

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ANELIZE GOBETTE VIEIRA

FABIANO FANTINI FILHO

GIOVANA DE ALBACETA GOMES DEMETRIO

GUSTAVO DOS SANTOS MARCELINO

LEONARDO DA SILVA ARAUJO

ÂMAGO: INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS

APUCARANA

2022

ANELIZE GOBETTE VIEIRA
FABIANO FANTINI FILHO
GIOVANA DE ALBACETA GOMES DEMETRIO
GUSTAVO DOS SANTOS MARCELINO
LEONARDO DA SILVA ARAUJO

ÂMAGO: INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS

ÂMAGO: COSMETICS INDUSTRY

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

Orientadora: Prof.^a Dra. Ana Claudia Ueda.

Coorientadora: Caroline Franco Carbuloni.

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

ÂMAGO - INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS

Âmago: Cosmetics Industry

Por

Anelize Gobette Vieira

Fabiano Fantini Filho

Giovana de Albaceta Gomes Demetrio

Gustavo dos Santos Marcelino

Leonardo da Silva Araujo

Monografia apresentada às 10 horas do dia 29 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. Caroline Casagrande Sipoli (UTFPR)	Membro
Profa. Dra. Maraísa Lopes de Menezes (UTFPR)	Membro
Profa. Dra. Ana Cláudia Ueda (UTFPR)	Orientador



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **ANA CLAUDIA UEDA, PROFESSOR(A) ORIENTADOR(A)**, em (at) 29/11/2022, às 13:16, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-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) **CAROLINE CASAGRANDE SIPOLI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 29/11/2022, às 13:26, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-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) 29/11/2022, às 14:23, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-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, informando o código verificador (informing the verification code) **3143775** e o código CRC (and the CRC code) **6AE6A88B**.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer, primeiramente, a todo corpo docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Apucarana, por poder nos proporcionar um ensino público e de qualidade, em especial a nossa orientadora prof^ª Dr^ª Ana Claudia Ueda, que nos forneceu todo suporte necessário para a realização desta dissertação e a banca examinadora, prof^ª Dr^ª Caroline Casagrande Sipoli e prof^ª Dr^ª Maraisa Lopes de Menezes, por todas as correções e ensinamentos. A nossa coorientadora, Caroline Franco Carbuloni, por transmitir todo seu conhecimento na área de cosméticos, cooperando, assim, na realização deste trabalho.

Gostaríamos de agradecer, também, a todos os familiares de cada um dos integrantes desta monografia, pelo incentivo, confiança, amor e compreensão, e a todos os amigos que puderam nos acompanhar durante nossa trajetória, nos dando suporte e aconchego durante os novos desafios da vida.

RESUMO

A sustentabilidade tem como alicerce o desenvolvimento humano, incluindo melhorar o relacionamento entre pessoas e a natureza. Desta maneira, o ramo de cosméticos naturais surge para substituir os produtos de origem animal. A área de produtos naturais está em um dos seus momentos mais promissores, passando por constantes inovações e crescimento ao longo dos últimos anos. Adicionalmente, foi impactada diretamente pela pandemia, com o aumento do consumo de produtos higiênicos contra a COVID-19. Vendo o futuro próspero desse setor, a Âmago atuará como empresa de pequeno porte, com produção e comercialização de produtos naturais em território brasileiro, sendo eles: sabonete corporal, água floral e óleo essencial de laranja. A elaboração deste projeto industrial teve como objetivo apresentar um histórico do setor, análise de mercado, descrição e fluxograma das etapas, balanço material e energético, tratamento dos resíduos gerados, dimensionamento dos equipamentos e análise financeira. Serão produzidas 447.472 unidades de sabonete de 100g, 58.101 frascos de óleo essencial de laranja de 10 mL e 219.837 frascos de água floral ou hidrolato de 200 mL. A casca da laranja será o coração da empresa, dando origem ao óleo essencial, que estará presente em todos os produtos, com a intenção de proporcionar leveza e segurança tanto para os clientes, quanto para o planeta. A empresa está localizada, estrategicamente, no centro-leste paulista, em Araraquara, com uma planta de 4.000 m², região de grande desenvolvimento da citricultura, principalmente da laranja, e pela extensa malha rodoviária, escoando produtos para todo o Brasil. Mediante a proposta do empreendimento, conclui-se que a proposta do presente projeto é financeiramente viável, comprovado pelo Valor Presente Líquido (VPL) positivo e uma Taxa Interna de Retorno (TIR) superior a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), com o retorno do investimento entre o 3º e 4º ano.

Palavras-chave: sabonete; laranja; óleos essenciais; sustentabilidade.

ABSTRACT

Sustainability is based on human development, including improving the relationship between people and nature. In this way, the branch of natural cosmetics appears to replace products of animal origin. The area of natural products is in one of its most promising moments, undergoing constant innovation and growth over the last few years. Additionally, it was directly impacted by the pandemic, with the increased consumption of hygiene products against COVID-19. Seeing the prosperous future of this sector, Âmago will operate as a small company, producing and selling natural products in Brazil, namely: body soap, floral water and orange essential oil. The elaboration of this industrial project aimed to present a history of the sector, market analysis, description and flowchart of the steps, material and energy balance, treatment of generated waste, equipment sizing and financial analysis. 447,472 units of 100g soap, 58,101 10 mL bottles of orange essential oil and 219,837 200 mL bottles of floral water or hydrosol will be produced. The orange peel will be the heart of the company, giving rise to the essential oil, which will be present in all products, with the intention of providing lightness and safety for both customers and the planet. The company is strategically located in the center-east of São Paulo, in Araraquara, with a 4,000 m² plant, a region of great development in citrus growing, mainly oranges, and due to the extensive road network, transporting products throughout Brazil. Through the proposal of the enterprise, it is concluded that the proposal of the present project is financially viable, proven by the positive Net Present Value (NPV) and an Internal Rate of Return (IRR) superior to the Minimum Rate of Attractiveness (TMA), with the return of the investment between the 3rd and 4th year.

Keywords: toilet soap; oranges; essential oils; sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Método de hidrodestilação	19
Figura 2 - Reação de saponificação	20
Figura 3 - Localização de Araraquara	22
Figura 4 - Logomarca da empresa	24
Figura 5 - Organograma da Âmago	25
Figura 6 - Embalagem do sabonete	27
Figura 7 - Embalagem do óleo essencial de laranja	28
Figura 8 - Embalagem do hidrolato	28
Figura 9 - <i>Process Flow Diagram</i>	29
Figura 10 - Processo de mistura dos óleos	32
Figura 11 - Preparação da solução de NaOH	33
Figura 12 - Etapa de saponificação.....	34
Figura 13 - Etapa de adição do óleo essencial.....	36
Figura 14 - Etapa de extrusão, corte e prensagem.....	37
Figura 15 - Etapa de lavagem das cascas	38
Figura 16 - Etapa de trituração	39
Figura 17 - Etapa de extração do óleo essencial.....	40
Figura 18 - Etapa de separação.....	41
Figura 19 - Fluxograma do tratamento da água de lavagem das cascas.....	44
Figura 20 - Fluxograma do tratamento da água de lavagem das cascas.....	45
Figura 21 - Tanque de armazenamento de água	46
Figura 22 - Tanque de armazenamento dos óleos	47
Figura 23 - Tanque de armazenamento do NaOH.....	47
Figura 24 - Tanque de armazenamento das cascas de laranja	48
Figura 25 - Bomba helicoidal	49
Figura 26 - Tanque de mistura do NaOH	49
Figura 27 - Reator de saponificação	50
Figura 28 - Extrusora.....	51
Figura 29 - Cortadora	52
Figura 30 - Prensa.....	52
Figura 31 - Empacotadora	53
Figura 32 - Tanque de lavagem das cascas.....	54
Figura 33 - Transportador de corrente <i>Redler</i>	54
Figura 34 - Liquidificador industrial	55
Figura 35 - Hidrodestilador	56
Figura 36 - Tanque decantador.....	56
Figura 37 - Envasadora de OE e hidrolato	57
Figura 38 - Tanque de armazenamento da água de lavagem das cascas	58
Figura 39 - Peneira estática	58
Figura 40 - Decantador.....	59
Figura 41 - Tanque de armazenamento da água tratada	59
Figura 42 - Tanque de equalização.....	60
Figura 43 - Caixa separadora de gordura.....	61
Figura 44 - Tanque de aeração	61
Figura 45 - Torre de resfriamento.....	62
Figura 46 - Painéis fotovoltaicos	63
Figura 47 - Terreno para a construção da Âmago	64

Figura 48 - Layout	65
Figura 49 - Fluxo de caixa	72
Figura 50 - Ponto de equilíbrio	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Balanço de massa por componente para a mistura dos óleos.....	33
Tabela 2 - Balanço de massa por componente para a solução de NaOH	34
Tabela 3 - Balanço de massa por componente para a etapa de saponificação.....	35
Tabela 4 - Balanço de massa por componente para a adição do OE	36
Tabela 5 - Vazão mássica total para as correntes finais da produção do sabonete.....	37
Tabela 6 - Balanço de massa por componente para a lavagem das cascas.....	39
Tabela 7 - Balanço de massa por componente para as correntes do triturador	39
Tabela 8 - Balanço de massa por componente para as correntes de extração do OE.....	41
Tabela 9 - Balanço de massa por componente para as correntes do separador	42
Tabela 10 - Dimensionamento do tanque de água.....	46
Tabela 11 - Dimensionamento dos tanques dos óleos	47
Tabela 12 - Dimensionamento do tanque de armazenamento de NaOH.....	48
Tabela 13 - Dimensionamento do tanque de armazenamento cascas de laranja	48
Tabela 14 - Especificações da bomba.....	49
Tabela 15 - Dimensionamento do tanque de mistura do NaOH.....	49
Tabela 16 - Dimensionamento do tanque de mistura dos óleos	50
Tabela 17 - Dimensionamento do reator de saponificação.....	50
Tabela 18 - Dimensionamento do tanque de adição do OE	51
Tabela 19 - Dados da extrusora	51
Tabela 20 - Dados da cortadora.....	52
Tabela 21 - Dados da prensa.....	52
Tabela 22 - Dados da empacotadora.....	53
Tabela 23 - Dimensionamento do tanque de lavagem das cascas	54
Tabela 24 - Transportador de corrente <i>Redler</i>	54
Tabela 25 - Dimensionamento do liquidificador industrial.....	55
Tabela 26 - Dimensionamento do hidroddestilador	56
Tabela 27 - Dimensionamento do tanque decantador	57
Tabela 28 - Especificações da envasadora	57
Tabela 29 - Características do tanque de armazenamento da água de lavagem das cascas	58
Tabela 30 - Característica da peneira	58
Tabela 31 - Características do decantador	59
Tabela 32 - Características do tanque de armazenamento da água tratada	60
Tabela 33 - Características do tanque de equalização	60
Tabela 34 - Características da caixa separadora de gordura.....	61
Tabela 35 - Características dos tanques de aeração.....	61
Tabela 36 - Especificações da torre de resfriamento	62
Tabela 37 - Investimento total.....	66
Tabela 38 - Custos fixos anuais.....	67
Tabela 39 - Custos variáveis anuais	67
Tabela 40 - Receita anual da Âmagô.....	68
Tabela 41 - Alíquotas tributárias sobre os produtos	68
Tabela 42 - Financiamento SAC	69
Tabela 43 - Depreciação dos ativos	70
Tabela 44 - DRE.....	71
Tabela 45 - Fluxo de caixa e <i>payback</i> descontado	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivos gerais.....	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	História	14
3.2	Matérias-primas.....	15
3.2.1	Óleos vegetais	15
<u>3.2.1.1</u>	<u>Óleo de oliva.....</u>	<u>16</u>
<u>3.2.1.2</u>	<u>Óleo de coco</u>	<u>16</u>
3.2.2	Óleos essenciais	16
<u>3.2.2.1</u>	<u>Laranja</u>	<u>17</u>
<u>3.2.2.2</u>	<u>Óleo essencial de laranja</u>	<u>17</u>
3.3	Extração do óleo essencial.....	18
3.3.1	Hidrodestilação	18
<u>3.3.1.1</u>	<u>Água floral</u>	<u>19</u>
3.4	Saponificação	19
4	ESTUDO DE MERCADO	21
4.1	Demanda.....	21
4.2	Público-alvo	21
4.3	Localização	22
5	JUSTIFICATIVA	23
6	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	24
6.1	Quem somos?	24
6.2	Missão, visão e valores.....	24
6.3	Organograma	24
6.4	Produtos.....	26
6.4.1	Sabonete.....	26
6.4.2	Óleo essencial de laranja	27
6.4.3	Água floral	27
6.5	Embalagens	27
6.6	Fluxograma do processo produtivo.....	28
7	BALANÇO DE MASSA E ENERGIA DO PROCESSO PRODUTIVO	30

7.1	Balço de massa e energia para o sabonete.....	31
7.2	Balço de massa e energia para o óleo essencial.....	38
7.3	Integração energética	42
8	TRATAMENTO DE RESÍDUOS	43
9	DIMENSIONAMENTO E ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS	46
9.1	Armazenamento	46
9.2	Saponificação	49
9.3	Extração do óleo essencial.....	53
9.4	Tratamento de resíduos.....	57
9.4.1	Água de lavagem das cascas.....	57
9.4.2	Água de lavagem dos equipamentos.....	60
9.5	Utilidades	62
9.5.1	Torre de resfriamento	62
9.5.2	Painéis fotovoltaicos.....	62
10	LAYOUT DA EMPRESA	64
11	ANÁLISE FINANCEIRA	66
11.1	Investimentos.....	66
11.2	Custos fixos.....	66
11.3	Custos variáveis	67
11.4	Capital de giro inicial	67
11.5	Receitas	68
11.6	Cargas tributárias.....	68
11.7	Financiamento.....	69
11.8	Depreciação	69
11.9	Demonstrativo do Resultado de Exercício (DRE).....	70
11.10	Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e <i>payback</i> descontado	72
11.11	Ponto de equilíbrio.....	73
12	CONCLUSÃO.....	75

1 INTRODUÇÃO

Enquanto algumas pessoas assumem que os cosméticos são uma invenção recente, a descoberta mais antiga sobre seu uso data de, aproximadamente, 100 mil anos a.C. Foram encontrados recipientes que continham vestígios de vários pigmentos que, provavelmente, eram usados para as pinturas das cavernas e decoração corporal. Muito mais tarde, os antigos egípcios usaram óleos perfumados e derivados para mascarar odores corporais, limpar e proteger a pele. Já em 3000 a.C., povos oriundos da região da atual Turquia utilizavam cremes feitos de gordura animal. Os gregos pintavam os lábios com uma pasta feita de óxido de ferro. Até mesmo os *vikings* faziam uso da maquiagem (COSMETICS EUROPE, 2021).

Assim sendo, pode-se dizer que os cosméticos acompanham a humanidade há milênios, sempre evoluindo com ela e atendendo às suas necessidades. Já o termo em si possui diferentes definições pelo mundo, podendo ser, genericamente, definido como “qualquer substância ou mistura que tem como finalidade melhorar a aparência ou odor e proteger o corpo humano” (TOLENTINO, 2015).

Atualmente, o mercado de cosméticos apresenta um crescimento contínuo, abrangendo diversos padrões estéticos e culturais, atingindo cada vez mais consumidores. Destacam-se algumas razões do crescimento do setor, como a crescente participação das mulheres no mercado de trabalho, as novas tecnologias de produção adotadas pelas empresas, gerando aumento na produtividade, constante lançamento de novos produtos, a necessidade de conservar uma aparência mais jovem e o aumento do consumo de produtos masculinos (CAPANEMA *et al.*, 2007).

Com a crescente conscientização da população a respeito das questões ambientais e práticas não sustentáveis, novas tecnologias ambientais são desenvolvidas que buscam melhorar a produção, conservando as matérias-primas de forma adequada, reduzindo, assim, o consumo de substâncias tóxicas, desperdícios de recursos naturais e geração de poluição durante o ciclo produtivo (PATRICIO *et al.*, 2019).

Com isso, o presente trabalho tem a finalidade de implementar a indústria de cosméticos Âmagó, focada na produção de sabonetes hidratantes e na extração do óleo essencial da laranja, desde o recebimento da matéria-prima até a expedição, atendendo às necessidades do presente, sem comprometer as possibilidades das gerações futuras.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Projetar uma indústria de cosméticos veganos que seja sustentável e financeiramente viável no cenário atual.

2.2 Objetivos específicos

- Produção de sabonetes naturais e corporais;
- Extração do óleo essencial da laranja;
- Implementação em um local economicamente viável, visando suprir a demanda do mercado de produtos sustentáveis;
- Apresentação do processo produtivo, sendo os balanços de massa e energia;
- Dimensionamento de equipamentos;
- Análise financeira;
- Tratamentos dos resíduos gerados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 7, de 10 de fevereiro de 2015, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), os produtos de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (HPPC) são preparações constituídas de matérias-primas naturais ou sintéticas que podem ser aplicadas em qualquer região do corpo, a fim de higienizar ou melhorar um odor ou aspecto. Sua classificação é de acordo com o nível de risco para o usuário, sua finalidade de uso, formulação, áreas do corpo a que se destinam e cuidados a serem observados durante seu manuseio.

3.1 História

Um dos primeiros relatos sobre o uso de cosméticos foi no Egito Antigo, com o uso de sais de antimônio para pintura dos olhos, também eram utilizadas ceras de abelha e gorduras de origem animal e vegetal para proteção da pele (TOLENTINO, 2015). A rainha Cleópatra representa o símbolo da cosmetologia, conhecida pela vaidade e cultivo da higiene e beleza (TREVISAN, 2011).

Os primeiros a produzirem sabão, para fins de limpeza, foram os gregos e romanos, em meados do século II d.C. Os perfumes foram produzidos em maior quantidade durante a peste negra, período em que os banhos foram proibidos na Europa (TOLENTINO, 2015). Na Idade Média, a Igreja também pregava que os banhos eram algo profano e com isso, a Europa sofreu uma grande represália, contribuindo para a repressão dos cosméticos, período conhecido como “500 anos sem banho”. Enquanto isso, a cosmetologia crescia no Oriente Médio devido aos hábitos higiênicos dos muçulmanos, que prezavam sempre pelo bem-estar (TREVISAN, 2011).

Os benefícios da higiene pessoal cresceram no século XIX com o lançamento do primeiro sabonete, criado em 1878, pela empresa *Procter & Gamble*. Nos anos 50, os incentivos políticos trouxeram empresas multinacionais para o Brasil, com vendas diretas de cosméticos para o público (GALEMBECK; CSORDAS, 2011). Portanto, com os benefícios do banho reconhecidos, a indústria de cosméticos foi impulsionada no século XX (TOLENTINO, 2015).

Contemporaneamente, o uso de diversos novos ingredientes como enzimas, vitaminas e antioxidantes vêm trazendo benefícios à pele. Além das novas tecnologias, o desenvolvimento de produtos naturais, orgânicos e biotecnológicos, que geram menos danos ao meio ambiente, são considerados tendências no mercado (SOUZA, 2015).

3.2 Matérias-primas

As matérias-primas dos cosméticos podem ser divididas em excipientes ou princípios ativos, sendo eles de origem natural, vegetal, mineral ou sintética. Os excipientes são substâncias capazes de melhorar a estabilidade do produto, preservar seu aspecto e suas características físico-químicas, podendo atuar como diluente, lubrificante, conservante, solvente, aromatizante, agente doador de viscosidade, entre outras funções. Já o princípio ativo pode ser uma substância química ou biológica acrescentada à formulação, atuando na barreira cutânea por possuir propriedades anti-inflamatórias, antissépticas, calmantes, cicatrizantes, hidratantes e nutritivas (ALLEMAND; DEUSCHLE, 2019).

Alguns ingredientes presentes nas formulações de produtos cosméticos podem gerar doenças de pele, nos rins e nos fígados, alergias, desidratação, danos ao organismo, ao meio ambiente e às membranas celulares, obstruindo os poros e dificultando a respiração celular da pele. Substâncias como fragrâncias, parabenos e conservantes também devem ser evitadas ou substituídas (RODRIGUES, 2021; PALAVRO *et al.*, 2018).

3.2.1 Óleos vegetais

Desde os primórdios da história humana, os óleos vegetais e seus derivados eram utilizados em alimentos, cosméticos, lubrificantes e tintas. Atualmente, a maior parte da produção de óleos vegetais está voltada, principalmente, para o setor alimentício, porém, também é importante ressaltar a utilização dos óleos como fonte energética. Além dos derivados de oleaginosas serem biodegradáveis, são de qualidade superior aos derivados do petróleo. Estima-se que a oleoquímica deverá substituir a petroquímica nas próximas décadas, com o Brasil em destaque na área (GAUTO; ROSA, 2013).

Os triésteres são os principais componentes dos óleos, chamados também de triglicerídeos, derivados dos ácidos graxos, podendo ser de origem animal ou vegetal. Possuem de uma a quatro insaturações na cadeia carbônica, são líquidos à temperatura ambiente e insolúveis em água (MATOS, 2015).

Os óleos são obtidos a partir da destilação ou por prensagem, porém, após sua extração, algumas substâncias orgânicas ainda estão presentes. Por exemplo, os tocoferóis estão presentes em pouca quantidade, mas são mantidos, uma vez que possuem propriedades antioxidantes, além de auxiliarem na produção de vitamina E (TOLENTINO, 2015). Os óleos vegetais escolhidos pela Âmago serão os óleos de oliva e coco.

3.2.1.1 Óleo de oliva

O óleo de oliva, proveniente do fruto da *Olea Europea*, possui características que se baseiam em valores de densidade, índice de iodo, saponificação, acidez, entre outras (ANTONIASSI *et al.*, 1998). Um dos principais componentes em termos de ácidos graxos é o ácido oleico, o qual possui propriedades anti-inflamatórias, e possui compostos fenólicos, com propriedades antioxidantes (TRANCOSO, 2017).

Dentre os compostos fenólicos presentes no extrato de oliva estão o tirosol e o hidroxitirosol, os quais apresentam diversas propriedades com potencial aplicação na indústria de cosméticos (RODRIGUES; PIMENTEL; OLIVEIRA, 2015).

3.2.1.2 Óleo de coco

O óleo de coco é rico em ácidos graxos de cadeia média, obtido da espécie *Cocos Nucifera L.* e é usado na prevenção de doenças cardíacas, derrame e endurecimento de artérias. Na farmacologia, é empregado como antioxidante, redutor dos níveis de colesterol e atenuante de doenças da tireoide (FLORIEN, 2018). Por possuir poder cicatrizante e anti-inflamatório, o óleo de coco é utilizado na indústria de cosméticos a fim de proporcionar limpeza em peles oleosas, além de possuir propriedades antivirais, antimicrobianas e antioxidantes (LÚCIO *et al.*, 2012).

3.2.2 Óleos essenciais

Considerado a "alma da planta", o óleo essencial, apesar do nome, é uma substância líquida, não possuindo aspecto oleoso, que se evapora completamente quando em contato com o ar (SILVA, 2018). Proveniente de plantas medicinais e aromáticas, o óleo essencial é um princípio ativo natural que recebe o nome de sua planta de origem. Estima-se que existam, na natureza, mais de 30 mil espécies vegetais produtoras de óleos essenciais, os quais possuem ações terapêuticas, que se diferem das essências, produzidas em laboratório (AMARAL, 2015).

Os óleos essenciais acabaram se tornando, devido às suas características e complexibilidade de extração, um produto de alto valor agregado, sendo utilizado como matéria-prima na indústria farmacêutica, de cosméticos e perfumaria (SILVA, 2018).

De acordo com a Organização Internacional de Normalização (ISO) 9235:2021, o óleo essencial é um produto obtido a partir de uma matéria-prima natural de origem vegetal por meio da hidrodestilação, destilação a vapor, por processamento mecânico de cascas de cítricos ou por

destilação a seco de materiais naturais. Posteriormente, pode ser separado da fase aquosa por métodos físicos que não alteram sua composição.

Os óleos essenciais possuem diversas atividades biológicas, as quais podem atuar como anti-inflamatório, antibacteriano e antioxidante. São voláteis, odoríferos e podem ser obtidos por diversas partes da planta como folhas, cascas, rizomas, frutos e flores. O Brasil se destaca por ser um dos principais produtores devido a sua grande biodiversidade, junto ao clima e solo favorável. Seu principal destaque está na produção de óleos essenciais cítricos, como o de laranja, proveniente de um subproduto da indústria de sucos (JACOB, 2017).

3.2.2.1 Laranja

A laranjeira doce, cujo nome científico é *Citrus Sinensis*, pertence à família das Rutáceas. Seu fruto é uma espécie cítrica que possui diversas variedades e sua casca é a principal matéria-prima do óleo essencial de laranja (SILVA, 2018).

De acordo com o Anuário Brasileiro de *Horti & Fruti*, o Brasil é o maior produtor e exportador de laranja do mundo. Em 2019, sua produção somou R\$9,51 bilhões. Já em 2021, sua produção apresentou uma queda de 2,9%, devido aos efeitos de fenômenos naturais, como o *La niña*. O estado de São Paulo se destaca por ser o maior responsável pela produção no país, devido ao clima favorável, aos custos de produção e a proximidade do setor produtivo e dos armazéns de portos particulares, seguido pelos estados de Minas Gerais e Paraná, segundo informa o Investe-SP.

A maior parte da laranja produzida no Brasil é destinada para a produção de sucos. Os resíduos gerados como a casca, sementes e membranas são destinados para subprodutos. Dentre eles, pode-se citar o óleo essencial proveniente da casca da laranja, que possui utilidades dentro da indústria de cosméticos e perfumaria (FERNANDES, 2010).

A fruta se destaca por sua grande aceitação na alimentação humana, seu sabor tem valor nutritivo como fonte de vitamina C, apresentando, em média, de 6 a 12% de glicídios, elevada quantidade de compostos nitrogenados, cálcio, ferro e outros sais minerais (MARTINS, 2005).

3.2.2.2 Óleo essencial de laranja

A casca da laranja é rica em terpenos, compostos formados por diversas moléculas de isopreno, constituindo cerca de 98% de sua composição. Dentre tais terpenos, o limoneno, mirceno, linalol e felandrenos são os principais constituintes obtidos de sua extração. O óleo

essencial proveniente da casca de laranja é composto por substâncias voláteis e lipofílicas, atuam como fixadores de perfumes e aromatizantes, e podem ser utilizados em áreas terapêuticas, medicinais e alimentícias, podendo ser inalado, ingerido na forma de capsulas ou aplicados sobre a pele. Apresenta compostos bioativos, antimicrobianos, antifúngicos e antioxidantes, auxiliando na produção de colágeno, aumento de fluxo sanguíneo, hidratação e prevenção de acne (SANTOS, 2020; PAULETTI; SILVESTRE, 2018; ANDREATINI; HOCAYEN, 2017). Os produtos que possuem ácido cítrico em sua composição apresentam uma eficiente conservação da sua composição (RABALDINHO, 2017).

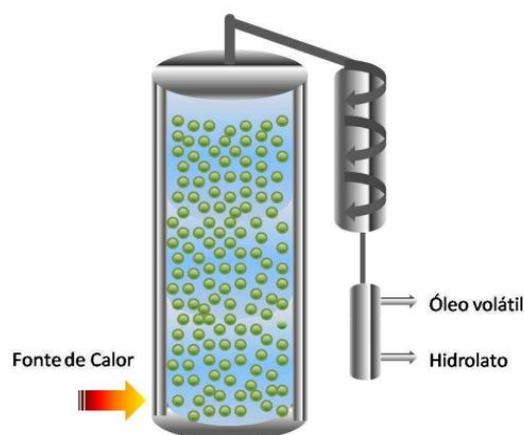
3.3 Extração do óleo essencial

Existem diversos métodos de extração de óleos essenciais, dentre eles, a hidrodestilação, extração por solventes orgânicos, destilação a vapor, extração por fluido supercrítico, enfloração e prensagem a frio (SILVEIRA *et al.*, 2012).

A simplicidade do processo de hidrodestilação, a economia operacional e de manutenção foram fatores decisivos para a escolha da metodologia (ALVES, 2020). Além disso, o processo torna-se vantajoso para a indústria devido à geração de um subproduto durante o seu processo, a água floral, que é de interesse da empresa, por possuir valor agregado no mercado de cosméticos.

3.3.1 Hidrodestilação

No método de destilação com água ou hidrodestilação a matéria-prima fica totalmente submersa em água desmineralizada, que passa por um sistema de purificação, e é aquecida até a ebulição, de acordo com a Figura 1 (LEAL, 2008). Consequentemente, gera-se um vapor junto ao óleo essencial, que são posteriormente condensados e destinados à separação. Essa separação é realizada devido à diferença de densidades da água condensada e do óleo essencial, que se dispõem em fases distintas por serem substâncias imiscíveis (FERNANDES; KIELING, 2013).

Figura 1 - Método de hidrodestilação

Fonte: LEAL (2008)

3.3.1.1 Água floral

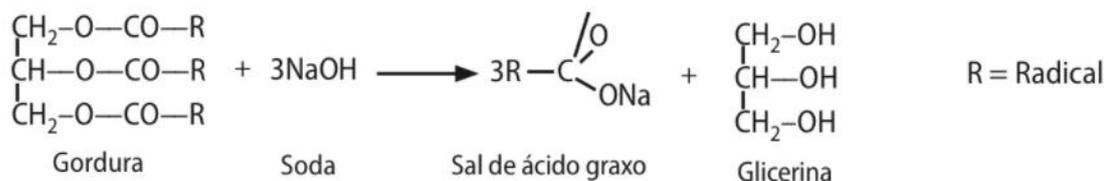
A água floral ou hidrolato é um subproduto do processo de hidrodestilação dos óleos essenciais, amplamente utilizada na aromaterapia, também usada para tonificar, refrescar e hidratar a pele (CHAAR, 2000). Durante esse processo, o hidrolato é formado por meio da emulsão de uma pequena parte do óleo com moléculas de água (SILVA, 2018). Apresentam baixa solubilidade, porém, suficiente para aromatizar soluções aquosas, gerando o hidrolato (CHAAR, 2000).

Muitas vezes esse subproduto é descartado pelas destilarias por não reconhecerem seu potencial econômico, porém, possuem um grande valor comercial, sendo amplamente utilizados como fragrância nas indústrias de cosméticos, alimentos e farmacêuticas (SILVA, 2018). O vapor d'água ocasiona um rompimento por arraste das glândulas que contém o óleo essencial, absorvendo os elementos presentes nele. Portanto, o verdadeiro hidrolato resulta obrigatoriamente da destilação, não sendo possível obtê-lo misturando óleo essencial e água (SCHOPPAN, 2016).

3.4 Saponificação

A gordura ou óleo vegetal pode passar por um processo de hidrólise básica, conhecida como saponificação, conforme a Figura 2. A reação envolve a quebra da gordura, liberando sabão, em forma de sal de ácido graxo, e glicerol (GAUTO; ROSA, 2013). Os últimos, por terem uma “cabeça” polar e uma “cauda” apolar, possuem propriedades tensoativas. Elas acumulam-se na interface água/óleo de maneira bem direcionada e assim diminuem a tensão interfacial entre as fases repelidas (ISENMANN, 2012).

Figura 2 - Reação de saponificação



Fonte: GAUTO; ROSA (2013)

A glicerina pode ser classificada como umectante, pois possui a propriedade de absorver o vapor de água do ar favorecendo a hidratação da barreira cutânea. Com isso, torna-se viável a produção de um sabonete glicerinado, que higieniza e hidrata a pele (ALLEMAND; DEUSCHLE, 2019).

Com a mistura dos reagentes, há uma liberação de calor, demonstrando, assim, o início da reação. Outra evidência do desenvolvimento da mesma é a mudança de coloração e a mudança na fase dentro do reator, da fase líquida para a fase sólida, o sabão (KUNZLER; SCHIRMANN, 2011).

Os surfactantes ou tensoativos possuem propriedades de limpeza e são encontrados de forma convencional como sabões e detergentes. São substâncias capazes de reduzir a tensão superficial entre líquidos com características diferentes, devido sua estrutura química molecular. As moléculas anfifílicas apresentam duas partes diferentes, uma é hidrofóbica, insolúvel em água, e a outra hidrofílica, solúvel em meio aquoso. A parte hidrofóbica, chamada cauda, é composta por cadeias de hidrocarbonetos (cadeias apolares). Por outro lado, a parte hidrofílica é composta por grupos polares (MATOS, 2015; GERÓS *et al.*, 2012).

Sabonetes são sabões cuja função é higienizar a pele do corpo humano. Possui uma maior qualidade que os sabões comuns, utilizados na limpeza doméstica, pois a escolha da matéria-prima é feita de maneira mais rigorosa, por conta da aplicação. Podem ser produzidos a partir de gordura animal ou óleo vegetal, com o primeiro em declínio em decorrência da preferência do mercado por produtos naturais (MERCADANTE; ASSUMPÇÃO, 2010).

4 ESTUDO DE MERCADO

4.1 Demanda

Mundialmente, o setor de cosméticos apresentou um crescimento médio anual de 4,28%, entre os anos de 2003 e 2017, chegando a um valor de mercado de US\$ 464 bilhões (CLUBE DE FINANÇAS, 2019). O Brasil se encontra, atualmente, como o 3º maior mercado no *ranking* de países que mais lançam produtos anualmente e na 4ª colocação como mercado consumidor (ABIHPEC, 2021).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC), no primeiro quadrimestre de 2021 houve um aumento de 5,7% nas vendas de produtos de higiene pessoal e cosméticos. O segmento de perfumaria atingiu 22% das vendas no mesmo período e os itens de higiene pessoal apresentaram alta de 11,4%, havendo relação com a prevenção de doenças.

Com a pandemia da COVID-19 e a necessidade de se permanecer em casa, produtos como álcool em gel e sabonetes se tornaram de extrema necessidade, gerando novos hábitos nos consumidores. De acordo com a Perception, 81% dos consumidores se mostraram mais preocupados com seus hábitos de higiene, o que aumentou em 33% o uso de sabonetes (ABIHPEC, 2021).

Com a nova realidade, também houve um aumento na venda de óleos essenciais, devido à busca por cuidados pessoais com apelo natural em suas formulações. Espera-se um crescimento global de, aproximadamente, 12% no uso de tais óleos até 2023, de acordo com a consultoria *Euromonitor* (SEBRAE, 2021).

Atualmente, uma das maiores preocupações dos consumidores do setor é se o produto possui ingredientes derivados de animais ou se a empresa realiza testes nos mesmos. Conforme a *Gran View*, o mercado global de cosméticos veganos alcançará US\$ 20,8 bilhões em 2025 (PATRICIO *et al.*, 2019).

4.2 Público-alvo

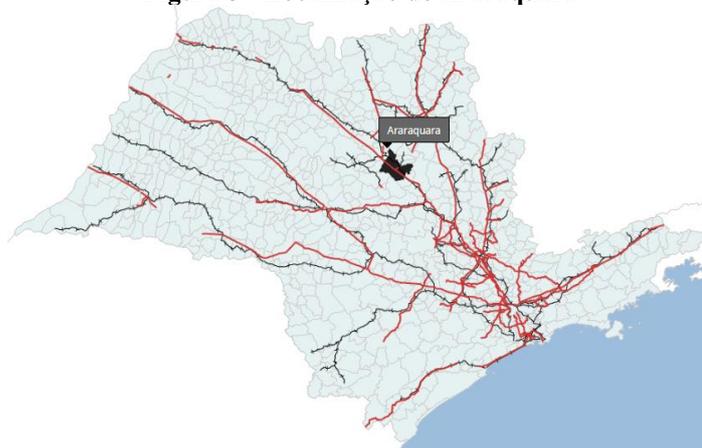
Com a alta demanda de produtos naturais e veganos, a Âmago visa proporcionar saúde e bem-estar para todos os consumidores que se identifiquem com o propósito da marca, atendendo consumidores de todas as idades. A distribuição desses produtos ocorrerá em todo o território nacional, contribuindo com a higiene e a saúde da população brasileira.

4.3 Localização

Atualmente, o Brasil ocupa a primeira posição como maior produtor de laranja no mundo, e 77% desta produção está concentrada no estado de São Paulo (CROPLIFE BRASIL, 2020). Visto isso, a cidade escolhida para o projeto industrial da Âmago foi Araraquara. Localizada no centro-oeste do estado, a apenas 270 km da capital, a cidade possui uma posição estratégica, que a coloca no centro de uma rede de fornecedores de matéria-prima e de um importante centro rododiferroviário (ARARAQUARA, 2021).

A Figura 3 mostra a localização de Araraquara no estado de São Paulo, juntamente com a malha ferroviária, em preto, e as vias duplicadas, em vermelho.

Figura 3 - Localização de Araraquara



Fonte: INVESTSP (2021)

Com uma população estimada de 240 mil pessoas, possui um elevado Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), o qual avalia a qualidade de vida da população, com um valor de 0,815, colocando a cidade como a 7ª melhor do estado e a 14ª do país. Um outro indicador, dessa vez econômico, que se tem para avaliar a capacidade do município de gerar bens e serviços é o Produto Interno Bruto (PIB) per capita. A cidade apresenta um valor de R\$40.253,93, colocando-se como um dos centros econômicos da região (IBGE, 2017).

Uma outra vantagem são os incentivos fiscais promovidos pelo município, por meio da Lei N° 5119, de 14 de dezembro de 1998, que estabelece o seu programa de incentivo ao desenvolvimento econômico e social. A estratégia desse programa consiste, basicamente, na doação de terrenos e isenção de impostos, como o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), por um período de até 5 anos.

5 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento da Âmago foi planejado devido ao crescimento considerável do mercado de cosméticos dos últimos anos, além da tendência contínua da população em consumir cada vez mais produtos de higiene, em decorrência da COVID-19, e da busca constante por produtos veganos. A plantação abundante de laranja no território nacional foi um fator decisivo na escolha da matéria-prima, e com isso, optou-se pela produção de sabonetes corporais hidratantes, água floral e extração do óleo essencial da laranja.

6 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

6.1 Quem somos?

De acordo com o dicionário, âmago é a parte mais particular e íntima de um indivíduo, sua essência e alma. Também leva o significado de estar situado no interior do tronco das árvores, trazendo consigo a filosofia de nossa empresa, produzir produtos de higiene com o intuito de preservar a essência da natureza e de seus consumidores.

A logomarca da empresa, como apresentada na Figura 4, possui as cores laranja e verde. A cor laranja representa uma de nossas matérias-primas, além de levar o significado de vitalidade e sucesso, acompanhado da cor verde, a qual simboliza a natureza e a saúde. O círculo refere-se à união de elementos, a energia e a plenitude do ser completo, junto a uma caligrafia moderna e humanizada.

Figura 4 - Logomarca da empresa



Fonte: Autoria própria (2021)

6.2 Missão, visão e valores

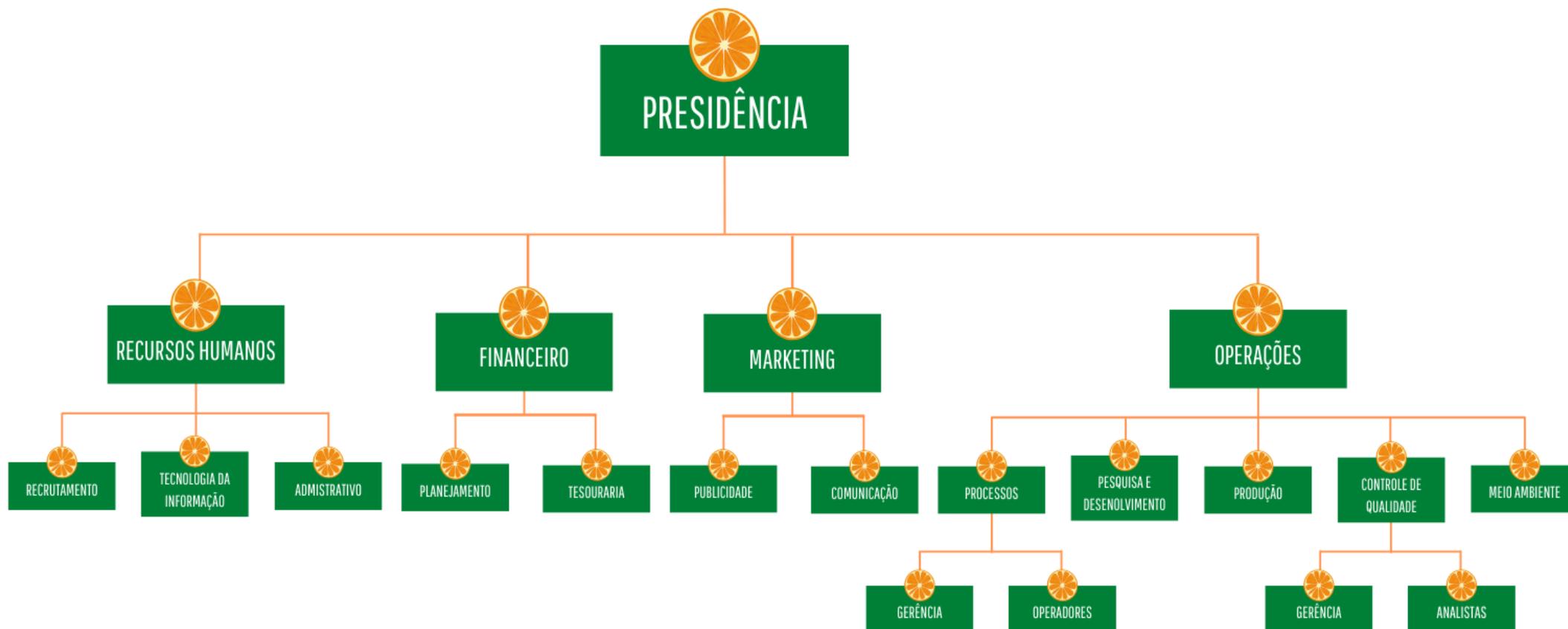
A Âmago busca sustentabilidade, diversidade e inclusão, focando em todos os gêneros e idades, além de proporcionar práticas sustentáveis, desde o recebimento da matéria-prima até a expedição, conservando a biodiversidade, descartando qualquer tipo de insumo proveniente de animais, a fim de minimizar a degradação do meio ambiente, com responsabilidade e ética profissional.

A missão da empresa é proporcionar uma experiência única no quesito de higiene, hidratação e conforto para os consumidores dos produtos Âmago.

6.3 Organograma

A Figura 5 apresenta o organograma operacional da Âmago.

Figura 5 - Organograma da Âmago



Fonte: Autoria própria (2022)

Uma das maneiras de demonstrar o sistema operacional de uma empresa é o método representado pelo organograma. Existem diversas representações gráficas possíveis. Dentre as possibilidades, a escolhida pela Âmagô foi o organograma vertical. Essa metodologia se caracteriza pelos cargos superiores possuírem maior nível hierárquico. Os retângulos representam os órgãos e as linhas representam as ligações hierárquicas e de comunicação entre os setores (BERWANGER, 2013).

A seguir, é apresentado um descritivo de cada uma das principais funções na empresa:

Presidência: trata-se do cargo principal da Âmagô, responsável pela supervisão de todos os setores e funcionários, prezando sempre pela missão e os valores da empresa, garantindo o cumprimento das metas e objetivos traçados.

Financeiro: setor responsável pela condução e administração do capital da empresa. Seu papel é garantir uma boa gestão dos recursos financeiros, assegurando que a empresa atue de maneira saudável e competitiva no mercado.

Marketing: representa um conjunto de técnicas e estratégias, acompanhando a tendência do mercado, que visam fidelizar o consumidor, sendo responsável pela identidade visual e comunicação da empresa, assegurando sua relevância no mercado.

Recursos humanos: direcionado a recrutar, capacitar e gerir os melhores candidatos disponíveis no mercado, além de cuidar das tecnologias da empresa e do setor administrativo.

Operações: área responsável pela coordenação e gerenciamento dos setores, a fim de otimizar as práticas produtivas, cuidar e preservar o meio ambiente, promover pesquisas e garantir a qualidade dos produtos.

6.4 Produtos

6.4.1 Sabonete

Os sabonetes Âmagô são produzidos com matérias-primas selecionadas e naturais. Os óleos de oliva e coco formam uma mistura com propriedades hidratantes e protetoras. Como ativo cosmético, utiliza-se o óleo essencial da laranja, adicionando ainda mais propriedades ao produto, proporcionando um aroma cítrico e doce. O produto será comercializado em embalagens de 100g.

6.4.2 Óleo essencial de laranja

O óleo essencial, extraído das cascas da laranja por hidrodestilação, é adicionado ao sabonete para enriquecer suas propriedades, concedendo maior valorização ao produto. E, também, comercializado separadamente em embalagens de 10 mL.

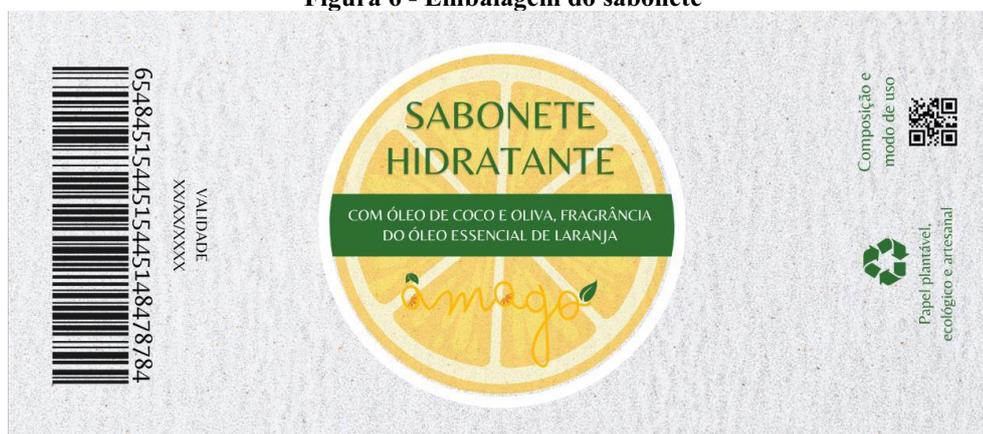
6.4.3 Água floral

Trata-se de um subproduto do processo de hidrodestilação, relevante para a escolha do processo. A água floral consiste numa solução diluída de água e óleo essencial, que possui valor agregado, se tornando um produto viável para comercialização. O produto será comercializado em frascos de 200 mL.

6.5 Embalagens

Os sabonetes Âmago virão embalados em papel celofane, de base vegetal, rotulados com papel semente, 100% ecológico e artesanal, o qual conterà informações de validade, composição e modo de uso, assim como a identidade visual da marca, como apresentado pela Figura 6.

Figura 6 - Embalagem do sabonete



Fonte: Autoria própria (2022)

Os óleos essenciais virão em embalagens de vidro âmbar e os hidrolatos em frascos *spray*, ambos rotulados com papel semente, contendo informações de validade, composição e modo de uso, assim como a identidade visual da marca, como apresentado pelas Figura 7 e 8, respectivamente.

Figura 7 - Embalagem do óleo essencial de laranja



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 8 - Embalagem do hidrolato

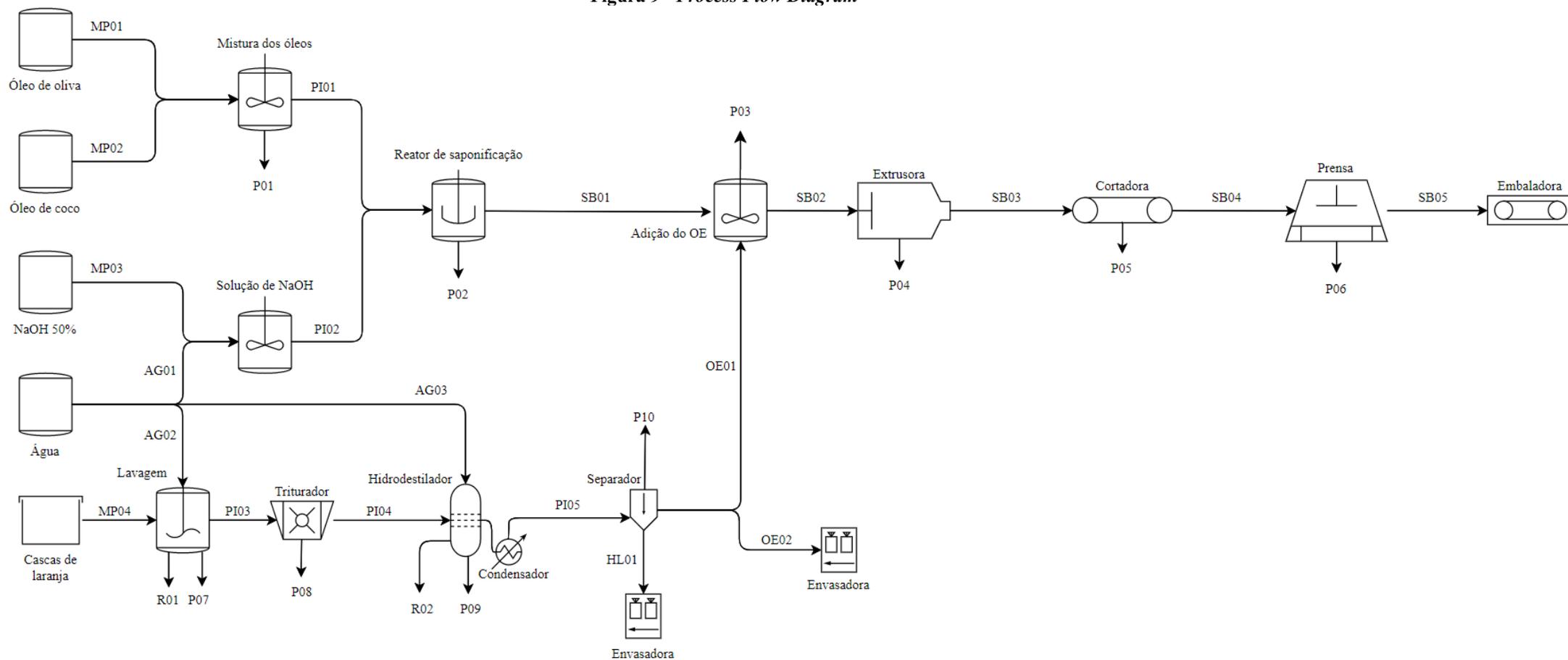


Fonte: Autoria própria (2022)

6.6 Fluxograma do processo produtivo

O *Process Flow Diagram* (PFD) da Âmago foi dividido em dois setores, a extração do óleo essencial e a saponificação. O primeiro processo industrial encontra-se na parte superior e o segundo localiza-se na parte inferior, como demonstrado na Figura 9.

Figura 9 - Process Flow Diagram



Fonte: Autoria própria (2022)

7 BALANÇO DE MASSA E ENERGIA DO PROCESSO PRODUTIVO

Para os cálculos de balanço de massa utilizou-se do parâmetro de consumo médio de sabonete da população. Sabendo-se que os brasileiros tomam banho, em média, 8,5 vezes por semana, com um consumo médio de 2 sabonetes por mês, e que com a pandemia da COVID-19 houve uma intensificação da higienização das mãos, aumentando o consumo de produtos de higiene pessoal (ABIHPEC, 2021), estimou-se uma produção mensal baseada no suprimento dessa demanda para o município de Araraquara, resultando em uma produção de 447.472 unidades de sabonete de 100g. Também serão produzidos mensalmente 58.101 unidades de óleo essencial de laranja e 219.837 unidades de hidrolato ou água floral, em embalagens de 10 e 200 mL, respectivamente.

Todos os processos acontecerão em batelada, de forma a satisfazer a produção desejada, funcionando 8 horas por dia, 22 dias por mês. Porém, para efeitos de cálculo, todos os balanços de massa serão considerados contínuos.

Em processos em que ocorre reação química, como a saponificação, utilizou-se a Equação 1. Já nos demais processos, considera-se regime permanente, sem reação química e sem acúmulo, como descrito na Equação 2 (HIMMELBLAU; RIGGS, 2014).

$$\sum Acúmulo = \sum (Entra - Sai + Gerado - Consumido) \quad (1)$$

$$\sum Entra = \sum Sai \quad (2)$$

Para os cálculos do balanço de energia deve-se obedecer à primeira lei da termodinâmica, o princípio da conservação de energia para um volume de controle específico, conforme descrito na Equação 3 (MORAN *et al.*, 2018).

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \sum \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + g * z_e \right) - \sum \dot{m}_s \left(h_s + \frac{V_s^2}{2} + g * z_s \right) \quad (3)$$

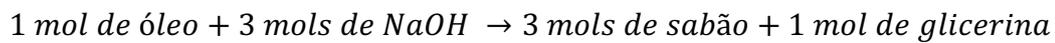
Sendo $\frac{dE}{dt}$ o acúmulo de energia para o volume de controle, \dot{Q} a taxa de transferência de calor, \dot{W} o trabalho, \dot{m}_e e \dot{m}_s as vazões mássicas de entrada e saída, h_e e h_s as entalpias específicas dos fluidos nas condições de entrada e saída, V_e e V_s velocidades de entrada e saída dos fluidos, g a aceleração da gravidade e z_e e z_s as alturas da entrada e saída em relação a um ponto de referência.

Para efeitos de cálculo, considerou-se regime permanente, sem acúmulo de energia no sistema, e desprezíveis as variações de energia potencial, cinética e trabalho, resultando na Equação 4.

$$\dot{Q} = - \sum \dot{m}_e * h_e + \sum \dot{m}_s * h_s \quad (4)$$

7.1 Balanço de massa e energia para o sabonete

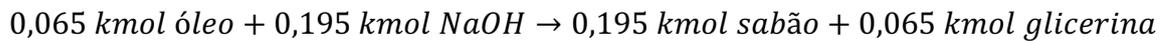
A quantidade de NaOH e óleo vegetal necessários para a reação de saponificação foram determinadas a partir da estequiometria da reação:



Estipulou-se a produção de 35.578,10 kg de sabonetes por mês. Com isso, determinou-se a taxa de produção desejada e a quantidade necessária de NaOH e óleo vegetal para essa demanda, como demonstrado abaixo.

$$\text{Produção} = \frac{35.578,10 \text{ kg}}{\text{mês}} * \frac{1 \text{ mês}}{22 \text{ dias}} * \frac{1 \text{ dia}}{8 \text{ h}} * \frac{1 \text{ kmol sabão}}{1.126,994 \text{ kg}} = 0,179 \frac{\text{kmol}}{\text{h}}$$

Contudo, considerou-se perdas durante o processo, o que acaba diminuindo a produção. Com isso, utilizando uma ferramenta computacional, tem-se um valor ajustado de produção de 0,195 kmol.h⁻¹. Portanto:



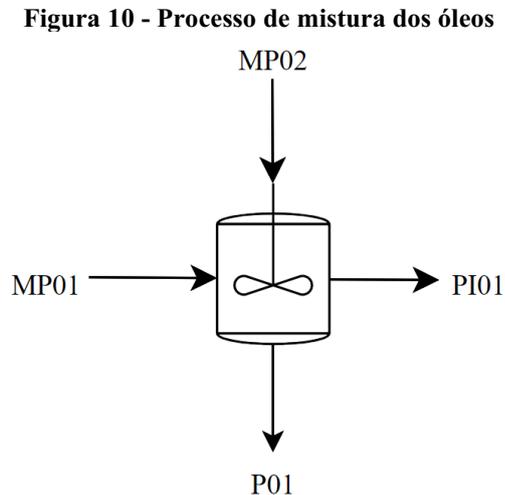
$$\frac{0,065 \text{ kmol de óleo}}{\text{h}} * \frac{1.099,994 \text{ kg}}{\text{kmol}} = \frac{70,157 \text{ kg de óleos}}{\text{h}}$$

$$\frac{0,195 \text{ kmol de NaOH}}{\text{h}} * \frac{39,997 \text{ kg}}{\text{kmol}} = \frac{7,817 \text{ kg de NaOH}}{\text{h}}$$

Além disso, a adição de uma fração de óleo em excesso, que não participará da reação de saponificação, é denominada *superfating*. Ela é importante para gerar propriedades ao produto, resultando em sabonetes de melhor qualidade e sem rachaduras (KUNTOM *et al.*, 1999). Os materiais gordurosos melhoram a qualidade da espuma e sua capacidade hidratante, mantendo o teor de umidade dentro dos padrões determinados (AMIRALIAN; FERNANDES, 2018). A quantidade de óleo em excesso pode variar entre 1 a 8% da massa total dos óleos que foram saponificados (KUNTOM *et al.*, 1999).

Para que o processo produtivo da Âmago seja o melhor e mais eficiente possível, serão avaliadas alíquotas dos óleos vegetais adquiridos em laboratório. Elas passarão por uma análise de qualidade, sendo realizados testes de grau de acidez, umidade, matérias voláteis, índice de saponificação e peróxidos. Desta forma, a empresa conseguirá diminuir os prejuízos para o processo produtivo.

A primeira fase do processo consiste na mistura dos óleos de oliva e coco, em um tanque misturador, como apresentado na Figura 10. Para cumprir a demanda diária, serão realizadas duas bateladas por dia.



Fonte: Autoria própria (2022)

A corrente MP01 representa a corrente do óleo de oliva, MP02 do óleo de coco e PI01 a corrente resultante da mistura dos óleos. Essa mistura apresentará uma composição de 60% de óleo de oliva e 40% de óleo de coco. A proporção foi definida com base nas propriedades desejadas para o sabonete final, como dureza, limpeza e capacidade de formação de bolhas.

Adicionou-se, também, na mesma proporção de 6:4, uma fração de 5% da massa total inicial dos óleos saponificáveis como *superfating*. Considerou-se uma corrente de perda P01 de 1,5% em relação às massas de entrada do misturador, devido à viscosidade dos óleos. Todos os cálculos para os balanços de massa estão presentes no Apêndice A. Os valores utilizados para a densidade e massa molar das substâncias estão presentes no Apêndice E.

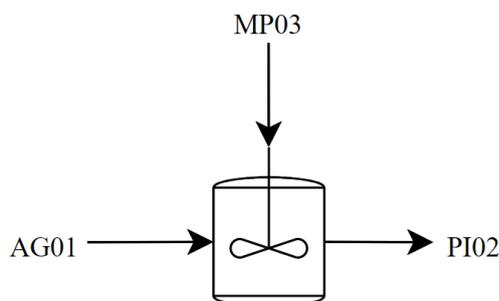
Nesta etapa, será realizado também o aquecimento da mistura dos óleos, e mantendo a temperatura em 26°C, obtendo assim uma melhor homogeneização e garantindo que o óleo de coco se encontre no estado líquido (FLORIEN, 2018). Considerou-se um tempo de aquecimento de 10 minutos por batelada e que as correntes entram a 23°C, temperatura média de Araraquara (CLIMATE DATA, 2022), resultando numa potência necessária de 40,101 kW por dia. Todos os dados de vazão mássica e temperatura estão presentes na Tabela 1 e os cálculos para o balanço de energia no Apêndice A.

Tabela 1 - Balanço de massa por componente para a mistura dos óleos

Corrente	MP01	MP02	PI01	P01
Vazão mássica (kg/h)	44,872	29,915	73,665	1,122
Fração óleo de oliva (m/m)	1,0	-	0,6	0,6
Fração óleo de coco (m/m)	-	1,0	0,4	0,4
Temperatura (°C)	23	23	26	26

Fonte: Autoria própria (2022)

Simultaneamente, ocorre a preparação da solução de NaOH, realizada em um tanque misturador, como apresentado na Figura 11. Para cumprir a demanda diária, serão realizadas duas bateladas por dia. O produto obtido nessa etapa ficará armazenado no misturador, sendo adicionado ao reator de saponificação após a preparação da mistura dos óleos.

Figura 11 - Preparação da solução de NaOH

Fonte: Autoria própria (2022)

A corrente AG01 representa a corrente de água utilizada no processo, MP03 a solução de NaOH 50% e PI02 a solução diluída de NaOH. Não foi considerado nenhuma perda, devido à alta concentração de água na solução. De acordo com a literatura, será necessário utilizar uma proporção de 8:1 de água desmineralizada para solubilizar o NaOH (OLIVEIRA, 2005).

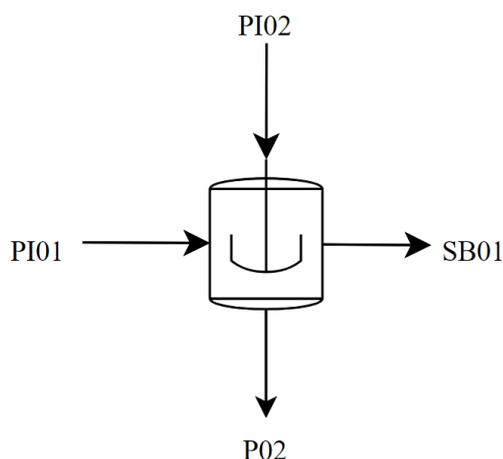
Por se tratar de uma mistura exotérmica, haverá também uma liberação de energia após o contato entre as substâncias. Portanto, é necessário realizar o balanço de energia para que se conheça a temperatura de saída da corrente PI02. Sabendo que a temperatura de entrada é 23°C, calculou-se a temperatura de saída em 32,2°C. Os valores das vazões mássicas e temperaturas das correntes estão apresentados na Tabela 2 e os cálculos para o balanço de energia detalhados no Apêndice A.

Tabela 2 - Balanço de massa por componente para a solução de NaOH

Corrente	AG01	MP03	PI02
Vazão mássica (kg/h)	54,719	15,634	70,353
Fração de água (m/m)	1,0	0,5	0,8889
Fração de NaOH (m/m)	-	0,5	0,1111
Temperatura (°C)	23,0	23,0	32,2

Fonte: Autoria própria (2022)

Após a preparação da mistura dos óleos, a corrente segue para o reator de saponificação, juntamente com a solução de NaOH, conforme representado na Figura 12. A mistura adicionada ao reator permanece em constante agitação por cerca de 120 minutos a uma temperatura de 80°C (SBRT, 2007). Para cumprir a demanda diária, serão realizadas duas bateladas por dia.

Figura 12 - Etapa de saponificação

Fonte: Autoria própria (2022)

A corrente PI01 representa a corrente de mistura dos óleos, PI02 da solução diluída de NaOH e SB01 o resultado da reação de saponificação. Considerando-se a viscosidade do sabão produzido, assumiu-se uma corrente de perda P02 de 2,5% em relação às massas de saída, a qual ficará retida nas paredes do reator e nas tubulações.

Deste modo, utilizando-se de uma alimentação de 3,667 kmol.h⁻¹ de solução de NaOH, sendo 0,195 kmol.h⁻¹ do componente NaOH puro, 0,065 kmol.h⁻¹ da mistura dos óleos saponificáveis, será produzido 0,195 kmol.h⁻¹ de sabão e 0,065 kmol.h⁻¹ de glicerina. Como a solução de NaOH possui uma certa quantidade de água, tem-se na corrente de saída do sabão uma umidade de 21,39%. A partir das massas molares, que estão dispostos no Apêndice E, determinou-se a vazão da corrente de saída, descontando a corrente de perda, com valor de 284,994 kg.h⁻¹.

Para que a reação seja ativada e o mesmo opere a 80°C, o reator será aquecido por resistências elétricas. Além disso, a própria reação, por ser exotérmica, libera calor. Então, há necessidade de um trocador de calor para resfriar a reação e manter a temperatura em 80°C.

Considerou-se que a temperatura inicial no reator de saponificação seria a média das temperaturas das correntes de entrada, 29,1°C. Com um tempo de aquecimento de 10 minutos por batelada, aqueceu-se as matérias-primas até 80°C, resultando em uma potência necessária de 336,252 kW por dia. Para o controle da temperatura, o tempo de operação considerado é de 2 horas por batelada, mesma duração da reação, com uma vazão de água como fluido refrigerante de 0,934 kg.s⁻¹ e uma variação de temperatura de 20°C, com a água saindo do processo a 40°C. A quantidade de energia absorvida pelo fluido é de 78,121 kW por dia.

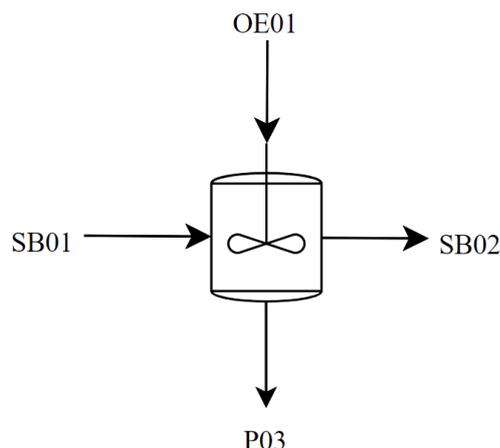
Para seguir em diante na linha de produção, o sabão produzido é deixado em repouso até atingir 40°C, temperatura ideal para a adição do óleo essencial (TESCAROLLO, 2015). Todos os cálculos para o balanço de energia estão detalhados no Apêndice A e a Tabela 3 apresenta as vazões mássicas e temperaturas das correntes envolvidas no processo.

Tabela 3 - Balanço de massa por componente para a etapa de saponificação

Corrente	PI01	PI02	SB01	P02
Vazão mássica (kg/h)	73,665	70,353	284,994	7,308
Fração óleo de oliva (m/m)	0,6	-	-	-
Fração óleo de coco (m/m)	0,4	-	-	-
Fração de água (m/m)	-	0,8889	0,2139	0,2139
Fração de NaOH (m/m)	-	0,1111	-	-
Fração de sabão (m/m)	-	-	0,7535	0,7535
Fração de glicerina (m/m)	-	-	0,0205	0,0205
Fração de superfatting (m/m)	-	-	0,0120	0,0120
Temperatura (°C)	26,0	32,2	40,0	40,0

Fonte: Autoria própria (2022)

A corrente SB01 segue, então, para um tanque misturador, onde será adicionado o óleo essencial. A quantidade recomendada nessa etapa é de 4% da massa total de óleos saponificáveis (KUNTOM *et al.*, 1999). Esse processo é apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Etapa de adição do óleo essencial

Fonte: Autoria própria (2022)

A corrente OE01 representa a corrente do óleo essencial de laranja e SB02 o resultado dessa mistura. Já a corrente P03 representa uma perda de 1% em relação às massas de entrada no misturador, devido à viscosidade do produto. As descrições dos valores de todas essas correntes estão disponíveis na Tabela 4. Para efeitos de cálculo, a variação de temperatura da corrente SB01 com o acréscimo da corrente OE01 será desprezível, devido à grande diferença entre as vazões mássicas.

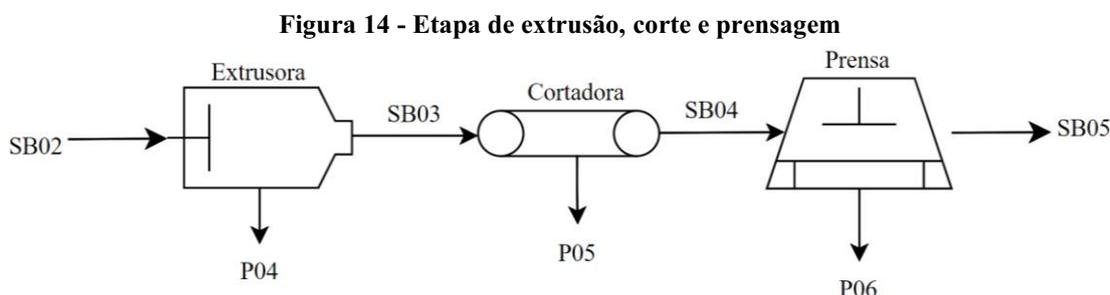
Tabela 4 - Balanço de massa por componente para a adição do OE

Corrente	SB01	OE01	SB02	P03
Vazão mássica (kg/h)	284,994	2,806	284,922	2,878
Fração de sabão (m/m)	0,7535	-	0,7462	0,7462
Fração de água (m/m)	0,2139	-	0,2119	0,2119
Fração de glicerina (m/m)	0,0205	-	0,0203	0,0203
Fração de superfatting (m/m)	0,0120	-	0,0119	0,0119
Fração de OE (m/m)	-	1,0	0,0097	0,0097
Temperatura (°C)	40	50	40	40

Fonte: Autoria própria (2022)

A corrente SB02 segue, então, para a extrusora, que é responsável por moldar o sabonete, transformando-o em barras retangulares (PEREIRA, 2012). Em seguida, tem-se a cortadora, utilizada para deixá-lo no tamanho necessário para a sequência do processo. E, por fim, segue para a prensa, onde o sabonete assumirá a forma final (FERREIRA; BISPO; MACIEL, 2015). Porém, para que essas etapas possam ser realizados durante todo o dia, considerou-se que a corrente SB02 processada pela extrusora, cortadora e prensa será a da produção do dia anterior, sem qualquer alteração em sua composição. Dessa forma, esses

equipamentos funcionarão durante todo o dia de trabalho. A Figura 14 mostra as etapas finais do processo.



Fonte: Autoria própria (2022)

Por se tratarem de processos físicos, as composições das correntes não se alteram, mantendo-se os valores apresentados para a corrente SB02. As correntes P04, P05 e P06 representam correntes de perda de 2%, 1,5% e 1,5%, respectivamente, em relação às massas de entrada nos equipamentos. Considera-se que, nessa etapa, a troca de calor com as vizinhanças não é significativa, portanto, a temperatura das correntes se mantém. Os valores das vazões mássicas de suas respectivas correntes estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Vazão mássica total para as correntes finais da produção do sabonete

Corrente	SB02	P04	SB03	P05	SB04	P06	SB05
Vazão mássica (kg/h)	284,922	5,698	279,223	4,188	275,035	4,126	270,909
Temperatura (°C)	23	23	23	23	23	23	23

Fonte: Autoria própria (2022)

A fim de se obter uma melhor qualidade e conservação dos ingredientes, o sabonete deve ter a umidade em torno de 16% (SPITZ, 1994). Portanto, após realizado a prensagem, ele ficará armazenado, aberto, durante 21 dias. Neste processo, espera-se uma perda de água de 2,09% em massa do produto final por semana (TESCAROLLO, 2015). Após o processo de cura, serão encaminhadas ao laboratório amostras do sabonete, para que sejam feitas análises físico-químicas necessárias, a fim de assegurar a qualidade do produto. Os ensaios incluem testes de pH, cinzas, umidade, espuma, teor de glicerol, metais pesados e densidade. Por fim, o produto será embalado e comercializado.

Convertendo o valor da corrente SB05, tem-se:

$$270,909 \frac{kg}{h} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} * \frac{22 \text{ dias}}{1 \text{ mês}} = 47.680,03 \frac{kg \text{ de sabonete}}{\text{mês}}$$

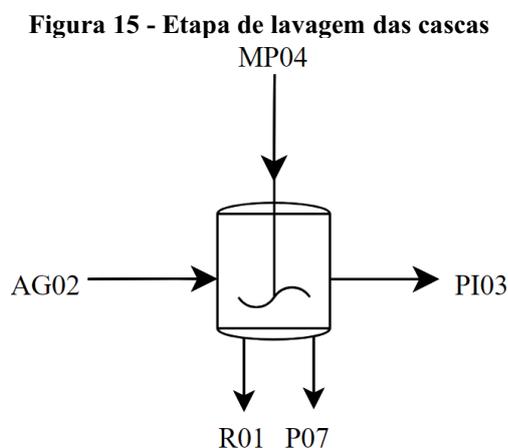
Considerando-se o tempo de cura previsto, chega-se a uma produção de 44.747,20 kg de sabonete por mês ou 447.472 unidades de 100g.

7.2 Balanço de massa e energia para o óleo essencial

A produção total de óleo essencial extraído será dividida, de modo que, 50% será utilizado na produção do sabonete, para enriquecer suas propriedades, e a outra metade, comercializado individualmente. Portanto, serão necessários a produção de 1.162,01 L de óleo essencial por mês. A água floral, obtida a partir da hidrodestilação, terá uma produção mensal de 43.967,48 L.

Conhecendo todos os parâmetros envolvidos na produção, utilizou-se de uma ferramenta computacional, a fim de descobrir a quantidade necessária de massa de cascas de laranja para atender essa demanda. Com isso, chega-se a um valor de 265,412 kg.h⁻¹ de cascas.

A primeira fase do processo produtivo é a lavagem das cascas de laranja, em um tanque, como apresentado na Figura 15. Devido à logística de transporte e da origem da matéria prima, considerou-se que, em média, 3% de impurezas estão presentes na corrente de entrada. Nessa etapa, ocorre a adição de água em uma proporção de 1,2:1, em relação a quantidade de massa de laranja no processo.



Fonte: Autoria própria (2022)

As correntes MP04, AG02, R01, PI03 e P07 são de cascas, água para lavagem, água residual, cascas lavadas e perda, respectivamente. Assumiu-se que as impurezas presentes serão completamente removidas, além de ocorrer uma perda de 1% em relação à massa total da entrada e que as cascas limpas possuem uma fração de 2% de água, que seguirá para a etapa de trituração.

Todos os cálculos para os balanços de massa estão presentes no Apêndice B. Os valores utilizados para a densidade e massa molar das substâncias estão presentes no Apêndice E. Considera-se que, nessa etapa, a troca de calor com as vizinhanças não é significativa,

portanto, a temperatura das correntes se mantém. Os valores das correntes estão apresentados na Tabela 6.

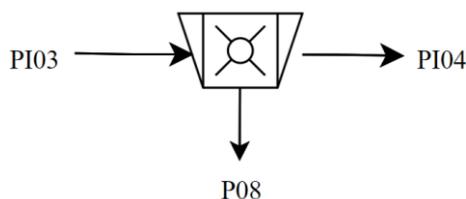
Tabela 6 - Balanço de massa por componente para a lavagem das cascas

Corrente	AG02	MP04	PI03	R01	P07
Vazão mássica (kg/h)	318,494	265,412	260,077	317,991	5,839
Fração de água (m/m)	1,00	-	0,02	0,9752	0,5455
Fração de cascas (m/m)	-	0,97	0,98	-	0,4409
Fração de impurezas (m/m)	-	0,03	-	0,0248	0,0136
Temperatura (°C)	23	23	23	23	23

Fonte: Autoria própria (2022)

Com o intuito de aumentar a superfície de contato na destilação, gerando assim uma maior quantidade de óleo essencial extraído (DE LIMA; PLACEDDES; CARDOSO, 2019), a corrente PI03 segue para a trituração, como apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Etapa de trituração



Fonte: Autoria própria (2022)

As correntes PI04 e P08 são de cascas trituradas e perda, respectivamente. Estima-se que na etapa de trituração ocorre uma perda de 1,5% em relação à massa inicial, em virtude da aglomeração das cascas nas paredes do triturador. Considera-se que, nessa etapa, a troca de calor com as vizinhanças não é significativa, portanto, a temperatura das correntes se mantém. A Tabela 7 apresenta os valores das correntes, respectivamente.

Tabela 7 - Balanço de massa por componente para as correntes do triturador

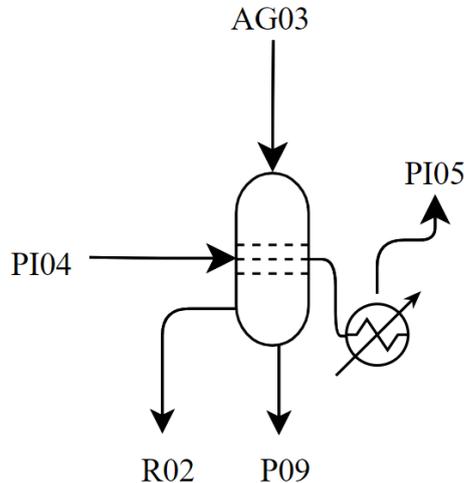
Corrente	PI03	PI04	P08
Vazão mássica (kg/h)	260,077	256,175	3,901
Temperatura (°C)	23	23	23

Fonte: Autoria própria (2022)

Para que as etapas de lavagem e trituração das cascas possam ser realizadas durante o dia todo, considerou-se que, a partir dessa etapa, a corrente PI04 que segue para a etapa seguinte será a produzida no dia anterior, sem qualquer alteração em sua composição. Então, a corrente

PI04 segue para o processo de extração, constituído pelas fases de hidrodestilação e condensação, como apresentado na Figura 17.

Figura 17 - Etapa de extração do óleo essencial



Fonte: Autoria própria (2022)

A extração consiste na destilação das cascas de laranja utilizando a água como solvente, e posteriormente sua condensação para o estado líquido. Para esse processo, a adição de água deve respeitar a proporção de 1:1, em relação à vazão mássica de entrada das cascas, com um rendimento para a destilação de 2,2944% (m/m) (DE LIMA; PLACEDES; CARDOSO, 2019).

As correntes AG03, R02, PI05 e P09 são água para destilação, cascas residuais, água com óleo essencial e perda, respectivamente. Considerou-se uma perda de 1% neste processo, em relação às correntes de saída, e que as cascas residuais saem após a destilação, logo, não participando da condensação. Para cumprir a demanda diária necessária, serão realizadas duas bateladas por dia.

Deve-se fornecer para o hidrodestilador uma energia suficiente para aquecer toda a água e cascas de laranja até 100°C, fazendo com que ocorra o arraste do óleo essencial pelo vapor d'água. Considerando-se que a maior parte da energia gasta será para a vaporização da água e que o tempo efetivo da extração seja de 40 minutos por batelada, a potência fornecida deverá ser de 2.576,32 kW por dia.

A água vaporizada do hidrodestilador deverá então ser condensada e resfriada até 50°C, juntamente com o óleo essencial extraído. Para realizar a condensação, será utilizada a água como fluido refrigerante, que entra na temperatura ambiente de 23°C e sai a 80°C. Considerando-se que o tempo efetivo de condensação é de 2 horas por batelada, a potência

necessária será de 766,70 kW por dia. Os valores para as vazões mássicas e temperaturas das correntes estão apresentados na Tabela 8 e os cálculos para o balanço de energia no Apêndice B.

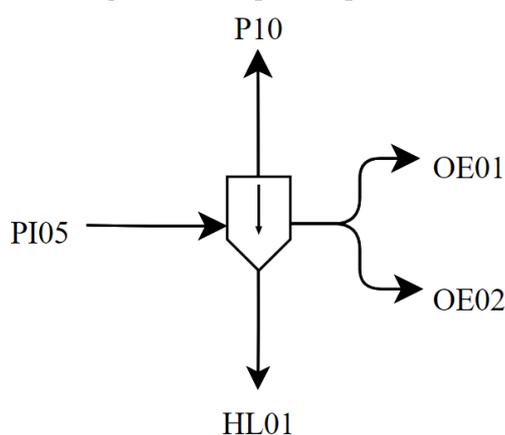
Tabela 8 - Balanço de massa por componente para as correntes de extração do OE

Corrente	AG03	PI04	PI05	R02	P09
Vazão mássica (kg/h)	251,052	256,175	258,007	245,292	3,929
Fração de água (m/m)	1,00	0,02	0,9780	-	0,9780
Fração de cascas (m/m)	-	0,98	-	1,00	-
Fração de OE (m/m)	-	-	0,0220	-	0,0220
Temperatura (°C)	23	23	50	50	50

Fonte: Autoria própria (2022)

Por fim, a corrente PI05, demonstrada na Figura 18, passa por um tanque decantador para que haja a separação da água e do óleo essencial de laranja.

Figura 18 - Etapa de separação



Fonte: Autoria própria (2022)

As correntes HL01, OE01 e OE02 são de hidrolato, óleo essencial para ser adicionada ao sabonete e óleo essencial para a comercialização, respectivamente. A concentração de óleo essencial presente na água floral é de 0,002% (MIRELLE, 2017). Considerou-se uma perda P10 de 1% para o líquido que fica retido nas paredes do separador e que, nessa etapa, a troca de calor com as vizinhanças não é significativa, portanto, a temperatura das correntes se mantém. Todos os valores das correntes desse processo estão presentes na Tabela 9.

Tabela 9 - Balanço de massa por componente para as correntes do separador

Corrente	PI05	OE01	OE02	HL01	P10
Vazão mássica (kg/h)	258,007	2,806	2,806	249,815	2,580
Fração de água (m/m)	0,9780	-	-	-	0,9780
Fração de OE (m/m)	0,0220	1,0	1,0	-	0,0220
Fração de hidrolato (m/m)	-	-	-	1,0	-
Temperatura (°C)	50	50	50	50	50

Fonte: Autoria própria (2022)

Convertendo os valores totais das correntes finais, tem-se a produção total mensal estipulada para o óleo essencial e a água floral:

$$(2,806 + 2,806) \frac{kg}{h} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} * \frac{22 \text{ dias}}{1 \text{ mês}} * \frac{mL}{0,85 \text{ g}} = 1.162,01 \frac{L \text{ de óleo essencial}}{\text{mês}}$$

$$249,815 \frac{kg}{h} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} * \frac{22 \text{ dias}}{1 \text{ mês}} * \frac{mL}{0,999997 \text{ g}} = 43.967,48 \frac{L \text{ de hidrolato}}{\text{mês}}$$

Portanto, tem-se uma produção mensal de, aproximadamente, 581 L de óleo essencial destinados ao sabonete, 58.101 unidades de 10 mL para comercialização e 219.837 unidades de 200 mL de hidrolato. Após o processo de separação do hidrolato e do óleo essencial, alíquotas dos mesmos serão encaminhadas ao laboratório, para que sejam feitas as análises físico-químicas necessárias, a fim de assegurar a qualidade do produto. Os ensaios incluem testes organolépticos, de pH, microbiano, metais pesados e densidade.

7.3 Integração energética

Como a empresa tem poucos processos energéticos e eles são simplificados, será empregado apenas aquecimento elétrico nos tanques, através de serpentinas. Desta forma, não será necessário realizar a integração energética na planta, pois serão utilizadas apenas utilidades frias.

8 TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Um dos temas mais importantes quando se trata do cuidado com o meio ambiente é a gestão dos resíduos. Esse conceito abrange um grande número de tópicos, tais como: racionalização do consumo de matérias-primas e energia, segregação e destinação adequada de resíduos, estímulo à aplicação de tecnologias limpas, cumprimento da legislação vigente e busca pela aplicação das melhores práticas (COPEL, 2015).

Com essa preocupação em diminuir os impactos ambientais, as empresas buscam implementar as normas da série ISO 14.000, que certifica se a empresa possui um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), ou seja, possui mecanismos de controle de seus resíduos industriais, apresentando melhoria contínua e melhor desempenho ambiental (NASCIMENTO; POLEDNA, 2002).

De acordo com a legislação ambiental, os efluentes industriais devem ser tratados de modo que suas características físicas e químicas atendam aos padrões estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 430, de 13 de maio de 2011. Tal resolução prevê condições e padrões de lançamentos de efluentes, de acordo com as exigências cabíveis, apresentando diretrizes para o sistema de gestão.

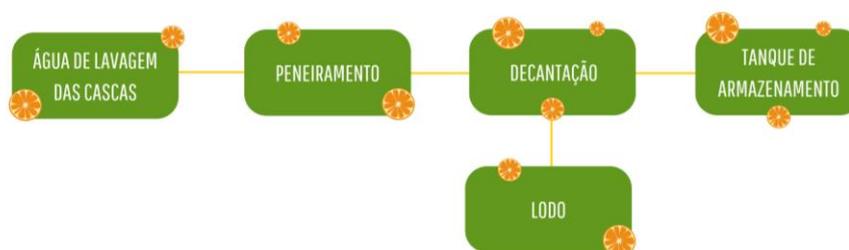
Os efluentes provenientes dos processos industriais são a principal fonte de poluição de recursos hídricos. A água é um dos recursos mais usados na indústria de cosméticos, estando presente na lavagem e sanitização de equipamentos e limpeza das linhas de envase. Assim sendo, é de fundamental importância a garantia da eficiência do processo de tratamento de efluentes, para permitir a reutilização dessa água no ciclo industrial (FRIHA *et al.*, 2014).

O pré-tratamento dos efluentes líquidos por meio de coagulação química, seguida de precipitação ou flotação por ar dissolvido reduzem a toxicidade dos efluentes e apresentam a mesma eficácia de remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e menor custo quando comparado a outros métodos oxidativos (EL-GOHARY; TAWFIK; MAHMOUD, 2010).

Os resíduos produzidos pela Âmago são, predominantemente, os efluentes líquidos gerados pelo processo produtivo, para a limpeza de equipamentos e pisos, e os resíduos provenientes da extração do óleo da casca de laranja. Essas cascas residuais, com geração de 43.171,36 kg.mês⁻¹ e provenientes da hidrodestilação, não receberão nenhum tipo de tratamento e serão vendidas para indústrias da região que realizam a extração da pectina (DEITOS *et al.*, 2014). Já a quantidade de efluentes líquidos, que precisarão ser encaminhados para tratamento, é de 54.578,98 kg.mês⁻¹ proveniente da lavagem das cascas e 8.307,44 kg.mês⁻¹ proveniente da lavagem dos equipamentos.

As cascas de laranja, por serem adquiridas de indústrias alimentícias da região possuem um tratamento minucioso. Porém, devido ao transporte, impurezas como terra e areia podem estar presentes na hora do recebimento da matéria-prima. Admitindo que o resíduo nesta etapa contém apenas essas impurezas, o tratamento da água residual de lavagem das cascas passará, inicialmente, por uma peneira para retirar sólidos grosseiros, e em seguida, destinado a um decantador onde será adicionado sulfato de alumínio, para a separação do material particulado e água (PIANTÁ, 2008). Posteriormente ao tratamento, a água será reutilizada na lavagem dos equipamentos e outras atividades, como lavagem de pisos e irrigação. O fluxograma do tratamento está representado pela Figura 19.

Figura 19 - Fluxograma do tratamento da água de lavagem das cascas



Fonte: Autoria própria (2022)

O tratamento da água, proveniente da lavagem dos equipamentos, consistirá em duas etapas, uma separação física e outra biológica. Primeiramente, o efluente passará por um tanque de equalização, responsável por homogeneizar o efluente. Em seguida, seguirá para um tanque de separação de óleos (ANTONIO, 2015). Os resíduos oleosos serão encaminhados para entidades parceiras, que irão utilizar tais óleos para produção de sabão, contribuindo, então, com organizações filantrópicas. Posteriormente, ocorrerá o tratamento biológico com aeração, onde o efluente é submetido a oxigenação a fim de aumentar a massa biológica e reduzir a quantidade de matéria orgânica no efluente, seguido por um decantador onde será realizada a separação do efluente tratado e do lodo, o qual será encaminhado para empresas que realizaram o descarte adequado (SENA, 2011). Todo esse processo pode ser analisado no fluxograma presente na Figura 20.

Figura 20 - Fluxograma do tratamento da água de lavagem das cascas

Fonte: Autoria própria (2022)

As alíquotas retiradas da água tratada e destinada para lavagem dos equipamentos, será enviada ao laboratório e submetida a testes analíticos de pH, dureza, alcalinidade, metais e substâncias orgânicas e inorgânicas, portanto, esse procedimento preventivo garante maior durabilidade e segurança dos equipamentos. E também, os efluentes tratados ao final do processo, passarão por análises técnicas e comparadas aos padrões estabelecidos, por resoluções legais, de modo que aprovado, os efluentes serão destinados a estação de tratamento de esgoto.

9 DIMENSIONAMENTO E ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS

Foram dimensionados e cotados os equipamentos para armazenagem, processamento das matérias-primas, produtos e resíduos da Âmago.

9.1 Armazenamento

Sabe-se que o volume diário de água utilizada é de 4.994,119 L. Portanto, tem-se um tanque para o armazenamento de 25.000 L de água, quantidade necessária para cinco dias de produção, feito de polietileno, conforme a Figura 21.

Figura 21 - Tanque de armazenamento de água



Fonte: FORTLEV (2022)

Suas especificações seguem na Tabela 10:

Modelo	Capacidade (L)	D (m)	Altura (m)
<i>Fortlev 2070052</i>	25.000	3,10	3,31

Fonte: Autoria própria (2022)

A quantidade de óleo armazenada também será para cinco dias de produção. Os tanques de armazenamento em aço *inox*, para os óleos de oliva e coco estão representados pela Figura 22 e suas especificações seguem na Tabela 11.

Figura 22 - Tanque de armazenamento dos óleos



Fonte: TANQUES BRASIL (2022)

Tabela 11 - Dimensionamento dos tanques dos óleos

Matéria-prima	Capacidade (L)	D (m)	Altura (m)
Óleo de oliva	2.000	1,00	2,55
Óleo de coco	1.400	1,00	1,78

Fonte: Aatoria própria (2022)

Para o tanque de armazenamento de NaOH, revestido de polietileno, utiliza-se de um modelo vertical, conforme a Figura 23. Será armazenado matéria-prima para cinco dias de produção e suas dimensões seguem na Tabela 12.

Figura 23 - Tanque de armazenamento do NaOH



Fonte: ROTOPLASTYC (2022)

Tabela 12 - Dimensionamento do tanque de armazenamento de NaOH

Modelo	Capacidade (L)	D (m)	Altura (m)
<i>Rotoplastyc vertical</i>	420	0,65	1,27

Fonte: Aatoria própria (2022)

Para armazenagem das cascas de laranja, utiliza-se um tanque *inox*, conforme a Figura 24. Será armazenado matéria-prima para cinco dias de produção e suas especificações seguem na Tabela 13.

Figura 24 - Tanque de armazenamento das cascas de laranja

Fonte: METAINOX (2022)

Tabela 13 - Dimensionamento do tanque de armazenamento cascas de laranja

Modelo	Capacidade (L)	D (m)	Altura (m)
<i>Metainox</i>	13.000	2,50	2,65

Fonte: Aatoria própria (2022)

Para o transporte de fluidos, utiliza-se uma bomba helicoidal, conforme a Figura 25. Suas especificações seguem na Tabela 14.

Figura 25 - Bomba helicoidal



Fonte: EBOMBAS (2022)

Tabela 14 - Especificações da bomba

Modelo	Capacidade (L.h ⁻¹)	Potência (kW)	Frequência (Hz)	Pressão (bar)
<i>Sblue</i> PS1000	100 a 1.000	0,50	60	4

Fonte: Autoria própria (2022)

9.2 Saponificação

Para diluição da solução de NaOH, utiliza-se um tanque misturador, conforme a Figura 26. Suas especificações seguem na Tabela 15.

Figura 26 - Tanque de mistura do NaOH



Fonte: VORTICE TECH (2022)

Tabela 15 - Dimensionamento do tanque de mistura do NaOH

Modelo	Capacidade (L)	Potência (kW)	D (m)	Altura (m)
Misturador tambor	250	2,20	0,70	0,65

Fonte: Autoria própria (2022)

O mesmo modelo foi utilizado para misturar os óleos de oliva e coco, porém, com uma capacidade maior. Suas especificações seguem na Tabela 16.

Tabela 16 - Dimensionamento do tanque de mistura dos óleos

Modelo	Capacidade (L)	Potência (kW)	D (m)	Altura (m)
Misturador tambor	350	2,20	0,65	1,05

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a saponificação, serão utilizados dois reatores com capacidade para saponificar 2.100 L e conta com uma serpentina externa acoplada para controle de temperatura, juntamente com um sistema de refrigeração. Suas especificações seguem descritas na Figura 27 e Tabela 17.

Figura 27 - Reator de saponificação

Fonte: MOBILBATCH (2022)

Tabela 17 - Dimensionamento do reator de saponificação

Modelo	Capacidade (L)	Potência (kW)	D (m)	Altura (m)
<i>Mobilbatch</i>	1.050	10	1,10	1,10

Fonte: Autoria própria (2022)

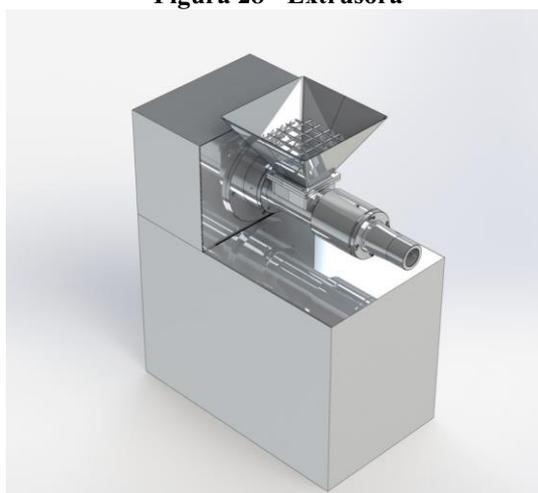
Para a adição do óleo essencial na massa saponificada, utiliza-se, também, de um tanque misturador da *Vortice Tech*. Suas especificações seguem na Tabela 18.

Tabela 18 - Dimensionamento do tanque de adição do OE

Modelo	Capacidade (L)	D (m)	Altura (m)
Misturador tambor	1.050	1,10	1,10

Fonte: Autoria própria (2022)

A extrusão é feita no equipamento da *Artinox*, modelo padrão E500, com uma capacidade de produção de 285 kg.h^{-1} , conforme a Figura 28. Suas especificações seguem na Tabela 19.

Figura 28 - Extrusora

Fonte: ARTINOX (2022)

Tabela 19 - Dados da extrusora

Modelo	Capacidade (kg.h^{-1})	Potência (kW)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
E500	285	1,50	973	358	463

Fonte: Autoria própria (2022)

Para o corte, utiliza-se também um equipamento da *Artinox*, com sistema automatizado pneumático, modelo ART00, conforme a Figura 29. Seus dados seguem na Tabela 20.

Figura 29 - Cortadora

Fonte: ARTINOX (2022)

Tabela 20 - Dados da cortadora

Modelo	Capacidade (kg.h ⁻¹)	Potência (kW)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
ART00	280	1,50	973	358	463

Fonte: A autoria própria (2022)

O processo de prensagem do sabonete é feito na prensa, modelo YBJ 22, conforme a Figura 30. Seus dados seguem na Tabela 21.

Figura 30 - Prensa

Fonte: IRISLEE (2022)

Tabela 21 - Dados da prensa

Modelo	Capacidade (kg.h ⁻¹)	Potência (kW)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
YBJ 22	280	0,50	340	360	400

Fonte: A autoria própria (2022)

Por fim, utiliza-se a empacotadora modelo LZ1000, com capacidade para embalar 45 unidades de sabonete por minuto, conforme a Figura 31. Seus dados seguem na Tabela 22.

Figura 31 - Empacotadora



Fonte: CETRO (2022)

Tabela 22 - Dados da empacotadora

Modelo	Capacidade (kg.h⁻¹)	Unid./min	Potência (kW)	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)
LZ1000	255	45	1,50	0,50	0,50	1,50

Fonte: Autoria própria (2022)

9.3 Extração do óleo essencial

A retirada de impurezas das cascas de laranja é feita em um tanque de lavagem, conforme a Figura 32, e suas dimensões estão descritas na Tabela 23.

Figura 32 - Tanque de lavagem das cascas



Fonte: DIRECT INDUSTRY (2022)

Tabela 23 - Dimensionamento do tanque de lavagem das cascas

Capacidade (kg.h ⁻¹)	Potência (kW)	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)
270	1,70	0,50	1,00	1,00

Fonte: Aatoria própria (2022)

O transporte das cascas até o liquidificador industrial é feito horizontalmente em uma esteira *Redler*, modelo RAS600, conforme a Figura 33. Suas especificações seguem na Tabela 24.

Figura 33 - Transportador de corrente *Redler*



Fonte: ALLIANCE (2022)

Tabela 24 - Transportador de corrente *Redler*

Modelo	Capacidade (kg.h ⁻¹)	Potência (kW)	Largura (m)	Comprimento (m)
RAS600	270	2,20	0,60	0,65

Fonte: Aatoria própria (2022)

Após a lavagem, a trituração é feita em um liquidificador industrial, para aumento de superfície de contato da extração, conforme a Figura 34. Suas especificações seguem na Tabela 25.

Figura 34 - Liquidificador industrial



Fonte: MAX MACHINE (2022)

Tabela 25 - Dimensionamento do liquidificador industrial

Modelo	Capacidade (kg.h⁻¹)	Motor (cv)	Potência (kW)
Triturador <i>cutter</i> 200	265	15	11

Fonte: Autoria própria (2022)

O processo de extração do óleo essencial ocorrerá em dois hidrodestiladores do modelo TE 2761/20 com capacidade de processamento de 1.125 L cada, acoplado a um condensador, conforme Figura 35. Suas especificações seguem na Tabela 26.

Figura 35 - Hidrodestilador

Fonte: TECNAL (2022)

Tabela 26 - Dimensionamento do hidrodestilador

Modelo	Capacidade (L)	Potência (kW)	D (m)	Altura (m)
TE 2761/20	1.125	4	1,10	1,18

Fonte: Autoria própria (2022)

Para separação do óleo essencial e hidrolato, utiliza-se um tanque decantador, conforme a Figura 36. Suas especificações seguem na Tabela 27.

Figura 36 - Tanque decantador

Fonte: MADEIRA MADEIRA (2022)

Tabela 27 - Dimensionamento do tanque decantador

Modelo	Capacidade (L)	D (m)	Altura (m)
Aço <i>Inox</i> 931666295	525	0,70	1,36

Fonte: Autoria própria (2022)

Para envase do óleo essencial e hidrolato, utiliza-se uma envasadora SMB *plus* com duas válvulas de abastecimento automático, conforme a Figura 37. Suas especificações seguem na Tabela 28.

Figura 37 - Envasadora de OE e hidrolato

Fonte: JORMARY (2022)

Tabela 28 - Especificações da envasadora

Modelo	Capacidade (L.h ⁻¹)	Ar comprimido (kgf)	Potência (kW)
SMB <i>plus</i>	7 e 250	6	2,20

Fonte: Autoria própria (2022)

9.4 Tratamento de resíduos

O tratamento de resíduos será dividido em duas linhas, uma onde será tratada a água de lavagem das cascas e outra que será tratada a água de limpeza dos equipamentos.

9.4.1 Água de lavagem das cascas

A fim de regular a vazão na linha de tratamento de resíduos, se viu necessária a implementação de um tanque de armazenamento para a água de lavagem das cascas, suas especificações se encontram na Tabela 29 e está apresentado pela Figura 38.

Tabela 29 - Características do tanque de armazenamento da água de lavagem das cascas

Modelo	Capacidade (L)	D (m)	Altura (m)
Caixa d'água, reservatório	25.000	3,00	3,60

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 38 - Tanque de armazenamento da água de lavagem das cascas

Fonte: MERCADO LIVRE (2022)

A peneira utilizada para realizar a separação de sólidos está apresentada pela Figura 39 e suas características estão apresentadas na Tabela 30.

Tabela 30 - Característica da peneira

Modelo	Capacidade (L.h ⁻¹)	Largura (m)	Altura (m)	Comprimento (m)
Peneira estática	5.000	0,42	2,00	1,20

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 39 - Peneira estática

Fonte: ÁGUAS CLARAS (2022)

Após realizada a separação de sólidos, o efluente é encaminhado para um decantador onde será adicionado o material coagulante. Seu modelo está apresentado pela Figura 40 e suas características estão apresentadas na Tabela 31.

Tabela 31 - Características do decantador

Modelo	Capacidade (L)	Largura (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	Área de decantação (m²)
Decantador lamelar	3.500	3,06	2,66	3,06	4,42

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 40 - Decantador



Fonte: ÁGUAS CLARAS (2022)

Parte dessa água será encaminhada para lavagem dos equipamentos fabris, e a água remanescente será utilizada para lavagem de pisos, irrigação e outras atividades. A água tratada ficará em um tanque de armazenamento apresentado pela Figura 41, assim como suas características se encontram na Tabela 32.

Figura 41 - Tanque de armazenamento da água tratada



Fonte: FORTLEV (2022)

Tabela 32 - Características do tanque de armazenamento da água tratada

Modelo	Capacidade (L)	D (m)	Altura (m)
<i>Fortlev</i> Azul	3.000	1,90	1,29

Fonte: Autoria própria (2022)

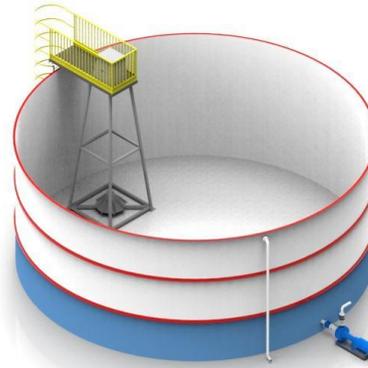
9.4.2 Água de lavagem dos equipamentos

A água proveniente da lavagem dos equipamentos será encaminhada para um tanque de equalização, para realização da homogeneização do efluente e para ajuste de vazão das etapas posteriores ao tratamento. Suas características estão apresentadas na Tabela 33, assim como seu modelo está apresentado pela Figura 42.

Tabela 33 - Características do tanque de equalização

Modelo	Capacidade (L)	D (m)	Altura (m)	Borda livre (m)
Tanque de equalização	5.000	2,03	1,55	0,20

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 42 - Tanque de equalização

Fonte: SULMETAX (2022)

A caixa separadora de gordura contém uma etapa de separação de materiais particulados, onde será contida a casca da laranja e uma caixa de armazenamento para os óleos. O modelo utilizado pela Âmago é apresentado pela Figura 43 e suas características se encontram na Tabela 34.

Figura 43 - Caixa separadora de gordura

Fonte: MERCADO LIVRE (2022)

Tabela 34 - Características da caixa separadora de gordura

Modelo	Capacidade (L.h ⁻¹)	Volume (m ³)	Largura (m)	Altura (m)	Comprimento (m)
Caixa separadora	1.500	13	0,56	0,69	0,85

Fonte: Autoria própria (2022)

Após a separação da gordura, o efluente será encaminhado para o tratamento biológico no tanque de aeração. Serão utilizados 2 tanques em série para que os parâmetros atinjam os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357 e 430. O modelo utilizado para ambos os tanques é apresentado pela Figura 44 e suas dimensões são apresentadas pela Tabela 35.

Figura 44 - Tanque de aeração

Fonte: DHEY TÉCNICA (2022)

Tabela 35 - Características dos tanques de aeração

Modelo	Volume (m ³)	Largura (m)	Altura (m)	Comprimento (m)
Tanque de aeração 1	11,670	4,10	0,53	5,37
Tanque de aeração 2	12,440	4,10	0,57	5,37

Fonte: Autoria própria (2022)

O decantador utilizado para separação do lodo após o tratamento biológico será o mesmo utilizado na primeira linha do tratamento de efluentes, apresentado pela Figura 39, Tabela 31.

9.5 Utilidades

9.5.1 Torre de resfriamento

Para o resfriamento da água utilizada na saponificação e no condensador, será necessária a utilização de uma torre de resfriamento de 40 m³, conforme a Figura 45. Suas especificações seguem na Tabela 36.

Figura 45 - Torre de resfriamento



Fonte: TORRE CARAVELA (2022)

Tabela 36 - Especificações da torre de resfriamento

Modelo	<i>Standart</i>
Capacidade (m³)	40
Potência (kW)	0,7
C x L x H (m³)	1,4 x 1,5 x 2
Salto térmico (°C)	5 a 30
Bulbo úmido (°C)	24
Vazão de ar do ventilador (m.s⁻¹)	2,5 a 3,5

Fonte: TORRE CARAVELA (2022)

9.5.2 Painéis fotovoltaicos

O projeto de painéis fotovoltaicos da Âmago vem de encontro com seus princípios, sustentabilidade e redução de emissões de gases poluentes. A indústria tem na ordem de 73.407,906 kWh como gasto energético mensal, e por isso, faz-se necessário suprir uma parte

dessa demanda por energia limpa e renovável. A instalação dos painéis solares serão de acordo com a Figura 46.

Figura 46 - Painéis fotovoltaicos



Fonte: GERESUL ENERGIA (2022)

Por se tratar de simulações e essas estarem sujeitas às variações climáticas, os números aqui apresentados não são garantidos, porém possuem grande proximidade com a realidade. O dimensionamento deste projeto considerou a área de planta construída de 1.411 m² e a não incidência de sombra sobre os módulos fotovoltaicos, bem como a correta padronização do ramal de entrada e o correto dimensionamento do SPDA (Sistema de Proteção de Descargas Atmosféricas). Todas as informações sobre a instalação foram orçamentadas com uma empresa do ramo e está detalhada no Quadro 1.

Quadro 1: Informações dos painéis fotovoltaicos

Fonte do sistema	Solar	% de redução do consumo de energia	44,13%
Potência instalada	275.000	Área instalada	1411
Geração média anual	388.740 kWh	Geração média mensal	32.395 kWh
Distribuidora	CPFL	Tensão	220 V - 380 V
Local da instalação	Imóvel cliente	Frequência	60 Hz
Estrutura de fixação	Telha metálica	Cidade	Araraquara-SP

Fonte: Autoria própria (2022)

Com a geração anual de 388.740 kWh, a partir de 500 módulos fotovoltaicos de 550 W, e uma economia total corrigida e estipulada em 25 anos de R\$ 30.431.597,62. O preço do projeto será de R\$ 877.000 e com um retorno integral do investimento (*payback*) em 2 anos e 11 meses. O impacto positivo ao ambiente evidencia que o sistema será equivalente a plantar 4.073 árvores por ano e 42,76 t de CO₂ não emitidas à atmosfera.

10 LAYOUT DA EMPRESA

Para a construção da indústria Âmagó, foi escolhido um terreno localizado no distrito industrial da cidade de Araraquara, no estado de São Paulo, conforme a Figura 47. O terreno possui cerca de 4.000 m² de área, contando com acesso estratégico à rodovias para o recebimento de matérias-primas e distribuição de produtos.

Figura 47 - Terreno para a construção da Âmagó

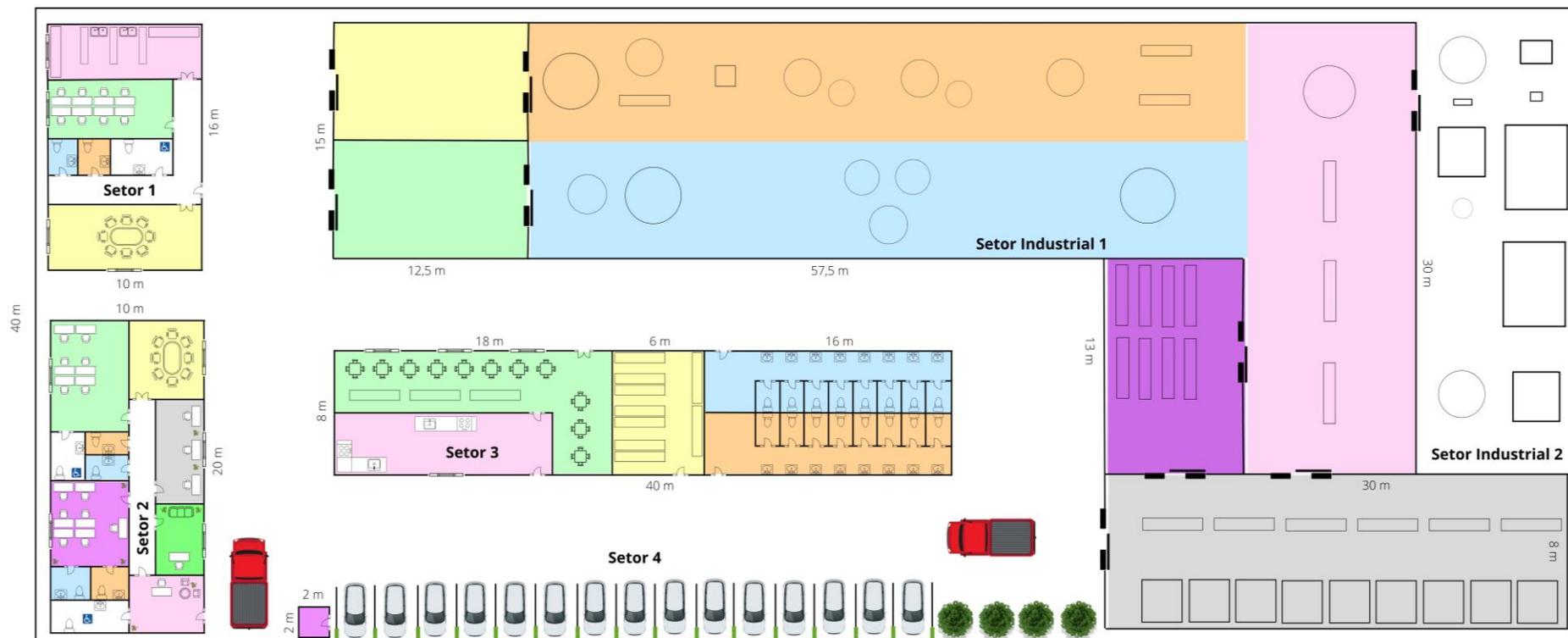


Fonte: Autoria própria, desenvolvida com auxílio do *Google Maps* (2022)

Para uma melhor compreensão da disposição industrial, foi desenvolvida a planta baixa da empresa, apresentada pela Figura 48. Todo o projeto do layout foi elaborado com o intuito organizacional e logístico para o excelente funcionamento das operações fabris. A Âmagó conta com uma área de construção de 2.810 m² distribuídos em setor administrativo, um refeitório, dois estoques de matéria prima e produtos finais, um setor industrial e um setor de tratamentos dos efluentes gerados.

Figura 48 - Layout

100 m



Legenda

Setor 1

- Laboratório de Controle de Qualidade
- Escritório de Engenheiros e Supervisores
- Sala de reuniões e conferências

- Banheiro feminino
- Banheiro masculino
- ♿ Banheiro PNE

Setor 2

- Escritório financeiro e de logística
- Escritório de Marketing
- Escritório do presidente
- Escritório de Recursos Humanos

Setor 3

- Sala de reuniões e conferências
- Banheiro feminino
- Banheiro masculino
- ♿ Banheiro PNE
- Recepção

Setor 3

- Cozinha
- Restaurante
- Almojarifado
- Banheiro feminino
- Banheiro masculino

Setor Industrial 1

- Estoque de matéria-prima para produção de óleo essencial
- Estoque de matéria-prima para produção de sabonete
- Processo produtivo do óleo essencial de laranja e do hidrolato
- Processo produtivo do sabonete intermediário

- Processo produtivo do sabonete com a adição do óleo essencial
- Estoque para permanência (tempo de cura)
- Estoque dos produtos acabados

Setor Industrial 2

- Estação de tratamento de efluentes

Fonte: Autoria própria (2022)

11 ANÁLISE FINANCEIRA

Com a finalidade de verificar a viabilidade econômica da Âmago, realizou-se uma análise financeira do projeto, levando em consideração vários fatores, como a construção civil, mão de obra, custos de produção, tributação fiscal, dentre outros. Todos os cálculos e informações são detalhados no Apêndice C.

11.1 Investimentos

Para que o projeto da indústria Âmago seja inicializado, necessita-se de um investimento inicial e custear a construção da planta industrial. Como também, considera-se a compra de equipamentos, utilidades, mobília, itens de laboratório e equipamentos de proteção individual (EPI's), além disso, os custos administrativos, que incluem gastos com computadores, internet, papel e documentos. Todos os gastos do investimento são detalhados na Tabela 37.

Tabela 37 - Investimento total

Construção	R\$ 3.084.818,00
Equipamentos	R\$ 303.453,03
Investimentos gerais	R\$ 400.000,00
Laboratório	R\$ 300.000,00
Materiais gerais	R\$ 200.000,00
Placas solares	R\$ 877.000,00
Veículos	R\$ 600.000,00
Total	R\$ 5.765.271,03

Fonte: Autoria própria (2022)

11.2 Custos fixos

Os custos fixos terão influência na parcela constante dos gastos, isto é, que será independente da variação de parâmetros operacionais, como volume de produção ou tamanho da equipe de trabalho (BLANK; TARQUIN, 2010). Desta forma, os custos fixos da Âmago englobam gastos com energia, esgoto e água, 55 funcionários, materiais de laboratório, manutenção de equipamentos e administrativo (papel, telefone, internet e produtos de limpeza).

Nossa indústria terá uma equipe composta por um presidente, dois engenheiros químicos, um engenheiro de produção e um engenheiro ambiental, cinco gerentes, um para cada setor, um supervisor de operações, dois analistas químicos, seis encarregados, doze operadores,

três auxiliares de marketing/vendas, dois auxiliares de laboratório, quinze colaboradores e quatro profissionais de limpeza. Todos os custos fixos anuais estão representados na Tabela 38.

Tabela 38 - Custos fixos anuais

Administrativo	R\$ 15.000,00
Água/esgoto	R\$ 486.114,63
Alimentação	R\$ 330.000,00
Energia	R\$ 30.999,94
Funcionários	R\$ 4.421.193,97
Laboratório	R\$ 20.000,00
Manutenção	R\$ 30.345,30
Total	R\$ 5.333.653,84

Fonte: Autoria própria (2022)

11.3 Custos variáveis

Como o próprio nome exemplifica, existem variações nesse tipo de custo, que se alteram com o volume de produção e tamanho da equipe. Para a Âmago, esse valor contemplará gastos com água, esgoto e energia demandado pela produção, matérias-primas, embalagens e tratamentos de resíduos (CASAROTTO; KOPITTKE, 2010). Na Tabela 39 apresentam-se todos os custos variáveis calculados.

Tabela 39 - Custos variáveis anuais

Água/esgoto	R\$ 17.390,38
Embalagens	R\$ 10.277.886,00
Energia	R\$ 849.957,28
Matéria-prima	R\$ 14.411.172,77
Tratamento de resíduos	R\$ 8.317,06
Total	R\$ 25.564.723,49

Fonte: Autoria própria (2022)

11.4 Capital de giro inicial

O capital de giro inicial é utilizado para financiar a operação da empresa até que sejam recebidas as receitas das atividades produtivas (GITMAN, 2010). Portanto, existe uma fórmula para o cálculo deste capital, disposto no Apêndice C. Logo, esse valor corresponde ao capital necessário para subsidiar três meses de operação da Âmago, no valor de R\$ 7.513.566,79.

11.5 Receitas

A receita da empresa será composta totalmente da venda de seus produtos, dentre eles, o sabonete corporal, óleo essencial de laranja e hidrolato. Pressupondo-se que toda a produção mensal será vendida, desta forma, operando durante todos os meses, a receita anual será de R\$ 50.356.356,00. Estão dispostos os dados da receita na Tabela 40.

Tabela 40 - Receita anual da Âmago

Produto	Quantidade mensal	Valor unitário	Receita mensal	Receita anual
Sabonete	447.472	R\$ 3,50	R\$ 1.566.152,00	R\$ 18.793.824,00
OE de laranja	58.101	R\$ 15,00	R\$ 871.515,00	R\$ 10.458.180,00
Hidrolato	219.837	R\$ 8,00	R\$ 1.758.696,00	R\$ 21.104.352,00
Total			R\$ 4.196.363,00	R\$ 50.356.356,00

Fonte: Aatoria própria (2022)

11.6 Cargas tributárias

Os imposto incidentes sobre os produtos da Âmago são: PIS (Programa de Integração Social), COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social), IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados), ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) e CSLL (Contribuição Social sobre o Lucro Líquido).

A companhia terá um regime de imposto de lucro presumido, visto que o faturamento está entre R\$ 3,6 milhões e R\$ 78 milhões anuais (PORTAL TRIBUTÁRIO, 2021). As alíquotas incididas sobre os produtos estão detalhados na Tabela 41.

Tabela 41 - Alíquotas tributárias sobre os produtos

Imposto	Taxa
PIS	0,65%
COFINS	3,00%
IPI	5,00%
ICMS	12,00%

Fonte: Aatoria própria (2022)

Para a tributação sobre o lucro presumido, as taxas são as mesmas para os produtos que a empresa comercializa. As alíquotas estão de acordo com os tributos disponíveis no Portal Tributário.

11.7 Financiamento

O terreno será concedido pelo município de Araraquara-SP e o IPTU será pago somente a partir do sexto ano, com uma alíquota de 2% ao ano. Sendo assim, o valor do financiamento contempla os investimentos e o capital de giro inicial, totalizando R\$ 13.278.837,82.

A indústria Âmago se enquadra na categoria de micro, pequenas e médias empresas, portanto o financiamento será realizado a uma taxa de juros de 7,20% a.a. pelo BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico), com um prazo total de 10 anos.

O financiamento será do tipo SAC (Sistema de Amortização Constante), ou seja, as parcelas são de amortização constante. Por isso, as prestações são decrescentes, em vista que os juros decrescem a cada ano. As características do financiamento estão apresentadas na Tabela 42.

Tabela 42 - Financiamento SAC

Ano	Amortização	Juros	Prestação	Saldo devedor
0	-	-	-	R\$ 13.278.837,82
1	R\$ 1.327.883,78	R\$ 956.076,32	R\$ 2.283.960,10	R\$ 11.950.954,04
2	R\$ 1.327.883,78	R\$ 860.468,69	R\$ 2.188.352,47	R\$ 10.623.070,25
3	R\$ 1.327.883,78	R\$ 764.861,06	R\$ 2.092.744,84	R\$ 9.295.186,47
4	R\$ 1.327.883,78	R\$ 669.253,43	R\$ 1.997.137,21	R\$ 7.967.302,69
5	R\$ 1.327.883,78	R\$ 573.645,79	R\$ 1.901.529,58	R\$ 6.639.418,91
6	R\$ 1.327.883,78	R\$ 478.038,16	R\$ 1.805.921,94	R\$ 5.311.535,13
7	R\$ 1.327.883,78	R\$ 382.430,53	R\$ 1.710.314,31	R\$ 3.983.651,35
8	R\$ 1.327.883,78	R\$ 286.822,90	R\$ 1.614.706,68	R\$ 2.655.767,56
9	R\$ 1.327.883,78	R\$ 191.215,26	R\$ 1.519.099,05	R\$ 1.327.883,78
10	R\$ 1.327.883,78	R\$ 95.607,63	R\$ 1.423.491,41	R\$ 0,00

Fonte: Autoria própria (2022)

11.8 Depreciação

A depreciação é o custo da obsolescência dos ativos imobilizados, como por exemplo, máquinas, veículos, móveis e imóveis. O processo de depreciação começa após o ativo estar disponível para uso, isto é, quando o ativo está em condições de funcionamento. O cálculo é realizado com base na taxa anual de depreciação de cada bem de consumo, estipulado em 10% ao ano. As depreciações para um período de 10 anos estão detalhadas na Tabela 43.

Tabela 43 - Depreciação dos ativos

Ano	Valor total	Valor depreciado
0	R\$ 4.765.271,03	-
1	R\$ 4.298.433,01	R\$ 466.838,02
2	R\$ 3.888.415,22	R\$ 410.017,78
3	R\$ 3.526.323,80	R\$ 362.091,43
4	R\$ 3.204.843,99	R\$ 321.479,81
5	R\$ 2.917.942,44	R\$ 286.901,55
6	R\$ 2.660.627,25	R\$ 257.315,20
7	R\$ 2.428.754,41	R\$ 231.872,83
8	R\$ 2.218.871,67	R\$ 209.882,74
9	R\$ 2.028.092,22	R\$ 190.779,45
10	R\$ 1.853.992,58	R\$ 174.099,64

Fonte: Autoria própria (2022)

11.9 Demonstrativo do Resultado de Exercício (DRE)

O Demonstrativo do Resultado de Exercício (DRE) é fundamental para acompanhar e analisar o desempenho financeiro do empreendimento. Esse relatório contábil é uma síntese das receitas e despesas da indústria em determinado período de tempo. Têm-se apenas duas interpretações ao fim desse período, se a empresa teve lucro ou prejuízo (CONTAS ONLINE, 2021).

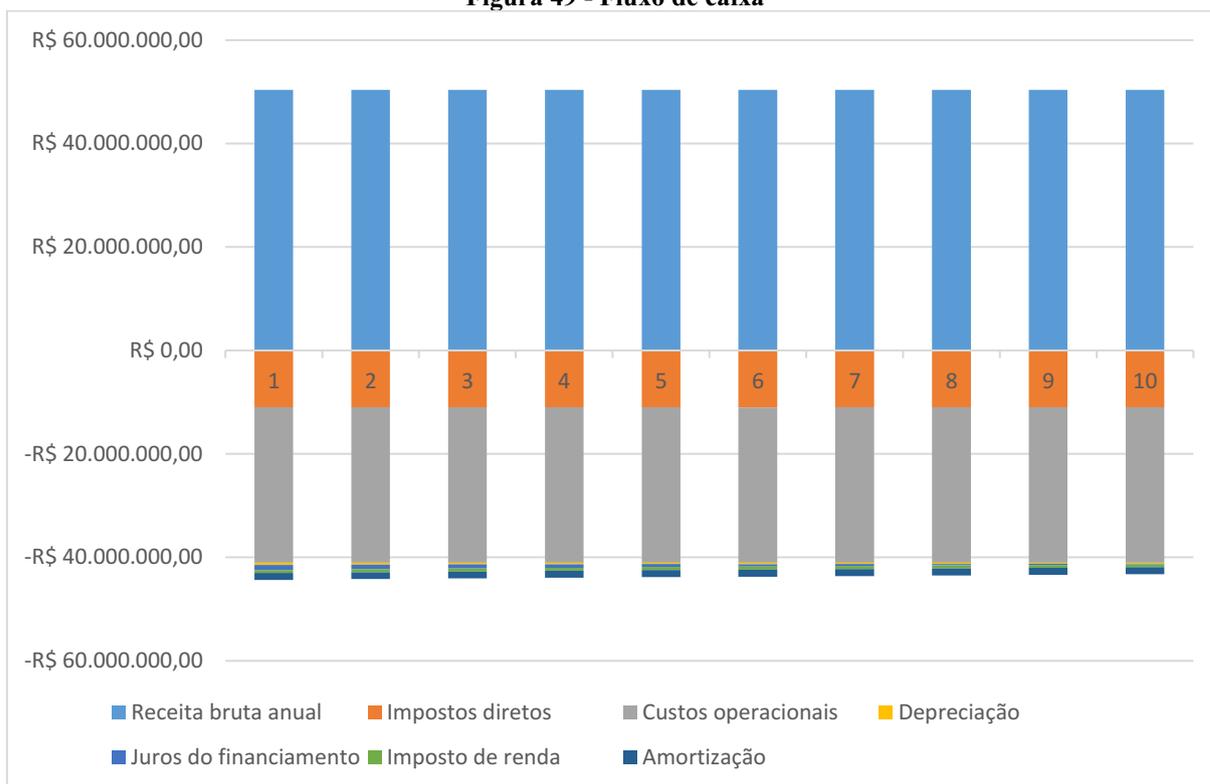
No DRE, a entrada é dada pela receita bruta da Âmago, enquanto as saídas são os impostos, custos de operação, depreciação dos equipamentos, juros e amortização do financiamento e imposto de renda. O EBITDA (*Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization*) e o LAIR (Lucro Antes do Imposto de Renda) simbolizam, respectivamente, o caixa baseado somente nas atividades operacionais e o lucro antes da liquidação dos impostos. A Tabela 44 representa com todos os detalhes o DRE e a Figura 49 demonstra o fluxo de caixa da Âmago.

Tabela 44 - DRE

	Ano				
	1	2	3	4	5
(+) Receita bruta anual	R\$ 50.356.356,00				
(-) Impostos diretos	-R\$ 10.942.436,16				
(-) Custos operacionais	-R\$ 30.054.267,15				
(=) EBITDA	R\$ 9.359.652,69				
(-) Depreciação	-R\$ 466.838,02	-R\$ 410.017,78	-R\$ 362.091,43	-R\$ 321.479,81	-R\$ 286.901,55
(-) Juros financiamento	-R\$ 956.076,32	-R\$ 860.468,69	-R\$ 764.861,06	-R\$ 669.253,43	-R\$ 573.645,79
(=) LAIR	R\$ 7.936.738,35	R\$ 8.089.166,22	R\$ 8.232.700,21	R\$ 8.368.919,46	R\$ 8.499.105,35
(-) Imposto de renda	-R\$ 604.276,27				
(=) Lucro Líquido	R\$ 7.332.462,07	R\$ 7.484.889,95	R\$ 7.628.423,94	R\$ 7.764.643,19	R\$ 7.894.829,08
(-) Amortização	-R\$ 1.327.883,78				
(+) Depreciação	R\$ 466.838,02	R\$ 410.017,78	R\$ 362.091,43	R\$ 321.479,81	R\$ 286.901,55
Fluxo líquido	R\$ 6.471.416,32	R\$ 6.567.023,95	R\$ 6.662.631,58	R\$ 6.758.239,21	R\$ 6.853.846,84
	6	7	8	9	10
(+) Receita bruta anual	R\$ 50.356.356,00				
(-) Impostos diretos	-R\$ 10.998.810,75	-R\$ 10.996.798,53	-R\$ 10.994.866,79	-R\$ 10.993.012,33	-R\$ 10.991.232,05
(-) Custos operacionais	-R\$ 30.054.267,15				
(=) EBITDA	R\$ 9.303.278,10	R\$ 9.305.290,33	R\$ 9.307.222,06	R\$ 9.309.076,52	R\$ 9.310.856,80
(-) Depreciação	-R\$ 257.315,20	-R\$ 231.872,83	-R\$ 209.882,74	-R\$ 190.779,45	-R\$ 174.099,64
(-) Juros financiamento	-R\$ 478.038,16	-R\$ 382.430,53	-R\$ 286.822,90	-R\$ 191.215,26	-R\$ 95.607,63
(=) LAIR	R\$ 8.567.924,74	R\$ 8.690.986,96	R\$ 8.810.516,42	R\$ 8.927.081,80	R\$ 9.041.149,54
(-) Imposto de renda	-R\$ 604.276,27				
(=) Lucro Líquido	R\$ 7.963.648,47	R\$ 8.086.710,69	R\$ 8.206.240,15	R\$ 8.322.805,53	R\$ 8.436.873,26
(-) Amortização	-R\$ 1.327.883,78				
(+) Depreciação	R\$ 257.315,20	R\$ 231.872,83	R\$ 209.882,74	R\$ 190.779,45	R\$ 174.099,64
Fluxo líquido	R\$ 6.893.079,89	R\$ 6.990.699,74	R\$ 7.088.239,11	R\$ 7.185.701,20	R\$ 7.283.089,12

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 49 - Fluxo de caixa



Fonte: Autoria própria (2022)

11.10 Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *payback* descontado

O fluxo de caixa da Âmago estabelece o início no ano 0, em que é representado pelo valor do financiamento, e para os próximos anos, o fluxo de caixa recebe o valor do Fluxo Líquido do DRE.

Para qualquer investimento lucrativo, espera-se receber mais fundos do que capital investido, sendo possível obter uma taxa justa de retorno sobre o investimento. A TMA (Taxa Mínima de Atratividade) e a TIR (Taxa Interna de Retorno) são formas de avaliar se o investimento é lucrativo (BLANK; TARQUIN, 2010).

Para o empreendimento ser considerado financeiramente viável, a TIR esperada deve atingir ou exceder a TMA. A TMA não é calculada como a TIR, e sim estabelecida pela empresa. Ela retorna os riscos de investimento e, por via de regra, é comparada com a TIR, como um dos caminhos de tomar a decisão de aceitar ou rejeitar um investimento. Melhor dizendo, o valor da TIR deve ser igual ou maior que o valor da TMA, para que o investimento seja rentável (BLANK; TARQUIN, 2010). A TMA encontrada para a análise financeira da empresa foi de 26,39% e no Apêndice C consta o cálculo detalhado.

O valor presente é considerado o valor do investimento no ano 0. O método do VPL (Valor Presente Líquido), demonstra se um investimento irá rentabilizar um valor maior do que

o capital investido, projetando o impacto dos fluxos de caixa futuros em termos de valor presente (SAMANEZ, 2002).

O método do *payback* descontado nada mais é do que, o menor tempo necessário para resgatar todo o investimento, ou seja, em qual período de tempo o valor presente de cada período do fluxo de caixa se igualará ao montante de investimento inicial (ALVES; MATTOS; AZEVEDO, 2017). O cálculo do *payback* descontado é análogo ao utilizado para o *payback* simples, exceto que o fluxo de caixa é trazido ao valor presente. O custo de capital deve ser considerado ao calcular o *payback* descontado.

O fluxo de caixa, valor presente e o *payback* descontado são demonstrados detalhadamente na Tabela 45. Por meio dela, percebe-se que a Âmago terá o retorno do investimento entre 3º e 4º ano.

Tabela 45 - Fluxo de caixa e *payback* descontado

Ano	Fluxo de caixa	Valor presente	Payback descontado
0	-R\$ 13.278.837,82	-R\$ 13.278.837,82	-R\$ 13.278.837,82
1	R\$ 6.471.416,32	R\$ 5.120.196,47	-R\$ 8.158.641,35
2	R\$ 6.567.023,95	R\$ 4.110.959,25	-R\$ 4.047.682,10
3	R\$ 6.662.631,58	R\$ 3.299.952,26	-R\$ 747.729,83
4	R\$ 6.758.239,21	R\$ 2.648.394,67	R\$ 1.900.664,83
5	R\$ 6.853.846,84	R\$ 2.125.058,19	R\$ 4.025.723,02
6	R\$ 6.893.079,89	R\$ 1.690.974,38	R\$ 5.716.697,41
7	R\$ 6.990.699,74	R\$ 1.356.849,42	R\$ 7.073.546,82
8	R\$ 7.088.239,11	R\$ 1.088.520,59	R\$ 8.162.067,41
9	R\$ 7.185.701,20	R\$ 873.081,39	R\$ 9.035.148,80
10	R\$ 7.283.089,12	R\$ 700.145,80	R\$ 9.735.294,60

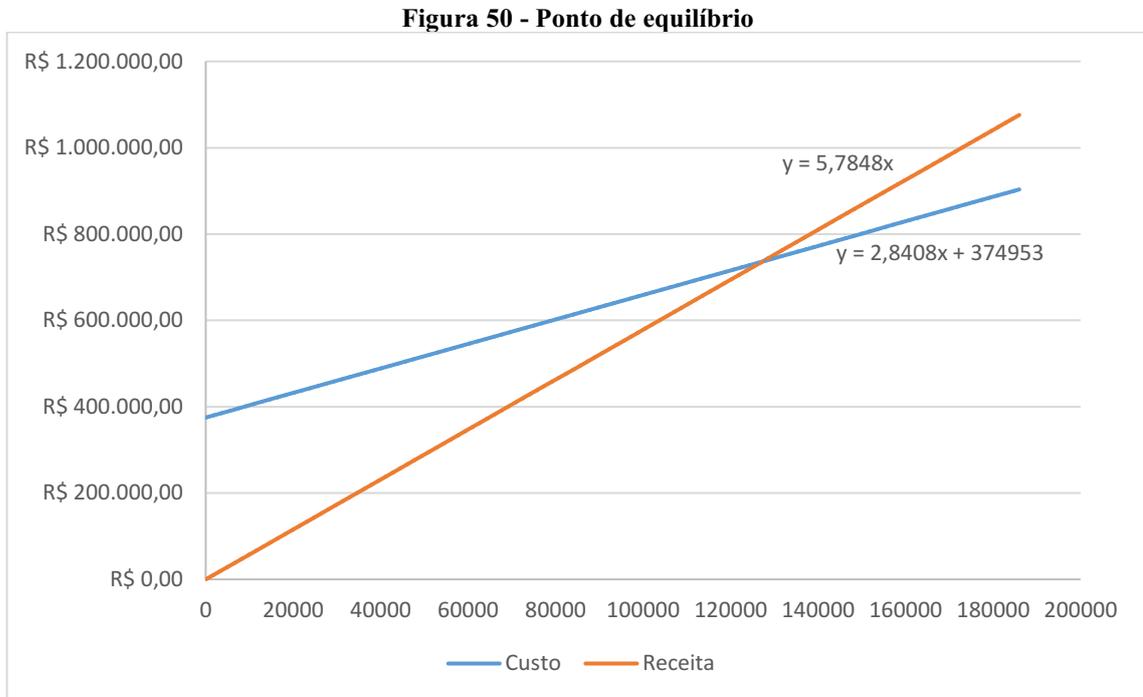
Fonte: Autoria própria (2022)

Analisando-se o fluxo de caixa, calculou-se o VPL e a TIR, que resultam em R\$ 9.735.294,60 e 49,10%, respectivamente. Como a TIR ficou maior que a TMA e o VPL calculado sendo positivo, portanto, o investimento é aceitável e rentável.

11.11 Ponto de equilíbrio

O ponto de equilíbrio é uma ferramenta estabelecida como indicador de segurança da empresa. Por meio dele, sabe-se qual deve ser a receita para que iguale ao custo, indicando quando a empresa vai ajustar a receita e custos com base na previsão das vendas (SEBRAE, 2021).

Esse método tem como referência uma proporcionalidade, na qual, quanto menor o índice, menor serão os riscos (SEBRAE, 2021). O ponto de equilíbrio da Âmago está representado pela Figura 50.



Fonte: Autoria própria (2022)

12 CONCLUSÃO

Diante do cenário econômico, influenciado pela pandemia da COVID-19, na qual se observou um crescimento do mercado de cosméticos, devido ao aumento da higienização da população, notou-se, também, o crescimento no interesse dos consumidores por produtos *Cruelty Free*, simpatizando progressivamente com produtos naturais.

Desta forma, surge a viabilidade da implementação de uma indústria de sabonetes e de extração do óleo essencial da laranja, a *Âmago*, que foi elaborada para entrar no mercado, absorvendo uma parte desse *Market Share*, e totalmente alinhada com a sustentabilidade, com produtos veganos de higiene pessoal e destinação adequada de efluentes, que atendam todas as normas estabelecidas para preservação ambiental.

Situada na região central do país e no interior paulista, Araraquara fica localizada em uma área favorável para a distribuição dos produtos e recebimento das matérias-primas a serem utilizadas, sendo também o estado de maior referência na produção de laranja.

Foram realizados os cálculos de balanço de massa e energia para a produção do sabonete, água floral e do óleo essencial de laranja, e desta forma, estipulou-se uma produção mensal de 447.472 unidades de sabonete, 58.101 frascos de óleo essencial de laranja e 219.837 frascos de hidrolato.

O dimensionamento dos equipamentos foi feito com base na produção mensal, assim como a análise financeira. O investimento inicial necessário seria de R\$ 13.278.837,82, com um custo fixo anual de R\$ 4.497.860,72 e um custo variável de R\$ 25.556.406,43. Com isso, calculou-se o capital de giro inicial, o valor do financiamento e os indicadores de viabilidade do empreendimento.

Com um sistema de amortização constante e uma taxa de juros de 7,20% a.a., financiou-se o valor de R\$ 13.278.837,82 através de um empréstimo do BNDES, pagos em 10 parcelas anuais. A partir do desenvolvimento do DRE, verificou-se um fluxo de caixa positivo desde o primeiro ano. Para a análise de viabilidade, tem-se os parâmetros VPL e TIR retornando valores adequados, e com um *payback* entre o 3º e 4º ano.

A busca por alternativas mais sustentáveis vem ocupando espaço no âmbito industrial, como a preocupação com o descarte adequado de resíduos e a diminuição na utilização de produtos de origem animal. Pode-se concluir que os produtos *Âmago* estão alinhados com as novas necessidades e tendências de mercado, buscando sempre alternativas de preservação dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

- ABIHPEC (Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos). **A Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos: essencial para o Brasil.** Panorama do setor: Set. 2021. Disponível em: https://abihpec.org.br/site2019/wp-content/uploads/2021/10/Panorama_do_Setor_Atualizado_Setembro_2021.pdf. Acesso em: 27 out. 2021.
- ABIHPEC (Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos). **Comprovado: Brasileiro toma banho, escova os dentes e usa desodorante mais vezes que cidadãos de outros países.** Mercado. 31 ago. 2021. Disponível em: <https://abihpec.org.br/comprovado-brasileiro-toma-banho-escova-os-dentes-e-usa-desodorante-mais-vezes-que-cidadaos-de-outros-paises/>. Acesso em: 02 dez. 2021.
- ABIHPEC (Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos). **Estudos revelam mudanças nos hábitos dos consumidores de HPPC durante a pandemia: Comunicação e Marketing.** 28 set. 2021. Disponível em: <https://abihpec.org.br/estudos-revelam-mudancas-nos-habitos-dos-consumidores-de-hppc-durante-a-pandemia/>. Acesso em: 03 nov. 2021.
- ÁGUAS CLARAS. Decantadores lamelares. **Decantador Lamelar** – Vazão até 3.500 L/h. Disponível em: <https://loja.aguasclarasengenharia.com.br/decantadores-lamelares/decantador-fisico-quimico-vertical-10m>. Acesso em: 8 nov. 2022.
- ÁGUAS CLARAS. Estações de tratamento de efluentes. **Peneira Estática** – 5000 L/h. Disponível em: <https://loja.aguasclarasengenharia.com.br/estacoes-de-tratamento-de-efluentes/peneiras/peneira-estatica-5m>. Acesso em: 8 nov. 2022.
- ALLEMAND, A. G. D. S.; DEUSCHLE, V. C. K. N. **Formulações em cosmetologia.** Grupo A, 2019. 9788595028159. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595028159/>. Acesso em: 23 out. 2021.
- ALLIANCE. Equipamentos: **Transportador de Arraste tipo redler.** Disponível em: <https://alliance.ind.br/equipamento/transportador-de-arraste-tipo-redler/>. Acesso em: 18 out. 2022.
- ALVES, A.; MATTOS, J.; AZEVEDO, I. **SS Engenharia Econômica.** Porto Alegre: Grupo A, 2017. 9788595020573. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020573/>. Acesso em: 23 out. 2022.
- ALVES, I. M. Extração de óleo essencial a partir da casca de frutas cítricas pela destilação por arraste a vapor. *In*: CONGRESSO INTERDISCIPLINAR DE PESQUISA, INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENÇÃO UNIVERSITÁRIA. 5., 2020. Belo Horizonte. **Semana da responsabilidade social e extensão universitária.** Belo Horizonte: UNIBH, 2020. p. 472-483.
- AMARAL, F. **Técnicas de aplicações de óleos essenciais: terapias de saúde e beleza.** São Paulo. Cengage Learning Brasil, 2015. 9788522122738. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522122738/>. Acesso em: 03 nov. 2021.
- AMIRALIAN, L.; FERNANDES, C. R. Sabonetes de glicerina. **Revista Cosmetics & Toiletries Brasil,** São Paulo, v.30, p. 1-3, Osasco, 2018.

ANDREATINI, R.; HOCAYEN, P. A. S. **Avaliação do mecanismo de ação tipo ansiolítica do óleo essencial de *Citrus sinensis* (Laranja doce) em modelos animais**. 2017. Tese (Doutorado em Farmacologia) – Curso de Pós-Graduação em Farmacologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

ANTONIASSI, R.; *et al.* Avaliação das características de identidade e qualidade de amostras de azeite de oliva. *In: BRAZ J. FOOD TECHNOL.*, 1, Campinas 1998 **Brazilian Journal Food Technology** Campinas, 1998. p. 32-43.

ANTONIO, J. G. M. **Estudo da implementação do pilar de meio ambiente da metodologia WCM em uma indústria de sabonetes**. 2015. Monografia Graduação, Universidade Estadual de São Paulo, Lorena, 2015.

ARARAQUARA. **Lei nº 5119, de 14 de dezembro de 1998**. Legislação Municipal de Araraquara. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/a/araraquara/lei-ordinaria/1998/512/5119/lei-ordinaria-n-5119-1998-institui-o-programa-de-incentivo-ao-desenvolvimento-economico-e-social-do-municipio-de-araraquara-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 27 out. 2021.

ARARAQUARA. Prefeitura Municipal de Araraquara. **Números e dados**, 2021. Disponível em: <http://www.araraquara.sp.gov.br/nossamorada/conteudo-nossamorada/numeros-e-dados>. Acesso em: 27 out. 2021.

ARTINOX. Ficha técnica Extrusora E500. **Ficha técnica**. Disponível em: <http://www.artinoxbrasil.com.br/wp-content/uploads/2017/11/Ficha-Tecnica-Extrusora-E500.pdf#>. Acesso em: 1 nov. 2022.

BERWANGER, P. R. **Modelo de organograma integrado entre setores**, 2013. Dissertação (Especialista em Gestão Empresarial) – MBA em Gestão Empresarial, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Bento Gonçalves, 2013.

BLANK, L.; TARQUIN, A. **Engenharia Econômica**. Porto Alegre: Grupo A, 2010. 9788563308986. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788563308986/>. Acesso em: 23 out. 2022

BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social). **O banco nacional do desenvolvimento e taxa de Juros de Longo Prazo - TJLP**. Disponível em: encurtador.com.br/kyBFI

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária Resolução RDC nº 7, de 10 de fevereiro de 2015**. [Brasília]: [MS], 2011. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2867685/%284%29RDC_07_2015_COMP.pdf/83b9a8ef-0934-49f6-a111-b37f12de3b3f. Acesso em: 08 nov. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário estatístico de energia elétrica 2021**. [Brasília]: [MME], 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico168/EPEFactSheetAnuario.pdf>. Acesso em: 22 out. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <https://abrir.link/2xU2T>. Acesso em: 15 out. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. [Brasília]: [MMA], 2011. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso em: 3 nov. 2021.

CAPANEMA, L. X. L.; *et al.* Panorama da indústria de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 25, p.131-155, mar. 2007.

CASAROTTO, N. F.; KOPITTKE, H. B. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. São Paulo: Atlas, 2010.

CETRO. Empacotadoras. **Empacotadora automática LZ 1000**. Disponível em: https://www.cetro.com.br/empacotadora-automatica-lz1000/p?idsku=1384&gclid=EAIaIQobChMIiPXqofmS-wIV8BXUAR3UOgnwEAYYASABEgLOG_D_BwE. Acesso em: 2 nov. 2022.

CHAAR, J. S. **Estudos analíticos e modificação química por acetilação do linalol contido no óleo essencial da espécie Aniba Duckei Kostermans**, 2000. Dissertação (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciências, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000.

CLIMATE DATA. Clima de Araraquara. **São Paulo**. 29 set. 2022. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/araraquara-4229/>. Acesso em: 12 out. 2022.

CLUBE DE FINANÇAS. Análise do setor de cosméticos (HPPC). **Análise setorial**. mar. 2019. Disponível em: <http://clubedefinancas.com.br/wp-content/uploads/2019/03/Setor-Cosm%C3%A9ticos-Post.pdf>. Acesso em: 27 out. 2021.

CONTAS ONLINE. Demonstração do resultado do exercício: **aprenda o que é e como fazer**. Disponível em: <https://www.contasonline.com.br/blog/147/demonstracao-do-resultado-do-exercicio-aprenda-como-fazer>. Acesso em: 22 out. 2022.

COPEL. Manual para gerenciamento de resíduos sólidos. **Manual**. 2015. Disponível em: [https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual_gerenciamento_residuos_solidos/\\$FILE/Manual%20para%20Gerenciamento%20de%20Res%C3%ADduos%20v1.88.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual_gerenciamento_residuos_solidos/$FILE/Manual%20para%20Gerenciamento%20de%20Res%C3%ADduos%20v1.88.pdf). Acesso em: 03 nov. 2021.

COSMETICS EUROPE. History of Cosmetics. **Cosmetics Industry**. 2021. Disponível em: <https://cosmeticseurope.eu/cosmetics-industry/history-cosmetics/>. Acesso em: 05 nov. 2021.

CROPLIFE BRASIL. Produção de laranja: Brasil é líder nesse negócio. **Notícias**. 12 ago. 2020. Disponível em: croplifebrasil.org/noticias/producao-de-laranjas-brasil-e-lider-nesse-negocio. Acesso em: 26 out. 2021.

DE LIMA, F. B.; PLACEDES, J.; CARDOSO, C. R. Avaliação do rendimento de hidrodestilação para a produção de óleo essencial das cascas de Citrus Sinensis (L.) Osbeck. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, Uberaba, v. 4, n. 3, p. 257-266, 2019.

DEITOS, A. *et al.* **Avaliação do resíduo casca de laranja na obtenção de pectina e óleo essencial**. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 4., 2014, São Leopoldo, Conferencia [Energia e Ambiente], Porto Alegre, 2014.

DHEY TÉCNICA. Equipamentos. **Sistema de Aeração Estática**. Disponível em: <https://www.dheytecnica.com.br/equipamentos/sistema-de-aeracao-estatico/>. Acesso em: 9 nov. 2022.

DIRECT INDUSTRY. Máquinas e equipamentos industriais. **Tanque de lavagem**. Disponível em: <https://www.directindustry.com/pt/prod/pulian-international-enterprise-co-ltd/product-74736-1897354.html>. Acesso em: 17 out. 2022.

EBOMBAS. Bombas helicoidais: s blue. **Helicoidais**. Disponível em: <https://www.ebombas.com.br/bombashelicoidais/bomba-helicoidal-s-blue-ps1000-p1bnt>. Acesso em: 17 out. 2022.

EL-GOHARY, F.; TAWFIK, A.; MAHMOUD, U. Comparative study between chemical coagulation/precipitation, versus coagulation/dissolved air flotation for pre-treatment of Personal Care Products wastewater. **Desalination**, Cairo, v. 252, p. 106-112, 2010.

FAGUNDES, A. P. *et al.* Determinação da composição química imediata da casca da laranja para fins energéticos. 2015. **Anais do SEPE-Seminário de Ensino**, Chapecó: Pesquisa e Extensão da UFFS, 2015, v. 5, n. 1.

FERNANDES, B. C. **Desenvolvimento histórico da citricultura**, 2010.

FERNANDES, I. J.; KIELING, A. G. **Extração e caracterização de óleo essencial de laranja obtido do resíduo casca de laranja**, 2013.

FERREIRA, H. G. C.; BISPO, J. G. D.; MACIEL, C. A. Análise da aplicação dos cinco passos de implantação da teoria das restrições em uma linha de produção de sabonetes. **Revista Científica Universitas**, v. 3, n. 2, 2015.

FLORIEN. Óleo de coco. **Ficha técnica**. 2018. Disponível em: <https://florien.com.br/wp-content/uploads/2016/06/%c3%93LEO-DE-COCO.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2021.

FORTLEV. Reservatórios. **Tanque de água de polietileno 25000L**. Disponível em: <https://www.fortlev.com.br/produtos/reservatorios>. Acesso em: 15 out. 2022.

FRIHA, I. *et al.* Treatment of cosmetic industry wastewater by submerged membrane bioreactor with consideration of microbial community dynamics. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Sfax, v. 88, p. 125-133, 2014.

GALEMBECK, F; CSORDAS, Y. **Cosméticos: a química da beleza**. Coordenação central de educação a distância, 2011.

GAUTO, M. A.; ROSA, G. R. **Química industrial**. Grupo A. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 9788565837613. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788565837613/>. Acesso em: 29 out. 2021.

GAZETA, E. Anuário brasileiro de horti & fruti. **Editora Gazeta**. 2021. Disponível em: <https://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2021/>. Acesso em: 05 nov. 2021.

GERESUL ENERGIA. Soluções em energia solar. **Energia solar para a sua empresa**. Disponível em: <https://www.geresulenergia.com.br/solucoes/energia-solar-para-sua-empresa/2>. Acesso em: 29 out. 2022.

GERÓES, A. I. S. *et al.* **Sabão, Detergentes e Glicerina**. 2012. TCC de Graduação e Especialização – Graduação em Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2012.

GHODKI, B. M.; GOSWAMI, T.K. Physico-thermal and Flavoring Characteristics of Essential Oil of Cassia. **Journal Of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 19, n. 4, p. 854-862, maio. 2016.

GITMAN, J. L. **Princípios de administração financeira**. 12. ed. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil, 2010.

HIMMELBLAU, D. M.; RIGGS, J. B. **Engenharia Química - Princípios e Cálculos**. 8ª ed., Grupo GEN Ed.LTC, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2711-1/>. Acesso em: 04 dez. 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Panorama. **Araraquara**, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/araraquara/panorama>. Acesso em: 27 out. 2021.

INVESTSP. Investe São Paulo. **Laranja**, 2013. Disponível em: https://www.investe.sp.gov.br/uploads/midias/documentos/laranja_saopaulo.pdf. Acesso em: 05 nov. 2021.

INVESTSP. Limites Municipais. **SP em Mapas**, 2021. Disponível em: <https://www.investe.sp.gov.br/sp-em-mapas/>. Acesso em: 26 out. 2021.

IRISLEE. Eletrodomésticos. **Máquina de prensagem**. 2022. Disponível em: <https://pt.dhgate.com/product/irislee-home-use-vertical-type-hand-press/565259380.html>. Acesso em: 24 out. 2022.

ISENMANN, A. F. **Princípios Químicos em produtos cosméticos e sanitários**. 1. Ed. Porto Alegre, Buqui, 2012.

ISO (Organização Internacional de Normalização). **Aromatic natural raw materials**, 2021. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9235:ed-3:v1:en>. Acesso em: 05 nov. 2021.

JACOB, R. G. Óleos essenciais como matéria-prima sustentável para o preparo de produtos com maior valor agregado. **Revista virtual de química**, v. 9, n. 1., 2017.

JORMARY. Automação industrial. **Envasadora SMB plus**. Disponível em: https://jormary.com.br/produtos/envasadora-smb-plus?gclid=Cj0KCQIApb2bBhDYARIsAChHC9uWkCQczcbK3T5kj_SuW8bS5X00zvfnejJc_g0qAEE2CAI3PVSfedcYaAif_EALw_wcB. Acesso em: 1 nov. 2022.

KERN, D. Q. **Process Heat Transfer**. New York: McGraw-Hill, 1950.

KUNTOM, A. *et al.* **Effects of superfatting agents on cracking phenomena in toilet soap**. *Journal of Surfactants and Detergents*, v. 2, n. 3, p. 325-329, 1999.

KUNZLER, A. A.; SCHIRMANN, A. **Proposta de reciclagem para óleos residuais de cozinha a partir da fabricação de sabão**. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) – Graduação em Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, Rio de Janeiro, 2011.

Disponível em:

http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/524/1/MD_COGEA_2011_2_11.pdf.

Acesso em: 04 nov. 2021.

LEAL, P. F. **Estudo comparativo entre os custos de manufaturas e as propriedades funcionais de óleos voláteis obtidos por extração supercrítica e destilação por arraste a vapor**. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós Graduação: Programa Engenharia de Alimentos, Campinas, 2008.

LÚCIO, I. M. L. *et al.* Potencial antimicrobiano do óleo de coco no tratamento de feridas. **Revista Da Rede de Enfermagem do Nordeste**, Ceará, v. 13, n. 4, p. 880-887, 2012.

MADEIRA MADEIRA. Decantadores. **Decantador de aço inox 300L**. Disponível em: https://www.madeiramadeira.com.br/decantador-de-mel-aco-inox-apicultura-tanque-torneira-300l-931666295.html?origem=pla-931666295&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_content=torneira-de-mesa-para-banheiro-2390&utm_term=&utm_id=17851046043&gclid=Cj0KCQiA3. Acesso em: 1 nov. 2022.

MARCHETTI, T. Tratamento de efluente líquido da indústria de cosméticos com sulfato de alumínio e biopolímero. **Revista da Graduação**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, 2014.

MARTINS, F. T. **Comportamento de laranjeira 'Valência' e tangerineira 'Montenegrina' propagadas por estaquia e enxertia**, 2005. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrônoma, Porto Alegre, 2005.

MATOS, S. P. D. **Processos de análise química: contexto histórico e desenvolvimento Industrial**. Editora Saraiva, 2015. 9788536520032. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536520032/>. Acesso em: 29 out. 2021.

MAX MACHINE. Produtos. **Picador e triturador cutter cut 200**. Disponível em: https://www.maxmachine.com.br/picador-e-triturador-cutter?gclid=CjwKCAiA9qKbBhAzEiwAS4yeDdoMppdWCG2R3nmP0un_Ow3EHZbcQuuWxgRaNdLGaLYffdPwpr8BWhoClxQQA3BwE. Acesso em: 20 out. 2022.

MERCADANTE, R.; ASSUMPÇÃO, L. Massa base para sabonetes. **Fabricando sabonetes sólidos**, 2010. Disponível em: <https://docplayer.com.br/174055-Massa-base-para-sabonetes-fabricando-sabonetessolidos.html>. Acesso em: 06 nov. 2021.

MERCADO LIVRE. Caixa separadora. **Caixa separadora Água e Óleo 1500 Lts**. Disponível em: <https://bityli.com/yFOHzQXZq>. Acesso em: 9 nov. 2022.

MERCADO LIVRE. Reservatório cisterna. **Caixa D'água em fibra de vidro 25000 L**. Disponível em: <https://bityli.com/YLseluhuV> Acesso em: 8 nov. 2022.

METAINOX. Tanques industriais. **Tanque industrial inox**. Disponível em: <http://www.metainox.com.br/tanque-industrial-inox>. Acesso em: 16 out. 2022.

MIRELLE, A. O poder das águas florais para a beleza e saúde. **Produto**. 2017. Disponível em: <https://www.caule.com.br/categoria-produto/c-bem-estar/aguas-florais-hidrolatos/>. Acesso em: 6 nov. 2021

MOBILBATCH. Agitador para indústria química. **Informações**. Disponível em: <https://www.mobilbatch.com.br/agitador-industria-quimica>. Acesso em: 1 nov. 2022.

MORAN, M; *et al.* **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 8ª edição. Grupo GEN, 2018. 9788521634904. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521634904/>. Acesso em: 28 abr. 2022.

NASCIMENTO, L. F. M.; POLEDNA, S. R. C. O processo de implantação da ISO 14000 em empresas brasileiras. *In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP*, Curitiba, 2002. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2002_tr102_0937.pdf. Acesso em: 05 nov. 2021.

OLIVEIRA; J. A. **Grau de saponificação de óleos vegetais na flotação seletiva de apatita de minério carbonatítico**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Programa de pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

PALAVRO, C.; *et al.* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. **Oficina de biocosméticos**, 2018. Disponível em: <https://ifrs.edu.br/feliz/wp-content/uploads/sites/18/2018/11/Apostila-cosm%C3%A9tica-natural.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2021.

PATRICIO, E. J. *et al.* **Projeto de implantação de uma indústria de cosméticos veganos: análise de viabilidade financeira**, 2019. Dissertação (TCC de Graduação e Especialização) – Programa de Graduação em Engenharia Química, Ânima Educação, Tubarão, 2019.

PAULETTI, G. F.; SILVESTRE, W. P. **Óleo essencial cítrico: produção, composição e fracionamento**, 2018.

PEREIRA, F. S. G. **Processos Químicos Industriais**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco. Recife, 2012.

PERRY, R. H.; GREEN, D. W. **Perry's chemical engineers' handbook**. New York: McGraw-Hill, 2007.

PIANTÁ, A. V. C. **Emprego de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao uso do sulfato de alumínio no tratamento de água**. Dissertação (TCC de Engenharia Civil) – Programa de Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, 2008.

PORTAL DE FINANÇAS. Taxa básica financeira acumulada nos últimos 12 meses. **Taxa de juros**. Disponível em: <https://www.portaldefinancas.com/tbf2122.htm>. Acesso em: 27 out. 2022.

PORTAL TRIBUTÁRIO. Tabelas práticas. **Tributos**. 2021. Disponível em: <http://www.portaltributario.com.br/>. Acesso em: 25 out. 2022.

RABALDINHO, A. G. C. **Estudo dos Fenômenos de Oxidação em Produtos Cosméticos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2017.

REMESSA ONLINE. Rendimento da poupança hoje e acumulado em 2022. **Economia e Mercado**. Disponível em: <https://www.remessaonline.com.br/blog/rendimento-da-poupanca-saiba-quanto-rende-de-juros-#:~:text=Qual%20a%20rentabilidade%20da%20poupan%C3%A7a,0%2C6501%25%20ao%20m%C3%AAAs>. Acesso em: 27 out. 2022.

RODRIGUES, F; PIMENTEL, F. B.; OLIVEIRA, M. Beatriz PP. Olive by-products: Challenge application in cosmetic industry. **Industrial Crops and Products**. v. 70, 2015. p. 116-124.

RODRIGUES, R. F. Perfumaria das ervas. **Maquiagem artesanal**, 2021. Disponível em: www.perfumariadaservas.com. Acesso em: 01 nov. 2021.

ROTOPLASTYC. Produto: **Tanque vertical 3.0**. Disponível em: <https://rotoplastyc.com.br/rp/produto/tanque-vertical-3-0/>. Acesso em: 16 out. 2022.

SABESP. Dicas e testes. **Economia de água**. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=247>. Acesso em: 22 out. 2022.

SAMANEZ, C. P. **Matemática Financeira**: Aplicações à análise de investimentos. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002.

SANTOS, F. R. **Caracterização físico-química de frutos e determinação de óleos essenciais da casca de trinta variedades de laranjas doces**. 2020. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

SBRT (Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas). Dossiê Técnico: Fabricação de produtos de higiene pessoal. **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas**. 2007. Disponível em: <http://sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MzA5>. Acesso em: 14 out. 2022.

SCHOPPAN, V. Águas florais: entenda o que são, pra que servem e como usar. **Águas florais**. 2016. Disponível em: <https://terra-flor.com/blog/o-que-sao-aguas-florais/>. Acesso em: 5 out. 2021.

SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas). **Como montar uma fábrica de óleos naturais e essências**, 2021. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-fabrica-de-oleos-naturais-e-essencias,c2387a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acesso em: 03 nov. 2021.

SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas). **Ponto de equilíbrio**: ferramenta para manter seu negócio seguro, 2021. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/ponto-de-equilibrio,67ca5415e6433410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acesso em: 23 out. 2022.

SENA, H. C. **Recebimento de lodo de ETA em ETE por lodo ativado operando com mídia plástica no tanque de aeração (MBBR)**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

SILALAH, A. O. *et al.* Thermophysical parameters of organic PCM coconut oil from T-history method and its potential as thermal energy storage in Indonesia. *In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, p. 12-34, Jul. 2017.

SILVA, M. C. **Óleos essenciais**: caracterização, aplicações e métodos de extração. Dissertação (TCC de Engenharia Química) – Graduação em Engenharia Química, Formiga, 2018.

SILVEIRA, J. C. *et al.* Levantamento e Análises de Métodos de Extração de Óleos Essenciais. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 15, n. 8, p.2038-2052, nov. 2012.

SINDUSCON. Serviços. **Tabelas Cub**, SP. 2022. Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/servicos/cub/>. Acesso em: 02 nov. 2022.

SOUZA, I. D. S. **Prospecção no setor cosmético de cuidados com a pele: inovação e visão nas micro, pequenas e médias empresas**. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós Graduação em Medicamentos e cosméticos. Ribeirão Preto, 2015.

SPITZ, L. Bar soap finishing lines and equipment. Soaps and detergents technology today an AOCs **In Conference and Exhibit**, Florida, 12 out, p.55, 1994.

SUCRANA. Densidade relativa e calor específico para diversos líquidos: **calor específico óleo de oliva**, 2009. Disponível em: <https://www.sucrana.com.br/tabelas/densidade-relativa.pdf>. Acesso em: 18 set. 2022.

SULMETAX. Tanque de equalização. **Entenda por que a manutenção preventiva é extremamente necessária**. Disponível em: <https://sulmetax.ind.br/tanque-equalizacao>. Acesso em: 9 nov. 2022.

TANQUES BRASIL. Produtos. **Tanque de Aço-inox preco**. Disponível em: <https://www.tanquesbrasil.com.br/produtos/tanques-de-inox/tanque-de-acoinox-preco>. Acesso em: 15 out. 2022.

TAXAS DE DEPRECIACÃO. Bens relacionados na Nomenclatura Comum do MERCOSUL - NCM. **Taxa de depreciação**. Disponível em: <https://www.mmcontabilidade.com.br/flash/taxasdepreciacao.htm>. Acesso em: 23 out. 2022.

TECNAL. Destilador de óleos essenciais. **Produto**. Disponível em: https://tecnal.com.br/pt-BR/produtos/detalhes/5568_destilador_de_oleos_essenciais. Acesso em: 20 out. 2022.

TESCAROLLO, L. I. Proposal for quality control of ecological soap developed from recycled vegetable oil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 871-880, 2015.

TOLENTINO, N. M. D. C. **Processos químicos industriais** - matérias-primas, técnicas de produção e métodos de controle de corrosão. São Paulo: Editora Saraiva, 2015. 9788536520087. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536520087/>. Acesso em: 01 nov. 2021.

TORRE CARAVELA. Torre de resfriamento. **Projeto e instalação**. Disponível em: https://www.torre-caravela.com.br/torre-de-resfriamento-projeto-e-instalacao-de-sucesso?gclid=CjwKCAiA68ebBhB-EiwALVC-NrE1azU0NPEXhJvXkjwPz4JNeXkp25ydA_3pAEA6YS-wqZ0Gl67-UBoCnZkQAvD_BwE. Acesso em: 13 nov. 2022.

TRANCOSO, A. D. O. **Reparo cutâneo de úlceras de pressão e óleo de oliva: um novo alvo terapêutico**. Dissertação (Mestrado em Biologia Humana Experimental). Programa de Pós-Graduação Biologia, 2017.

TREVISAN, C. História dos cosméticos. **Química nova**, 2011. Disponível em: <https://www.crq4.org.br/historiadoscosmeticosquimicaviva>. Acesso em: 24 out. 2021.

VORTICE TECH. Misturador para tambor. **Produto**. Disponível em:
<https://www.vorticetech.com.br/produto/misturador-para-tambor/>. Acesso em: 1 nov. 2022.

YAWS, C. **The yaws handbook of physical properties for hydrocarbons and chemicals:** physical properties for more than 54,000 organic and inorganic chemical compounds, Coverage for C1 to C100 Organics and Ac to Zr Inorganics. Amsterdam: G. P. P., 2015.

APÊNDICE A - Descrição dos cálculos de balanço de massa e energia para a produção do sabonete

1) Mistura dos óleos:

Para realizar o balanço de massa da mistura dos óleos, considerou-se que o processo ocorre em regime permanente. Portanto, o balanço se resume a Equação 1:

$$\dot{m}_{entra} = \dot{m}_{sai} \quad (1)$$

Substituindo as correntes, tem-se:

$$\dot{m}_{MP01} + \dot{m}_{MP02} = \dot{m}_{PI01} + \dot{m}_{P01} \quad (2)$$

Considerando-se que nessa etapa ocorreu uma perda de 1,5% em relação as correntes de entrada, representada pela corrente P01, determinou-se a vazão mássica de saída na corrente PI01, realizando o balanço de massa por componente.

Óleo de oliva:

$$x_{oliva}^{MP01} * \dot{m}_{MP01} = x_{oliva}^{PI01} * \dot{m}_{PI01} + 0,015 * x_{oliva}^{MP01} * \dot{m}_{MP01} \quad (3)$$

Óleo de coco:

$$x_{coco}^{MP02} * \dot{m}_{MP02} = x_{coco}^{PI01} * \dot{m}_{PI01} + 0,015 * x_{coco}^{MP02} * \dot{m}_{MP02} \quad (4)$$

Sabe-se que:

$$x_{oliva}^{MP01} = 1; x_{coco}^{MP02} = 1; x_{oliva}^{PI01} = 0,6; x_{coco}^{PI01} = 0,4$$

$$\dot{m}_{MP01} = 42,735 \frac{kg}{h}; \dot{m}_{MP02} = 28,490 \frac{kg}{h}$$

Com isso, calcula-se a vazão mássica da corrente P01:

$$\dot{m}_{P01} = 0,015 * (42,735 + 28,490) \frac{kg}{h} = 1,068 \frac{kg}{h}$$

Utilizando a Equação 2 é possível determinar a vazão mássica de saída na corrente PI01, que é a massa de óleos saponificáveis, como apresentado a seguir:

$$\dot{m}_{PI01} = 42,735 \frac{kg}{h} + 28,490 \frac{kg}{h} - 1,068 \frac{kg}{h} = 70,157 \frac{kg}{h}$$

Contudo, nessa etapa adicionou-se também um excesso de óleo vegetal, denominado *superfating*, que não participará da reação de saponificação. Essa adição ocorre com um aumento de 5% em massa dos óleos saponificáveis, resultando em valores corrigidos para as vazões mássicas das correntes MP01, MP02 e P01 de:

$$\dot{m}_{MP01} = 44,872 \frac{kg}{h}; \dot{m}_{MP02} = 29,915 \frac{kg}{h}; \dot{m}_{P01} = 1,122 \frac{kg}{h}$$

Portanto,

$$\dot{m}_{PI01} = 73,665 \frac{kg}{h}$$

Corrente	MP01	MP02	PI01	P01
Vazão mássica (kg/h)	44,872	29,915	73,665	1,122
Fração óleo de oliva (m/m)	1,0	-	0,6	0,6
Fração óleo de coco (m/m)	-	1,0	0,4	0,4
Temperatura (°C)	23	23	26	26

Para os cálculos do balanço de energia da mistura dos óleos, considerou-se regime permanente e que as variações de energia cinética, potencial e o trabalho são desprezíveis. Portanto, o balanço se resume na Equação 5:

$$\dot{Q} = \sum \dot{m}_s * h_s - \sum \dot{m}_e * h_e \quad (5)$$

Reescrevendo a entalpia (h_i) em função da capacidade calorífica (Cp_i) e da variação de temperatura (ΔT), tem-se:

$$\dot{Q} = \dot{m}_i * Cp_i * \Delta T \quad (6)$$

Quando substâncias estão em transição da fase sólida para líquida, o calor de fusão pode ser escrito através do calor latente de fusão (λ_f), como mostra a Equação 7:

$$\dot{Q} = \dot{m}_i * \lambda_f \quad (7)$$

Sabendo-se que o óleo de coco se encontra sólido a 23°C, temperatura média da cidade de Araraquara, é necessário um aquecimento até 26°C, para garantir que todo óleo se liquefaça. Sua capacidade calorífica nessa temperatura é de 3,230 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹ e o calor latente de fusão 82 kJ.kg⁻¹ (SILALAHY *et al.*, 2017). Calculou-se o calor total necessário para o aquecimento do óleo de coco, somando as Equações 6 e 7, como demonstrado abaixo:

$$\dot{Q}_{coco} = 29,915 \frac{kg}{h} * \left(3,230 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} * (26 - 23)^{\circ}C + 82 \frac{kJ}{kg} \right) = 2.742,891 \frac{kJ}{h}$$

O óleo de oliva também é aquecido até 26°C, com uma capacidade calorífica de 1,966 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹ (SUCRANA, 2009). Calculou-se o calor através da Equação 6:

$$\dot{Q}_{oliva} = 44,872 \frac{kg}{h} * 1,966 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} * 3^{\circ}C = 264,721 \frac{kJ}{h}$$

Considerando-se um tempo de operação de 10 minutos, o calor total necessário por dia para aquecer a mistura dos óleos é de:

$$\dot{Q}_{total} = \frac{\left(2.742,891 \frac{kJ}{h} + 264,721 \frac{kJ}{h} \right)}{10 \text{ min} * \frac{60 \text{ s}}{\text{min}}} * \frac{8h}{1 \text{ dia}} = 40,101 \text{ kW/dia}$$

2) Solução de NaOH:

Considerando-se as correntes presentes no fluxograma do processo produtivo, a preparação da solução de NaOH é descrita pela Equação 8:

$$\dot{m}_{AG01} + \dot{m}_{MP03} = \dot{m}_{PI02} \quad (8)$$

Determinando as frações mássicas de cada corrente, é possível determinar a composição da corrente de saída, realizando o balanço de massa por componente.

NaOH:

$$x_{NaOH}^{MP03} * \dot{m}_{MP03} = x_{NaOH}^{PI02} * \dot{m}_{PI02} \quad (9)$$

Água desmineralizada:

$$x_{\acute{a}gua}^{AG01} * \dot{m}_{AG01} + x_{\acute{a}gua}^{MP03} * \dot{m}_{MP03} = x_{\acute{a}gua}^{PI02} * \dot{m}_{PI02} \quad (10)$$

Para a realização dos cálculos, tem-se:

$$x_{NaOH}^{MP03} = 0,5; x_{\acute{a}gua}^{MP03} = 0,5; x_{\acute{a}gua}^{AG01} = 1$$

$$\dot{m}_{AG01} = 54,719 \frac{kg}{h}; \dot{m}_{MP03} = 15,634 \frac{kg}{h}$$

Considerando-se que no processo não ocorrem perdas:

$$\dot{m}_{PI02} = 70,353 \frac{kg}{h}$$

Assim, é possível determinar a fração de NaOH e água na corrente PI02, substituindo os valores nas Equações 9 e 10:

$$x_{\acute{a}gua}^{PI02} = \frac{54,719 \frac{kg}{h} + (0,5 * 15,634) \frac{kg}{h}}{70,353 \frac{kg}{h}} = 0,889$$

$$x_{NaOH}^{PI02} = \frac{0,5 * 15,634 \frac{kg}{h}}{70,353 \frac{kg}{h}} = 0,111$$

Corrente	AG01	MP03	PI02
Vazão mássica (kg/h)	54,719	15,634	70,353
Fração de água (m/m)	1,0	0,5	0,8889
Fração de NaOH (m/m)	-	0,5	0,1111
Temperatura (°C)	23,0	23,0	32,2

Considerando-se que a água e a solução de NaOH 50% encontram-se a 23°C e que sua mistura é exotérmica, utilizou-se do diagrama entalpia-concentração para o hidróxido de sódio aquoso a 1 atm, presente no Anexo I, para encontrar a temperatura de saída da solução final.

Sabendo que, nessas condições, a água se comporta como líquido saturado, sua entalpia nessa temperatura é igual a 96,520 kJ.kg⁻¹ (MORAN *et al.*, 2018). Com base no

diagrama, a entalpia da solução NaOH 50%, à 23°C, tem valor de 302,380 kJ.kg⁻¹ (PERRY; GREEN, 2007). Portanto:

$$62,536 \frac{kg}{h} * 96,520 \frac{kJ}{kg} + 7,817 \frac{kg}{h} * 302,380 \frac{kJ}{kg} = 70,353 \frac{kg}{h} * h_{PI02}$$

$$h_{PI02} = 119,393 \frac{kJ}{kg}$$

Utilizando novamente o digrama, chega-se a uma temperatura final de 32,2°C para a solução de NaOH.

3) Saponificação:

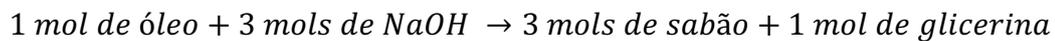
O processo de saponificação envolve uma reação química, e ocorre através da mistura das correntes calculadas anteriormente:

$$\dot{m}_{PI01} + \dot{m}_{PI02} = \dot{m}_{SB01} + \dot{m}_{P01} \quad (11)$$

Seu balanço molar pode ser descrito pela Equação 12:

$$\sum Acúmulo = \sum (Entra - Sai + Gerado - Consumido) \quad (12)$$

Considerando-se que o processo ocorre em regime permanente, os cálculos obedecem a estequiometria da reação:



Portanto, convertendo as vazões mássicas em vazões molares, tem-se:

$$\dot{n}_{PI02} = \dot{n}_{\text{água}} + \dot{n}_{NaOH} = \frac{62,536 \frac{kg}{h}}{18,015 \frac{kg}{kmol}} + \frac{7,817 \frac{kg}{h}}{39,997 \frac{kg}{kmol}} = 3,667 \frac{kmol}{h}$$

$$\dot{n}_{NaOH} = \frac{7,817 \frac{kg}{h}}{39,997 \frac{kg}{kmol}} = 0,195 \frac{kmol}{h}$$

$$\dot{n}_{\text{óleos saponificáveis}} = \frac{70,157 \frac{kg}{h}}{1099,994 \frac{kg}{kmol}} = 0,065 \frac{kmol}{h}$$

Deste modo, utilizou-se uma alimentação de 3,667 kmol.h⁻¹ de solução de NaOH, sendo 0,195 kmol.h⁻¹ do componente NaOH, 0,065 kmol.h⁻¹ da mistura dos óleos saponificáveis e 0,003 kmol.h⁻¹ de *superfating*, gerando 0,195 kmol.h⁻¹ de sabão e 0,065 kmol.h⁻¹ de glicerina. Como a solução de NaOH possui uma certa quantidade de água, tem-se na corrente de saída do sabão uma umidade de 21,39%.

Novamente, a partir das massas molares do sabão, da glicerina e da água, que estão dispostos no Apêndice E, é possível determinar a vazão final da corrente de saída, com valor de 292,301 kg.h⁻¹. Presumindo a viscosidade do sabão formado, considerou-se uma perda de 2,5%, em massa, resultando numa vazão final de 284,994 kg.h⁻¹.

Corrente	PI01	PI02	SB01	P02
Vazão mássica (kg/h)	73,665	70,353	284,994	7,308
Fração óleo de oliva (m/m)	0,6	-	-	-
Fração óleo de coco (m/m)	0,4	-	-	-
Fração de água (m/m)	-	0,8889	0,2139	0,2139
Fração de NaOH (m/m)	-	0,1111	-	-
Fração de sabão (m/m)	-	-	0,7535	0,7535
Fração de glicerina (m/m)	-	-	0,0205	0,0205
Fração de superfatting (m/m)	-	-	0,0120	0,0120
Temperatura (°C)	26,0	32,2	40,0	40,0

A temperatura inicial da mistura no reator de saponificação foi obtida através da média das temperaturas das correntes PI01 e PI02, resultando em 29,1°C. O reator possui um sistema acoplado de serpentinas para o controle da temperatura. Com isso, a mistura das correntes no reator é aquecida até 80°C, para que a reação seja ativada. O cálculo da quantidade de calor necessária a ser fornecida pode ser realizado pela Equação 13:

$$\dot{Q} = \dot{n}_i * Cp_i * \Delta T \quad (13)$$

Sendo \dot{Q} a taxa de calor necessária para aquecer a mistura, \dot{n}_i a vazão molar dos óleos e da solução de NaOH, Cp_i a capacidade calorífica e ΔT a variação de temperatura. A capacidade calorífica utilizada para os cálculos estão presentes no quadro abaixo:

	Cp (J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	Referência
Mistura dos óleos	2.719,062	SILALAHY <i>et al.</i> , 2017; SUCRANA (2009)
Água	75,376	PERRY; GREEN (2007)
NaOH	157,307	YAWS (2015)

Obteve-se a capacidade calorífica da solução de NaOH, a partir de uma média ponderada, resultando em 84,479 J.mol⁻¹.K⁻¹. Calculou-se, então, a taxa de calor total para o aquecimento da mistura:

$$\dot{Q}_{total} = \left(3,667 \frac{kmol}{h} * 84,479 \frac{J}{mol.K} + 0,068 \frac{kmol}{h} * 2.719,062 \frac{J}{mol.K} \right) * 50,9^\circ C$$

$$\dot{Q}_{total} = 25,219 * 10^3 \frac{kJ}{h}$$

Levando em conta um tempo de operação de 10 minutos, o calor total necessário por dia, considerando 8 horas trabalhadas, para aquecer a mistura no reator é de:

$$\dot{Q}_{total} = \frac{25,219 * 10^3 \frac{kJ}{h}}{10 \text{ min} * \frac{60 \text{ s}}{\text{min}}} * \frac{8h}{1 \text{ dia}} = 336,252 \text{ kW/dia}$$

Como a reação de saponificação é extremamente exotérmica, deve ser feito um controle da temperatura para mantê-la a 80°C, ideal para a reação. O calor liberado é igual à entalpia da reação, estimado a partir do número de mols envolvidos na reação e das entalpias específicas dos componentes, obtendo-se um valor de $-5,625 \cdot 10^5$ kJ. O tempo de duração da batelada será de 120 minutos, portanto:

$$\dot{Q}_{total} = \frac{-5,625 * 10^5 \text{ kJ}}{120 \text{ min} * \frac{60 \text{ s}}{\text{min}}} = -78,121 \text{ kW/dia}$$

Considerando que o fluido refrigerante utilizado é a água, sua temperatura de entrada sendo 20°C e a temperatura de saída 40°C, é possível realizar o cálculo da Média Logarítmica das Diferenças de Temperaturas (LMTD), onde ΔT_E e ΔT_S representam a diferença entre a temperatura da mistura e a temperatura de entrada e saída do fluido refrigerante.

$$LMTD = \frac{\Delta T_E - \Delta T_S}{\ln(\Delta T_E) - \ln(\Delta T_S)} = \frac{(80 - 20) - (80 - 40)}{\ln(80 - 20) - \ln(80 - 40)} = 49,326 \text{ K}$$

Para o cálculo da área de troca térmica (A) e da vazão do fluido de resfriamento (\dot{m}), utilizou-se um coeficiente global de troca térmica (U) de $600 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ (KERN, 1950) e uma capacidade calorífica (C_p) para a água nessa temperatura de $4,184 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ (PERRY; GREEN, 2007). Portanto:

$$A = \frac{\dot{Q}}{LMTD * U} = \frac{-(-78,121 * 10^3) \text{ W}}{49,326 \text{ K} * 600 \frac{\text{W}}{\text{m}^2.\text{K}}} = 2,640 \text{ m}^2$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{C_p * \Delta T} = \frac{-(-78,121 * 10^3) \text{ W}}{4,184 \frac{\text{J}}{\text{kg}.\text{K}} * (40 - 20) \text{ K}} = 0,934 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Para seguir em diante na linha de produção, o sabão produzido foi deixado em repouso até atingir 40°C, temperatura ideal para a adição do óleo essencial (TESCAROLLO, 2015).

4) Adição do óleo essencial:

A corrente segue para o misturador, onde ocorre o acréscimo do óleo essencial pela corrente OE01, como apresentado pela Equação 14:

$$\dot{m}_{SB01} + \dot{m}_{OE01} = \dot{m}_{SB02} + \dot{m}_{P03} \quad (14)$$

Sendo os valores utilizados para os cálculos:

$$x_{sab\tilde{a}o}^{SB01} = 0,7535; x_{\tilde{a}gua}^{SB01} = 0,2139; x_{glicerina}^{SB01} = 0,0205; x_{sufatting}^{SB01} = 0,0120$$

$$\dot{m}_{SB01} = 284,994 \frac{kg}{h}; x_{\tilde{o}leo\ essencial}^{OE01} = 1; \dot{m}_{OE01} = 2,806 \frac{kg}{h}$$

Portanto, considerando que as correntes de entrada sofrem uma perda de 1%, é possível determinar a vazão mássica da corrente SB02, como apresentado a seguir:

$$\dot{m}_{SB02} = \left(284,994 \frac{kg}{h} + 2,806 \frac{kg}{h} \right) * (1 - 0,01) = 284,922 \frac{kg}{h}$$

Dividindo a vazão mássica de cada componente pela vazão mássica da corrente SB02, têm-se as seguintes composições:

$$x_{sab\tilde{a}o}^{SB02} = 0,7462; x_{\tilde{a}gua}^{SB02} = 0,2119; x_{glicerina}^{SB02} = 0,0203;$$

$$x_{superfatting}^{SB02} = 0,0119; x_{\tilde{o}leo\ essencial}^{SB02} = 0,0097$$

Corrente	SB01	OE01	SB02	P03
Vazão mássica (kg/h)	284,994	2,806	284,922	2,878
Fração de sabão (m/m)	0,7535	-	0,7462	0,7462
Fração de água (m/m)	0,2139	-	0,2119	0,2119
Fração de glicerina (m/m)	0,0205	-	0,0203	0,0203
Fração de superfatting (m/m)	0,0120	-	0,0119	0,0119
Fração de OE (m/m)	-	1,0	0,0097	0,0097
Temperatura (°C)	40	60	40	40

Para efeitos de cálculo, a variação de temperatura da corrente SB01 com o acréscimo da corrente OE01 será desprezível, devido à grande diferença entre as vazões mássicas.

5) Extrusão, corte e prensagem:

Os processos de extrusão, corte e prensagem possuem as mesmas composições nas correntes de entrada e saída, variando apenas a massa, devido à perda de 2% na extrusora e 1,5% no cortador e na prensa. Com isso, os balanços de massa podem ser descritos pelas Equações 15, 16 e 17:

$$\dot{m}_{SB02} = \dot{m}_{SB03} + \dot{m}_{P04} \quad (15)$$

$$\dot{m}_{SB03} = \dot{m}_{SB04} + \dot{m}_{P05} \quad (16)$$

$$\dot{m}_{SB04} = \dot{m}_{SB05} + \dot{m}_{P06} \quad (17)$$

Por fim, substituindo os valores, calcula-se as correntes finais:

$$\dot{m}_{SB02} = 284,922 \frac{kg}{h} = \dot{m}_{SB03} + (284,922 * 0,02) \frac{kg}{h}; \dot{m}_{SB03} = 279,223 \frac{kg}{h}$$

$$\dot{m}_{SB03} = 279,223 \frac{kg}{h} = \dot{m}_{SB04} + (279,223 * 0,015) \frac{kg}{h}; \dot{m}_{SB04} = 275,035 \frac{kg}{h}$$

$$\dot{m}_{SB04} = 275,035 \frac{kg}{h} = \dot{m}_{SB05} + (275,035 * 0,015) \frac{kg}{h}; \dot{m}_{SB05} = 270,909 \frac{kg}{h}$$

Corrente	SB02	P04	SB03	P05	SB04	P06	SB05
Vazão mássica (kg/h)	284,922	5,698	279,223	4,188	275,035	4,126	270,909
Temperatura (°C)	40	40	40	40	40	40	40

APÊNDICE B - Descrição dos cálculos de balanço de massa e energia para a produção do óleo essencial

A produção total de óleo essencial foi estipulada em 5,612 kg.h⁻¹. Utilizou-se de uma ferramenta computacional para encontrar a quantidade necessária de cascas de laranja que entrarão no processo, obtendo um valor de 265,412 kg.h⁻¹ de cascas.

Para realizar o balanço de massa da produção do óleo essencial, considerou-se que o sistema ocorre regime permanente e que não há acúmulo. Portanto, o balanço se resume a:

$$\dot{m}_{entra} = \dot{m}_{sai} \quad (1)$$

1) Lavagem das cascas:

O balanço de massa para a etapa de lavagem é descrito pela Equação 2, considerando as correntes presentes no fluxograma do processo produtivo:

$$\dot{m}_{AG02} + \dot{m}_{MP04} = \dot{m}_{PI03} + \dot{m}_{R01} + \dot{m}_{P07} \quad (2)$$

Nessa etapa, utilizou-se uma vazão 20% maior de água desmineralizada em relação à vazão de cascas de laranja, para a retirada das impurezas, como apresentado a seguir:

$$\dot{m}_{AG02} = 318,494 \frac{kg}{h}; x_{\text{água}}^{AG02} = 1$$

$$\dot{m}_{MP04} = 265,412 \frac{kg}{h}; x_{\text{cascas}}^{MP04} = 0,97; x_{\text{impurezas}}^{MP04} = 0,03$$

Considerando-se que o processo teve uma perda de 1% em massa em relação às correntes de entrada, pode-se obter a vazão da corrente P07 através da Equação 3:

$$\dot{m}_{P07} = 0,01 * (x_{\text{água}}^{AG02} * \dot{m}_{AG02} + x_{\text{cascas}}^{MP04} * \dot{m}_{MP04} + x_{\text{impurezas}}^{MP04} * \dot{m}_{MP04}) \quad (3)$$

Portanto,

$$\dot{m}_{P07} = 3,185 \frac{kg}{h} + 2,574 \frac{kg}{h} + 0,080 \frac{kg}{h}; \dot{m}_{P07} = 5,839 \frac{kg}{h}$$

Calculando-se a composição de cada corrente, dividindo a vazão dos componentes pela vazão total, tem-se:

$$x_{\text{água}}^{P07} = 0,5455; x_{\text{cascas}}^{P07} = 0,4409; x_{\text{impurezas}}^{P07} = 0,0136$$

Considera-se que 2% da composição da corrente de saída corresponde à água proveniente da lavagem, que ficará retida junto às cascas, e que toda a impureza é retirada pela corrente R01. Portanto, é possível determinar a massa da corrente PI03 a partir de um balanço de massa por componente, como apresentado a seguir:

$$x_{\text{cascas}}^{MP04} * \dot{m}_{MP04} = x_{\text{cascas}}^{PI03} * \dot{m}_{PI03} + x_{\text{cascas}}^{P07} * \dot{m}_{P07} \quad (4)$$

$$x_{\text{cascas}}^{PI03} = 0,98; x_{\text{água}}^{PI03} = 0,02$$

$$0,97 * 265,412 \frac{kg}{h} = 0,98 * \dot{m}_{PI03} + 0,4409 * 5,839 \frac{kg}{h}$$

Calculando-se a equação:

$$\dot{m}_{PI03} = 260,077 \frac{kg}{h}$$

Portanto, pode-se calcular a vazão mássica da corrente de água residual, a partir da Equação 2:

$$318,494 \frac{kg}{h} + 265,412 \frac{kg}{h} = 260,077 \frac{kg}{h} + \dot{m}_{R01} + 5,839 \frac{kg}{h}$$

$$\dot{m}_{R01} = 317,991 \frac{kg}{h}$$

O cálculo das composições foi feito através da Equação 5, como apresentado a seguir:

$$x_{impurezas}^{R01} = \frac{x_{impurezas}^{MP04} * \dot{m}_{MP04} - x_{impurezas}^{P07} * \dot{m}_{P07}}{\dot{m}_{R01}} \quad (5)$$

$$x_{impurezas}^{R01} = \frac{0,03 * 265,412 \frac{kg}{h} - 0,0136 * 5,839 \frac{kg}{h}}{317,991 \frac{kg}{h}} = 0,0248$$

$$x_{\acute{a}gua}^{R01} = 1 - x_{impurezas}^{R01} = 0,9752$$

Corrente	AG02	MP04	PI03	R01	P07
Vazão mássica (kg/h)	318,494	265,412	260,077	317,991	5,839
Fração de água (m/m)	1,00	-	0,02	0,9752	0,5455
Fração de cascas (m/m)	-	0,97	0,98	-	0,4409
Fração de impurezas (m/m)	-	0,03	-	0,0248	0,0136
Temperatura (°C)	23	23	23	23	23

2) Trituração das cascas:

O balanço de massa para a etapa de trituração é descrito pela Equação 6:

$$\dot{m}_{PI03} = \dot{m}_{PI04} + \dot{m}_{P08} \quad (6)$$

Considera-se, nessa etapa, que a corrente PI04 mantém as mesmas composições da corrente PI03, com uma perda de 1,5% em massa, representada pela corrente P08. Portanto:

$$\dot{m}_{PI04} = (1 - 0,015) * 260,077 \frac{kg}{h} = 256,175 \frac{kg}{h}$$

$$x_{cascas}^{PI04} = 0,98; x_{\acute{a}gua}^{PI04} = 0,02$$

Para a corrente P08, tem-se:

$$\dot{m}_{P08} = 0,015 * 260,077 \frac{kg}{h} = 3,901 \frac{kg}{h}$$

Corrente	PI03	PI04	P08
Vazão mássica (kg/h)	260,077	256,175	3,901
Temperatura (°C)	23	23	23

3) Extração do óleo essencial:

O balanço de massa para a etapa de extração do óleo essencial pode ser descrito pela Equação 7:

$$\dot{m}_{AG03} + \dot{m}_{PI04} = \dot{m}_{PI05} + \dot{m}_{R02} + \dot{m}_{P09} \quad (7)$$

Utilizou-se uma proporção de entrada de água para casca de laranja de 1:1 em vazão mássica. Deste modo, os dados para as correntes de entrada são:

$$\dot{m}_{AG03} = 251,052 \frac{kg}{h}; x_{\text{água}}^{AG03} = 1; \dot{m}_{PI04} = 256,175 \frac{kg}{h}; x_{\text{cascas}}^{PI04} = 0,98; x_{\text{água}}^{PI04} = 0,02$$

Considerou-se uma perda de 1,5% em relação às correntes de saída do processo. Definiu-se também um rendimento de 2,294% (m/m) para a produção do óleo essencial. Calculou-se, então, através de um balanço de massa por componente, a vazão mássica da corrente de perda P09:

$$x_{\text{água}}^{P09} * \dot{m}_{P09} = 0,015 * (x_{\text{água}}^{AG03} * \dot{m}_{AG03} + x_{\text{água}}^{PI04} * \dot{m}_{PI04}) \quad (8)$$

$$x_{\text{óleo essencial}}^{P09} * \dot{m}_{P09} = 0,015 * 0,02294 * x_{\text{cascas}}^{PI04} * \dot{m}_{PI04} \quad (9)$$

Substituindo os valores nas equações acima, tem-se:

$$x_{\text{água}}^{P09} * \dot{m}_{P09} = 0,015 * \left(1 * 251,052 \frac{kg}{h} + 0,02 * 256,175 \frac{kg}{h} \right)$$

$$x_{\text{água}}^{P09} * \dot{m}_{P09} = 3,843 \frac{kg}{h}$$

$$x_{\text{óleo essencial}}^{P09} * \dot{m}_{P09} = 0,015 * 0,02294 * 0,98 * 256,175 \frac{kg}{h}$$

$$x_{\text{óleo essencial}}^{P09} * \dot{m}_{P09} = 0,086 \frac{kg}{h}$$

Portanto,

$$\dot{m}_{P09} = 3,843 \frac{kg}{h} + 0,086 \frac{kg}{h} = 3,929 \frac{kg}{h}$$

Dividindo a vazão dos componentes pela vazão total, tem-se:

$$x_{\text{água}}^{P09} = 0,9780; x_{\text{óleo essencial}}^{P09} = 0,0220$$

Por meio de um balanço de massa por componente, obteve-se a vazão mássica da corrente de saída PI05:

$$x_{\text{água}}^{PI05} * \dot{m}_{PI05} = x_{\text{água}}^{AG03} * \dot{m}_{AG03} + x_{\text{água}}^{PI04} * \dot{m}_{PI04} - x_{\text{água}}^{P09} * \dot{m}_{P09} \quad (10)$$

$$x_{\text{óleo essencial}}^{PI05} * \dot{m}_{PI05} = (1 - 0,015) * 0,02294 * x_{\text{cascas}}^{PI04} * \dot{m}_{PI04} \quad (11)$$

Substituindo os valores, tem-se:

$$x_{\text{água}}^{PI05} * \dot{m}_{PI05} = 1 * 251,052 \frac{kg}{h} + 0,02 * 256,175 \frac{kg}{h} - 3,843 \frac{kg}{h} = 252,333 \frac{kg}{h}$$

$$x_{\text{óleo essencial}}^{PI05} * \dot{m}_{PI05} = 0,9850 * 0,02294 * 0,98 * 256,175 \frac{kg}{h} = 5,674 \frac{kg}{h}$$

Portanto,

$$\dot{m}_{PI05} = 252,333 \frac{kg}{h} + 5,674 \frac{kg}{h} = 258,007 \frac{kg}{h}$$

Dividindo a vazão dos componentes pela vazão total, tem-se:

$$x_{\text{água}}^{PI05} = 0,9780; x_{\text{óleo essencial}}^{PI05} = 0,0220$$

Como ocorre transferência mássica no hidroddestilador, a casca de laranja residual perde massa, que é o próprio óleo produzido. Portanto, calcula-se a vazão da corrente R02, composta integralmente do resíduo das cascas, a partir do balanço de massa por componente, apresentado na Equação 12 abaixo:

$$\dot{m}_{R02} = x_{\text{cascas}}^{PI04} * \dot{m}_{PI04} - x_{\text{óleo essencial}}^{PI05} * \dot{m}_{PI05} - x_{\text{óleo essencial}}^{P09} * \dot{m}_{P09} \quad (12)$$

$$\dot{m}_{R02} = 251,052 \frac{kg}{h} - 5,674 \frac{kg}{h} - 0,086 \frac{kg}{h}$$

Substituindo todos os dados, calculou-se a equação, resultando em:

$$\dot{m}_{R02} = 245,292 \frac{kg}{h}$$

Corrente	AG03	PI04	PI05	R02	P09
Vazão mássica (kg/h)	251,052	256,175	258,007	245,292	3,929
Fração de água (m/m)	1,00	0,02	0,9780	-	0,9780
Fração de cascas (m/m)	-	0,98	-	1,00	-
Fração de OE (m/m)	-	-	0,0220	-	0,0220
Temperatura (°C)	23	23	50	50	50

Para os cálculos do balanço de energia, considerou-se regime permanente e que as variações de energia cinética, potencial e o trabalho são desprezíveis. Portanto, o balanço se resume na Equação 13:

$$\dot{Q} = \sum \dot{m}_s * h_s - \sum \dot{m}_e * h_e \quad (13)$$

Reescrevendo a entalpia (h_i) em função da capacidade calorífica (Cp_i) e da variação de temperatura (ΔT), tem-se:

$$\dot{Q} = \dot{m}_i * C p_i * \Delta T \quad (14)$$

Quando substâncias estão em transição da fase líquida para vapor, o calor de vaporização pode ser escrito através do calor latente de vaporização (λ_v), como mostra a Equação 15:

$$\dot{Q} = \dot{m}_i * \lambda_v \quad (15)$$

Considerou-se que a água e as cascas de laranja entraram no hidroddestilador à temperatura ambiente de 23°C. A capacidade calorífica da água nessa temperatura é de 4,184 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹ e o calor latente de vaporização 2.483,097 kJ.kg⁻¹ (PERRY; GREEN, 2007). O calor específico para o óleo essencial extraído é de 1,148 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹ (GHODKI, GOSWAMI, 2016).

Sabendo-se que, no processo de hidroddestilação, a matriz vegetal é totalmente submersa em água, e então aquecida até o ponto de ebulição de 100°C, provocando a vaporização da água, arrastando os compostos voláteis, calculou-se o calor necessário para o aquecimento da água e sua vaporização completa através das Equações 14 e 15. A fração de água *in situ* na casca de laranja é de 67,08% (FAGUNDES *et al.*, 2015), portanto, considerou-se uma capacidade calorífica, aproximada, de 2,807 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹.

$$\dot{Q}_1 = (251,052 + 5,124) \frac{kg}{h} * 4,184 \frac{kJ}{kg.^{\circ}C} * (100 - 23)^{\circ}C$$

$$\dot{Q}_2 = 251,052 \frac{kg}{h} * 2,807 \frac{kJ}{kg.^{\circ}C} * (100 - 23)^{\circ}C$$

$$\dot{Q}_3 = (251,052 + 5,124) \frac{kg}{h} * 2.483,097 \frac{kJ}{kg}$$

$$\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 = \dot{Q}_{total} = 7,729.10^5 \frac{kJ}{h}$$

Considerando-se um tempo de operação de 40 minutos, o calor total diário necessário para o aquecimento na etapa de hidroddestilação é de:

$$\dot{Q}_{total} = \frac{7,729.10^5 \frac{kJ}{h}}{40 \text{ min} * \frac{60 \text{ s}}{\text{min}}} * \frac{8h}{1 \text{ dia}} = 2,576.10^3 \text{ kW}/\text{dia}$$

Posteriormente à hidroddestilação, ocorre a condensação da mistura de água e óleo essencial de laranja. Portanto, a mistura será resfriada até 50°C. Considerando que o fluido refrigerante utilizado é a água, sua temperatura de entrada será de 20°C e a temperatura de saída 80°C. As capacidades caloríficas utilizadas foram 4,184 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹ e 1,148 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹ para a água e o óleo essencial, respectivamente. O calor latente de condensação da água é -2.483,097 kJ.kg⁻¹.

$$\dot{Q}_1 = 256,175 \frac{kg}{h} * 4,184 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} * (50 - 100)^\circ C$$

$$\dot{Q}_2 = 5,760 \frac{kg}{h} * 1,148 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} * (50 - 100)^\circ C$$

$$\dot{Q}_3 = 256,175 \frac{kg}{h} * (-2.483,097) \frac{kJ}{kg}$$

$$\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 = \dot{Q}_{total} = -6,900.10^5 \frac{kJ}{h}$$

Considerando-se um tempo de operação de 2 horas, o calor total diário será de:

$$\dot{Q}_{total} = \frac{-6,900.10^5 \frac{kJ}{h}}{120 \text{ min} * \frac{60 \text{ s}}{\text{min}}} * \frac{8h}{1 \text{ dia}} = -7,667.10^2 \text{ kW/dia}$$

Então, é possível realizar o cálculo da Média Logarítmica das Diferenças de Temperaturas (LMTD), onde ΔT_E e ΔT_S representam a diferença entre a temperatura da mistura e a temperatura de entrada e saída do fluido refrigerante.

$$LMTD = \frac{\Delta T_E - \Delta T_S}{\ln(\Delta T_E) - \ln(\Delta T_S)} = \frac{(100 - 20) - (80 - 50)}{\ln(100 - 20) - \ln(80 - 50)} = 50,977^\circ C$$

Para o cálculo da área de troca térmica (A) e da vazão do fluido de resfriamento (\dot{m}), utilizou-se um coeficiente global de troca térmica (U) de $1.400 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ (KERN, 1950) e as capacidades caloríficas (C_p) de $4,184 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ para a água e $1,148 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ para o óleo essencial. Portanto:

$$A = \frac{\dot{Q}}{LMTD * U} = \frac{-(-7,667 * 10^5) \text{ W}}{50,977 \text{ K} * 1.400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}} = 10,743 \text{ m}^2$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{C_p * \Delta T} = \frac{-(-7,667.10^5) \text{ W}}{4.184 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} * (80 - 20) \text{ K}} = 3,054 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

4) Separação:

O balanço de massa para a etapa de separação é descrito pela Equação 16:

$$\dot{m}_{PI05} = \dot{m}_{OE01} + \dot{m}_{HL01} + \dot{m}_{P10} \quad (16)$$

Os dados da corrente de entrada estão dispostos a seguir:

$$x_{\text{água}}^{PI05} = 0,9780; x_{\text{óleo essencial}}^{PI05} = 0,0220; \dot{m}_{PI05} = 258,007 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Os produtos de saída são o óleo essencial de laranja pela corrente OE01 e o hidrolato pela corrente HL01. Considerou-se uma perda de 1% em relação à corrente de entrada do processo. Portanto, pode-se calcular a vazão da corrente P10 a partir da Equação 17:

$$\dot{m}_{P10} = 0,01 * \dot{m}_{PI05} * (x_{\text{água}}^{PI05} + x_{\text{óleo essencial}}^{PI05}) \quad (17)$$

$$\dot{m}_{P10} = 2,523 \frac{kg}{h} + 0,057 \frac{kg}{h} = 2,580 \frac{kg}{h}$$

Dividindo a vazão dos componentes pela vazão total, tem-se:

$$x_{\text{água}}^{P10} = 0,9780; x_{\text{óleo essencial}}^{P10} = 0,0220$$

Na corrente HL01 a concentração do óleo que não é retirado e fica retido na água é de 0,002% (MIRELLE, 2017). Os cálculos para determinação da vazão mássica da corrente HL01 estão apresentados a partir do balanço de massa por componente, representado na Equação 18 a seguir:

$$x_{\text{água}}^{PI05} \dot{m}_{PI05} = x_{\text{água}}^{HL01} \dot{m}_{HL01} + x_{\text{água}}^{P10} \dot{m}_{P10} \quad (18)$$

$$x_{\text{óleo essencial}}^{HL01} = 0,00002; x_{\text{água}}^{HL01} = 0,99998$$

$$0,9780 * 258,007 \frac{kg}{h} = 0,99998 * \dot{m}_{HL01} + 0,9780 * 2,580 \frac{kg}{h}$$

Calculando-se a equação, obteve-se:

$$\dot{m}_{HL01} = 249,814 \frac{kg}{h}$$

A corrente OE01 contém apenas o óleo essencial, portanto, pode-se fazer o balanço por componente para determinar o valor da vazão, apresentado na Equação 19 abaixo:

$$x_{OE}^{PI05} * \dot{m}_{PI05} = x_{OE}^{OE01} * \dot{m}_{OE01} + x_{OE}^{HL01} * \dot{m}_{HL01} + x_{OE}^{P10} * \dot{m}_{P10} \quad (19)$$

$$0,0220 * 258,007 \frac{kg}{h} = 1 * \dot{m}_{OE01} + 0,00002 * 249,814 \frac{kg}{h} + 0,0220 * 2,580 \frac{kg}{h}$$

Deste modo, calculando, obteve-se:

$$\dot{m}_{OE01} = 5,612 \frac{kg}{h}$$

Corrente	PI05	OE01	HL01	P10
Vazão mássica (kg/h)	258,007	5,612	249,815	2,580
Fração de água (m/m)	0,9780	-	-	0,9780
Fração de OE (m/m)	0,0220	1,0	-	0,0220
Fração de hidrolato (m/m)	-	-	1,0	-
Temperatura (°C)	50	50	50	50

APÊNDICE C - Análise financeira

1) Investimentos

Os gastos referentes aos equipamentos estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Custos com os equipamentos		
Setor	Equipamentos	Custo total
Armazenamento	Tanque de armazenamento do óleo de oliva	R\$ 60.408,43
	Tanque de armazenamento do óleo de coco	
	Tanque de armazenamento de água	
	Tanque de armazenamento do NaOH 50%	
	Tanque de armazenamento das cascas	
	Tanque de armazenamento da água residual	
	Tanque de armazenamento da água tratada	
Saponificação	Tanque de mistura do NaOH	R\$ 99.723,00
	Tanque de mistura dos óleos	
	Reator de saponificação	
	Tanque de adição do OE	
	Extrusora	
	Cortadora	
Extração do OE	Prensa	R\$ 48.800,00
	Empacotadora	
	Tanque de lavagem das cascas	
	Liquidificador industrial	
	Hidrodestilador	
Tratamento de resíduos	Tanque decantador	R\$ 94.521,60
	Envasadora	
	Peneira estática	
	Tanque decantador	
	Tanque de equalização	
Transporte e utilidades	Caixa separadora de gordura	R\$ 39.340,00
	Tanque de aeração	
	Bomba helicoidal	
	<i>Redler</i>	
	Torre de resfriamento	
Total		R\$ 303.453,03

Fonte: Autoria própria (2022)

Para os cálculos dos investimentos iniciais, é necessário o custo da construção por m², valores disponíveis no SINDUSCON-SP (Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo), referentes a outubro de 2022. O custo de produção para a nossa planta está disponibilizado na Tabela 2.

Tabela 2 - Custo com obras

Área construída (m²)	R\$/m²	Total
2.810	1.097,80	R\$ 3.084.818,00

Fonte: Autoria própria (2022)

Para todos os demais investimentos, como veículos, EPI's, laboratório e administrativo, os valores foram estipulados com base em pesquisas de empresas do mesmo seguimento.

2) Custos fixos

A folha salarial dos funcionários da empresa está incluído como custo fixo. Dentre eles, está incluso o salário mensal, o 13º salário, 1/3 de férias, alimentação, auxílio transporte, FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço), INSS, RAT (Risco Ambientais do Trabalho) e sua provisão. Todos os custos estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Folha salarial dos funcionários

Cargo	Quant.	Salário mensal	13°	1/3 férias	Auxílio transporte	Alimentação	Plano de saúde	FGTS	RAT	INSS	Provisão INSS	Custo mensal	Custo anual
Presidente	1	R\$ 20.000,00	R\$ 1.666,67	R\$ 555,56	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 1.600,00	R\$ 600,00	R\$ 4.000,00	R\$ 2.800,00	R\$ 29.672,22	R\$ 356.066,67
Engenheiro Químico	2	R\$ 12.272,44	R\$ 1.022,70	R\$ 340,90	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 981,80	R\$ 368,17	R\$ 2.454,49	R\$ 1.718,14	R\$ 37.381,00	R\$ 448.572,02
Engenheiro de Produção	1	R\$ 12.272,44	R\$ 1.022,70	R\$ 340,90	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 981,80	R\$ 368,17	R\$ 2.454,49	R\$ 1.718,14	R\$ 18.690,50	R\$ 224.286,01
Engenheiro Ambiental	1	R\$ 12.272,44	R\$ 1.022,70	R\$ 340,90	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 981,80	R\$ 368,17	R\$ 2.454,49	R\$ 1.718,14	R\$ 18.690,50	R\$ 224.286,01
Gerente financeiro	1	R\$ 8.153,78	R\$ 679,48	R\$ 226,49	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 652,30	R\$ 244,61	R\$ 1.630,76	R\$ 1.141,53	R\$ 12.837,43	R\$ 154.049,13
Gerente de operações	1	R\$ 8.153,78	R\$ 679,48	R\$ 226,49	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 652,30	R\$ 244,61	R\$ 1.630,76	R\$ 1.141,53	R\$ 12.837,43	R\$ 154.049,13
Gerente de RH	1	R\$ 8.153,78	R\$ 679,48	R\$ 226,49	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 652,30	R\$ 244,61	R\$ 1.630,76	R\$ 1.141,53	R\$ 12.837,43	R\$ 154.049,13
Gerente de marketing	1	R\$ 8.153,78	R\$ 679,48	R\$ 226,49	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 652,30	R\$ 244,61	R\$ 1.630,76	R\$ 1.141,53	R\$ 12.837,43	R\$ 154.049,13
Gerente de logística	1	R\$ 8.153,78	R\$ 679,48	R\$ 226,49	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 652,30	R\$ 244,61	R\$ 1.630,76	R\$ 1.141,53	R\$ 12.837,43	R\$ 154.049,13
Supervisor de operações	1	R\$ 6.250,00	R\$ 520,83	R\$ 173,61	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 500,00	R\$ 187,50	R\$ 1.250,00	R\$ 875,00	R\$ 10.131,94	R\$ 121.583,33
Analista	2	R\$ 3.260,30	R\$ 271,69	R\$ 90,56	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 260,82	R\$ 97,81	R\$ 652,06	R\$ 456,44	R\$ 11.766,50	R\$ 141.197,97
Encarregados	6	R\$ 2.739,44	R\$ 228,29	R\$ 76,10	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 219,16	R\$ 82,18	R\$ 547,89	R\$ 383,52	R\$ 30.858,29	R\$ 370.299,50
Operadores	12	R\$ 2.250,00	R\$ 187,50	R\$ 62,50	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 180,00	R\$ 67,50	R\$ 450,00	R\$ 315,00	R\$ 53.370,00	R\$ 640.440,00
Auxiliar de marketing/vendas	3	R\$ 2.250,00	R\$ 187,50	R\$ 62,50	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 180,00	R\$ 67,50	R\$ 450,00	R\$ 315,00	R\$ 13.342,50	R\$ 160.110,00
Colaboradores	15	R\$ 1.812,54	R\$ 151,05	R\$ 50,35	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 145,00	R\$ 54,38	R\$ 362,51	R\$ 253,76	R\$ 57.387,31	R\$ 688.647,73
Auxiliar de laboratório	2	R\$ 1.812,54	R\$ 151,05	R\$ 50,35	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 145,00	R\$ 54,38	R\$ 362,51	R\$ 253,76	R\$ 7.651,64	R\$ 91.819,70
Profissional de limpeza	4	R\$ 1.812,54	R\$ 151,05	R\$ 50,35	R\$ 400,00	R\$ 500,00	R\$ 350,00	R\$ 145,00	R\$ 54,38	R\$ 362,51	R\$ 253,76	R\$ 15.303,28	R\$ 183.639,40
Total	55												R\$ 4.421.193,97

Fonte: Autoria própria (2022)

Considerando que o consumo de energia e água da fábrica, excluindo a do processo produtivo, foi considerado como 40% do consumo médio diário da população brasileira. Segundo a SABESP (2021) e EPE (2020), a média que uma pessoa consome é de 8,20 kWh e 0,20 m³ por dia, de água e energia, respectivamente.

Estipulando que a quantidade de água consumida pelos funcionários seja a mesma e a energia é utilizada em grande parte no setor administrativo, os custos podem ser resumidos pelos dados dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 - Custos com energia e água/esgoto

	Consumo diário/funcionário	Consumo mensal	Custo unitário	Custo mensal	Custo anual
Água/esgoto	0,08 m ³	96,80 m ³	R\$ 13,19/m ³	R\$ 1.276,79	R\$ 15.321,50
Energia	3,28 kWh	1443,20 kWh	R\$ 1,79/kWh	R\$ 2.583,33	R\$ 30.999,94
Total					R\$ 46.321,44

Fonte: Autoria própria (2022)

O custo de manutenção dos equipamentos fabris foi determinado com base na depreciação. Portanto, o custo de manutenção anual será de R\$ 30.345,30, considerando uma taxa de 10% a.a. de depreciação.

Os custos do laboratório são relacionados ao insumo, como água destilada e reagente. Para o setor administrativo, os gastos estão baseados em custos básicos de papelaria e internet.

3) Custos variáveis

Os custos variáveis incluem as despesas com matéria-prima, embalagens, energia e água utilizada durante o processo de produção. Os dados para o consumo de água estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Custos com água

Consumo mensal (m³)	Custo mensal	Custo anual
109,871	R\$ 1.449,20	R\$ 17.390,38

Fonte: Autoria própria (2022)

O custo anual com energia para os equipamentos foram calculados e apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Custo anual com energia

Equipamento	Consumo diário (kWh)	Custo anual
Tanque de mistura do NaOH	2,2	R\$ 1.039,63
Tanque de mistura dos óleos	42,3	R\$ 19.989,76
Reator de saponificação	376,2	R\$ 177.801,65
Tanque de adição do OE	4,5	R\$ 2.126,52
Extrusora	12,0	R\$ 5.670,72
Cortadora	12,0	R\$ 5.670,72
Prensa	4,0	R\$ 1.890,24
Empacotadora	12,0	R\$ 5.670,72
Tanque de lavagem das cascas	13,6	R\$ 6.426,82
Liquidificador industrial	88,0	R\$ 41.585,28
Hidrodestilador	2640,3	R\$ 1.247.709,62
Envasadora	17,6	R\$ 8.317,06
Peneira estática	17,6	R\$ 8.317,06
Torre de resfriamento	5,6	R\$ 2.646,34
<i>Redler</i>	17,6	R\$ 8.317,06
Bomba helicoidal	5,5	R\$ 2.622,71
Total	3271,1	R\$ 1.545.801,88

Fonte: Aatoria própria (2022)

O custo anual das matérias-primas utilizadas foi disposto na Tabela 7.

Tabela 7 - Custo anual com matéria-prima

Insumo	Quantidade mensal (kg/mês)	Preço (R\$/kg)	Custo anual
Óleo de oliva	7.897,472	94,82	R\$ 8.985.877,73
Óleo de coco	5.265,040	68,40	R\$ 4.321.791,79
NaOH 50%	2.751,584	16,61	R\$ 548.558,60
Casca de laranja	46.712,512	0,99	R\$ 554.944,64
Total			R\$ 14.411.172,77

Fonte: Aatoria própria (2022)

Os custos anuais para as embalagens do óleo essencial, hidrolato e sabonete estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Custo anual com embalagens

Embalagem	Quantidade mensal (un.)	Preço (R\$/un.)	Custo anual
Sabonete	447.472	R\$ 0,25	R\$ 1.342.416,00
Óleo essencial	58.101	R\$ 2,60	R\$ 1.812.751,20
Hidrolato	219.837	R\$ 2,70	R\$ 7.122.718,80

Fonte: Aatoria própria (2022)

4) Capital de giro inicial

O cálculo do capital giro está demonstrado da seguinte forma:

$$\text{Capital de giro} = \frac{\text{Custo fixo anual} + \text{Custo variável anual}}{12 \text{ meses}} * 3 \text{ meses}$$

Os dados para realização dos cálculos estão na Tabela 9.

Tabela 9 - Capital de giro	
	Total
Custo fixo anual	R\$ 4.497.860,72
Custo variável anual	R\$ 25.556.406,43
Custo total	R\$ 30.054.267,15
Capital de giro	R\$ 7.513.566,79

Fonte: Autoria própria (2022)

5) Depreciação

A depreciação dos ativos da Âmagó foi calculada com base na taxa de depreciação anual, conforme a expectativa de vida útil de cada bem, segundo a MM Contabilidade (TAXAS DE DEPRECIÇÃO, 2021). Definiu-se um período de 10 anos para o tempo de vida útil dos equipamentos. Todos os cálculos estão detalhados na Tabela 10.

Tabela 10 - Depreciação sobre os ativos

	Taxa (a.a.)	0	1	2	3	4	5
Construção	4%	R\$ 3.084.818,00	R\$ 123.392,72	R\$ 118.457,01	R\$ 113.718,73	R\$ 109.169,98	R\$ 104.803,18
Equipamentos	10%	R\$ 303.453,03	R\$ 30.345,30	R\$ 27.310,77	R\$ 24.579,70	R\$ 22.121,73	R\$ 19.909,55
Laboratório	10%	R\$ 300.000,00	R\$ 30.000,00	R\$ 27.000,00	R\$ 24.300,00	R\$ 21.870,00	R\$ 19.683,00
Materiais gerais	10%	R\$ 200.000,00	R\$ 20.000,00	R\$ 18.000,00	R\$ 16.200,00	R\$ 14.580,00	R\$ 13.122,00
Veículos	20%	R\$ 600.000,00	R\$ 120.000,00	R\$ 96.000,00	R\$ 76.800,00	R\$ 61.440,00	R\$ 49.152,00
Placas solares	10%	R\$ 877.000,00	R\$ 87.700,00	R\$ 78.930,00	R\$ 71.037,00	R\$ 63.933,30	R\$ 57.539,97
Depreciado	-	-	R\$ 411.438,02	R\$ 365.697,78	R\$ 326.635,43	R\$ 293.115,01	R\$ 264.209,71
Total	-	R\$ 4.488.271,03	R\$ 4.076.833,01	R\$ 3.711.135,22	R\$ 3.384.499,80	R\$ 3.091.384,79	R\$ 2.827.175,08
	Taxa (a.a.)	6	7	8	9	10	
Construção	4%	R\$ 100.611,05	R\$ 96.586,61	R\$ 92.723,15	R\$ 89.014,22	R\$ 85.453,65	
Equipamentos	10%	R\$ 17.918,60	R\$ 16.126,74	R\$ 14.514,06	R\$ 13.062,66	R\$ 11.756,39	
Laboratório	10%	R\$ 17.714,70	R\$ 15.943,23	R\$ 14.348,91	R\$ 12.914,02	R\$ 11.622,61	
Materiais gerais	10%	R\$ 11.809,80	R\$ 10.628,82	R\$ 9.565,94	R\$ 8.609,34	R\$ 7.748,41	
Veículos	20%	R\$ 39.321,60	R\$ 31.457,28	R\$ 25.165,82	R\$ 20.132,66	R\$ 16.106,13	
Placas solares	10%	R\$ 51.785,97	R\$ 46.607,38	R\$ 41.946,64	R\$ 37.751,97	R\$ 33.976,78	
Depreciado	-	R\$ 239.161,73	R\$ 217.350,06	R\$ 198.264,52	R\$ 181.484,87	R\$ 166.663,97	
Total	-	R\$ 2.588.013,36	R\$ 2.370.663,30	R\$ 2.172.398,78	R\$ 1.990.913,91	R\$ 1.824.249,93	

Fonte: Autoria própria (2022)

6) Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

A TMA foi calculada com base no custo de oportunidade, remuneração do capital e fator de risco. O custo de oportunidade foi dado como o rendimento da caderneta de poupança em outubro/2022 (REMESSA ONLINE, 2022), a remuneração do capital foi estimada pela taxa TBF em outubro/2022 (PORTAL DE FINANÇAS, 2022) e considerou-se um fator de risco de 8%, conforme está apresentado na Tabela 11.

Taxas	Alíquota (% a.a.)
Custo de oportunidade	7,44%
Remuneração do capital	10,95%
Fator de risco	8,00%
TMA	26,39%

Fonte: Autoria própria (2022)

7) Ponto de equilíbrio

Para o cálculo do ponto de equilíbrio, foi realizada uma média ponderada dos custos e receitas de cada produto da Âmago. Esse cálculo foi realizado com base na demanda de cada produto, demonstrado nas Tabelas 12 e 13.

Produto	Demanda (un.)	Demanda	Receita	Custo	Receita ponderada	Custo ponderado
Sabonete	447.472	61,69%	R\$ 3,50	R\$ 2,73	R\$ 2,16	R\$ 1,68
Óleo essencial	58.101	8,01%	R\$ 15,00	R\$ 3,42	R\$ 1,20	R\$ 0,27
Hidrolato	219.837	30,31%	R\$ 8,00	R\$ 2,92	R\$ 2,42	R\$ 0,88
Total	725.410				R\$ 5,78	R\$ 2,84

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 13 - Dados para o cálculo do ponto de equilíbrio

Custos fixos/mês	R\$ 374.821,73
Custos variáveis/produto	R\$ 2,84
Receita/produto	R\$ 5,78

Fonte: Autoria própria (2022)

APÊNDICE D - Descrição dos cálculos de balanço de massa para o tratamento de efluentes

TRATAMENTO DA ÁGUA DE LAVAGEM DAS CASCAS

1) Armazenamento de água

Toda água utilizada na lavagem das cascas de laranja será armazenada durante os 5 dias de processo para realização do tratamento e posterior lavagem dos equipamentos. Considerou-se para realização dos cálculos que o processo irá durar 8 horas por dia.

A vazão mássica de água e impurezas provenientes da lavagem das cascas, R01, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição da corrente R01

Componente	Vazão mássica (kg/h)	Fração
Impureza	7,883	0,0248
Água	310,108	0,9752
Total	317,991	1,0

Fonte: Autoria própria (2022)

Realizou-se a conversão mássica para volumétrica a partir da densidade dos componentes, e assim foi possível determinar o volume de resíduos que será produzido e armazenado, de 20.351,396 L.

2) Peneiramento

A água utilizada na lavagem das cascas possui certo grau de impureza, o qual será contido no processo de peneiramento. Para efeitos de cálculo, considerou-se que a quantidade de impurezas presente na casca é de 3%, portanto, com base na corrente R01 é possível determinar a massa de impurezas que permanecerá contida na peneira, apresentado pela corrente I01 e a quantidade de água que será destinada ao decantador, corrente ATR01, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição das correntes R01, I01 e ATR01

Corrente	R01	I01	ATR01
Vazão mássica (kg/h)	317,991	7,883	310,108
Fração de água (m/m)	0,9752	-	1,0
Fração de impureza (m/m)	0,0248	1,0	-

Fonte: Autoria própria (2022)

3) Decantador

A água encaminhada ao decantador passa por um processo de coagulação para retirada de qualquer resquício de impureza presente na mesma, podendo ser utilizada na lavagem dos equipamentos industriais, reduzindo assim, o consumo de água.

Adicionou-se sulfato de alumínio como agente coagulante, o qual foi determinado a partir da vazão mássica de água na corrente ATR01, obedecendo a proporção de 0,0003 kilogramas para cada litro de água (MARCHETTI, 2014). Os cálculos para determinação da vazão mássica de sulfato foram apresentados pela corrente MP05 a seguir:

$$\dot{m}_{MP05} = \frac{\dot{m}_{R01} * m_{sulfato} (correlação)}{m_{água} (correlação)} = \frac{310,108 \frac{kg}{h} * 0,0003 kg}{1 kg} = 0,093 \frac{kg}{h}$$

Considerou-se que 2% da vazão mássica presente no decantador sofreu o processo de coagulação, gerando uma vazão mássica de lodo na corrente RES01. Todo o sulfato de alumínio utilizado nesta etapa foi também retirado do processo, como apresentado a seguir:

$$\dot{m}_{RES01} = (\dot{m}_{ATR01} * 0,02) + \dot{m}_{MP05} = (310,108 * 0,02) + 0,093 = 6,295 \frac{kg}{h}$$

A água remanescente na corrente ATR02, de vazão mássica 303,813 kg.h⁻¹ é encaminhada para um tanque de armazenamento de água limpa. Sua capacidade foi calculada baseada no funcionamento da primeira estação de tratamento trabalhar continuamente 8 horas diárias, como apresentado abaixo.

$$V_{tanque} = (\dot{m}_{ATR02} * 8 h) = 2.430,501 L$$

TRATAMENTO DA ÁGUA DE LAVAGEM DOS EQUIPAMENTOS

1) Tanque de equalização

Considerando-se a necessidade de lavagem dos equipamentos durante uma vez por semana, com duração de 2 horas de lavagem utilizando-se 2.000 L de água para a passagem por toda a linha de produção é possível determinar a vazão mássica de água destinada a lavagem que será encaminhada para o tanque de equalização, como apresentado pela Tabela 3.

Tabela 3 - Composição da corrente de água

Componente	Vazão mássica (kg/h)	Fração
Água	1.000	1,0
Total	1.000	1,0

Fonte: Autorial própria (2022)

Durante a lavagem dos equipamentos, soluções remanescentes presentes no equipamento sofrerão arraste e serão encaminhadas para a estação de tratamento de efluentes, denominada corrente ATR04, na qual se encontra a soma de perda por componente de todas as etapas do processo, como apresentado pela Tabela 4.

Tabela 4 - Composição da corrente ATR04

Componente	Vazão mássica (kg/h)	Fração
Sabão	18,110	0,4371
Água	14,771	0,3565
Cascas de laranja	6,398	0,1544
Óleo de oliva	0,846	0,0204
Óleo de coco	0,564	0,0136
Glicerina	0,493	0,0119
OE de laranja	0,171	0,0041
Impurezas	0,080	0,0019
Total	41,432	1,0

Fonte: Autorial própria (2022)

O tanque de equalização tem o propósito de homogeneizar o efluente e controlar a vazão para as próximas etapas do processo, portanto, considera-se que o efluente pode ser abastecido no tanque de equalização até um volume máximo de 5.000 L.

2) Caixa separadora de gordura

Para efeitos de cálculo, considera-se que a caixa separadora receberá uma vazão mássica referente a água de lavagem dos equipamentos somada as correntes de perda em um total de 8 horas. Tal cálculo foi realizado para todos os componentes da corrente, abaixo encontra-se o cálculo referente a vazão de água:

$$\dot{m}_{ATR05} = \frac{V_{\text{água de lavagem}}}{8} + \dot{m}_{\text{água ATR04}} = \frac{2.000}{8} + 14,771 = 264,771 \frac{kg}{h}$$

Os valores encontrados para todos os componentes se encontram na Tabela 5.

Tabela 5 - Composição da corrente ATR05

Componente	Vazão mássica (kg/h)	Fração
Água	264,771	0,9085
Sabão	18,110	0,0621
Cascas de laranja	6,398	0,0220
Óleo de oliva	0,846	0,0029
Óleo de coco	0,564	0,0019
Glicerina	0,493	0,0017
OE de laranja	0,171	0,0006
Impurezas	0,080	0,0003
Total	291,432	1,0

Fonte: A autoria própria (2022)

A caixa de separação de gordura possui uma peneira a qual irá conter as cascas de laranja. Considerou-se para efeitos de cálculo que o processo ocorre de forma ideal e toda a gordura foi separada. Portanto, as correntes de saída estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Composições das correntes ATR06, R02 e OR01

Componente	Vazão mássica (kg/h)		
	ATR06	R02	OR01
Água	264,771	-	-
Sabão	18,110	-	-
Glicerina	0,493	-	-
Cascas de laranja	-	6,398	-
Óleo de oliva	-	-	0,846
Óleo de coco	-	-	0,564
OE de laranja	-	-	0,171
Total	283,374	6,398	1,581

Fonte: A autoria própria (2022)

3) Tanque de aeração

O efluente gerado pela Âmagô é composto basicamente por ácidos graxos e óleos essenciais, os quais serão contidos em etapas anteriores, e não apresenta compostos como corantes, polímeros e emulsificantes, os quais podem contribuir para elevadas concentrações de demanda bioquímica de oxigênio. Portanto, com valores de DBO₅ encontrados na literatura, estimou-se o valor encontrado no efluente da Âmagô em 1.000 mg O₂.L⁻¹.

O tanque de aeração tem como objetivo fornecer oxigênio para os organismos e mantê-los em suspensão. Utilizou-se da Equação 1 para o cálculo de retenção e posteriormente da

Equação 2 para o cálculo do volume do tanque de aeração, operando a uma taxa de remoção de 90%.

$$\frac{1}{\tau} = \frac{\mu_m * S_e}{K_s + S_e} - b \quad (1)$$

Onde K_s , S_e e μ_m são parâmetros cinéticos referentes ao processo.

$$\tau = \frac{V}{Q} \quad (2)$$

Onde Q é a vazão volumétrica de entrada do fluido.

Durante a realização dos cálculos, observou-se necessária a introdução de 2 lagoas em série para que os parâmetros de lançamento de efluente fossem atendidos. Os valores utilizados na realização dos cálculos e os valores obtidos estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores de DBO e parâmetros cinéticos

Dados	Lagoa 1	Lagoa 2
DBO ₅ entrada (mg O ₂ .L ⁻¹)	1.000	100
DBO de lançamento do efluente (mg O ₂ .L ⁻¹)	100	10
Vazão volumétrica (L.h ⁻¹)	280,206	280,206
Taxa de remoção (%)	90	90
μ_m (d ⁻¹)	30	80
b (d ⁻¹)	0,02	0,02
K_s (mg.L ⁻¹)	20	20

Fonte: Autoria própria (2022)

O volume necessário obtido para a Lagoa 1 de aeração foi de 291,648 L e de 311,106 L para a Lagoa 2.

4) Decantador

Após o processo biológico no tanque de aeração, o efluente é encaminhado para um decantador onde será realizada a separação do lodo e da água tratada, correntes RES02 e ATR08, respectivamente, como apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Composição das correntes RES02 e ATR08

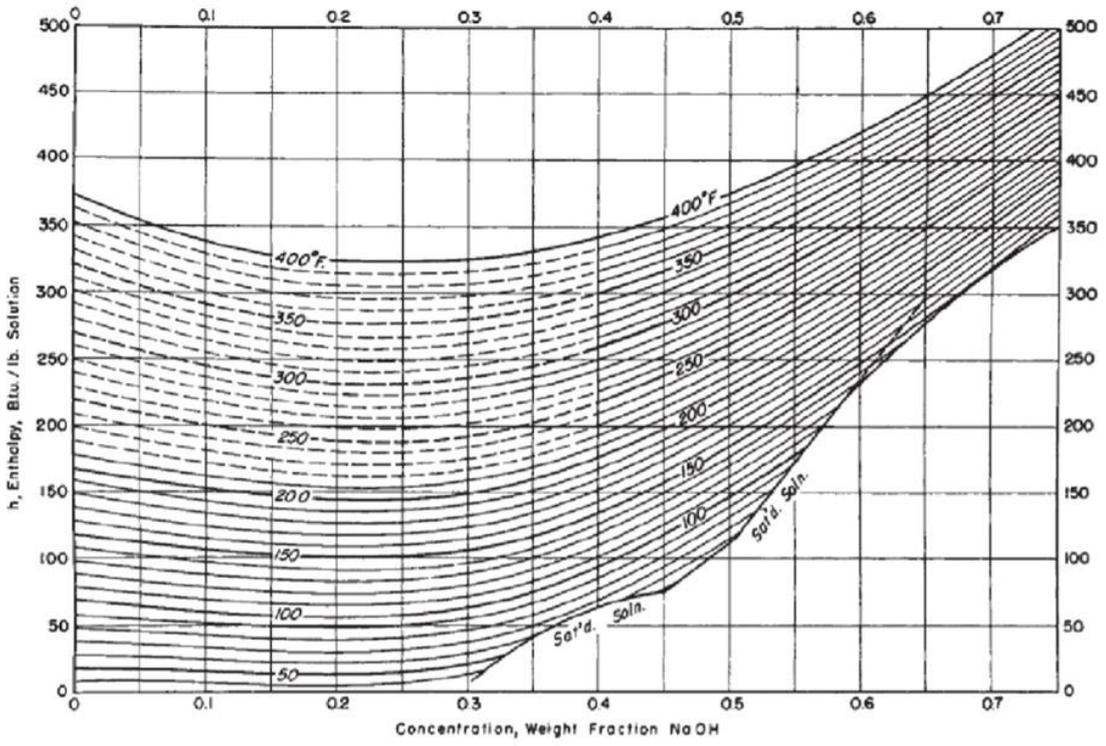
Corrente	RES02	ATR08
Vazão mássica de lodo (kg/h)	18,603	-
Vazão mássica de água (kg/h)	-	264,770

Fonte: Autoria própria (2022)

APÊNDICE E - Tabela de propriedades

Composto	Massa molar (<i>kg.kmol⁻¹</i>)	Densidade (<i>g.mL⁻¹</i>)
Água	18,015	1,000
NaOH	39,997	2,130
NaOH 50%	29,006	1,565
Solução de NaOH	20,458	1,137
Óleo de oliva	1226,277	0,907
Óleo de coco	910,569	0,921
Mistura dos óleos	1099,994	0,913
Sabão	1126,994	1,204
Glicerina	92,094	1,260
OE de laranja	-	0,850
Hidrolato	-	1,000
Sulfato de alumínio	-	2,670

ANEXO I - Diagrama entalpia-concentração para o hidróxido de sódio aquoso



Fonte: PERRY; GREEN (2007)