

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**ANDRÉ CASTILHO  
ENZO MINORU VIGIANI HIRATA  
LUCAS RODRIGUES OLIVEIRA  
RENAN AMARAL ANDRADE**

**REAL CACHAÇARIA**

**APUCARANA**

**2022**

**ANDRÉ CASTILHO  
ENZO MINORU VIGIANI HIRATA  
LUCAS RODRIGUES OLIVEIRA  
RENAN AMARAL ANDRADE**

## **REAL CACHAÇARIA**

### **Real Cane Liquor Industry**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química do Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maraísa Lopes Menezes

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Juliana Guerra Sgorlon

**APUCARANA**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

## TERMO DE APROVAÇÃO

### TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

#### REAL CACHAÇARIA

Por

ANDRÉ CASTILHO

ENZO MINORU VIGIANI HIRATA

LUCAS RODRIGUES OLIVEIRA

RENAN AMARAL ANDRADE

Monografia apresentada às 14 horas do dia 30 de novembro de 2022 como requisito parcial, para conclusão do Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Profa. Dra. Fernanda Lini Seixas	Membro
Prof. Dr. Fernando Alves da Silva	Membro
Profa. Dra. Maraísa Lopes de Menezes	Orientadora



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **FERNANDA LINI SEIXAS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 30/11/2022, às 16:31, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **FERNANDO ALVES DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 30/11/2022, às 16:36, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **MARAISA LOPES DE MENEZES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 30/11/2022, às 19:10, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **JULIANA GUERRA SGORLON, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 01/12/2022, às 09:53, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site (The authenticity of this document can be checked on the website) [https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador (informing the verification code) **3145983** e o código CRC (and the CRC code) **55641BB5**.

## RESUMO

A história do Brasil e da cachaça estão fortemente interligadas, ambas com origens próximas. Os primeiros registros da produção do destilado datam da época colonial do descobrimento do Brasil, realizados em engenhos de cana-de-açúcar por escravos. Atualmente, o mercado da bebida é de grande expressividade em território nacional, tornando o destilado da cana-de-açúcar um produto tradicionalmente brasileiro e difundido por todo o país. Com isso, o presente trabalho propõe o desenvolvimento do projeto de uma indústria, de médio porte, focada na produção de cachaça, denominada Real Cachaçaria. Com seu local de instalação na cidade de Umuarama - PR, a empresa se beneficia da alta produção de matéria-prima da região, com locais estratégicos para logística, e com um forte mercado consumidor. Com a visão de se tornar referência e se diferenciar no mercado nacional, apostando em qualidade e inovação, almejando alcançar um público-alvo amplo que abrange as mais variadas idades e classes sociais, o portfólio da empresa contará com uma vasta gama de produtos, desde produtos mais básicos e acessíveis, até produtos refinados e sofisticados. Os produtos consistirão nos tipos de cachaça prata, ouro, premium e também as naturalmente saborizadas com frutas. Também foram definidas as etapas de produção e realizados os balanços de massa e energia para todo o processo produtivo, juntamente com análise financeira da empresa.

**Palavras-chave:** Real; cachaça; cana-de-açúcar.

## ABSTRACT

The histories of Brazil and cachaça are strongly intertwined, both with close. The first records of the production of the distillate date back to the colonial era of the discovery of Brazil, made in sugar cane mills by slaves. The current market of the beverage is of great expressiveness in the national territory, making the sugar cane distillate a traditional Brazilian product and spread all over the country. With this in mind, the present work proposes the development of a project for a medium-sized industry focused on the production of cachaça, called Real. With its installation site in the city of Umuarama - PR, the company benefits from the high production of raw material in the region, with strategic locations for logistics, and with a strong consumer market. With the vision of becoming a reference and differentiating itself in the national market, investing in quality and innovation, aiming to reach a broad target public, the company's portfolio will include a wide range of products, from basic and accessible products to refined and sophisticated ones. The production stages were also defined and mass and energy balances were carried out for the entire production process, together with a financial analysis of the company.

**Keywords:** Real; cachaça; sugar cane.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Logomarca da empresa. . . . .	19
Figura 2 – Organograma da empresa. . . . .	21
Figura 3 – Cachaças tradicionais e saborizadas. . . . .	23
Figura 4 – Vendas de cachaça ao longo dos anos. . . . .	25
Figura 5 – Localização de Umuarama no Paraná. . . . .	27
Figura 6 – Região de Umuarama. . . . .	27
Figura 7 – Fluxograma de produção da Real Cachaçaria. . . . .	29
Figura 8 – Esquema de moenda de cana-de-açúcar. . . . .	31
Figura 9 – Esquema de decantação e filtração do caldo. . . . .	33
Figura 10 – Sistema de fermentação Melle-Boinot. . . . .	35
Figura 11 – Processo de destilação em coluna. . . . .	37
Figura 12 – Barris de carvalho europeu. . . . .	39
Figura 13 – Engarrafadora de 6 bicos. . . . .	40
Figura 14 – Cravadora de tampas. . . . .	40
Figura 15 – Sistema de desmineralização da água. . . . .	42
Figura 16 – Diagrama do processo de recepção. . . . .	47
Figura 17 – Diagrama do processo de moagem. . . . .	48
Figura 18 – Esquema da peneira vibratória. . . . .	50
Figura 19 – Esquema do decantador. . . . .	51
Figura 20 – Esquema do filtro tambor rotativo. . . . .	52
Figura 21 – Esquema do misturador. . . . .	53
Figura 22 – Esquema do evaporador. . . . .	54
Figura 23 – Esquema de dorna de fermentação. . . . .	56
Figura 24 – Esquema da centrífuga. . . . .	58
Figura 25 – Esquema do pé-de-cuba. . . . .	59
Figura 26 – Esquema do conjunto de torres de destilação. . . . .	60
Figura 27 – Esquema da diluição da cachaça. . . . .	62
Figura 28 – Esquema da diluição da cachaça. . . . .	64
Figura 29 – Esquema da separação da cachaça saborizada. . . . .	66
Figura 30 – Variação entálpica das correntes. . . . .	68

Figura 31 – Esquema da caldeira. . . . .	69
Figura 32 – Simulação ciclo de refrigeração da empresa. . . . .	71
Figura 33 – Layout da empresa. . . . .	78
Figura 34 – Fluxo de dinheiro periódico. . . . .	86
Figura 35 – <i>Payback</i> da empresa. . . . .	87
Figura 36 – Esquema da etapa de destilação. . . . .	103
Figura 37 – Diagrama de composição etanol/água. . . . .	104
Figura 38 – Ciclo de preenchimento das dornas. . . . .	107
Figura 39 – Despesas com colaboradores. . . . .	109
Figura 40 – Fluxo de caixa da empresa. . . . .	111

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo de produção de cada região. . . . .	30
Tabela 2 – Correntes de recepção, pós-lavagem e descarte. . . . .	48
Tabela 3 – Vazões mássicas das correntes da moagem. . . . .	49
Tabela 4 – Vazões mássicas das correntes do peneiramento. . . . .	50
Tabela 5 – Vazões mássicas das correntes na decantação. . . . .	52
Tabela 6 – Vazões mássicas das correntes na filtração. . . . .	53
Tabela 7 – Vazões mássicas das correntes no misturador. . . . .	54
Tabela 8 – Propriedades para cada efeito. . . . .	55
Tabela 9 – Vazões mássicas das correntes no evaporador. . . . .	55
Tabela 10 – Parâmetros da fermentação. . . . .	56
Tabela 11 – Vazões mássicas das correntes na fermentação. . . . .	57
Tabela 12 – Vazões mássicas das correntes na centrífuga. . . . .	58
Tabela 13 – Vazões mássicas das correntes no pé-de-cuba. . . . .	59
Tabela 14 – Vazões mássicas na primeira coluna. . . . .	61
Tabela 15 – Estabilização após a destilação. . . . .	62
Tabela 16 – Vazões mássicas na segunda coluna. . . . .	63
Tabela 17 – Vazões das correntes para a diluição da cachaça ouro. . . . .	64
Tabela 18 – Vazões para a diluição da cachaça premium. . . . .	65
Tabela 19 – Vazões nas correntes das cachaças prata e sabor. . . . .	65
Tabela 20 – Vazões mássicas dos saborizantes. . . . .	65
Tabela 21 – Correntes da integração energética. . . . .	67
Tabela 22 – Condições termodinâmicas do ciclo de refrigeração. . . . .	70
Tabela 23 – Quantidade total de colaboradores. . . . .	79
Tabela 24 – Quantidades e valores dos equipamentos. . . . .	80
Tabela 25 – Quantidades e valores dos equipamentos - parte 2. . . . .	81
Tabela 26 – Despesas do poço artesiano. . . . .	81
Tabela 27 – Faturamento para o primeiro ano. . . . .	82
Tabela 28 – Faturamento para o segundo ano. . . . .	82
Tabela 29 – Faturamento para o terceiro ano. . . . .	82
Tabela 30 – Impostos do primeiro ano. . . . .	83



Tabela 31 – Impostos do segundo ano. . . . .	83
Tabela 32 – Impostos do terceiro ano. . . . .	83
Tabela 33 – Custos fixos anuais. . . . .	84
Tabela 34 – Custos variáveis anuais. . . . .	84
Tabela 35 – Depreciação na empresa. . . . .	85
Tabela 36 – Despesas financeiras ao longo do tempo. . . . .	85
Tabela 37 – Custo mensal e anual dos EPI's. . . . .	110
Tabela 38 – Custos com frete. . . . .	110

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

### Siglas

ABRAS	Associação Brasileira de Supermercados
AEN	Agência Nacional de Notícias
CMNP	Companhia de Melhoramentos do Norte do Paraná
COFINS	Contribuição sobre o Financiamento da Seguridade Social
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAC	Instituto Brasileiro da Cachaça
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MMC	Mercado Municipal de Curitiba
PIB	Produto Interno Bruto
PIS/PASEP	Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PRODEU	Programa de Desenvolvimento de Umuarama
PROMUPE	Programa Municipal do Primeiro Emprego
RMU	Região Metropolitana de Umuarama

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO DA EMPRESA</b>	<b>19</b>
<b>4.1</b>	<b>Missão, Visão e Valores</b>	<b>20</b>
<b>4.2</b>	<b>Categorias de Produtos</b>	<b>22</b>
4.2.1	Cachaça prata	22
4.2.2	Cachaça ouro	22
4.2.3	Cachaça premium	22
4.2.4	Cachaça saborizada	23
4.2.5	Porfólio da empresa	23
<b>5</b>	<b>ANÁLISE E CONTEXTO DE MERCADO</b>	<b>24</b>
<b>5.1</b>	<b>Mercado interno</b>	<b>24</b>
<b>5.2</b>	<b>Público-alvo</b>	<b>25</b>
<b>5.3</b>	<b>Localização</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>DESCRIÇÃO DO PROCESSO</b>	<b>29</b>
<b>6.1</b>	<b>Fluxograma</b>	<b>29</b>
<b>6.2</b>	<b>Etapas da produção</b>	<b>30</b>
6.2.1	Matéria-prima	30
6.2.2	Recepção e limpeza	30
6.2.3	Moagem	31
6.2.4	Peneiramento	32
6.2.5	Decantação e filtração	32
6.2.6	Mistura	33
6.2.7	Evaporação	33
6.2.8	Fermentação	33
6.2.9	Destilação	36
6.2.10	Padronização	38
6.2.11	Armazenamento e envelhecimento	38
6.2.12	Produção de cachaça saborizada	39

6.2.13	Engarraamento . . . . .	40
<b>7</b>	<b>UTILIDADES . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>7.1</b>	<b>Vapor . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>7.2</b>	<b>Tratamento de água . . . . .</b>	<b>41</b>
7.2.1	Água utilizada na caldeira . . . . .	41
7.2.2	Água do sistema de refrigeração . . . . .	42
<b>8</b>	<b>TRATAMENTO DE RESÍDUOS . . . . .</b>	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE . . . . .</b>	<b>45</b>
<b>9.1</b>	<b>Análises da matéria-prima . . . . .</b>	<b>45</b>
<b>9.2</b>	<b>Análise dos produtos . . . . .</b>	<b>46</b>
<b>10</b>	<b>BALANÇOS MATERIAIS E ENERGÉTICOS . . . . .</b>	<b>47</b>
<b>10.1</b>	<b>Recepção e Limpeza . . . . .</b>	<b>47</b>
<b>10.2</b>	<b>Moagem . . . . .</b>	<b>48</b>
<b>10.3</b>	<b>Peneiramento . . . . .</b>	<b>49</b>
<b>10.4</b>	<b>Decantação . . . . .</b>	<b>50</b>
<b>10.5</b>	<b>Filtração . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>10.6</b>	<b>Mistura . . . . .</b>	<b>53</b>
<b>10.7</b>	<b>Evaporação . . . . .</b>	<b>54</b>
<b>10.8</b>	<b>Fermentação . . . . .</b>	<b>55</b>
<b>10.9</b>	<b>Destilação . . . . .</b>	<b>60</b>
<b>10.10</b>	<b>Padronização . . . . .</b>	<b>63</b>
<b>11</b>	<b>INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA . . . . .</b>	<b>67</b>
<b>12</b>	<b>SISTEMAS AUXILIARES . . . . .</b>	<b>69</b>
<b>12.1</b>	<b>Sistema de Geração de Vapor . . . . .</b>	<b>69</b>
<b>12.2</b>	<b>Sistema de Refrigeração . . . . .</b>	<b>70</b>
<b>13</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS . . . . .</b>	<b>72</b>
<b>13.1</b>	<b>Setor 100 . . . . .</b>	<b>72</b>
13.1.1	Sistema de Limpeza a Seco . . . . .	72
13.1.2	Moenda . . . . .	72
<b>13.2</b>	<b>Setor 200 . . . . .</b>	<b>72</b>
13.2.1	Peneira Vibratória . . . . .	72

13.2.2	Decantador . . . . .	73
13.2.3	Filtro de Tambor Rotativo . . . . .	73
13.2.4	Misturador . . . . .	73
<b>13.3</b>	<b>Setor 300 . . . . .</b>	<b>73</b>
13.3.1	Evaporadores . . . . .	73
13.3.2	Trocadores de Calor . . . . .	73
<b>13.4</b>	<b>Setor 400 . . . . .</b>	<b>74</b>
13.4.1	Dornas de Fermentação . . . . .	74
13.4.2	Centrífuga . . . . .	75
13.4.3	Tanque de Tratamento de Leveduras . . . . .	75
13.4.4	Dorna Volante . . . . .	75
<b>13.5</b>	<b>Setor 500 . . . . .</b>	<b>76</b>
13.5.1	Torres de Destilação . . . . .	76
<b>13.6</b>	<b>Setor 600 . . . . .</b>	<b>76</b>
13.6.1	Tanques de Padronização . . . . .	76
13.6.2	Envasadoras . . . . .	77
<b>14</b>	<b>DIAGRAMA DE FLUXO DE PROCESSO . . . . .</b>	<b>78</b>
<b>15</b>	<b>ANÁLISE FINANCEIRA . . . . .</b>	<b>79</b>
<b>15.1</b>	<b>Colaboradores . . . . .</b>	<b>79</b>
<b>15.2</b>	<b>Equipamentos . . . . .</b>	<b>80</b>
15.2.1	Infraestrutura . . . . .	81
15.2.2	Receita Bruta . . . . .	82
<b>15.3</b>	<b>Impostos Diretos . . . . .</b>	<b>83</b>
<b>15.4</b>	<b>Custos Operacionais . . . . .</b>	<b>84</b>
<b>15.5</b>	<b>Depreciação . . . . .</b>	<b>84</b>
<b>15.6</b>	<b>Capital de Giro . . . . .</b>	<b>85</b>
<b>15.7</b>	<b>Despesas Financeiras . . . . .</b>	<b>85</b>
<b>15.8</b>	<b>Taxa Interna de Retorno . . . . .</b>	<b>86</b>
<b>15.9</b>	<b>Payback . . . . .</b>	<b>86</b>
<b>15.10</b>	<b>Ponto de Equilíbrio . . . . .</b>	<b>87</b>
<b>16</b>	<b>CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>88</b>

<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE A – EQUAÇÕES DOS BALANÇOS DE MASSA E ENERGIA</b>	<b>97</b>
<b>A.1–Balanços e considerações gerais</b>	<b>97</b>
<b>A.2–Balanço energético da moenda</b>	<b>99</b>
<b>A.3–Balanço energético da evaporação</b>	<b>100</b>
A.3.1 Determinação da queda de pressão global	100
A.3.2 Determinação da quantidade total de vapor a ser retirada da solução	100
A.3.3 Determinação da vazão mássica de solução em cada módulo	101
A.3.4 Determinação da queda de temperatura em cada efeito	101
A.3.5 Determinação do Cp das correntes em cada efeito	101
A.3.6 Determinação das entalpias em fase líquida de cada efeito	101
<b>A.4–Balanço energético da fermentação</b>	<b>102</b>
<b>A.5–Balanços de massa e de energia da destilação</b>	<b>103</b>
<b>APÊNDICE B – DIMENSIONAMENTO DA INDÚSTRIA</b>	<b>106</b>
<b>B.1–Áreas de Troca Térmica dos Trocadores de Calor</b>	<b>106</b>
<b>B.2–Determinação do número de dornas de fermentação</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE C – BASES DE CÁLCULOS FINANCEIROS</b>	<b>110</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A história da cachaça e do Brasil estão completamente entrelaçadas, pois esta bebida foi descoberta pelos escravos dos engenhos de cana-de-açúcar nas atividades açucareiras, em meados do século XVI. Segundo Alcarde (2017), o primeiro engenho brasileiro se data de 1532, instalado na capitania de São Vicente. Atualmente, a cachaça é a segunda bebida alcoólica mais consumida no Brasil, ficando atrás somente da cerveja (SORATTO; VARVAKIS; HORII, 2007). Com isso, a bebida movimenta uma parte muito significativa da economia do país, totalizando cerca de R\$ 7,5 bilhões por ano, o que corresponde a 1,4 bilhões de litros de cachaça ao ano (OLIVEIRA, 2019).

Estima-se que 70% deste valor é produzido industrialmente, por meio de colunas de destilação de forma contínua e 30% em alambiques, de forma artesanal (LEAL, 2019).

A cachaça pode adquirir vários sabores, os quais variam conforme: o local onde ela é armazenada, variando o tempo de armazenamento e envelhecimento, e com a adição do processo de infusão com frutas para enriquecer seu sabor. Finalmente, é possível, também, a comercialização da cachaça pura e não-envelhecida, denominada cachaça prata, vinda diretamente da destilação do caldo fermentado da cana. Depois de sua destilação ela é armazenada, podendo ou não passar por barris de madeira antes de ser distribuída (JANNUZZI, 2021).

Por conta de sua versatilidade de aromas e notas sensoriais presentes no paladar, a cachaça é uma bebida muito eclética e que pode oferecer sempre uma possível combinação para cada tipo de comida ou bebida com que se deseja combinar (LOUNGE, 2018). Pensando nessa diversidade de culinária, bebida e costumes que o Brasil apresenta, a Real Cachaçaria será voltada exclusivamente para cachaças, produzindo: a cachaça prata, que é aquela que não passa por barris de madeira, ou passa apenas para leve finalização, e não é envelhecida; a cachaça ouro, a qual tem pelo menos 50% de seu volume armazenado em barril de madeira e apresenta uma alteração em sua coloração; a cachaça premium, para garantir uma competitividade frente ao mercado interno, e recebe este nome pois é uma cachaça envelhecida em barril de até 700 litros de madeira de um a três anos, e a cachaça com sabor (JANNUZZI, 2021).

A cachaça com sabor não possui uma especificação exata pois pode ser produzida de várias maneiras, tais como a infusão de frutas durante a destilação ou até mesmo ao final da etapa de armazenamento. Sua principal característica é que esta leva consigo notas gustativas de diferentes frutas ou especiarias. Por exemplo, a cachaça de canela é amplamente consumida pelos mais variados tipos de público ao longo do país, e isso se deve à suavidade e a picância simultâneas que o ingrediente traz consigo. Geralmente, o tipo de sabor aplicado à aguardente varia conforme a disponibilidade dos produtos oferecidos na região de produção (CALDAS, 2021).

## **2 OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho é apresentar o projeto completo de uma cachaçaria contendo: seu estudo de mercado e localização, balanços de massa e de energia, juntamente com a análise financeira da empresa. Isso tudo para se obter uma melhor compreensão do funcionamento da mesma, e também adquirir-se co conhecimento de sua viabilidade econômica.



### 3 JUSTIFICATIVA

O Brasil é hoje o maior produtor de cana-de-açúcar mundial, totalizando 654,7 milhões de toneladas no ano de 2021 (UNICA, 2021). Junto a este fato, tem-se um mercado expressivo no ramo de bebidas destiladas, sendo mais de 60% das bebidas alcoólicas consumidas no país variações de bebidas que passam por alguma forma de destilação durante sua produção. Dentre tais bebidas destiladas, a cachaça é a mais consumida por uma grande margem, de tal maneira que esta perde apenas para a cerveja quando se analisa o espectro geral de consumo de bebidas alcoólicas no país. Em pesquisa realizada pelo Euromonitor, revelou-se que 7 das 12 bebidas mais ingeridas em território nacional têm origem do mercado de destilados (MULT, 2019).

Nesse contexto, a cachaça entra com grande vigor para suprir a necessidade de troca promovida pelo aumento do preço da cerveja (ABRAS, 2021). Além de ser uma bebida adaptável, pois permite com que sejam feitas várias receitas com a mesma (REIS, 2018), o destilado pode ser apreciado de várias maneiras: com ou sem gelo, semelhante ao uísque, ou até mesmo em *drinks* como a caipirinha, que realçam seu sabor enquanto adicionam novas experiências sensoriais ao todo, e até mesmo em adaptações brasileiras dos modos de se beber tequila e rum (MMC, 2015).

Além da grande disponibilidade da principal matéria-prima, a cana-de-açúcar, dispõe-se também da forte presença do Brasil no mercado dos insumos naturais utilizados na produção de cachaça saborizada. Isso é uma informação importante pois a cachaça saborizada, citada adiante nas variedades de produtos oferecidos pela empresa, requer a utilização de diferentes especiarias em seu processo de produção.

Desta maneira, o cenário brasileiro é muito chamativo para o projeto proposto, pois conta com larga acessibilidade de todos os materiais que serão utilizados, e com um mercado consumidor ávido e ansioso, a Real Cachaçaria tem grandes expectativas para se tornar um empreendimento de sucesso.

O foco será no mercado interno, visto que a viabilidade econômica para a exportação não é adequada. Segundo opiniões de determinados produtores brasileiros, a exportação tem seu valor em taxas fixas de impostos exorbitantes, de maneira que o custo para levar produtos ao exterior não seja somente dependente do volume, como também de diversas licenças, o que torna a opção de comércio no exterior pouco chamativa. Além disso, deve-se levar em consideração que apenas uma fração do consumo de cachaça é externa ao Brasil e o produtor já paga quantidades exorbitantes por litro de cachaça produzido, ainda que este venha a ser comercializado nacionalmente (OLIVIAN, 2021). Buscando atender todos os estabelecimentos possíveis, o objetivo da Real é difundir seus produtos em todos os locais do país onde houver demanda, atendendo os mais variados gostos e paladares, desde bares e restaurantes, até na mesa de consumidores mais sofisticados e criteriosos.

A localização estrategicamente escolhida para a implantação da Real, após as análises de mercado realizadas, foi a cidade de Umuarama-PR. Localizada no estado do Paraná, é uma

região altamente produtiva de cana-de-açúcar e com uma boa infraestrutura, apresentando um desenvolvimento local e logística que se mostram promissores para os interesses da empresa.

#### 4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Conforme dito anteriormente, a história da cachaça no Brasil se remete há mais de 500 anos atrás com o início da colonização do Brasil pelos portugueses, com registros de sua primeira produção realizada em engenhos de cana por escravos. A bebida por muito tempo foi criminalizada e taxada como sendo um produto consumido apenas por classes baixas, sendo até sua venda proibida em meados do século XV pelo rei de Portugal.

O cenário atual já é outro, com o destilado disseminado e apreciado por todo o país. Hoje em dia, a cachaça está enraizada firmemente na cultura do brasileiro. Com isso em mente, a Real Cachaçaria busca transmitir para o público a visão de que seus produtos podem ser degustados por todos os níveis de classe social existentes, com o propósito de passar o sentimento de se estar consumindo um produto com qualidade digna de reis, desconstruindo a ideia da marginalização da cachaça no país.

Assim, com uma origem simples e objetiva, a Real surge a partir das iniciais de todos os integrantes idealizadores da empresa, ao passo que visa passar a seus clientes de forma clara a qualidade dos produtos ofertados.

Com qualidade e tradição sendo dois dos principais pilares da empresa, a logomarca desenvolvida, presente na Figura 1, representa a simplicidade do produto sem perder a elegância. A mistura de uma coroa representando a realeza juntamente com a cana-de-açúcar, principal matéria-prima do processo, retrata a mistura de conceitos, onde um produto acessível pode possuir elevados padrões de qualidade.

A escolha da paleta de cores foi preto, dourado e o verde. O preto representa a elegância com um tom de seriedade que remetem a maneira que a empresa se comportará diante do mercado e o dourado tem como objetivo representar a riqueza que nossos produtos terão, ao passo que o verde representa a cana-de-açúcar utilizada como matéria-prima principal do processo.

Figura 1 – Logomarca da empresa.



Fonte: Autoria própria (2022).

A produção da Real Cachaçaria será voltada completamente para o mercado interno, com foco em fortalecer relações com clientes fiéis e difundir a comercialização de nossos pro-

duetos por todo o país, visando a alta qualidade dentro dos padrões de mercado nacionais. Com aromas e sabores marcantes, o diferencial estará na produção das mais variadas opções de cachaças; desde a mais simples, a cachaça prata, até um produto mais desenvolvido e sofisticado, a cachaça premium, sendo que a proposta da Real também conta com a produção de aguardentes saborizadas totalmente naturais, feitas com objetivo de alcançar um público ainda maior.

#### **4.1 Missão, Visão e Valores**

A visão da Real é se tornar uma referência na produção de bebidas e também em sustentabilidade, de forma que a empresa esteja sempre preparada para entregar um produto da melhor qualidade e com a maior acessibilidade possível para os nossos clientes.

A empresa tem por missão levar um produto de qualidade para todos os gostos e pessoas (acima de 18 anos), além de proporcionar momentos inesquecíveis que remetam à felicidade na presença de sabor e tradição autênticos.

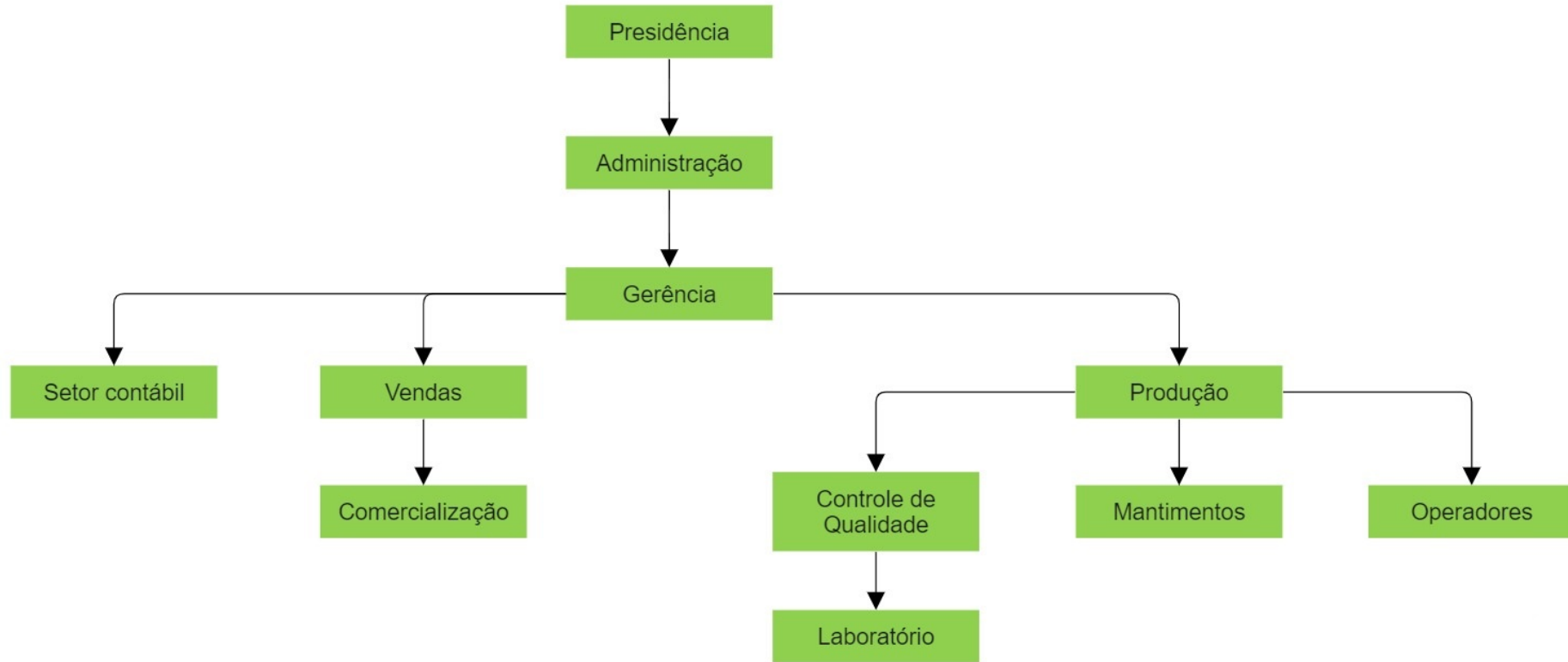
Buscando ser uma empresa focada na qualidade de seu produto sendo uma referência em sustentabilidade, sempre mantendo a transparência com nossos clientes, os valores da Real se sustentam principalmente em quatro pilares. São eles:

- Responsabilidade ambiental
- Qualidade e excelência
- Tradição
- Transparência

Qualidade não se trata mais somente de um diferencial de um produto, e sim um compromisso da empresa com a entrega ao consumidor de um produto de altos padrões de qualidade. Sendo assim, a Real se compromete à qualidade e excelência de todos os seus produtos em todas as linhas de produção, estabelecendo uma maior transparência com nossos clientes para então fortificar e consolidar essas relações.

Para o modo como a empresa será distribuída e organizada, tem-se o organograma apresentado na Figura 2.

**Figura 2 – Organograma da empresa.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

## 4.2 Categorias de Produtos

A Real contará com quatro produtos principais, todos eles visando atender os mais diversos gostos dos consumidores espalhados pelo território nacional. Enquanto os apreciadores tradicionais preferem uma cachaça mais elaborada, com aroma e gosto bem marcantes, o público jovem já tem buscado aguardentes com sabores não convencionais, as quais possuem características sensoriais mais amenas e permitem maior elaboração de *drinks*. Com estes fatores em mente, serão produzidos os seguintes itens:

### 4.2.1 Cachaça prata

Mesmo com a enorme variedade de opções encontradas atualmente no mercado, a forma com que a cachaça é mais consumida no Brasil ainda é em bares e restaurantes na forma de *drinks*, como a caipirinha. Portanto o foco inicial será a produção da chamada Cachaça Prata, que é definida como a cachaça que não passou por nenhum tipo de envelhecimento e possui uma cor translúcida. Seu armazenamento é feito em tanques de aço inox, e costuma apresentar um aroma e sabores mais intensos por serem fruto da destilação simples do mosto fermentado, com graduação alcoólica em torno de 40% (FILHO, 2016).

### 4.2.2 Cachaça ouro

Com maior público-alvo torna-se necessária também a produção mais sofisticada e atenciosa. Para tanto, a Cachaça Ouro se trata de uma cachaça que contém, pelo menos, 50% de seu volume envelhecido em barris de madeira apropriados por, no mínimo, um ano, possuindo uma coloração amarelada. A Real optará pela utilização de barris de carvalho europeu para o processo de envelhecimento de seus produtos, sendo este tipo de madeira o mais utilizado atualmente no ramo, uma vez que garante sabores e aromas característicos de amêndoas, nozes, castanhas e madeira tostada (IBRAC, 2022).

### 4.2.3 Cachaça premium

Com a qualidade sempre sendo o foco principal na visão da empresa, tem-se a concepção da Cachaça Premium, na qual 100% do destilado do mosto é envelhecido por no mínimo um ano. Cada cachaçaria pode estabelecer seu critério de tempo de envelhecimento, este podendo variar de 1 a 18 anos de maneira geral, sendo que algumas chegam a ultrapassar esta faixa de valores. No entanto, a Real irá realizar este processo por três anos, garantindo um melhor produto final, agradando aqueles que preferem uma cachaça mais especial e sofisticada. O

envelhecimento também será em barris de carvalho europeu, pois a madeira se apresentou como a melhor opção levando em conta os ideais da empresa.

#### 4.2.4 Cachaça saborizada

Com a grande variedade de produtos naturais que o Brasil possui, a Real também contará com a produção de produtos saborizados. Aqui entra o grande diferencial da empresa, pois todos os produtos serão feitos de modo totalmente natural. O processo de saborização será realizado apenas pela infusão das frutas e sabores desejados, sem adição de qualquer produto químico ou etapa de produção que possa interferir na qualidade da bebida. No caso da cachaça sabor banana que será produzida pela empresa, não se usará nem a banana *in natura* nem sua essência química. Optou-se pela essência natural de banana pois é um produto de fácil estocagem e que não agride o organismo do consumidor. Esta será obtida através de fornecedores externos.

Sem adições de etapas complicadas e trabalhosas no processo produtivo, a ideia de realizar a confecção de cachaças aromatizadas surge da enorme disponibilidade de opções de frutas e especiarias no país para tal. A Real optará pela utilização de três sabores: canela, coco e banana, que promovem características agradáveis ao paladar quando combinados à aguardente.

#### 4.2.5 Porfólio da empresa

Para melhor compreensão dos produtos ofertados, segue o portfólio da empresa com ilustrações dos mesmos, separadas em duas categorias: tradicionais e saborizadas.

**Figura 3 – Cachaças tradicionais e saborizadas.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

## 5 ANÁLISE E CONTEXTO DE MERCADO

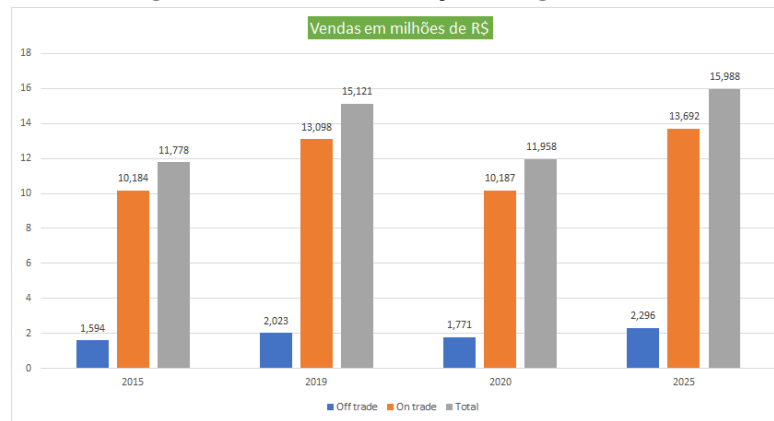
### 5.1 Mercado interno

O Brasil é o principal produtor de cana-de-açúcar mundial, com um volume colhido de 657,4 milhões de toneladas na safra de 2020/2021 (UNICA, 2021), valor duas vezes maior que a Índia, país que se encontra no segundo lugar. Esses dados demonstram a força e o potencial do Brasil para o mercado de produtos derivados dessa planta tão versátil. Grande parte dessa produção se encontra centralizada na região Centro-Sul, com São Paulo, Goiás e Minas Gerais sendo os estados que mais produziram nesse ano.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), com dados referentes ao ano de 2020, o número de produtores de aguardente e cachaça foi de 1.131, apresentando um aumento de 4,14% comparado ao ano anterior de 2019, quando eram 1.086. Estes estão distribuídos em 25 estados do país, com Minas Gerais ocupando o primeiro lugar no número de estabelecimentos produtores, com 397, seguido por São Paulo e Espírito Santo com, respectivamente, 128 e 67 locais de produção (MAPA, 2021).

O consumo e a receita gerados pelo mercado da cachaça também são outros aspectos que inspiram o surgimento de novos produtores. No Brasil, a cachaça representa, em volume, 72% do mercado de todos os destilados (IBRAC, 2021) e, em pesquisa realizada pela Euromonitor International, a receita gerada no ano de 2020 foi de R\$ 11,9 bilhões, sendo este número afetado pela pandemia do vírus COVID-19. Essa crise de saúde mundial causou a queda de aproximadamente 23,8% no volume de vendas da bebida devido ao fechamento de bares e restaurantes, que representam os principais locais de consumo da bebida (já que ela é muito dependente do consumo fora do lar). Ainda para contribuir com essa redução, a cachaça vem competindo nos últimos anos com outros tipos de destilados, como o gim e o uísque. Todavia, o cenário nacional se mostra otimista para os próximos anos com a lenta volta do funcionamento de seus principais pontos de venda no país. A Figura 4 ilustra a queda e uma projeção de vendas para o ano de 2025:



**Figura 4 – Vendas de cachaça ao longo dos anos.**

Fonte: Adaptado de (Euromonitor, 2020).

Observa-se pelos dados fornecidos pela Figura 4 um aumento de mais de 30% previsto para o ano de 2025, dado que mostra como o mercado dessa bebida tão consumida e apreciada pelos brasileiros tende apenas a crescer. Em volume de litros, segundo pesquisa realizada pela Euromonitor, em 2020, o mercado da cachaça foi de 399 milhões de litros, valor este também afetado pela pandemia (FERNANDES, 2021).

## 5.2 Público-alvo

Por conta da mudança no perfil do consumidor médio no decorrer dos últimos anos, principalmente após a pandemia do vírus COVID-19, observa-se uma tendência cada vez maior dos jovens em busca da apreciação da cachaça não apenas como qualquer bebida alcoólica, mas como algo mais elaborado e que representa um nível mais elevado de cultura. Segundo uma pesquisa do Datafolha, quanto maior a faixa etária que se observa, menor o consumo alcoólico. Isso implica que grande parte do consumo de cachaça se deve ao público jovem, o que justifica a grande atenção que deve ser dada a ele. Ainda assim, a pesquisa estima que, dentro do grupo de consumidores mais frequentes (1 a 2 doses por dia), 52% são idosos acima dos 60 anos de idade (IBRAFIG, 2021). Tendo isso em mente, a Real buscará levar uma nova concepção de qualidade e acessibilidade à entrada no ramo das aguardentes de cana-de-açúcar para os jovens. As cachaças prata e saborizada servirão como uma ótima porta de entrada ao universo das aguardentes pois, além de serem mais baratas, possuem gosto mais neutro e podem ser utilizadas em *drinks*. Não apenas isso, como também, para o cliente mais tradicional, a empresa procurará oferecer as cachaças ouro e premium a fim de satisfazer os mais avançados paladares. Portanto, a faixa etária do público-alvo para qual a empresa direcionará seu foco será todas as pessoas acima dos 18 anos de idade, com destaques para os públicos jovem e de idade mais avançada.

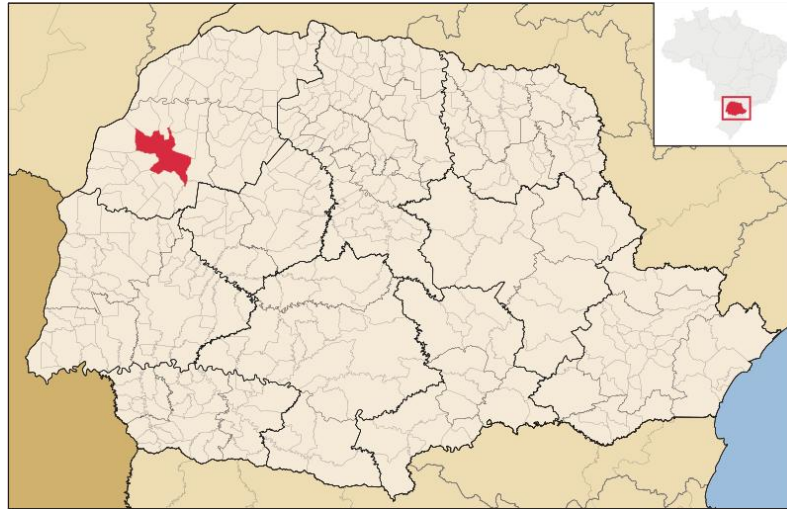
### 5.3 Localização

Para a escolha da localização ideal à implementação da Real Cachaçaria, levou-se em consideração uma série de fatores e análises da região, tais como: fornecedores de matéria-prima, potencial consumidor regional, logística de transporte, empresas concorrentes, entre outros. A partir dessas análises foi escolhida a cidade de Umuarama para a instalação da Real. Situada no noroeste do estado do Paraná, estima-se que a cidade conta com 113 mil habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2021 .

Situada no polo da região de Entre Rios, a população estimada da região é de aproximadamente 410 mil habitantes. O estado do Paraná apresenta 6,7% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, representando a 5ª posição no *ranking* do país, segundo o IBGE, e possui programas de incentivo ao empreendedorismo, que é um grande atrativo a instalações de novos negócios. Segundo a Agência Nacional de Notícias, a recuperação da pandemia atraiu mais investidores e empreendimentos novos para o estado, por exemplo: o Programa Municipal do Primeiro Emprego (PROMUPE), que concede incentivos para a contratação de adolescentes e jovens, pelas empresas, e o Programa de Desenvolvimento de Umuarama (PRODEU) em que a Secretaria de Indústria e Comércio concede direito real de uso de imóveis públicos para que empresas se instalem na cidade ou ampliem seus negócios.

Com relação ao setor de destilados, o mercado da cachaça apresenta grande expansão regional, visto que a água e a cana-de-açúcar são basicamente as matérias-primas da produção, e a região escolhida apresenta grande potencial produtor de cana e alta disponibilidade de água. Isso se dá em virtude de que o município de Umuarama está localizado sobre a região que divide três bacias hidrográficas: a Bacia do Ivaí, Bacia do Piquiri e Bacia do Paraná. A zona urbana, no entanto, foi estrategicamente posicionada pela Companhia de Melhoramentos do Norte do Paraná (CMNP) entre os divisores de água de três bacias de córregos que nascem ao seu redor; entre eles, Córrego Figueira a leste, Ribeirão do Veado a nordeste e o Ribeirão Pinhalzinho (HULSMAYER, 2014). A Figura 5 apresenta o estado do Paraná e destacada em vermelho está a cidade de Umuarama.

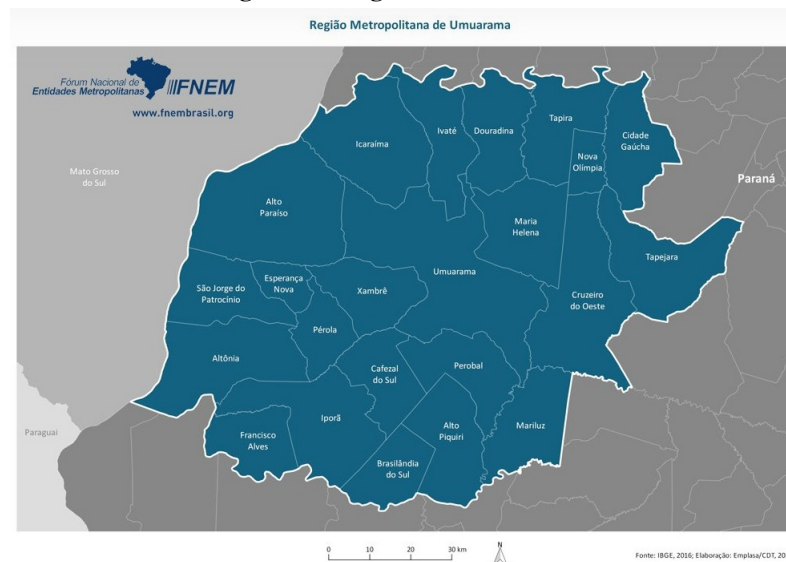
**Figura 5 – Localização de Umuarama no Paraná.**



**Fonte: Prefeitura de Umuarama (2022).**

A Região Metropolitana de Umuarama (RMU), conhecida também como Grande Umuarama, criada em 2012, abrange 24 municípios do estado do Paraná por conurbação, formando uma faixa urbana contínua. Segundo a estimativa populacional feita pelo IBGE em 2020, a RMU chegou a marca de aproximadamente 315 mil habitantes e representou 0,13% do PIB nacional e 2,05% do PIB estadual em 2015 (IBGE, 2015). A Figura 6 apresenta a Região Metropolitana de Umuarama bem como as cidades que compõem a metrópole.

**Figura 6 – Região de Umuarama.**



**Fonte: FNEM (2018).**

O clima subtropical da região favorece bastante o crescimento da cana-de-açúcar, já que os verões quentes e úmidos são as melhores épocas para plantio e os invernos da região não são tão frios. A região também produz muita cana para as usinas de álcool, que sustentam algumas cidades do conglomerado. Então há muita disponibilidade da principal matéria-prima da cachaça.

Umuarama localiza-se bem no centro da região metropolitana, sendo esta posição estratégica, visto que há cinco vias estaduais que saem ou chegam no município, a fim de escoar a produção para todas as cidades metropolitanas e de acesso às vias federais. Além do que estradas rurais bem conservadas garantem o acesso à zona rural dentro do município. Outro ponto importante também é a existência de um aeroporto de pequeno/médio porte que pode ser útil para escoar os produtos (CMU, 2018).

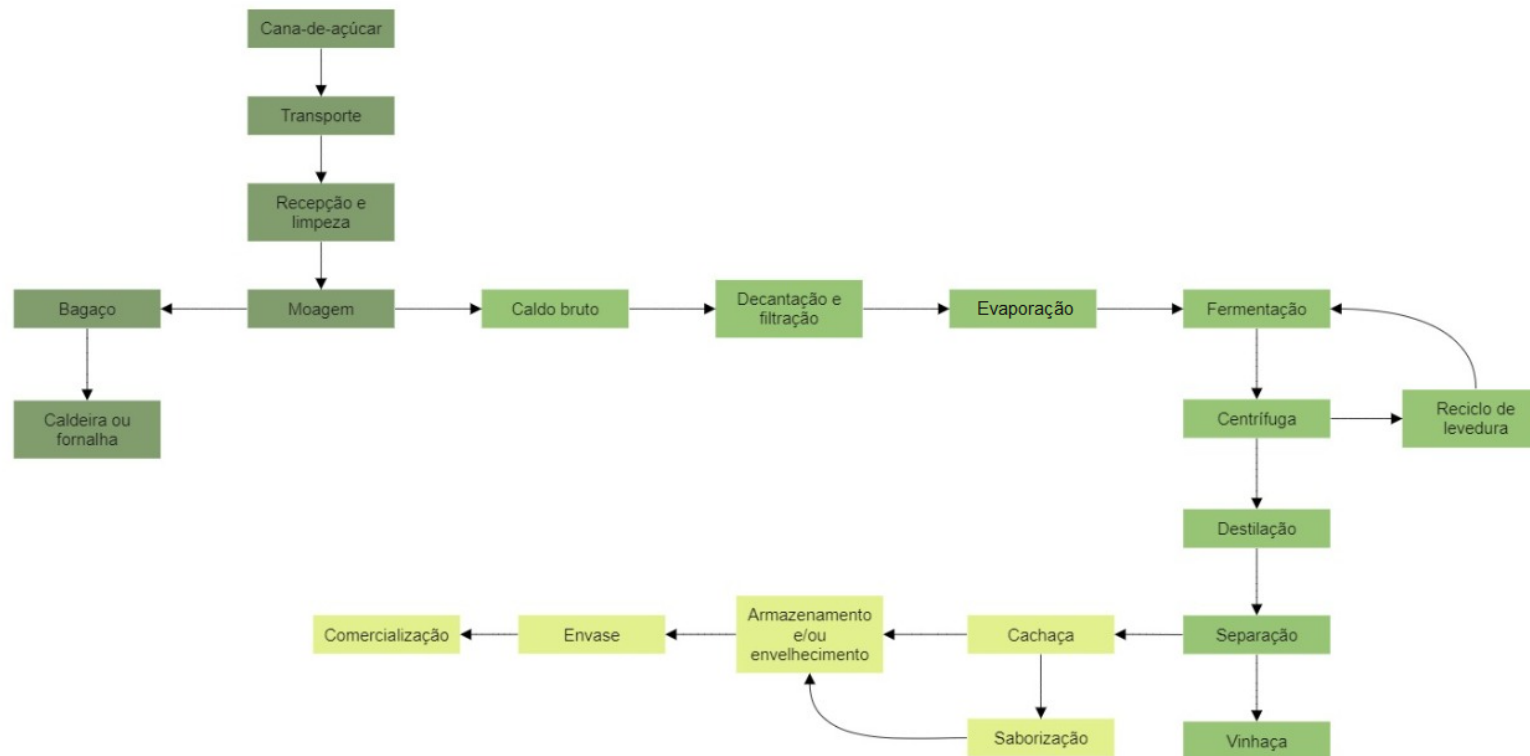
Com as informações apresentadas conclui-se que é possível implementar a Real Cachaçaria no município de Umuarama/PR, por conta de sua localização, facilidade de obtenção de matéria-prima, incentivos para empreendimentos, biodiversidade e clima local, recursos hídricos e facilidade de escoamento de produção por meio de rodovias.

## 6 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

### 6.1 Fluxograma

Para um melhor entendimento de como se dará o processo produtivo, encontram-se representadas abaixo todas as etapas do mesmo que serão realizadas na produção:

Figura 7 – Fluxograma de produção da Real Cachaçaria.



Fonte: Autoria própria (2022).

## 6.2 Etapas da produção

### 6.2.1 Matéria-prima

A principal matéria-prima utilizada será a cana-de-açúcar. A cana é um produto muito abundante e forte no histórico do país, tal como visto anteriormente. Isso é refletido no fato de que o Brasil foi o maior produtor mundial da gramínea na safra de 2020 para 2021, uma vez que 654,5 milhões de toneladas foram produzidas, o que estabeleceu tal liderança.

Levando em consideração que a região Centro-Sul é responsável por 91,64% da produção, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020), como apresentado na Tabela 1, optou-se por receber esta matéria-prima de produtores que já possuem uma consolidação no mercado do ramo da cana. Por conta de sua grande presença no solo brasileiro, o vegetal é facilmente encontrado na região que engloba o município escolhido para a produção, ao mesmo tempo que leva consigo uma grande margem de confiança em sua qualidade.

**Tabela 1 – Comparativo de produção de cada região.**

Região	Produção (em mil t)
Norte	3.652,34
Nordeste	51.141,8
Centro-este	140.639,2
Sudeste	412.436,0
Sul	34.200,2
Norte/Nordeste	54.794,2
Centro-Sul	587.275,5

**Fonte: Adaptado de (CONAB, 2020).**

Para garantir uma excelência nos produtos da Real, é preciso que seja recebida uma cana perfeitamente madura e fresca, a qual terá uma maior quantidade de açúcares, garantindo-se, assim, um excelente grau Brix (a escala que mede a quantidade de sólidos solúveis presentes no líquido) a partir de uma riqueza em sacarose, glicose e a frutose provenientes da cana-de-açúcar. Para uma maior eficiência na fermentação a cana colhida deve ter entre 14 e 16 °Brix, e deve ser colhida com no máximo 36 horas antes de sua utilização (MELO *et al.*, 2021).

Umuarama conta com uma área de aproximadamente 105 mil hectares destinados à produção de cana (FAVARO *et al.*, 2020) e com um clima favorável para esse tipo de cultura. Tendo este ponto em vista, a Real Cachaçaria pretende ter disponibilidade da melhor matéria-prima a fim de promover uma melhor qualidade em seus produtos.

### 6.2.2 Recepção e limpeza

O transporte da cana será feito em caminhões canavieiros, também de empresas terceirizadas. Com isso, a cana é encaminhada a área de limpeza e, visando-se uma maior economia e consciência de sustentabilidade, optou-se por uma limpeza a seco, onde a cana-de-açúcar irá

passar por uma esteira, a qual será submetida a jatos de ar com alta pressão. Através das diferentes forças de arrastes aerodinâmicas, as impurezas, a palha e a cana serão separadas. De acordo com Finguerut (2014), se o sistema for bem projetado e bem operado a separação de impurezas pode chegar a 80% (HENRIQUE, 2019).

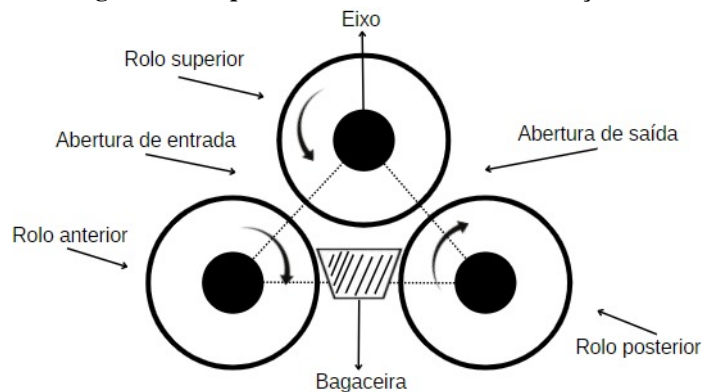
Tendo a cana limpa e livre de impurezas indesejáveis, ela é transportada, por esteiras, a um conjunto de lâminas rotatórias com o objetivo de picá-las. Assim, facilita-se a moagem e obtém-se uma maior eficiência na extração da sacarose. Deve ser levado em consideração o fato de que todo o processo, desde o corte da cana até a picagem, não pode durar mais que 36 horas, pois após este período pode ocorrer a deterioração da cana-de-açúcar, produzindo compostos indesejáveis e diminuindo o rendimento do seu caldo.

### 6.2.3 Moagem

A moagem é o processo no qual visa-se a extração do caldo existente nos colmos da cana. A extração do caldo ocorre por meio de um processo físico, em que a separação é feita através da pressão mecânica que é exercida pelos rolos da moenda, sobre a cana desfibrada. O caldo é liberado após a passagem da cana entre três rolos ao passar sucessivamente por cada terno da moenda (FILHO, 2016).

Cada um dos ternos das moendas são constituídos basicamente por três rolos, em que os centros dos eixos dos rolos formam um triângulo escaleno. As canas preparadas por picadores e desintegradores, são introduzidas pela entrada, entre o rolo superior e anterior, e submetidas ao primeiro esmagamento. Na entrada da moenda, a cana picada pode ser auxiliada por um rolo de pressão instalado sobre o rolo de entrada, ou por um reservatório de cana picada, chamado *Shut Donnelly*. Após o primeiro esmagamento, a massa de cana será conduzida com o auxílio da bagaceira ao segundo esmagamento, entre o rolo superior e posterior, conforme mostra a Figura 8:

**Figura 8 – Esquema de moenda de cana-de-açúcar.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

O bagaço durante a moagem receberá a embebição, que é a adição de água e/ou caldo diluído, entre um terno e outro para resgatar o açúcar retido em suas fibras, a fim de aumentar a eficiência da extração do caldo para até 95% (ALCARDE, 2017). Em seguida, o caldo extraído passará por peneiras fixas, rotativas ou vibratórias, e decantadores, para a separação das partículas sólidas em suspensão no caldo.

A moagem da cana-de-açúcar será feita em um período de 8 meses, de abril a novembro.

#### 6.2.4 Peneiramento

O processo de peneiramento do caldo tem a finalidade de eliminar a máxima quantidade de impurezas e materiais contaminantes sólidos. O mosto, ao passar pelas peneiras, remove os bagacilhos em suspensão, melhorando o mosto a ser fermentado, pois os bagacilhos são ricos em substância pécnicas, que quando liberadas pelas enzimas das leveduras fermentativas, liberam o metanol, que é um dos produtos indesejáveis da indústria (CLETO, 1997).

Essa remoção de sólidos será feita por peneiras vibratórias, visto que essas possuem maior eficiência em relação aos outros modelos, sendo capazes de remover 85% dos sólidos presentes no caldo (GONCALVES *et al.*, 2015).

#### 6.2.5 Decantação e filtração

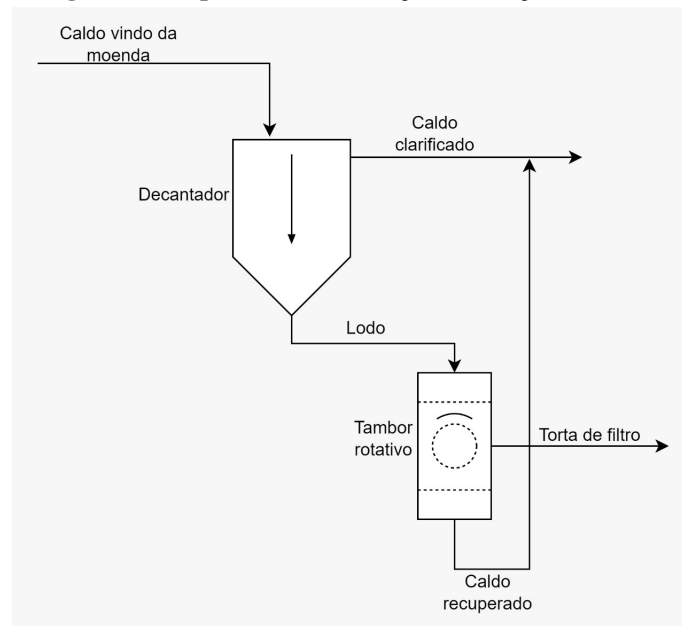
Após o peneiramento realizado ao final da moagem ainda podem sobrar algumas partículas menores que passam pela peneira, como areia e terra. Com o objetivo de eliminar essas impurezas e clarificar o caldo, faz-se o uso de decantadores.

O caldo peneirado será então adicionado lentamente em decantadores juntamente com o leite de cal, o qual é rico em cal virgem e, a partir de reações químicas com fosfatos dissolvidos no caldo, ocorrem: a clarificação do mesmo, a coagulação de proteínas e o arraste de impurezas para o fundo do decantador, resultando, ao final, na separação de materiais indesejáveis (DOHERTY; RACKERMANN, 2009). Os materiais indesejáveis deverão ser removidos imediatamente após o término da operação, sendo necessário lavar os equipamentos com água em abundância e, para isso, o decantador deve ter fundo inclinado, para facilitar a limpeza e para que o tempo de retenção do caldo seja curto, evitando-se a multiplicação de contaminantes (FILHO, 2016).

Para maior rendimento na obtenção de um caldo clarificado, o lodo removido do decantador passará por um filtro do tipo tambor rotativo, pois este lodo ainda tem grandes porcentagens de umidade e de sacarose que ainda podem ser utilizadas. O esquema do decantador e do tambor rotativo está descrito na Figura 9.



**Figura 9 – Esquema de decantação e filtração do caldo.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

Por fim, o lodo retirado do tambor rotativo, rico em minerais nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, e em matéria orgânica, será destinado a lavouras de cana-de-açúcar de nossos fornecedores, para serem utilizados como adubo orgânico (GONÇALVES *et al.*, 2015). O caldo será conduzido para a área de tratamento do caldo.

#### 6.2.6 Mistura

Após o processo de decantação e filtração do lodo, o caldo decantado e o caldo recuperado do tambor rotativo são direcionados a um tanque de mistura afim de homogeneizar o caldo clarificado para ser encaminhado ao evaporador.

#### 6.2.7 Evaporação

Com o objetivo de aumentar o teor de açúcares presentes no caldo clarificado (°Brix), será instalado um evaporador de triplo efeito após a decantação. Assim o Brix será elevado de 11,2 °Brix para 17 °Brix, para que, na próxima etapa, o Brix dentro da dorna de fermentação seja o ideal, ou seja, 15 °Brix. Esta redução de 17 para 15 °Brix se deve à diluição promovida pelo reciclo das leveduras.

#### 6.2.8 Fermentação

O mosto, anteriormente preparado em condições ótimas, seguirá para as dornas e passará pela etapa de fermentação. Este é um processo anaeróbico, ou seja, sem a presença de oxigênio,

onde ocorre a conversão de açúcares em álcool etílico ( $C_2H_6O$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ) catalisado por enzimas (GÓES-FAVONI *et al.*, 2018). Essa transformação é feita por meio de ações de microrganismos chamados leveduras, que realizam a quebra da molécula de açúcar com o objetivo de produzir energia, na forma de ATP, a qual será utilizada para processos fisiológicos e de crescimento destes microrganismos (GÓES-FAVONI *et al.*, 2018).

Antes que se faça a fermentação, o caldo que vem após os processos de filtração e decantação chega com seu grau de sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix) geralmente em torno de  $11,2^{\circ}$ . Após a evaporação, seu Brix subirá para o valor de 17. Este então será diluído pelo reciclo de leveduras, descrito adiante, até que seu Brix esteja numa faixa de  $14$  a  $16^{\circ}$  (SAKAI, 2006). Caso o Brix ainda esteja muito elevado, haverá uma fermentação muito lenta e incompleta devido ao alto teor de açúcares no preparado. Isso faz com que se forme um teor alcoólico muito grande ao final do processo, o que pode prejudicar o desempenho dos microrganismos e, conseqüentemente, o rendimento do processo da fermentação (JÚNIOR *et al.*, 2021).

Já para situações em que o Brix se encontra abaixo do ideal, ocorre uma fermentação muito rápida. Esta provoca uma facilitação de contaminação por bactérias no produto junto a uma formação precipitada de álcoois superiores. Esses álcoois, tais como o propanol, isobutanol e outros, são os responsáveis por caracterizar o gosto forte presente em cachaças de menor qualidade. Além disso, o consumo desses compostos em concentrações maiores leva à intoxicação, o que causa dor de cabeça e náuseas (VIANA, 2008). Além disso, caldos muito diluídos geram maiores gastos de energia e água pois promovem uma menor separação dos componentes, o que resulta em maior quantidade de vinhoto a ser gerada.

O álcool etílico produzido é o principal produto da fermentação, mas juntamente são formados, também, inúmeros subprodutos, dentre eles o gás carbônico, ésteres, aldeídos, ácidos orgânicos, glicerol e mais outros 250 compostos já identificados, os quais são responsáveis por dar características aromáticas e de sabor à cachaça (LIMA, 2014).

Diversos são os fatores que influenciam na eficiência do processo fermentativo e na qualidade do chamado vinho da cachaça, líquido resultante da fermentação que seguirá para a destilação, alguns desses fatores são pH, temperatura, concentração do caldo, tempo de permanência nas dornas, concentração das leveduras utilizadas, entre outros, logo é de extrema importância que previamente estes parâmetros estejam decididos e estabelecidos no processo.

Inicialmente, para se obter ambientes favoráveis para uma boa fermentação é necessário o preparo do que é conhecido como "pé-de-cuba" ou inóculo, fermento que segundo Lima (2014), é definido como uma suspensão de células de leveduras suficientemente concentrada de modo a garantir a fermentação de um determinado volume de mosto. Na maioria das destilarias brasileiras se utiliza o fermento desidratado, ou seco, dada a possibilidade de compra da quantidade inicialmente necessária, evitando-se a operação de multiplicação e seus riscos (ALCARDE, 2006).

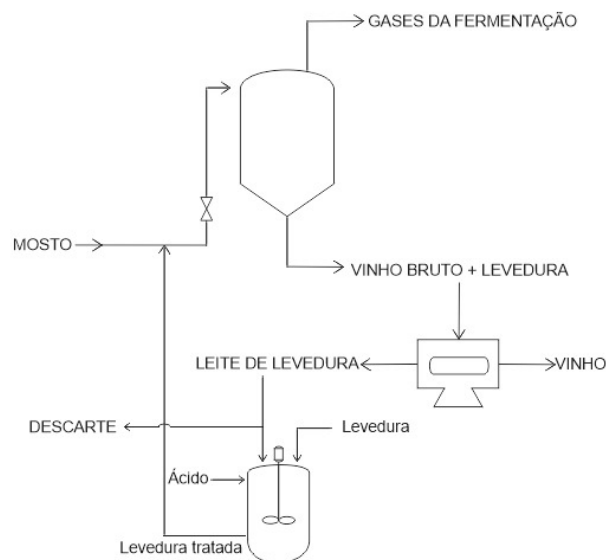
A escolha da levedura que será utilizada possui também grande influência na produtividade e qualidade do produto. Com isso, a Real optou pela utilização, da levedura, *Saccha-*

*romyces cerevisiae*, espécie de fermento alcoólico excelente e uma das mais utilizadas industrialmente (FILHO, 2016).

O início da fermentação se dará após a preparação do pé-de-cuba e, também, do mosto que chega do processo anterior, para isso, o caldo passa na sala de fermentação por um sistema de refrigeração até atingir 20-30°C. Em seguida é acidificado até pH 4,5 com ácido sulfúrico e vai para as dornas principais de fermentação (VALSECHI, 1944). O tempo médio ideal para todo o processo ocorrer da forma mais eficiente possível é entre 14 e 18 horas, restando, assim, de 6 a 10 horas para outros processos que ocorrem dentro da dorna de fermentação (MAIA; CAMPELO, 2006).

O processo que será utilizado pela Real para as fermentações, é o chamado Melle-Boinot, que consiste em um processo descontínuo com reciclo de células (CRUZ, 2022), onde as leveduras são reaproveitadas da batelada anterior gerando, assim, uma economia para a empresa. Este processo agrega o que há de melhor em matéria de fermentação, visando precisamente, anular ou pelo menos tornar menor possível a fase em que se tem a maior multiplicação de leveduras (VALSECHI, 1944). O processo pode ser melhor exemplificado pela Figura 10 abaixo:

**Figura 10 – Sistema de fermentação Melle-Boinot.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

O vinho já fermentado, visando o reaproveitamento de células, passará por um tanque pulmão para o bombeamento e, em seguida, seguirá para o processo de separação por centrifugação. Deste modo, por meio desta operação, o vinho que possui menor densidade será arrastado, ao passo que as leveduras ficarão retidas formando um leite de levedura altamente puro (SANTOS, 2019). Com isso, o vinho delevedurado seguirá para a destilação e o leite de leveduras seguirá para um tratamento para ajuste de pH para ser novamente utilizado. Este tratamento normalmente exige uma diluição prévia em água, seguida da adição do ácido com

controle de pH entre 2,5 e 3,0 objetivando a eliminação de células velhas de levedura e possíveis contaminantes como bactérias (NOVAES *et al.*, 1974).

Assim, obtém-se um consumo de açúcar para a multiplicação e desenvolvimento menor, e um aumento na eficiência fermentativa, graças à redução do tempo da fermentação e, também, por consequência do tempo passível de contaminação (SANTOS, 2019).

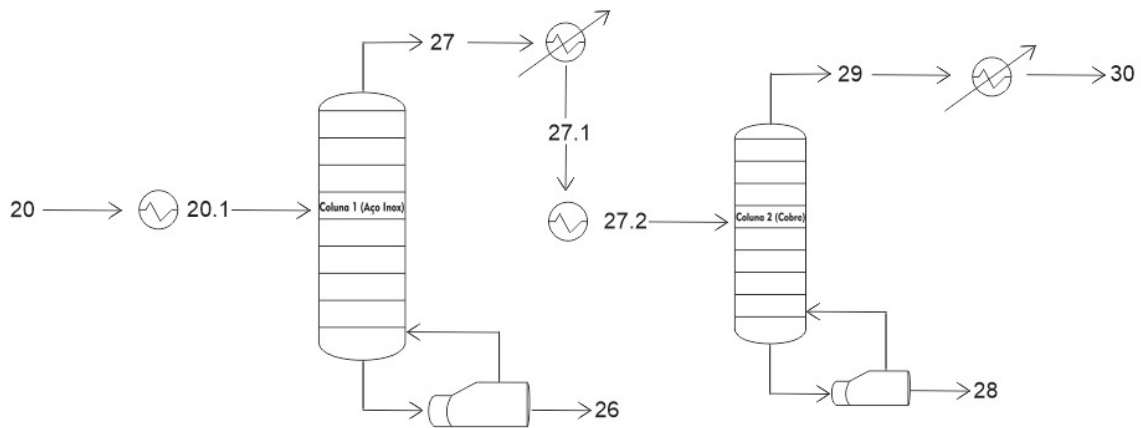
### 6.2.9 Destilação

O vinho resultante da fermentação constituído de, aproximadamente, 5 a 10% de etanol, 89 a 94% de água, e 2 a 4% de outros componentes (sendo principalmente ácidos, ésteres, aldeídos e alcoóis superiores) seguirá para a etapa de destilação. Esta consiste em um processo de volatilização de líquidos pelo aquecimento seguido de condensação, visando a purificação ou formação de novos produtos por meio da decomposição de frações das misturas de líquido e vapor formadas no sistema (FILHO, 2016).

Com o objetivo de separar componentes que serão maléficos para o produto final, e obter a concentração alcoólica desejada, juntamente com a etapa de fermentação, a destilação é uma das partes mais importantes do processo produtivo. É a etapa responsável por separar todas as substâncias de interesse formadas pela fermentação e, por este motivo, é considerada de extrema importância para obtenção de uma cachaça de qualidade (ALCARDE, 2013).

A destilação do vinho da cana proveniente da fermentação para obtenção da aguardente pode ser feita por dois métodos distintos: de forma descontínua ou simples, ou de maneira contínua (ROTA, 2008). Para uma elaboração de produtos de maior qualidade, a Real optou pela utilização do método em coluna, de prato ou bandejas, o qual trata-se de um processo onde uma fase vapor entra em contato com uma fase líquida e há transferência de massa do líquido para o vapor e vice versa, pois o líquido e o vapor contêm, em geral, os mesmos componentes em quantidades relativas diferentes (FRANCHI, 2010). As colunas mais utilizadas para a produção de cachaça são as de baixo grau, ou também chamadas de esgotamento, e produzem flegmas de teor alcoólico entre 35 a 65 °GL (FILHO, 2016). A Figura 11 mostra o processo de forma mais concreta.

**Figura 11 – Processo de destilação em coluna.**



**20/20.1 - Vinho**

**27/30 - Produto de topo**

**26/28 - Produto de base**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Atualmente, o Brasil produz 800 milhões de litros de cachaça por ano. Com a alta demanda, é possível melhorar o processo produzido por alambique e, sendo assim, optou-se por destilar o mosto fermentado em colunas, que é um processo contínuo e bem mais eficiente do que o processo em batelada, e que separa melhor o etanol. Além disso, a continuidade do processo permite com que se realize um controle mais rigoroso dos parâmetros da destilação, tais como pressão, temperatura, vazão de entrada e composições de saída do esgotamento e da retificação.

A partir desse método, foi visto que este produz cachaças de baixa qualidade, pois em sua destilação é produzido o óleo fúsel, que traz um aroma desagradável para o produto e pode se aderir às paredes da coluna. Com isso em mente, foi pensado em um método de bidestilação, pois quanto mais vezes a bebida é destilada, menos perceptíveis os aromas oriundos da matéria-prima e do processo de fermentação, ou seja, mais neutra se torna a bebida. Além disso, há uma maior tolerância ao depósito de óleo fúsel até que se faça a drenagem do mesmo na primeira coluna, ele estará majoritariamente depositado. Finalmente, a primeira destilação acontecerá em uma torre de aço inox e maior, e a segunda em uma coluna de cobre menor, já que o cobre agrega mais qualidades sensoriais ao produto (NOGUEIRA; FILHO, 2005).

Na destilação em coluna de aço, devido ao sistema ser contínuo, não há estratificação do destilado em frações. O vinho será introduzido continuamente na parte superior da coluna, de onde vai descendo de bandeja em bandeja e, simultaneamente, a vaporização do álcool e dos demais compostos voláteis ocorrerá em virtude do aquecimento do sistema. As aguardentes produzidas em colunas possuem características sensoriais diferenciadas, devido à presença de compostos sulfurados que também estão presentes em diversos tipos de alimentos e bebidas. Por consequência, uma segunda destilação mais controlada é incorporada no processo, pois, além do cobre trazer mais qualidades sensoriais à cachaça, este elimina odores desagradáveis dos elementos sulfurados, como o de ovo podre (NOVAES, 2000).

Porém, o cobre também tem seu limite em produtos, que pode ser contaminante em determinadas concentrações acima do permitido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo esta de 5 mg/L. Para manter esse nível de cobre abaixo do limite permitido é recomendada a limpeza dos equipamentos. Sendo assim, o desmonte da coluna para limpeza se torna necessário pelo menos uma vez a cada semana de operação. Para tal, uma coluna menor e de fácil montagem será o ideal.

#### 6.2.10 Padronização

O processo de padronização é a parte onde se trata o produto para que todo o lote do mesmo tenha aproximadamente as mesmas características. Para cachaças que não irão ao processo de envelhecimento, será feita a adição da água do reservatório da empresa - previamente filtrada por membranas - até que a cachaça tenha seu teor alcoólico entre 38 e 40%. Por fim, serão feitas análises químicas no intuito de se manter um controle de qualidade do produto, de forma que sempre se mantenha uma amostra de lotes anteriores no armazém para que possa ser feita a comparação entre o produto ideal e não ideal. Não só nesta etapa, as análises químicas serão feitas ao longo de todos os processos da produção da cachaça, pois com um controle de cada parte do sistema evita-se que haja concentrações maiores de compostos em relação àquelas permitidas pela legislação (LEAL, 2021).

Com isso feito, a cachaça terá uma finalização bem rápida em tonéis de carvalho e, então, já pode ser armazenada nos tanques de inox para depois ser envasada e comercializada como cachaça branca.

#### 6.2.11 Armazenamento e envelhecimento

A cachaça prata produzida pode ser armazenada em tanques de aço inox. Segundo Januzzi (2018), os tanques não só servem para armazenamento como também para melhorar as qualidades sensoriais da cachaça em seu tempo de residência dentro dos mesmos. Isso se deve ao fato do aço inox promover oxidação do acetaldeído presente no produto final, o que gera uma suavização ao sabor da cachaça branca.

Há diversos tipos de madeiras que se pode utilizar para os barris no quais pode ser feito o processo de envelhecimento. Alguns dentre os mais utilizados no Brasil são o Bálamo, a Amburana, a Grápia e o Carvalho Europeu (SOUZA *et al.*, 2013). O Carvalho Europeu (*Quercus petraea*) é a madeira mais utilizada para este processo, e isto se deve à excelência que ele entrega. Cachaças envelhecidas neste tipo de barril adquirem coloração dourada com textura mais reluzente, ao passo que gustativamente apresentam maior textura e notas de amêndoa, especiarias e uma finalização sutil e adocicada (JANNUZZI, 2018). Com essa sutileza e capacidade de promover agrado e conforto ao palato, é que a Real escolheu o Carvalho Europeu como sua

principal madeira de trabalho, afinal, acessibilidade, satisfação e tradição são características essenciais para a proposta que a empresa deseja entregar. Segue na Figura 12 uma ilustração dos barris a serem utilizados.

**Figura 12 – Barris de carvalho europeu.**



**Fonte: Retirado de (BARROS, 2022).**

No caso da cachaça que será envelhecida, a fim de se produzir as variedades ouro e premium, essa será mantida a concentrações alcoólicas um pouco maiores do que a cachaça prata final. Estas concentrações são, geralmente, de 42% ou até mais conforme o tempo de envelhecimento, pois de acordo com Cardoso (2014), sabe-se que há uma perda alcoólica de 3 a 4% ao ano durante o envelhecimento nos barris. Os barris de carvalho escolhidos pela Real serão utilizados exclusivamente para a produção dessas variedades de cachaça que requerem maiores períodos de tempo de trabalho e refinamento. Além disso, os barris terão volume de 700 litros para atender aos critérios de classificação especificados anteriormente.

#### 6.2.12 Produção de cachaça saborizada

A produção de cachaças saborizadas consiste em um processo bem simples, análogo à produção de licores. Para se produzir um licor de frutas, basta-se diluir o destilado a fim de se reduzir seu teor alcoólico, adicionar açúcar e deixar a mistura em infusão com a fruta desejada, podendo a fruta estar inteira, cortada em pedaços ou até mesmo processada. O teor alcoólico final é sempre ajustado de acordo com a preferência de quem produz o licor. Não há metodologia científica suficiente na literatura, o que torna o desenvolvimento de novos sabores e receitas algo muito promissor, justamente por se tratar de um potencial mercado pouco explorado (TEIXEIRA *et al.*, 2011).

Já no quesito da aguardente saborizada, faz-se o mesmo procedimento da produção de licores mas sem a adição de água, sendo a adição de açúcar opcional. Em suma: deixa-se apenas as frutas ou especiarias desejadas em infusão com o destilado até o ponto desejado. Muitas

indústrias fazem esta saborização de maneira artificial, com essências desenvolvidas quimicamente. O diferencial que a Real propõe nessa área é a produção de aguardentes saborizadas de maneira totalmente natural, tal que o consumidor não precise se preocupar com produtos químicos que possam causar malefícios à saúde.

A partir de uma parcela da cachaça prata produzida, será feita a infusão dos insumos com esta a fim de se obter as cachaças saborizadas. As três variedades de ingredientes utilizados serão o coco, essência natural de banana e a canela. Estes três foram escolhidos, pois são ingredientes que harmonizam surpreendentemente bem com as notas sensoriais da cachaça branca e podem ser estocados com facilidade.

### 6.2.13 Engarrafamento

Após a obtenção dos produtos finais, será feito o enchimento e o envase de cada variedade em sua respectiva garrafa. A garrafa então passará pela máquina de cravar tampas e, finalmente, vai à máquina rotuladora para seu último estágio: o rótulo da empresa para o tipo de cachaça produzida. Seguem as Figuras 13 e 14 demonstrando as máquinas de engarrafamento e de cravar tampas, respectivamente.

**Figura 13 – Engarrafadora de 6 bicos.**



**Fonte: FILHO (2013).**

**Figura 14 – Cravadora de tampas.**



**Fonte: FILHO (2013).**

Os rótulos dos produtos devem conter as informações exigidas pela legislação brasileira como, por exemplo, graduação alcoólica da bebida, acidez volátil, ésteres totais, aldeídos totais, entre outros.



## 7 UTILIDADES

São diversas as utilidades que se tem em uma fábrica, como vapor, água, energia elétrica e ar comprimido, sendo esta a ordem de importância para a indústria (PROCKNOR, 2004).

A Real, levando em consideração a importância e um pensamento ecologicamente responsável das utilidades do processo, decidiu direcionar sua atenção às atividades de vapor e tratamento de água, focando em uma maior eficiência com um máximo aproveitamento energético. Aqui serão apresentadas as utilidades das caldeiras e tratamento de água, já auxiliando também nos tratamentos de resíduos.

### 7.1 Vapor

A utilidade mais importante é o vapor, pois uma destilaria não opera sem ele. E quando se considera uma caldeira, que é onde o vapor é produzido, deve-se pensar em sua alimentação. Na Real, a alimentação será o bagaço da cana-de-açúcar já moído e as palhas recolhidas no setor de limpeza da cana. É imprescindível observar, também, a necessidade da utilização da água, vinda do reservatório de água da empresa, que será aquecida para a produção do vapor.

A biomassa produzida pela indústria está relacionada diretamente à quantidade de cana que é processada. Segundo Alves (2006), são produzidos, em média, 240 kg de bagaço por tonelada de cana e, segundo Santos (2012), a cada tonelada se aproveita 140 kg de palha.

Assim, com a utilização destes combustíveis, a Real reduz seus resíduos e não utiliza combustíveis fósseis, que causam danos ao meio ambiente quando queimados. Como a moagem acontece em períodos específicos, a parte do bagaço e da palha que não serão utilizados de imediato poderão ser armazenados e aproveitados em outros momentos, na entressafra.

### 7.2 Tratamento de água

Na parte de utilidades da água, é necessário se fazer um tratamento adequado da água, pois na Real a água será utilizada na diluição da cachaça, na moagem e na caldeira.

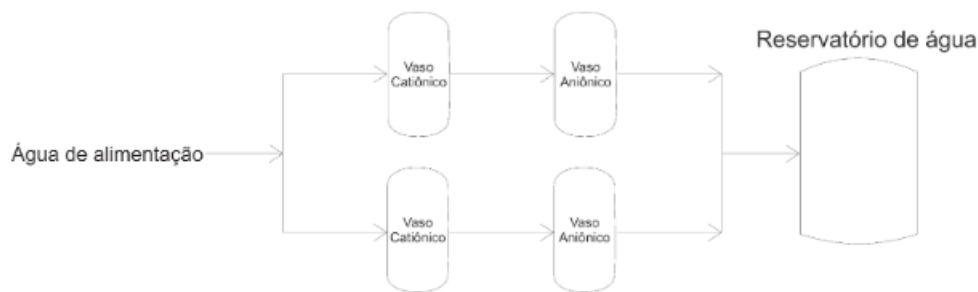
#### 7.2.1 Água utilizada na caldeira

Com o intuito de remover íons da água bruta para torná-la própria para o processo desejado, a Real irá utilizar um sistema de desmineralização de água, o qual é capaz de remover minerais, íons e metais pesados contidos na água segundo o Portal Tratamento de Água (2017). Este processo é importante, pois aumentará a vida útil da caldeira e também dos dutos utilizados para o transporte dessa água evitando corrosão e incrustações.

Segundo Trovati (2018), o processo de desmineralização consiste na remoção de íons positivos e negativos e também na remoção de partículas indesejáveis da água. Para a remoção destes íons é utilizado resinas iônicas as quais primeiramente retém os íons catiônicos e libera hidrogênio e logo após retém os íons aniônicos liberando hidroxila, obtendo-se então a água desmineralizada. E periodicamente é necessário a regeneração das resinas, pois as mesmas ficam saturadas e perdem sua capacidade. Para fazer essa regeneração é utilizado ácido clorídrico para as resinas catiônicas e hidróxido de sódio para as resinas aniônicas (INÁCIO *et al.*, 2016).

Como periodicamente é preciso fazer a manutenção da resina, a Real terá dois sistemas de desmineralização operando em paralelo, como mostra a Figura 15. Finalmente, quando um sistema estiver em manutenção, o outro poderá operar normalmente.

**Figura 15 – Sistema de desmineralização da água.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

Após todo o processo de desmineralização, a água ainda passará por um desaerador, o qual removerá o oxigênio dissolvido na água e, com isso, poderá ser encaminhada para a caldeira.

### 7.2.2 Água do sistema de refrigeração

Para as correntes de água quente a serem reutilizadas e mesmo para o seu descarte, a Real optou por um sistema de refrigeração do tipo ciclo de refrigeração por compressão mecânica de vapor, o qual é o sistema mais usado para resfriamento (GENIÊR; COSTA; JUNIOR, 2013).

Nesse sistema, o fluido refrigerante entra no evaporador com uma baixa pressão em uma mistura de líquido mais vapor e, quando passa para o estado de vapor, retira-se energia do meio. Este vapor entra no compressor onde é bombeado, tornando-se um vapor superaquecido até chegar ao condensador, o qual libera a energia retirada para o ambiente. Por fim, o vapor superaquecido passa para o estado líquido e por uma válvula de expansão, onde sua pressão é reduzida, podendo então entrar novamente no evaporador e repetir o ciclo (FERRAZ, 2008).

Considerando que poucos equipamentos irão precisar de resfriamento, e também que a água possui boa capacidade de troca térmica, o fluido refrigerante utilizado nos processos será a água. Já para o fluido utilizado para resfriar a água utilizada, será a amônia que estará contida no ciclo, apenas trocando calor, sem entrar em contato direto com a água.

## 8 TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Ao final do processo, pode haver majoritariamente seis tipos de reíduos provenientes de diversas etapas. São eles:

- Torta de filtro.
- Bagaço da cana.
- Bagacilho.
- Vinhaça.
- Cinzas vindas da fornalha ou da caldeira.
- Óleos de manutenção.

A torta de filtro é o resíduo que sobra do filtro de tambor rotativo, e pode ser utilizada para a biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos. Além disso, por ser rica em nutrientes, pode ser utilizada para a adubação do solo para garantir o brotamento da cana nos locais de cultivo (TELLECHEA, 2015).

Para o bagaço da cana-de-açúcar que sobra após a moagem, pode ser feita a utilização do material como biomassa para se alimentar a caldeira que opera na indústria. Segundo Elementus (2021), estima-se que 2,5% da massa queimada do bagaço se torna cinzas. Surge então a necessidade de manusear as cinzas que sobram.

Referidas casualmente na língua inglesa como *potash*, as cinzas que restam de um processo de queima de madeira são ricas em diversos nutrientes. Um dos mais abundantes e importantes é o potássio. Na verdade, foi justamente do termo *potash* que surgiu o nome *potassium*. Esse composto de nutrientes e rico em potássio é um poderoso fertilizante, logo, poderá se utilizar as cinzas restantes do processo de queima do bagaço como fertilizante para as próprias plantações de cana-de-açúcar das quais serão compradas as matérias-primas, com supervisão do agrônomo responsável pelo cultivo (ArrMaz, 2022).

Já os óleos utilizados para manutenção dos equipamentos serão coletados, armazenados e encaminhados a empresas de reciclagem parceiras que poderão fazer o reaproveitamento dos mesmos (SOUZA *et al.*, 2014).

Finalmente, a vinhaça que resta do processo de destilação é rica em proteína e potássio. Isso faz com que seja um excelente material para produção de ração ou até mesmo para se utilizar como adubo nas próprias plantações de cana com supervisão do agrônomo responsável (ELEMENTUS, 2021). Parte da vinhaça é constituída pela água utilizada para lavagem dos equipamentos, que deverá ser transportada para o tanque da vinhaça após seu uso (SOUZA *et al.*, 2014). Além disso, há também a opção de se utilizar a vinhaça para produção de biogás, o que a torna uma boa fonte de retorno financeiro por meio de sua venda (COSTA, 2014).

Efluentes gerados a uma temperatura acima da temperatura ambiente necessitam ser resfriados antes de serem tratados ou, como no caso da Real, comercializados em sua maioria. Para isso, a Real contará com duas lagoas de estabilização, onde ocorrerá a troca térmica com o ambiente, garantindo sua diminuição de temperatura.

Graças à integração energética realizada na etapa da destilação, parte do processo onde se tem a geração da vinhaça (principal resíduo com temperatura elevada). Esta não possuirá temperatura tão elevada, necessitando assim de um menor tempo de residência nas lagoas. Isso garantirá uma menor chance de possíveis problemas de segurança. Elas serão devidamente impermeabilizadas com geomembrana impermeabilizante e sua configuração será em tronco de pirâmide com o objetivo de evitar futuras erosões. Suas capacidades de armazenamento serão de 300 m<sup>3</sup>, podendo armazenar os efluentes por até 3 dias.

Por fim, após a sua passagem pelas lagoas de estabilização, a vinhaça será comercializada em sua maioria para empresas produtoras de biogás, e o restante irá para produtores agrícolas parceiros.

Dessa maneira, pode-se observar que: uma indústria de cachaça possui sistemas de funcionamento com baixa agressão ao meio ambiente, pois todas as sobras podem ser reutilizadas em alguma outra área sem que se cause danos à natureza, exceto pela vinhaça. Por conta de sua alta produção ao final do processo, se a mesma não for tratada ou destinada corretamente, segundo Almeida (2002), pode causar contaminação principalmente do solo.

E como a Real Cachaçaria apresenta preocupação com destino correto de todos os seus resíuos, isso faz com que a mesma seja um modelo de empresa sustentável e ecologicamente responsável.

## 9 LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE

A qualidade da cachaça não é analisada somente no produto final pronto para uso. Para administrar a qualidade, é necessário conhecer os diversos indicadores ou itens de controle ao longo de toda a cadeia produtiva da cachaça.

Existem medidas simples como as de temperatura, de grau Brix e de grau alcoólico, que são de extrema utilidade no controle do processo de fabricação.

A fim de manter a qualidade dos produtos a nível de excelência, é necessário que análises sejam feitas em cada lote de matéria-prima utilizada na produção das cachaças e, também, no produto final, pelo laboratório de controle de qualidade da empresa.

### 9.1 Análises da matéria-prima

Para garantir qualidade de alto nível do produto final, o processo industrial depende da qualidade em que a matéria-prima chega para a produção. A qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção dos derivados da cultura é uma das premissas consideradas para se obter o melhor desempenho da fermentação alcoólica (FIGUEIREDO; MACIEL; MARQUES, 2008).

Com a finalidade de garantir a qualidade da matéria-prima recebida serão seguidos os padrões de qualidade pré-estabelecidos pelo Conselho de Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo (CONSECANA, 2015).

De acordo com Galo (2013), seguem alguns parâmetros na classificação de qualidade da cana-de-açúcar a seguir e suas aplicações na indústria.

- POL - Teor de sacarose aparente na cana, quanto mais elevado, melhor para a indústria.
- Pureza - Dada pela relação  $(POL/Brix) \times 100$ , quanto maior seu valor, maior a pureza da cana e melhor a qualidade da mesma para a recuperação de açúcares.
- ATR - Determinado pela relação  $POL/0,95$  somado ao valor de teor de açúcares redutores, este parâmetro representa a quantidade total de açúcares redutores presentes na cana.
- Porcentagem de fibra da cana - Reflete na eficiência de extração da moenda, logo, quanto mais fibra, menor a extração de açúcares.

Esses parâmetros influenciam na qualidade do produto no processo produtivo, pois para manter a eficiência e rendimento a nível industrial é necessário que a matéria-prima recebida esteja com esses fatores satisfatórios para a produção da cachaça.

Sendo assim, as análises da qualidade da cana recebida serão feitas assim que os lotes chegarem na empresa pelo laboratório, seguindo as recomendações da NBR 1.6271/2014 que

determina a qualidade da cana na qual, por exemplo, a %POL deve ser menor que 14%, a pureza deve ser maior que 85% e o ART deve ser maior que 92 kg/ton de cana (VIAN, 2017).

## 9.2 Análise dos produtos

O controle de qualidade também deve ser feito antes de os produtos finais chegarem nos clientes, afim de se evitar alguma contaminação, ou defeito do produto, para que a satisfação dos clientes seja atendida.

Existem leis que regem a conduta sobre destilados, como a Lei 8.918 de 1994, que regulamenta sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, e da norma N° 63 de 2008 do MAPA que descreve os parâmetros de qualidade de bebidas retificadas (BOZA; HORII, 1998).

Segundo as leis citadas anteriormente, é obrigatório que as análises sejam feitas sobre a graduação alcoólica. Os contaminantes orgânicos e inorgânicos das bebidas destiladas. Desta maneira, as análises serão feitas periodicamente a cada lote produzido e engarrafado. De acordo com essas legislações, a cachaça produzida deve possuir um mínimo de 38 e um máximo de 48% de etanol (v/v) e um teor máximo de açúcar de 6 g/L e congêneres máximo de 6,5 mg/mL de etanol no destilado (MAPA, 1986).

A determinação do valor de congêneres máximo será por meio da soma da concentração de acidez volátil, aldeídos, ésteres totais, álcoois superiores, furfural e hidroximetilfurfural (BORTOLETTO, 2016). Essas concentrações podem ser obtidas por meio de testes simples de titulação e filtração. Esses parâmetros têm como finalidade medir a influência dos componentes para a qualidade da bebida e proteção a saúde pública.

Dessa forma, o laboratório de controle de qualidade será de suma importância, visto que há a necessidade de manter a qualidade e os padrões desde o início do processo produtivo até o produto final, para a satisfação dos clientes e reconhecimento no quesito de qualidade.

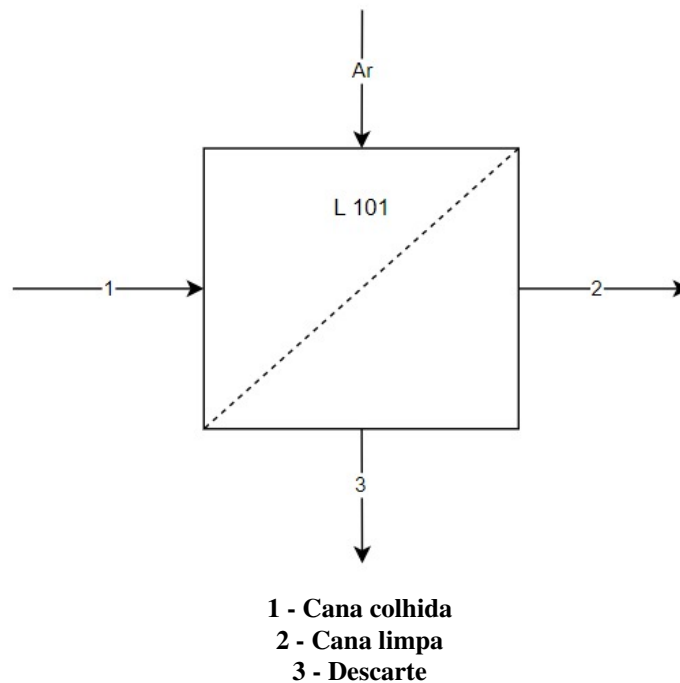
## 10 BALANÇOS MATERIAIS E ENERGÉTICOS

Com o intuito de atender o valor de 1% da demanda brasileira previsto para 2025, segundo descrito no apêndice, serão produzidos aproximadamente 5,2 milhões de litros de cachaça por ano. Para isso, serão processados 10.620 kg de cana por hora, sendo que a empresa funcionará 24 horas por dia, em três turnos de 8 horas, todos os dias da semana. No entanto, a recepção e o processamento de cana-de-açúcar irão ocorrer somente 8 meses por ano, sendo de abril a novembro. Todos os balanços materiais e energéticos realizados nas etapas do processo foram feitos considerando um sistema em regime permanente, sendo que todos os processos irão operar de forma contínua. Todos os cálculos realizados se encontram no Apêndice A.

### 10.1 Recepção e Limpeza

A Real receberá a cana-de-açúcar provinda de colheita mecanizada. A matéria-prima entra no setor de limpeza pela corrente 1, na qual a eficiência da lavagem a seco é de 80%. Depois, a cana limpa será direcionada ao setor de moagem pela corrente 2, e as impurezas serão encaminhadas para o descarte pela corrente 3, que serão destinadas juntamente com os bagaços da moagem para a caldeira. O diagrama desta etapa está exposto na Figura 16.

Figura 16 – Diagrama do processo de recepção.



Fonte: Autoria própria (2022).

De acordo com Finguerut e Paes (2014), a cana-de-açúcar tem em sua composição cerca de 10% de fibra, 12,6% de ART, 70% de água, 1,0% de minerais, 1,4% de sais e 5% de vegetais, como a palha. Os dados das correntes mássicas de recepção e lavagem estão na Tabela 2.

**Tabela 2 – Correntes de recepção, pós-lavagem e descarte.**

Correntes	1	2	3
Temperatura (°C)	25	25	25
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Mássica(kg/h)	10620	10110,24	509,76
Composição das correntes			
Água(kg/h)	7434	7434	0
Fibra(kg/h)	1062	1062	0
ART(kg/h)	1338,12	1338,12	0
Sais(kg/h)	148,68	148,68	0
Minerais(kg/h)	106,2	21,24	84,96
Palha(kg/h)	531	106,2	424,8
Soma	10620	10110,24	509,76

Fonte: Autoria própria (2022).

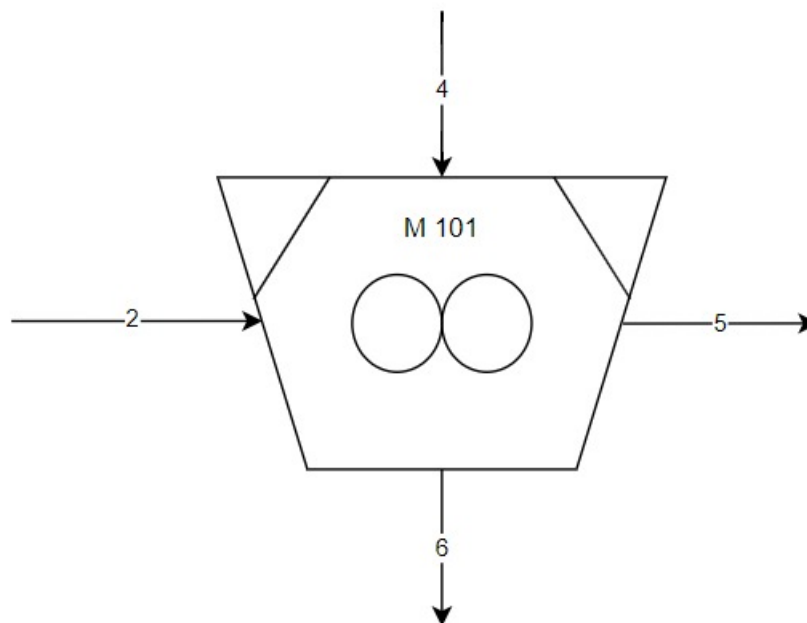
## 10.2 Moagem

Após o processo de recepção e limpeza, a cana é encaminhada para a moenda, através da corrente 2, que tem por objetivo extrair o caldo da cana picada. A moenda operará com eficiência de 95% e com quatro ternos.

A fim de se atingir essa eficiência, será adicionada água de embebição, representada pela corrente 4, entre o primeiro e segundo rolo, na proporção de 30% em relação ao volume do caldo que será produzido, para aumentar a recuperação de açúcares (MAY *et al.*, 2012).

O diagrama a seguir, Figura 17, apresenta um esquema do funcionamento da moenda.

Figura 17 – Diagrama do processo de moagem.



- 2 - Cana limpa
- 4 - Água de embebição
- 5 - Caldo
- 6 - Bagacilho

Fonte: Autoria própria (2022).



A corrente 6, a qual se refere ao bagaço produzido na moagem, foi calculado em aproximadamente 25% da massa de cana limpa alimentada na corrente 2 segundo Albuquerque (2005). Considerou-se uma perda de 5% de açúcares e em torno de 40% de água. A fim de facilitar os cálculos, os valores de impurezas, sais, minerais e palha foram todos conglomerados na variável "outros". Os dados calculados das vazões mássicas das correntes 2, 4, 5 e 6 estão dispostos na Tabela 3.

**Tabela 3 – Vazões mássicas das correntes da moagem.**

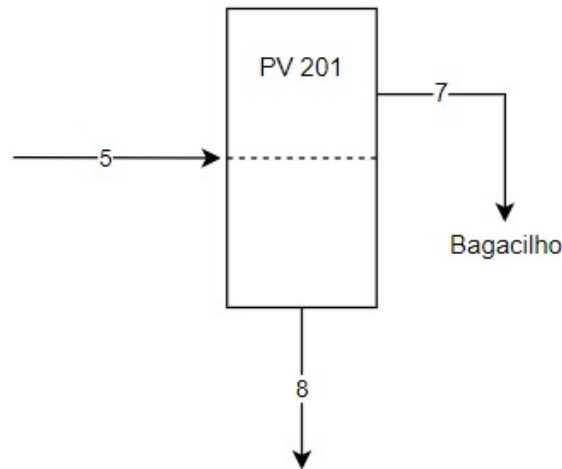
Correntes	2	4	5	6
Temperatura (°C)	25	25	25	25
Pressão (atm)	1	1	1	1
Vazão Mássica(kg/h)	10110,24	3033,072	10615,752	2527,56
Composição das correntes				
Água(kg/h)	7434	3033,072	9203,292	1263,78
Fibra(kg/h)	1062	0	48,44844	1013,55156
ART(kg/h)	1338,12	0	1211,742	126,378
Sais(kg/h)	148,68	0	0	0
Minerais(kg/h)	21,24	0	0	0
Palha(kg/h)	106,2	0	0	0
Outros(kg/h)	276,12	0	152,26956	123,85044
Soma	10110,24	3033,072	10615,752	2527,56

**Fonte: Autoria própria (2022).**

O valor da potência de ativação da moenda obtido foi de 14,047 cv, que quando convertido para unidades de energia por hora, resultou em 37193,23 kJ/h.

### 10.3 Peneiramento

A corrente 5 vinda do processo de moagem, que possui grandes quantidades de impurezas, passa pela etapa de peneiramento. Nesta etapa, tem-se a finalidade de remover as impurezas e resíduos sólidos do caldo, para evitar o entupimento de tubulações, bombas, canalizações e incrustações indesejadas (MARAFANTE, 1993). A seguir está apresentado na Figura 18 um esquema da peneira vibratória e suas correntes.

**Figura 18 – Esquema da peneira vibratória.****5 - Caldo****7 - Bagacilho****8 - Caldo peneirado****Fonte: Autoria própria (2022).**

A peneira vibratória tem eficiência em torno de 85% de remoção de sólidos, representados pela corrente de saída 7, que são em maior parte os bagacilhos da cana e fibras, e considerou-se que há uma perda de 1% dos açúcares e de água que saem em conjunto com os bagacilhos.

As vazões mássicas dos componentes e suas respectivas correntes estão apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4 – Vazões mássicas das correntes do peneiramento.**

Correntes	5	8	7
Temperatura (°C)	25	25	25
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Mássica(kg/h)	10615,752	10468,898	146,854
Composição das correntes			
Água(kg/h)	9203,292	9111,259	92,033
Fibra(kg/h)	48,448	7,267	41,181
ART(kg/h)	1211,742	1199,625	12,117
Sais(kg/h)	0	0	0
Minerais(kg/h)	0	0	0
Palha(kg/h)	0	0	0
Outros(kg/h)	152,27	150,747	1,523
Soma	10615,752	10468,898	146,854

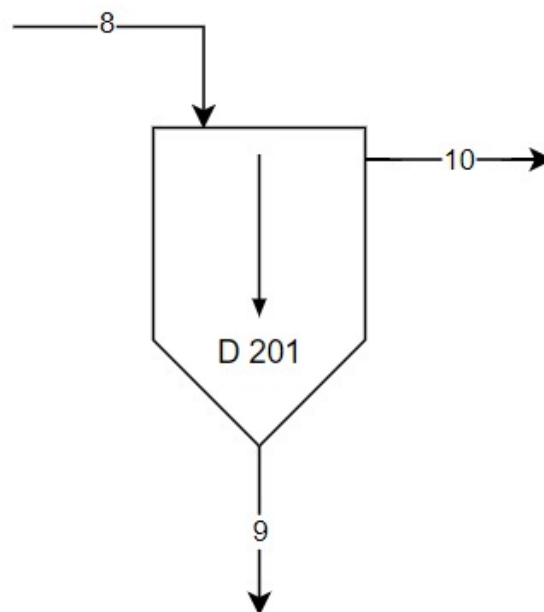
**Fonte: Autoria própria (2022).**

## 10.4 Decantação

Com objetivo de separar impurezas de menores tamanhos de partículas, as quais não foram eliminadas na etapa de peneiramento, e que podem ser prejudiciais ao processo de fermentação.

tação posterior, a corrente 8 provinda da etapa anterior passará pelo processo de decantação. No processo utilizado pela Real, será feita a adição de cal ao caldo, sendo este um processo conhecido como caleação, e é realizado para ocorrer a coagulação de proteínas e arraste de impurezas para o fundo do decantador. Com faixas de 500-1000 g por tonelada de cana moída, segundo Albuquerque (2005), a adição deste componente será desconsiderada nos balanços de massa realizados por possuir uma quantidade pequena comparado ao todo. O decantador utilizado pela Real operará com uma eficiência de 95%, 10% da massa total de caldo se tornará o chamado lodo (ALBUQUERQUE, 2005), sendo que este lodo carregará em torno de 1% dos açúcares e também da água. A Figura 19 representa esta etapa do processo.

**Figura 19 – Esquema do decantador.**



**8 - Caldo peneirado**

**9 - Lodo**

**10 - Caldo clarificado**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

O caldo clarificado, representado pela corrente 10, é destinado a um tanque de mistura, de aço inox, e o lodo resultante da decantação das partículas, corrente 9, segue para a etapa de filtração.

As relações mássicas da corrente e de seus componentes, estão dispostos na Tabela 5.

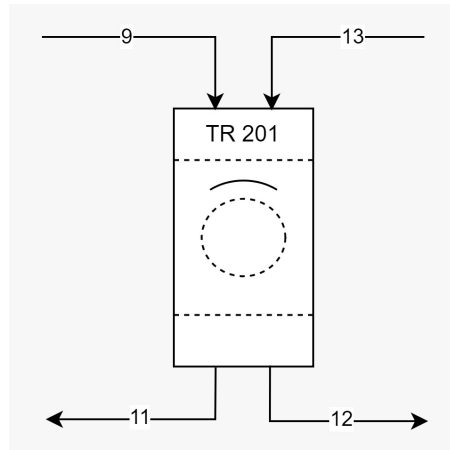
**Tabela 5 – Vazões mássicas das correntes na decantação.**

Correntes	8	10	9
Temperatura (°C)	25	25	25
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Mássica(kg/h)	10468,9	9422,01	1046,89
Composição das correntes			
Água	9111,26	8218,05	893,21
Fibra	7,27	7,27	0
ART	1199,62	1189,16	10,47
Sais	0	0	0
Minerais	0	0	0
Palha	0	0	0
Outros	150,75	7,54	143,21
Soma	10468,9	9422,01	1046,89

Fonte: Autoria própria (2022).

## 10.5 Filtração

O processo de filtração do lodo tem por objetivo recuperar os açúcares perdidos na decantação. O filtro utilizado pela Real será do tipo tambor rotativo, e este operará com uma eficiência de 95%. Esta etapa será realizada com adição de 50% em massa de água, como feito tradicionalmente também por outras empresas, representada pela corrente 13, em relação ao lodo que é alimentado no equipamento pela corrente 9. O processo pode ser ilustrado pela Figura 20:

**Figura 20 – Esquema do filtro tambor rotativo.**

- 9 - Lodo
- 11 - Torta de filtro
- 12 - Caldo recuperado
- 13 - Água adicionada

Fonte: Autoria própria (2022).

O caldo recuperado pela filtração, representado pela corrente 12, segue para a etapa de mistura. Já a torta formada, corrente de saída 11, contendo aproximadamente 50% de umidade e 99% dos componentes prejudiciais à fermentação, serão vendidos como adubo para produtores de cana-de-açúcar associados à Real, sem necessidade de secagem. A Tabela 6 fornece os

balanços realizados, das correntes de chegada e saída, juntamente com os componentes em cada uma delas.

**Tabela 6 – Vazões mássicas das correntes na filtração.**

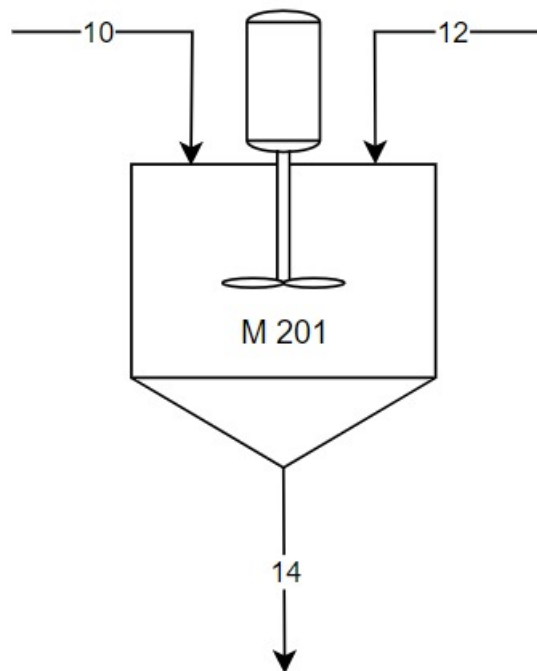
Corrente	9	12	11	13
Temperatura (°C)	25	25	25	25
Pressão (atm)	1	1	1	1
Vazão Mássica(kg/h)	1046,89	1292,3	278,04	523,44
Composição das correntes				
Água(kg/h)	893,21	1277,64	139,02	523,44
Fibra(kg/h)	0	0	0	0
ART(kg/h)	10,47	10,36	0,1	0
Outros(kg/h)	143,21	4,3	138,91	0
Soma	1046,89	1292,3	278,04	523,44

**Fonte: Autoria própria (2022).**

## 10.6 Mistura

Antes de seguir para a etapa de evaporação, este passa por um processo simples de mistura, realizando a junção das correntes de saída do decantador, corrente 10, contendo o caldo clarificado, e do filtro, corrente 12, contendo o caldo recuperado. A Figura 21 representa a etapa.

**Figura 21 – Esquema do misturador.**



**10 - Caldo da decantação**

**12 - Caldo recuperado**

**14 - Caldo misturado**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

A Tabela 7 apresenta as relações mássicas das correntes.

**Tabela 7 – Vazões mássicas das correntes no misturador.**

Correntes	10	12	14
Temperatura (°C)	25	25	25
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Mássica(kg/h)	9422,01	1292,3	10714,31
Composição das correntes			
Água(kg/h)	8218,05	1277,64	9495,69
Fibra(kg/h)	7,27	0	7,27
ART(kg/h)	1189,16	10,36	1199,52
Outros(kg/h)	7,54	4,3	11,83
Soma	9422,01	1292,3	10714,31

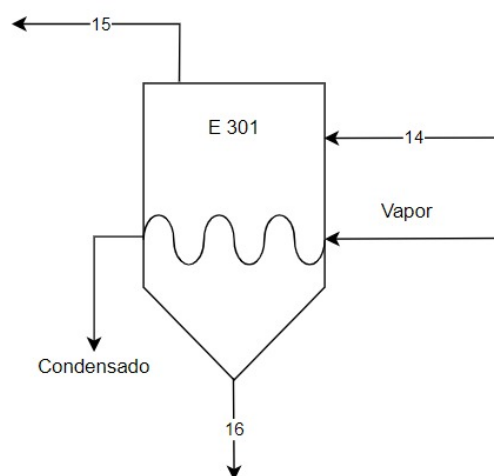
**Fonte: Autoria própria (2022).**

## 10.7 Evaporação

O caldo vindo da etapa de mistura chega no evaporador pela corrente 14, com 11,2 de °Brix e, para este caldo entrar no fermentador, é necessário um Brix de 17°. Assim sendo, serão evaporados 3485,23 kg/h de água (corrente 15), posteriormente será destinado para a fermentação com o teor de açúcar ajustado pela corrente 16. O tipo de evaporador escolhido foi um de múltiplos efeitos, pois fornece uma maior economia de energia, além do reaproveitamento do vapor utilizado nas linhas. Com base nos cálculos realizados no Apêndice A, chegou-se em linhas de evaporadores com efeito triplo, pois este é o número de efeitos onde já se tem uma boa convergência nas áreas de troca térmica.

O esquema de uma unidade de evaporador está descrito na Figura 22.

**Figura 22 – Esquema do evaporador.**



**14 - Caldo clarificado**

**15 - Vapor de água**

**16 - Caldo ajustado**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

A Tabela 8 mostra as propriedades físicas de cada efeito na linha de evaporação.

**Tabela 8 – Propriedades para cada efeito.**

Propriedades	Efeitos		
	1	2	3
Temperatura (°C)	74,91	62,42	50
Pressão (atm)	1	0,439	0,122
Vazão de Vapor (kg/h)	1045,55	1227,44	1212,244
Vazão do concentrado (kg/h)	9668,76	8441,32	7229,07
Calor (kJ/h)	4506173	2411346	2883008
°Brix	12,4	14,2	17

**Fonte: Autoria própria (2022).**

A Tabela 9 apresenta as vazões mássicas e composições das respectivas correntes.

**Tabela 9 – Vazões mássicas das correntes no evaporador.**

Correntes	14	Vapor	15	16
Temperatura (°C)	25	150	50	50
Pressão (atm)	1	3,7	1	1
Vazão Mássica (kg/h)	10714,31	1996,62	3485,23	7229,07
Composição das correntes				
Água (kg/h)	9495,69	1996,62	3485,23	6010,45
Fibra (kg/h)	7,27	0	0	7,27
ART (kg/h)	1199,52	0	0	1199,52
Sais (kg/h)	0	0	0	0
Minerais (kg/h)	0	0	0	0
Palha (kg/h)	0	0	0	0
Outros (kg/h)	11,83	0	0	11,83
°Brix	11,20%	0	0	17%
Soma	10714,31	1996,62	3485,23	7229,07

**Fonte: Autoria própria (2022).**

## 10.8 Fermentação

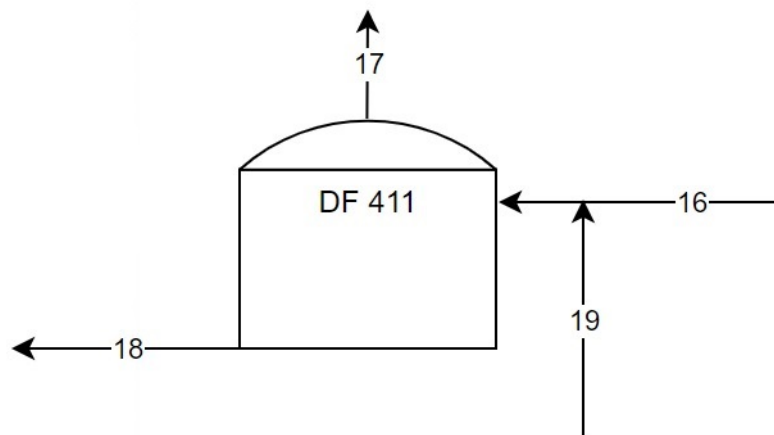
No processo de fermentação, onde ocorre a conversão de açúcares em álcool, o mosto que entra na dorna de fermentação pela corrente 16, juntamente com as leveduras providas do reciclo, previamente tratadas (corrente 19), seguem para a dorna com um Brix final de, aproximadamente, 17°, pois com a vazão que vem do reciclo de levedura (corrente 19) este Brix será ajustado para 15°, que é o grau ideal conforme foi dito na descrição do processo. Será necessária a realização do resfriamento do mosto proveniente da etapa anterior, visando atingir a temperatura de 25°C, a qual está presente na faixa de temperatura ideal do processo fermentativo, conforme descrito anteriormente. Para tal, será utilizado um trocador de calor antes da entrada da fermentação, operando com carga térmica de 678.383,16 kJ/h, conforme o balanço de energia realizado com base no Apêndice A. O fluido refrigerante utilizado será a água vinda do sistema de refrigeração.

As leveduras fermentam o mosto até que se chegue ao fim da fermentação, quando o °Brix chega próximo de zero, que é o estado no qual quase todo o açúcar foi consumido pelas leveduras. Neste caso, não foi necessária a utilização da etapa de diluição, visto que a corrente

de entrada do fermentador já é diluída pelo próprio mecanismo de reciclo considerado dentro do mesmo.

O processo de fermentação é um processo em batelada alimentada. Contudo, com os cálculos realizados no Apêndice B.2, foi atingido o modo contínuo de operação, com um tempo de fermentação de 16 horas totais. A fermentação que será utilizada consiste no processo de Melle-Boinot, método caracterizado por recuperar a levedura por meio da centrifugação do vinho bruto (CALLE; BAJAY; ROTMAN, 2005). A Figura 23 ilustra a dorna de fermentação e suas correntes.

**Figura 23 – Esquema de dorna de fermentação.**



- 16 - Mosto preparado
- 17 - Gases de fermentação
- 18 - Vinho
- 19 - Levedura tratada

Fonte: Autoria própria (2022).

Para o processo apresentado, a fermentação ocorrerá com a concentração de levedura de 6% (m/m) e Brix de 15°, que é o ideal para este caso, dentro das dornas com uma conversão de açúcares de 98% (TOWLER; SINNOTT, 2008).

Os parâmetros utilizados para os cálculos da fermentação foram retirados de Towler (2008). Estes seguem na Tabela 10:

**Tabela 10 – Parâmetros da fermentação.**

Produtos	% (m/m)
Etanol	44,33
CO <sub>2</sub>	48,4
Sólidos	0,54
Fermento	2,10
Subprodutos	4,37
Óleo fúsel	0,26

Fonte: Adaptado de Towler e Sinnott (2008).

Com os cálculos obtidos, construiu-se a Tabela 11 onde estão dispostos os valores das vazões mássicas de cada corrente e seus respectivos componentes.



**Tabela 11 – Vazões mássicas das correntes na fermentação.**

Correntes	16	19	17	18
Temperatura (°C)	25	25	25	25
Pressão (atm)	1	1	1	1
Vazão Mássica(kg/h)	7229,07	1038,1	570,2	7696,96
Composição das correntes				
Água(kg/h)	6010,45	633,13	0,98	6699,76
ART(kg/h)	1199,52	0,49	0	23,99
Fermento(kg/h)	0	337,79	0	362,47
Etanol(kg/h)	0	25,46	0,27	521,11
CO2(kg/h)	0	0	568,96	0
Outros(kg/h)	19,1	17,17	0	35,2
Óleo(kg/h)	0	1,46	0	3,06
Subprodutos(kg/h)	0	22,59	0	51,37
Soma	7229,07	1038,09	570,2	7696,96

**Fonte: Autoria própria (2022).**

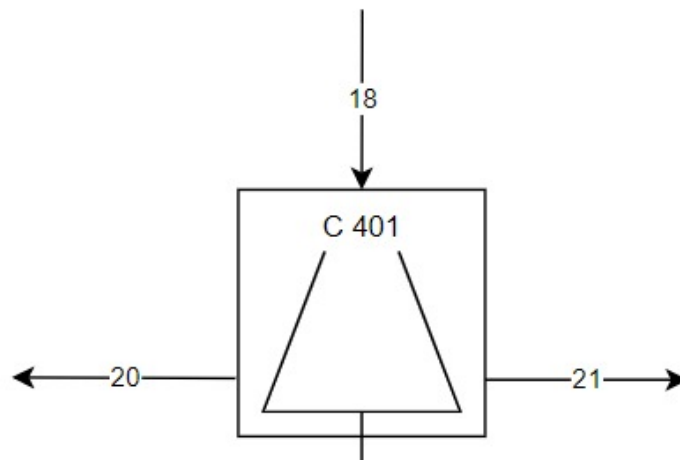
Para o balanço de energia, fez-se a consideração de que o valor da entalpia da reação de produção de etanol a partir da sacarose foi de -196,46 kJ/mol, indicando uma reação exotérmica, isto é, onde há liberação de calor para o ambiente. Também foi considerado que todo o ART presente é composto inteiramente por sacarose, sendo sua massa molar de 0,342 kg/mol. Com isso, encontrou-se o calor total liberado por hora na fermentação, assumindo uma conversão da reação de 98%. O calor liberado, então, foi de  $6,62 \cdot 10^5$  kJ/h. Para manter a temperatura ideal da fermentação, serão utilizados 7900 kg/h de fluido refrigerante, o qual passará pelas camisas térmicas acopladas às dornas.

Durante a fermentação são formados os aldeídos, ésteres e ácido acético, descritos como subprodutos. Juntamente com estes é formado o óleo fúsel, que é uma mistura de álcoois superiores como álcool isoamílico, isobutílico, entre outros, ou seja, é a fração menos volátil obtida durante o processo de destilação (SILVA, 2019). Embora haja uma conversão alta, nem todo o ART é utilizado para a formação do etanol, parte dele será utilizado junto à água para formação de subprodutos. Além disso, há o consumo do mesmo para o crescimento do próprio fermento (MALTA, 2006).

Por conta disso, surge a necessidade de um mecanismo de descarte, a purga, que terá melhores explicações adiante.

Como o vinho de saída da fermentação (corrente 18) sai das dornas carregando leveduras em suspensão, este vinho passará por uma centrífuga, com a finalidade de separar essas células em suspensão, e então essas células serão encaminhadas para a reciclagem de leveduras através da corrente 21 para retornar ao processo, ao passo que o vinho delevedurado passará na corrente 20. O esquema da centrífuga está disposto na Figura 24.

**Figura 24 – Esquema da centrífuga.**



18 - Vinho  
20 - Vinho delevedurado  
21 - Leite de levedura

Fonte: Autoria própria (2022).

O balanço material a partir desse equipamento e, com as vazões mássicas das correntes foram descritos na Tabela 12, onde a centrífuga opera com uma eficiência de 95% em relação ao fermento.

**Tabela 12 – Vazões mássicas das correntes na centrífuga.**

Correntes	18	21	20
Temperatura (°C)	25	25	25
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Mássica (kg/h)	7696,96	1777,34	5919,62
Composição das correntes			
Água (kg/h)	6699,76	1295,54	5404,22
ART (kg/h)	23,99	1	22,99
Fermento (kg/h)	362,47	344,35	18,12
Etanol (kg/h)	521,11	52,1	469,01
CO <sub>2</sub> (kg/h)	0	0	0
Outros (kg/h)	35,2	35,1259074	0,07
Óleo Fúsel (kg/h)	3,06	2,989136395	0,07
Subprodutos (kg/h)	51,37	46,23357497	5,14
Soma	7696,96	1777,34	5919,62

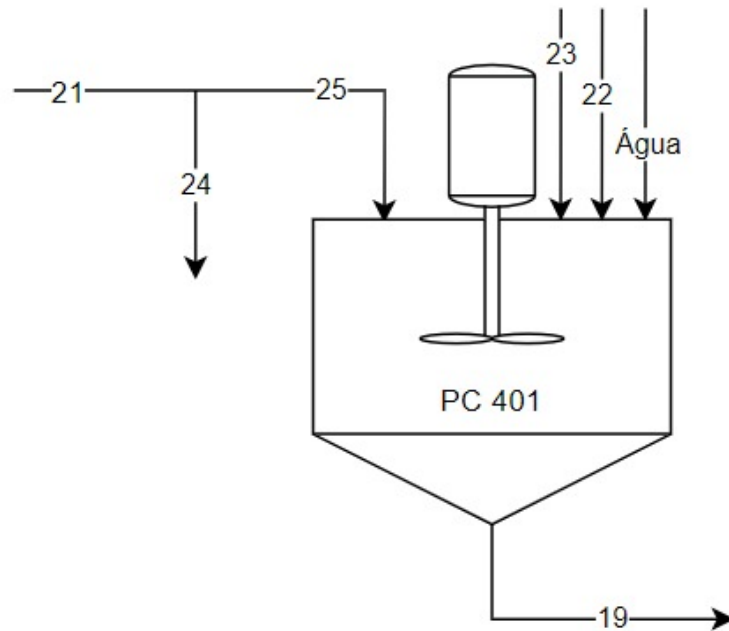
Fonte: Autoria própria (2022).

Com isso, a corrente 20 seguirá para o processo de destilação.

Com o objetivo de manter as condições de operação das dornas, o leite de levedura retirado da centrífuga (corrente 21) será reciclado em um pé de cuba, porém como as levedura perdem gradualmente sua atividade. Será necessário retirar aproximadamente 48,9% para o reciclo e a outra parte, 51,1%, será descartada (corrente 24).

Após o tratamento, o fermento será voltado para o processo de fermentação, como apresentado na Figura 25.

**Figura 25 – Esquema do pé-de-cuba.**



- 19 - Levedura tratada**
- 21/25 - Leite de levedura**
- 22 - Ácido sulfúrico**
- 23 - Levedura fresca**
- 24 - Descarte**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

O fermento reciclado se junta a uma corrente de fermento fresco, e então ambos passam a compor a corrente que alimentará as dornas, continuando o ciclo fermentativo. As vazões mássicas e seus componentes estão apresentados na Tabela 13.

**Tabela 13 – Vazões mássicas das correntes no pé-de-cuba.**

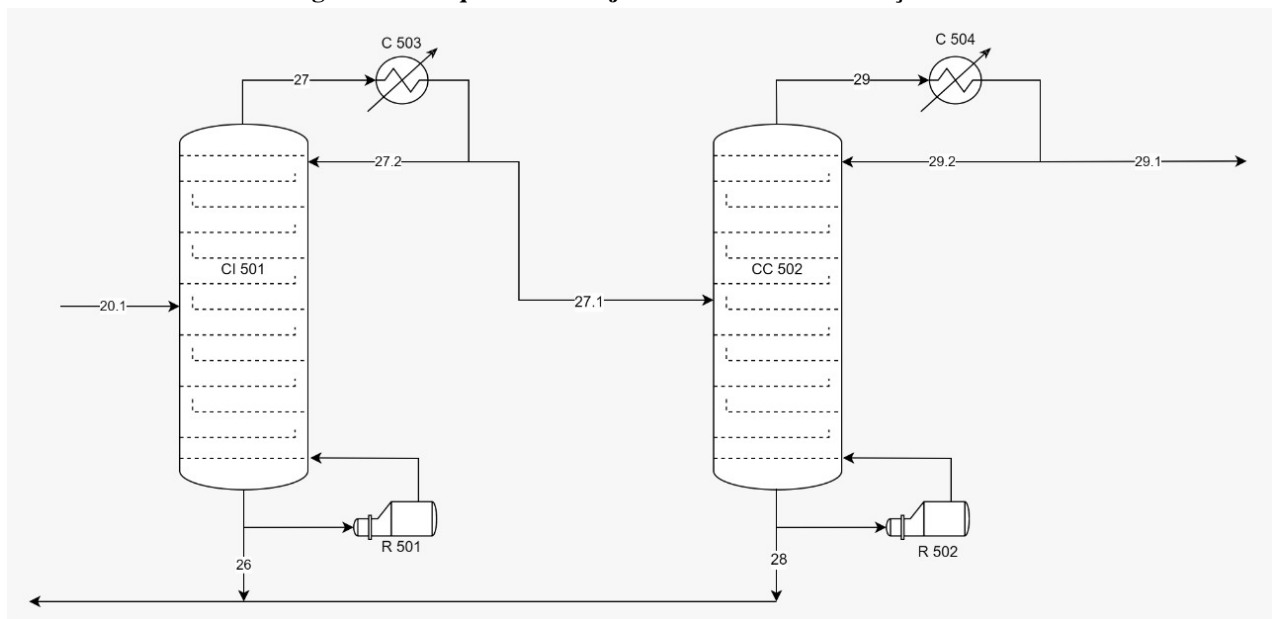
Correntes	25	23	19
Temperatura (°C)	25	25	25
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Mássica (kg/h)	868,59	169,51	1038,1
Composição das correntes			
Água(kg/h)	633,13	0	633,13
ART(kg/h)	0,49	0	0,49
Fermento(kg/h)	168,28	169,51	337,79
Etanol(kg/h)	25,46	0	25,46
CO2(kg/h)	0	0	0
Outros(kg/h)	17,17	0	17,17
Óleo(kg/h)	1,46	0	1,46
Subprodutos(kg/h)	22,59	0	22,59
Soma	868,59	169,51	1038,1

**Fonte: Autoria própria (2022).**

## 10.9 Destilação

Após a fermentação o vinho obtido é direcionado para o setor de destilação, pela corrente 20, na qual o objetivo é separar o etanol da água e de outros componentes que trarão sabores indesejáveis para a cachaça. Este setor contará com duas torres de destilação, uma de aço inox e outra de cobre, como apresentado na Figura 26. Foram utilizados os balanços de massa e energia juntamente com o *software* livre COCO (CAPE-OPEN to CAPE-OPEN) para o cálculo das vazões mássicas e demandas energéticas em cada coluna.

**Figura 26 – Esquema do conjunto de torres de destilação.**



**20/20.1 - Vinho**  
**27/30 - Produto de topo**  
**26/28 - Produto de base**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Sendo assim, o vinho vindo da fermentação será alimentado na torre 1 (corrente 20), passando por aquecimento até sua temperatura de bolha, visando melhorar a eficiência do processo. Para isso, serão necessários 1.664.886,24 kJ/h para se aquecer a mistura, como obtido através dos cálculos utilizando o balanço de energia. Após o processo de destilação a vinhaça (corrente 26) será destinada ao setor de tratamento de resíduos da empresa. Os dados obtidos nesta primeira etapa da destilação seguem na Tabela 14.

**Tabela 14 – Vazões mássicas na primeira coluna.**

Correntes	20.1	27.1	26	27.2
Temperatura (°C)	93,14	82,49	99,87	82,49
Pressão (atm)	1	1	1	1
Vazão Mássica (kg/h)	5919,6	1060,01	4859,61	21,2
Composição das correntes				
Água (kg/h)	5404,22	594,46	4809,76	4,24
ART (kg/h)	22,99	0	22,99	3,96
Fermento (kg/h)	18,12	0	18,12	5,72
Etanol (kg/h)	469,01	464,32	4,69	6,36
CO <sub>2</sub> (kg/h)	0	0	0	0
Outros (kg/h)	0,07	0	0,07	0,06
Óleo Fúsel	0,07	0	0,07	0
Subprodutos	5,14	1,23	3,91	0,85
Soma	5919,6	1060,01	4859,61	21,2

**Fonte: Autoria própria (2022).**

O produto de topo da coluna 1, descrito pela corrente 27, passará por um condensador total, o qual irá operar com carga térmica de 1.799.035,2 kJ/h. A composição da corrente será de 44% (m/m) de etanol e 56% (m/m) de água, a qual será destinada para a coluna 2, pela corrente 27, que tem como objetivo refinar o produto vindo da coluna 1. Para o produto de base, descrito pela corrente 26, este passará por um refeedor que irá fornecer uma carga térmica de 1.893.286,8 kJ/h para a coluna.

Então, o produto de topo da coluna 1 entra na coluna 2 pela corrente 27.2, e após a destilação tem-se o produto de topo (corrente 30) e o produto de base (corrente 28). As temperaturas de alimentação obtidas para cada coluna encontradas foram de 93,14°C para a primeira e 82,49°C para a segunda.

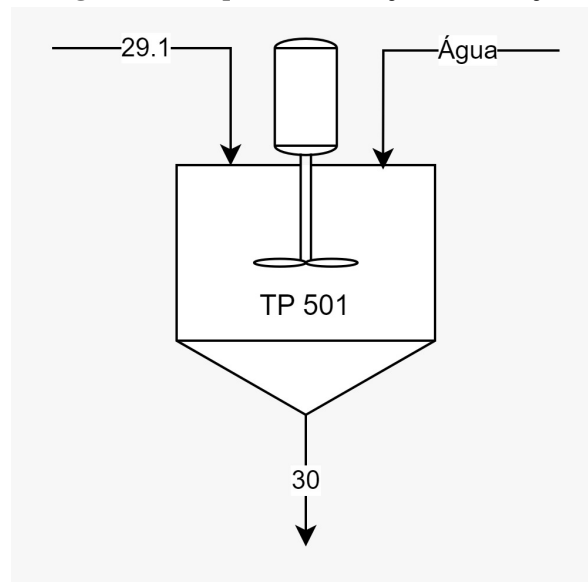
Sendo assim, na segunda torre (de cobre) o produto de topo passará novamente por um condensador total, o qual possuirá uma carga térmica de 726.325,52 kJ/h, com a corrente tendo uma composição de 76% (m/m) de etanol e 24% (m/m) de água. Essa composição foi escolhida pelo fato de misturas etanol/água formarem misturas azeotrópicas, o que poderia ser prejudicial para esta etapa. Com isso, será necessário realizar uma diluição com água do produto de topo, buscando atingir uma composição final de 50% (m/m) etanol e 50% (m/m) água, e para isso serão adicionados 311,06 kg/h de água à temperatura de 25 °C.

A Tabela 15 exemplifica o balanço de massa desta diluição, enquanto a Figura 27 mostra o esquema do processo.

**Tabela 15 – Estabilização após a destilação.**

Correntes	29.1	Água	30
Temperatura (°C)	79,46	16	25
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Mássica (kg/h)	608,41	311,061	919,471
Composição das correntes			
Água (kg/h)	148,62	311,061	459,681
ART (kg/h)	0	0	0
Fermento (kg/h)	0	0	0
Etanol (kg/h)	459,68	0	459,68
CO2 (kg/h)	0	0	0
Outros (kg/h)	0	0	0
Óleo Fúsel(kg/h)	0	0	0
Subprodutos(kg/h)	0,11	0	0,11
Soma	608,41	311,061	919,471

Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 27 – Esquema da diluição da cachaça.**

**29.1 - Produto de topo**

**30 - Cachaça padronizada**

Fonte: Autoria própria (2022).

Essa composição final foi escolhida pelo fato de que no processo de envelhecimento das bebidas, haverá uma perda por evaporação de uma fração do álcool contido nas mesmas. Com isso em mente, o destilado será produzido com teor alcoólico mais elevado para compensar esta perda. O produto de base, descrito pela corrente 28, irá passar por um refeedor parcial que fornecerá uma carga térmica de 745.660,8 kJ/h. A Tabela 16 mostra o processo na coluna 2.

**Tabela 16 – Vazões mássicas na segunda coluna.**

Correntes	27.1	29.1	28	29.2
Temperatura (°C)	82,49	79,46	98,88	79,46
Pressão (atm)	1	1	1	1
Vazão Mássica (kg/h)	1060,01	608,41	451,61	0,122
Composição das correntes				
Água (kg/h)	594,46	148,62	445,85	0,024
ART (kg/h)	0	0	0	0,03
Fermento (kg/h)	0	0	0	0,001
Etanol (kg/h)	464,32	459,68	4,64	0,061
CO2 (kg/h)	0	0	0	0
Outros (kg/h)	0	0	0	0
Óleo Fúsel(kg/h)	0	0	0	0
Subprodutos(kg/h)	1,23	0,11	1,12	0,005
Soma	1060,01	608,41	451,61	0,122

**Fonte: Autoria própria (2022).**

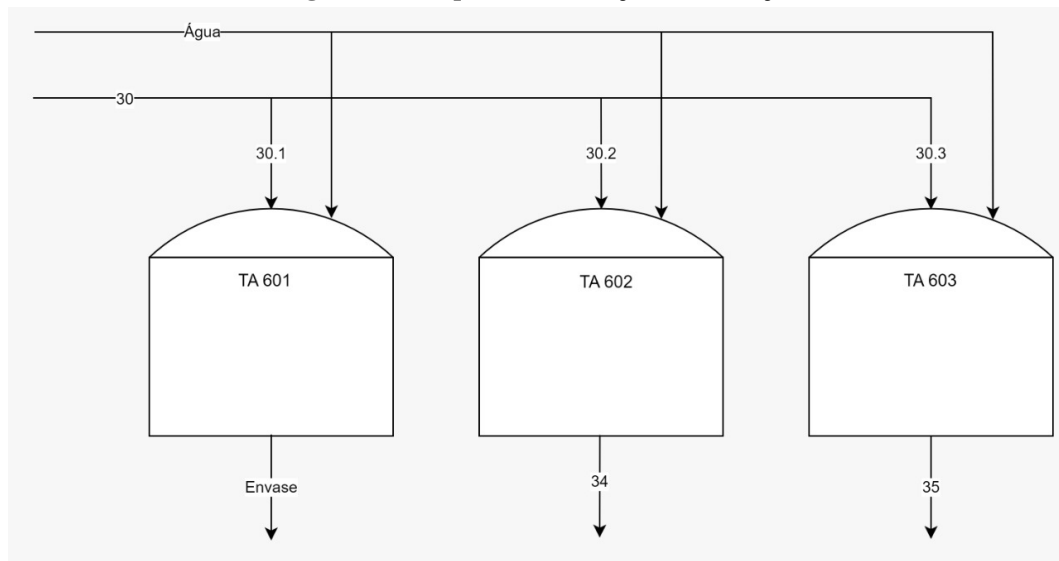
Já para as cachaças que não serão envelhecidas em barris, sendo elas a prata e cachaças saborizadas, após a destilação, estas passarão por um processo de diluição, com o objetivo de diminuir seu teor alcoólico até que este chegue a 38% (v/v), valor desejado pela empresa.

### **10.10 Padronização**

Como descrito anteriormente, haverá a necessidade de se realizar a diluição da cachaça. Assim, no tanque de mistura, 70% do destilado produzido, representado pela corrente 30, será dividido pela metade, onde 35% será destinado a produção de cachaça prata (corrente 32) e 35% será destinado a produção de cachaça saborizada (corrente 35), onde esta corrente se dividirá em 3 para produzir as diferentes cachaças saborizadas do portfólio. Com isso, 20% da produção será destinada para a cachaça ouro (corrente 33), e os 10% restantes para a cachaça premium (corrente 34). Visando-se atender os requisitos da legislação em relação ao teor alcoólico das bebidas, as correntes que são direcionadas para a produção de cachaça prata, saborizada e ouro, devem passar por um processo de diluição.

A Figura 28 esquematiza o tanque de diluição da cachaça. Esta representa os tanques de diluições que serão utilizadas para esta etapa do processo, sendo que as correntes 30.1, 30.2 e 30.3, representam as correntes que serão depositadas nos tanques, e as correntes 34 e 35 serão as depositadas nos barris para envelhecimento depois da diluição.

**Figura 28 – Esquema da diluição da cachaça.**



**30 - Cachaça padronizada**

**30.1 - Cachaça prata**

**30.2 - Cachaça ouro**

**30.3 - Cachaça premium**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

A partir da diluição da cachaça ouro, considerando sua perda de 3% de volume de etanol ao longo do período de um ano de envelhecimento (CARDOSO, 2014b). Tem-se a Tabela 17.

**Tabela 17 – Vazões das correntes para a diluição da cachaça ouro.**

Correntes	30.2	Água	34
Temperatura (°C)	25	25	25
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Mássica (kg/h)	183,89	103,44	287,33
Composição das correntes			
Água (kg/h)	91,93	103,44	195,37
ART (kg/h)	0	0	0
Fermento (kg/h)	0	0	0
Etanol (kg/h)	91,95	0	91,95
CO2 (kg/h)	0	0	0
Outros (kg/h)	0	0	0
Óleo Fúsel(kg/h)	0	0	0
Subprodutos(kg/h)	0,02	0	0,02
Soma	183,89	103,44	287,33

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Já para os cálculos da cachaça premium, considerando uma perda de 3% de volume de etanol por ano no período de 3 anos de envelhecimento, até que se chegue a 40%, segue o resultado expresso na Tabela 18.



**Tabela 18 – Vazões para a diluição da cachaça premium.**

Correntes	30.3	Água	35
Temperatura (°C)	25	25	25
Pressão (atm)	1	1	1
Vazão Mássica (kg/h)	91,95	26,85	118,79
Composição das correntes			
Água (kg/h)	45,96	26,84	72,8
ART (kg/h)	0	0	0
Fermento (kg/h)	0	0	0
Etanol (kg/h)	45,97	0	45,97
CO2 (kg/h)	0	0	0
Outros (kg/h)	0	0	0
Óleo Fúsel(kg/h)	0	0	0
Subprodutos(kg/h)	0,01	0	0,01
Soma	91,95	26,84	118,78

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Para a diluição das cachaças prata e de sabor, seguem os dados calculados na Tabela 19.

**Tabela 19 – Vazões nas correntes das cachaças prata e sabor.**

Correntes	30	Água	30.1	30.4	30.5	30.6
Temperatura (°C)	25	25	25	25	25	25
Pressão (atm)	1	1	1	1	1	1
Vazão Mássica (kg/h)	643,63	429,07	536,36	178,79	178,79	178,79
Composição das correntes						
Água (kg/h)	321,75	429,07	375,41	125,14	125,14	125,14
ART (kg/h)	0	0	0	0	0	0
Fermento (kg/h)	0	0	0	0	0	0
Etanol (kg/h)	321,81	0	160,91	53,64	53,64	53,64
CO2 (kg/h)	0	0	0	0	0	0
Outros (kg/h)	0	0	0	0	0	0
Óleo Fúsel(kg/h)	0	0	0	0	0	0
Subprodutos(kg/h)	0,06	0	0,03	0,01	0,01	0,01
Soma	643,63	429,07	536,36	178,79	178,79	178,79

**Fonte: Autoria própria (2022).**

A seguir, tem-se na Tabela 20 mostrando a vazão mássica necessária para a saborização de cada cachaça a ser produzida.

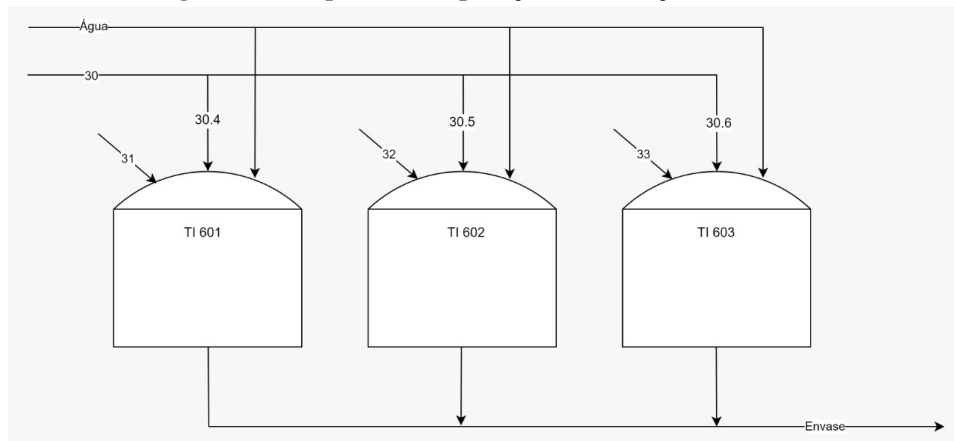
**Tabela 20 – Vazões mássicas dos saborizantes.**

Correntes	31	32	33
Vazão mássica cachaça (kg/h)	178,79	178,79	178,79
Vazão mássica saborizantes (kg/h)	18	1,8	89

**Fonte: Autoria própria (2022).**

A Figura 29 mostra o processo de separação da corrente 30, onde a corrente 30.4 será com sabor canela, 30.5 é a cachaça com sabor de banana e a corrente 30.6 com sabor de coco. A canela entrará pela corrente 31, em paus, enquanto a cachaça de banana será feita pela adição de essência natural da fruta, a qual entra pela corrente 32. Por fim, a corrente 33 representa o coco, em pedaços, que entrará para a saborização da cachaça sabor coco.

**Figura 29 – Esquema da separação da cachaça saborizada.**



**30/30.4/30.5/30.6 - Cachaça padronizada**

**31 - Canela**

**32 - Banana**

**33 - Coco**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

## 11 INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA

Buscando reduzir o consumo energético do projeto da destilaria, a Real, irá utilizar como alternativa para reaproveitar a energia do processo industrial, a integração energética.

O método que será utilizado é o Método do Ponto de Estrangulamento Energético (MPEE), mais conhecido como Método Pinch. Este tem por objetivo adotar uma rede de trocadores de calor utilizando as próprias correntes quentes e frias do processo que são definidas através do balanço de energia, de modo a alcançar o consumo mínimo de utilidades externas para o aquecimento e resfriamento das correntes do processo (CRUZ, 2019).

O MPE é um método manual, baseado na 1ª e na 2ª leis da termodinâmica, que adota uma força motriz ( $\Delta T_{min}$ ) previamente fixada, que representa um "gradiente" para a transferência de calor, representado pelo ponto de Pinch que é o ponto mais próximo entre as curvas compostas quentes e frias no processo (BERECHE, 2011). Vale ressaltar que o método visa a viabilidade do projeto em termos de energia e consumo de utilidades e não nos custos fixos de aquisição dos trocadores de calor. A Real, buscando uma recuperação energética mais eficiente, irá realizar o método Pinch para o setor 500, visto que este detém grande parte do consumo energético do processo produtivo. Para melhor compreensão, segue a Tabela 21.

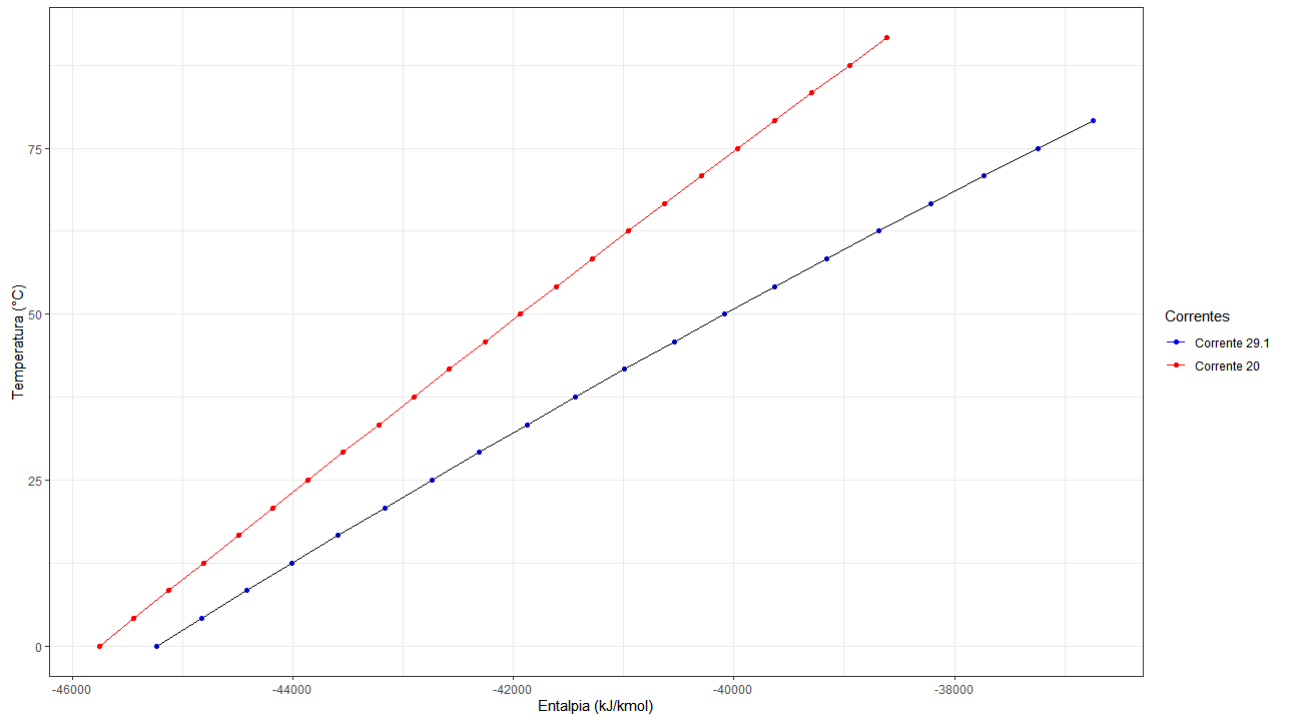
**Tabela 21 – Correntes da integração energética.**

Corrente	Vazão Mássica	$T_{inicial}$ (°C)	$T_{saida}$ (°C)	Tipo de corrente
20	5919,6	25	88,73	Fria
26	4859,61	99,88	35	Quente
28	451,61	99,88	35	Quente
29.1	1060,01	79,46	35	Quente

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Após os cálculos realizados com o auxílio do software COCO, já exemplificado pelo Apêndice A.5, obteve-se uma troca térmica total somando todas as integrações realizadas, de 1.552.500 kJ/h, sendo esta energia proveniente toda das correntes do processo, economizando nos custos variáveis de utilidades quentes e frias que seriam utilizadas.

A Figura 30 mostra o ponto pinch ocorrendo de acordo com a variação das entalpias das correntes.

**Figura 30 – Variação entálpica das correntes.**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

## 12 SISTEMAS AUXILIARES

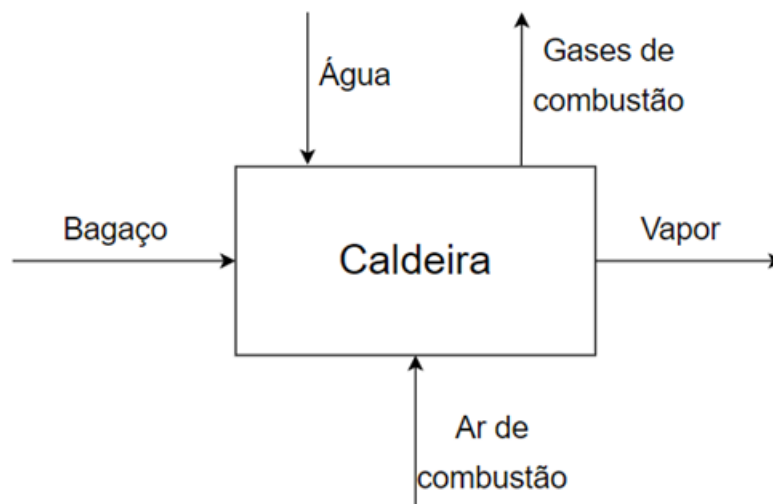
### 12.1 Sistema de Geração de Vapor

Um sistema de geração de vapor é uma necessidade da indústria, visto que os processos utilizarão vapor saturado como utilidade quente. A partir dos resultados obtidos com os balanços energéticos e a integração energética, é possível observar que os processos geram mais energia do que o necessário para a produção. Então, com essas análises é possível estimar e viabilizar um sistema de cogeração de energia voltada para venda dessa energia excedente.

Para suprir essa demanda de energia e vapor para as utilidades, a caldeira utilizada pela Real será a MGV-8000. Esta é composta de uma fornalha com paredes revestidas de tubos de água similar ao da aquatubular. Esse gerador de vapor é ideal para a utilização de combustíveis sólidos (bagaço).

A caldeira opera em uma pressão de 3,75 bar e 150°C, gerando vapor saturado. Os valores estimados e calculados estão esquematizados a seguir, com sua representação visual na Figura 31.

Figura 31 – Esquema da caldeira.



Fonte: Autoria própria (2022).

A corrente de bagaço com destino à caldeira, vêm do processo de moagem, em que será 100% utilizada como combustível. A energia total disponível para queima foi determinada por meio do poder calorífico do bagaço, que foi estimado em 9.478,92 kJ/kg de bagaço.

A quantidade necessária de bagaço queimado para suprir as necessidades energéticas da indústria é de apenas 917,3 kg/h de bagaço. Porém utiliza-se 2527,56 kg/h de bagaço, com o que se pode produzir um calor total de 23.958.539,04 kJ/h de energia. Na cogeração de energia provinda do vapor no ciclo, é possível reaproveitar esse excedente.

Para isso é viável a instalação de uma turbina, em que o vapor em ciclo fechado possa produzir essa energia e então vender-se esse excedente para a indústria energética. Sendo assim, a potência da turbina seria de 15.263.620,47 kJ/h.

Para isso também seria necessária uma corrente de água de 7221,4 kg/h adicionada na caldeira. Contudo, estima-se que ainda assim é muito viável a cogeração, pois, além desta suprir as necessidades energéticas da empresa, ainda seria muito lucrativa a venda do seu excedente.

## 12.2 Sistema de Refrigeração

Na produção de bebidas destiladas tem-se a necessidade de remover certa quantidade de energia para atingir as temperaturas ótimas de operação. Com isso, a Real contará com um sistema de refrigeração em ciclo que terá como objetivo realizar a manutenção da temperatura do fluido frio nas condições de 15°C, estipulado na integração energética.

Na realização dos cálculos do sistema de refrigeração, foi utilizado o *software* gratuito COCO (CAPEOPEN to CAPEOPEN), um simulador de processos. Na simulação utilizou-se a interface termodinâmica TEA (*Thermodynamics for Engineering Applications*) para aplicações em engenharia e também a modelagem pela equação de estado de Peng-Robinson.

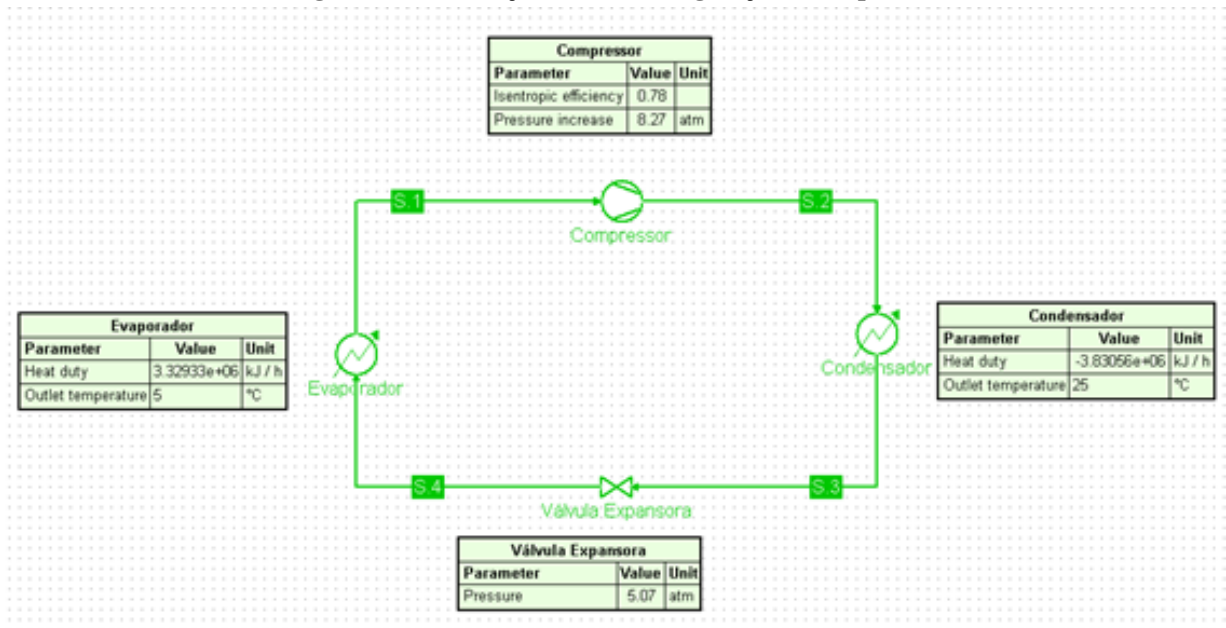
Para suprir toda a demanda energética de etapas que necessitarão de resfriamento, foi feita a somatória de toda essa demanda, visto que a temperatura mínima alcançada será igual para todas as partes do processo. Dessa forma, a Figura 32 representa o ciclo construído através do *software*, juntamente com a Tabela 22, contendo os parâmetros das correntes de amônia presentes no processo.

**Tabela 22 – Condições termodinâmicas do ciclo de refrigeração.**

Corrente	T(°C)	P(atm)	Vazão Mássica (kg/h)	Estado
S.1	5	5,07	3016	Vapor Saturado
S.2	95,1	13,34	3016	Vapor Superaquecido
S.3	25	13,34	3016	Líquido Saturado
S.4	5	5,07	3016	Líquido e Vapor

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Figura 32 – Simulação ciclo de refrigeração da empresa.



Fonte: Autoria própria (2022).

A vazão de amônia (encontrada a partir dos balanços energéticos realizados juntamente com o *software*) que será necessária para realizar o resfriamento total da água que será utilizada, foi de 3016 kg/h, valor 10% maior do que o calculado, buscando considerar possíveis perdas durante o processo. As perdas de calor para o ambiente do condensador e evaporador foram desconsideradas e o valor da eficiência isoentrópica do compressor foi considerado de 78%, visando uma convergência do ciclo.

## **13 DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS**

### **13.1 Setor 100**

Nesta seção aborda-se as especificações dos equipamentos contidos no Setor 100.

#### **13.1.1 Sistema de Limpeza a Seco**

O sistema de limpeza a seco contém 8 ventiladores que mantêm um fluxo de ar de vazão de 600 metros cúbicos por minuto e estarão instalados sobre a mesa de alimentação com 14 metros de comprimento e ângulos 45° com a finalidade de eliminar as impurezas pela força do ar. A matéria-prima passa pela mesa e segue para o processo.

#### **13.1.2 Moenda**

A moenda escolhida pela Real tem como principais dimensões um diâmetro de 16" e um comprimento de 24" para cada rolo. Após a conversão de unidades, as dimensões se tornam 0,4064 e 0,6096 m, respectivamente. Tais dimensões configuram a moenda em questão como sendo mais que suficiente para a operação na capacidade desejada. Sabendo que a moenda operará em uma frequência de 4,5 rpm, foi possível calcular a carga hidráulica (Q) e a potência de ativação do equipamento (P) pelas Equações 6 e 7. Caso a cana possuísse maiores valores de fibrosidade, seria necessário o aumento do número de rotações e, conseqüentemente, do consumo energético do aparelho.

Com isso, obteve-se uma carga hidráulica de 103,55 toneladas e uma potência de ativação calculada no valor de 14,047 cv.

### **13.2 Setor 200**

Nesta seção aborda-se as especificações dos equipamentos contidos no Setor 200.

#### **13.2.1 Peneira Vibratória**

A fim de remover a maior parte de sólidos presentes no caldo, uma peneira vibratória horizontal de 10 metros de comprimento e 3 metros de largura, equipada com chapas perfuradas de aço inoxidável e com aberturas de diâmetros variáveis de 1 mm a 80 mm será adequada para o projeto.



### 13.2.2 Decantador

Um decantador cilíndrico com fundo cônico com capacidade para 260 metros cúbicos será necessário. Para isso, as dimensões correspondentes desse equipamento serão de 12 m de diâmetro e 2,5 m de altura, considerando uma margem de segurança de 8%.

### 13.2.3 Filtro de Tambor Rotativo

Com a finalidade de recuperar parte do caldo da decantação, um filtro do tipo tambor rotativo com capacidade de 28 metros cúbicos, sendo este com 2 metros de largura e 3 metros de raio será adequado para a empresa.

### 13.2.4 Misturador

Será necessário um misturador para a homogeneização dos caldos com capacidade de 260 m<sup>3</sup>, que possui fundo cônico e um agitador mecânico. O misturador possui dimensões de 12 m de diâmetro e 2,5 m de altura. Após serem homogeneizados os caldos seguem para o processo.

## 13.3 Setor 300

### 13.3.1 Evaporadores

O sistema de evaporadores responsáveis pela concentração do caldo será composto por três módulos em série. Para a determinação da área de troca térmica foi considerado o cálculo presente na parte A.3 dos apêndices. Feitas as iterações necessárias, foi possível obter uma área de troca térmica média de 44 m<sup>2</sup>, para que os três módulos sejam iguais com a finalidade de economia financeira e energética.

Os três evaporadores serão cilíndricos com fundo cônico, tendo cada um 260 m<sup>3</sup> de volume, com 8 m de diâmetro e 5,3 m de altura.

### 13.3.2 Trocadores de Calor

A partir das especificações das correntes quente e frias estabelecidas, foram realizados os dimensionamentos dos trocadores de calores que serão utilizados pela Real. Foram considerados trocadores de calor do tipo casco e tubo para o trocador com maior área, e trocadores do tipo bitubular para o restante. Sua máxima temperatura de operação é 150 °C e a mínima de 15°C, operando a uma pressão máxima de 1,5 bar. O Quadro 1 apresenta as especificações dos

trocadores, o coeficiente global (U) e a área (A) de troca térmica de cada trocador disposto na indústria.

**Quadro 1 – Áreas de troca térmica.**

Trocador	Material	U(W/m <sup>2</sup> °C)	A(m <sup>2</sup> )
TC-501	Aço Inox	1275	38,03
TC-505	Aço Inox	1275	0,8
TC-502	Aço Inox	2200	0,46
TC-301	Aço Inox	1700	7,68
TC-506	Aço Inox	1700	5,95
C-503	Aço Inox	1700	9,76
C-504	Aço Inox	1700	4,06
R-501	Aço Inox	2200	4,48
R-502	Aço Inox	2200	1,6

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Os valores dos coeficientes globais escolhidos para cada tipo de trocador foram estimados por meio das aproximações do tipo de fluido e da temperatura de operação, sendo eles 1.275,0 W/m<sup>2</sup>°C para as correntes dos processos, 2.200,0 W/m<sup>2</sup>°C para o vapor saturado e 1700,0 W/m<sup>2</sup>°C para a água de resfriamento, segundo Incropera (2008). O material aço inoxidável foi escolhido por possuir alta resistência contra agentes corrosivos e altas temperaturas, possuindo então uma excelente durabilidade, além de ser versátil e ótimo condutor térmico.

### 13.4 Setor 400

Aqui serão abordados as dimensões dos principais equipamentos referentes ao Setor 400, responsável pela etapa de fermentação.

#### 13.4.1 Dornas de Fermentação

O sistema de fermentação será composto por dornas que operam em batelada. No entanto, para garantir o funcionamento contínuo do processo produtivo da Real, as dornas nesse setor estarão configuradas em seis linhas, como demonstrado no apêndice B.2, onde cada linha conterà 11 dornas. O dimensionamento do sistema foi realizado tendo uma linha como base de cálculo, isto é, o volume encontrado corresponde apenas a uma linha individual. Tomou-se como referência a massa específica do mosto de 1,06 kg/L, encontrado em literatura, para determinar a vazão total de 6,8 m<sup>3</sup>/h na entrada. Tendo o processo total de fermentação da Real com duração de 16 horas, divididos entre os tempos de: abastecimento da dorna, fermentação, esgotamento da dorna e limpeza, exemplificados no Quadro 2.

**Quadro 2 – Tempos das etapas de cada dorna.**

Etapa	Tempo (h)
Abastecimento	4
Fermentação	8
Esvaziamento	3,5
Limpeza	0,5
Total	16

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Para cada linha serão dispostas 11 dornas, cada uma com volume de 10 m<sup>3</sup>, as quais se abastecerão com os 110 m<sup>3</sup> de mosto que serão alimentados, valor extrapolado com fim de considerar possíveis parâmetros de segurança. As dornas possuirão 3 m de altura e 2,20 m de diâmetro, serão aço inoxidável, fechadas e com fundo cônico, o que facilitará o esgotamento de fermento. Para garantir um processo isotérmico ao longo do tempo, as mesmas serão encamisadas para a passagem do fluido refrigerante, neste caso, a água.

#### 13.4.2 Centrífuga

Para a centrifugação de 7,62 m<sup>3</sup>/h de vinho levedurado proveniente da fermentação a Real irá utilizar 3 centrífugas de disco de aço carbono e aço inoxidável com capacidade de centrifugação de 3,00 m<sup>3</sup>/h e 95% de eficiência. Para os cálculos foi considerado um valor extrapolado de 10% em relação à vazão total que será centrifugada.

#### 13.4.3 Tanque de Tratamento de Leveduras

O tanque de tratamento de levedura receberá uma carga de 1,03 m<sup>3</sup>/h, no entanto, foi considerado um fator de segurança de 20% pensando no crescimento das células e adição de ácido sulfúrico durante o tratamento. As dimensões do tanque referentes à comprimento, largura e altura serão de 1 m x 1,4 m x 2 m. O tanque será de aço inoxidável e contará com um impelidor do tipo hélice. A Real terá 2 tanques de tratamento, sendo que cada um terá um volume de 1 m<sup>3</sup>.

#### 13.4.4 Dorna Volante

A cada fim do ciclo fermentativo, o leite de levedura proveniente da fermentação será encaminhado para uma dorna volante, onde será bombeado de volta para o início do ciclo fermentativo, reaproveitando as leveduras utilizadas. Com isso, considerou-se necessário um tanque de 3 m<sup>3</sup> fabricado em aço inoxidável. Devido à alta viscosidade da corrente, faz-se necessário um impelidor do tipo âncora acoplado na dorna volante.

## 13.5 Setor 500

Nessa seção serão abordadas as dimensões das torres utilizadas nesta etapa do processo, que contemplam o setor 500.

### 13.5.1 Torres de Destilação

Buscando atingir todas as especificações como o grau alcoólico, as razões de refluxo e as condições operacionais especificadas tanto na coluna C1 501 como na CC 502, foram utilizados os balanços de massa e energia juntamente com o *software* livre COCO (CAPEOPEN to CAPEOPEN) para o dimensionamento destes equipamentos. Com isso, as quantidades de pratos das colunas estão dispostas no Quadro 3.

**Quadro 3 – Números de pratos em cada coluna.**

Tipo	Número de Pratos	Prato de Alimentação
Coluna Aço Inox	14	4
Coluna Cobre	10	6

Fonte: Autoria própria (2022).

## 13.6 Setor 600

Aqui serão abordados os dimensionamentos dos tanques que contemplam o setor de padronização dos produtos que serão desenvolvidos pela Real.

### 13.6.1 Tanques de Padronização

Por fim, toda a cachaça produzida proveniente do setor anterior é encaminhada para os tanques de diluição onde ocorrerá a padronização e descanso das mesmas como citado nas seções passadas. O dimensionamento destes tanques foi feito considerando a vazão de alimentação e o tempo de funcionamento diário da empresa. No Quadro 4, abaixo, estão apresentados as dimensões e quantidades de cada tanque.

**Quadro 4 – Volumes dos tanques de diluição.**

Cachaça	Volume do tanque de diluição (m <sup>3</sup> )	Volume do tanque de armazenamento (m <sup>3</sup> )
Prata	10	500
Saborizadas	10	500
Ouro	10	500
Premium	5	300

Fonte: Autoria própria (2022).

Todos os tanques serão em aço inoxidável. Após o descanso as cachaças prata e saborizadas irão para o envase e a cachaça ouro e premium irão para o envelhecimento.

### 13.6.2 Envasadoras

Para suprir a produção de 50.130 garrafas por dia será utilizada uma envasadora do tipo automática em linha (300 - 2500ml) de 6 bicos, com velocidade de enchimento regulável de 10 a 70 frascos por minuto.

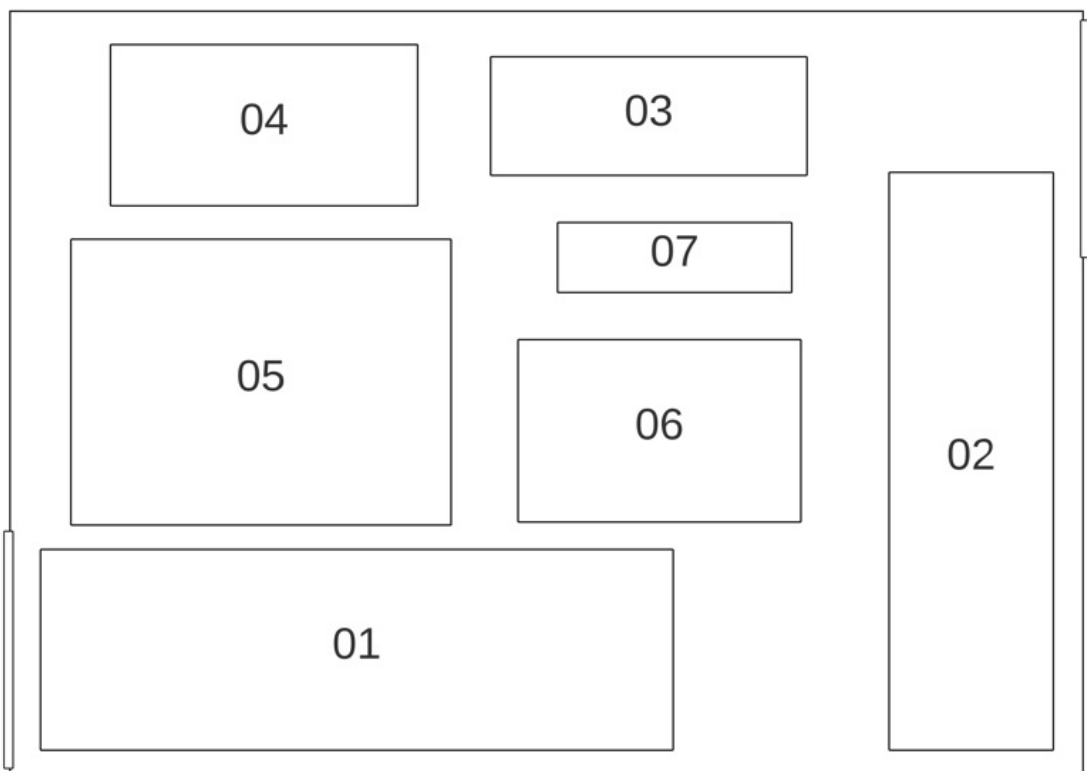
## 14 DIAGRAMA DE FLUXO DE PROCESSO

O Diagrama de Fluxo de Processo (*Process Flow Diagram*, ou PFD) é um esquema gráfico que representa o fluxo de informações referentes aos equipamentos utilizados no processo produtivo, demonstrando suas principais conexões. O PFD da Real contém a representação dos Setores 100, 200, 300, 400, 500 e 600. Devido à magnitude do processo desenvolvido para este projeto, o PFD juntamente com as legendas dos equipamentos podem ser acessados por meio do link contido no item abaixo.

- [drive.google.com/drive/folders/1qk3LqNrQa2Pkqr4TVMYqHe4Y7YTSvHI9](https://drive.google.com/drive/folders/1qk3LqNrQa2Pkqr4TVMYqHe4Y7YTSvHI9)

Já o *layout* da indústria, isto é, a distribuição dos setores dentro da mesma, segue contido na Figura 33.

Figura 33 – Layout da empresa.



01 - Setor 100  
02 - Setor 200  
03 - Setor 300  
04 - Setor 400

05 - Setor 500  
06 - Setor 600  
07 - Estoque de barras

Fonte: Autoria própria (2022).

## 15 ANÁLISE FINANCEIRA

Com o intuito de verificar a viabilidade econômica da Real Cachaçaria, foram realizadas diversas análises econômicas considerando fatores como, mão-de-obra, terreno para a construção da unidade fabril, custos dos equipamentos necessários para a produção da cachaça, despesas financeiras, custos fixo e variáveis, entre outros, e também os lucros, fluxo de caixa e o tempo para o *payback* da indústria.

### 15.1 Colaboradores

O quadro de colaboradores levou em consideração o ideal para a operação industrial, para o porte da indústria e a qualidade que a indústria deseja. Além de se basear nos valores e na missão da empresa, para elaborar uma equipe de excelência, tanto para comandar como para operar a planta industrial.

A equipe de colaboradores e suas respectivas quantidades estão presentes na Tabela 23.

**Tabela 23 – Quantidade total de colaboradores.**

Cargo	Quantidade de pessoas
Presidente	1
Diretor Financeiro	1
Diretor Industrial	1
Diretor Administrativo	1
Diretor de Vendas	1
Diretor de Marketing	1
Gerente Administrativo	1
Gerente de Produção	1
Gerente de Vendas	1
Diretor de Manutenção Industrial	1
Contador	1
Advogado	1
Analista de Qualidade	3
Supervisor de Produção	3
Vendedor	1
Médico	3
Enfermeira	3
Técnico em Segurança no Trabalho	3
Engenheiro Químico	3
Químico	1
Colaboradores	60
Estagiário	1
Vigilante	3
Porteiro	3
<b>Total de Funcionários</b>	<b>99</b>

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Sendo assim, para garantir a satisfação de seus colaboradores e atender as leis brasileiras, a Real Cachaçaria vai se preocupar com os pagamentos de todos os direitos de seus colaboradores, levando em conta o piso salarial de cada cargo, pagando todos os direitos trabalhistas, como INSS, FGTS, férias, 13º salário, vale transporte, vale alimentação e insalubridades.

O Instituto Nacional de Seguro Social (INSS) é um órgão do Ministério da Previdência Social e o responsável pelo pagamento da aposentadoria e outros benefícios ao trabalhador brasileiro, ou seja, o pagamento deste encargo tem por finalidade garantir que o trabalhador receba a aposentadoria (CAIXA, 2022). Este benefício é de responsabilidade da empresa, que deve pagar 14% sobre a remuneração de cada colaborador.

O 13º salário corresponde a uma gratificação salarial, que pode ser paga em uma ou duas parcelas. Este benefício corresponde a 1/12 do salário de cada mês trabalhado.

O vale transporte é um benefício estabelecido pela Lei nº 7.619, segundo a qual o empregador deve custear despesas relacionadas ao deslocamento do colaborador para a indústria.

O vale-refeição não é um benefício obrigatório, mas visando um maior bem estar dos colaboradores, este benefício será disponibilizado.

O adicional noturno acontece quando o trabalhador exercer sua função no período entre 22 horas e 5 horas do dia seguinte. Assim, como a empresa terá 3 turnos, operando por um total de 24 horas por dia, alguns trabalhadores ganharão este benefício, que corresponde a 20% de seus salários.

Todos os respectivos benefícios e custos anuais dos colaboradores exibidos na Tabela 23 estão dispostos no Apêndice C. Com isso, o total dos salários referentes a cada cargo da empresa terá um custo anual de aproximadamente R\$ 6 milhões.

## 15.2 Equipamentos

Os valores dos equipamentos tiveram como base pesquisa em campo e cotações com fornecedores, com uma porcentagem de aumento, levando em consideração os valores de frete e mão-de-obra para a instalação. Sendo assim, os valores dos equipamentos estão dispostos nas tabelas abaixo.

**Tabela 24 – Quantidades e valores dos equipamentos.**

Equipamento	Valor Unitário	Quantidade	Valor Total
Moenda	R\$ 40.000,00	4	R\$ 160.000,00
Decantador	R\$ 380.000,00	1	R\$ 380.000,00
Peneira	R\$ 595.798,98	1	R\$ 595.798,98
Filtro	R\$ 2.408.945,98	1	R\$ 2.408.945,98
Esteira	R\$ 608.000,00	2	R\$ 1.216.000,00
Limpeza	R\$ 353.000,00	1	R\$ 353.000,00
Caleagem	R\$ 22.100,00	1	R\$ 22.100,00
Tanque mistura	R\$ 101.000,95	1	R\$ 101.000,95
Evaporadores	R\$ 800.000,00	3	R\$ 2.400.000,00
Balança Caminhão	R\$ 32.150,00	1	R\$ 32.150,00
Dornas	R\$ 103.045,54	66	R\$ 6.801.005,64
Centrífuga	R\$ 48.816,18	3	R\$ 146.448,54
Cuba	R\$ 100.000,00	3	R\$ 300.000,00
Tanque de Tratamento	R\$ 42.307,36	2	R\$ 84.614,72
Dorna Volante	R\$ 95.000,00	1	R\$ 95.000,00

**Fonte: Autoria própria (2022).**



**Tabela 25 – Quantidades e valores dos equipamentos - parte 2.**

Equipamento	Valor Unitário	Quantidade	Valor Total
Torre de Aço	R\$ 120.909,09	1	R\$ 120.909,09
Torre de Cobre	R\$ 571.428,57	1	R\$ 571.428,57
Trocador de Calor	R\$ 225.000,00	4	R\$ 900.000,00
Tanque Misturador	R\$ 95.000,00	2	R\$ 190.000,00
Tanque para Cachaça	R\$ 101.120,00	3	R\$ 303.360,00
Diluição - Prata	R\$ 2.100,00	1	R\$ 2.100,00
Barris de Envelhecimento	R\$ 2.500,00	3.500	R\$ 8.750.000,00
Turbina e conversor	R\$ 1.250.000,00	1	R\$ 1.250.000,00
Tanque de Cachaças Saborizadas	R\$ 2.100,00	3	R\$ 6.300,00
Diluição - Ouro	R\$ 2.100,00	1	R\$ 2.100,00
Diluição - Premium	R\$ 2.100,00	1	R\$ 2.100,00
Envasadora	R\$ 112.132,00	4	R\$ 448.528,00
Rotuladora	R\$ 48.990,00	4	R\$ 195.960,00
Válvula de Expansão	R\$ 580,00	1	R\$ 580,00
Compressor	R\$ 33.999,90	1	R\$ 33.999,90
Sistema de Caldeira	R\$ 55.600.000,00	1	R\$ 55.600.000,00
Tratamento de Água - Caldeira	R\$ 6.204.500,00	1	R\$ 6.204.500,00

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Estimou-se, então, que o valor total para a compra dos equipamentos ficou em torno de R\$ 90 milhões.

Levando em consideração que a Real Cachaçaria terá uma grande necessidade de água, e como Umuarama está localizada no Aquífero Guarani, o segundo maior reservatório de água doce do mundo, esta água virá de poços artesianos. Com isso, o valor para esse investimento está disposto na Tabela 26.

**Tabela 26 – Despesas do poço artesiano.**

	Valor	Quantidade	Total
Poço Artesiano	R\$ 45.000,00	5	R\$ 225.000,00
Bombas para Distribuição	R\$ 15.000,00	12	R\$ 180.000,00
Tanques	R\$ 32.000,00	3	R\$ 96.000,00
			R\$ 501.000,00

**Fonte: Autoria própria (2022).**

### 15.2.1 Infraestrutura

Para o projeto da Real Cachaçaria, será necessária uma área de 20.000 m<sup>2</sup>, onde 9000 m<sup>2</sup> serão destinados para a planta industrial da empresa e 11000 m<sup>2</sup> serão destinados para a parte administrativa, laboratórios, estacionamento, setor de espera de caminhões e lagoa de tratamento da vinhaça. Este estará situado na área industrial da cidade de Umuarama no Paraná. O custo médio do metro quadrado na área industrial de Umuarama é de R\$ 900,00 e o custo médio da mão-de-obra fica em torno de R\$ 1000,00. Sendo assim, o valor do terreno ficará em torno de R\$ 18 milhões e a mão-de-obra R\$ 20 milhões, totalizando então o investimento de aproximadamente R\$ 38 milhões.

### 15.2.2 Receita Bruta

A receita bruta de uma empresa é o valor arrecadado com a venda de seus produtos. Na empresa, esta receita virá da venda de seus produtos, além da venda da vinhaça, tendo em vista que a vinhaça será comercializada para indústrias de gás natural por R\$2,35 /m<sup>3</sup>.

Sendo assim, o faturamento anual para o primeiro ano está disposto na Tabela 27.

**Tabela 27 – Faturamento para o primeiro ano.**

Tipo da Cachaça	Produção Anual (L/ano)	Quantidade de unidades	Valor da unidade	Faturamento anual
Cachaça Prata	3272705,085	4363606,78	R\$ 50,00	R\$ 218.180.338,98
Cachaça Saborizada	3272705,085	4363606,78	R\$ 70,00	R\$ 305.452.474,58
Vinhaça (m3/ano)	41890625,08	41890,6251	R\$ 2,35	R\$ 98.442,97
Energia				R\$ 5.104.413,93
<b>Total</b>		<b>Total Anual</b>		<b>R\$ 528.835.670,45</b>

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Após 1 ano será iniciada a comercialização da cachaça ouro, logo, a receita bruta para o segundo ano será maior, como mostra a Tabela 28.

**Tabela 28 – Faturamento para o segundo ano.**

Tipo da Cachaça	Produção Anual (L/ano)	Quantidade de unidades	Valor da unidade	Faturamento anual
Cachaça Prata	3272705,085	4363606,78	R\$ 50,00	R\$ 218.180.338,98
Cachaça Saborizada	3272705,085	4363606,78	R\$ 70,00	R\$ 305.452.474,58
Vinhaça (m3/ano)	41890625,08	41890,6251	R\$ 2,35	R\$ 98.442,97
Cachaça Ouro	1753200	2337600	R\$ 90,00	R\$ 210.384.000,00
Energia				R\$ 5.104.413,93
<b>Total</b>		<b>Total Anual</b>		<b>R\$ 739.219.670,45</b>

**Fonte: Autoria própria (2022).**

E no terceiro ano a cachaça premium estará disponível para a comercialização, assim, após o terceiro ano todos os produtos da Real Cachaçaria estarão sendo comercializados. Consequentemente, a receita bruta atingirá um novo valor máximo, como está disposto na Tabela 29.

**Tabela 29 – Faturamento para o terceiro ano.**

Tipo da Cachaça	Produção Anual (L/ano)	Quantidade de unidades	Valor da unidade	Faturamento anual
Cachaça Prata	3272705,085	4363606,78	R\$ 50,00	R\$ 218.180.338,98
Cachaça Saborizada	3272705,085	4363606,78	R\$ 70,00	R\$ 305.452.474,58
Vinhaça (m3/ano)	41890625,08	41890,6251	R\$ 2,35	R\$ 98.442,97
Cachaça Ouro	1753200	2337600	R\$ 90,00	R\$ 210.384.000,00
Cachaça Premium	724820,339	966427,1186	R\$ 150,00	R\$ 144.964.067,80
Energia				R\$ 5.104.413,93
<b>Total</b>		<b>Total Anual</b>		<b>R\$ 884.183.738,25</b>

**Fonte: Autoria própria (2022).**

### 15.3 Impostos Diretos

Levando em conta as receitas brutas da Cachaçaria Real, os impostos cobrados serão, Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS), que é cobrado seguindo a Tabela de Incidência Produtos Industrializados (TIPI), juntamente com o Programas de Integração Social (PIS), Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS). Assim, os impostos referentes ao primeiro ano, ao segundo e do terceiro ano em diante estão disposto nas tabelas 30, 31 e 32, respectivamente.

**Tabela 30 – Impostos do primeiro ano.**

Impostos Diretos	Taxas	Valores
COFINS + PIS	3.65%	R\$ 19.302.501,97
ICMS	18%	R\$ R\$ 95.190.420,68
IPI (TIPI)	20%	R\$ 103.122.955,74
ISS	5%	R\$ 26.441.783,52
<b>Total Anual</b>		<b>R\$ 244.057.661,91</b>

**Fonte: Autoria própria (2022).**

**Tabela 31 – Impostos do segundo ano.**

Impostos Diretos	Taxas	Valores
COFINS + PIS	3.65%	R\$ 26.981.517,97
ICMS	18%	R\$ 133.059.540,68
IPI (TIPI)	20%	R\$ 147.843.934,09
ISS	5%	R\$ 36.960.983,52
<b>Total Anual</b>		<b>R\$ 344.845.976,27</b>

**Fonte: Autoria própria (2022).**

**Tabela 32 – Impostos do terceiro ano.**

Impostos Diretos	Taxas	Valores
COFINS + PIS	3.65%	R\$ 32.272.706,45
ICMS	18%	R\$ 159.153.072,89
IPI (TIPI)	20%	R\$ 176.836.747,65
ISS	5%	R\$ 44.209.186,91
<b>Total Anual</b>		<b>R\$ 412.471.713,89</b>

**Fonte: Autoria própria (2022).**

A Real contará com a isenção do IPTU, Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN), da taxa de licença para localização e da taxa de aprovação de projetos de construções destinadas às atividades do empreendimento, por conta do Programa de Desenvolvimento Econômico de Umuarama (PRODEU), o qual tem como objetivo o crescimento industrial da cidade.

## 15.4 Custos Operacionais

Os custos operacionais são todos os custos de uma empresa para se entregar o produto desejado, estes custos são divididos em custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos compreendem os custos que independem da quantidade de produção da empresa, ou seja, pagamentos de colaboradores, gastos com equipamentos de segurança, gastos com limpezas, entre outros, os quais estão dispostos na Tabela 33.

**Tabela 33 – Custos fixos anuais.**

Custo	Valor Anual
Mão-de-obra	R\$5,913,900.77
EPI's	R\$304,243.20
Limpeza	R\$ 442.091,87
Administrativo	R\$500,000.00
Total	R\$ 7.160.235,83

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Os valores utilizados para calcular o custo anual com EPI está detalhado no Apêndice C, com isso, os custos fixo da empresa totalizaram aproximadamente R\$ 7 milhões.

Já os custos variáveis são aqueles que se alteram conforme a produtividade da empresa, ou seja, custos com matéria prima, rótulos, garrafas, entre outros. Tais custos estão dispostos na Tabela 34.

**Tabela 34 – Custos variáveis anuais.**

Custo	Valor Anual
Matéria prima	R\$ 79.307.702,02
Garrafas	R\$ 101.082.061,02
Rótulos	R\$ 21.229.124,18
Frete	R\$ 2.052.000,00
Licor de banana	R\$ 2.290.893,56
Canela	R\$ 25.821.643,12
Coco	R\$ 2.945.434,58
Valor total	R\$ 234.728.858,46

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Os custos detalhados com mão-de-obra, frete e custos variáveis estão dispostos no Apêndice C.

## 15.5 Depreciação

A depreciação de um equipamento e de construções se dá pela perda de valor com uma taxa específica com o passar do tempo, por conta de desgastes ou obsolescência. A Tabela 35 contém os valores das depreciações de equipamentos e construções, com as taxas estipuladas pela Receita Federal.

Com isso a taxa de depreciação anual será de R\$ 18.655.586,07.

**Tabela 35 – Depreciação na empresa.**

	Valor	Taxa	Depreciação
Equipamentos	R\$ 89.677.930,37	20%	R\$ 17.935.586,07
Construções	R\$ 18.000.000,00	4%	R\$ 720.000,00
		Total	R\$ 18.655.586,07

Fonte: Autoria própria (2022).

## 15.6 Capital de Giro

O capital de giro é a quantidade de dinheiro necessária para a empresa conseguir operar. Este dinheiro engloba os custos fixos e os custos variáveis necessários para a empresa operar por pelo menos três meses. Tendo isso em vista, o capital de giro da empresa para um período de tempo de 3 meses será de aproximadamente R\$ 60.472.304,82.

Já o investimento inicial da empresa ficará em torno de R\$430 milhões.

## 15.7 Despesas Financeiras

As despesas financeiras englobam os empréstimos ou financiamentos feitos, e os juros contidos nele. Tendo um investimento inicial de aproximadamente R\$ 430 milhões, será necessário fazer um financiamento, estes será feito através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), tendo uma taxa de juros de 11,97% com carência de 1 ano, por um período de 9 anos. Para isso, o financiamento escolhido foi do tipo SAC, pois garante amortização constante e, conseqüentemente, um menor valor de juros neste período de tempo.

Os cálculos referente às despesas financeiras estão dispostos na Tabela 36.

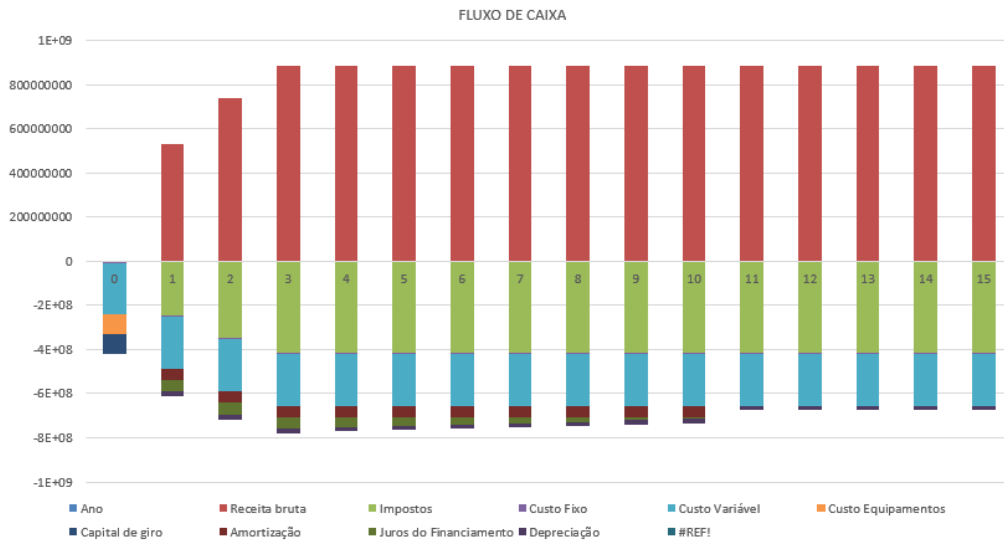
**Tabela 36 – Despesas financeiras ao longo do tempo.**

Período	Parcela	Juros	Amortização	Saldo Devedor
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 430.000.000,00
1	R\$ 0,00	R\$ 51.471.000,00	R\$ 53.496.777,78	R\$ 481.471.000,00
2	R\$ 111.128.856,48	R\$ 57.632.078,70	R\$ 53.496.777,78	R\$ 427.974.222,22
3	R\$ 104.725.292,18	R\$ 51.228.514,40	R\$ 53.496.777,78	R\$ 374.477.444,44
4	R\$ 98.321.727,88	R\$ 44.824.950,10	R\$ 53.496.777,78	R\$ 320.980.666,67
5	R\$ 91.918.163,58	R\$ 38.421.385,80	R\$ 53.496.777,78	R\$ 267.483.888,89
6	R\$ 85.514.599,28	R\$ 32.017.821,50	R\$ 53.496.777,78	R\$ 213.987.111,11
7	R\$ 79.111.034,98	R\$ 25.614.257,20	R\$ 53.496.777,78	R\$ 160.490.333,33
8	R\$ 72.707.470,68	R\$ 19.210.692,90	R\$ 53.496.777,78	R\$ 106.993.555,56
9	R\$ 66.303.906,38	R\$ 12.807.128,60	R\$ 53.496.777,78	R\$ 53.496.777,78
10	R\$ 59.900.342,08	R\$ 6.403.564,30	R\$ 53.496.777,78	R\$ 0,00

Fonte: Autoria própria (2022).

O fluxo de caixa de uma empresa é dado pelo movimento de caixa desta, ou seja, o quanto ela gasta e o quanto ela lucra em um período definido. O fluxo de caixa da Real está descrito na Figura 34.

**Figura 34 – Fluxo de dinheiro periódico.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

Analisando-se a Figura 34, é possível observar que na abertura da empresa só haverá despesas. Esses custos são referentes a equipamentos, capital de giro, aquisição e construção do terreno, custo variável e custo fixo.

Também é possível observar que a partir do terceiro ano, a receita bruta ficará constante.

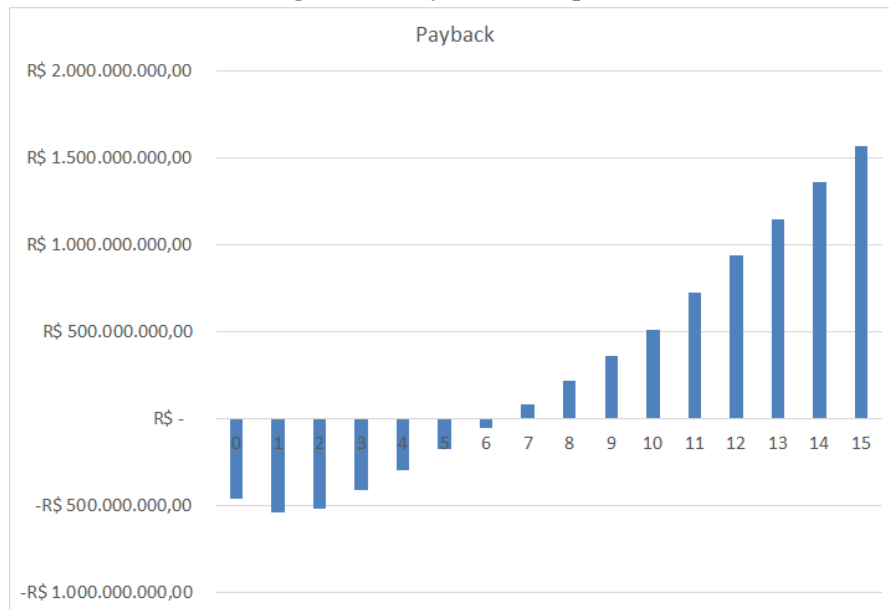
Com isso, a partir do décimo primeiro ano, a Real terá um lucro líquido de aproximadamente R\$211 milhões.

## 15.8 Taxa Interna de Retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR), como o próprio nome já diz, é a taxa de retorno de uma indústria ou investimento, calculada tomando como base somente a lucratividade desta indústria. A empresa tem uma TIR de 10,35% ao ano, calculada em um período de 15 anos. A Taxa Mínima de Retorno (TMA), que é a taxa mínima que uma indústria deve ter para ser lucrativa, foi de aproximadamente 8,24%. A conclusão é de que, caso a TIR seja maior que a TMA quando sob um Valor Presente Líquido (VPL) menor que 1.00, a empresa se mostra lucrativa. Como a Real Cachaçaria obteve mais de 2% de diferença entre tais valores, conclui-se que esta tem um bom potencial de lucros.

## 15.9 Payback

O *payback* é o tempo necessário para que o investimento inicial de algum projeto se pague. Para isso, é necessário calcular o lucro da empresa durante alguns anos. O *payback* da Real Cachaçaria está disposto na Figura 35.

**Figura 35 – Payback da empresa.**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Assim, o investimento da indústria será pago do sexto para o sétimo ano, alcançando um patamar bilionário no décimo terceiro ano de funcionamento.

Com isso, é possível afirmar que a Real Cachaçaria é uma indústria altamente lucrativa, visto que, em seu décimo terceiro ano de funcionamento ela já seria uma indústria bilionária, atingindo seu lucro de R\$1.145.685.023,79 neste ano, como é possível observar no Apêndice C, onde se tem o fluxo de caixa da empresa.

### 15.10 Ponto de Equilíbrio

O ponto de equilíbrio indica a quantidade mínima de produto a ser produzido e comercializado para se pagar os custos fixos e variáveis da empresa, ou seja, é uma porcentagem da capacidade da empresa para não ter um prejuízo. Com isso, o ponto de equilíbrio é muito importante para se ter noção do faturamento total para a empresa conseguir operar de forma segura.

Para a Real, o ponto de equilíbrio calculado para o primeiro ano de funcionamento, onde haverá o menor faturamento da empresa foi de 85%. Já para o segundo ano de funcionamento foi de 70% e para o terceiro ano em diante, onde irá se obter o maior faturamento, o ponto de equilíbrio foi de aproximadamente 65%, ou seja, a partir do terceiro ano de funcionamento, a Real precisa operar a pelo menos 65% de sua capacidade para não ter prejuízo.

## 16 CONCLUSÃO

Com o estudo realizado sobre o ramo de destilarias e cachaçarias, é possível concluir que o projeto proposto apresenta grande potencial, visto que a Real tem um propósito baseado nos quatro pilares descritos na visão, missão e valores, que são a entrega de qualidade e excelência, respeito à tradição de sabores, responsabilidade ambiental e transparência.

É justificável o local de instalação no estado do Paraná, especificamente em Umuarama, pela facilidade de obtenção de matéria-prima, que é a cana-de-açúcar, tendo em vista que a região é uma grande produtora, além do que o acesso às vias de escoamento é facilitado por estradas públicas e o mercado regional tem um alto potencial consumidor do produto.

Com a análise de mercado foi possível observar um movimento de aumento e expansão do mesmo e no consumo de bebidas alcoólicas nos próximos anos, com empresas se renovando e inovando a cada dia, com isso a viabilidade do projeto se mostra promissora em território nacional, com visões de se difundir fortemente no país, consolidando relações com clientes e parceiros.

Junto às descrições de cada processo da indústria, a divisão dos setores é notória, começando no preparo da cana-de-açúcar até chegar no produto final de maior qualidade, que exige maior atenção no tratamento dos processos. Observa-se, também, que as sobras são todas reutilizadas na própria indústria ou vendidas a empresas parceiras. Tem-se o bagaço da cana, por exemplo, que é utilizado como combustível para a caldeira em biomassa. A vinhaça que sobra ao final da destilação, produzida em grandes quantidades, pode ser vendida para outras indústrias de biogás, como as de fertilizantes e rações, ou até mesmo ser aproveitada diretamente como adubo em plantações de cana.

E finalmente, foram realizados os balanços materiais e energéticos, afim de se obter uma produção anual girando em torno de 4 milhões de litros de cachaça, sendo 35% desse valor cachaça prata, 35% cachaças saborizadas, 20% cachaça ouro e 10% cachaça premium. Isto equivale a, aproximadamente, 5 milhões de garrafas dos produtos que serão desenvolvidos pela Real.

E com a análise financeira, tendo em vista todos os gastos e todo o lucro com a venda das cachaças e também a venda da energia elétrica que a Reais produzirá, ao final do terceiro ano, a Real terá um lucro líquido de aproximadamente R\$212 milhões. E se comprovou a viabilidade do projeto quando foi comparado a TIR e a TMA, onde a TIR obteve 2% a mais que a TMA.

Com isso, o *payback* da empresa ocorrerá em 6 anos e a Real se tornará bilionária no seu décimo terceiro ano de funcionamento, garantindo sua expressividade diante do mercado nacional e mostrando que este projeto é muito viável.



## REFERÊNCIAS

- ABRAS. **Consumo de cervejas retrai por causa da pandemia**. 2021. Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS). Disponível em: <https://www.abras.com.br/clipping/geral/72457/consumo-de-cervejas-retrai-por-causa-da-pandemia>. Acesso em: 28 abr. 2022.
- ALBUQUERQUE, A. G. **Avaliação exergética dos efluentes do processo industrial do álcool**. 2005. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo (USP), São Carlos - SP, 2005.
- ALCARDE, A. B. A. **Produção de Cachaça de Qualidade**. 1. ed. ed. [S.l.]: Casa do Produtor Rural ESALQ - USP, 2013.
- ALCARDE, A. R. **Fermentação**. 2006. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_105\\_22122006154841.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_105_22122006154841.html). Acesso em: 04 abr. 2022.
- ALCARDE, A. R. **Cachaça: ciência, tecnologia e arte**. 2. ed. [S.l.]: Editora Blucher, 2017.
- ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. [S.l.]: Nova Fronteira, 2002.
- ALMEIDA, M. L. **Produção de etanol de milho avança 34% em meio à quebra histórica da cana**. 2022. REVISTA NOVA CANA.
- ALVES, J. M. **Paradigma técnico e co-geração de energia com bagaço de cana de açúcar em Goiás**. Campinas, SP: [s.n.], 2006. In Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural. Disponível em: [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022006000200021&lng=en&nrm=iso](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000200021&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 07 maio 2022.
- ArrMaz. **POTASH FERTILIZER**. Florida, EUA: [s.n.], 2022. Disponível em: <https://arrmaz.com/industries/fertilizer-production/potash-fertilizer/>. Acesso em: 5 maio 2022.
- BARROS. **Barris de Madeira Carvalho Europeu**. 2022. Disponível em: <https://tanoariabarros.com.br/products/barril-de-madeira-carvalho-europeu-100-litros-2/>. Acesso em: 02 jun. 2022.
- BERECHE, R. P. **Modelagem e integração energética do processo de produção de etanol a partir da biomassa de cana-de-açúcar**. Campinas, SP: [s.n.], 2011. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.
- BORTOLETTO, A. M. **Influência da madeira na qualidade química e sensorial da aguardente de cana envelhecida**. Piracicaba, SP: [s.n.], 2016. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-19042016-122917/pt-br.php>. Acesso em: 15 jul. 2022.
- BOZA, Y.; HORII, J. **INFLUÊNCIA DA DESTILAÇÃO SOBRE A COMPOSIÇÃO E A QUALIDADE SENSORIAL DA AGUARDENTE DE CANA-DE-AÇÚCAR**. Campinas, SP: [s.n.], 1998. SCIELO.
- CALDAS, P. **Dia da Cachaça: aguardente saborizada ganha mercado no Amazonas**. 2021. Real Time 1. Disponível em: <https://realtime1.com.br/economia-e-negocios/dia-da-cachaca-aguardente-saborizada-ganha-mercado-no-amazonas/>. Acesso em: 08 maio 2022.

CALLE, F. R.; BAJAY, S. V.; ROTMAN, H. **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas - SP: [s.n.], 2005. CLE/UNICAMP.

CARDOSO, K. C. R. **ENVELHECIMENTO DE CACHAÇA ORGÂNICA EM BARRIS DE DIFERENTES MADEIRAS**. Goiânia, GO: [s.n.], 2014. UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS - ESCOLA DE AGRONOMIA.

CARDOSO, K. C. R. **ENVELHECIMENTO DE CACHAÇA ORGÂNICA EM BARRIS DE DIFERENTES MADEIRAS**. Goiânia, Go: [s.n.], 2014. UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS.

CLETO, F. V. G. **Influência da adição de ácido sulfúrico e de fubá de milho no processo fermentativo, rendimento e composição da aguardente de cana**. 1997. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Agronomia)) — Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, SP, 1997.

CMU. **LEI COMPLEMENTAR Nº 446, de 07 de Maio de 2018 dispõe sobre o sistema viário do município de Umuarama**. Umuarama, PR, 2018.

CONAB. **Safra Brasileira de Cana-de-Açúcar**. 2020. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>. Acesso em: 21 abr. 2022.

CONSECANA. **Manual de instruções**. São Paulo, SP: [s.n.], 2015. Conselho de Produtores de Cana de açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo.

COSTA, R. F. D. S. **PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE VINHAÇA**. [S.l.]: Fundação Educacional do Município de Assis, 2014.

CRUZ, M. A. P. **Síntese de rede de trocadores de calor com considerações sobre o projeto dos equipamentos e o layout da planta industrial**. Campinas, SP: [s.n.], 2019. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química.

CRUZ, S. H. D. **PROCESSOS INDUSTRIAIS DE CONDUÇÃO DA FERMENTAÇÃO**. 2022.

DOHERTY, W.; RACKERMANN, D. Some aspects of calcium phosphate chemistry in sugarcane clarification. **Australia: International Sugar Journal**, v. 111, n. 1327, p. 448–455, 2009.

ELEMENTUS. **Como reutilizar os resíduos do seu alambique de forma inteligente?** Recife, PE: [s.n.], 2021. Elementus Consultoria. Disponível em: <https://elementusconsultoria.com/como-reutilizar-os-residuos-do-seu-alambique-de-forma-inteligente/>. Acesso em: 05 maio 2022.

ERWIN, D. L. **Projeto de Processos Químicos Industriais**. 2. ed. [S.l.: s.n.], 2016.

FAVARO, A. C. *et al.* **ANÁLISE PRELIMINAR VBP 2020 – NR UMUARAMA**. Umuarama, PR: [s.n.], 2020. Departamento de Economia Rural (DERAL).

FERNANDES, D. **Vendas de cachaça recuam para R\$ 11,9 bi em 2020, diz Euromonitor**. 2021. Devotos da Cachaça. Disponível em: <https://xn--devotosdacachaa-rmb.com.br/2021/05/31/vendas-de-cachaca-recuam-para-r-119-bi-em-2020-diz-euromonitor/>. Acesso em: 06 abr. 2022.

FERRAZ, F. **Apostila de refrigeração**. Santo Amaro, BA: [s.n.], 2008. Centro federal de educação tecnológica da Bahia. Acesso em: 07 maio 2022.

- FIGUEIREDO, I.; MACIEL, B. F.; MARQUES, M. O. **A qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de álcool**. Ituverava, SP: [s.n.], 2008. Nucleus.
- FILHO, W. G. V. **Bebidas alcoólicas**. 1. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2016.
- FINGUERUT, J.; PAES, L. A. D. **Impurezas e Qualidade de Cana-De-Açúcar**. 2014. Centro de Tecnologia Canavieira (CTC). Disponível em: [http://www.stab.org.br/palestra\\_ws\\_limpeza\\_da\\_cana/JAIME\\_FINGUERUT.pdf](http://www.stab.org.br/palestra_ws_limpeza_da_cana/JAIME_FINGUERUT.pdf). Acesso em: 01 jun. 2022.
- FOUST, A. *et al.* **Princípio das Operações Unitárias**. Rio de Janeiro, RJ: Editora Guanabara Dois, 1982.
- FRANCHI, C. M. **APLICAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE CONTROLE EM COLUNA DE DESTILAÇÃO**. 2010. Tese (Tese (Doutorado em Engenharia Química)) — Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2010. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/3654/1/000184811.pdf>. Acesso em: 2022-03-05.
- GALO, N. P. **Controle de qualidade da cana-de-açúcar para industrialização**. Sertãozinho, SP: [s.n.], 2013. Universidade Federal de São Carlos - Centro de Ciências Agrárias.
- GENIÊR, F.; COSTA, A.; JUNIOR, E. C. Ciclos de refrigeração: Conceitos e estudos de eficiência. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, 2013. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3547>. Acesso em: 06 maio 2022.
- GONCALVES, K. Y. *et al.* **Processo produtivo do etanol hidratado a partir da cana-de-açúcar**. 2015.
- GONÇALVES, K. Y. *et al.* **Processo produtivo do etanol hidratado a partir da cana-de-açúcar**. Campo Mourão, PR: [s.n.], 2015. IX EEPA. Disponível em: [http://www.fecilcam.br/anais/ix\\_eepa/data/uploads/11-agroindustria/11-01.pdf](http://www.fecilcam.br/anais/ix_eepa/data/uploads/11-agroindustria/11-01.pdf). Acesso em: 25 abr. 2022.
- GÓES-FAVONI, S. P. *et al.* Fermentação alcoólica na produção de etanol e os fatores determinantes do rendimento. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 4, p. 285–296, 2018. Disponível em: <http://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2018.004.0023>. Acesso em: 06 maio 2022.
- HENRIQUE, A. **Tecnologia Industrial – Limpeza a seco: a busca pela qualidade da cana**. 2019. Revista PA News. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/tecnologia-industrial-limpeza-a-seco-a-busca-pela-qualidade-da-cana/>. Acesso em: 21 abr. 2022.
- HIMMELBLAU, D. M. **Engenharia química: princípios e cálculos**. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2013. ISBN 978.85.216.2608.4.
- HULSMEYER, A. F. **A cidade através dos seus sistemas de espaços livres: estrutura, configuração e fragmentação - um estudo de caso em Umuarama - PR**. 2014. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2014. Acesso em: 03 maio 2022.
- IBGE. **População de Umuarama**. 2021. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/umuarama/panorama>. Acesso em: 08 jun. 2022.
- IBRAC. **Mercado Interno**. 2021. Instituto Brasileiro da Cachaça (IBRAC). Disponível em: <https://ibrac.net/servicos/mercado-interno>. Acesso em: 17 mar. 2022.

IBRAC. **Cachaça e Madeiras**. 2022. Instituto Brasileiro da Cachaça (IBRAC). Disponível em: <https://ibrac.net/cachaca/3/cachaca-e-madeiras>. Acesso em: 13 mar. 2022.

IBRAFIG. **Mais da Metade da População Brasileira Consome Bebidas Alcoólicas Todos os Dias e Maioria Desconhece Impacto na Saúde do seu Fígado, Revela pesquisa Datafolha para IBRAFIG**. 2021. Instituto Brasileiro do Fígado (IBRAFIG).

INCROPERA, F. P. *et al.* **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**. 6. ed. Danvers, MA: John Wiley & Sons, 2007.

INÁCIO, D. *et al.* **Aumentar a Confiabilidade do Processo Assegurando a Produção de Água Desmineralizada de Alta Qualidade**. 2016. Faculdade Educacional de Araucária. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção).

JANNUZZI, F. **Madeiras para envelhecimento da cachaça**. 2018. Mapa da Cachaça. Disponível em: <https://www.mapadacachaca.com.br/artigos/madeiras-para-envelhecimento-da-cachaca/>. Acesso em: 01 maio 2022.

JANNUZZI, F. **Os tipos de cachaça**. 2021. Mapa da Cachaça. Disponível em: <https://www.mapadacachaca.com.br/os-tipos-de-cachaca/>. Acesso em: 04 maio 2022.

JÚNIOR, R. N. *et al.* **A história e a química da cachaça**. ATENA EDITORA, Ponta Grossa, PR, 2021.

LEAL, C. I. S. **A Indústria da Cachaça no Brasil e suas Interações com o Comércio Internacional**. 2019. FGV Projetos. Disponível em: [https://gvagro.fgv.br/sites/gvagro.fgv.br/files/u115/cachaca\\_anufood\\_PT\\_0.pdf](https://gvagro.fgv.br/sites/gvagro.fgv.br/files/u115/cachaca_anufood_PT_0.pdf). Acesso em: 06 maio 2022.

LEAL, T. G. T. **Portaria Número 339 de 28 de Junho de 2021**. 2021. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=29/06/2021&jornal=515&pagina=14>. Acesso em: 02 maio 2022.

LEHKY, R. *Calculation of the driving power for cane-crushing mills*. **Int. sugar Journ.**, XXXIX, p. 137–141, Abril 1937.

LOUNGE. **A versatilidade da cachaça para o paladar**. 2018. Revista Lounge. Disponível em: <https://www.revistalounge.com.br/a-versatilidade-da-cachaca-para-o-paladar/>. Acesso em: 25 mar. 2022.

MAIA, A. B. R. A.; CAMPELO, E. A. P. **Tecnologia da cachaça de alambique**. **Sebrae/MG/Sindbebedas**, p. 129, 2006.

MALTA, H. L. **Estudos de parâmetros de propagação de fermento (*Saccharomyces cerevisiae*) para produção de cachaça de alambique**. [S.l.]: Faculdade de Farmácia da UFMG, 2006.

MAPA. **Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres**. Brasília, DF, 1986.

MAPA. **A cachaça no Brasil**. [S.l.]: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2021.

MARAFANTE, L. J. **Tecnologia da fabricação do álcool e do açúcar**. São Paulo - SP: Ícone, 1993.

MAY, A. *et al.* **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo Sacarino para Bioetanol Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa**. 1. ed. EMBRAPA, 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/938275/>

sistema-embrapa-de-producao-agroindustrial-de-sorgo-sacarino-para-bioetanol-sistema-brs1g-tecnologia- Acesso em: 07 jun. 2022.

MELO, T. dos S. *et al.* Processo de produção da aguardente e cachaça: Uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 95981–96001, 2021. ISSN 2525-8761. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/37121/pdf>. Acesso em: 26 mar. 2022.

MMC. **Trocando as bebidas por... cachaça?** 2015. MMC. Disponível em: <https://www.mercadomunicipaldecuritiba.com.br/trocando-as-bebidas-por-cachaca/>. Acesso em: 22 abr. 2022.

MULT. **Mercado de destilados: Bebidas mais consumidas no Brasil.** 2019. Portal consultoria Mult. Disponível em: <https://consultoriامت.com.br/blog/mercado-de-destilados/>. Acesso em: 05 maio 2022.

NOGUEIRA, A. M. P.; FILHO, W. G. V. **Aguardente de cana.** Botucatu, São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2005.

NOVAES, F. V. Cachaça de alambique x aguardente industrial. **O Engarrafador Moderno**, n. 72, p. 46–49, 2000.

NOVAES, F. V. *et al.* **Primeiro Curso de Extensão em Tecnologia de Aguardente De Cana.** 1974. 49-79 p.

OLIVEIRA, R. **Uma dose de oportunidades.** 2019. SENAR. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/-3#:~:text=Dados%20de%202019%2C%20do%20Centro,um%20boom%20no%20mercado%20internacional>. Acesso em: 04 abr. 2022.

OLIVIAN, F. **Veja o ranking dos 10 produtos com mais impostos no Brasil.** 2021. FENACON. Disponível em: <https://fenacon.org.br/noticias/veja-o-ranking-dos-10-produtos-com-mais-impostos-no-brasil/>. Acesso em: 04 jun. 2022.

PROCKNOR, C. Utilidades. **Procknor**, 2004. Disponível em: <https://www.procknor.com.br/br/artigos/utilidades#:~:text=As%20usinas%20e%20destilarias%20tem,ordem%20de%20import%20ncia%20na%20ind%20stria>. Acesso em: 07 maio 2022.

REIS, J. **Cachaça, a bebida que agrada pela versatilidade.** 2018. Vida & Arte. Disponível em: <https://www.diariodaregiao.com.br/vidaarte/gastronomia/cachaca-a-bebida-que-agrada-pela-versatilidade-1.194251>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ROTA, M. B. **Efeito da Bidestilação na Qualidade Sensorial da Cachaça.** 2008. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)) — FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS E NUTRIÇÃO, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, SP, 2008. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/88206/rota\\_mb\\_me\\_arafcf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/88206/rota_mb_me_arafcf.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 2022-03-05.

SAKAI, R. H. **Árvore do Conhecimento - Cana-de-Açúcar.** 2006. Agência Embrapa. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT000fiog1ob502wyiv80z4s473agi63ul.html>. Acesso em: 02 maio 2022.

SANTOS, N. B. dos. **PROJETO CICLONE – ESTUDO DO NÚMERO DE RENOVAÇÕES DO VOLUME DE DORNA PARA VIABILIZAÇÃO DO FERMENTADOR COM**

**CIRCULAÇÃO DE VINHO.** 2019. Dissertação (Trabalho final de curso (Engenharia Química)) — UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA, João Pessoa, PB, 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15616?locale=pt\\_BR](https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15616?locale=pt_BR). Acesso em: 2022-04-05.

**SILVA, R. S. AVALIAÇÃO TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DO ÓLEO FÚSEL, SUBPRODUTO DA PRODUÇÃO DE ETANOL DA CANA-DE-AÇÚCAR.** João Pessoa, Pb: [s.n.], 2019.

SORATTO, A. N.; VARVAKIS, G.; HORII, J. A certificação agregando valor à cachaça do brasil. **Food Science and Technology**, v. 27, n. 4, p. 681–687, 2007.

SOUZA, L. M. de *et al.* **Produção de Cachaça de Qualidade.** Piracicaba, SP, 2013.

SOUZA, M. F. D. *et al.* Diagnóstico ambiental da produção de aguardente no centro-oeste do estado de minas gerais. **ENGEMA**, 2014. Disponível em: <http://www.engema.org.br/XVIENGEMA/53.pdf>. Acesso em: 04 maio 2022.

TEIXEIRA, L. J. Q. *et al.* Tecnologia, composição e processamento de licores. **Centro Científico Conhecer**, v. 7, n. 12, 2011.

TELLECHEA, F. R. F. **TORTA DE FILTRO DE CANA-DE-AÇÚCAR E NPK NA BIORREMEDIAÇÃO EM SOLOS CONTAMINADOS COM ÓLEO DIESEL.** [S.l.]: UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO, 2015.

TOWLER, G.; SINNOTT, R. **CHEMICAL ENGINEERING DESIGN - Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design.** [S.l.]: Elsevier, 2008. ISBN 13: 978-0-7506-8423-1.

TROVATI, J. **Tratamento de Água para Geração de Vapor: Caldeiras.** 2018. Disponível em: [https://www.snatural.com.br/PDF\\_arquivos/Torre-Caldeira-Tratamento-Agua-Caldeira.pdf](https://www.snatural.com.br/PDF_arquivos/Torre-Caldeira-Tratamento-Agua-Caldeira.pdf). Acesso em: 07 maio 2022.

UNICA. **Histórico de produção e moagem.** 2021. Observatório da Cana. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=2493&safr=2020\%2F2021&estado=RS\%2CSC\%2CPR\%2CSP\%2CRJ\%2CMG\%2CES\%2CMS\%2CMT\%2CGO\%2CDF\%2CBA\%2CSE\%2CAL\%2CPE\%2CPB\%2CRN\%2CCE\%2CPI\%2CMA\%2CTO\%2CPA\%2CAP\%2CRO\%2CAM\%2CAC\%2CRR>. Acesso em: 04 abr. 2022.

VALSECHI, O. O processo melle-boinot de fermentação na sociedade de usinas de açúcar brasileira, de piracicaba. **Anais da E.S.A.**, 1944.

VIAN, C. E. F. **Qualidade de matéria-prima.** 2017. EMBRAPA.

VIANA, A. R. **Cachaça de Alambique.** Niterói, RJ, 2008.

WELTY, J. R. *et al.* **Princípios de Termodinâmica para Engenharia.** 5. ed. Danvers, MA: John Wiley & Sons, 2013.

## **APÊNDICES**

## **APÊNDICE A – Equações dos Balanços de Massa e Energia**



## A.1 Balanços e considerações gerais

A quantidade de cana-de-açúcar que será processada pela Real, foi determinada se baseando no consumo de cachaça no Brasil, no qual segundo Fernandes (2021), em pesquisa realizada pela Euromonitor foi de aproximadamente 399 milhões de litros. Visando atender 1% dessa demanda, e sabendo que, segundo Almeida (2022), 1 tonelada de cana produz aproximadamente 85 litros de álcool, sendo a Real uma empresa de médio porte, sem estrutura para enormes produções, o processamento de cana será de 12,28 toneladas de cana por hora, o funcionamento da empresa será de dois turnos de 8 horas, totalizando 16 horas de trabalho diário, gerando uma produção anual de aproximadamente 4 milhões de litros de cachaça.

Os balanços de materiais feitos para o projeto da Real, partiram da equação geral do balanço de massa descrita por Himmelblau (2014), exemplificada na Equação 1.

$$\sum \text{Acúmulo} = \sum \text{Entrada} - \sum \text{Saída} + \sum \text{Geração} - \sum \text{Consumo} \quad (1)$$

Contudo, a equação geral foi utilizada principalmente na etapa de fermentação, por se tratar de um processo que não opera de forma contínua, e possuir geração e consumo de matéria prima. Já para o restante do processo, os cálculos realizados foram feitos considerando um sistema em regime permanente, operando de forma contínua, ou seja, sem acúmulo de massa nos equipamentos, sendo assim a equação acima pode ser simplificada, para a Equação 2.

$$0 = \sum \text{Entrada} - \sum \text{Saída} \quad (2)$$

Foram consideradas também, perdas de massa em todas as etapas do processo, pois dificilmente o sistema operará com 100% de eficiência. Assim, as perdas foram consideradas para com isso se aproximar mais de um sistema real e não ideal.

Para se realizar os cálculos do balanço de energia, segundo Incropera (2007) e Welty (2008), utilizou-se o conceito de que a variação de energia em um sistema depende não só do calor trocado entre o mesmo e a vizinhança, como também do trabalho recebido ou exercido por este. Além destes dois fatores, há também a energia transportada pelas massas que escoam nos volumes de controle, as quais carregam energia consigo na forma de energia cinética, potencial e entalpia. Ao longo do projeto, fez-se a consideração de que as energias cinética e potencial em cada setor, quando comparadas à troca de calor e ao trabalho dos equipamentos, são desprezíveis. Além disso, tem-se que não há nenhum tipo de reação química ao longo dos processos, exceto pela fermentação. Logo, o balanço final de energia a ser utilizado resultou de maneira generalizada em:

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} + \dot{W} + \sum_e (\dot{m}_e \cdot h_e) - \sum_s (\dot{m}_s \cdot h_s) \quad (3)$$

Sendo:

- $\frac{dE}{dt}$ : taxa de variação de energia do sistema (kJ/h);
- $\dot{Q}$ : taxa de calor transferido através do volume de controle (kJ/h);
- $\dot{W}$ : taxa de trabalho através do volume de controle (kJ/h);
- $\dot{m}_e$ : vazão mássica de entrada (kg/h);
- $\dot{m}_s$ : vazão mássica de saída (kg/h);
- $h_e$ : entalpia do fluido na entrada do volume de controle (kJ/kg);
- $h_s$ : entalpia do fluido na saída do volume de controle (kJ/kg).

Já a quantidade de calor trocado pode ser calculada pela equação abaixo:

$$\dot{Q} = \dot{m}_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T \quad (4)$$

Em que os termos são:

- $\dot{m}_i$ : vazão mássica na corrente i (kg/h);
- $C_{p_i}$ : capacidade calorífica da substância na corrente i (kJ/kg.°C);
- $\Delta T$ : variação de temperatura ao longo do processo (°C).

Para os casos onde há mudança de fase, deve-se utilizar o calor latente de vaporização da substância. Como em troca de fases não há variação de temperatura, a equação se torna:

$$\dot{Q} = \dot{m}_i \cdot \lambda_i \quad (5)$$

Para esta equação, o termo  $\lambda$  se refere ao calor latente de vaporização, enquanto  $\dot{m}_i$  corresponde à quantidade de massa da substância que foi vaporizada.

## A.2 Balanço energético da moenda

A moenda de cana pode ter seu consumo energético expresso através das equações desenvolvidas por Lehky (1937). Primeiro, deve-se estabelecer os parâmetros utilizados nos cálculos. Estes são:

- Q: carga hidráulica no equipamento (ton);
- D: diâmetro dos cilindros (m);
- L: comprimento do rolo (m);
- n: número de rotações por minuto (rpm);
- P: potência de ativação da moenda (cv).

Com os parâmetros definidos, utiliza-se a fórmula para o cálculo da carga hidráulica. Esta se dá pela Equação 6, abaixo.

$$Q = 687,5 \cdot D^2 - 10 \quad (6)$$

Com a carga hidráulica calculada, pode-se utilizar a Equação 7 para se obter o valor da potência de ativação da moenda.

$$P = D \cdot n \cdot \left( 0,1 \cdot D^{\frac{1}{2}} + 0,0638 \cdot Q + 4,08 \cdot L \right) \quad (7)$$

A potência é dada na unidade de cavalo-vapor. Para melhor compreensão de valores, faz-se a conversão para kJ/h utilizando os seguintes fatores:

- 1 cv = 735,5 W
- 1 W = 3,6  $\frac{kJ}{h}$

### A.3 Balanço energético da evaporação

A evaporação consiste na concentração de uma solução por meio da vaporização ou ebulição do solvente. Para reduzir o consumo de energia, evaporadores podem ser associados entre si de forma que o vapor gerado em um módulo possa ser utilizado para alimentar os próximos módulos, o que configura um sistema de evaporadores de múltiplos efeitos (EME) (FOUST *et al.*, 1982).

Para isso, adotou-se um sistema com queda de pressão em cada módulo. Com isso foram feitas as etapas descritas a seguir:

#### A.3.1 Determinação da queda de pressão global

A partir da concentração e da temperatura do efeito atual, que são conhecidas, é possível determinar a pressão do efeito posterior por meio das tabelas termodinâmicas. Assim, é possível determinar a queda de pressão global conforme a Equação 8.

$$\Delta P = P_{inicial} - P_{final} \quad (8)$$

Onde  $P_{inicial}$  refere-se à pressão de alimentação do vapor no primeiro efeito e  $P_{final}$  à pressão no efeito posterior.

#### A.3.2 Determinação da quantidade total de vapor a ser retirada da solução

A partir do balanço geral e da concentração de sólidos, é possível determinar a quantidade total de vapor a ser retirada da solução, como apresentado na Equação 9.

$$F = L_3 + V_3$$

$$F \cdot x_f = L_3 \cdot x_3 \quad (9)$$

Onde  $F$  é a vazão mássica da alimentação,  $x_f$  é a concentração de sólidos solúveis da alimentação e  $x_3$  é a concentração de sólidos solúveis do último efeito.

Assume-se, na primeira iteração, que a quantidade de vapor total se divide igualmente nos  $n$  efeitos. Dessa forma, pela Equação 10:

$$V_1 + V_2 + V_3 = \frac{V_T}{3} \quad (10)$$

### A.3.3 Determinação da vazão mássica de solução em cada módulo

Ao realizar um balanço material em cada módulo é possível obter a vazão mássica de solução e a concentração de sólidos solúveis em cada etapa pelas seguintes equações. Para o primeiro módulo tem-se:

$$F = L_1 + V_1$$

$$F_i \cdot x_F = L_1 \cdot x_1$$

Para o segundo módulo:

$$L_1 = L_2 + V_2$$

$$L_1 \cdot x_1 = L_2 \cdot x_2$$

Para o terceiro módulo:

$$L_2 = L_3 + V_3$$

$$L_2 \cdot x_2 = L_3 \cdot x_3$$

### A.3.4 Determinação da queda de temperatura em cada efeito

Os coeficientes globais foram determinados de acordo com Erwin (2016), em que  $U_1$ ,  $U_2$  e  $U_3$ , foram respectivamente 4000, 4500, 5500. Para tal, somente as resistências do escoamento interno e externo a calandra e a resistência condutiva foram consideradas. O material de construção foi o aço inox, o fluido interno vapor, o fluido externo a solução a ser evaporada, e por fim considerou-se o sistema como sem incrustações e o trocador de calor do tipo casco-tubo.

A variação de temperatura em cada módulo pode ser descrita através da Equação 11.

$$\Delta T_n = \frac{\frac{1}{U_n}}{\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \frac{1}{U_3}} \cdot \Delta T_{global} \quad (11)$$

### A.3.5 Determinação do Cp das correntes em cada efeito

Para determinar o Cp das correntes, fez-se uso da Equação 12.

$$Cp_{caldo} = (1 - 0,006 \cdot x_n) \cdot 4,18 \quad (12)$$

Onde o  $x_n$  é a concentração de sólidos solúveis (°Brix) em cada efeito.

### A.3.6 Determinação das entalpias em fase líquida de cada efeito

Para determinar esse parâmetro, utilizou-se da Equação 13.

Onde  $h_i$  é a entalpia em cada efeito (kJ/kg),  $Cp_i$  é o Cp calculado na etapa A.3.5 e o  $T_i$  é a temperatura em cada efeito determinada pela etapa A.3.4.

$$h_i = Cp_i \cdot T_i \quad (13)$$

Após todas essas etapas, aplicou-se nos balanços de energia e calculou-se simultaneamente. Por fim, fez-se cálculos até as áreas de trocas térmicas convergirem com um desvio de 5% ou menos entre cada processo iterativo.

#### A.4 Balanço energético da fermentação

Para o caso das dornas de fermentação, tem-se a reação de formação de etanol, a qual libera quantidades consideráveis de calor por conta de ser uma reação exotérmica. O calor liberado pela reação é de -196,46 kJ/mol. A reação é descrita da seguinte maneira:



Para isso, o termo de taxa de calor liberado pela reação foi calculada pela equação abaixo:

$$\dot{Q} = X \cdot \dot{n} \cdot \Delta H_{rx} \quad (15)$$

Em que:

- X: fração de açúcares convertida na reação;
- $\dot{n}$ : vazão molar do mosto (mol/h);
- $\Delta H_{rx}$ : variação de entalpia da reação (kJ/mol).

## A.5 Balanços de massa e de energia da destilação

Para a etapa de destilação, algumas equações foram utilizadas a fim de calcular as condições operacionais e vazões referentes às duas torres utilizadas pela Real, por meio do balanço de massa. Além disso, considerou-se uma mistura binária, operação em regime permanente e pressão constante, para assim facilitar os cálculos realizados. Com isso, as principais equações utilizadas estão dispostas a seguir. A primeira delas representada abaixo trata-se da equação do balanço global das torres.

$$F = D + B \quad (16)$$

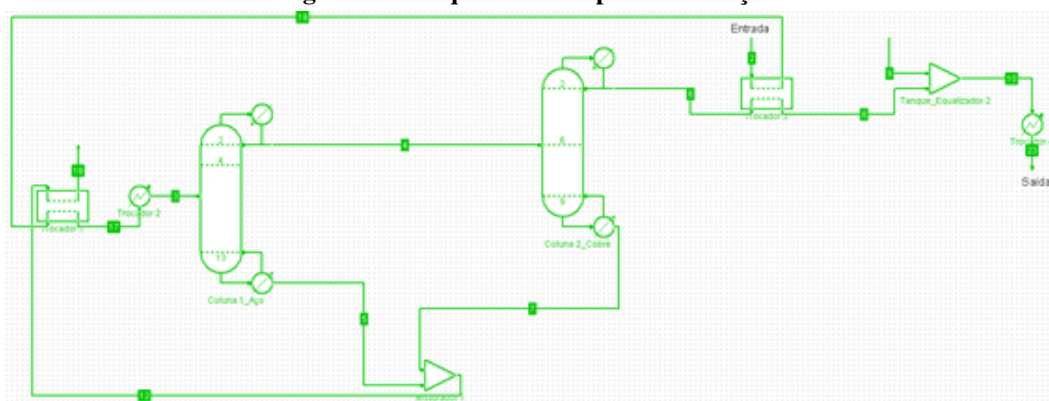
Tendo  $F$  como a vazão mássica de alimentação que entra na coluna,  $D$  a vazão mássica de destilado no topo da coluna e  $B$  a vazão mássica de produto de fundo. Já para o balanço por componente, a Equação 17 foi utilizada.

$$F \cdot x_f = D \cdot x_d + B \cdot x_b \quad (17)$$

Sendo respectivamente  $x_f$ ,  $x_d$  e  $x_b$  as frações mássicas de etanol na alimentação, no topo da coluna e na base.

Além disso, a fim de se promover maior otimização do processo, considerou-se nas duas torres a condição de temperatura de bolha na alimentação. Todos os cálculos realizados nesta etapa foram feitos com o auxílio do software livre COCO (CAPEOPEN to CAPEOPEN), realizando também integrações energéticas do processo. Na Figura 36, está representado o esquema elaborado no software.

**Figura 36 – Esquema da etapa de destilação.**

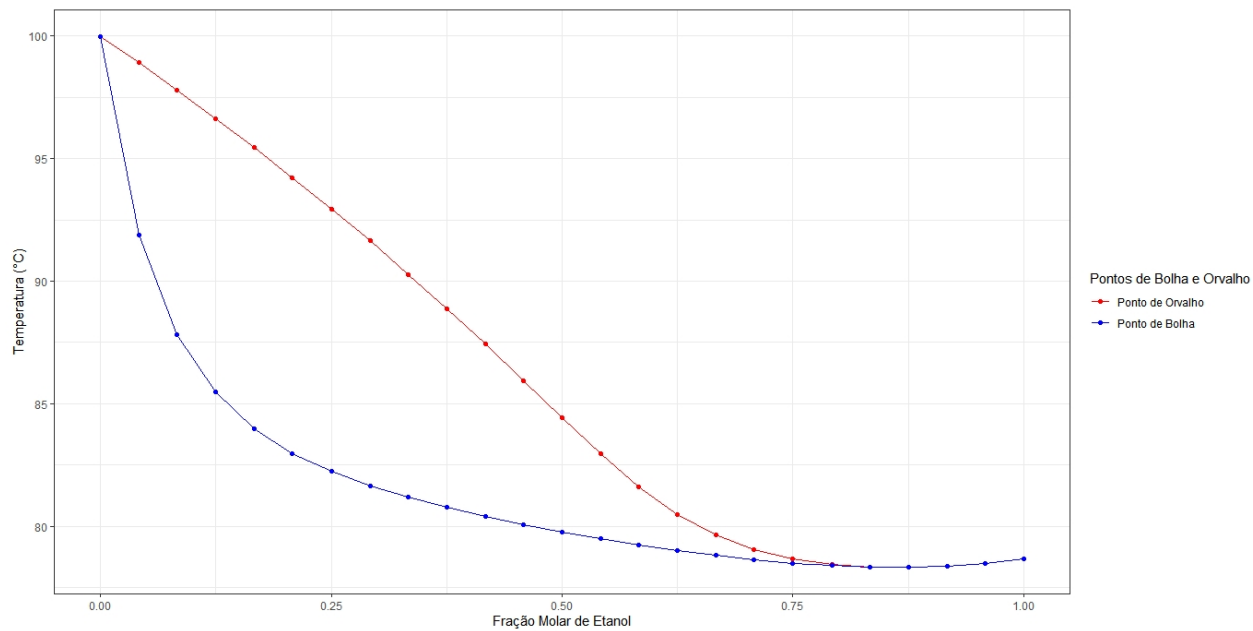


**Fonte: Autoria própria (2022).**

As temperaturas de alimentação obtidas para cada coluna encontradas foram de 93,14°C para a primeira e 82,49°C para a segunda. Todos os valores restantes, foram calculados pelo próprio programa, como cargas térmicas dos condensadores e refeedores, e valores de con-

centração na saída do processo. Foi plotado o diagrama composição etanol/água, que também pôde ser utilizado para algumas análises, sendo este representado abaixo na Figura 37.

**Figura 37 – Diagrama de composição etanol/água.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**



## **APÊNDICE B – Dimensionamento da indústria**

## B.1 Áreas de Troca Térmica dos Trocadores de Calor

Na obtenção das áreas de troca térmica nos trocadores de calor, foi utilizada a equação descrita por Incropera (2008), da taxa de transferência de calor total, considerando que os trocadores utilizados pela real serão do tipo casco e tubo de escoamento em contracorrente com os valores do coeficiente global de troca térmica já descritos anteriormente obtidos através da literatura, e a taxa de transferência de calor total já calculada através dos balanços de energia. Os cálculos foram realizados segundo as equações abaixo.

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T_{ml} \quad (18)$$

Os termos da equação são:

- $q$ : calor trocado no processo (kJ/h);
- $U$ : coeficiente global de troca térmica ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ );
- $A$ : área de troca térmica ( $\text{m}^2$ );
- $\Delta T_{ml}$ : diferença logarítmica média de temperatura ( $^\circ\text{C}$ ).

Sendo:

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \left( \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)} \quad (19)$$

Onde, para trocadores tipo contracorrente:

- $\Delta T_1 = T_{q,entra} - T_{f,sai}$
- $\Delta T_2 = T_{q,sai} - T_{f,entra}$

A área de troca térmica foi encontrada a partir da Equação 20.

$$A = \frac{q}{U \cdot \Delta T_{ml}} \quad (20)$$

Já para a obtenção da quantidade de vazão de vapor de água e de água resfriada utilizados para a transferência de calor, foi utilizada a relação de Incropera (2008), a partir dos balanços globais de energia dos fluidos quente e frio. Admitindo-se um calor específico constante e considerando-se que não há mudança de fase, as vazões mássicas foram encontradas seguindo as equações a seguir:

$$\dot{m}q = \frac{q}{c_{p,q} \cdot (T_{q,entra} - T_{q,sai})} \quad (21)$$

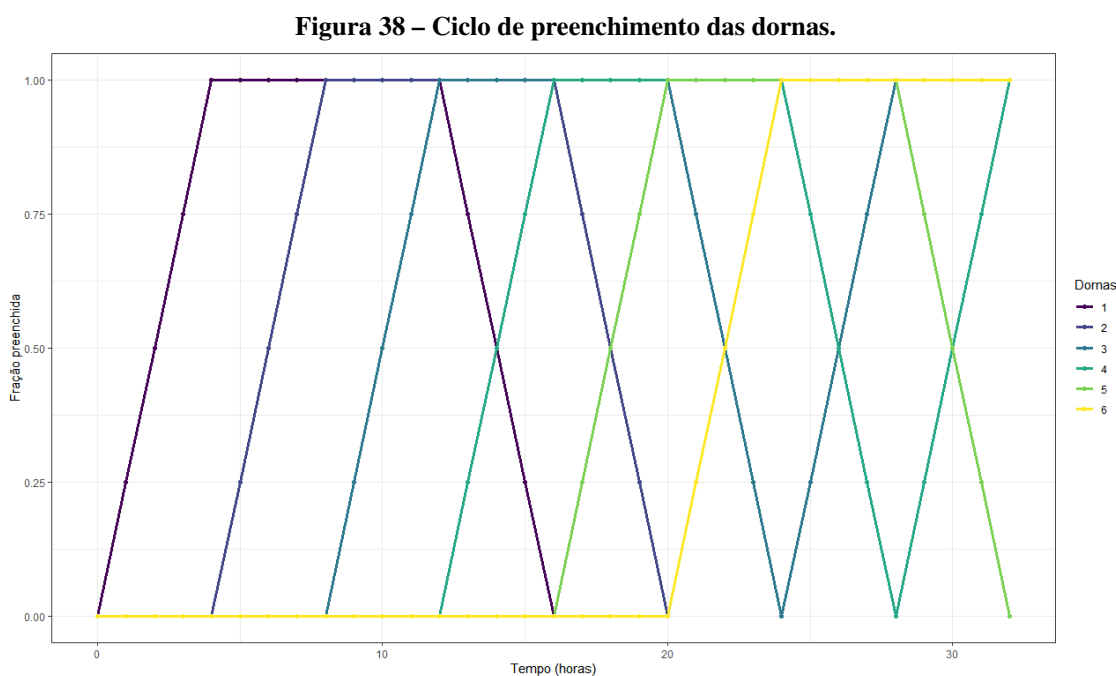
$$\dot{m}_f = \frac{q}{c_{p,f} \cdot (T_{f,entra} - T_{f,sai})} \quad (22)$$

Neste caso,  $\dot{m}_q$  e  $\dot{m}_f$  são as vazões mássicas de fluido quente e frio. Já  $c_{p,q}$  e  $c_{p,f}$  são as capacidades caloríficas dos fluidos quente e frio, respectivamente.

## B.2 Determinação do número de dornas de fermentação

Sabe-se que, durante o processo de fermentação, tem-se três etapas distintas: o enchimento da dorna, a fermentação com volume constante e o esvaziamento da mesma. As etapas possuem duração de 4, 8 e 4 horas, respectivamente. Para que a Real tenha um processo fermentativo contínuo, fez-se a consideração de que há um número específico de dornas que pode ser determinado tal que, quando a primeira dorna começar a ser esvaziada, a dorna seguinte passa a ter seu volume útil preenchido. Isso faz com que o processo não possua intervalos de tempo sem operação alguma.

Os tempos das transições de ciclos, ou seja, de enchimento e de esvaziamento, são iguais para cada dorna, 4 horas. Sendo assim, o número necessário de dornas é aquele que, quando multiplicado pelo tempo de transição de cada ciclo, resulta em 24 horas de operação. Com isso, fica evidente que o número necessário de dornas é 6. A Figura 38 ilustra o exemplo com maior clareza.



Fonte: Autoria própria (2022).

## **APÊNDICE C – Bases de Cálculos Financeiros**

**Figura 39 – Despesas com colaboradores.**

Cargo	Quantidade de pessoa	Salário	FGTS (8%)	Vale transporte	Vale refeição (10%)	INSS	Adicional noturno	13º Salário	Custo anual
Presidente	1	R\$ 42.000,00	R\$ 3.360,00	R\$ 132,00	R\$ 4.200,00	R\$ 5.880,00	R\$ -	R\$ 30.853,66	R\$ 697.717,66
Diretor Financeiro	1	R\$ 6.528,00	R\$ 522,24	R\$ 132,00	R\$ 652,80	R\$ 913,92	R\$ -	R\$ 5.136,46	R\$ 110.123,98
Diretor Industrial	1	R\$ 10.000,00	R\$ 800,00	R\$ 132,00	R\$ 1.000,00	R\$ 1.400,00	R\$ -	R\$ 7.653,66	R\$ 167.637,66
Diretor Administrativo	1	R\$ 8.567,49	R\$ 685,40	R\$ 132,00	R\$ 856,75	R\$ 1.199,45	R\$ -	R\$ 6.614,74	R\$ 143.907,78
Diretor de Vendas	1	R\$ 18.686,88	R\$ 1.494,95	R\$ 132,00	R\$ 1.868,69	R\$ 2.616,16	R\$ -	R\$ 13.951,65	R\$ 311.535,83
Diretor de Marketing	1	R\$ 3.218,00	R\$ 257,44	R\$ 132,00	R\$ 321,80	R\$ 386,16	R\$ -	R\$ 2.789,22	R\$ 54.574,02
Gerente Adimistrativo	1	R\$ 4.118,13	R\$ 329,45	R\$ 132,00	R\$ 411,81	R\$ 576,54	R\$ -	R\$ 3.470,17	R\$ 70.285,35
Gerente de Produção	1	R\$ 4.079,38	R\$ 326,35	R\$ 132,00	R\$ 407,94	R\$ 571,11	R\$ -	R\$ 3.440,85	R\$ 69.642,23
Gerente de Vendas	1	R\$ 3.503,90	R\$ 280,31	R\$ 132,00	R\$ 350,39	R\$ 420,47	R\$ -	R\$ 3.005,50	R\$ 59.250,34
Diretor de Manutenção industrial	1	R\$ 7.979,57	R\$ 638,37	R\$ 132,00	R\$ 797,96	R\$ 1.117,14	R\$ -	R\$ 6.188,85	R\$ 134.169,24
Contador	1	R\$ 7.272,00	R\$ 581,76	R\$ 132,00	R\$ 727,20	R\$ 1.018,08	R\$ -	R\$ 5.675,86	R\$ 122.448,34
Advogado	1	R\$ 4.483,84	R\$ 358,71	R\$ 132,00	R\$ 448,38	R\$ 627,74	R\$ -	R\$ 3.728,86	R\$ 76.336,89
Analista de Qualidade	3	R\$ 3.206,00	R\$ 256,48	R\$ 132,00	R\$ 320,60	R\$ 384,72	R\$ 641,20	R\$ 2.780,14	R\$ 62.072,14
Supervisor de Produção	3	R\$ 4.000,00	R\$ 320,00	R\$ 132,00	R\$ 400,00	R\$ 560,00	R\$ 800,00	R\$ 3.380,80	R\$ 77.924,80
Vendedor	1	R\$ 2.270,47	R\$ 181,64	R\$ 132,00	R\$ 227,05	R\$ 170,29	R\$ -	R\$ 9.162,24	R\$ 44.939,52
Médico	3	R\$ 16.106,38	R\$ 1.288,51	R\$ 132,00	R\$ 1.610,64	R\$ 2.254,89	R\$ 3.221,28	R\$ 12.080,79	R\$ 307.445,16
Enfermeira	3	R\$ 4.750,00	R\$ 380,00	R\$ 132,00	R\$ 475,00	R\$ 665,00	R\$ 950,00	R\$ 3.912,44	R\$ 92.136,44
Tecnico em Segurança no Trabalho	3	R\$ 2.875,00	R\$ 230,00	R\$ 132,00	R\$ 287,50	R\$ 345,00	R\$ 575,00	R\$ 2.562,83	R\$ 55.896,83
Engenheiro Químico	3	R\$ 6.956,27	R\$ 556,50	R\$ 132,00	R\$ 695,63	R\$ 973,88	R\$ 1.391,25	R\$ 5.446,96	R\$ 133.913,32
Químico	1	R\$ 3.878,23	R\$ 310,26	R\$ 132,00	R\$ 387,82	R\$ 542,95	R\$ -	R\$ 3.288,68	R\$ 66.303,84
Colaboradores	60	R\$ 2.750,00	R\$ 220,00	R\$ 132,00	R\$ 275,00	R\$ 330,00	R\$ 550,00	R\$ 2.457,61	R\$ 2.948.496,60
Estagiário	1	R\$ 1.310,00	R\$ 104,80	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 16.977,60
Vigilante	3	R\$ 3.200,00	R\$ 256,00	R\$ 132,00	R\$ 320,00	R\$ 384,00	R\$ 640,00	R\$ 2.775,60	R\$ 61.959,60
Porteiro	3	R\$ 1.448,40	R\$ 115,87	R\$ 132,00	R\$ 144,84	R\$ 108,63	R\$ 289,68	R\$ 1.332,53	R\$ 28.205,59
<b>Total de Funionários</b>	<b>99</b>							<b>Total</b>	<b>R\$ 5.913.900,77</b>

Fonte: Autoria própria (2022).

**Tabela 37 – Custo mensal e anual dos EPI's.**

Equipamentos de Proteção Individual - EPI	Valor da Unidade	Quantidade	Valor Total
Luva de Raspa	R\$ 9,68	R\$ 20,00	R\$ 193,60
Luva Nítrica	R\$ 3,20	R\$ 500,00	R\$ 1.600,00
Óculos de Proteção	R\$ 5,90	R\$ 200,00	R\$ 1.180,00
Cinto PQD	R\$ 300,00	R\$ 10,00	R\$ 3.000,00
Abafador de Ruídos	R\$ 21,00	R\$ 120,00	R\$ 2.520,00
Capacete de Segurança	R\$ 20,50	R\$ 120,00	R\$ 2.460,00
Botas Anti Derrapante	R\$ 120,00	R\$ 120,00	R\$ 14.400,00
		Total mensal	R\$ 25.353,60
		Total anual	R\$ 304.243,20

**Fonte: Autoria própria (2022).**

**Tabela 38 – Custos com frete.**

Fator	Preço
R\$/t	R\$ 30,00
Carga (t)	57
Valor por viagem	R\$ 1.710,00
Carga de cana no dia	254880
Viagens no dia	5
Custos total por dia	R\$ 8.550,00
Custo anual	R\$ 2.052.000,00

**Fonte: Autoria própria (2022).**

**Figura 40 – Fluxo de caixa da empresa.**

Ano	Receita bruta	Impostos	Custo Fixo	Custo Variável	Construção do terreno	Custo Equipamentos	Capital de giro	Amortização	Juros do Financiamento	Depreciação	Lucro
0	R\$ -	R\$ -	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	-R\$ 38.583.640,00	-R\$ 89.677.930,37	-R\$ 90.468.266,08	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 460.618.930,75
1	R\$ 528.835.670,45	-R\$ 244.057.661,91	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 53.496.777,78	-R\$ 51.471.000,00	-R\$ 18.655.586,07	-R\$ 541.353.380,36
2	R\$ 739.219.670,45	-R\$ 344.845.976,27	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 53.496.777,78	-R\$ 57.632.078,70	-R\$ 18.655.586,07	-R\$ 518.653.223,02
3	R\$ 884.183.738,25	-R\$ 412.471.713,89	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 53.496.777,78	-R\$ 51.228.514,40	-R\$ 18.655.586,07	-R\$ 412.211.171,21
4	R\$ 884.183.738,25	-R\$ 412.471.713,89	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 53.496.777,78	-R\$ 44.824.950,10	-R\$ 18.655.586,07	-R\$ 293.365.555,11
5	R\$ 884.183.738,25	-R\$ 412.471.713,89	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 53.496.777,78	-R\$ 38.421.385,80	-R\$ 18.655.586,07	-R\$ 180.116.374,70
6	R\$ 884.183.738,25	-R\$ 412.471.713,89	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 53.496.777,78	-R\$ 32.017.821,50	-R\$ 18.655.586,07	-R\$ 54.463.629,99
7	R\$ 884.183.738,25	-R\$ 412.471.713,89	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 53.496.777,78	-R\$ 25.614.257,20	-R\$ 18.655.586,07	R\$ 77.592.679,01
8	R\$ 884.183.738,25	-R\$ 412.471.713,89	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 53.496.777,78	-R\$ 19.210.692,90	-R\$ 18.655.586,07	R\$ 216.052.552,32
9	R\$ 884.183.738,25	-R\$ 412.471.713,89	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 53.496.777,78	-R\$ 12.807.128,60	-R\$ 18.655.586,07	R\$ 360.915.989,93
10	R\$ 884.183.738,25	-R\$ 412.471.713,89	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 53.496.777,78	-R\$ 6.403.564,30	-R\$ 18.655.586,07	R\$ 512.182.991,83
11	R\$ 884.183.738,25	-R\$ 412.471.713,89	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 18.655.586,07	R\$ 723.350.335,82
12	R\$ 884.183.738,25	-R\$ 412.471.713,89	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 18.655.586,07	R\$ 934.517.679,80
13	R\$ 884.183.738,25	-R\$ 412.471.713,89	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 18.655.586,07	R\$ 1.145.685.023,79
14	R\$ 884.183.738,25	-R\$ 412.471.713,89	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 18.655.586,07	R\$ 1.356.852.367,77
15	R\$ 884.183.738,25	-R\$ 412.471.713,89	-R\$ 7.160.235,83	-R\$ 234.728.858,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 18.655.586,07	R\$ 1.568.019.711,76

**Fonte: Autoria própria (2022).**