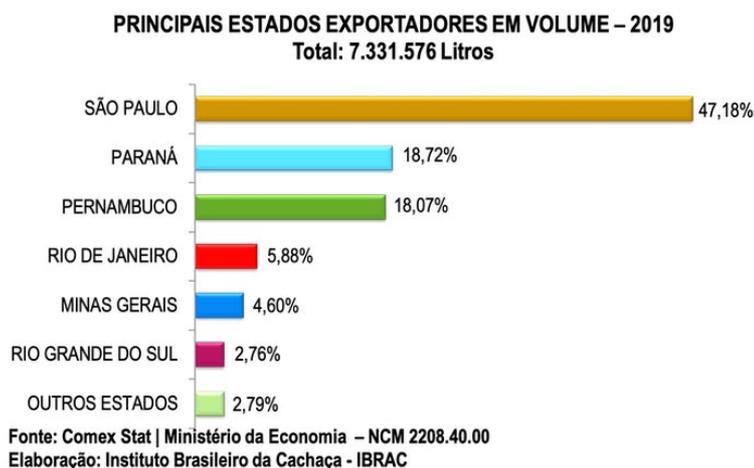


Figura 5- Principais estados exportadores em valor - 2020

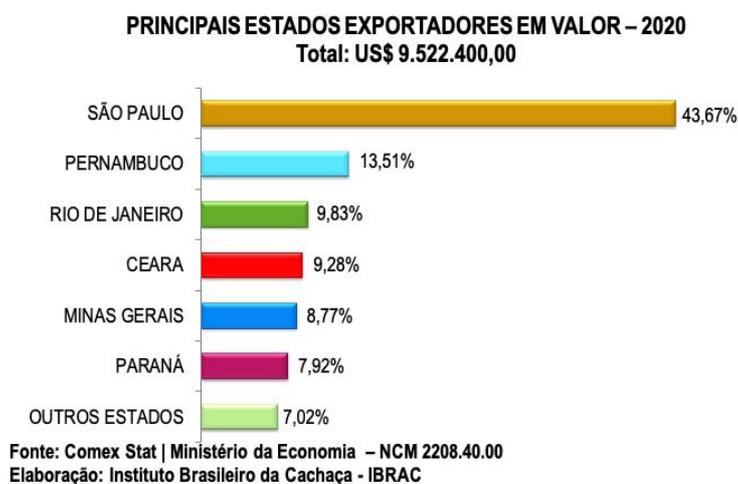


Figura 6- Principais estados exportadores em valor - 2019



3.3.4 Informações da cachaça e curiosidades (EXPOCACHAÇA, 2022)

- 30.000 produtores no Brasil
- 51 bilhões de reais é a contribuição do Brasil no mercado de bebidas alcoólicas
- 3º maior mercado no mundo em volume total, atrás apenas da China e Estados Unidos
- Cerca de 6,9 litros de Cachaça são consumidos no Brasil por cada Brasileiro ao ano
- 7,5 bilhões é o que a cadeia produtiva da Cachaça movimentava anualmente no Brasil
- A Cachaça é o 3º destilado mais consumido no mundo junto com a bebida coreana Soju (destilado de arroz) em primeiro e a Vodca em segundo.
- 86% é o market share da Cachaça entre os destilados consumidos no Brasil
- 98% dos produtores de Cachaça no Brasil, são pequenos e médios produtores
- 1,4 bilhão de Cachaça é produzida anualmente no Brasil, com 70% da produção de Cachaça industrial e de coluna e 30% de Cachaça de alambique de cobre
- Cerca de 30.000 produtores, entre registrados e informais
- De 0,5 a 1,0 % é o que o Brasil exporta por ano
- A Cachaça é bebida nacional do Brasil por decreto federal
- A Cachaça é patrimônio cultural de Minas Gerais por lei estadual

- A Cachaça, segundo o Centro de Indústrias de São Paulo, em pesquisa realizada em 2010, é o produto que mais tem a cara brasileira
- A Cachaça é um produto craft – artesanal – e está dentro da onda de bebidas crafts que ocorre atualmente nos Estados Unidos e Europa, com o crescimento das pequenas destilarias e pequenas cervejarias artesanais
- A produção de Cachaça no Brasil começa na entressafra agrícola, quando o campo desemprega
- No Brasil temos cerca de 4.000 marcas de Cachaça registradas no INPI
- Minas Gerais tem 60% da produção de Cachaça de Alambique do Brasil e 40% dos alambiques registrados no Ministério da Agricultura

Fonte: CBRC- Centro Brasileiro de Referência da Cachaça e Euromonitor. Dados 2019

Figura 7- Curiosidades sobre a cachaça



Continuação da Figura 7



Continuação da Figura 7



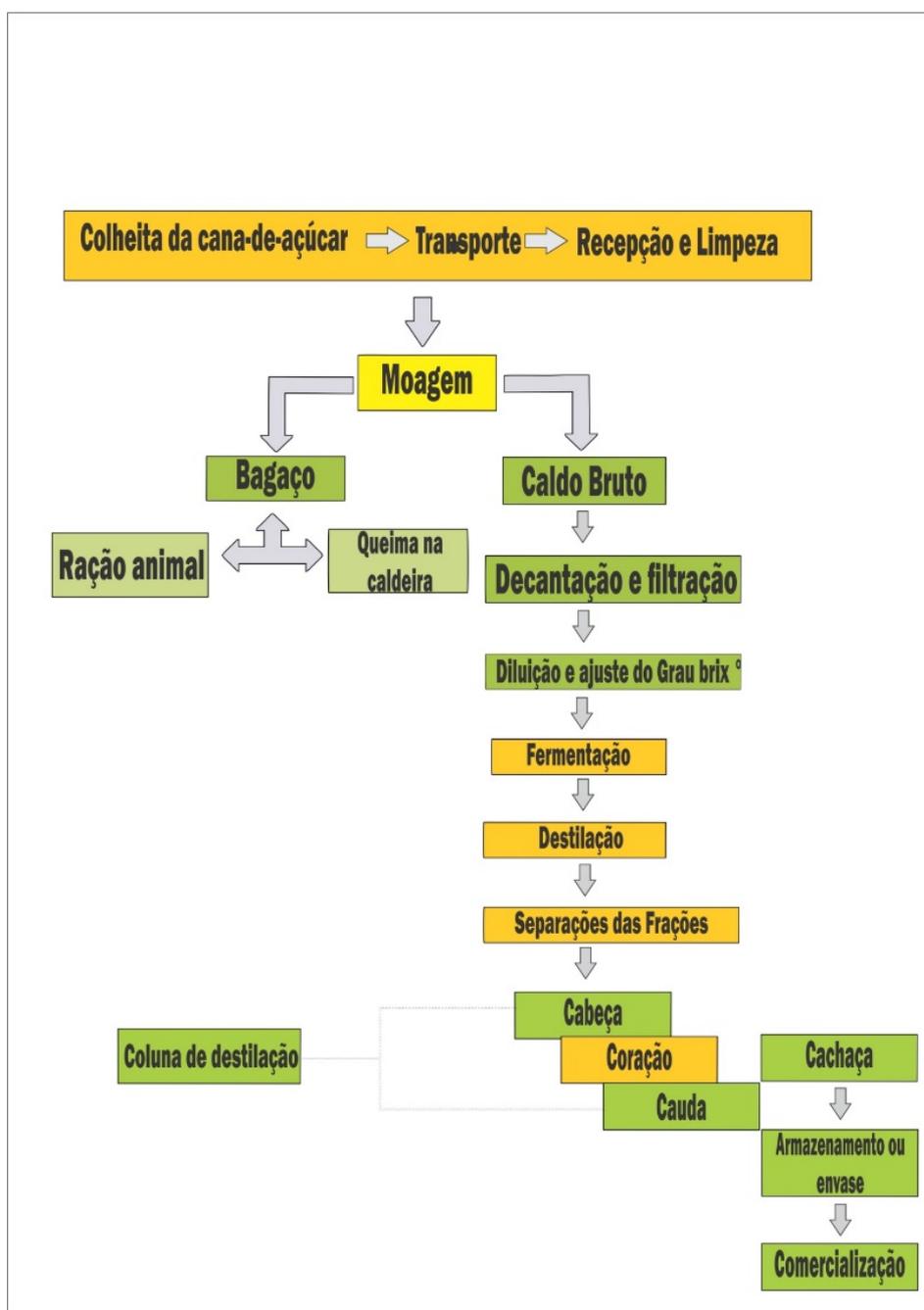
Continuação da Figura 7



3.4 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DA CACHAÇA

Na Figura 8, podemos observar o processo envolvido na realização do processamento da matéria prima e obtenção do produto, todos os processos estão sendo ilustrados da seguinte forma: colheita da cana-de-açúcar, Extração do caldo, fermentação e destilação.

Figura 8- Processo de produção da cachaça



Fonte: Do autor (2022)

3.5 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

Fermentação é definida bioquimicamente, como um processo de transformação de compostos orgânicos complexos em meio facultativo de oxigênio em substâncias simples formando álcoois e ácidos orgânicos (BASTOS, 2010).

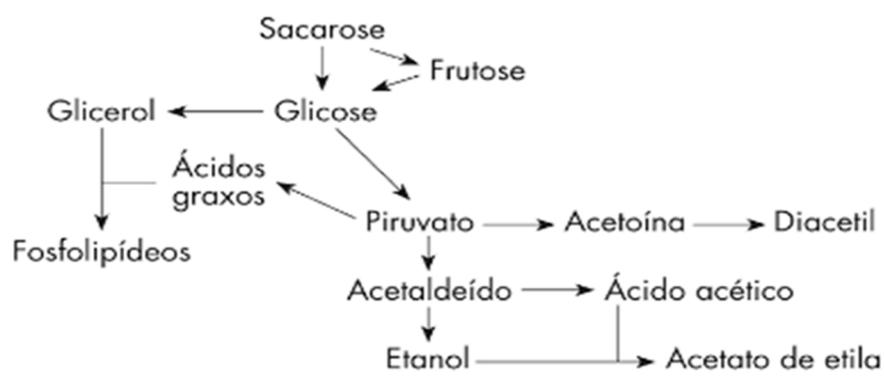
Segundo Silva (2016), para iniciar a fermentação são necessários microrganismos que consigam transformar esses açúcares em álcool, podendo ser obtidos naturalmente, denominado de fermento caipira, que vem com a cana presente no colmo e bainha da planta. Outro tipo de fermento é misto realizado uma combinação do fermento de panificação com caipira. Um dos mais utilizados é o fermento selecionado amplamente utilizado e difundido pelos principais produtores de cachaça, ele é o mais indicado para processo por estabelecer maiores rendimentos e qualidade a bebida em relação aos outros.

As leveduras são responsáveis pela obtenção do álcool, muitas vezes esse processo é conduzido com leveduras selvagens, ocasionando oscilação na bebida por falta de padronização (GONÇALVES, 2015).

O metabolismo das leveduras é responsável por produzir compostos secundários, dando a bebida aroma e sabor, em quantidades menores são fatores que agregam valor ao produto. (PEREIRA, 2015). A seleção de leveduras é uns dos principais fatores que afeta a produção de cachaça. Esses microrganismos são responsáveis por fornecer ao produto características sensoriais únicos e exclusivos

Na Figura 9, observa-se os compostos formados através das reações de oxidação das leveduras no mosto.

Figura 9 - Reações que ocorrem no processo de fabricação da cachaça que influem no sabor e odor do produto



Fonte: Alcarde (2014)

Para a fermentação iniciar de forma homogênea e correta, é preciso ter nas dornas de fermentação uma certa quantidade de inóculo denominado de pé-de-cuba. É adicionado previamente nas dornas de fermentação cerca de 20 a 30 % de fermento ao volume total do mosto a ser fermentado. Com as leveduras previamente na dorna, é adicionado o caldo de cana diluído e ajustado para um faixa de 14 a 16 °BRIX. Recomenda-se que essas transferências do caldo a dorna sejam feitas de forma lenta por um certo período de tempo que varia de 6 a 8 horas, diminuindo assim o estresse nas leveduras e reduzindo a produção de compostos não desejáveis.

A fermentação leva em torno de 24 h para consumir todos os açúcares que estão presentes no caldo no momento da fermentação. Ressaltando que esse tempo pode variar de acordo com a elaboração da fermentação e cuidados tomados em relação a temperatura, pH, concentração do pé de cuba e concentrações de açúcares. As principais indicações que a fermentação está no final são: diminuição de gás carbônico, redução gradativa da temperatura e diminuição do percentual dos teores de açúcar chegando a zero (CECATO-ANTONINI, 2010).

O mosto após ser fermentado é denominado de vinho. Nesta etapa é realizado a decantação das leveduras que se depositam no fundo das dornas. O vinho sem leveduras é enviado para as panelas do alambique e o fermento é regenerado. Esse processo é denominado de batelada onde se repete a cada ciclo dando continuidade no processo (SILVA, 2016).

Segundo Filho et al. (2013), outras características para perceber a viabilidade do pé de cuba é o acompanhamento da fermentação que se faz através do número

de células viáveis, que pode variar de 10^6 a 10^7 por mililitro no início da fermentação e 10^8 mililitro no fim da fermentação. Com esse acompanhamento podemos perceber a viabilidade da fermentação e antecipar possíveis problemas de contaminação no mosto.

3.5.1 Fatores que inibem a fermentação alcoólica

São vários os agentes de inibição da fermentação alcoólica associados a proliferação de bactérias e condições do meio que facilita a multiplicação desses microrganismos. Com a elevação dessa microbiota eles concorrem diretamente pelos nutrientes presentes no mosto que serviria de alimentação para as leveduras. Podemos destacar que no processo fermentativo há o surgimento de várias bactérias são elas *actobacillus*, *Bacillus* e *Leuconostoc*. (CECATO-ANTONINI, 2010). Dentre os principais fatores que podem contribuir para inibir a fermentação temos: concentrações elevadas de substrato, nutrientes, pH, temperaturas entre outros. (SIQUEIRA 1997).

3.5.1.1 Temperatura

A levedura selecionada *S. cerevisiae* CA-11 apresenta característica floculante, é disponibilizada no Brasil em sua forma desidratada ativa, podendo ser utilizada prontamente para fermentação. Em unidades produtoras de cachaça que fazem uso dessa levedura têm se verificado um aumento significativo no rendimento, e na melhoria da qualidade e produtividade de cachaça. (CARDOSO, 2013). Cardoso (2013), afirma que a acidez volátil pode é depende do processo fermentativo sendo necessário o controle de alguns fatores, que são importantes para minimizar a ocorrência da acidez, como: cepa da levedura utilizada, pureza da fermentação, tempo e temperatura da fermentação, manejo do mosto e principalmente higienização. (RIBEIRO, 2016)

As temperaturas ideais para o processo de produção industrial de etanol encontram-se nas casas 26 a 35 °C. À medida que a temperatura vai aumentando, a contaminação bacteriana é favorecida e a levedura fica mais sensível à toxidez do etanol (SOUZA; MONTEIRO, 2012). Temperaturas diferentes afetam as atividades

metabólicas e o crescimento das leveduras. A maioria dos elementos celulares, como proteínas e membrana plasmática se altera quando são expostas a altas temperaturas. Inclusive a temperatura é um dos elementos que mais contribui para uma alteração das atividades do microrganismo. Sendo assim, tudo isso influencia o crescimento, capacidade fermentativa e viabilidade celular das leveduras (NAVES et al., 2010). Conforme Lima (2001 apud NAVES et al., 2010, p.7), “à medida que a temperatura aumenta, eleva-se a velocidade da fermentação, mas favorece a contaminação bacteriana.”. A temperatura inclusive pode afetar a permeabilidade da membrana das leveduras. Se estiver muito baixa, diminui a velocidade de absorção dos nutrientes e de açúcar, causando um tempo de fermentação acima do esperado. Segundo Walker (1994 apud AMARAL, 2009, p.10), “apesar de existirem meios fisiológicos para regulação da temperatura interna da levedura, um aumento do estresse celular acontece, promovendo rápido declínio da viabilidade do microrganismo”. (PEREIRA, 2020)

Em Amaral (2009), temos que diferentes temperaturas afetam de forma distintas a atividade metabólica e o crescimento das leveduras. Isso pode ser atribuído não somente a genética das diferentes cepas, mas também a composição do meio de crescimento e outros parâmetros como PH, agentes químicos, desidratação osmótica, estado nutricional e fase de crescimento (MONACO, 2007). As linhagens industriais da *S. cerevisiae* são normalmente resistentes a altas temperaturas (MONACO, 2007), mas este fator interfere na viabilidade celular quando em sinergia com a presença do etanol ou meio com PH baixo (SILVA-FILHO *et.al* 2005).

3.5.1.2 pH

O mosto extraído nas moendas tem uma faixa de pH entre 4,5 e 5,5. Isso faz com que não necessite de realizar o ajuste. As leveduras conseguem se adaptar em uma faixa de pH que varia de 4,5 a 5,0, percebemos que na fermentação uns dos maiores problemas é devido a acidificação do mosto causando a contaminação por bactérias acéticas, fazendo com que o metabolismo das leveduras seja afetado de maneira negativa diminuindo sua reprodução. Grande parte das bactérias se desenvolvem em faixa de pH que varia entre 6,5 e 7,0 enquanto em meios ácidos em torno de 4,0 não se desenvolvem. (CECATO-ANTONINI, 2010).

3.5.1.3 Glicerol

O Glicerol é um subproduto formado nas fermentações alcoólicas, o qual as leveduras produzem em consequência ao estresse osmótico sofrido por altas concentrações de açúcares presentes no mosto (AMARAL, 2009).

De acordo com Gutierrez (1991), a formação de Glicerol em dorna de fermentação faz com que aumente os níveis de sacarose. Isso ocorre devido as enzimas Glicólicas e redução das atividades das leveduras.

3.5.1.4 Concentração de substrato

Segundo Steinle (2013), altas concentrações de açúcares acarretam a diminuição da reação de catalise das leveduras, fazendo com que ocorra perdas significativas nos processos. Quando percebido pelas leveduras, a grande quantidade de açúcar presente, é gerado um estresse que faz com que ocorra um desequilíbrio osmótico.

3.6 DESTILAÇÃO DO VINHO

A destilação acontece após a fermentação alcoólica. O principal objetivo é a separação do álcool e água através da diferença dos pontos de ebulição de 100 °C para água e 78,4 °C para álcool, podendo variar com o grau alcoólico da solução. (LOPES et al, 2011). Na destilação da cachaça deve-se verificar sempre as temperaturas de vaporização e condensação. Esses parâmetros são essenciais para que se tenha um produto de qualidade e dentro dos padrões regulamentados. O aquecimento faz com que ocorra a vaporização parcial do líquido e formação de vapores que serão condensados surgindo novos componentes, decorrentes do processo de destilação influenciado pela matéria prima do alambique. (SOUZA, 2013).

Normalmente a produção de cachaça é feita em alambiques de cobre largamente utilizado devido conseguirem retirar componentes indesejáveis da bebida, mas sua produção pode ser feita em alambiques de inox complementado com cobre normalmente realizada para processos industriais. A destilação pode ser realizada de forma descontínua pelo processo de separação das frações em alambiques de cobre

e continua realizado em colunas de aço inox com grande volume de produção. (GARCIA, 2016). A destilação deve ser realizada de forma que o produto, preserve o aroma e o sabor dos principais componentes contidos na matéria prima formados através de reações químicas no interior dos alambiques no processo de destilação. (BRASIL, 2005).

A produção de cachaça em alambique de cobre não é por acaso, esse material faz com que ocorra uma maior facilidade na troca térmica, e consiga agregar sabores e odores por meio da destilação que em materiais diferentes não obteriam essas características sensoriais. A escolha do cobre como matéria prima para fabricação do alambique é por ser um ótimo condutor térmico, diminuir o tempo de destilação da bebida. reagir quimicamente com a cachaça e auxiliar na remoção de algumas substâncias indesejáveis no processo. (CHAPIUSKI, 2017).

A cachaça produzida em grandes partes dos engenhos, ainda tem uma produção muito arcaica, de modo que alguns produtores ainda sigam modelos de décadas atrás. Muitas vezes o processo de produção é afetado por falta de conhecimentos. Chama a atenção a contaminação da bebida por cobre decorrente da destilação. Muitas vezes esse excesso de cobre pode ser reduzido com a limpeza do alambique, bastando simplesmente a destilação do equipamento com água ou com água e limão. Isso faz com que os vapores arrastem o azinhavre das paredes do alambique (LIMA, 2006).

Segundo Nascimento (1998), uns dos principais desafios para a produção de cachaça de qualidade são decorrentes de contaminações provenientes de reações químicas e formação de novos compostos. Vários estudos estão sendo feitos para se obter novas tecnologias para tentar aprimorar ainda mais esse processo. A eliminação de íons de cobre é um dos principais objetivos. Buscando por materiais que não colaborem com essas contaminações, passou a ser utilizado o aço inox na destilação da bebida, mas com o tempo foi observado que características sensoriais eram perdidas e odores de sulfetos eram percebidos, com isso foi adicionado cobre ao alambique para reduzir essas contaminações.

Na produção de cachaça de forma descontínua são realizadas separações de frações, no qual são separados compostos de acordo com seu grau de evaporação facilitando sua quantificação. Na destilação por batelada pode ser retirada três frações denominadas de cabeça, coração e cauda. (VILELA, 2005).

A separação das frações da bebida é iniciada pela **CABEÇA**. Muitas vezes são confundidas, por algumas pessoas como sendo uma cachaça de boa qualidade, mas o que esses consumidores levam em consideração é sua graduação alcoólica chegando a teores alcoólicos altos entre 65 e 70 °G.L. e terem em suas composições, vários componentes. O volume desse álcool corresponde ao recolhimento de cerca de 10% do volume total do vinho a ser destilado. (SOUZA, 2013).

Logo após a retirada da cabeça, inicia-se a fração **CORAÇÃO** que é considerada a parte nobre da cachaça, amplamente apreciada devido aos seus sabores e odores característicos. Sua separação é iniciada quando sua graduação fica estabelecida em 60 °G.L. e retira-se até 38 °G.L., que corresponde cerca de 80 % do volume total destilado. É a parte destinada ao consumo e representa cerca de 80 % do volume total do destilado. (OLIVEIRA, et al 2015).

CAUDA é a parte final da destilação onde é esgotada praticamente toda graduação alcoólica, nessa etapa deve ser observado o ponto correto de separação entre coração e cauda devido a sua turvação. Sua separação é iniciada quando sua graduação fica estabelecida em 38 °G.L. e retira-se até 14 °G.L. Normalmente são retirados cerca de 10% do volume do vinho colocado no alambique. As frações provenientes da cabeça e cauda são descartadas por apresentarem componentes não desejáveis. (OLIVEIRA, 2010).

A destilação é uns dos gargalos que se deve ter toda atenção para fabricação da bebida, através dela podemos separar compostos irrelevantes e ao mesmo tempo separar frações que podem agregar valor à bebida através de reações químicas dos componentes de volatilidade. Para que se obtenha uma bebida de boa qualidade é necessário realizar otimizações do processo, fazendo com que a destilação selecione e concentre os vinhos do caldo de cana. (SOUZA, 2009).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

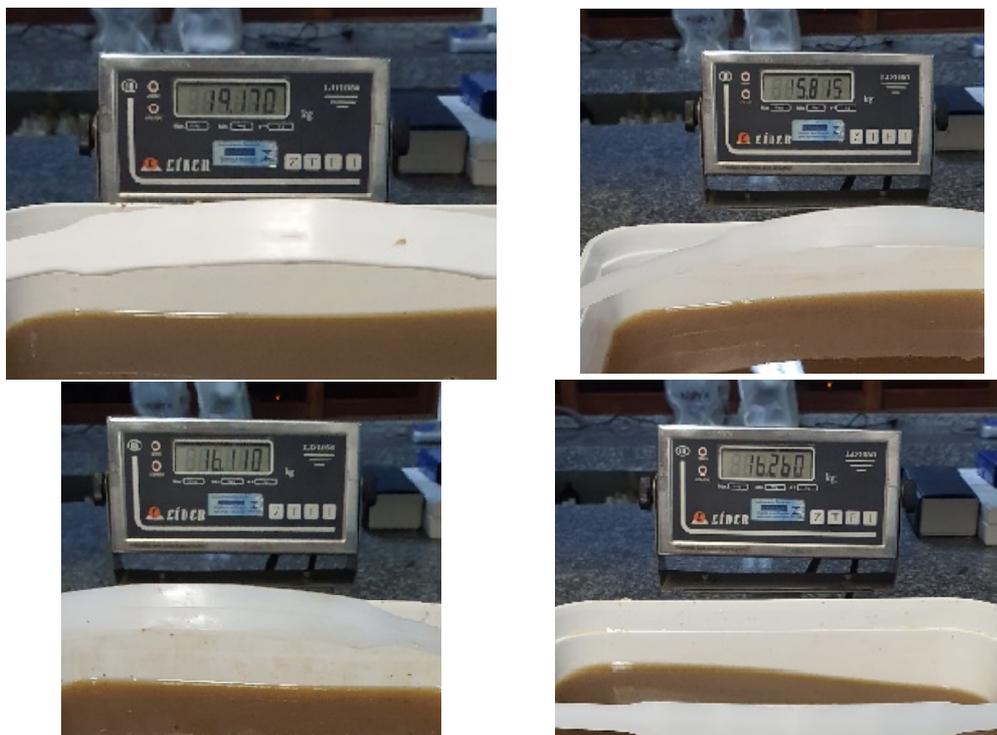
O estudo foi realizado nos laboratórios de Tecnologias Sucroalcooleira e Operações Unitárias, localizado no Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR), no qual faz parte da Universidade Federal da Paraíba.

Foram realizadas as etapas de operações unitárias, que são empregadas no processo de produção da cachaça, que foi desde a etapa de peneiramento do caldo doado até a destilação. No decorrer das etapas foram realizadas análises de teor alcoólico, monitoramento da temperatura das dornas e verificado o índice de sólidos solúveis (°BRIX), que são fatores fundamentais para produção de uma cachaça de boa qualidade.

4.1 CANA-DE-AÇÚCAR

A matéria prima (caldo de cana), 148,5 litros, foi doada pelas usinas **Monte Alegre** e **Olho D'água** como podemos ver na Figura 10 e armazenadas no freezer localizado no laboratório de operações.

Figura 10- Caldo doado pelas usinas **Monte Alegre** e **Olho D'água**.





Fonte: Do autor (2022)

4.1.1 Preparo da matéria prima para fermentação

Foi realizado o processamento da matéria prima, seguindo rigorosamente o procedimento e as etapas que foi repassada visando diminuir interferência do meio e com isso obter resultados reais das possíveis interferências sofrida no decorrer do processo.

A matéria prima passou por um processo de limpeza, pesagem e peneiramento do caldo.

A Limpeza foi realizada com o intuito de diminuir as impurezas que vem do plantio decorrente do carregamento e passam pelas moendas.

O caldo passou por uma peneira para retirada de materiais grosseiros e bagacilhos, decorrente da extração e dos processos anteriores. Logo após a limpeza, foi realizada a medição do °BRIX referente aos sólidos solúveis totais e pH, fatores que são preponderantes para desenvolver a fermentação alcoólica.

4.2 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

Na realização da análise do caldo de cana através de um pHmetro e um refratômetro foi verificado que sua concentração de sólidos solúveis inicial (°BRIX) era de 19,4 °BRIX, já o seu pH ficava estabelecido em torno de 5,28. O do caldo de cana foi corrigido para um pH 4,0 com HCl.

A Figura 11, detalha os componentes da dorna com controlador automático de temperatura

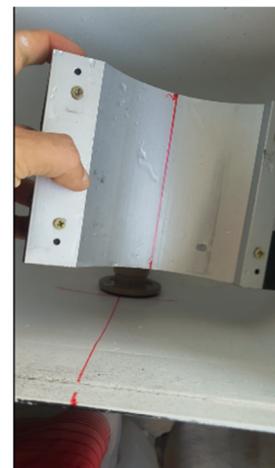
Figura 11- Detalhes das dornas com controlador automático de temperatura usados na fermentação alcoólica.



a. Alimentação de energia



b. Fonte de aquecimento



c. Suporte dorna de vidro



d. Suporte dorna de vidro



e. Suporte e fonte de aquecimento



f. Dorna apoiada no suporte



g. Dorna apoiada no suporte



h. Airlock



i. Controlador de temperatura com 2 pontos de energia

Temperatura setada (EM AZUL)

Temperatura da água na dorna (EM VERMELHO)



j. Dorna de vidro de 8 litros

Fonte: Do autor (2022)

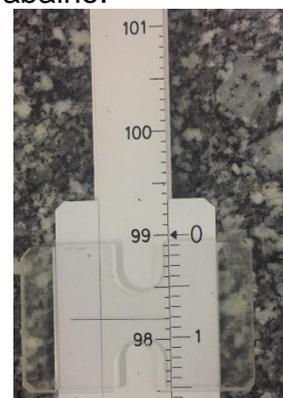
Figura 12- Refratômetro digital e ebuliômetro utilizados neste trabalho.



a. Refratômetro digital



b. Ebuliômetro



c. Régua para calibração do ebuliômetro



Amostras para medir a graduação alcoólica (° G.L.)

Fonte: Do autor (2022)

Os detalhes do procedimento do pé de cuba, realizados na fermentação alcoólica são mostrados na Figura 13

Figura 13- Detalhes do procedimento do pé de cuba realizados na fermentação alcoólica.

CALDO DE CANA		DORNA DE VIDRO		LEVEDURA	
80 L com °BRIX inicial de 19,4				 500 g de Levedura CA11	
O QUE	VOLUME (L)	AÇÃO	MEDIÇÕES		
1º DIA	°BRIX 6	Adicionamos 8 g de levedura CA11, em cada uma das dornas, 9 no TOTAL Adicionou-se 2 litros de caldo a 6 °BRIX		Medimos o °BRIX Medimos o teor alcoólico (G.L.)	
O QUE	VOLUME (L)	AÇÃO	MEDIÇÕES		
2º DIA	°BRIX 9	Adicionou-se 1,5 litros de caldo a 9 °BRIX, ao volume existente, TOTAL 3,5 L		Medimos o °BRIX Medimos o teor alcoólico (G.L.)	
O QUE	VOLUME (L)	AÇÃO	MEDIÇÕES		
3º DIA	°BRIX 12	Adicionou-se 1,5 litros de caldo a 12 °BRIX, ao volume existente, TOTAL 5 L		Medimos o °BRIX Medimos o teor alcoólico (G.L.)	
O QUE	VOLUME (L)	AÇÃO	MEDIÇÕES		
4º DIA	°BRIX 15	Adicionou-se 2 litros de caldo a 15 °BRIX, ao volume existente, TOTAL 7 L		Medimos o °BRIX Medimos o teor alcoólico (G.L.)	
O QUE	VOLUME (L)	AÇÃO	MEDIÇÕES		
5º DIA				Medimos o °BRIX Medimos o teor alcoólico (G.L.)	

Fonte: Do autor (2022)

O controle da temperatura na fermentação, foi feito através dos controladores automáticos do tipo liga/desliga desenvolvidos pelo prof. Kelson, como mostrado na Figura 14. As temperaturas usadas na fermentação, foram as temperaturas de **26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 e 36 °C**

Figura 14- Os 9 controladores automáticos de temperatura usados na fermentação alcoólica.



a. Fermentação alcoólica a temperatura de 32 °C



b. Fermentação alcoólica a temperatura de 36 °C



c. Fermentação alcoólica a temperatura de 34 °C



d. Fermentação alcoólica a temperatura de 28 °C



e. Fermentação alcoólica a temperatura de 31 °C



f. Fermentação alcoólica a temperatura de 29 °C



g. Fermentação alcoólica a temperatura de 26 °C



h. Fermentação alcoólica a temperatura de 33 °C



i. Fermentação alcoólica a temperatura de 30 °C





Fonte: Do autor (2022)

4.3 DESTILAÇÃO

Na Figura 15, podemos verificar o processo de destilação da cachaça realizado através das separações das frações composta por uma solução pseudo binária de álcool e água. Na medida que o álcool vai evaporando o vapor é enviado ao condensador com serpentina de cobre onde é conseqüentemente condensado.

Figura 15- Equipamentos utilizados para a destilação



a) Alambique de inox e serpentina de cobre



b) Termômetro acoplado no alambique



c) Chille para resfriamento da água do condensador



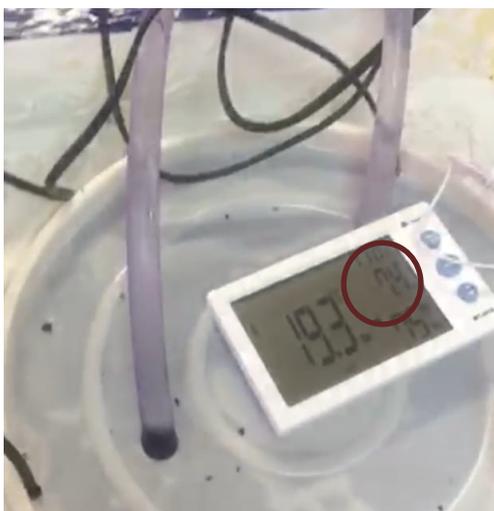
d) Condensador com serpentina de cobre



e) Saída das frações do destilado

Fonte: Do autor (2022)

Continuação da Figura 15



f) Temperatura da água do condensador



g) Circulação da água de resfriamento



h) Destilação do vinho fermentado as temperaturas de 32 e 34 °C



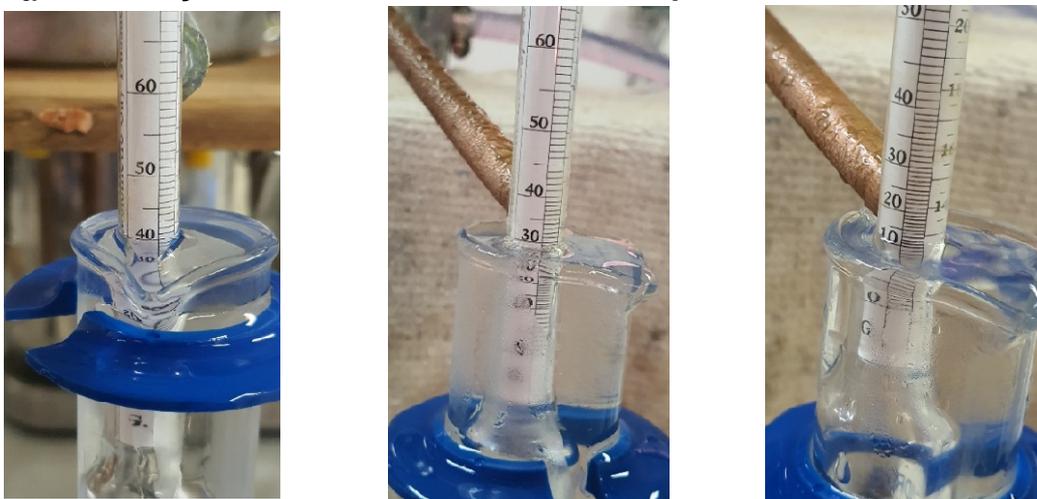
i) Destilação do vinho fermentado as temperaturas de 29 e 30 °C

Fonte: Do autor (2022)

Continuação da Figura 15



j) Destilação do vinho fermentado as temperaturas de 26 e 33 °C



k) Acompanhamento da graduação alcoólica, durante a destilação para corte das frações coração e cauda da cachaça

Fonte: Do autor (2022)

Figura 16- Amostras de cachaça retiradas para medir a acidez total, por titulação.



Amostras para medir acidez total, por titulação

Fonte: Do autor (2022)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aqui vamos mostrar os resultados obtidos nas etapas de fermentação e destilação.

Na Figura 17, vemos que o controlador de temperatura, desenvolvido para este trabalho, cumpriu muito bem sua função de manter as temperaturas das dornas de fermentação nas temperaturas programadas, durante o tempo necessário em que ela transcorreu (5 dias)

5.1 CONTROLADOR DE TEMPERATURA DAS DORNAS DE FERMENTAÇÃO.

Figura 17- Os 9 controladores automáticos de temperatura das dornas de fermentação.



Fermentação alcoólica a temperatura de 26 °C



Fermentação alcoólica a temperatura de 28 °C



Fermentação alcoólica a temperatura de 29 °C



Fermentação alcoólica a temperatura de 30 °C



Fermentação alcoólica a temperatura de 31 °C



Fermentação alcoólica a temperatura de 32 °C



Fermentação alcoólica a temperatura de 33 °C



Fermentação alcoólica a temperatura de 34 °C



Fermentação alcoólica a temperatura de 36 °C

Fonte: autor (2022)

5.2 °BRIX e °G.L.

O desenvolvimento da fermentação alcoólica está ligado diretamente há fatores intrínsecos e extrínsecos do meio, no qual variações de substrato, ph e temperaturas interferem diretamente na realização da fermentação.

Na Tabela 2, na Tabela 3, na Tabela 4, na Tabela 5 e Tabela 6 estão dispostos os parâmetros físico-químicos acompanhados durante a realização deste trabalho.

Tabela 2 - parâmetros obtidos durante o acompanhamento das fermentações para o 1 dia.

		Colocação	TEMPERATURA	°BRIX FINAL	°BRIX MÉDIO NO INÍCIO DO 1 DIA	°BRIX FINAL DO 1 DIA	G.L.	DIFERENÇA (%)
1 DIA	°BRIX¹ 6	1	32	---	6,0	---	1,4	
		2	30	---	6,0	---	1,2	14,3
		2	33	---	6,0	---	1,2	14,3
		3	34	---	6,0	---	1,1	21,4
		4	26	---	6,0	---	1,0	28,6
		4	28	---	6,0	---	1,0	28,6
		4	29	---	6,0	---	1,0	28,6
		4	31	---	6,0	---	1,0	28,6
		5	36	---	6,0	---	0,8	42,9

Fonte: Do autor (2022)

Os sólidos solúveis (°BRIX) inicial era de 19,4 °BRIX no caldo doado. No primeiro dia de fermentação o °BRIX foi diluído de 19,4 para 6,0. Em cada um dos 5 dias de fermentação, foi feito a análise do °BRIX para a diluição para os °BRIX 6, 9, 12 e 15.

A levedura utilizada no trabalho, foi a levedura especialmente desenvolvida para a produção da cachaça **CA11**.

No dia seguinte ao primeiro dia de fermentação com °BRIX 6, era analisado novamente o °BRIX para saber se a fermentação estava ocorrendo e retirando uma

¹ Nomenclatura referente ao °BRIX adicionado no dia.

amostra de 50 ml do vinho para fazer a graduação alcoólica ($^{\circ}\text{G.L.}$), utilizando-se para isso o ebulliômetro, disponível no laboratório de tecnologia sucroalcooleira.

O mesmo procedimento foi realizado nos três dias seguintes, os resultados da fermentação, são apresentados a seguir.

A temperatura de 32°C , em relação a graduação alcoólica ($^{\circ}\text{G.L.}$) foi a temperatura que produziu o **MAIOR** $^{\circ}\text{G.L.}$ com um valor de 1,4 a $^{\circ}\text{BRIX 6}$.

Não temos o $^{\circ}\text{BRIX}$ final após 24h de fermentação, por um esquecimento do meu orientador.

Na coluna “colocação”, demos colocações as temperaturas que produziram os maiores valores da graduação alcoólica ($^{\circ}\text{G.L.}$), demos a mesma colocação em caso de empate. Esta coluna será importante na discussão dos resultados apresentados na Tabela 6

Tabela 3 - parâmetros obtidos durante o acompanhamento das fermentações para o 2 dia.

	Colocação	TEMPERATURA	$^{\circ}\text{BRIX}$ FINAL DO 1 DIA	$^{\circ}\text{BRIX}$ MÉDIO NO INÍCIO DO 2 DIA	$^{\circ}\text{BRIX}$ FINAL DO 2 DIA	G.L.	DIFERENÇA (%)
2 DIA	1	32	0,0	9,0	3,3	4,1	
	2	29	0,0	9,0	5,2	4,0	2,4
	2	31	0,0	9,0	5,1	4,0	2,4
	2	36	0,0	9,0	5,1	4,0	2,4
	3	30	0,0	9,0	3,2	3,3	19,5
	3	33	0,0	9,0	2,9	3,3	19,5
	3	34	0,0	9,0	3,0	3,3	19,5
	4	28	0,0	9,0	3,4	3,0	26,8
	5	26	0,0	9,0	3,3	2,8	31,7

Fonte: Do autor (2022)

A temperatura de 32°C foi a que produziu o maior teor alcoólico, com um valor de 4,1 a $^{\circ}\text{BRIX 9}$.

Na coluna “ $^{\circ}\text{BRIX}$ MÉDIO NO INÍCIO DO 2 DIA”, temos os valores médios medidos por um refratômetro digital de quanto o $^{\circ}\text{BRIX}$ baixou (5,2 a 2,9) coluna

² Nomenclatura referente ao $^{\circ}\text{BRIX}$ adicionado no dia.

“°BRIX FINAL DO 2 DIA “, o mesmo ocorreu nas fermentações dos dias seguintes, nos indicando que a fermentação, após 24h, está ocorrendo como deveria.

Tabela 4 – parâmetros obtidos durante o acompanhamento das fermentações para o 3 dia.

		Colocação	TEMPERATURA	°BRIX FINAL DO 2 DIA	°BRIX MÉDIO NO INÍCIO DO 3 DIA ⁴	°BRIX FINAL DO 3 DIA	G.L.	DIFERENÇA (%)
3 DIA	°BRIX³ 12	1	29	3,3	7,7	4,8	4,5	0,0
		1	33	5,2	8,6	3,7	4,5	0,0
		1	36	5,1	8,6	4,8	4,5	0,0
		2	31	5,1	8,6	4,8	4,4	2,2
		3	34	3,2	7,6	3,4	4,0	11,1
		4	28	2,9	7,5	4,2	3,9	13,3
		4	30	3,0	7,5	3,8	3,9	13,3
		5	26	3,4	7,7	4,2	3,8	15,6
		5	32	3,3	7,7	4,7	3,8	15,6

Fonte: Do autor (2022)

As temperaturas de **29 °C, 32 °C e 36 °C**, em relação a graduação alcoólica (°G.L.) foram as temperaturas que produziram o **MAIOR °G.L.** com um valor de 4,5 a °BRIX 12.

³ Nomenclatura referente ao °BRIX adicionado no dia.

⁴ Valores calculados com sendo a média do °BRIX a ser adicionado no dia e o °BRIX da fermentação do dia anterior, representada pela coluna “°BRIX FINAL DO 2 DIA”

Tabela 5 - parâmetros obtidos durante o acompanhamento das fermentações para o 4 dia.

		Colocação	TEMPERATURA	°BRIX FINAL DO 3 DIA	°BRIX MÉDIO NO INÍCIO DO 4 DIA	°BRIX FINAL DO 4 DIA	G.L.	DIFERENÇA (%)
4 DIA	°BRIX⁵ 15	1	36	4,8	9,9	5,0	5,5	
		2	29	3,7	9,4	4,9	5,4	1,8
		2	31	4,8	9,9	4,9	5,4	1,8
		2	32	4,8	9,9	4,9	5,4	1,8
		3	28	3,4	9,2	4,4	4,9	10,9
		4	30	4,2	9,6	4,2	4,7	14,5
		4	33	3,8	9,4	3,9	4,7	14,5
		5	34	4,2	9,6	3,9	4,5	18,2
		6	26	4,7	9,9	4,3	4,4	20,0

Fonte: Do autor (2022)

A temperatura de **36 °C**, em relação a graduação alcoólica (°G.L.) foi a temperatura que produziu o **MAIOR °G.L.** com um valor de 5,5 a **°BRIX 15**.

⁵ Nomenclatura referente ao °BRIX adicionado no dia.

Tabela 6 – Resumo da produção da graduação alcoólica em função de cada uma das temperaturas na fermentação.

TEMPERATURA	°BRIX 6		°BRIX 9		°BRIX 12		°BRIX 15		Σ Colocação ⁶
	Colocação	°G.L.	Colocação	°G.L.	Colocação	°G.L.	Colocação	°G.L.	
29	4	1,0	2	4,0	1	4,5	2	5,4	9
32	1	1,4	1	4,1	5	3,8	2	5,4	9
36	5	0,8	2	4,0	1	4,5	1	5,5	9
31	4	1,0	2	4,0	2	4,4	2	5,4	10
33	2	1,2	3	3,3	1	4,5	4	4,7	10
30	2	1,2	3	3,3	4	3,9	4	4,7	13
34	3	1,1	3	3,3	3	4,0	5	4,5	14
28	4	1,0	4	3,0	4	3,9	3	4,9	15
26	4	1,0	5	2,8	5	3,8	6	4,4	20

Fonte: Do autor (2022)

Σ das COLOCAÇÕES (menor melhor)

De um modo geral ao considerarmos a fermentação desde o °BRIX 6 até o 15, considerando as colocações que as temperaturas tiveram nas fermentações a °BRIX 6, 9, 12 e 15, na Tabela 6 a coluna (Σ **Colocação**), nos mostra que as temperaturas de **29 °C**, **32 °C** e **36 °C**, tiveram os maiores valores de graduação alcoólica (°G.L.) e conseqüentemente as melhores colocações, resultando em um menor (Σ).

Se levarmos em conta apenas a fermentação a °BRIX 15, a temperatura de **36 °C**, teve o maior valor de graduação alcoólica (°G.L.), ficando as temperaturas de 29 °C e 32 °C, na segunda colocação.

⁶ Dados ordenados pelos menores somatórios dos valores do **G.L.**

5.3 ACIDEZ TOTAL.

Na Tabela 7 e na Tabela 8 são apresentados os valores da acidez total das cachaças produzidas neste trabalho.

Tabela 7 - Parâmetros obtidos das análises físico-químicas das amostras das cachaças após o processo de destilação, **FRAÇÃO CORAÇÃO (54 a 30 °G.L.)**.

TEMPERATURA °C	VOLUME NAOH ⁷ (mL) CORAÇÃO	ACIDEZ TOTAL ⁸ (mg/100 ml) CORAÇÃO	DIFERENÇA (%)	limite máximo de 150 mg/100 ml (%) ⁹
26	10,9	25,7		17,1
28	10,9	25,7	0,0	17,1
30	11,1	26,2	1,8	17,4
33	11,6	27,4	6,4	18,2
34	11,9	28,1	7,3	18,7
32	12,2	28,8	9,2	19,2
29	13,3	31,4	11,9	20,9
31	13,4	31,6	22,0	21,1
36	16,3	38,4	22,9	25,6

Fonte: Do autor (2022)

Um dos parâmetros que medem a qualidade da cachaça é a acidez total, que a legislação vigente estabelece um limite máximo de 150 mg/100 ml de amostra.

Na Tabela 7 e na Tabela 8 são apresentados, os valores da acidez total das cachaças produzidas, tanto da fração coração, a mais importante (Tabela 7), quanto da fração cauda (Tabela 8), o alambique utilizado não nos permite, extrair a fração cabeça da cachaça.

Podemos observar nas duas tabelas que os valores de acidez se encontram bem abaixo do limite permitido pela legislação (ácido acético 150 mg /100 ml da amostra).

As temperaturas de **29 °C**, **32 °C** e **36 °C**, em desta em amarelo, que foram as melhores em termos dos valores de graduação alcoólica (°G.L.), apresentaram

⁷ N=0,02; f=0,9825

⁸ Legislação estabelece que o limite máximo de ácido acético 150 mg /100 ml da amostra.

⁹ % da ACIDEZ TOTAL, obtida em relação ao limite máximo permitido pela legislação.

valores de acidez total, na fração **CORAÇÃO**, de **31,4 (+11,9%)**, **28,8 (+9,2%)** e **38,4 (+22,9%)**, respectivamente.

Tabela 8 - Parâmetros obtidos das análises físico-químicas das amostras das cachaças após o processo de destilação, **FRAÇÃO CAUDA (30 a 15 °G.L.)**.

TEMPERATURA	VOLUME NAOH ¹⁰ (mL) CAUDA	ACIDEZ TOTAL ¹¹ (mg/100 ml) CAUDA	DIFERENÇA (%)	limite máximo de 150 mg/100 ml (%) ¹²
28	13,7	32,3		21,5
26	14,0	33,0	2,2	22,0
33	14,3	33,7	4,4	22,5
30	14,4	34,0	5,1	22,6
34	16,0	37,7	16,8	25,2
29	17,3	40,8	26,3	27,2
32	17,8	42,0	29,9	28,0
31	17,8	42,0	29,9	28,0
36	21,2	50,0	54,7	33,3

Fonte: Do autor (2022)

As temperaturas de **29 °C**, **32 °C** e **36 °C**, em destaque em amarelo, que foram as melhores em termos dos valores de graduação alcoólica (°G.L.), apresentaram valores de acidez total, na fração **CAUDA**, de **40,8 (+26,3%)**, **42,0 (+29,9%)** e **50,0 (+54,7%)**, respectivamente.

¹⁰ N=0,02; f=0,9825

¹¹ Legislação estabelece que o limite máximo de ácido acético 150 mg /100 ml da amostra.

¹² % da ACIDEZ TOTAL, obtida em relação ao limite máximo permitido pela legislação.

Tabela 9 – Resumo do volume do destilado (cachaça) obtidos.

TEMPERATURA	VOLUME (mL) CABEÇA (50 a 30 G.L.)	G.L. CABEÇA	VOLUME (mL) CORAÇÃO (50 a 30 G.L.)	G.L. CORAÇÃO	VOLUME (mL) CALDA (30 a 14 G.L.)	G.L. CALDA	VOLUME TOTAL (mL)
36			660	35	460	17	1120
30			470	37	500	17	970
29			450	37	460	18	910
32			440	36	560	19	1000
31			435	30	230	10	665
28			425	35	620	20	1045
33			420	35	540	20	960
26			410	38	550	16	960
34			330	35	510	17	840

Fonte: Do autor (2022)

As temperaturas de **29 °C**, **32 °C** e **36 °C**, em destaque em amarelo, que foram as melhores em termos dos valores de graduação alcoólica (°G.L.), apresentaram os maiores volumes da valores na fração **CORAÇÃO**, de **450**, **440** e **660 mL**, respectivamente.

6 CONCLUSÕES

De um modo geral ao considerarmos a fermentação desde o °BRIX 6 até o 15, considerando as colocações que as temperaturas tiveram nas fermentações a °BRIX 6, 9, 12 e 15, a Tabela 6, nos mostra que as temperaturas de 29 °C, 32 °C e 36 °C, tiveram os maiores valores de graduação alcoólica (°G.L.) e conseqüentemente as melhores colocações, resultando em um menor (Σ).

Se levarmos em conta apenas a fermentação a °BRIX 15, a temperatura de 36 °C, teve o maior valor de graduação alcoólica (°G.L.), ficando as temperaturas de 29 °C e 32 °C, na segunda colocação,

As temperaturas de 29 °C, 32 °C e 36 °C, que foram as melhores em termos dos valores de graduação alcoólica (°G.L.), apresentaram valores de acidez total, na fração CORAÇÃO, de 31,4 (+11,9%), 28,8 (+9,2%) e 38,4 (+22,9%), respectivamente.

As temperaturas de 29 °C, 32 °C e 36 °C, que foram as melhores em termos dos valores de graduação alcoólica (°G.L.), apresentaram valores de acidez total, na fração CAUDA, de 40,8 (+26,3%), 42,0 (+29,9%) e 50,0 (+54,7%), respectivamente.

As temperaturas de 29 °C, 32 °C e 36 °C, que foram as melhores em termos dos valores de graduação alcoólica (°G.L.), apresentaram os maiores volumes da valores na fração CORAÇÃO, de 450, 440 e 660 mL, respectivamente

Podemos concluir pelos resultados apresentados no trabalho que devemos escolher entre a temperatura de **29 °C** ou a de **32 °C**, para uma fermentação alcoólica que produza uma maior graduação alcoólica (°G.L.) e também por estarem dentro do intervalo sugerido pela literatura, razão pela qual a temperatura de 36 °C ter ficado de fora.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Realizar a fermentação de uma maneira diferente., retirando todo o volume da fermentação do dia anterior e colocando na dorna 80% do seu volume útil

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, W.G. **CONSUMO HÍDRICO E COEFICIENTE DE CULTIVO DUAL DA CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADA SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO** (Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande) CAMPINA GRANDE - PB, 2012.

ALCARDE, A.R. **CACHAÇA: Ciência, Tecnologia e Arte**. São Paulo: Editora Edgard Bluchen, p. 96, 2010.

AMARAL, F.S. **INFLUÊNCIA CONJUNTA DO pH, TEMPERATURAS E CONCENTRAÇÕES DE SULFITO NA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA DE MOSTO DE SACAROSE** (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia) Uberlândia - MG, 2009.

BASTOS R.G. **TECNOLOGIAS DAS FERMENTAÇÕES FUNDAMENTOS DE BIOPROCESSOS**, São Carlos, p. 13-14, 2010.

BIOTEC, P. (25 de 08 de 2016). Fonte: PROFISSÃO BIOTEC: <https://profissaobiotec.com.br/a-estrela-da-industria-alimenticia/>. acesso em: 25 de maio de 2022.

BRASIL. **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**. Instrução Normativa nº. 13, de 29 de junho de 2005. Brasília, 2005a. Disponível em <<http://imanet.ima.mg.gov.br/nova/gec/Legistacao/mapa/IN13.pdf>>. Acesso em: 2 de janeiro. 2019.

CARDOSO, M. G. MACHADO, R. M. A. ZACARONI, M. L, SANTIAGO, D. W, MENDONÇA, P. G. J.; RODRIGUES, A. M. L. **Análises Físico-Químicas e Cromatográficas de Aguardente**. In: CARDOSO, M. G. Produção de aguardente de cana. 3.ed. Lavras: UFLA, 2013

CASCUDO, C. **PRELÚDIO DA CACHAÇA**. Rio de janeiro, v. 1, 2006.

CECATO-ANTONINI., S.R. **MICROBIOLOGIA DA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO MICROBIOLÓGICO EM DESTILARIAS**, São Carlos, p. 14, 2010.

CHAPIUSKI. **O QUE É O ALAMBIQUE E COMO É FEITO?** 2017. Disponível em: <<http://http://chapiuski.com.br/alambique/>>. Acesso em: 16 de janeiro de 2019.

EXPOCACHAÇA. (26 de 05 de 2022). Fonte: <https://www.expocachaca.com.br/numeros-da-cachaca/>. acesso em: 25 de maio de 2022.

FERREIRA, L. V. **ESTUDO DA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA EM FRASCOS**

FILHO W.G.V. **AGUARDENTE E CACHAÇA**, Botucatu, p. 35, 2013

GARCIA, G. **TRATAMENTO DO CALDO E TIPOS DE FERMENTOS SOBRE OS COMPONENTES SECUNDÁRIOS E QUALIDADE DA CACHAÇA DE ALAMBIQUE** (Dissertação apresentada a faculdade de ciências agrárias e veterinária da Universidade Estadual Paulista) Jaboticabal, 2016.

GONÇALVES, C.M.; **USO DE LEVEDURA SELECIONADA EM ESCALA PILOTO PARA A PRODUÇÃO DE CACHAÇA DE ALAMBIQUE.** Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, 2015.

GUTIERRES L.E. **PRODUÇÃO DE GLICEROL POR LINHAGENS DE SACCHAROMYCES DURANTE FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA,** Piracicaba, São Paulo, p. 56-57, 1991.

HISTÓRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. São Paulo, 2006. Disponível em: http://www.siamig1.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=61. Acesso em: 22/03/2019.

LIMA, A. de J.B.; CARDOSO, M.G.; GUERREIRO, M. C. PIMENTEL, F. A. **QUIM. NOVA** 2006, 29, 207.

LOPES et. al, C.H. et al. **PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE CANA-DE-AÇÚCAR.** São Carlos, v. 1, p. 45, 2011.

MOKFA, A. PFULLER, E. E; **ELABORAÇÃO DE AÇÚCAR MASCAVO ECOLÓGICO NA AGROINDÚSTRIA FAMILIAR E CO AÇÚCAR EM PAIM FILHO.** RAMVI, Getúlio Vargas, v. 02, n. 04, jul./dez. 2015.

MONACO, M.A.S.L. **Efeito protetor do magnésio no choque térmico e estresse pelo etanol em leveduras Saccharomysces cerevisiae.** Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, p.64,2007.

NASCIMENTO, R. F et al. **INFLUÊNCIA DO MATERIAL DO ALAMBIQUE NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS AGUARDENTES DE CANA-DE-AÇÚCAR.** Departamento de Alimentos e Nutrição – FCF- UNESP- São Paulo, 1998.

NAVES R.F; FERNANDES F.S; PINTO O.G; NAVES P.L.F. **Contaminação Microbiana nas Etapas de Processamento e sua Influência no Rendimento Fermentativo em Usina Alcooleira.** Enciclopédia Biosfera, 2010.

ODELO, L; BRACESCHI. G.P; SEIXAS. F. R. F; SILVA. A. A; GALINARO. C. A; FRANCO. D. W. **AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CACHAÇA.** Quím. Nova vol. 32 n.º.7 São Paulo 2009.

OLIVEIRA, A.M.L. **O PROCESSO DE PRODUÇÃO DA CACHAÇA ARTESANAL E SUA IMPORTÂNCIA COMERCIAL** (Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Microbiologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais) Belo Horizonte - MG, 2010.

OLIVEIRA, R. E.S. et al. **SISTEMA DE DESTILAÇÃO DE EMPRESAS PRODUTORAS DE CACHAÇA DE DO ESTADO DA PARAÍBA**. Departamento de Engenharia de Alimentos – UFPB- Paraíba, 2015.

PEREIRA, A.F. et al. **ADIÇÃO DE FONTES DE NITROGÊNIO E DE DUAS LINHAGENS DE LEVEDURAS NA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA PARA PRODUÇÃO DE CACHAÇA**. Revista de engenharia química, V.1, 2015.

PEREIRA, D. A.; VIEIRA, R. de C. M.; GIMENEZ, A. Z. **FATORES QUE AFETAM A FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA**. Ciência & Tecnologia, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 44-55, 2020. DOI: 10.52138/citec.v12i1.113. Disponível em: <https://citec.fatecjaboticabal.edu.br/index.php/citec/article/view/113>. Acesso em: 2 jun. 2022.

RIBEIRO, M. L. D. **Qualidade da cachaça em função do tratamento do caldo e tipo do fermento**. 2016. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária. Jaboticabal. 2016.

SEBRAE. **CACHAÇA ARTESANAL SÉRIE ESTUDOS MERCADOLÓGICOS**. Brasília, p.13, 2012.

SILVA, A. P. **COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE AGUARDENTE REDESTILADA EM FUNÇÃO DO GRAU ALCOÓLICO DO FLEGMA** (Dissertação apresentada para obtenção do título mestre em ciência de alimentos - Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo) Piracicaba- SP, 2016.

SILVA-FILHO, E., A., SANTOS, S., K., B., RESENTE, A., M., MORAES, J., O., F., MORAES JR, M., A., and SIMÕES D., A. **Yeast population dynamics of industrial fuel-ethanol fermentation process assessed by PCR fingerprinting**, 88, p. 13-23, 2005.

SIQUEIRA, E.P. **EFEITO DA TEMPERATURA NA CINÉTICA DA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA CONTINUA COM ALTA DENSIDADE CELULAR** (Tese apresentada a Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para o título mestre em engenharia de alimentos) Campinas- SP, 1997.

SOUSA J.L.U; MONTEIRO R.A.B **Fatores Interferentes na Fermentação Alcoolica para a Produção de Etanol**, 2012.

SOUZA, L. M et al. **PRODUÇÃO DE CACHAÇA DE QUALIDADE**. São Paulo, v. 1, p. 30-31, 2013.

SOUZA, P.A. **PRODUÇÃO DE AGUARDENTE DE CANA-DE-AÇÚCAR POR DUPLA DESTILAÇÃO EM ALAMBIQUE RETIFICADOR** (Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em ciências) Piracicaba, 2009.

SOUZA, R.L. **CACHAÇA, VINHO, CERVEJA DA COLÔNIA DO SÉCULO XX**. Estudo históricos, Rio de Janeiro p. 56-58, 2004.

STEILE, L.A. **FATORES QUE INTERFEREM NA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA**. (Monografia apresentada ao programa de pós-graduação em

gestão do setor sucroalcooleiro) –Universidade Federal de São Carlos, Sertãozinho, 2013.

VERDI, A.R. **DINÂMICAS E PERSPECTIVAS DO MERCADO DA CACHAÇA**. Informações Econômicas, São Paulo, p. 93, 2006.

VILELA, A.F. **ESTUDO DA ADEQUAÇÃO DE CRITÉRIOS DE BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO NA AVALIAÇÃO DE FÁBRICAS DE CACHAÇA DE ALAMBIQUE** (Dissertação apresentada ao Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista) ARARAQUARA, 2005.