

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

**ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE ECONÔMICA
DA PRODUÇÃO DE AGUARDENTE UTILIZANDO CALDO DE
CANA-DE-AÇÚCAR E AÇÚCAR COMERCIAL COMO
MATÉRIAS-PRIMAS**

Vítor Lucas de Oliveira Barros

Trabalho de Graduação apresentado ao
Departamento de Engenharia Química da
Universidade Federal de São Carlos

Orientador: Prof. Alberto Colli Badino Junior

São Carlos – SP

2020

BANCA EXAMINADORA

Trabalho de Graduação apresentado no dia 15 de dezembro de 2020 perante a seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Alberto Colli Badino Junior

Convidado: Ivan Ilich Kerbaury Veloso

Professor da Disciplina: Prof. Ruy de Sousa Junior

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a minha família pelo apoio durante toda minha formação acadêmica, em especial minha mãe Elisângela.

Aos senhores Geraldo e Valter, donos da produção de aguardente situada em minha cidade natal, Dolores do Turvo-MG, que ajudaram de maneira benevolente no procedimento experimental e forneceram dados de produção.

Ao professor Alberto, que aceitou orientar este trabalho. Um verdadeiro mestre. Sempre estará em minhas lembranças suas aulas e ensinamentos.

Por fim, agradeço aos meus amigos, que sempre torceram por mim, em especial os amigos de São Carlos, que estiveram ao meu lado nessa grande transformação que é a vida universitária.

RESUMO

Aguardentes podem ser produzidas a partir de diversas matérias-primas, que influenciam diretamente nas características sensoriais do produto, no processo de produção e na análise econômica. Aguardente pode ser definida como bebida de graduação alcoólica de 38 a 58% em volume, obtida do rebaixamento do teor alcoólico do destilado alcoólico simples ou pela destilação do mosto fermentado. Diversas matérias-primas podem ser utilizadas na produção de aguardentes, como cana-de-açúcar, cereais, rapadura, beterraba, melaço de cana, açúcares em geral, etc. O objetivo deste trabalho foi analisar e comparar a viabilidade econômica de produção de aguardente utilizando açúcar e/ou cana-de-açúcar como matérias-primas. Dois modos de produção foram avaliados e comparados em relação à produção tradicional da aguardente de cana (ou cachaça). No primeiro empregou-se somente açúcar como matéria-prima e a fermentação foi realizada por levedura selecionada UFLA CA 11. No segundo foram realizados 10 ensaios para analisar a produção de aguardente a partir de 20% v/v de caldo de cana diluído a 15 °Brix (aproximadamente 300 litros) e 250 kg de açúcar diluído até 15 °Brix (aproximadamente 1300 litros) utilizando fermento caipira como catalisador da produção. O experimento foi realizado na cidade de Dores do Turvo-MG e o tipo de açúcar utilizado foi o cristal, adquirido no mercado atacadista CEASA, situado em Belo Horizonte. Inicialmente, a produção com açúcar não pareceu viável, pois inclui custos do plantio da cana-de-açúcar, custos da produção do açúcar e da aguardente, enquanto a fermentação direta do caldo subtrai os custos exclusivos de produção do açúcar (evaporação, cristalização, secagem, etc.). No entanto, notou-se lucratividade e baixo tempo de retorno na produção de aguardente com 20% v/v de caldo cana. O processo fermentativo envolvendo somente açúcar e levedura selecionada UFLA CA 11 não foi finalizado, devido provavelmente a limitações nutricionais que impediram que a levedura pudesse consumir completamente os açúcares presentes alimentados ao processo.

ABSTRACT

Brandy can be produced from various raw materials, which directly influence the sensory characteristics of the product, the production process and economic analysis. Brandy can be defined as an alcoholic beverage of 38 to 58% by volume, obtained from the lowering of the alcoholic content of the simple alcoholic distillate or by the distillation of the fermented must. Various raw materials can be used in the production of brandy, such as sugar cane, cereals, brown sugar, sugar beet, cane molasses, sugars in general, etc. The objective of this work was to analyze and compare the economic viability of brandy production using sugar and/or sugarcane as raw materials. Two modes of production were evaluated and compared in relation to the traditional production of cane brandy (or cachaça). In the first, only sugar was used as raw material and fermentation was carried out by selected yeast UFLA CA 11. In the second, 10 tests were carried out to analyze the production of brandy from 20% v/v of cane juice diluted to 15 °Brix (approximately 300 liters) and 250 kg of sugar diluted to 15 °Brix (approximately 1300 liters) using free-range yeast as a production catalyst. The experiment was carried out in the city of Dores do Turvo-MG and the type of sugar used was crystal, acquired in the CEASA market, located in Belo Horizonte. Initially, production using sugar did not seem viable, as it includes costs of planting sugar cane, costs of producing sugar and brandy, while direct fermentation of the sugarcane juice subtracts costs of sugar production (evaporation, crystallization, drying, etc.). However, profitability and low payback time were observed in the production of brandy with 20% cane juice. The fermentation process involving only sugar and selected yeast UFLA CA 11 has not been completed due to nutritional limitations that prevented the yeast from completely consuming the sugars present in the process.

SUMÁRIO

Banca Examinadora.....	i
Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
Lista de Figuras.....	vi
Lista de Quadros.....	vii
1- INTRODUÇÃO.....	1
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1- Plantio da cana-de-açúcar.....	5
2.1.1- Taxonomia.....	6
2.1.2- Solo e clima.....	7
2.1.3- Preparação do solo.....	8
2.1.4- Tratos culturais do canavial.....	9
2.1.5- Corte e transporte.....	9
2.2- Moagem e diluição.....	9
2.3- Fermentação.....	10
2.3.1- Fermento selvagem.....	11
2.3.2- Levedura selecionada.....	12
2.4- Destilação.....	13
2.5- Métodos de análise e seleção de investimento.....	15
2.5.1-Método do valor presente líquido (VPL).....	15
2.5.2- Taxa interna de retorno.....	15
2.5.3-Payback.....	16
3- MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
3.1- Materiais.....	16
3.2- Equipamentos.....	19
3.3- Procedimento Experimental.....	23
3.3.1-Aguardente de açúcar cristal utilizando levedura selecionada.....	23
3.3.2-Aguardente de açúcar com 20% v/v de caldo de cana utilizando fermento caipira.....	25
3.4- Procedimento de Cálculo.....	26
3.4.1-Produção de cachaça.....	26
3.4.2- Produção de aguardente de açúcar com 20% v/v de caldo de cana utilizando fermento caipira.....	31

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
5- CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	36
5.1- Conclusões.....	36
5.2- Sugestões.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.	Evolução da produção e valores de venda da classe “aguardente e outras bebidas destiladas” (2011-2018)	2
Figura 2.1.	Fluxograma simplificado do processo de produção de aguardente a partir de caldo de cana e/ou açúcar cristal	5
Figura 2.2.	Diagrama de Cobenze	10
Figura 2.3.	Correspondência entre % vol. e °Cartier	14
Figura 2.4.	Exemplo de fluxo de caixa	15
Figura 3.1.	Amostra de açúcar cristal	16
Figura 3.2.	Termostato utilizado para monitoramento da temperatura	17
Figura 3.3.	Pacote de levedura selecionada UFLA CA 11 utilizado em algumas fermentações.	17
Figura 3.4.	Sacarímetro utilizado na fermentação e diluição	18
Figura 3.5.	Alcoômetro utilizado na graduação da aguardente	18
Figura 3.6.	Moenda utilizada no processo	19
Figura 3.7.	Decantador utilizado no processo	19
Figura 3.8.	Tanque de diluição utilizado no processo	20
Figura 3.9.	Dorna utilizada na fermentação	20
Figura 3.10.	Alambique utilizado no processo	21
Figura 3.11.	Serpentina responsável pela condensação da aguardente	22
Figura 3.12.	Tanque de recebimento da aguardente	22
Figura 3.13.	Tanque de armazenamento da aguardente	23
Figura 3.14.	Fluxo de caixa para produção de cachaça	30
Figura 3.15.	Fluxo de caixa da produção de aguardente	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1.	Produção e valor de venda de aguardentes e outras bebidas destiladas	2
Quadro 1.2.	Número de produtores de aguardente e cachaça registrados no MAPA	3
Quadro 2.1.	Requisitos de qualidade para a produção de cachaça	14
Quadro 3.1.	Custos envolvidos no plantio de um canavial	27
Quadro 3.2.	Custos referentes ao trato de um canavial	27
Quadro 3.3.	Custos extrapolados de plantio e trato do canavial	28
Quadro 3.4.	Custos operacionais envolvidos na produção de cachaça	28
Quadro 3.5.	Valor mensal arrecadado com a venda de cachaça	29
Quadro 3.6.	Custos e arrecadações anuais equivalentes na produção de cachaça	29
Quadro 3.7.	Fluxo de caixa para produção de cachaça no período de 7 anos	30
Quadro 3.8.	Transferência dos valores do fluxo de caixa da produção de cachaça para o valor presente	30
Quadro 3.9.	Produção de aguardente em 10 dias de ensaio	31
Quadro 3.10.	Custos estimados do plantio e trato do canavial	32
Quadro 3.11.	Custos operacionais mensais na produção de aguardente	32
Quadro 3.12.	Custos e arrecadações anuais equivalentes na produção de aguardente	33
Quadro 3.13.	Transferência dos valores do fluxo de caixa da produção de aguardente de açúcar com 20% v/v de caldo de cana para obtenção do valor presente	34
Quadro 3.14.	VPL, TIR e Payback dos processos de produção de cachaça e aguardente de açúcar com 20% de caldo de cana	35

1. INTRODUÇÃO

Aguardentes podem ser produzidas a partir de diversas matérias-primas, que influenciam diretamente nas características sensoriais do produto. A cana-de-açúcar é a principal matéria-prima utilizada na produção de aguardente no Brasil, sendo a cachaça um produto exclusivamente brasileiro. Além da cana-de-açúcar, podem ser utilizadas outras matérias-primas, como mandioca, cereais, rapadura, beterraba, melação e, outras fontes de açúcar em geral.

A Lei nº 8.918, de 1944, dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. No artigo 51 do decreto nº 6.871, de 2009, é definida a aguardente como bebida de graduação alcoólica de 38 a 54% em volume, obtida do rebaixamento do teor alcoólico do destilado alcoólico simples ou pela destilação do mosto fermentado.

Os parágrafos descritos no artigo 51 definem as possíveis classificações da aguardente. Ela é denominada da matéria-prima de origem e pode ser adoçada e/ou envelhecida. Se a aguardente contiver açúcares entre 6 e 30g/L é denominada aguardente adoçada e é considerada envelhecida se contiver no mínimo 50% de aguardente envelhecida por um período não inferior a um ano, podendo ser adicionada de caramelo, para a correção da cor.

A cachaça é a principal aguardente produzida no Brasil, sendo o destilado mais consumido no país, e um dos quatro destilados mais consumidos no mundo, estando presente em mais de 77 países (SEBRAE, 2019). O artigo 53 do decreto nº 6.871, de 2009, define: “Cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de trinta e oito a quarenta e oito por cento em volume, a 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 seis gramas por litro.” Além disso, a cachaça também pode ser classificada como adoçada ou envelhecida, de acordo com os mesmos critérios descritos nos artigos referentes à aguardente.

Dados sobre produção e venda de aguardente podem ser encontrados nos anuários disponibilizados pelo IBGE, agrupados em “Fabricação de aguardentes e outras bebidas destiladas”. Os valores não são disponibilizados por matéria-prima, nem sobre as demais classificações. No Quadro 1.1 é possível observar o volume produzido e os valores de venda

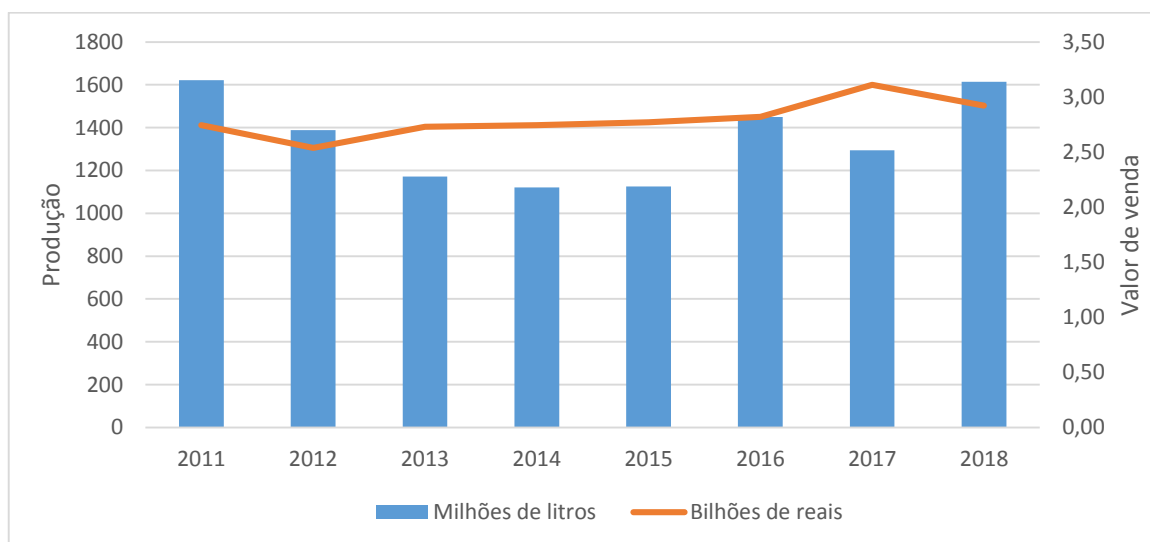
para cada classe de atividade dentro do grupo no ano de 2018 e a Figura 1.1 mostra a evolução da produção no período de 2011 a 2018.

Quadro 1.1: Produção e valor de venda de aguardentes e outras bebidas destiladas

Classes de atividades	Produção		Vendas	
	Quantidade (1000 L)	(%)	Valor (1000 R\$)	(%)
Aguardente de cana-de-açúcar; rum ou tafiá	1 298 197	79,51%	1 683 544	58,37%
Bebidas alcoólicas destiladas de outros tipos (aguardente de frutas, gim e genebra, etc.)	144 819	8,87%	643 065	22,29%
Vodca	138 604	8,49%	382 885	13,27%
Aguardente de vinho ou de bagaço de uva (conhaque, brande, etc.)	22 257	1,36%	73 019	2,53%
Borras e desperdícios das destilarias	15 581	0,95%	3 457	0,12%
Uísques	10 267	0,63%	91 140	3,16%
Licores	2 986	0,18%	7 320	0,25%

Fonte: IBGE – Pesquisa Industrial Anual – PIA 2018

Figura 1.1: Evolução da produção e valores de venda da classe “aguardentes e outras bebidas destiladas” (2011-2018)



Fonte: IBGE – Pesquisa Industrial Anual – PIA. Período: 2011 a 2018

Pelo quadro pode-se perceber a grande representatividade de “Aguardente de cana-de-açúcar; rum ou tafiá” somando quase 80% da produção e 58,4% do valor de venda dentro da classe de produtos. Pelo gráfico anterior é possível notar pouca oscilação na produção,

superando 1600 milhões de litros em 2018 e um crescimento no valor de venda nos últimos anos a partir de 2012, com exceção de 2018.

Além da importância econômica, a aguardente se destaca pelo número de empregos ofertados. Segundo Carlos Lima, diretor executivo do Instituto Brasileiro de Cachaça (IBRAC), somente a produção de cachaça é responsável por empregar mais de 600 mil pessoas no Brasil (MAPA, 2019).

Para a comercialização de aguardente ou cachaça é exigido que o produtor possua registro no MAPA (Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento), tanto do estabelecimento como do produto. De 2018 para 2019 houve uma redução no número de produtores registrados, como mostra o Quadro 1.2, a seguir:

Quadro 1.2: Número de produtores de aguardente e cachaça registrados no MAPA

Produto	2018	2019
Aguardente	611	357
Cachaça	951	894
Total de produtores	1397	1086

Fonte: MAPA, 2020

O total de produtores registrados no Brasil reduziu em 22,3% de 2018 para 2019, devido a redução em 41,6% dos registros de aguardente e 6,0% na produção de cachaça. Vale ressaltar que dentro do total de produtores há 165 registros que produzem ambos os destilados (MAPA, 2020).

Para se iniciar uma produção de aguardente é necessário analisar diversos fatores, como a matéria-prima a ser utilizada, se será realizado o plantio ou compra, a fertilidade do solo, a disponibilidade e valor da mão de obra, a demanda e valor do produto no mercado, etc. Além disso, é de suma importância realizar uma análise de viabilidade econômica para saber se o processo é rentável, e caso seja, estimar o tempo de retorno do investimento inicial.

A unidade de produção onde foi realizado o trabalho possui 40 anos e o processo é muito enraizado, sendo este trabalho o primeiro a avaliar outra matéria-prima e modo de produção. A empresa sempre produziu cachaça, mas a dificuldade em competir no mercado e o aumento nos custos de produção, defasados do aumento no valor de venda, fez o produtor buscar a avaliação realizada no presente trabalho.

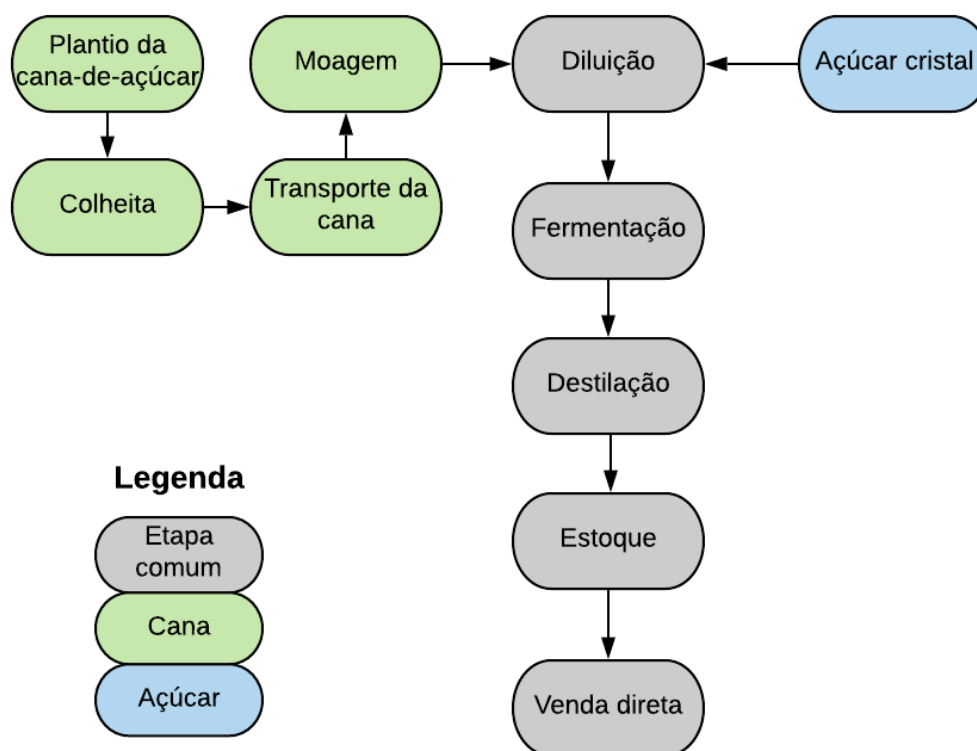
Sendo assim, o objetivo do trabalho foi compreender as operações envolvidas na produção de aguardente, realizar a análise econômica comparativa entre 2 cenários de produção, primeiro empregando açúcar cristal (aguardente) e segundo o de produção tradicional de cachaça, bem como orientar o produtor em uma possível tomada de decisão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção do trabalho, são abordados os tópicos teóricos que envolvem toda a produção de aguardente, além do método de análise de viabilidade econômica.

Os processos de fabricação de aguardente que utilizam cana-de-açúcar ou açúcar cristal possuem operações comuns. A Figura 2.1, ilustra o fluxograma simplificado do processo, representando as etapas que ocorrem no estabelecimento em que se realizou o trabalho.

Figura 2.1: Fluxograma simplificado do processo de produção de aguardente a partir de caldo de cana e/ou açúcar cristal



Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

2.1. Plantio da cana-de-açúcar

Quando se deseja plantar cana para ser utilizada como matéria-prima na produção de aguardente é necessário analisar diversos fatores que influenciam no processo,

como o potencial genético e adaptabilidade da planta ao ambiente, o solo, o clima local e os tratos utilizados no plantio (SOUZA et al., 2013).

Além disso, é necessária uma área suficiente para o plantio que atenda o planejamento e a demanda de produção. O rendimento médio do plantio da cana é de 75 toneladas por hectare e o rendimento médio do processo é de 100 litros de aguardente por tonelada de cana processada. (SOUZA et al., 2013).

Para otimizar a produção é fundamental obter a máxima produtividade da cana-de-açúcar. O melhoramento genético é considerado um dos principais fatores que podem contribuir com o aumento da produtividade, permitindo desenvolver variedades mais resistentes à pragas e doenças e que se adaptem melhor às condições ambientais. Entre 1961 e 2005 teve-se um aumento de produtividade do plantio de 43 para 74 toneladas por hectare, melhoria que pode em grande parte ser atribuída ao avanço tecnológico e conhecimento sobre melhoramento genético (MARIN, 2005).

2.1.1. Taxonomia

A cana-de-açúcar pertence ao reino Plantae, divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, ordem Cyperales, família Poaceae, tribo Andropogoneae, Subtribo Saccharinae e gênero *Saccharum* (CRONQUIST, 1981). Andrade (2013) cita que existem 32 espécies catalogadas e descreve as principais vantagens e desvantagens das 5 espécies mais utilizadas obtidas a partir de melhoramento genético:

a. Saccharum officinarum L.

Possui como vantagens alto teor de açúcar e é pobre em fibras. Entretanto, exige muito do solo e clima e são susceptíveis a muitas doenças, como o mosaico.

b. Saccharum spontaneum L.

É resistente a doenças e não exigem muito do solo e clima. Em contrapartida, pobre em açúcar e rica em fibras.

c. Saccharum sinense Roxb

Possui o sistema radicular bem desenvolvido, sendo resistente a doenças e pouco exigente do solo e clima. Como desvantagens possui colmos fibrosos e é pobre em açúcar.

d. *Saccharum barberi* Jesw

É resistente a climas com temperaturas mais baixas, mas é fibrosa, pobre em açúcar e é susceptível ao mosaico.

e. *Saccharum robustum* Jesw

Possui uma maior tolerância à umidade do solo. As principais desvantagens da espécie são o alto teor de fibras, são muito grossas, pobre em açúcar e susceptíveis ao mosaico.

Atualmente, todos os processos que empregam cana-de-açúcar como matéria-prima, como produção de açúcar, álcool e cachaça, utilizam espécies híbridas através do cruzamento de duas ou mais espécies. Busca-se nos híbridos riqueza em açúcar e outras características tecnológicas, juntamente com uma boa resistência e rusticidade. Assim, a denominação científica da cana-de-açúcar cultivada é *Saccharum spp.* (sem espécie definida) (ANDRADE, 2013).

É interessante que o produtor possua múltiplas espécies cultivadas, pois pode diminuir a chance de proliferação de pragas e doenças no canavial. Sendo assim, a escolha das espécies utilizadas se torna importante e requer muito mais conhecimento sobre as variedades disponíveis (SEBRAE, 2018).

2.1.2. Solo e clima

Em razão da evolução no melhoramento genético e da rusticidade natural da planta, a cana-de-açúcar tem se adaptado a diferentes tipos de solo, como por exemplo o cerrado, que possui baixa fertilidade natural. Todas as possíveis limitações do solo podem ser corrigidas, mas devem ser evitadas, quando possível (ANDRADE, 2013). Portanto, Andrade (2013) afirma que os seguintes tipos de solo devem ser evitados:

- Solos com profundidade efetiva menor que 1,0 metro, pois limitam o crescimento das “raízes de cordões”, que buscam umidade. Assim, o não crescimento dessas raízes deixa a cana mais sensível à falta de umidade.
- Solos que podem se alagar constantemente ou que são mal drenados, pois a falta de aeração é prejudicial ao desenvolvimento do sistema radicular da planta.

- Solos extremamente arenosos, porque possuem baixa retenção de água e a lixiviação pode levar os nutrientes para fora do alcance da raiz da cana.
- Solos excessivamente inclinados, pois dificultam a utilização de máquinas, como tratores e colheitadeiras.

Com relação ao clima, o ideal para o plantio da cana-de-açúcar é aquele em que a umidade se distribui durante o período de crescimento vegetativo, e posteriormente ocorre um período com restrição hídrica ou térmica que favorece o acúmulo de sacarose nos colmos (DINARDO-MIRANDA, et. al., 2008). A temperatura basal para o desenvolvimento da cana é próxima a 20 °C, a faixa de maior crescimento é entre 22 e 30 °C e, acima de 38 °C, não há crescimento (MAGALHÃES, 1987 *apud* TERAMOTO, 2003).

2.1.3. Preparação do solo

No plantio convencional, utiliza-se aração, gradagem do solo, e a adubação, quando é necessário a correção da fertilidade. Quando o solo se encontra muito compactado, deve-se efetuar a quebra do subsolo (subsolagem), afim de melhorar as condições físicas (SILVA et al., 2017).

Na gradagem, deve-se utilizar grades pesadas ou intermediárias, para agir contra a proliferação de pragas. Quando é realizada a renovação do canavial, a gradagem é responsável por arrancar as sobras das raízes, dentro e fora da terra. Essa operação deve ser realizada no final do período de restrição de umidade, quando as condições do solo forem adequadas, podendo ser repetida a cada 20 dias, conforme a presença de plantas invasoras. Entretanto, o total de gradagens não deve ser superior a quatro, pois poderá comprometer a estrutura física do solo (TOWNSEND, 2000).

Posteriormente, deve ser realizada a aração, que tem como objetivo principal romper as camadas mais densas da superfície do solo (20 a 35 cm de profundidade), empregando-se arados de disco ou de aiveca (TOWNSEND, 2000). O processo de aração deve ser profundo, para facilitar o desenvolvimento do sistema radicular. As arações rasas promovem o desenvolvimento de um sistema radicular superficial, podendo causar o tombamento da cana (SOUZA et al., 2013).

2.1.4. Tratos culturais do canavial

Os cuidados com o canavial devem ser permanentes, sendo o período mais crítico os primeiros 90 dias, em que a plantação está mais vulnerável a doenças, ataques de pragas e competições com plantas daninhas por água, nutrientes e luz solar. Assim, deve ser monitorado o surgimento de pragas (cupins, formigas, cigarras e lagartas), plantas concorrentes e doenças (raquitismo, mosaico e carvão), para que se adotem medidas de controle quando necessário (TOWNSEND, 2000).

Assim, o controle do canavial, através de capinas manuais ou mecânicas, ou mesmo, pelo uso de herbicidas indicados à cultura, deve ser periódico. Esses cuidados durante o estabelecimento da plantação, também devem ser realizados durante a rebrota da soqueira (TOWNSEND, 2000).

2.1.5. Corte e transporte

O corte da cana deve ser efetuado após atingir o ponto mínimo de maturação, em torno de 18 °Brix. A cana deve ser cortada próxima ao solo, permitindo uma rebrota mais eficiente e resistente, aumentando a longevidade do canavial. (SEBRAE, 2014).

O transporte da cana deve ser feito com cuidado e o mais rápido possível, afim de reduzir danos mecânicos e ação direta da luz solar. O calor e a luz solar favorecem a multiplicação de bactérias, que prejudicam a decantação e a qualidade do vinho a ser destilado, produzindo compostos indesejáveis que serão incorporados à cachaça (SOUZA, 2013).

A cana deve ser armazenada em local limpo, de piso de cimento ou similar, coberto, protegido contra sol e chuva, e fresco, para evitar perda de água por transpiração (SEBRAE, 2014).

2.2. Moagem e diluição

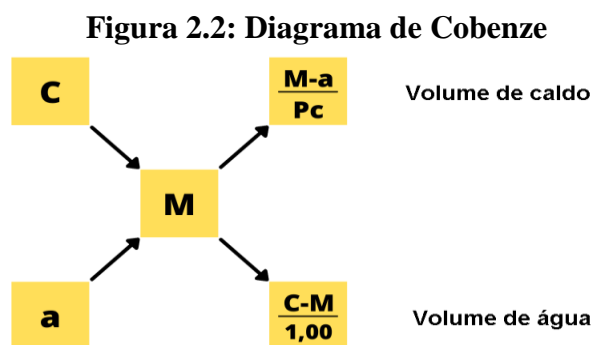
A obtenção do mosto é realizada a partir da moagem da matéria-prima, seguido de filtração e decantação para a remoção do bagacilho. O caldo de cana apresenta em sua composição água (65-75%), açúcares (11-18%) e outras substâncias em menores quantidades (OLIVEIRA, 2017).

As moendas presentes no mercado são de um terno, usada pela maioria dos produtores de cachaça e a de múltiplos ternos é empregada principalmente pelos grandes fabricantes e usineiros. A escolha do equipamento deve levar em conta a capacidade de extração, isolamento de óleos e graxas, facilidade de limpeza, facilidade de manutenção e troca de peças, etc. (VEIGA, 2013).

A moagem da cana deve ser efetuada no mesmo dia do corte, não devendo ficar estocada por mais de 36 horas. Nas primeiras 24 horas, normalmente, não são verificadas grandes perdas de açúcar. Por outro lado, a demora para moer a cana cortada, especialmente nos períodos úmidos e quentes, aumenta a perda de açúcar e favorece a formação de inibidores da fermentação (SEBRAE, 2014).

Após a moagem, o caldo decantado necessita de um ajuste no °Brix que é realizado em um tanque de diluição. Essa etapa é importante, pois a fermentação deve ocorrer com o caldo contendo um teor de açúcar entre 14 e 16 °Brix. Acima desse valor pode ocorrer fermentações mais lentas e incompletas, acarretando em perda da qualidade da aguardente (VEIGA, 2013).

O cálculo da quantidade de água a ser adicionada no caldo para o ajuste do °Brix pode ser feito utilizando o diagrama de Cobenze, como mostra a Figura 2.2, a seguir:



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Em que C é o °Brix original do caldo da cana, a é o °Brix do líquido diluidor, M é °Brix do caldo a ser preparado e P_c a densidade do caldo (aproximadamente $1,092 \text{ g/cm}^3$).

2.3.Fermentação

A fermentação é definida como processo de conversão anaeróbia de compostos orgânicos complexos em moléculas mais simples, como álcoois e ácidos orgânicos. Por

exemplo, a fermentação alcoólica é o processo de catabolismo de açúcares em etanol, realizado principalmente pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* (BASTOS, 2015).

O mosto é fermentado até atingir 0 °Brix, quando todo o açúcar é processado. O tempo necessário para uma fermentação completa depende, dentre outros fatores, da temperatura e da levedura utilizada, mas geralmente acontece em um período de aproximadamente 24 horas (CANUTO, 2013).

A temperatura ideal para o processo fermentativo é de 28 °C a 32 °C. No processo ocorre formação de espuma que resulta da interação do gás carbônico com fosfolipídios e proteínas do caldo. Recomenda-se a utilização de 75-80% do volume total da dorna, afim de evitar o transbordamento do mosto pela formação de espuma (SILVA, 2016).

O fim do processo fermentativo se dá quando a formação de gás carbônico diminui significativamente e o fermento suspenso decanta no fundo da dorna. A sedimentação da levedura permite o reaproveitamento no próximo ciclo fermentativo (SILVA, 2016).

Para iniciar a fermentação, faz-se necessário adicionar uma suspensão inicial de leveduras, que possuam determinadas características que garantam um bom rendimento desta etapa. Essa suspensão inicial é chamada de pé-de-cuba ou fermento. Deve-se escolher um fermento que possua alta velocidade de fermentação, tolerância ao álcool, baixa produção de espuma, resistente à acidez e temperaturas elevadas, estabilidade genética e alta viabilidade de reciclo (SILVA, 2016).

Existem diversas leveduras selecionadas que suportam altos teores de etanol e possuem alta velocidade de fermentação para serem utilizadas na produção de aguardente. No Brasil, existem duas leveduras comercializadas na forma seca ativa para uso na produção de cachaça. Entretanto, ainda é comum o preparo do pé de cuba a partir das leveduras selvagens (SCHWAN; DIAS; DIAS, 2013).

2.3.1. Fermento selvagem

O fermento selvagem é constituído por leveduras que estão presentes na cana, mosto ou no ar, que já estão naturalmente adaptadas ao ambiente, sendo chamadas de leveduras naturais, nativas ou selvagens. Assim, a suspensão é obtida a partir da proliferação espontânea dos microrganismos presentes no caldo da cana-de-açúcar, nos equipamentos e nas dornas de fermentação (SOUZA et al., 2013).

Dessa forma, uma grande variedade de espécies de microrganismos pode estar envolvida, com predominância de *Saccharomyces cerevisiae*. Devido a diversidade de microrganismos, pode ocorrer fermentações inconstantes e de difícil controle, prejudicando a qualidade final da cachaça (SOUZA et al., 2013).

Existem diferentes formas de se preparar o fermento selvagem e os produtores, normalmente, utilizam receitas regionais. Geralmente, utiliza-se uma massa inicial de caldo de cana, farelo de arroz, fubá ou farejo soja, com adição de suco de limão ou laranja azeda para abaixar o pH. Caldo de cana-de-açúcar é adicionado diariamente durante cinco a sete dias. Nesse intervalo, as leveduras se multiplicam e o volume de massa celular aumenta (SOUZA et. al., 2013).

2.3.2. Levedura selecionada

Pesquisas têm sido realizadas visando selecionar leveduras com características que favorecem a fermentação para a produção de etanol e aguardente. A produção com leveduras selecionadas possui menor risco de contaminação, aumenta a produtividade e rendimento e contribui para uma melhor padronização da etapa fermentativa (ALCARDE, MONTEIRO e BELLUCO, 2012).

Atualmente, a levedura selecionada *Saccharomyces cerevisiae* UFLA CA 11 encontra-se disponível em sua forma desidratada ativa, podendo ser utilizada prontamente para fermentação. A utilização dessa levedura em alambiques mostrou um aumento significativo no rendimento, contribuindo para a redução dos custos produtivos. Além disso, proporciona melhora nos teores de compostos desejáveis e maior estabilidade na qualidade do produto (SCHWAN; DIAS; DIAS, 2013).

O preparo do pé-de-cuba utilizando a levedura selecionada UFLA CA 11 inicia-se com a reidratação da levedura com água a 35 °C na proporção de 1:10 em massa (levedura/água) sob agitação constante durante uma hora (SCHWAN; DIAS; DIAS, 2013). Especialistas em produção de cachaça da fábrica de alambiques Santa Efigênia recomendam a utilização de 1 g de fermento por litro de mosto a ser fermentado. Para uma dorna com capacidade de 1000 litros de caldo de cana, recomenda-se os seguintes passos (SCHAWN; DIAS; DIAS, 2013):

- Adicionar 10 litros de caldo (preferencialmente estéril) a 8 °Brix e 35°C. Usar o compressor para aerar o sistema.
- Após o teor de açúcar reduzir para 2-3 °Brix, adicionar 40 litros de caldo a 10 °Brix e 35 °C, com continuação da aeração.
- Aguardar o °Brix reduzir para 2-3 e adicionar 70 litros a 12 °Brix
- Quando o °Brix reduzir para 2-3, deve-se transferir todo o conteúdo para a dorna, promovendo agitação constante, para a retirada de toda a levedura. Adicionar 150 litros de caldo a 14 °Brix e 30 °C. Aguardar o °Brix reduzir para 2-3.

Após o preparo do inóculo inicial, Schawn, Dias, Dias (2013) recomenda a adição de caldo diluído a 15 °Brix, de maneira parcial até completar os 1000 litros, evitando que o °Brix no interior da dorna não ultrapasse 7.

2.4. Destilação

A destilação é processo de separação de compostos, de acordo com o ponto de ebulição, que tem como objetivo a purificação ou formação de novos produtos por decomposição de frações. Na produção de cachaça, deve-se considerar a formação de componentes em virtude de reações no interior dos alambiques de cobre. Por ser a etapa responsável por separar todas as substâncias de interesse, é fundamental para um produto de qualidade (SOUZA et al., 2013).

Nas porções iniciais da destilação (ou cabeça da destilação), os produtos são mais voláteis e muitas vezes indesejáveis, como o metanol, acetaldeídos e acetato de etila (CAMPOS, 2003; CÔDO, 2013). O álcool etílico, com temperatura de ebulição de 78,5 °C, constitui a maior parte da segunda fração da destilação, também conhecida como “coração”. Por fim, os componentes com menor ponto de ebulição são obtidos na última porção da destilação denominada “calda”, que devem permanecer no vinhoto ou serem separados de forma a respeitar a caracterização da bebida (CAMPOS, 2003).

Na produção de cachaça, são exigidos requisitos mínimos de qualidade, de acordo com a presença dos componentes indicados no quadro 2.1.

Quadro 2.1: Requisitos de qualidade para a produção de cachaça

Componente	Unidade	Mínimo	Máximo
Ácido acético	mg/100mL de ácido anidro	-	150
Ésteres totais, expressa em acetato de etila	mg/100mL de ácido anidro	-	200
Aldeídos totais, expressa em acetaldeído	mg/100mL de ácido anidro	-	30
Furfural + Hidroximetilfurfural	mg/100mL de ácido anidro	-	5
Álcoois isobutílico, isoamílicos e n-propílico	mg/100mL de ácido anidro	-	360

Fonte: BRASIL, Instrução normativa nº13, 29 de junho de 2005.

Após a fermentação, a mistura no interior da dorna deve apresentar 0 °Brix e ser destilada imediatamente, evitando infecções e produzindo uma bebida de melhor qualidade. O vinho a ser destilado é adicionado ao alambique contendo entre 5 e 8% v/v de etanol, que durante a destilação eleva-se para 52 a 54% v/v (52 a 54 °GL ou 19,85 a 20,47 °Cartier)

Muitos produtores de cachaça expressam o teor alcoólico em graus Cartier (°C) (CÔDO, 2013). A Figura 2.3 apresenta a conversão entre % v/v (grau GL ou Gay-Lussac) e °Cartier.

Figura 2.3: Relação entre % vol. e °Cartier

% Volume	Cartier	% Volume	Cartier	% Volume	Cartier
0	10	34	15,4	68	25,5
2	10,4	36	15,8	70	26,3
4	10,8	38	16,2	72	27,1
6	11,1	40	16,6	74	28,0
8	11,5	42	17,6	76	28,9
10	11,8	44	17,1	78	29,9
12	12,1	46	18,1	80	30,8
14	12,4	48	18,7	82	31,8
16	12,7	50	19,2	84	32,8
18	12,9	52	19,8	86	32,9
20	13,2	54	20,5	88	35,0
22	13,5	56	21,1	90	36,3
24	13,8	58	21,8	92	37,0
26	14,1	60	22,5	94	39,0
28	14,4	62	23,2	96	40,5
30	14,7	64	23,9	98	42,3
32	15,0	66	24,7	100	44,2

FONTE: Côdo (2013)

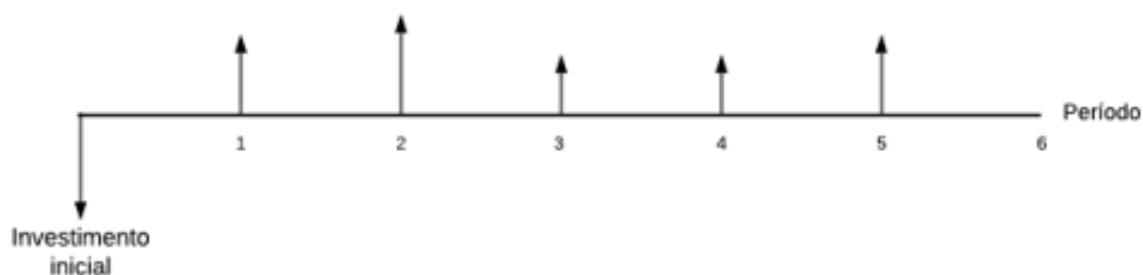
2.5. Métodos de análise e seleção de investimento

A avaliação de viabilidade de investimentos pode ser feita de diversas formas. Nesta seção serão abordados 3 métodos: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o payback. Inicialmente, é necessário definir uma taxa de juros a ser utilizada como o parâmetro para a avaliação econômica. Essa taxa é denominada de taxa mínima de atratividade ou, de forma semelhante, taxa mínima atrativa de retorno (TMAR). (NOGUEIRA, 2017).

2.5.1. Método do valor presente líquido (VPL)

O método consiste em avaliar uma alternativa de investimento na data atual. O VPL é a soma dos valores do fluxo de caixa após serem transferidos à data zero, submetidos à TMAR (NOGUEIRA, 2013). A Figura 2.4 exemplifica um fluxo de caixa:

Figura 2.4: Exemplo de fluxo de caixa



Fonte: Adaptado de Nogueira (2013)

O investimento será viável se o VPL for maior que zero. Se o valor for negativo, significa que o retorno é menor que o esperado pela TMAR. Da mesma forma, se VPL for zero, significa que o retorno obtido é igual a taxa mínima atrativa, não sendo suficiente para tornar o investimento atrativo (NOGUEIRA, 2013).

2.5.2. Taxa interna de retorno

A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de juros que retorna o fluxo de caixa à data zero tal que o valor presente líquido seja zero. O método permite a análise por meio da

rentabilidade do investimento, prática muito utilizada. Para que o investimento seja viável é necessário que a TIR seja superior a TMAR (NOGUEIRA, 2013).

2.5.3. Payback

O método de payback consiste em avaliar em quanto tempo o capital investido é recuperado. Para que o investimento seja viável é necessário que o tempo de retorno seja menor que aquele estabelecido pela empresa. O payback depende de vários fatores, com destaque à avaliação de riscos (NOGUEIRA, 2013).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

No presente capítulo, será abordado o procedimento experimental para a realização do estudo e cálculos envolvidos, assim como materiais e equipamentos utilizados.

3.1. Materiais

O açúcar utilizado no experimento foi adquirido no mercado atacadista CEASA, situado em Belo Horizonte, em sacos de 50 kg e ao preço de R\$98,00 a unidade. Ele foi produzido pela empresa Araporã Bioenergia, na cidade de Araporã-MG. Uma amostra do açúcar utilizado pode ser visualizada na Figura 3.1.

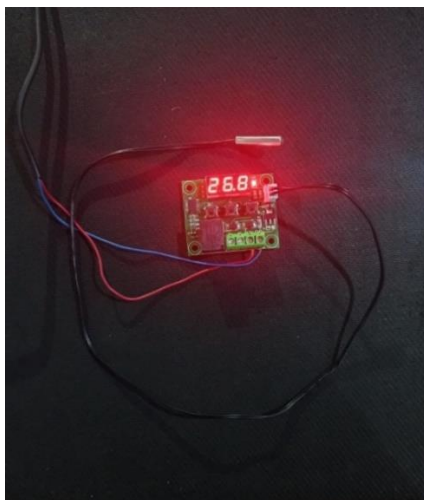
Figura 3.1: Amostra de açúcar cristal



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Para monitoramento da temperatura na fermentação, foi utilizado o termostato modelo W1209 da marca Eletrogate com precisão de 0,1 °C, ilustrado na Figura 3.2.

Figura 3.2: Termostato utilizado para monitoramento da temperatura



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Em um dos ensaios utilizou-se da levedura selecionada *Saccharomyces cerevisiae* UFLA CA 11, comercializada pela empresa LNF. Foram utilizados 3 pacotes de 500 g da levedura desidratada adquiridos ao custo de R\$110,00 a unidade na Fábrica de Alambiques Santa Efigênia, situada em Itaverava-MG. Um dos pacotes adquiridos pode ser visto na Figura 3.3.

Figura 3.3: Pacote de levedura selecionada UFLA CA 11 utilizado em algumas fermentações.



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Para acompanhamento da fermentação e na diluição do caldo-de-cana/açúcar utilizou-se um sacarímetro, da marca Incoterm (modelo 29096/15 com precisão de 0,5 °Brix), ilustrado na Figura 3.4.

Figura 3.4: Sacarímetro utilizado na fermentação e diluição



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Para graduação da aguardente fez-se uso de um alcoômetro da marca ALLA BRASIL, modelo 06798-17, com dupla escala: °GL ou °Cartier. A precisão de medida é de 0,5 °GL ou 0,5 °Cartier, dependendo da escala utilizada. O material pode ser visualizado na Figura 3.5.

Figura 3.5: Alcoômetro utilizado na graduação da aguardente



Fonte: Acervo pessoal (2020)

3.2.Equipamentos

Na moagem da cana, utilizou-se de uma moenda de 12 HP, ilustrada na Figura 3.6. O equipamento é antigo no estabelecimento e possui marca desconhecida.

Figura 3.6: Moenda utilizada no processo



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Após a moagem, fez-se uso do decantador em aço inox AISI 304 mostrado na Figura 3.7. Este possui 4 câmaras e dimensões 0,40m x 0,40m x 1,54m.

Figura 3.7: Decantador utilizado no processo



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Na preparação do caldo de fermentação utilizou-se um tanque de diluição de 1000 litros confeccionado em aço inox AISI 304, como indicado na Figura 3.8, a seguir:

Figura 3.8: Tanque de diluição utilizado no processo



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Na etapa de fermentação utilizou-se de 2 duas dornas de fermentação com volume total de 2500 litros em aço inox AISI 304. Na Figura 3.9 é possível ver uma delas.

Figura 3.9: Dorna utilizada na fermentação



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Na etapa da destilação, utilizou-se de 3 equipamentos: um alambique de cobre com volume útil de aproximadamente 1600 litros (Figura 3.10), uma serpentina de 1500 litros (Figura 3.11), que tem como objetivo a condensação da cachaça após a saída do alambique e um tanque de recebimento da aguardente (Figura 3.12), com volume de 500 litros em aço inox AISI 304.

Figura 3.10: Alambique utilizado no processo



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Figura 3.11: Serpentina responsável pela condensação da aguardente



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Figura 3.12: Tanque de recebimento da aguardente



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Por fim, utilizou-se o tanque de armazenamento ilustrado na Figura 3.13, confeccionado em aço inox AISI 304 e com capacidade de armazenamento de 5000 litros de aguardente.

Figura 2.13: Tanque de armazenamento de aguardente



Fonte: Acervo pessoal (2020)

3.3.Procedimento experimental

O seguinte tópico abordará a metodologia experimental utilizada na produção dos dois tipos de aguardente: uma utilizando açúcar cristal e levedura selecionada e a outra utilizando fermento caipira, 20% v/v de caldo de cana e o restante de açúcar dissolvido em água.

3.3.1. Aguardente de açúcar cristal utilizando levedura selecionada

O experimento iniciou-se com o preparo do pé-de-cuba utilizando a levedura selecionada *Saccharomyces Cerevisiae* UFLA CA 11, adquirida na Fábrica de Alambiques Santa Efigênia, situada em Itaverava-MG. Seguiu-se o modo de preparo descrito na seção 2.3.2. Foram utilizados valores multiplicados pelo fator de correção 1,5, já que o alambique

é de aproximadamente 1500 litros e o modo de preparo é com base em um volume de 1000 litros. No preparo do pé-de-cuba, o açúcar foi diluído em água imediatamente antes da inserção da levedura e a massa total utilizada foi calculada posteriormente ao ensaio.

Assim, foram adicionados 1500 g de levedura e 15 kg de água a 35 °C e agitou-se por uma hora. Em seguida, 15 litros de solução de açúcar em água com 8 °Brix (35°C) foram adicionados, misturando-se de 30 em 30 minutos. O tempo necessário para redução do teor de açúcar a 3 °Brix foi de 3 horas. Posteriormente, adicionou-se 60 litros de caldo com 10 °Brix (35°C) e agitou-se de 1 em 1 hora, sendo necessário 6 horas para a mistura alcançar 3 °Brix.

Na etapa seguinte, adicionou-se 105 litros com 12 °Brix (30°C) e agitou-se de 2 em 2 horas. Após 16 horas alcançou-se o valor de 2-3 °Brix. Por fim, a mistura foi transferida para a dorna de fermentação juntamente com 225 litros de caldo com 14 °Brix (26°C). Foram necessárias 30 horas para que o °Brix reduzisse para 3. O tempo total necessário para o preparo do pé-de-cuba foi de 56 horas sendo utilizados 60 kg de açúcar.

Nesse momento, o pé-de-cuba estava pronto para receber o caldo diluído a 15 °Brix e iniciar a fermentação.

Na sequência, adicionou-se 300 litros de caldo com 15° Brix (25°C), obtendo dentro da dorna o teor de açúcar máximo recomendado (7°Brix). O tempo esperado de 24 horas para a fermentação completa da dorna não foi suficiente nem mesmo para os 300 litros alimentados. Houve uma queda muito grande na velocidade da reação e, em 48 horas, a mistura apresentava ainda 5 °Brix.

A fermentação praticamente cessou-se e, após 24 horas, o teor de açúcar ainda era próximo a 5 °Brix. Optou-se por aquecer a mistura, afim de testar a influência da temperatura. Todo o conteúdo da dorna foi bombeado para o alambique e a mistura foi aquecida até 33°C. Notou-se uma maior presença de bolhas e, após 24 horas, o teor de açúcar estagnou-se em 4 °Brix.

Devido ao fato de que não houve consumo de açúcar após esse longo período, o produtor optou por finalizar o teste com a levedura selecionada e misturar fermento caipira e 300 litros de caldo de cana diluído a 15 °Brix e a fermentação foi finalizada.

Em razão do ocorrido, optou-se por realizar um novo ensaio, no entanto utilizando açúcar e fermento caipira. Além disso, decidiu-se por iniciar a fermentação com 300 litros

de caldo de cana com 15 °Brix e, posteriormente, adicionar cerca de 1300 litros de açúcar diluído (15 °Brix), como mostra o procedimento a seguir.

3.3.2. Aguardente de açúcar com 20% v/v de caldo de cana utilizando fermento caipira

Da mesma forma que no processo anterior, iniciou-se com o preparo do pé-de-cuba, mas, nessa etapa utilizando fermento caipira. O procedimento experimental aplicado se baseou em uma receita tradicional da fábrica, utilizada há mais de 30 anos. Nesse processo, a suspensão é obtida pela proliferação espontânea de leveduras presentes na cana. No processo não há controle de pH, o que pode facilitar a contaminação por outros microrganismos e afetar a qualidade do produto.

O modo de preparo aplicado é descrito a seguir:

1. Adicionou-se 350 litros de caldo de cana não diluído na dorna de fermentação.
2. Deixou repousar por 24 horas
3. Adicionou-se 200 litros de caldo de cana diluído com 2 °Brix
4. Após 12 horas, adicionou-se 200 litros com 4 °Brix
5. Após 12 horas, adicionou-se 200 litros com 6 °Brix
6. Após 12 horas, adicionou-se 200 litros com 8 °Brix
7. Após 12 horas, adicionou-se 200 litros com 10 °Brix
8. Após 12 horas, adicionou-se 200 litros com 12 °Brix
9. Após 12 horas, adicionou-se 200 litros com 14 °Brix
10. Após 12 horas, adicionou-se 200 litros com 16 °Brix
11. Foi aguardada a fermentação completa da sacarose. Após o fermento decantar, o vinho foi transferido para a destilação, deixando no fundo da dorna o pé-de-cuba.

O volume do pé-de-cuba é de aproximadamente 350 litros, e as oito adições de 200 litros de caldo representam o volume necessário para uma batelada no alambique.

Posteriormente, o pé-de-cuba foi reutilizado por 10 dias consecutivos utilizando o mesmo procedimento experimental, descrito a seguir.

Moeu-se cana em quantidade suficiente para gerar aproximadamente 300 litros de caldo diluído a 15 °Brix (cerca de 500kg). O conteúdo foi transferido do tanque de diluição para a dorna, onde teve início a fermentação. Após 3 horas, adicionou-se 650 litros de açúcar diluído a 15 °Brix e, 3 horas depois, mais 650 litros com 15 °Brix. A massa total de açúcar cristal comercial utilizada em cada batelada foi de 250 kg. A fermentação durou em média 20 horas.

Por fim, o conteúdo da dorna foi bombeado para o alambique onde ocorreu a destilação. A temperatura no interior do alambique foi mantida próxima a 80 °C e no topo a 60°C, com utilização de bagaço como fonte de energia, por aproximadamente 5 horas.

Nos 10 dias de ensaio coletou-se dados sobre o volume produzido de aguardente para a posterior análise econômica.

3.4.Procedimento de cálculo

O cenário envolvendo somente açúcar e levedura selecionada não será avaliado quanto a rentabilidade, pois o processo não teve êxito devido a estagnação da fermentação por falta de nutrientes no caldo.

A aguardente produzida utilizando 20% v/v de caldo de cana e fermento caipira apresentou resultados que serão comparados aos dados da produção de cachaça da safra de 2020, fornecidos pelos proprietários da empresa.

3.4.1. Produção de cachaça

Para realizar a análise econômica utilizou-se de dados fornecidos pelos proprietários referentes aos custos envolvidos no plantio de um canavial em 2018, custos operacionais e de produção desse canavial na safra de 2020. Os valores obtidos foram extrapolados para uma produção de cachaça de maio a dezembro, em 20 dias por mês e considerando uma batelada por dia. O procedimento pode ser realizado, já que o produtor possui terras suficientes para essa escala de produção e subsequentes com as mesmas características do solo. Assim, espera-se um processo com aproximadamente a mesma rentabilidade econômica.

Todos os valores envolvidos na produção (plantio, tratos culturais, mão-de-obra, preço de venda, etc.) foram atualizados a outubro de 2020.

Os custos envolvidos no plantio e trato desse canavial são mostrados nos Quadros 3.1 e 3.2, a seguir:

Quadro 3.1: Custos envolvidos no plantio de um canavial

Atividade	Qtde	Unidade	Preço/Unidade	Valor
Cana a ser plantada	13	ton	R\$ 280,00	R\$ 3 640,00
Arar	5	horas	R\$ 90,00	R\$ 450,00
Gradear	3	horas	R\$ 90,00	R\$ 270,00
Arame farpado	3	rolos	R\$ 400,00	R\$ 1 200,00
Grampo (cercar)	3	kg	R\$ 13,00	R\$ 39,00
Mão de obra (cercar)	6	serviços	R\$ 60,00	R\$ 360,00
Herbicida	1/2	pacote	R\$ 600,00	R\$ 300,00
Mão de obra (herbicida)	8	horas	R\$ 10,00	R\$ 80,00
Sulcamento	8	horas	R\$ 90,00	R\$ 720,00
Adubação	5	sacos	R\$ 100,00	R\$ 500,00
Mão de obra (plantio)	12	serviços	R\$ 60,00	R\$ 720,00
Total	-	-	-	R\$ 8 279,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Quadro 3.2: Custos referentes ao trato de um canavial

Atividade	Qtde	Unidade	Preço/Unidade	Valor
Adubação (90 dias)	10	sacos	R\$ 100,00	R\$ 1 000,00
Herbicida (30 dias)	1/2	pacote	R\$ 600,00	R\$ 300,00
Mão de obra (herbicida)	8	horas	R\$ 10,00	R\$ 80,00
Herbicida (180 dias)	1/2	pacote	R\$ 600,00	R\$ 300,00
Mão de obra (herbicida)	8	horas	R\$ 10,00	R\$ 80,00
Total	-	-	-	R\$ 1 760,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Os tratos do canavial indicados no Quadro 3.2 são necessários a cada safra. Logo, os valores foram incluídos como custos anuais durante os anos de rebrota do canavial.

O canavial, produziu aproximadamente 4 mil litros de cachaça em 12 bateladas. Durante o período de safra (maio a dezembro), deseja-se realizar 20 bateladas por mês, totalizando 160 bateladas necessárias para a produção anual. Sendo assim, necessita-se de um canavial 160/12 vezes maior que o utilizado na base de cálculo para atingir a demanda de produção. Assim, os custos de plantio e trato podem ser aproximados multiplicando os custos por 13,3. O Quadro 3.3 mostra a estimativa de custos para o plantio e trato anual para um canavial que atenda a demanda anual.

Quadro 3.3: Custos extrapolados de plantio e trato do canavial

Atividade	Valor
Plantio (custo inicial)	R\$ 110 110,70
Trato (custo anual)	R\$ 23 408,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Além dos custos anuais, tem-se os custos operacionais mensais envolvidos na fabricação da cachaça, como mão de obra para o corte da cana, moagem e alambique, energia e diesel para o transporte. Os valores operacionais mensais são apresentados no Quadro 3.4, a seguir:

Quadro 3.4: Custos operacionais envolvidos na produção de cachaça

Atividade	Qtde	Unidade	Preço/Unidade	Valor
Mão de obra (corte)	40	serviços	R\$ 60,00	R\$ 2 400,00
Diesel	30	litros	R\$ 3,56*	R\$ 106,80
Mão de obra (moagem)	20	serviços	R\$ 50,00	R\$ 1 000,00
Energia (moagem)	417,6	kwh	R\$ 0,63	R\$ 263,08
Mão de obra (alambique)	20	serviços	R\$ 50,00	R\$ 1 000,00
Total	-	-	-	R\$ 4 769,88

* cotação feita no dia 22/10 /2020

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

O valor da energia foi estimado a partir do tempo necessário para a moagem de cana para uma batelada, sabendo-se que o motor apresenta potência de 12 HP. A cana é moída num período de aproximadamente 2 horas e 20 minutos e o valor do kwh para a propriedade referente ao mês de setembro foi de R\$0,63.

Por fim, para o obter o fluxo de caixa da produção de cachaça, faz-se necessário obter o valor arrecadado com a venda do produto. Cada batelada produz em média 330 litros de cachaça que é comercializada atualmente a R\$2,50 por litro. Portanto, o valor mensal arrecadado na venda da cachaça é dado pelo produto do volume produzido por batelada pelo preço atual de venda do litro por 20, que é o número de bateladas efetuadas em um mês. O Quadro 3.5 exibe a receita mensal obtida:

Quadro 3.5: Valor mensal arrecadado com a venda de cachaça

Atividade	Valor
Valor arrecadado (mensal)	R\$ 16 500,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Os custos operacionais mensais e o valor arrecadado ocorrem somente no período de safra (maio a dezembro), assim os valores podem ser convertidos em valores anuais equivalentes, submetidos a TMAR, de modo a criar o fluxo de caixa anual para a posterior análise econômica. O proprietário assumiu uma TMAR igual a 1% ao mês. Os valores referentes ao período de safra e os valores anuais equivalentes são mostrados no Quadro 3.6, a seguir:

Quadro 3.6: Custos e arrecadações anuais equivalentes na produção de cachaça

Mês	Custos	Custo (TMAR)	Arrecadação	Arrecadação (TMAR)
Janeiro	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Fevereiro	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Março	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Abril	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Maio	R\$ 4 769,88	R\$ 5 113,96	R\$ 16 500,00	R\$ 17 690,23
Junho	R\$ 4 769,88	R\$ 5 063,33	R\$ 16 500,00	R\$ 17 515,08
Julho	R\$ 4 769,88	R\$ 5 013,19	R\$ 16 500,00	R\$ 17 341,67
Agosto	R\$ 4 769,88	R\$ 4 963,56	R\$ 16 500,00	R\$ 17 169,97
Setembro	R\$ 4 769,88	R\$ 4 914,42	R\$ 16 500,00	R\$ 16 999,97
Outubro	R\$ 4 769,88	R\$ 4 865,76	R\$ 16 500,00	R\$ 16 831,65
Novembro	R\$ 4 769,88	R\$ 4 817,58	R\$ 16 500,00	R\$ 16 665,00
Dezembro	R\$ 4 769,88	R\$ 4 769,88	R\$ 16 500,00	R\$ 16 500,00
Total	R\$ 38 159,06	R\$ 39 521,68	R\$ 132 000,00	R\$ 136 713,56

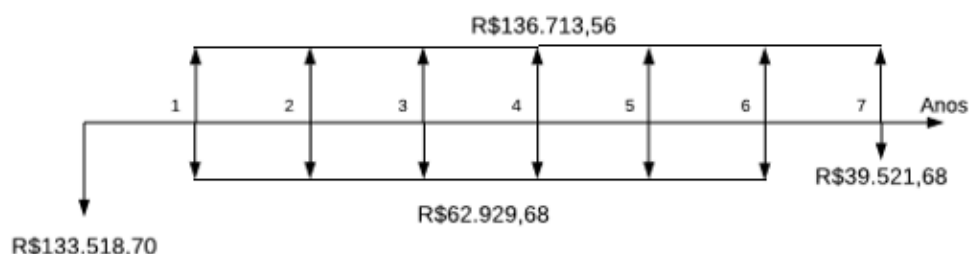
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Desta forma, tem-se os custos e arrecadações equivalentes a cada ano de rebrota do canavial. O proprietário assume como tempo ideal para um novo plantio do canavial o período de 7 anos, sendo necessários somente os tratos do canavial a cada safra. O Quadro 3.7 e a Figura 3.14 mostram os valores no fluxo de caixa a cada ano.

Quadro 3.7: Fluxo de caixa para produção de cachaça no período de 7 anos

Ano	Plantio	Tratos do canavial	Custo operacional	Arrecadação
0	R\$ 110 110,70	R\$ 23 408,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
1	R\$ 0,00	R\$ 23 408,00	R\$ 39 521,68	R\$ 136 713,56
2	R\$ 0,00	R\$ 23 408,00	R\$ 39 521,68	R\$ 136 713,56
3	R\$ 0,00	R\$ 23 408,00	R\$ 39 521,68	R\$ 136 713,56
4	R\$ 0,00	R\$ 23 408,00	R\$ 39 521,68	R\$ 136 713,56
5	R\$ 0,00	R\$ 23 408,00	R\$ 39 521,68	R\$ 136 713,56
6	R\$ 0,00	R\$ 23 408,00	R\$ 39 521,68	R\$ 136 713,56
7	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 39 521,68	R\$ 136 713,56

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Figura 3.14: Fluxo de caixa para produção de cachaça

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Para o cálculo do valor presente líquido (VPL) é necessário transferir os valores que compõem o fluxo de caixa à data presente (ou data zero), submetidos à TMAR, como mostra o quadro 3.8, a seguir:

Quadro 2.8: Transferência dos valores do fluxo de caixa da produção de cachaça para o valor presente

Ano	Arrecadação	Custos	Valor presente
0	R\$ 0,00	R\$ 133 518,70	-R\$ 133 518,70
1	R\$ 136 713,56	R\$ 62 929,68	R\$ 65 479,45
2	R\$ 136 713,56	R\$ 62 929,68	R\$ 58 109,69
3	R\$ 136 713,56	R\$ 62 929,68	R\$ 51 569,40
4	R\$ 136 713,56	R\$ 62 929,68	R\$ 45 765,22
5	R\$ 136 713,56	R\$ 62 929,68	R\$ 40 614,31
6	R\$ 136 713,56	R\$ 62 929,68	R\$ 36 043,14
7	R\$ 136 713,56	R\$ 62 929,68	R\$ 42 134,19
		VPL:	R\$ 206 196,69

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

O cálculo do valor presente líquido (VPL), realizadas as devidas transferências de valores à data zero, submetidas a TMAR de 1% ao mês (ou 12,68% ao ano), resulta em R\$206.196,69. Como o valor é positivo, o investimento é rentável, perante a taxa mínima de atratividade.

A taxa interna de retorno (TIR), calculada utilizando o solver do Excel, resulta no valor de 52,9% ao ano (3,60% ao mês). Como esperado, a TIR é maior que a TMAR, já que pelo método do VPL o investimento é lucrativo.

Pelo método de payback, o tempo necessário para recuperação do capital investido é de 2,31 anos, ou 2 anos e 4 meses.

3.4.2. Produção de aguardente de açúcar com 20% v/v de caldo de cana utilizando fermento caipira

O volume de aguardente produzido em cada batelada, durante 10 dias, é mostrado no Quadro 3.9, a seguir:

Quadro 3.9: Produção de aguardente em 10 dias de ensaio

Dia	Caldo de cana a 15 °Brix (L)	Açúcar (kg)	Aguardente produzida (L)
05/10/2020	340	250	325
06/10/2020	305	250	320
07/10/2020	285	250	310
08/10/2020	290	250	315
09/10/2020	350	250	320
12/10/2020	280	250	310
13/10/2020	315	250	315
14/10/2020	290	250	315
15/10/2020	325	250	310
16/10/2020	260	250	300
Média	304	250	314

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Para realizar a análise de viabilidade econômica é necessário mensurar os custos envolvidos para utilização do caldo de cana diluído e do açúcar utilizado e o valor arrecadado com a venda da aguardente.

Para a cana utilizada, pode ser utilizado um valor proporcional aos custos envolvidos na produção de cachaça tradicional, descrito na seção 3.4.1, de maneira que o canavial atenda

o mínimo exigido de cana por batelada, ou seja, cerca de 300 litros de caldo diluído com 15 °Brix, o que corresponde a 500 kg de cana cortada.

Na seção 3.4.1 utilizou-se de aproximadamente 1600 litros de caldo de cana diluído por batelada. Então, pode-se empregar a fração 304/1600 como estimativa dos custos envolvidos no trato e plantio do canavial, representados no Quadro 3.10, a seguir:

Quadro 3.10: Custos estimados do plantio e trato do canavial

Atividade	Valor
Plantio (custo inicial)	R\$ 20 921,03
Trato (custo anual)	R\$ 4 447,52

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Os custos operacionais mensais envolvem o valor do açúcar utilizado e a mão de obra necessária para a destilação/corte da cana. Para cada batelada são necessários 5 sacos de açúcar de 50 kg e um serviço de mão de obra. Os valores mensais envolvidos em 20 bateladas para a fabricação da aguardente são mostrados no Quadro 3.11, a seguir:

Quadro 3.11: Custos operacionais mensais na produção de aguardente

Atividade	Qt.	Unidade	Preço/Unidade	Valor
Açúcar	100	sacos	R\$ 98,00	R\$ 9 800,00
Mão de obra	20	serviços	R\$ 50,00	R\$ 1 000,00
Total	-	-	-	R\$ 10 800,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Por fim, o preço de venda da aguardente utilizando 20% de caldo de cana é o mesmo empregado na venda da cachaça (R\$2,50 por litro). Sendo assim, o total arrecadado mensalmente é R\$15.875,00.

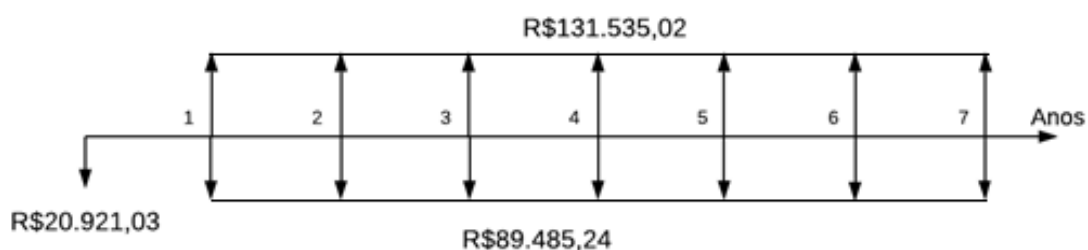
Como houve utilização de caldo de cana, o processo só pode ser aplicado no período de safra da matéria-prima. No Quadro 3.12, tem-se os valores envolvidos no processo, juntamente com as transformações em custos anuais equivalentes submetidos à TMAR de 1% ao mês.

Quadro 3.12 Custos e arrecadações anuais equivalentes na produção de aguardente

Mês	Custos	Custo (TMAR)	Arrecadação	Arrecadação (TMAR)
Janeiro	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Fevereiro	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Março	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Abril	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Maio	R\$ 10 800,00	R\$ 11 579,06	R\$ 15 875,00	R\$ 17 020,15
Junho	R\$ 10 800,00	R\$ 11 464,42	R\$ 15 875,00	R\$ 16 851,63
Julho	R\$ 10 800,00	R\$ 11 350,91	R\$ 15 875,00	R\$ 16 684,78
Agosto	R\$ 10 800,00	R\$ 11 238,52	R\$ 15 875,00	R\$ 16 519,59
Setembro	R\$ 10 800,00	R\$ 11 127,25	R\$ 15 875,00	R\$ 16 356,03
Outubro	R\$ 10 800,00	R\$ 11 017,08	R\$ 15 875,00	R\$ 16 194,09
Novembro	R\$ 10 800,00	R\$ 10 908,00	R\$ 15 875,00	R\$ 16 033,75
Dezembro	R\$ 10 800,00	R\$ 10 800,00	R\$ 15 875,00	R\$ 15 875,00
Total	R\$ 86 400,00	R\$ 89 485,24	R\$ 127 000,00	R\$ 131 535,02

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A Figura 3.15 representa o fluxo de caixa do processo.

Figura 3.15: Fluxo de caixa da produção de aguardente

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

O Quadro 3.13 mostra a transferência dos valores envolvidos no fluxo de caixa para obtenção do valor presente líquido do processo.

Quadro 3.13: Transferência dos valores do fluxo de caixa da produção de aguardente de açúcar com 20% v/v de caldo de cana para obtenção do valor presente

Ano	Arrecadação	Custos	Valor presente
0	R\$ 0,00	R\$ 25 368,55	-R\$ 25 368,55
1	R\$ 131 535,02	R\$ 93 932,76	R\$ 33 370,09
2	R\$ 131 535,02	R\$ 93 932,76	R\$ 29 614,26
3	R\$ 131 535,02	R\$ 93 932,76	R\$ 26 281,16
4	R\$ 131 535,02	R\$ 93 932,76	R\$ 23 323,19
5	R\$ 131 535,02	R\$ 93 932,76	R\$ 20 698,15
6	R\$ 131 535,02	R\$ 93 932,76	R\$ 18 368,56
7	R\$ 131 535,02	R\$ 89 485,24	R\$ 18 229,23
		VPL:	R\$ 144 516,09

Com base no fluxo de caixa, é possível notar que o investimento é viável, pois VPL é R\$144.516,09, submetido a TMAR de 1% ao mês. Além disso, o investimento apresenta uma TIR igual a 148% ao ano (7,86% ao mês) e um payback de aproximadamente 6 meses.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do ensaio da produção de aguardente de açúcar utilizando a levedura selecionada UFLA CA 11 não foi possível obter resultados de produção, custos envolvidos e o fluxo de caixa esperado. Como citado, houve estagnação da reação de fermentação quando a mistura apresentava 5 °Brix. Uma possível explicação para o acontecido é a falta de nutrientes no mosto que são essenciais à levedura, como por exemplo compostos nitrogenados. Portanto, seguiu-se com a análise do experimento de produção de aguardente com 20% v/v de caldo de cana e a comparação com o processo padrão de fabricação da cachaça.

A partir dos fluxos de caixa das produções de cachaça e aguardente a partir da mistura de açúcar e 20% de caldo de cana é possível comparar os 2 processos quanto a viabilidade do investimento. No Quadro 3.14 é possível visualizar os valores do VPL, TIR e Payback calculados nas seções 3.4.1 e 3.4.2.

Quadro 3.14: VPL, TIR e Payback dos processos de produção de cachaça e aguardente de açúcar com 20% de caldo de cana

Produto	VPL	TIR	Payback
Cachaça (padrão)	R\$ 206 196,69	52,9%	2 anos e 4 meses
Aguardente de açúcar	R\$ 144 516,09	148%	6 meses

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Comparando os processos é possível observar que a produção de cachaça é mais lucrativa, pois possui um maior VPL. Por outro lado, por necessitar de um menor investimento inicial, possui menor TIR e maior tempo de retorno (Payback).

Na elaboração do fluxo de caixa não foram levados em consideração os preços dos equipamentos, pois eles já se encontravam presentes no estabelecimento e são comuns aos 2 processos.

Além disso, na produção de aguardente ocorre um déficit de bagaço gerado em relação ao utilizado no queimador do alambique, enquanto na produção de cachaça há um excedente (cerca de 50%). Na produção de aguardente, o bagaço pode ser adquirido de alambiques vizinhos sem custo envolvido, pois os produtores locais são desinformados quanto ao valor energético e financeiro que esse subproduto pode ter. Uma prática comum nos alambiques da região é a queima do excedente de bagaço para a simples liberação de espaço.

Outros fatores devem ser levados em consideração, como o risco e a complexidade envolvida em cada método. Ao analisar riscos de pragas, doenças e condições climáticas adversas, a produção utilizando açúcar é menos afetada pois necessita de um canavial menor. Da mesma forma, riscos inerentes ao mercado afetam em menor escala a produção utilizando açúcar, já que o investimento inicial é menor. Quanto a complexidade, é notório o quanto a produção de cachaça requer mais trabalho, como na busca por mão de obra e preocupações exclusivas ao processo.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1. Conclusões

O experimento envolvendo a produção de aguardente a partir de açúcar e levedura selecionada UFLA CA 11 não trouxe resultados esperados, devido a estagnação da fermentação. Por outro lado, a produção utilizando a mistura de açúcar e 20% v/v de caldo de cana com fermento caipira trouxe resultados que foram comparados à produção tradicional de cachaça. Ambas se mostraram viáveis economicamente, mas a cachaça é mais lucrativa. Por outro lado, por necessitar de menor investimento inicial, a aguardente de açúcar possui maior taxa interna de retorno (TIR) e menor tempo de retorno de investimento (Payback).

5.2. Sugestões

Uma sugestão de continuidade do estudo é realização de novos experimentos, em escala reduzida, para analisar fermentações envolvendo açúcar e levedura selecionada. Um estudo possível é a inserção de nutrientes que podem influenciar na fermentação, como por exemplo fubá ou farelo de arroz. A fabricação de aguardente sem uso de caldo de cana-de-açúcar permite a produção fora do período de safra (janeiro a maio), o que pode aumentar consideravelmente o faturamento da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L.A.B. Cultura da cana-de-açúcar. In: Cardoso, M.G. (ed.) **Produção de aguardente de cana**. 3ª ed. Editora UFLA – Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, p. 25-55, 2013

BASTOS, R.G. **Tecnologia das fermentações - fundamentos de bioprocessos**. São Carlos. Editora EDUFSCar, 2015. 161 p. Coleção UAB–UFSCar. Disponível em: http://audiovisual.uab.ufscar.br/impreso/2016/TS/TS_Reinaldo_TecnologiaFermentacoes.pdf Acesso em: 28/10/2020

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº13 de 29 de junho de 2005. Diário Oficial da União, 30 jun. 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA Decreto Nº 6871, DE 04 DE JUNHO DE 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas.

CAMPOS, C.R. **Uso de cepas selecionadas de *Saccharomyces cerevisiae* na produção de cachaça**, 2003. 105f. Dissertação (Mestre em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras-UFLA, Lavras, 2003.

CANUTO, M.H. **Influência de alguns parâmetros na produção de cachaça: linhagem de levedura, temperatura de fermentação e corte do destilado**. 2013. 119f. Tese (Doutorado em Ciências – Química) – Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Belo Horizonte, 2013.

CÔDO, S.M.B. Cultura da cana-de-açúcar. In: Cardoso, M.G. (ed.) **Produção de aguardente de cana**. 3ª ed. Editora UFLA – Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, p. 25-55, 2013

CRONQUIST, A. **Na integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981. 1262 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Industrial Anual**. 2011 a 2018.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Cachaças e aguardentes de cana registradas no país somam mais de 5,5 mil**. Publicado em 28/05/2019. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/registros-de-cachaca-e-de-aguardente-de-cana-somam-mais-de-5-5-mil-no-pais>

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **A cachaça no Brasil: Dados de registro de cachaças e aguardentes**. Anuário 2020. Brasília, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/brasil-tem-mais-de-4-7-mil-marcas-de-cachacas-e-aguardentes/anuariocachaca2020web_ISBN1.pdf Acesso em: 28/10/2020

MARIN, F. R. Variedades. Árvores de conhecimento: **cana-de-açúcar**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica ca. 2005. Disponível em:

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_42_1110200717570.html Acesso em: 28/10/2020

NOGUEIRA, E. **Introdução à Engenharia Econômica**. São Carlos. Editora EDUFSCar, 2013. 113 p. Coleção UAB–UFSCar. Disponível em:

http://audiovisual.uab.ufscar.br/impreso/2016/TS/TS_Edmilson_EngenhariaEconomicapdf Acesso em: 28/10/2020

NOGUEIRA, E. **Engenharia econômica**. Notas de aula, Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2017.

OLIVEIRA, F.M. **Arranjo produtivo de cachaça da região de Salinas-MG: Aprendizagem, tecnologia e viabilidade econômica**. 2017. 233f. Tese (Doutorado em Agronomia. Especialidade: Sistema de produção vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2017.

SCHWAN, R. F.; DIAS, D. R.; DIAS, W. R. Fermentação. In: Cardoso, M.G. (ed.) **Produção de aguardente de cana**. 3ª ed. Editora UFLA – Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, p. 80-101, 2013

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Corte da cana, recomendações para melhorar produção da cachaça**. Publicado em 03/07/2014. Disponível em: <https://respostas.sebrae.com.br/corte-da-cana-recomendacoes-para-melhorar-producao-da-cachaca/> Acesso em: 28/10/2020

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cenário do setor da cachaça de alambique e aguardente de cana no estado de Goiás**. SEBRAE/GOIÁS, 2018. Disponível em:

<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/GO/Sebrae%20de%20A%20a%20Z/Cen%C3%A1rio%20da%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20Cacha%C3%A7a%20de%20Alambique%20e%20Aguardente%20de%20Cana%20no%20Estado%20de%20Goi%C3%A1s.pdf> Acesso em: 28/10/2020

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **A cachaça de alambique: um estudo sobre hábitos de consumo em Goiânia**. SEBRAE/GOIÁS, 2019. Disponível em:

<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/GO/Sebrae%20de%20A%20a%20Z/A%20Cacha%C3%A7a%20de%20Alambique%20-%20Um%20estudo%20sobre%20o%20h%C3%A1bito%20de%20Consumo%20em%20Goi%C3%A2nia.pdf> Acesso em: 28/10/2020

SILVA, A.P. **Composição química de aguardente redestilada em função do grau alcoólico do flegma**. 66f. Tese (Mestrado em ciência. Especialidade: ciência e tecnologia de alimentos) – ESALQ/USP, Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP, 2016.

SILVA, S. D. dos A. e; NAVA, D. E.; MONTERO, C. R. S.; STURZA, V. S. **Sistema de produção de cana-de-açúcar para agricultura familiar**. In: WOLFF, L. F.; MEDEIROS, C. A. B. (Ed.). Alternativas para a diversificação da agricultura familiar de base ecológica. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. p. 47-55. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 443). Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/168067/1/Sergio-dos-Anjos-Documento-443-web.pdf> Acesso em: 28/10/2020

SOUZA, L.M; ALCARDE, A.R.; LIMA, F.V.; BORTOLETTO, A.M. **Produção de cachaça de qualidade**. Universidade de São Paulo - ESALQ/USP. Piracicaba, 2013. 75 p.

TERAMOTO, E.R. **Avaliação e aplicação de modelos de estimativa de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) baseados em parâmetros do solo e clima.** 2003. 86f. Tese (Doutorado em Agronomia) – ESALQ/USP, Piracicaba, 2003. Disponível em:

TOWNSEND, C. R. **Recomendações técnicas para o cultivo da cana-de-açúcar forrageira em Rondônia.** Embrapa CPAF/RO. Recomendações Técnicas, 21. Porto Velho, 2000. p.1-5. Disponível em:

https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Rt_21_000fkv0qne702wyiv80sq98yqv_mh7ouy.PDF Acesso em: 28/10/2020

VEIGA, J.F. Equipamentos para produção e controle de operação da fábrica de cachaça. In: Cardoso, M.G. (ed.) **Produção de aguardente de cana.** 3ª ed. Editora UFLA- Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, p. 58-79, 2013