



**LAURA BEATRIZ FRANÇA SETTE**

**ASPECTOS TÉCNICO, ECONÔMICO E AMBIENTAL DA  
PRODUÇÃO DE MANTEIGA GHEE**

**LAVRAS – MG  
2021**

**LAURA BEATRIZ FRANÇA SETTE**

**ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE  
MANTEIGA GHEE**

Monografia apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do  
Curso de Engenharia Química,  
para a obtenção do título de  
Bacharel

Prof (a). Dr (a). Lidja Dahiane Menezes Santos Borél  
Orientador (a)

**LAVRAS – MG  
2021**

**LAURA BEATRIZ FRANÇA SETTE**

**ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE  
MANTEIGA GHEE**

Monografia apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do  
Curso de Engenharia Química,  
para a obtenção do título de  
Bacharel

APROVADA em 20 de Maio de 2021  
Profa. Dra. Suellen Mendonça Nascimento – UFLA  
Profa. Dra. Cristiane Alves Pereira – UFLA

Prof (a). Dr (a). Lidja Dahiane Menezes Santos Borél  
Orientador (a)

**LAVRAS – MG  
2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer de coração à minha orientadora Lidja, primeiramente por me inspirar com suas aulas sobre os dois importantes temas que são tratados nesse trabalho, mas queria agradecer principalmente por todo suporte, disponibilidade, paciência e por acreditar em mim ao longo de todo o processo! Muito Obrigada Lidja!

## RESUMO

A manteiga Ghee é uma manteiga clarificada que foi produzida inicialmente na Índia, há milhares de anos e tem apresentado uma demanda crescente no mercado mundial, obtendo um faturamento global em 2019 de cerca de US\$ 1,57 bilhões. Sua produção ocorre a partir da manteiga de leite pelo aquecimento lento seguido por filtração, resultando em um produto com menor teor de lactose e mais concentrado em gorduras. O mercado desse produto tem crescido bastante, oferecendo para os laticínios ótimas oportunidades de negócios que podem ser comprovadas através de estudos de viabilidade técnico econômica (EVTE) de sua produção. Esse crescimento do interesse do público por produtos mais saudáveis também está atrelado a produtos que tenham menores impactos ao meio ambiente, no qual a embalagem é grande responsável. Diante desse contexto, o presente trabalho teve como principais objetivos: analisar a viabilidade econômica de adicionar uma nova etapa à linha de produção da manteiga comum para produzir manteiga Ghee em um laticínio, localizado no município de Guaranésia, sul de Minas Gerais; e escolher a embalagem a ser utilizada para este novo produto com base em estudos ambientais de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Como resultado do EVTE, obteve-se um tempo de retorno de menos de 04 meses e uma taxa interna de retorno de 323,48%, caracterizando como um excelente investimento. Para as embalagens, foram analisados potes de polietileno tereftalato (PET) e de vidro considerando a fronteira estabelecida de portão a portão incluindo o transporte das embalagens até a planta, o envase e a distribuição do produto até os pontos de venda. A análise de inventário e avaliação de impacto foram realizadas com auxílio do *software* OpenLCA com a base de dados da *Ecoinvent*, e as categorias de impacto analisadas foram: mudança climática, depleção fóssil e de ozônio, formação de material particulado e oxidação fotoquímica. Dentro dos estabelecidos para esse estudo, o PET apresentou um melhor desempenho ambiental, por causar menos impactos. Este resultado se deve principalmente à baixa densidade do PET, o que diminuiu os impactos nos processos de transporte, se comparado ao vidro. Embora a percepção da sociedade seja contrária, as conclusões deste estudo demonstram que o plástico não é exclusivamente prejudicial ao meio ambiente. Além disso, considerando que a embalagem é de extrema importância para conservação dos alimentos, o presente trabalho deve nortear estudos sobre melhorias em ambos os ciclos de vida, principalmente incorporando a reutilização da embalagem de vidro e a etapa de reciclagem do PET no contexto da economia circular.

Palavras-chave: Avaliação de ciclo de vida, PET, Vidro, EVTE, manteiga clarificada.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de Produção de Manteiga de Leite .....	16
Figura 2 - Manteiga/Óleo Ghee.....	17
Figura 3 - Continuação do processo da manteiga comum e início do processo da Ghee.....	18
Figura 4 - Esquema representativo do ciclo de vida de uma embalagem com limites de sistema de Berço ao Túmulo.....	24
Figura 5 - Processo de produção PET .....	25
Figura 6 - Processo produtivo de embalagens de vidro.....	26
Figura 7: Emissões de CO <sub>2</sub> no Brasil por setor no período entre 1990 e 2018. ....	27
Figura 8: Levantamento bibliométrico sobre Avaliação de Ciclo de Vida feito na base Scopus (Elsevier) em 04/05/2021 com o termo: title-abs-key (life and cycle and assessment) .....	30
Figura 9 - Esquema do processo unitário do ciclo de vida com as correntes de processo .....	33
Figura 10 – Trajeto a ser percorrido para distribuição do produto para os fornecedores .....	38
Figura 11 - Equipamentos a serem adicionados à linha de produção da manteiga .....	38
Figura 12 – Propriedade das embalagens consideradas no estudo ACV.....	43
Figura 13 – Representação genérica dos limites de sistema de produto avaliados .....	45
Figura 14 - Limite ciclo de vida embalagem PET.....	46
Figura 15 - Limite ciclo de vida embalagem Vidro .....	46
Figura 16 - Sistema de Produto PET (OpenLCA).....	47
Figura 17 - Sistema de Produto Vidro (OpenLCA) .....	48
Figura 18 - Frequência de consumo manteiga comum.....	52
Figura 19 - Aceitação do novo produto.....	53
Figura 20 - Estimativa de frequência de consumo do novo produto .....	54
Figura 21 - Fatores de escolha na hora da compra pelo consumidor .....	55
Figura 22 - Faixa de preço ideal para manteiga artesanal .....	55
Figura 23 - Tipo de embalagem de preferência.....	56
Figura 24 - Interferência do impacto ambiental na hora da compra.....	56
Figura 25 - Fluxo de Caixa do projeto em um horizonte de 10 anos. ....	57
Figura 26 - Fluxo de Caixa descontado a 7,52% acumulado .....	58
Figura 27 - Categoria de Impacto: Mudança Climática (GWP - 100) .....	60
Figura 28 - Impactos por processo na categoria de Mudança Climática.....	61
Figura 29 - Gráfico comparativo dos impactos para as duas embalagens - gerado pelo Software OpenLCA .....	62
Figura 30 - Impactos na categoria de Depleção Fóssil.....	63
Figura 31 - Impactos na categoria de Depleção de Ozônio.....	65
Figura 32 - Impactos na categoria de Material Particulado.....	66
Figura 33 - Impactos na categoria de Oxidação Fotoquímica.....	67
Figura 34 – Regiões abrangidas pela pesquisa de mercado.....	84
Figura 35 - Faixa etária da pesquisa de mercado .....	84
Figura 36 - Benefícios levados em consideração para escolha de um novo produto .....	85
Figura 37 - Volume estimado de consumo para o novo produto .....	85
Figura 38 - Imagem da Planilha de cálculos do EVTE .....	88

Figura 39 - Página para adição dos fluxos de entradas e saídas do processo Embalagem PET.....	92
Figura 40 - Gráfico comparativo dos impactos para as duas embalagens - gerado pelo Software OpenLCA.....	93

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de gordura (%), proteína (%), umidade (%), cinzas (%), pH, acidez titulável (%), e parâmetros instrumentais de cor (L*, a*, b*) da manteiga de Leite e Clarificada ...	17
Tabela 2 - Fatores de Emissão de CO <sub>2</sub> por queima de combustíveis fósseis .....	28
Tabela 3 - Consumo médio de alguns caminhões .....	28
Tabela 4 - Pesquisa de preço médio da manteiga Ghee no mercado concorrente.....	37
Tabela 5 - Pesquisa preço equipamentos a serem adicionados à linha de produção .....	39
Tabela 6 – Custo de produção mensal da manteiga Ghee.....	40
Tabela 7 – Dados do Fluxo de Caixa para a Linha de produção de manteiga Ghee .....	42
Tabela 8 - Cálculo dos Indicadores do EVTE.....	58
Quadro 1 - Pesquisa bibliográfica de outros estudos de ACV.....	28
Quadro 2 - Fluxos de produto utilizados no OpenLCA.....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

<b>Sigla</b>	<b>Descrição</b>
ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
AICV	Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida
CAPEX	<i>Capital Expenditures</i> , do inglês: custo de capital
Covid-19	Doença causada pelo vírus SARS-CoV-2
CSLL	Contribuição Social sobre Lucro Líquido
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EVTE	Estudo de viabilidade técnico-econômica
FC	Fluxo de Caixa
GEE	Gás causador de Efeito Estufa
GLO	Referência de dados Global do banco de Dados Ecoinvent
GWP	<i>Global Warming Potential</i> , do inglês: Potencial de aquecimento global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICV	Inventário de Ciclo de Vida
ISO 14040	Organização Internacional de Normalização – Princípios Gerais ACV
ISO 14044	Organização Internacional de Normalização – Requerimentos e diretrizes ACV
ISO 14048	Organização Internacional de Normalização – <i>Data documentation format (ACV)</i>
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i> – Avaliação de Ciclo de Vida
MAPA	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
OPEX	<i>Operational Expenditures</i> , do inglês: custo operacional
PET	Polietileno Tereftalato
RIISPOA	Regulamentação de inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal
RoW	Referência para países fora da Europa do banco de dados da Ecoinvent
SEEG	Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa
SICV	Banco Nacional de inventário de Ciclo de Vida
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UFPA	Universidade Federal de Lavras
VUC	Veículo Urbano de Carga
VPL	Valor Presente Líquido

<b>Símbolo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade SI</b>
$C_0$	Custo Original do Ativo	R\$
$C_{MP}$	Custo de Matéria Prima	R\$
$CO_2$	Dióxido de Carbono	Kg
$C_{OP}$	Custo de Operação	R\$
$C_U$	Custo de utilidades	R\$
$D$	Depreciação	R\$/ano
$D_n$	Saídas de Caixas anuais esperadas	R\$
$f$	Taxa de inflação	%
$i$	Taxa de rendimento	%
$i^*$	Taxa de desconto	%
$I_0$	Investimento inicial do projeto	R\$
IRPJ	Imposto de Renda para pessoa jurídica	%
LA	Lucro antes do Imposto	R\$
LB	Lucro bruto	R\$
LD	Lucro depois do Imposto	R\$
$n$	Vida contábil	anos
RB	Receita Bruta	R\$
$R_n$	Receitas anuais esperadas	R\$
$S$	Valor residual contábil	R\$
$T$	Tempo de vida útil do projeto	Anos
$VR_T$	Valor residual do investimento no final da vida útil	R\$

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	5
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	6
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	8
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS</b> .....	9
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
<b>2.1. Processo de produção da Manteiga Ghee</b> .....	16
<b>2.2. Análise Econômica</b> .....	18
2.2.1. <b>Custo de Capital</b> .....	20
2.2.2. <b>Análise de indicadores</b> .....	20
<b>2.3. Embalagem</b> .....	22
2.3.1. <b>PET – Polietileno Tereftalato</b> .....	24
2.3.2. <b>Vidro</b> .....	25
<b>2.4. Transporte</b> .....	26
<b>2.5. Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)</b> .....	28
2.5.1. <b>Definição do Escopo e Objetivo</b> .....	32
2.5.2. <b>Análise de Inventário de Ciclo de Vida (ICV)</b> .....	32
2.5.3. <b>Avaliação de impacto de Ciclo de Vida (AICV)</b> .....	34
2.5.4. <b>Interpretação</b> .....	35
<b>2.6. Software OpenLCA</b> .....	35
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	36
<b>3.1. Estudo de mercado</b> .....	36
3.1.1. <b>Mercado Consumidor</b> .....	36
3.1.2. <b>Mercado Concorrente</b> .....	37
3.1.3. <b>Escoamento da produção</b> .....	37
<b>3.2. Estimativas de custos</b> .....	38
3.2.1. <b>Custo Capital</b> .....	38
3.2.2. <b>Custo de Operação</b> .....	39
3.2.3. <b>Depreciação</b> .....	41

3.2.4.	<b>Tributação</b> .....	41
3.2.5.	<b>Medidas de lucratividade</b> .....	41
<b>3.3.</b>	<b>Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)</b> .....	42
3.3.1.	<b>Definição de objetivo e escopo</b> .....	43
3.3.2.	<b>Análise de Inventário</b> .....	45
3.3.3.	<b>Avaliação de Impacto</b> .....	51
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	52
<b>4.1.</b>	<b>Estudo de mercado</b> .....	52
4.1.1.	<b>Fluxo de caixa</b> .....	56
<b>4.2.</b>	<b>Avaliação de Ciclo de Vida</b> .....	59
4.2.1.	<b>Mudanças climáticas</b> .....	60
4.2.2.	<b>Depleção fóssil</b> .....	61
4.2.3.	<b>Depleção de Ozônio</b> .....	64
4.2.4.	<b>Formação de material particulado</b> .....	65
4.2.5.	<b>Oxidação Fotoquímica</b> .....	66
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	69
<b>5.1.</b>	<b>Sugestões para trabalhos futuros</b> .....	70
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	71
	<b>APÊNDICE 1</b> .....	76
	<b>APÊNDICE 2</b> .....	77
	<b>APÊNDICE 3</b> .....	86
	<b>APÊNDICE 4</b> .....	87
	<b>APÊNDICE 5</b> .....	90

## 1. INTRODUÇÃO

A preocupação coletiva com a saúde e também com o ecossistema terrestre tem fortalecido a influência dos fatores saúde e bem-estar, segurança, impacto social e sustentabilidade sobre o comportamento do consumidor. Visto que a boa alimentação é fundamental para melhorar a saúde, houve, nos últimos anos, aumento do consumo de produtos com características mais naturais, maior valor nutricional e propriedades funcionais (Industrial, 2020).

Segundo o SEBRAE (2019), o mercado brasileiro de alimentação saudável cresceu cerca de 98% entre 2009 e 2014, movimentando aproximadamente US\$ 35 bilhões por ano e alcançando a quarta posição na classificação mundial do setor. Esta demanda aliada à expectativa de crescimento deste mercado impulsiona o empreendedorismo no setor e motiva as indústrias de alimentos a diversificarem seu portfólio para atender a preferência de compra dos consumidores.

Um dos segmentos do mercado de alimentos saudáveis com tendência de crescimento é o de produtos para consumidores com intolerância alimentar. A manteiga Ghee é uma manteiga clarificada que foi produzida inicialmente na Índia, há milhares de anos. Ela se assemelha fisicamente à manteiga de garrafa brasileira, mas possui processo de fabricação distinto, sendo produzida pelo aquecimento lento seguido por filtração, ao final da linha de produção da manteiga sem sal comum. Este processo faz com que a manteiga Ghee tenha menor teor de lactose, proteínas do leite, água e carboidratos que a manteiga comum. Apesar de a Índia ser ainda o maior produtor desta manteiga, a popularização da medicina Ayurvédica e da demanda por produtos lácteos sem lactose tem estimulado a demanda da manteiga Ghee no Ocidente (Mortensen, 2011).

A demanda mundial de manteiga Ghee é crescente. Em 2019, o faturamento global foi cerca de US\$ 1,57 bilhões e as estimativas para os próximos anos são promissoras (Milkpoint,2020). No Brasil, a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) realizou uma pesquisa com 5.105 consumidores de todo o território brasileiro e verificou em 2020 que 95% desses consumidores tem o hábito de comprar manteiga e que houve um aumento de 16% do consumo na pandemia da Covid-19, em 16% dos domicílios (Siqueira,2020). A importância deste mercado também ficou evidente em 2016, quando o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou um memorando circular padronizando o registro da manteiga clarificada, com instruções sobre o produto, processo de fabricação e controle de qualidade. Além disso, o mercado consumidor brasileiro tem procurado produtos destinados a pessoas com intolerância à lactose ou

glúten, diabetes e hipertensão ou das que buscam um estilo de vida mais saudável (Milkpoint, 2020).

Apesar da oportunidade identificada a respeito de um produto, a construção de uma planta ou a expansão de uma já existente para sua produção exige um estudo da viabilidade técnica e econômica do novo empreendimento. O retorno do investimento deve ser avaliado através de medidas de lucratividade como a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL), por exemplo. Tais medidas são calculadas para o fluxo de caixa projetado com os gastos estimados e a receita da venda do produto.

Além da viabilidade técnica e econômica, a necessidade de reduzir o impacto ambiental para continuar as operações em um cenário no qual o consumidor está mais atento à atuação responsável da marca quanto à sustentabilidade, tem motivado as empresas a revisarem seus produtos e processos, especialmente em relação à geração de resíduos e economia circular, ou incorporarem critérios ambientais à análise de novos investimentos (Costa, 2017).

A embalagem de um produto é um fator de contribuição importante para o seu impacto ambiental. Este recipiente, pacote ou envoltório serve para proteger os alimentos, garantindo sua conservação, durante o transporte e manuseio (Brasil,2002). Cumprindo sua função, ela contribui para reduzir o desperdício de alimentos. Uma pesquisa feita em três países da América Latina (Brasil, Argentina e Mexico), mostrou que cerca de 13% do desperdício de alimentos é causado por danos na embalagem, o que é um problema grave, visto que a fome mundial ainda é alarmante, além do prejuízo financeiro (EM, 2016).

Para que a embalagem contribua para um produto sustentável, além de cumprir a sua função de proteger e conservar os alimentos, ela deve ter origem em fontes ambientalmente corretas e ser destinada a reuso ou reciclagem. Os quatro materiais mais utilizados nas embalagens alimentícias são plásticos (37,4%), embalagens celulósicas (35,05%), de metais (16,03%) e vidro (4,86%) (ABRE,2014). Portanto lançar um produto que atenda às expectativas de menor impacto ambiental requer a comparação dos materiais dentro de uma avaliação dos recursos consumidos permitindo decidir qual embalagem é mais adequada para garantir a proteção do produto e colaborar com o desenvolvimento de indústrias mais sustentáveis.

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma excelente ferramenta de gestão ambiental e tem sido muito utilizada no *marketing* empresarial e, também para orientar a indústria,

consumidores e políticas governamentais na busca de produtos/serviços com impacto ambiental menor.

Diante deste contexto, o presente trabalho teve dois objetivos principais: analisar a viabilidade econômica de adicionar uma nova etapa à linha de produção de manteiga comum para produzir manteiga Ghee em uma indústria de laticínios, localizada no município de Guaranésia, sul de Minas Gerais e selecionar uma embalagem para o produto com base em critérios ambientais.

Para alcançar estes objetivos, cumpriram-se as seguintes etapas:

- Desenvolver um estudo de mercado para a manteiga Ghee;
- Realizar uma estimativa de custos referentes à expansão;
- Projetar o fluxo de caixa para o empreendimento e calcular as medidas de lucratividade correspondentes;
- Executar uma Avaliação de Ciclo de Vida para comparar duas alternativas de embalagens: uma de Polietileno Tereftalato (PET) e uma de Vidro;
- Efetuar a Avaliação de Impacto Ambiental para os dois sistemas de produto obtidos, com o auxílio do Software OpenLCA.

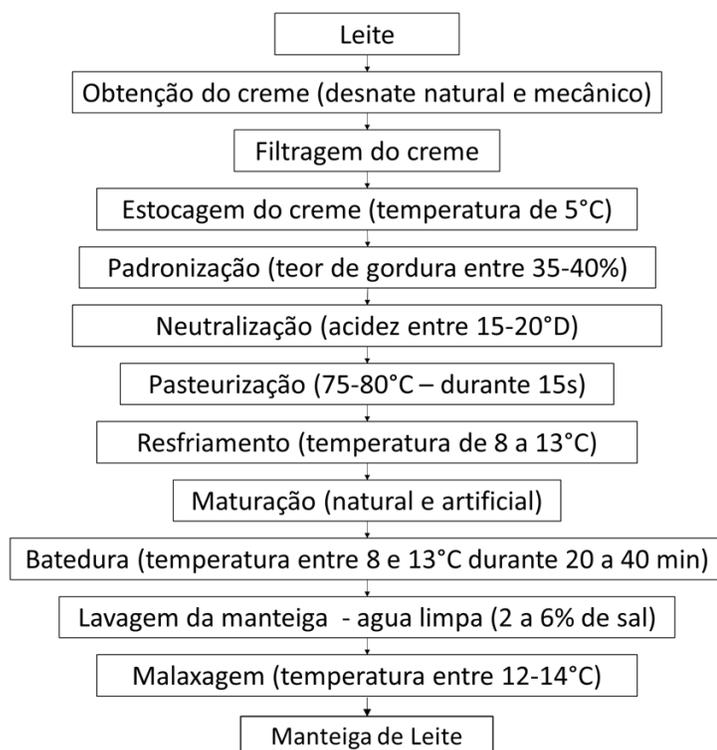
## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Processo de produção da Manteiga Ghee

De acordo com o Decreto N° 9.013 de 29 de março de 2017, que regulamenta a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (RIISPOA), a manteiga é “o produto lácteo obtido exclusivamente pela bateção e malaxagem, com ou sem modificação biológica do creme de leite, por meio de processo tecnológico específico” (RIISPOA, 2017).

A manteiga, de forma geral, é um produto derivado do leite que contém água, proteína, vitaminas, ácidos, lactose, cinzas e principalmente gordura (Silva, 1996). Na Figura 1 está representado o processo de produção da manteiga de leite (comum), de acordo com as normativas oficiais do Manual de Produção de Manteiga, realizado pela EMBRAPA (Silva, 1996).

Figura 1 - Processo de Produção de Manteiga de Leite



Fonte: Manual de Produção de Manteiga, realizado pela EMBRAPA (Silva, 1996) – Adaptado

A manteiga Ghee (Figura 2), por sua vez, é uma manteiga clarificada, muito utilizado na culinária indiana, com uma aparência de óleo dourado, brilhante, transparente e que não fica rançoso, conhecido como óleo Ghee (Rede Globo, [s.d.]).

Figura 2 - Manteiga/Óleo Ghee



Fonte: Blog de Nutrição Prática da Rede Globo, [s.d.]

Martins *et al.* (2020) produziu e fez a caracterização físico-química e sensorial das duas manteigas, comum e clarificada, conforme os resultados mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios de gordura (%), proteína (%), umidade (%), cinzas (%), pH, acidez titulável (%), e parâmetros instrumentais de cor (L\*, a\*, b\*) da manteiga de Leite e Clarificada

Variáveis	Tratamento	
	Manteiga de Leite	Manteiga clarificada
Gordura	71,55	97,33
Proteína	0,75	0,72
Umidade	24,42	0,45
Cinzas	0,06	0,06
pH	5,73	6,80
Acidez titulável	1,00	1,51
L*	91,72	16,29
a*	2,53	-0,33
b*	29,21	21,24

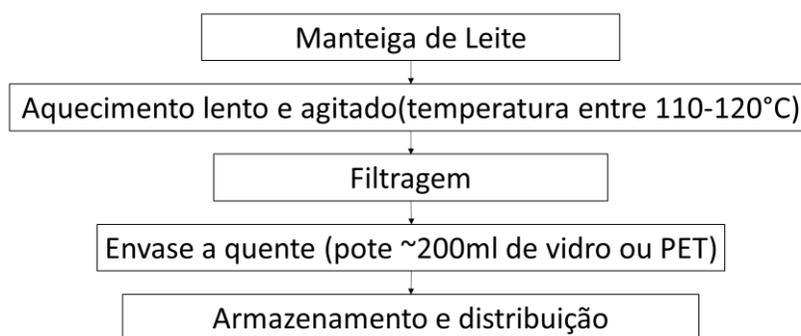
Fonte: Adaptado de Martins et al. (2020)

Como pode ser notado na Tabela 1, a manteiga clarificada possui teor de gordura superior e teor de umidade inferior à manteiga comum, devido à eliminação praticamente completa da água em sua produção.

O mercado da manteiga Ghee está em alta, crescendo cerca de 4,3% em 2020 e novas marcas estão surgindo no mercado, existindo cerca de 14 no Brasil e representando uma oportunidade de diversificação para pequenos e grandes laticínios (Milkpoint,2021).

São necessários aproximadamente 103,1 L de leite para a produção de 1kg de manteiga comum, que resulta na produção de aproximadamente 0,75 kg de manteiga Ghee, cujo processo está representado pela Figura 3, como continuação do processo da manteiga comum.

Figura 3 - Continuação do processo da manteiga comum e início do processo da Ghee



*Fonte: Do autor (2021)*

O processo resulta em um produto mais concentrado em gorduras, podendo ser obtido do leite, nata ou manteiga, através de processo de clarificação e apresentará sabor e textura diferentes, como resultado do seu método de fabricação, que envolve aplicação de calor à pressão atmosférica para remoção quase total da umidade e dos sólidos não gordurosos. As temperaturas de aquecimento lento do processo de clarificação variam entre 110°C e 120°C, podendo ocorrer em misturador planetário encamisado a vapor, de aço inoxidável, seguido pela filtração do óleo (Battula *et al.*, 2020).

## 2.2. Análise Econômica

O estudo de viabilidade técnico-econômica (EVTE) é uma etapa do projeto de processos industriais em que se avaliam-se o retorno esperado e os riscos envolvidos na construção de

uma nova planta ou implantação de novas linhas de produção para determinar se é economicamente atrativo e viável dar prosseguimento ao projeto.

O EVTE engloba aspectos técnicos do processo e a análise econômica (financeira, comercial e de risco) tendo como base o estudo do mercado, que são todos os elementos a respeito do produto que a empresa não pode controlar. Podem-se avaliar quatro perspectivas: mercado consumidor, mercado fornecedor, mercado concorrente e mercado substituto. O estudo do mercado envolve coleta de dados, por meio de questionários de amostragem (dados primários) ou pesquisa por informações publicadas (dados secundários). Após a coleta é feita análise, verificação e avaliação destes dados (Vazzoler,2017).

Na análise financeira avalia-se a rentabilidade do projeto e a sensibilidade desta estimativa diante da variação dos preços, capacidade da planta, capital investido, cronograma de construção, entre outros fatores. Já na análise comercial, analisa-se a aplicação dos produtos para o consumidor, os produtos concorrentes, capacidade existente e planejada da planta, fornecedores de matéria prima e o impacto desses fatores na viabilidade do projeto. Com isso, é feita uma previsão de mercado, ou seja, a taxa de crescimento estimada, tendências futuras de preços, variações regionais, localização do projeto, entre outros. Por fim, na análise de risco avalia-se a possibilidade de ocorrência de fatores que podem afetar as operações como questões de segurança, impactos ambientais entre outros. Ao final deste estudo, são determinadas as especificações do produto, o segmento de mercado que corresponde ao público-alvo, o preço de venda, quantidade a ser vendida, entre outros (Vazzoler,2017).

Em um EVTE, as alternativas de investimento são comparadas de forma a verificar se determinado projeto tem a capacidade de gerar a recuperação do capital (retorno do investimento) e a sua remuneração (retorno sobre o investimento)(Anders, 2020). Para isso, são avaliados os fluxos de caixa com a projeção de receitas e de custos e análise dos indicadores correspondentes.

As receitas são os valores oriundos da venda do produto enquanto os custos, podem ser diretos ou indiretos. Os custos diretos são aqueles facilmente identificáveis na produção, podendo ser fixos (não variam com volume de produção ou tempo), como gastos com mão de obra e alugueis, ou variáveis (variam conforme a produção), como custo operacional, de matéria prima e energia. Já os custos indiretos, são aqueles que não podem ser identificáveis diretamente na produção, como depreciação e gastos com manutenção (Gomes, 2013).

### 2.2.1. Custo de Capital

O custo de capital (CAPEX, do inglês *Capital Expenditures*) refere-se aos custos relacionados com a instalação e construção de uma nova planta química ou modificações em uma já existente (Turton, 2018). O custo de compra dos equipamentos constitui uma parcela substancial do capital investido em um empreendimento e, por isso os dados de custo dos equipamentos são a base da estimativa de investimento de capital. Em conjunto com estes dados devem ainda ser considerados os custos de materiais requeridos para a instalação do equipamento, mão de obra para instalação, fretes, entre outros (Turton, 2018).

Existem cinco tipos de estimativa para o custo de capital de um empreendimento químico, por ordem crescente de precisão temos: 1) Estimativa da ordem de magnitude, 2) Estimativa do estudo, 3) Estimativa preliminar, 4) Estimativa definitiva e 5) Estimativa detalhada. Para a estimativa detalhada, com maior precisão, o verdadeiro custo do projeto seria 6% maior ou 4% menor do que a estimada, porém o custo de preparação é de cerca de 0,015% a 0,30% do custo total de instalação da nova planta. (Turton, 2018). A estimativa que mais se adequa a realidade deste trabalho é a estimativa de ordem de magnitude, a qual depende de informações de custo para um processo completo, retirado de plantas construídas anteriormente. Geralmente é utilizada para triagem ou viabilidade do projeto que ainda está nos níveis iniciais de definição, como este trabalho. Nesta estimativa, as informações são ajustadas usando fatores de escala apropriados para capacidade e inflação, a fim de promover uma estimativa do custo de capital (Turton, 2018).

Adquirir um bem, ou no caso dos projetos um ou mais equipamentos, acarreta desgaste causado pelo uso e desvalorização ao longo do tempo. Isto faz com que o equipamento perca seu valor com o passar do tempo e de seu uso, ou seja, se desvalorize. Esta redução no valor também é contabilizada periodicamente e deduzida do lucro da empresa em um determinado período (Gomes, 2013). O método mais utilizado no Brasil para o cálculo dessa depreciação é o Linear, que consiste em aplicar taxas constantes durante o tempo de vida útil estimado para o bem, representado pela Equação (1) (Ribeiro, 2014):

$$D = \frac{C_0 - S}{n} \quad (1)$$

em que:  $C_0$  é o custo original do ativo;  $S$  é o valor residual contábil e  $n$  é a vida contábil (tempo de vida do equipamento).

### 2.2.2. Análise de indicadores

A análise de indicadores é utilizada para conhecer e identificar a viabilidade técnica e econômica para o projeto. Em outras palavras é um instrumento cujos resultados serão utilizados para análise da viabilidade do projeto. Alguns indicadores importantes são: Lucratividade, Rentabilidade, *Payback*, Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL) (Anders, 2020).

Lucratividade é uma variável que irá indicar o ganho da empresa, relacionando o lucro líquido e a receita total. Pode-se analisar também como uma relação entre o lucro líquido e o investimento realizado. Esse indicador fornece a velocidade de retorno do capital investido e pode ser calculado pela Equação (2) (Anders, 2020):

$$\text{Lucratividade} = \frac{\text{Lucro líquido}}{\text{Receita total}} \times 100 \quad (2)$$

O indicador de Rentabilidade indica o percentual de rendimento financeiro a ser obtido com o projeto em relação ao capital investido, ou seja, o quanto o lucro líquido representa sobre o investimento total (Anders, 2020). O indicador de retorno financeiro pode ser obtido pela Equação (3):

$$\text{Rentabilidade} = \frac{\text{Lucro líquido}}{\text{Investimento total}} \times 100 \quad (3)$$

*Payback* em tradução literal seria “Pagar de volta”, logo, esse indicador representa o tempo necessário para obter retorno de todo o investimento inicial (Capital). Graficamente, é o momento em que o fluxo de caixa livre acumulado passa a ser positivo. É um método útil na análise de projetos, para mensuração do risco (Anders, 2020). Este pode ser calculado através da Equação (4):

$$\text{Payback} = \frac{\text{Investimento Total}}{\text{Lucro Líquido}} \quad (4)$$

O valor presente líquido (VPL) é um método que consiste em trazer para a data inicial de um projeto de investimento, todos os fluxos de caixa e somá-los ao valor do investimento inicial, usando como taxa de desconto a taxa mínima de atratividade (TMA) selecionada pela empresa ou projeto, conforme Equação (5).

$$\text{VPL}_i = \sum_{n=1}^T \frac{R_n - D_n}{(1+i^*)^n} + \frac{VR_T}{(1+i^*)^T} - I_0 \quad (5)$$

em que:

$I_0$  = investimento inicial associado ao projeto;

$R_n$  = Receitas esperadas de entrada no caixa durante o ano  $n$  de operação do projeto;

$D_n$  = Saídas de caixa esperadas durante o ano  $n$  de operação do projeto;

$T$  = vida útil do projeto;

$i^*$  = taxa definida pela empresa, ou seja, TMA;

$VR_T$  = valor residual do investimento ao final de sua vida útil.

A TMA é um parâmetro que define a remuneração mínima esperada com o investimento para cobrir inflação, o custo capital e/ou um prêmio pelo risco. Assim, o valor presente dos pagamentos futuros, descontados a TMA escolhida pela empresa, indica se o investimento é atrativo conforme as metas daquela empresa (Anders, 2020).

A TMA escolhida com base em uma taxa de mercado e ajustada pela inflação pode ser calculada pela Equação (6) (Blank e Tarquin, 2012):

$$TMA = i + f + (i \times f) \quad (6)$$

em que  $i$  é uma taxa de rendimento considerado seguro e  $f$  é a taxa de inflação.

No Brasil, investimentos atrelados à taxa SELIC (Sistema Especial de Liquidação e de Custódia) são considerados investimentos seguros, de modo que esta pode ser usada como taxa de referência. A taxa Selic relativa ao mês de março de 2021 foi de 0,20. Quanto à inflação, o percentual acumulado dos últimos 12 meses até março de 2021 foi 6,10% (IBGE,2021).

Finalmente, a TIR indica a taxa de retorno do investimento, ou seja, quando os fluxos de caixa se igualam ao valor total do investimento. Este indicador enfatiza o VPL, a diferença é que a TIR oferece uma visão de retorno percentual, que pode ser mais facilmente comparada. Um exemplo simples, se a TIR for de 0,2% ao mês, enquanto a poupança estiver rendendo 0,4% ao mês, a decisão razoável seria não investir no projeto, pois o investimento na poupança, neste exemplo hipotético, será mais vantajoso. A TIR pode ser calculada conforme Equação (7), com FC correspondendo ao Fluxo de Caixa (Turton, 2018):

$$TIR = \sum_{j=0}^{j=t} \frac{FC_j}{(1+i)^j} = 0 \quad (7)$$

em que  $t$  é o tempo considerado no horizonte de planejamento.

### 2.3. Embalagem

A função básica da embalagem é proteger e preservar os alimentos naturais ou fabricados artificialmente, sendo um item imprescindível para garantir a integridade do produto através das etapas de armazenamento e distribuição. Além disso, ela também tem sido utilizada para atrair o consumidor à compra do produto, por meio da estética ou com base em informações contidas no rótulo, como o *marketing* verde (Siracusa *et al.*, 2011). Apesar de sua importância, ela também constitui a principal parcela do produto que gera resíduos e logo, impactos ambientais.

As embalagens são classificadas de acordo com a sua ordem de proteção ao produto. As primárias estão em contato direto com o produto, neste caso os potes de manteiga. As secundárias, que contém a embalagem primária, podendo ou não ser usadas para o transporte de uma ou mais embalagens primárias, neste caso caixas de papelão para potes de manteiga Ghee. Enquanto as terciárias e consequentes, são as próximas camadas de embalagens, que agrupam várias embalagens secundárias e auxiliam no transporte e armazenamento do produto, como sacolas, caixas, *pallets*, etc.

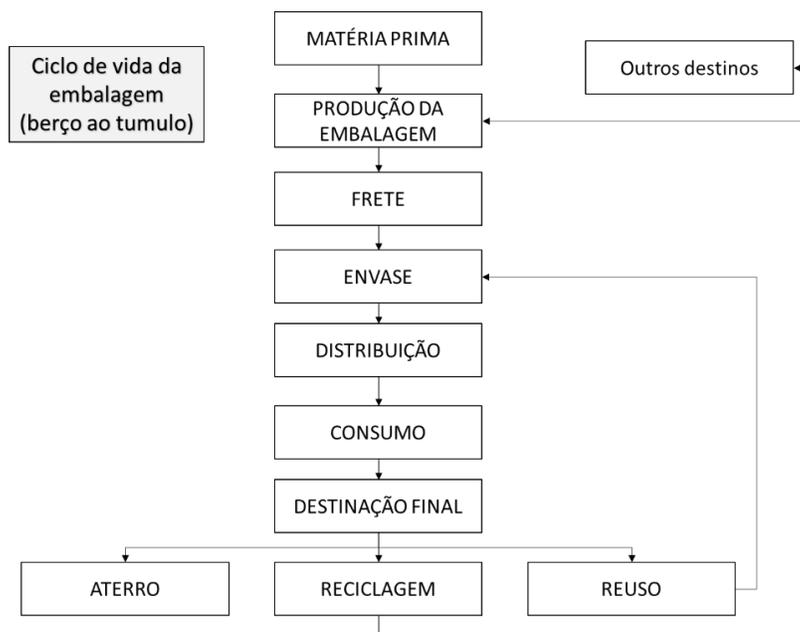
Para a embalagem da manteiga Ghee, duas possibilidades de embalagem primária que garantem a qualidade e integridade do produto até sua chegada ao consumidor final, são as embalagens constituídas de vidro ou PET (Polietileno tereftalato), em formato de potes, que é o utilizado tradicionalmente para gorduras alimentícias. Os potes são recipientes de qualquer formato com uma boca larga, que facilita a retirada do produto em porções, pedaços ou unidades (Cabral *et al.*, 1984).

O estudo de avaliação de ciclo de vida pode ser feito delimitando o ciclo do produto através de limites. De berço a berço, consideram-se os processos da matéria prima e produção da embalagem até a etapa em que a mesma é reutilizada ou reciclada e inserida no ciclo, sem considerar as etapas de descarte. De portão a portão, consideram-se as etapas envolvidas entre os portões de indústrias, ou seja, entrada e saída em uma única indústria ou então os processos envolvidos entre duas indústrias distintas. Outras variações de limites de sistema de ciclo de vida podem ser estabelecidas de acordo com o objetivo e escopo da ACV, como berço à portão, portão ao túmulo, etc.

A embalagem possui um ciclo de vida próprio, incluindo as fases de extração da matéria prima, pré-produção, produção, distribuição, uso e descarte, além de desempenhar funções específicas, e, portanto, geram trocas com o meio ambiente e impactos ambientais (Manzini e Vezzoli, 2008). O ciclo de vida de uma embalagem por completo, ou seja, considerado do início

de sua produção até sua destinação final é considerado de berço ao túmulo. Um exemplo de ciclo de vida de embalagens alimentícias, com limite de berço ao túmulo está representado na Figura 4.

Figura 4 - Esquema representativo do ciclo de vida de uma embalagem com limites de sistema de Berço ao Túmulo



*Fonte: Do autor (2021)*

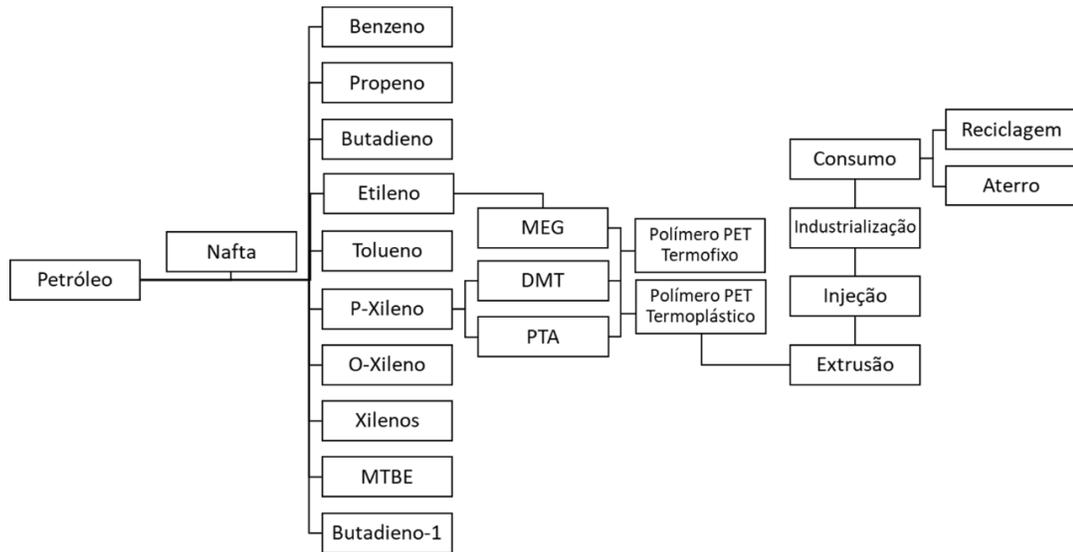
### 2.3.1. PET – polietileno tereftalato

De acordo com a Associação Brasileira de Indústria do PET, as embalagens PET tem sido muito utilizadas no Brasil para embalagens de produtos alimentícios, sendo 55% da utilização para refrigerantes, 28% para óleos comestíveis, 7% para água e os restantes para demais setores (ABIPET, 2004). Esses dados, embora não sejam atuais, mostram que o PET é um material adequado e muito utilizado para o envase de óleos comestíveis, como a manteiga Ghee. Ele faz parte do grupo dos termoplásticos, pois não sofre alteração na sua estrutura química durante o aquecimento, podendo ser novamente fundidos após serem resfriados, o que possibilita a reciclagem. Suas principais características são: transparência total, ser inquebrável, impermeável e sua leveza (ABIQUIM, 2004).

A principal matéria prima utilizada para a produção de plásticos é o petróleo, sendo que cerca de 4% da produção mundial de petróleo é destinado para a fabricação de plásticos. Os

plásticos são produzidos através do processo de polimerização. O processo de produção desde a extração da matéria prima até a destinação final dos produtos confeccionados de PET, está apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Processo de produção PET



Fonte: Adaptado de ABIQUIM (2004)

A produção dos potes de PET pode ser feita via moldagem por sopro em processos de injeção ou de extrusão. Na injeção por sopro, utilizam-se pré-formas de PET previamente confeccionadas que são colocadas nos moldes da embalagem desejada e recebem a injeção de um sopro de ar quente de modo que a expansão da pré-forma modela a embalagem. Já na extrusão, uma máquina recebe *pellets* de resina PET, que são fundidas e uma espécie de “gota” entra no molde que é soprado com ar quente, dando o formato da embalagem desejada (IBT Plásticos, [s.d.]).

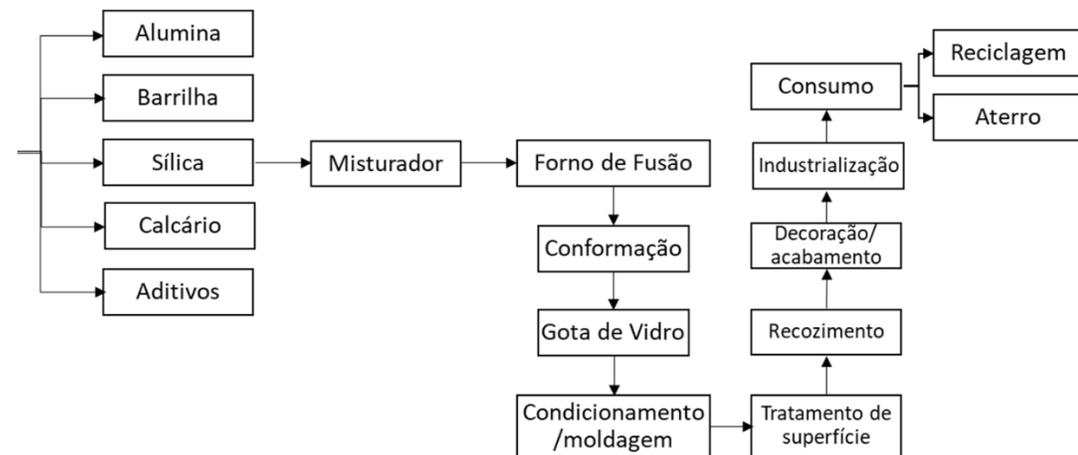
### 2.3.2. Vidro

As embalagens de vidro são uma das mais antigas, estando presente em potes de alimentos, garrafas de bebidas, produtos farmacêuticos, perfumaria, cosméticos, entre outros (ABIVIDRO, 2021). Seu principal uso para embalagens de alimentos se deve a maior conservação do alimento, por ser inerte, apresentar resistência a deformações e danos da embalagem e também pela possibilidade de reutilização da embalagem pós consumo do produto, sem que haja perda de suas características e propriedades.

O vidro, em geral é um material cerâmico com característica transparente, que tem origem por meio da fusão a altas temperaturas e resfriamento de uma mistura tendo a areia, como formador; calcário, dolomita e feldspato, como estabilizantes; barrilha, como fundente; sulfato de sódio, como afinante e ferro, cromo, cobalto e selênio como corantes (De *et al.*, 2005).

Os tipos de vidros, a depender da sua composição, principalmente pelos corantes, variam no modelo chumbo, cristal, boro silicato e produtos com fórmulas variadas (Valt, 2004). O processo produtivo do vidro pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 - Processo produtivo de embalagens de vidro



Fonte: Adaptado de ABIVIDRO (2021)

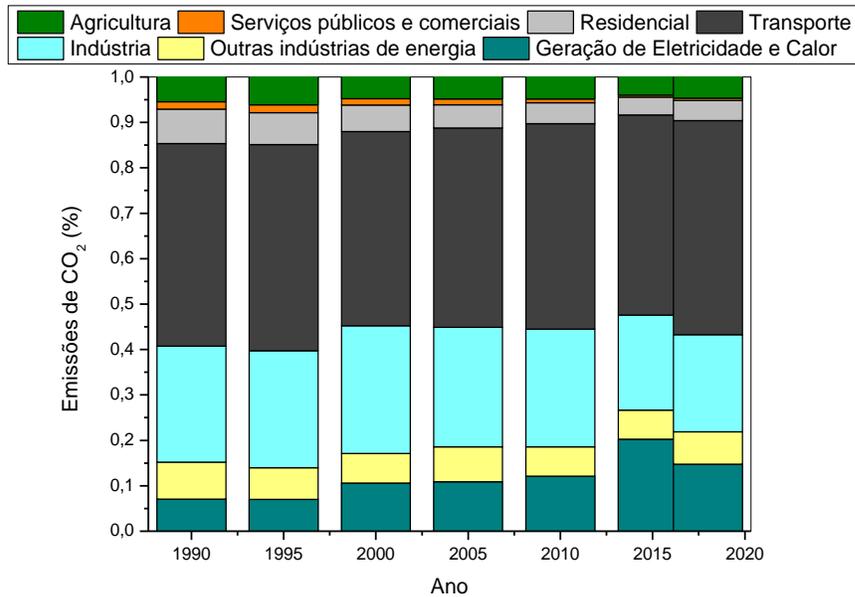
Cabe destacar que é um produto 100% reciclável, ou seja, pode ser totalmente reprocessado, caracterizando uma economia circular, e significando uma grande economia de matéria prima e energia, espaços em aterros sanitários e na emissão de gases poluentes e causadores de efeito estufa. Um exemplo dessa economia é que a cada seis toneladas de vidro reciclado, deixa-se de emitir, em média, uma tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (ABIVIDRO, 2021). O vidro pode ter um ciclo de vida circular e infinito, a depender da taxa de coleta para a sua reciclagem.

## 2.4. Transporte

A queima de combustíveis fósseis em todo mundo é a principal causa das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o principal gás de efeito estufa (GEE). Em uma grande cidade, dentre todos os setores que consomem combustíveis fósseis, o setor de transporte rodoviário é um dos

mais importantes (Mattos, 2011). Na Figura 7, é apresentada a distribuição percentual das emissões brasileiras de CO<sub>2</sub> por setor utilizando-se dados disponibilizados pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2021) considerando o consumo de combustíveis entre os anos de 1990 e 2018. Como pode ser visto, o setor de transportes responde em média por 45% das emissões nas últimas décadas.

Figura 7: Emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil por setor no período entre 1990 e 2018.



*Fonte: Do autor (2021)*

Em 2016, o transporte de cargas no Brasil emitiu quatro vezes mais gases de efeito estufa do que a Noruega emite anualmente. Somente os caminhões emitiram 84,5 Mt CO<sub>2</sub> eq. a mais do que todas as termelétricas em operação no país (54,2 Mt CO<sub>2</sub> eq.). Os dados são de uma análise das emissões do setor de energia do SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa), publicada pelo Observatório do Clima (Observatório do Clima, 2018).

Isto pode estar relacionado ao uso intensivo de transporte rodoviário. Dos seis países com maior extensão territorial do mundo, o Brasil é o que mais usa caminhões (65% da carga transportada, contra 53% na Austrália, o segundo colocado). Embora a rigor as emissões de um veículo dependam da massa transportada, eficiência do motor, topografia do percurso, qualidade de vias, motorista, clima, entre outros, há fatores que podem ser usados para estimar as emissões de CO<sub>2</sub> a partir do consumo de combustível, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Fatores de Emissão de CO<sub>2</sub> por queima de combustíveis fósseis

<b>Combustível</b>	<b>Fatores de Emissão de CO<sub>2</sub> por Queima de Combustível (kg.CO<sub>2</sub>/kWh)</b>
Gás natural	0,202
Óleo diesel	0,267
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	0,227
Madeira	0,531
Gasolina	0,249
Etanol	0,248

*Fonte: MCTI 2010.*

Como o consumo de combustível depende do tipo de veículo, é importante saber qual o veículo mais adequado para os fretes. Dentre os mais comuns e de menor capacidade estão os VUCs (Veículo Urbano de Carga) e o Caminhão semipesado (toco). O VUC é o caminhão de menor porte, mais apropriado para áreas urbanas, com largura máxima de 2,2 metros; comprimento máximo de 6,3 metros e limite de emissão de poluentes. A capacidade do VUC é de cerca 3 a 5 toneladas, a depender do fabricante (Cobli,2019). Já o Toco, é um caminhão que tem eixo simples na carroceria, ou seja, um eixo frontal e outro traseiro de rodagem simples. Sua capacidade é de até 6 toneladas, tem peso bruto máximo de 16 toneladas e comprimento máximo de 14 metros (Cobli,2019). Alguns modelos e seus respectivos consumos são apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 - Consumo médio de alguns caminhões

<b>Modelo</b>	<b>Capacidade</b>	<b>Consumo médio</b>	<b>Média ponderada</b>
Mercedes Accelo 1016	6,3 t	6,5 km/l	
Volkswagen Delivery 11.80	6,5 t	6,2 km/l	6,2016 km/l
Ford Agrale A 10000	6,2 t	5 km/l – 6,8 km/l	

*Fonte: Adaptado de Cobli (2019)*

## 2.5. Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

A Avaliação de Ciclo de Vida é definida pela ISO 14040 como a "Compilação e avaliação dos insumos, produtos e possíveis impactos ambientais de um sistema de produtos ao longo de seu ciclo de vida" (ABNT,2019), sendo assim, uma ferramenta para analisar e mensurar impactos

ambientais causados por produtos e/ou serviços em todas as etapas do seu ciclo de vida: extração, fabricação, utilização e gerenciamento de descarte.

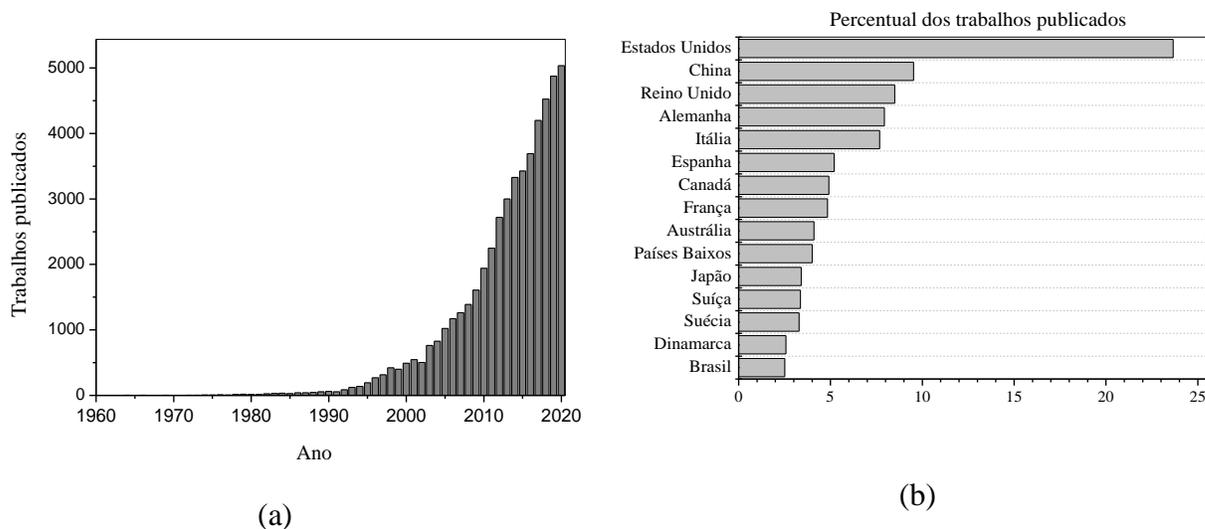
A ACV fornece visão geral do real impacto causado pela fabricação e uso de certo produto através de uma análise quantitativa, com medidas dos fluxos de matéria e energia envolvidos, na medida do possível, determinando os pontos críticos do processo em que há altas cargas ambientais ou que consumam grandes quantidades de recursos naturais. Com isso, pode-se determinar o desempenho ambiental, identificar oportunidades de melhorias e otimizações ou comparar mais de um produto ou processo e avaliar qual será a melhor opção, ou seja, mais adequado e que cause menos danos, com base nos impactos gerados por cada um (Nigri *et al.* 2009).

Os impactos analisados, como emissão de CO<sub>2</sub> e outros gases, são divididos em diversas categorias de impactos, como a de Mudanças Climáticas ou outros, como o uso de água doce, ocupação e transformação do solo, eutrofização aquática, impactos tóxicos à saúde humana, esgotamentos de recursos não renováveis e efeitos eco tóxicos de metais e produtos químicos orgânicos sintéticos (Dos Santos,2017).

A ACV é principalmente utilizada para pesquisas sobre o impacto de um sistema de produto para o meio ambiente, podendo assim, auxiliar na busca pela eficiência de processos, que por consequência ajudará com a redução de custos e a promoção de *marketing* verde para os produtos, tornando indústria, empresas, processos e produtos mais sustentáveis. Mas ela também pode ser utilizada para planejamentos estratégicos de sustentabilidade, elaboração de políticas públicas, *marketing*, entre outras (ABNT,2009). No entanto, esta avaliação possui algumas limitações quanto a critérios subjetivos, quantidade elevada de dados, por sua complexidade, ocasionando custos altos em sua elaboração e necessidade de uma grande quantidade de dados devido à sua abrangência. Esses problemas podem ser contornados a partir do momento em que se delimita o sistema e formula-se, claramente, os objetivos do trabalho (Boustead, 1998).

Em vista das vantagens supracitadas, a ACV tem sido uma metodologia bastante explorada por empresas e também na academia para mensurar seus impactos ambientais e contribuir para o desenvolvimento sustentável. Na Figura 8 são mostradas a quantidade de trabalhos publicados desde 1961 e a distribuição destes trabalhos por países, conforme levantamento feito na base de busca Scopus (Elsevier) buscando o termo *life cycle assessment* (avaliação do ciclo de vida) nos campos título, resumo e palavras-chave.

Figura 8: Levantamento bibliométrico sobre Avaliação de Ciclo de Vida feito na base Scopus (Elsevier) em 04/05/2021 com o termo: title-abs-key (life and cycle and assessment)



Fonte: Do autor (2021)

Foram encontrados 53.076 documentos sendo notório o aumento do interesse desde os anos 1990 (Figura 8a). Deste total, 52,2% corresponde a estudos nas áreas de Engenharia, Ciências Ambientais e Energia. Além disso, cabe destacar que, com um total de 12.556 trabalhos, os Estados Unidos assumem a liderança de estudos sobre esse assunto (Figura 8b). Nesta classificação, o Brasil ocupa a 15ª posição sendo a Universidade de São Paulo, a Universidade Estadual de Campinas e a Universidade Federal do Rio de Janeiro as três principais instituições que contribuíram para este resultado.

Vários dos estudos de ACV tem sido feito para comparar embalagens em diferentes aplicações na indústria de alimentos. No Quadro 1 são apresentadas as principais conclusões de alguns destes previamente reportados na literatura.

Quadro 1 - Pesquisa bibliográfica de estudos de ACV sobre embalagens alimentícias.

<b>Autor</b>	<b>Limites do Sistema</b>	<b>Embalagens Utilizadas</b>	<b>Principais conclusões</b>
Owens-Illinois (2011)	Berço ao berço	Vidro, alumínio e PET	A garrafa retornável de vidro apresentou uma pegada de carbono menor que embalagens de PET e de alumínio, principalmente por ser 100% reciclável.
Accorsi (2015)	Portão a portão	PET e Vidro	O fornecimento de embalagens PET é mais eficiente que de embalagens de vidro. Enquanto 1kg de vidro permite a produção de duas garrafas finais, 1 kg de PET gera cerca de 28 garrafas.
Santos (2011)	Portão ao túmulo	Garrafa PET	O processo de pré-forma da garrafa PET é o que mais consome energia (46,91%), sendo superior ao gasto com transporte dos materiais e distribuição do produto. A reciclagem também apresentou um consumo alto, cerca de 45%, porém a reciclagem de garrafas PET contribui para a economia de energia e matéria prima, já a energia gasta com fabricação das pré-formas é poupada.
(Fabi, 2004)	Portão ao túmulo	Garrafa PET e Vidro (28 reusos)	O impacto da produção de PET foi 87% superior ao do vidro, embora nas demais etapas (lavagem, reutilização, distribuição), o vidro tenha maior impacto. Dessarte o impacto do retorno do vidro à fábrica é menor que produzir uma garrafa PET de uso único. Assim para até 6 reusos do vidro, o consumo energético do PET é mais vantajoso, mas a partir desse número, quanto mais o vidro for utilizado, mais ele se torna vantajoso.

*Fonte: Do autor (2021)*

Os padrões da ISO 14040 e 14044 dividem o procedimento da ACV em quatro fases: Definição de objetivo e escopo, Análise de Inventário, Avaliação de Impacto e Interpretação (ABNT, 2009).

### **2.5.1. Definição do Escopo e Objetivo**

Na definição do Objetivo e do Escopo são definidas as fronteiras do estudo (temporal e geográfica), a quem se destinam os resultados, os critérios de qualidade e as categorias de impacto a serem consideradas (BRASKEM, [s.d.]).

A ACV pode ser tão complexa quanto se queira, o que determinará são as fronteiras do sistema a serem estabelecidas nesta etapa, com base na análise que se deseja realizar. Quanto mais amplo o sistema, mais tempo e esforço serão necessários para coletar informações sobre as entradas e saídas e executar os cálculos e análises consideráveis. No entanto, quando mais restrita for a análise, mas restrita também será a análise dos impactos e conseqüentemente a avaliação do ciclo de vida (Mancini, 2019).

De acordo com ABNT (2009), tem-se que:

– Escopo: função do sistema (requisitos necessários para o produto, processo ou serviço), unidade funcional (valor necessário para cumprir a função do sistema) e fluxo de referência (quantidade de cada produto ou processo necessária para cumprir a unidade funcional, ponto de partida para inventário).

– Objetivo: aplicação pretendida, razões para conduzir o estudo, público alvo para comunicação dos resultados e intenção de utilizar os resultados em afirmações comparativas a serem divulgadas publicamente.

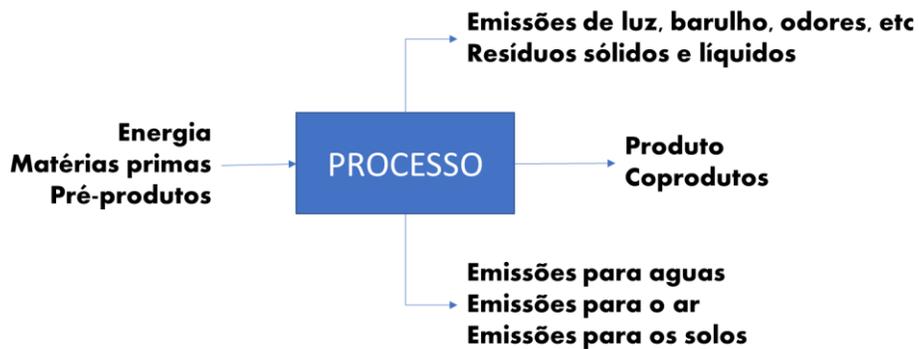
### **2.5.2. Análise de Inventário de Ciclo de Vida (ICV)**

A análise de inventário é a etapa de coleta e compilação de dados (matéria e energia, emissões e geração de resíduos sólidos) sobre todos os processos envolvidos no sistema de produto estudado a partir de informações obtidas em campo com coleta de dados primários ou da literatura (dados secundários) (ABNT,2009).

O principal produto desta análise é uma tabela listando todos os processos com seus respectivos fluxos de entrada e saída, quantificados de acordo com a unidade funcional estabelecida. Para isto, são realizadas as seguintes etapas: (1) Identificação dos processos contidos

no limite de sistema estabelecido, com suas respectivas entradas e saídas, como mostrado na Figura 9, (2) coleta dos dados e quantificação dos fluxos, (3) construção e verificação de processos unitários, (4) construir o modelo de Inventário de Ciclo de Vida (ICV) e calcular os resultados de ICV, (5) preparar a base para gerenciamento de incertezas e análise de sensibilidade e (6) Relatórios.

Figura 9 - Esquema do processo unitário do ciclo de vida com as correntes de processo



*Fonte: Do autor (2021)*

Os fluxos de entradas e saídas são classificados de acordo com a ISO 14040 (ABNT, 2009), em:

- Fluxo elementar: não sofrem transformação prévia por interferência humana
- Fluxos intermediários: fluxos que ocorrem entre processos elementares do sistema de produto sob estudo
- Fluxo de produto: entrada ou saída de produtos provenientes de um ou com destino a um outro sistema de produto.

Para auxiliar na obtenção desses dados, algumas instituições disponibilizam banco de dados para realização do ICV, de diversas regiões, áreas de estudo e processos diferentes. A Ecoinvent, sediada na Suíça, é uma dessas instituições, sendo responsável pela gestão da principal base de dados internacional, utilizada por cerca de 80 países e empresas multinacionais, como Unilever, Nestlé, Coca-Cola, entre outras (Vicente, 2019). Estas bases internacionais tendem a ser bem completas, contendo fluxos, processos e sistemas sobre diversos produtos, serviços, processos etc. No entanto, esses dados, em sua maioria, são referentes aos países que fornecem mais dados, principalmente países da Europa, que é o que ocorre com o banco de dados da Ecoinvent. Ou seja,

muitos dados são referentes a realidade e particularidades desses países, contendo poucas informações relacionadas ao Brasil, um exemplo é a geração e uso de energia elétrica, que no país é feita principalmente por hidroelétricas e que gera impactos diferentes de termoelétricas, que é uma fonte de energia comum na Europa.

O Brasil possui o Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida, denominado SICV, que armazena dados adaptados à realidade da produção industrial brasileira. Porém, essa base ainda está em construção e é limitada a poucos processos, produtos e serviços.

### 2.5.3. Avaliação de impacto de Ciclo de Vida (AICV)

Esta etapa tem o intuito de mensurar e avaliar a significância dos impactos ambientais potenciais no modelo de ciclo de vida criado através de indicadores de impacto, como o mais conhecido, Kg de CO<sub>2</sub>, que são identificados dentro das categorias de impacto, como eutrofização, aquecimento global, depleção da camada de ozônio, toxicidade, eco toxicidade, oxidação fotoquímica, esgotamento de recursos naturais, uso do solo, entre outros. Para isso se faz necessário o uso de algum software com alta capacidade de processamento de dados, como o OpenLCA, onde os fluxos definidos no inventário são convertidos em impactos ambientais.

As etapas dessa fase se dividem em:

- 1) Seleção das categorias de impacto, como: eutrofização, aquecimento global, depleção da camada de ozônio, toxicidade, eco toxicidade, oxidação fotoquímica, esgotamento de recursos naturais, uso do solo, entre outros. E dos indicadores de categoria; e modelos de caracterização;
- 2) Classificação: atribuição dos fluxos do inventário às categorias de impacto conforme sua capacidade de contribuir com o indicador escolhido;
- 3) Caracterização: existe alguns métodos de avaliação para classificar e caracterizar o impacto dos fluxos em algumas áreas ambientais de interesse (Mendes, *et al.*, 2013). A escolha de métodos diferentes pode caracterizar comparações diferentes de estudos de ACV. Estes métodos podem ser de dois tipos: *Midpoint* e *Endpoint*. Métodos *Midpoint* (atribuição de impacto orientada a ponto médio) usam indicadores localizados ao longo do mecanismo ambiental, ou seja, o sistema de processos físicos, químicos e biológicos para uma categoria de impacto, vinculando os resultados da análise do ciclo de vida aos indicadores de categoria e pontos finais (ABNT, 2009). Já os *Endpoint* (método orientado a ponto final)

consideram todo o mecanismo ambiental até o seu ponto final, ou seja, refere-se a um dano específico conforme a área de proteção, que pode ser a saúde humana, ambiente natural ou recursos naturais. Esta área de proteção se refere a pontos finais da categoria de impacto, reconhecidos pela sociedade (*Joint Research Centre, 2011*). Dentre esses dois, os métodos *Midpoint* tendem a ser mais aplicados e consistentes.

- 4) Normalização, agrupamento, ponderação e análise da qualidade dos dados: a normalização é um elemento opcional que permite obter uma pontuação adimensional, já que os indicadores são divididos por parâmetros da mesma unidade, cada um. A ponderação também é opcional, é permite apresentar a relevância de cada impacto ambiental, porém de forma subjetiva e não deve ser utilizada sem o processo de revisão, caso objetivo seja de divulgação pública.

#### **2.5.4. Interpretação**

Esta fase é realizada ao longo de todas as demais, devendo incluir a identificação das questões significativas do estudo com base nos resultados das fases de ICV e AICV. É feita uma avaliação do estudo, considerando completude, sensibilidade e consistência dos dados e análises, para serem feitas as conclusões, estabelecidas as limitações e recomendações de estudo. Os requisitos de qualidade de dados são definidos e acompanhados ao longo da execução do estudo, de forma a possibilitar que o objetivo e o escopo sejam alcançados, devendo considerar coberturas temporal, geográficas, tecnológicas, de precisão, completeza, representatividade, consistência e reprodutibilidade (ABNT, 2009).

#### **2.6. Software OpenLCA**

O *software* livre *OpenLCA*, foi desenvolvido em 2006 pela empresa de consultoria e *software* de sustentabilidade alemã GreenDelta. Ele permite projetar e construir uma estrutura modular rápida, confiável, de alto desempenho para avaliação de sustentabilidade e modelagem de ciclo de vida (Duailibe et al.,2020).

É utilizado para a realização da análise de inventário e cálculos de impactos e possui uma média de 10.000 *downloads* por ano, sendo um dos únicos *softwares* profissionais em gestão de informação de Ciclo de Vida totalmente gratuito, do mundo, sem custo de licenças e *Open Source* (Enciclo,2017).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, avaliou-se a produção de um novo produto lácteo em uma indústria de laticínios em Guaranésia, sul de Minas Gerais cujo dono deseja diversificar o portfólio de produtos, juntamente com o aumento de valor agregado da sua linha de produção de manteiga.

Inicialmente fez-se uma entrevista com o dono do laticínio para entender sobre sua fábrica, produtos e informações necessárias para o desenvolvimento deste trabalho. Foi feito um alinhamento de expectativas com o empresário sobre a ampliação da linha de produção, volume de produção e as embalagens que ele pretende utilizar. O documento com as informações relativas a essa entrevista, encontra-se no Apêndice 01.

A produção de manteiga do tipo Ghee é uma alternativa tecnicamente viável, pois demanda apenas a adição da etapa de clarificação na linha de produção de manteiga comum, já existente. O estudo de ACV das embalagens pode contribuir para a rotulagem do produto, conferindo-lhe melhor imagem e uso de *marketing* verde.

#### 3.1. Estudo de mercado

Para avaliar a viabilidade econômica do empreendimento fez-se um estudo do mercado considerando apenas a venda de manteiga Ghee em embalagem PET.

##### 3.1.1. Mercado Consumidor

A percepção e demanda do público consumidor potencial para esse novo produto e, também, a percepção do público sobre questões ambientais na escolha da compra de seus produtos e o preço que estão dispostos a investir neste produto foram analisadas através de um formulário 2020 na plataforma de formulários da Google (*Google Forms*) e divulgado para a comunidade acadêmica, amigos, familiares e distribuidores do laticínio. O modelo do formulário utilizado se encontra no Apêndice 02.

A região pretendida para venda do novo produto são cidades do interior do estado de São Paulo, Brasil, além da capital do estado. O estado, ao todo, tem uma população estimada de 42.289.333 indivíduos (IBGE, 2020) e o rendimento domiciliar *per capita* médio da população do estado é de cerca de R\$ 1.814,00 por mês (IBGE,2020).

Assumiu-se que o público alvo é de consumidores interessados em produtos que unam saúde, bem-estar e sustentabilidade, ou que possuam intolerância à lactose ou hipertensão. Além

desses, as pessoas que têm se interessado mais pelo produto recentemente e estão dispostas a investir um pouco a mais pelos benefícios adicionais, já que a manteiga Ghee apresenta melhores características sensoriais e benefícios nutricionais, quando comparada à manteiga comum que tem um custo de produção menor (Milkpoint, 2021). Assim considerou-se que o mercado consumidor seja cerca de 5% de toda a população do estado de São Paulo.

### 3.1.2. Mercado Concorrente

Foi feita uma pesquisa com alguns fornecedores de manteiga Ghee em mercados ou pontos de distribuição no Brasil, para coletar um preço médio de venda do produto para o consumidor, no mercado já existente. Os dados com todos os preços das marcas coletadas, se encontram no Apêndice 3, enquanto o preço médio calculado, encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Pesquisa de preço médio da manteiga Ghee no mercado concorrente

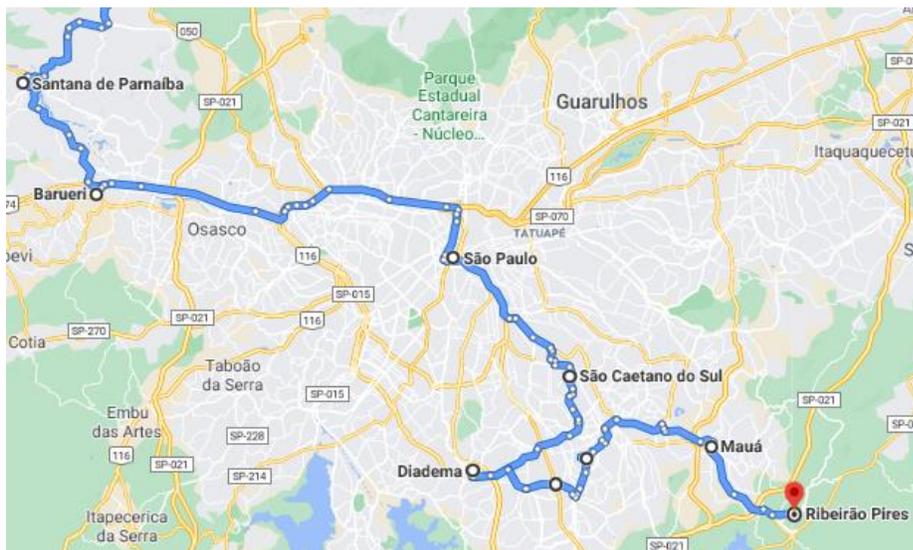
<b>Material embalagem</b>	<b>média de preços (R\$/g)</b>
Plástico	0,0918
Vidro	0,1247

*Fonte: Acervo pessoal*

### 3.1.3. Escoamento da produção

Conforme Apêndice 1, os pontos pretendidos para distribuição, foram coletados com o responsável pelo laticínio e o melhor trajeto do laticínio até as cidades foi calculado pelo *Google Maps*, totalizando 384,4 km. As cidades estão representadas na Figura 10.

Figura 10 – Trajeto a ser percorrido para distribuição do produto para os fornecedores



Fonte: Google Maps

### 3.2. Estimativas de custos

#### 3.2.1. Custo Capital

Os equipamentos necessários para a etapa adicional de clarificação são um misturador planetário encamisado a vapor e filtro prensa, como mostrado na Figura 11.

Figura 11 - Equipamentos a serem adicionados à linha de produção da manteiga



Fonte: Adaptado de Alibaba.com (2021)

Os custos de compra correspondentes encontram-se na Tabela 5:

Tabela 5 - Pesquisa preço equipamentos a serem adicionados à linha de produção

Equipamento	Dimensão	Dimensão Característica (LxWxH) (cm)	Custo (R\$)	Potência (KW)
Filtro prensa aço inoxidável (10 camadas)	33,33 dm <sup>3</sup> /min	120x76x65	6863,88	2,2
Misturador planetário com jaqueta de aquecimento a vapor	600 L	128x120x79	5719,90	12

*Fonte: Do autor (2021)*

Dessa forma, o custo total estimado para a compra de equipamentos foi de R\$ 12.583,78, no dia 25 de Abril de 2021. Em seguida, calculou-se o Capital de investimento ( $C_i$ ) necessário considerando o investimento necessário com a compra dos equipamentos, para a partida da unidade e para prover o capital de giro conforme a Equação (8) (Perlingeiro, 2005):

$$C_i = 2,34 \cdot (\text{Custo de equipamentos}) \quad (8)$$

### 3.2.2. Custo de Operação

O custo de operação ( $C_{OP}$ ) inclui custo de matéria prima ( $C_{MP}$ ), tratamento de resíduos ( $C_R$ ), utilidades ( $C_U$ ) e mão de obra ( $C_{MO}$ ). Neste trabalho, desconsideraram-se o custo de tratamento de resíduos, pois o resíduo adicional resultante da torta de filtração pode ser incinerado na caldeira de geração de vapor do laticínio; e o custo de mão de obra, que permanecerá igual ao da linha de manteiga comum, sendo o processo de produção de Ghee realizado em batelada.

Assumindo que 103,1 L de leite são necessários para produzir 1kg de manteiga comum, que resulta em 0,75 kg de manteiga Ghee. O custo de matéria-prima é o preço de custo da manteiga de leite produzida no laticínio (R\$ 4,85/1000L) mais o custo da embalagem, assim, o custo da manteiga é R\$ 1,00 por quilo. A disponibilidade de produção do laticínio é de cerca de 560 kg por semana desta matéria-prima. O preço das embalagens (primária e secundária) é a média de uma pesquisa com fornecedores.

Nos custos de utilidades foi considerado apenas o gasto adicional de energia elétrica, assumindo a possibilidade de aproveitamento do vapor usado em outros equipamentos da planta. O custo de energia em Minas Gerais, dentro da classificação B3 (Comercial, Industrial e outros) é de 0,52557 reais/kWh (CEMIG,2021).

Quantificou-se apenas o consumo dos equipamentos a serem acrescentados à linha de produção da manteiga Ghee. Considerando a operação em 20 dias do mês, com 1 batelada por dia, por cerca de 1 hora, com 112 kg de matéria prima ou 122,94 L, assumindo a densidade da manteiga comum de 0,911 g/L. Assim, o consumo energético do misturador deve ser de 12 kWh/dia.

Assim são produzidos 84 kg de Ghee (1:0,75) por dia ou aproximadamente 1.830 L por mês ( $\rho_{Ghee} = 0,9194$  g/L). Então o filtro prensa, em sua capacidade máxima, operará aproximadamente 3 minutos por dia, consumindo 0,11 kWh/dia. Na Tabela 6 são mostrados os dados utilizados para o cálculo do custo total de operação.

Tabela 6 – Custo de produção mensal da manteiga Ghee

	<b>Descrição</b>	<b>Custo</b>
Custo total manteiga	2.240 kg	R\$ 2.240,00
Custo embalagem primária	1.830L = 7.320 potes PET de 250 mL. R\$ 1,50 cada pote	R\$ 10.980,00
Custo embalagem secundária	48 potes por caixa = 153 caixas R\$ 5,80 cada caixa	R\$ 887,40
Custo total embalagens	-	R\$ 11.867,40
$C_{MP} = C_{manteiga} + C_{embalagem}$	-	R\$ 14.107,40
$C_U$ - Custo energia do mês (0,52557 reais/kWh)	(12kWh + 0,11 kWh) /dia · 20 dias	R\$ 127,30

*Fonte: Do autor (2021)*

O custo de operação total foi calculado conforme a Equação (9):

$$C_{OP} = C_U + C_{MP} \quad (9)$$

Assim tem-se o custo de R\$ 1,94 por pote de manteiga Ghee produzido. Vale ressaltar que os equipamentos a serem adicionados possuem capacidade para aumento de volume de produção,

caso a linha de produção da manteiga comum permita e o mercado de Ghee apresente um aumento de demanda.

### 3.2.3. Depreciação

A quota anual de depreciação (D) foi calculada pelo Método Linear usando a Equação (1), apresentada no item 2.2.1 do Referencial Teórico, considerando o custo de compra dos equipamentos ( $C_0$ ) de R\$ 12.583,78 depreciáveis em 10 anos ( $n=10$ ) e assumindo que o valor residual contábil é negligenciável ( $S = 0$ ).

$$D = \frac{C_0 - S}{n} = \frac{12.583,78 - 0}{10} = 1.258,378 \quad (1)$$

### 3.2.4. Tributação

A despesa com tributação foi estimada considerando o Imposto de Renda para Pessoa Jurídica (IRPJ) devido e a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL). Neste trabalho foi considerado o regime de Lucro Presumido, no qual o lucro tributável é baseado no faturamento com uma alíquota de 32%.

### 3.2.5. Medidas de lucratividade

Utilizando os valores obtidos na estimativa de custos, na pesquisa de mercado e informações fornecidas pela empresa foi possível projetar o fluxo de caixa das receitas e despesas esperadas para essa expansão.

Inicialmente, através da equação 10, calculou-se a receita bruta, com base na quantidade produzida (7.320 potes de 250 mL) e no preço de venda para os pontos de distribuição (R\$ 21,00), com base no preço médio de mercado ao consumidor final encontrado. Em seguida foram deduzidos os custos de produção ( $C_{OP}$ ) resultando no Lucro Bruto (LB) (equação 11).

Deste valor, LB, foi subtraída a quota de depreciação resultando no Lucro tributável (LA) (equação 12). Após o cálculo das alíquotas de impostos, obteve-se o Lucro depois dos impostos (LD), pela Equação 13, o qual foi considerado para as medidas de lucratividade.

$$\text{Receita Bruta (RB)} = \text{Preço de venda} * \text{Quantidade produzida.} \quad (10)$$

$$\text{LB} = \text{RB} - C_{OP} \quad (11)$$

$$\text{LA} = \text{LB} - D \quad (12)$$

$$\text{LD} = \text{LA} - (\text{IRPJ} + \text{CSLL}) \quad (13)$$

Assim o fluxo de caixa projetado para essa expansão é caracterizado pelos valores apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Dados do Fluxo de Caixa para a Linha de produção de manteiga Ghee

Capital de Investimento (Ci) (eq. 8)	R\$ 29.446,045
Impostos IPRJ	32%
Depreciação (eq. 1)	R\$ 1.205,60
Custo de Operação (COP) (eq. 9)	R\$ 14.234,70
Preço médio de venda no mercado	R\$ 0,0918 / grama de ghee
Preço estimado unitário do produto (229g)	R\$ 21,00
Receita estimada por mês (7.320 unidades)	R\$ 153.720,00

*Fonte: Acervo pessoal*

A taxa interna de retorno e o tempo de retorno do investimento (*payback time*) foram calculados conforme as Equações 3 e 4 do referencial teórico usando o montante do Fluxo de caixa calculado pela Equação 13:

$$FC = LD + D \quad (14)$$

Para o cálculo das medidas de rentabilidade a TMA foi calculada com base em uma taxa de mercado e ajustada pela inflação através da Equação (6). Como taxa de mercado utilizou-se o valor da taxa Selic relativa ao mês de março de 2021 (0,20). Quanto à inflação, o percentual acumulado dos últimos 12 meses até março de 2021 foi de 6,10% (IBGE,2021). Logo assumiu-se uma TMA de 7,52%, com base na equação 6.

### 3.3. Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

Aspectos ambientais da expansão proposta foram avaliados através de uma Avaliação de Ciclo de Vida atribucional para duas alternativas de embalagem para a manteiga Ghee. Esta metodologia foi escolhida devido à sua abrangência em termos de perspectiva do ciclo de vida da embalagem, permitindo a comparação dos impactos de produtos diferentes, compostos por diversos processos e usos distintos. Conforme padronizado pela metodologia, realizaram-se as seguintes etapas.

### 3.3.1. Definição de objetivo e escopo

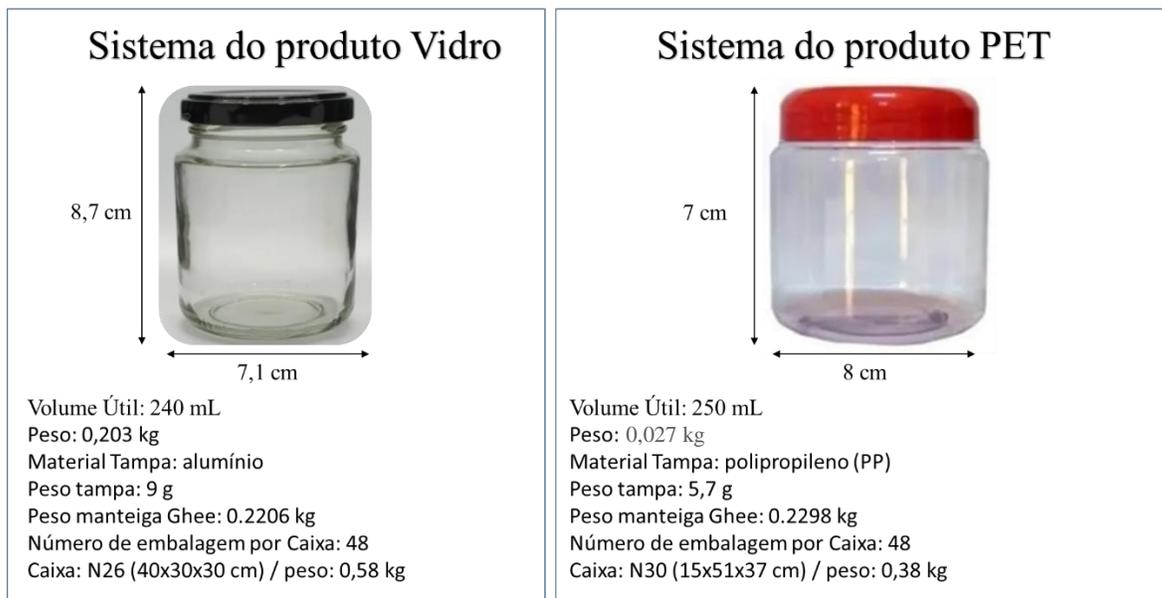
O objetivo foi comparar duas diferentes possibilidades de embalagens: Vidro e PET (Polietileno tereftalato) a fim de escolher aquela que apresenta menor impacto ambiental, para ser utilizada no envase a quente do novo produto do laticínio, a manteiga Ghee.

O público-alvo deste estudo é a própria empresa de laticínios, sendo a única parte a ser comunicada dos resultados, a qual irá utilizar as interpretações para a escolha da embalagem a ser utilizada no envase do novo produto.

Para cada embalagem, há alguns componentes que podem ser requerer uma ACV própria: corpo da embalagem, rótulo, tampa, vedante, lacre e o produto contido. Neste trabalho, foram considerados dois componentes, a embalagem (embalagem primária) e a tampa, assumindo-se que os rótulos e demais componentes selantes são iguais para ambas as embalagens e que, para fins comparativos, não interferem na conclusão alcançada.

Para compor o sistema do produto foram considerados também a embalagem secundária (caixa de papelão) e o produto a ser envasado (manteiga Ghee). As características de cada sistema avaliado estão representadas na Figura 12.

Figura 12 – Propriedade das embalagens consideradas no estudo ACV



Fonte: Adaptado de Aquamineira (2021);RFPack (2021)

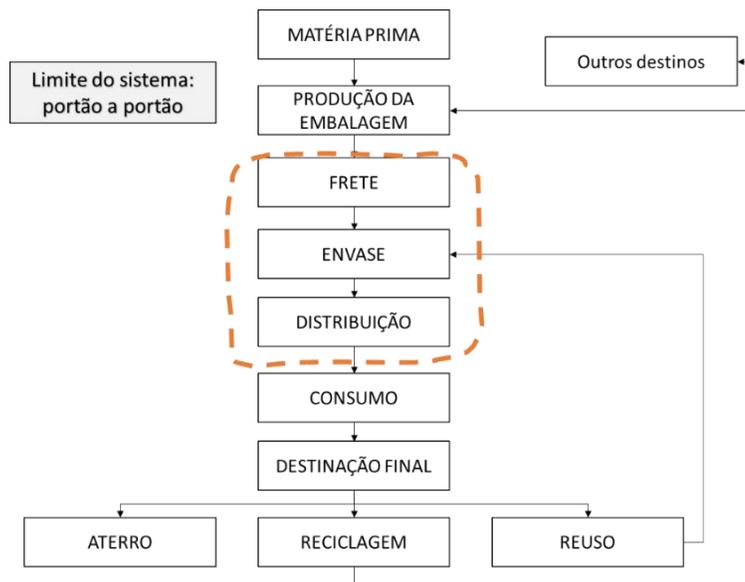
A embalagem primária de vidro considerada neste estudo é produzida em Curitiba (PR) (Ambaleve,2021) e a embalagem PET em Florianópolis (SC) (Envidro, 2021). Já a embalagem secundária (caixa papelão) foi considerado que ela é produzida na mesma cidade em que as embalagens primárias são produzidas, utilizada para embalar os potes, mesmo que vazios. As embalagens são levadas para a cidade do laticínio, MG, onde a manteiga Ghee produzida é envasada e distribuída no estado de São Paulo, Brasil.

Assim, a função do sistema de produto é acondicionar a manteiga Ghee produzida no sul de Minas Gerais durante o período de armazenamento e proteger o produto até o ponto de venda em São Paulo, garantindo a entrega do produto com a qualidade e integridade para o consumidor. Neste estudo não foi considerada a interferência da embalagem na validade do produto.

A unidade funcional usada como base de comparação entre os dois sistemas foi acondicionar a produção mensal de 1.830 L de manteiga Ghee, equivalentes a 1.682,42 kg. Portanto como fluxo de referência, tem-se que são necessárias 7.320 embalagens PET (250 mL) e 7.625 embalagens de vidro (240 mL).

Devido à falta de dados confiáveis em relação à extração de matéria prima e produção da embalagem, bem como sobre a destinação final, o limite estudado foi portão a portão, para ambas as embalagens, incluindo o transporte das embalagens primárias, suas respectivas tampas e a embalagem secundária (caixa de papelão) até o laticínio, a adição de manteiga Ghee no envase e a distribuição até os pontos de venda do produto. Este limite pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 – Representação genérica dos limites de sistema de produto avaliados



*Fonte: Do autor (2021)*

Neste estudo foi considerado que não são gerados outros produtos secundários na produção da embalagem tanto de vidro, quando de PET.

### 3.3.2. Análise de Inventário

De acordo com a ISSO 14040 (ABNT,2009), a etapa de análise do inventário envolve a preparação para coleta de dados, que foi feito levantando os processos e todas as entradas e saídas, que seriam consideradas desses processos e que estão apresentadas graficamente na Figura 14 e 15, para o ciclo de vida da embalagem PET e de Vidro, respectivamente.

Figura 14 - Limite ciclo de vida embalagem PET

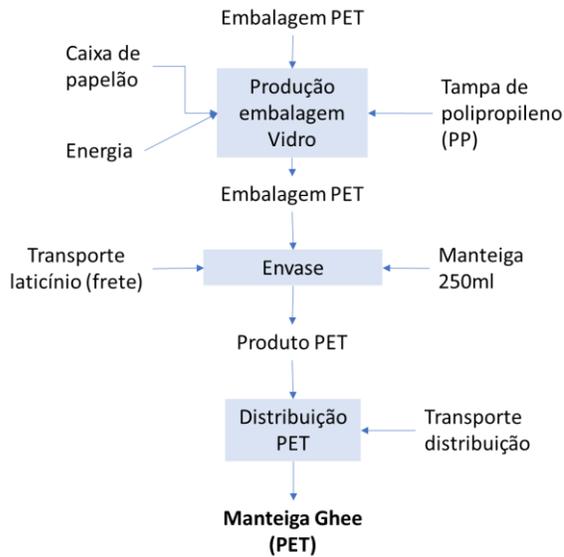
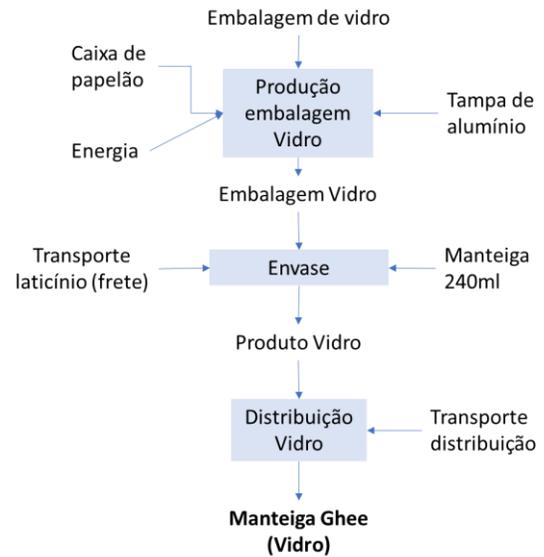


Figura 15 - Limite ciclo de vida embalagem Vidro



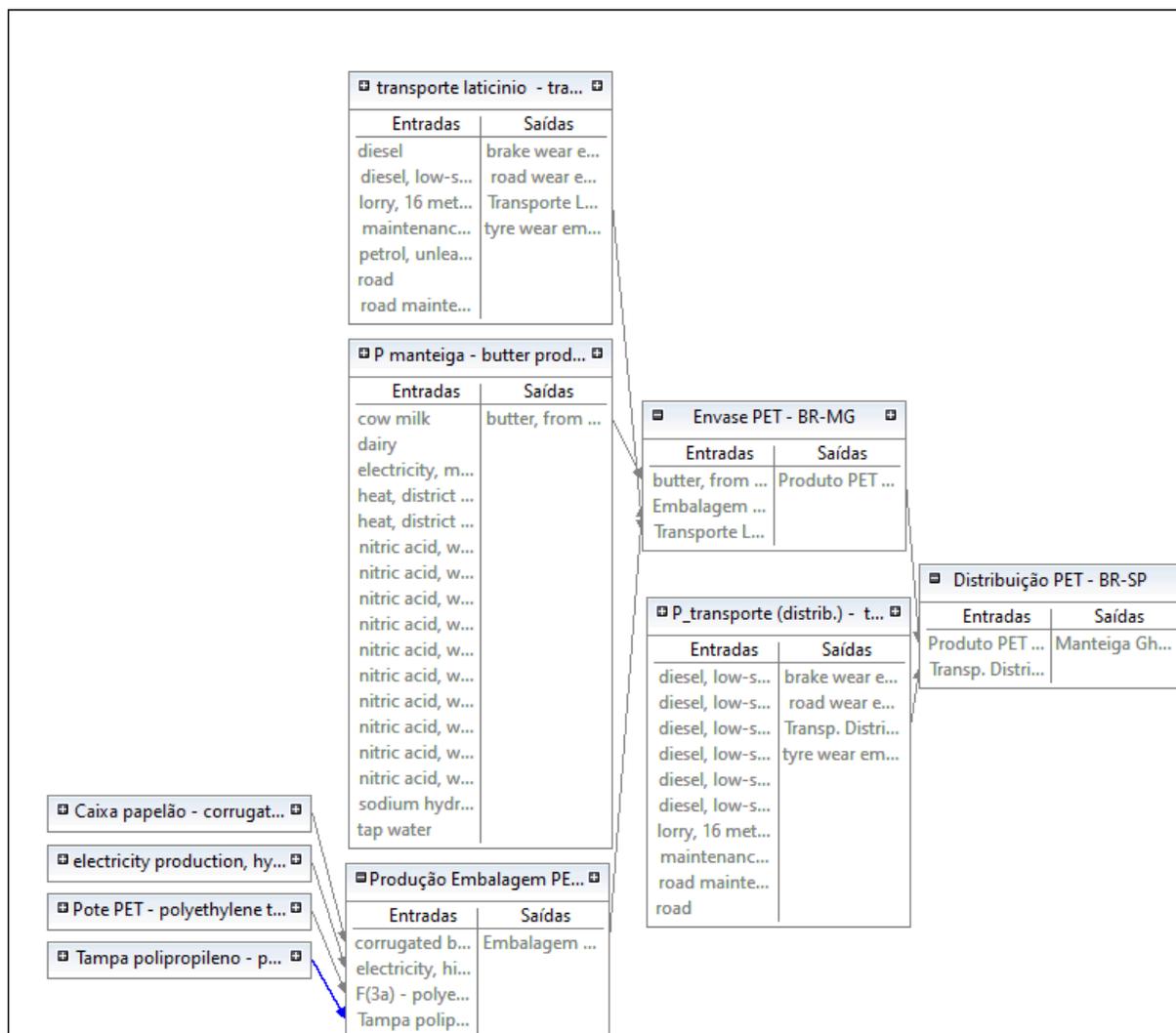
Fonte: Do autor (2021)

Os dados primários sobre as características dos sistemas de embalagem e das etapas de transporte de embalagens foram obtidos por pesquisas de mercado, com o responsável pelo laticínio, como apresentado no Apêndice 1, e seus fornecedores.

Os dados secundários como o gasto energético, dados genéricos por tonelada-quilômetro para transporte e emissões foram obtidos por pesquisas bibliográfica e do banco de dados da Ecoinvent: “*Ecoinvent 3.7.1 cutoff Unit Regionalized*”, que foi obtido através de licença concedida gratuitamente pela instituição, para estudantes e pesquisadores de instituições de ensino de países em desenvolvimento, como o Brasil e a UFLA (Universidade Federal de Lavras). A versão 3.7.1 foi escolhida por conter os fluxos necessário e ser a versão mais recente.

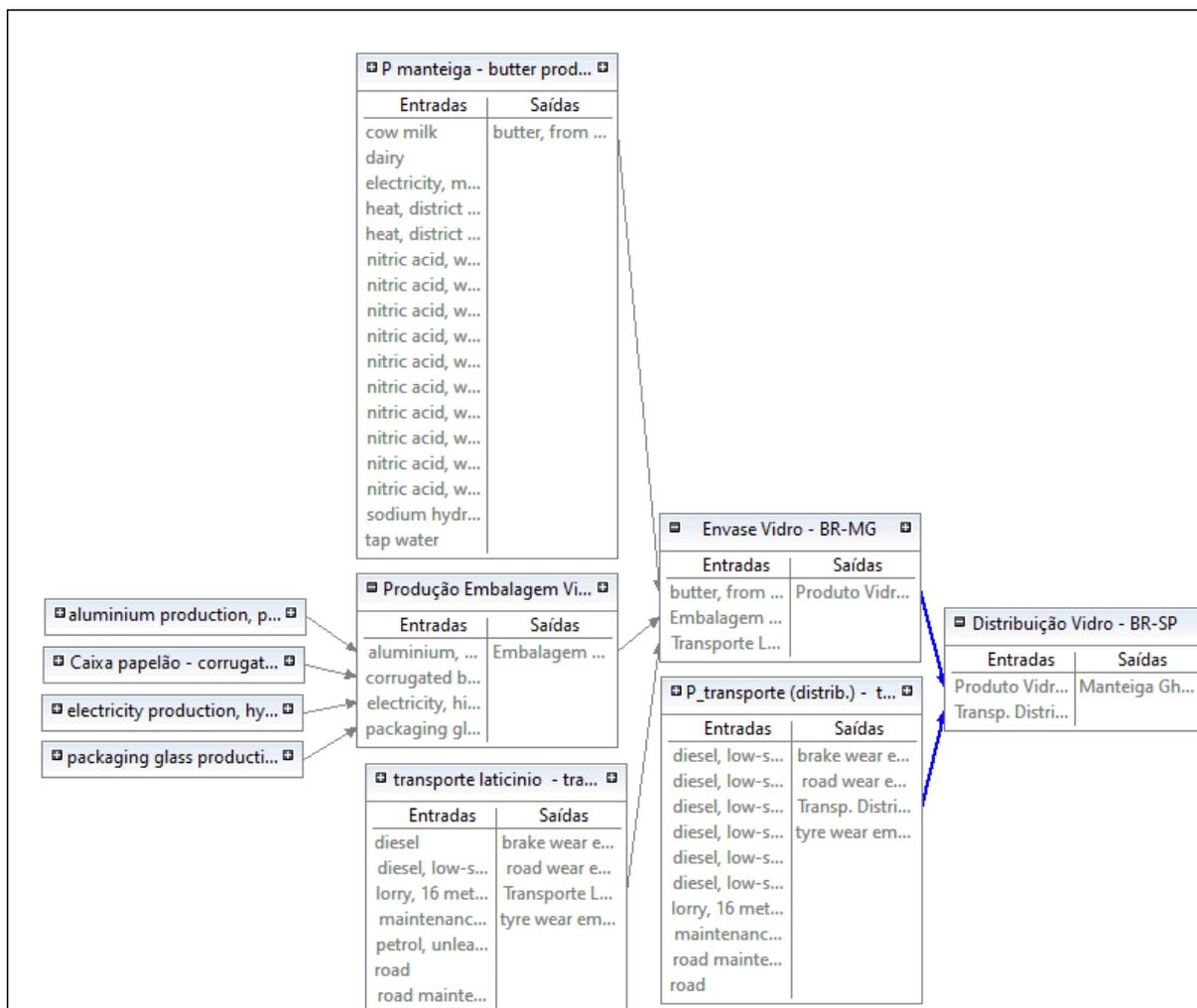
Após a montagem dos fluxos e processos, ou seja, os balanços de entradas e saídas dos processos analisados neste estudo de ciclo de vida da embalagem, os dados foram agregados em sistema de produto para o PET e para o Vidro. Os dados inseridos no *software* estão detalhados no Apêndice 5, e os sistemas de produtos formados estão representados esquematicamente nas Figuras 16 e 17, para a embalagem PET e Vidro, respectivamente.

Figura 16 - Sistema de Produto PET (OpenLCA)



Fonte: Do autor (2021)

Figura 17 - Sistema de Produto Vidro (OpenLCA)



*Fonte: Do autor (2021)*

Cada processo e fluxo da base de dados da Ecoinvent possui uma localização geográfica, indicando a particularidade da região especificada ou uma média regional mais abrangente. A denominação Global (GLO) representa valores médios para todos os países do mundo. A denominação “Resto do Mundo” (RoW) corresponde a uma média dos países que não tem dados representativos ou muitas vezes, é gerado uma cópia de dados do GLO com incertezas ajustadas para esses países, geralmente países subdesenvolvidos, como o Brasil. Neste trabalho foram selecionadas as localizações o mais realista possível. Alguns fluxos tinham como origem processos localizados na região sudeste do Brasil, a maioria o Brasil como RoW e alguns poucos como GLO.

Os fluxos de matéria-prima: alumínio primário, polipropileno, polietileno tereftalato granulado e vidro de embalagem branco foram os fluxos encontrados na base de dados que mais se aproximaram aos necessários e são fluxos que carregam muitos dados de diversos processos anteriores. O fluxo da manteiga foi considerado o da manteiga de leite comum, por não haver um fluxo específico para esse produto e por não existir muitas informações a respeito de impactos ambientais diferenciados para a manteiga Ghee.

Os fluxos de transporte escolhidos da Base de dados foi o caminhão (*lorry*) com capacidade entre 3,5 e 7 toneladas·metros, que atende aos requisitos deste trabalho.

Como combustível foi escolhido o diesel, com baixo teor de enxofre, o mais próximo ao Diesel produzido e comercializado no Brasil. Como fluxos de eletricidade foram escolhidos os oriundos de fonte hídrica e com a localização no Brasil. Todos os fluxos criados ou retirados da base de dados da Ecoinvent estão apresentados na Tabela 8, com seus respectivos processos de origem (provedor).

Quadro 2 - Fluxos de produto utilizados no OpenLCA

<b>Fluxo</b>	<b>Provedor</b>	<b>Sistema de Produto</b>	<b>Unidade</b>	<b>Origem</b>
Caixa de papelão	Produção de caixa de papelão	PET + Vidro	kg	Ecoinvent
Eletricidade	Produção de eletricidade hidrelétrica – região tropical	PET + Vidro	kg	Ecoinvent
Polietileno tereftalato granulado	Produção de PET granulado para garrafas/potes	PET	kg	Ecoinvent
Polipropileno granulado (para tampa)	Produção Polipropileno granulado	PET	kg	Ecoinvent
Lingote de Alumínio primário (para tampa)	Produção de alumínio primário	Vidro	kg	Ecoinvent

Continua

Continuação

<b>Fluxo</b>	<b>Provedor</b>	<b>Sistema de Produto</b>	<b>Unidade</b>	<b>Origem</b>
Vidro para embalagem	Produção embalagens de vidro branco	Vidro	kg	Ecoinvent
Embalagem Vidro	Produção embalagem Vidro	Vidro	kg	Própria
Manteiga de leite de vaca	Produção de manteiga do leite de vaca	PET + Vidro	kg	Ecoinvent
Transporte – caminhão 3.5-7.5 metros/toneladas	Processo Transporte – lorry 3.5-7.5 metros/toneladas	Frete + Distribuição (PET, Vidro)	kg·m	Ecoinvent
Produto PET	Envase PET	PET,	kg	Própria
Produto Vidro	Envase vidro	Vidro	kg	Própria
Manteiga Ghee (PET)	Distribuição PET	PET	kg	Própria
Manteiga Ghee (vidro)	Distribuição Vidro	Vidro	kg	Própria

*Fonte: Do autor (2021)*

Os dados de energia gastos para a produção das embalagens foram obtidos e adaptados de um trabalho de ICV de garrafas de 600 mL de refrigerantes, sendo gastos 0,1133 kWh para a produção de 1 garrafa de vidro e 0,4091 kWh para a produção de 1 garrafa de PET (Fabi, 2004). Assim, por proporcionalidade de volume, foi calculado o gasto energético para os potes de 240mL (Vidro) e 250 mL (PET), sendo gastos 0,04532 kWh e 0,1705 kWh respectivamente para cada um.

Os dados de tamanho, peso e preço de caixas de papelão foram obtidos de uma comerciante de caixas para embalagens, em grandes volumes. Sendo a caixa mais apropriada para acondicionar 48 unidades de potes PET, a de tamanho N30 (15 x 51 x 37 cm) e para acondicionar 48 unidades de potes de Vidro, a de tamanho N26 (40 x 30 x 30 cm) (NZB-Embalagens,2021).

### 3.3.3. Avaliação de Impacto

Os dados do inventário primário, juntamente com os dados secundários do banco de dados da Ecoinvent foram avaliados utilizando-se os métodos de avaliação de impacto ReCiPe *MidPoint (H)* disponível no conjunto Ecoinvent 3.7 *LCIA methods* com auxílio do *software* OpenLCA, gratuito e “*open source*”.

As categorias de impacto analisadas foram, relativos à base de dados da Ecoinvent foram: GWP100 (Mudança climática), FDP (depleção fóssil), ODP (depleção de ozônio), PMFP (formação de material particulado) e POFP (formação de oxidantes fotoquímicos).

O impacto nessas categorias é avaliado com base na conversão dos fluxos de massa e energia, que entram e saem dos processos, em valores de equivalência que remetem resultados em unidades comuns para alguma categoria. Um exemplo é a conversão dos fluxos em kg CO<sub>2</sub> eq., para calcular o impacto na categoria de Aquecimento Global.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Estudo de mercado

A amostra necessária para inferir sobre a população de todo o estado de São Paulo com grau de confiança de 95% seria de 385 respostas, (SurveyMonkey, 2021). Foram obtidas 86 respostas com o formulário da pesquisa de mercado, não caracterizando uma amostra representativa para a população total do estado de São Paulo. No entanto, considerando uma população de 2.114.466,65 pessoas (5% da população do estado), o número de respostas necessárias seriam 50 (SurveyMonkey, 2021).

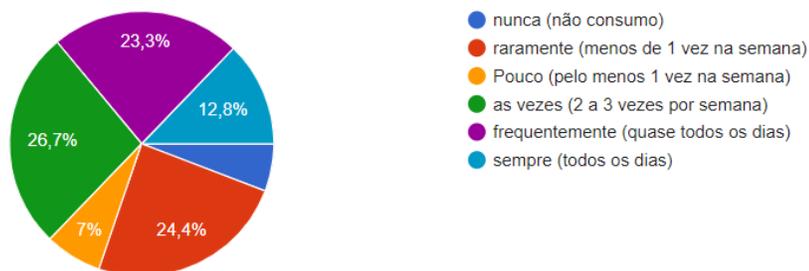
A maior parte dos entrevistados reside na região sudeste do país, 51,2% é de Minas Gerais e 31,4% de São Paulo. Desconsiderando que o estado de residência interfira no consumo do participante e sabendo que 63,7% dos respondentes pretendem consumir ao menos uma vez na semana o produto sendo que consumidos até 200g por mês para a maior parte dos entrevistados (44%), o mercado consumidor foi considerado promissor.

A pesquisa de mercado foi intitulada: “Interesse em novos produtos”. O público foi caracterizado como jovem, sendo 66,3% entre 18 e 24 anos. A frequência de consumo de manteiga pelos participantes variou bastante, tendo como 36,1% das respostas pessoas que consomem manteiga quase todos os dias, ou mais, como mostrado na Figura 18.

Figura 18 - Frequência de consumo manteiga comum

Com que frequência você consome manteiga?

86 respostas



Fonte: Do autor (2021)

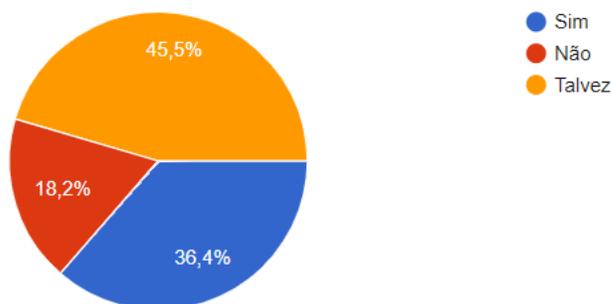
A maior parte dos que não consomem manteiga atribuíram o fato à intolerância à lactose ou preferências de dietas, como vegana e de não consumo de industrializados.

Os resultados de aceitação, das pessoas que responderam que não consomem manteiga, podem ser observados nas Figuras 19 e 20. Entre os que não consomem manteiga e os que consomem raramente, apenas 18,2% não aceitaria a mudança por um produto artesanal e sem lactose. Assim houve uma aceitação por 81,9%, o que é um bom indicador de um mercado promissor. Na frequência de consumo, porém, não houve aumento significativo, então supõe-se que o consumo da manteiga Ghee competiria com o consumo da manteiga comum, por perceber que o público não entende muito a diferença entre essas duas manteigas e principalmente os benefícios atrelados à Ghee.

Figura 19 - Aceitação do novo produto

Caso fosse uma manteiga artesanal e sem lactose, você teria interesse?

11 respostas

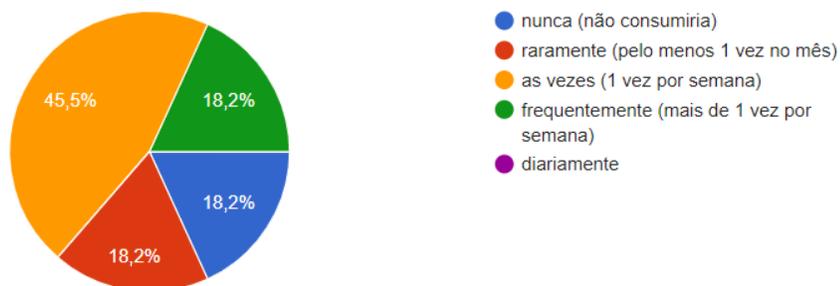


Fonte: Do autor (2021)

Figura 20 - Estimativa de frequência de consumo do novo produto

Com que frequência você consumiria?

11 respostas



*Fonte: Do autor (2021)*

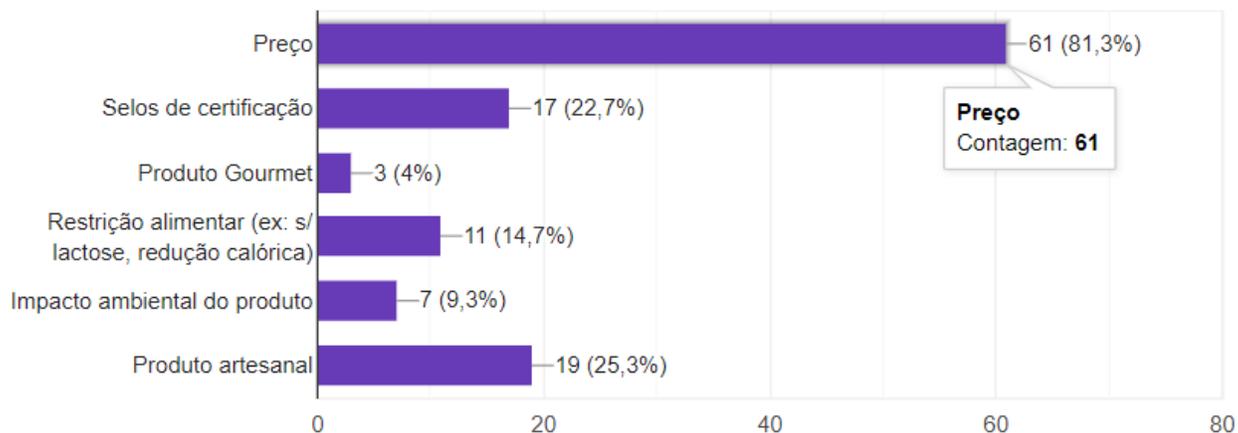
Na Figura 21 são mostrados os critérios de seleção de um produto pelo consumidor. A preferência do consumidor está relacionada principalmente à saúde e ao preço do produto (Apêndice 2). A maioria do público tem como fator de escolha o preço (81,3%), sendo o segundo critério ser um produto artesanal (25,3%), seguido por selos de certificação (22,7%). Devido à importância do fator, o preço da manteiga Ghee produzida deve ser competitivo com os já existentes no mercado, ou até abaixo, se aproximando do da manteiga comum, tanto quanto possível. Ademais há um cenário positivo em relação aos selos, visto que a proposta é ter um produto com embalagem que pode ser reciclada e que apresentou um estudo de impacto ambiental.

Destaca-se ainda que o apelo como produto “gourmet” exerce pouca influência sobre a preferência do consumidor, o que comprova que o *marketing* do produto deve enfatizar a sua pegada ambiental como proposto neste trabalho.

Figura 21 - Fatores de escolha na hora da compra pelo consumidor

Quais os fatores que você leva em consideração na escolha de uma manteiga?

75 respostas



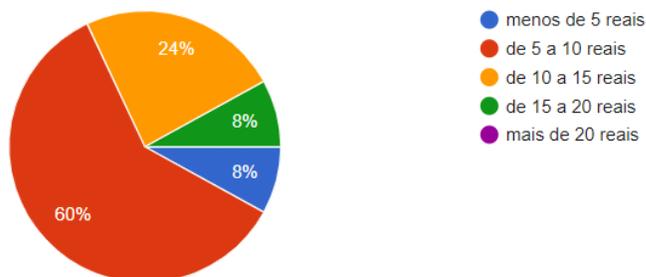
Fonte: Do autor (2021)

Em relação ao preço que os consumidores entrevistados estariam dispostos a pagar em uma manteiga artesanal (Figura 22), o cenário não é favorável, visto que 60% das pessoas pagaria entre R\$ 5 e R\$ 10, e apenas 24% entre R\$ 10 a R\$ 15. Esse resultado pode ter sido devido à falta de conhecimento dos respondentes sobre os benefícios da manteiga Ghee, visto que o preço médio de mercado para manteiga Ghee (Tabela 4) é de R\$ 22,95 envasada em pote PET de 250g.

Figura 22 - Faixa de preço ideal para manteiga artesanal

Qual a faixa de preço de manteiga artesanal você considera ideal?

75 respostas



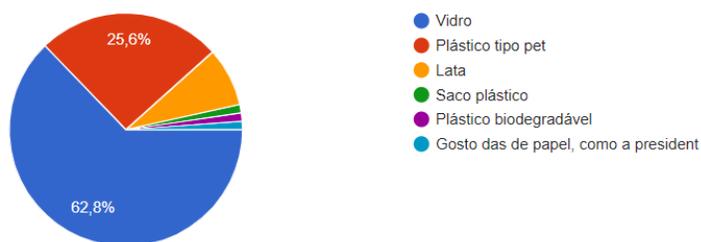
Fonte: Acervo pessoal

Dentre as embalagens, a de vidro foi a preferida por 62,8% dos entrevistados (Figura 23). Além disso, embora o fator Impacto ambiental do produto tenha sido apontado como critério de escolha somente por 9,3% dos entrevistados anteriormente (Figura 21), quando diretamente questionados sobre o impacto ambiental 65,1% do público informou considerá-lo conforme mostrado na Figura 24.

Figura 23 - Tipo de embalagem de preferência

Pensando em uma manteiga artesanal, sem lactose e gourmet, que tipo de embalagem você acha mais adequada?

86 respostas

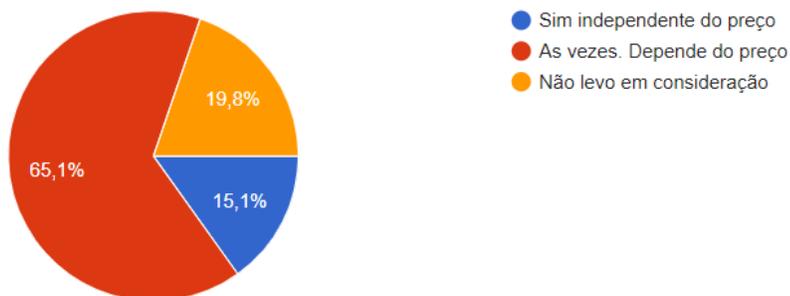


Fonte: Do autor (2021)

Figura 24 - Interferência do impacto ambiental na hora da compra

Você leva fatores como impacto daquele produto para o meio ambiente na hora da compra?

86 respostas

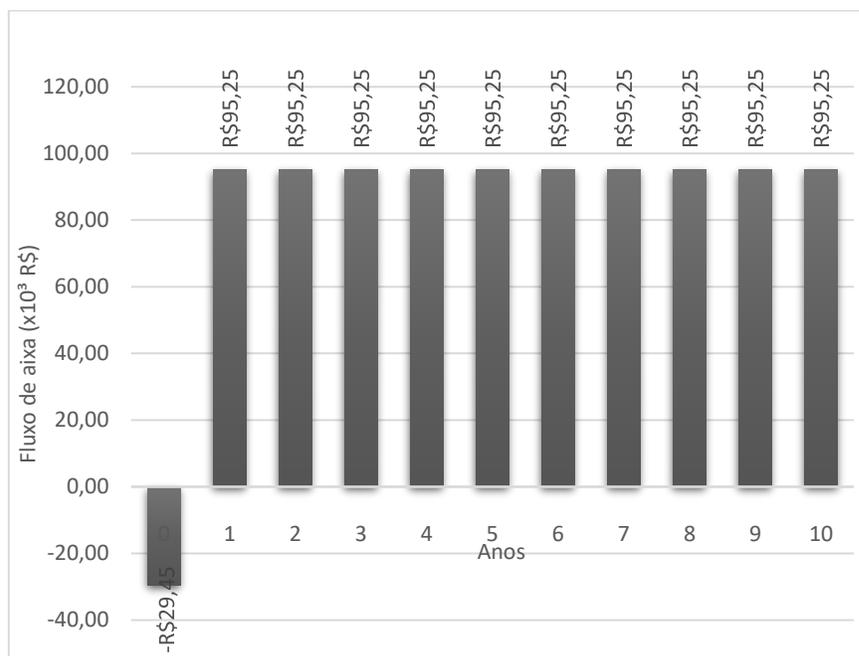


Fonte: Do autor (2021)

#### 4.1.1. Fluxo de caixa

A partir da estimativa de custos e projeção de receitas para a nova linha de produção, o fluxo de caixa foi estimado para os primeiros 10 anos de operação conforme apresentado na Figura 25.

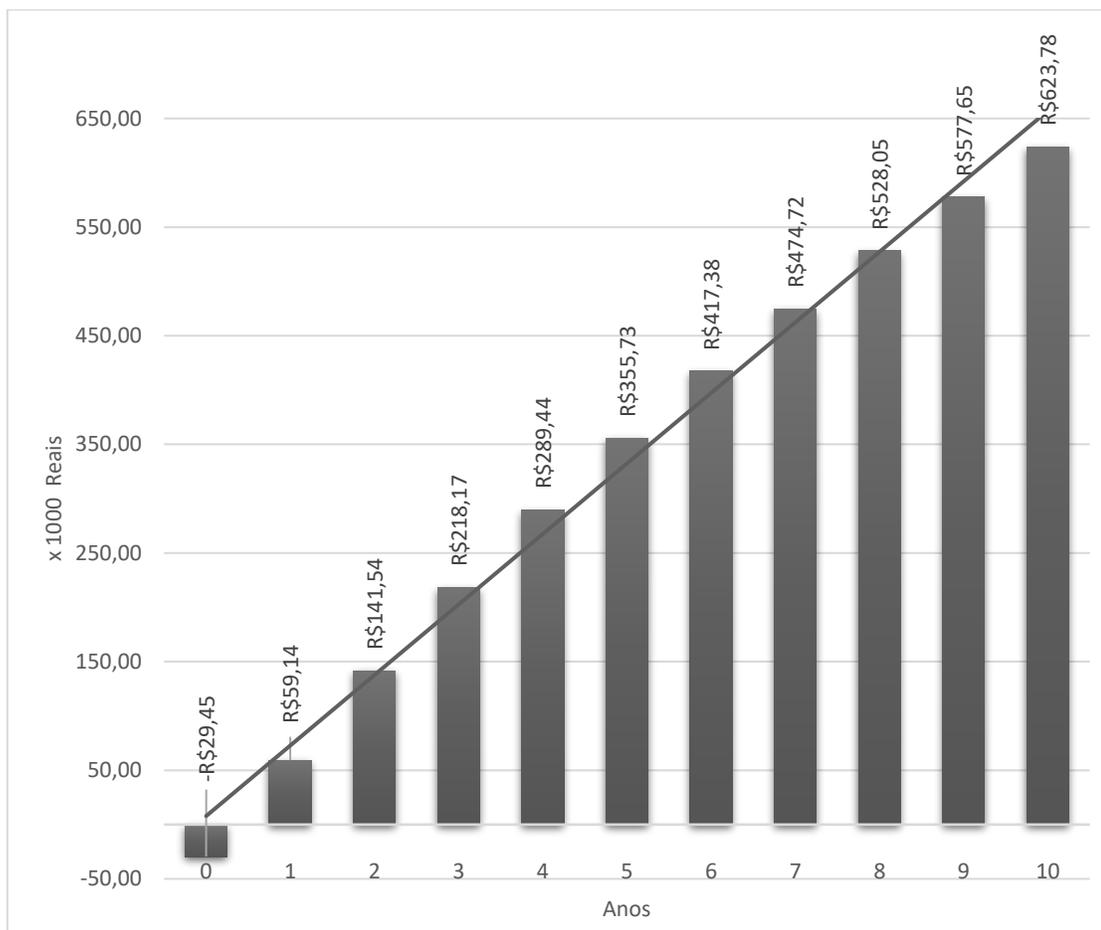
Figura 25 - Fluxo de Caixa do projeto em um horizonte de 10 anos.



*Fonte: Do autor (2021)*

A partir dessa projeção, as medidas de lucratividade foram calculadas considerando uma TMA de 7,52% a.a. Conforme pode ser visto na Figura 26, o tempo de retorno do investimento neste caso foi de aproximadamente 4 meses, ou seja, menos que 1 ano. Já a taxa interna de retorno calculada foi de 323,48%, muito superior à TMA escolhida, o que comprova a viabilidade do investimento. Além disso, considerando o alto valor da taxa interna de retorno não foi feita análise de sensibilidade sobre a inflação ou a taxa comercial adotada.

Figura 26 - Fluxo de Caixa descontado a 7,52% acumulado



*Fonte: Do autor (2021)*

Outros indicadores estão apresentados na Tabela 8:

Tabela 8 - Cálculo dos Indicadores do EVTE

<b>INDICADOR</b>	<b>Valor</b>	<b>Equação</b>
Lucratividade	61%	2
Rentabilidade	319%	3
VPL	R\$ 623.779,43	5

*Fonte: Do autor (2021)*

Assim, podemos observar que o ganho da empresa será de 61% em relação à receita total, com uma rentabilidade de 317%, ou seja, a receita do primeiro mês já será maior do que o investimento inicial, mesmo considerando que o preço de venda para os distribuidores será menor que o preço de mercado, pois a lucratividade é alta e a margem de lucro permite inferir que mesmo obtendo uma rentabilidade menor do que a apresentado neste estudo, não irá comprometer significativamente a viabilidade do investimento. Conclui-se então que os custos de investimentos são baixos perante os lucros obtidos com o aumento de valor agregado ao produto e, conseqüentemente, da receita. O fato de não haver financiamentos contribuiu para o retorno rápido do investimento.

Pode-se observar que há uma concorrência, com algumas marcas já existentes, porém ela não é tão forte, visto que ainda são poucas marcas encontradas em mercados específicos. Assim, existe um mercado significativo a ser explorado. Porém, pela pesquisa de mercado o preço foi um fator muito levado em consideração na hora da compra, o que pode ser benéfico visto a margem de lucros altas, que permite baixar um pouco o preço do produto e deixá-lo mais competitivo no mercado.

Através do estudo de viabilidade técnico econômica foi possível concluir que a implantação de novos equipamentos na linha de produção da manteiga comum para a produção da manteiga Ghee é viável. Nos aspectos técnicos, a tecnologia envolvida é baixa, visto que será necessário apenas a compra e instalação de um tanque agitado com aquecimento e um sistema de filtragem simples, e não interferirá na troca ou substituição de linha de produção para manteiga comum, caso o mercado mude e fique mais/menos aquecido.

#### **4.2. Avaliação de Ciclo de Vida**

A motivação deste estudo foi avaliar o lançamento de um produto mais sustentável, com maior valor agregado e menor pegada ambiental (menor dano) sendo atrativo para o público consumidor de produtos “*gourmet*” e para aqueles consumidores que possuem uma consciência ambiental maior, se dispendo a pagar por isso.

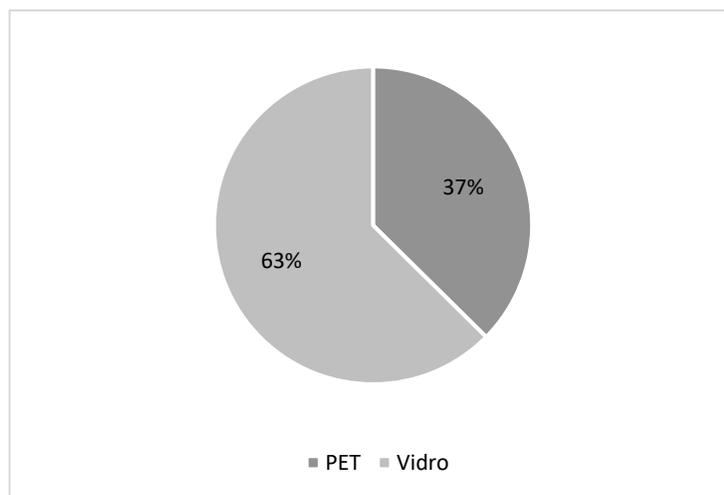
A análise de consumo energético e emissões em cada fase do ciclo de vida das embalagens pode levar a identificar pontos de melhoria do processo e fomentar inovações que interfiram positivamente no ciclo de vida das embalagens. Assim, pelos resultados obtidos com auxílio do

software OpenLCA, obteve-se para a mesma unidade funcional, ou seja, 1.682,42 kg de manteiga Ghee, os seguintes resultados comparativos para cada categoria de impacto:

#### 4.2.1. Mudanças climáticas

Nesta categoria foi avaliado o potencial de aquecimento global (GWP, do inglês *Global Warming Potential*) das emissões relacionadas ao processo, o qual indica a contribuição relativa dos gases emitidos para o efeito estufa, em correspondência com a contribuição de CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub> equivalente), como o metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonetos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>). Essas emissões contribuem para o aumento da temperatura média do planeta, impactando ecossistemas e também a saúde humana. Conforme podemos observar na Figura 27, o impacto causado pela embalagem de vidro corresponde a 63% da emissão total dos dois sistemas de produto contabilizadas através do indicador GWP - 100, o que equivale a um valor total de  $8,7 \cdot 10^6$  kg CO<sub>2</sub> eq., enquanto a embalagem de PET provoca emissões de  $5,2 \cdot 10^6$  kg CO<sub>2</sub> eq.

Figura 27 – Distribuição dos impactos por sistema de produto para a categoria de Mudança Climática (GWP - 100)

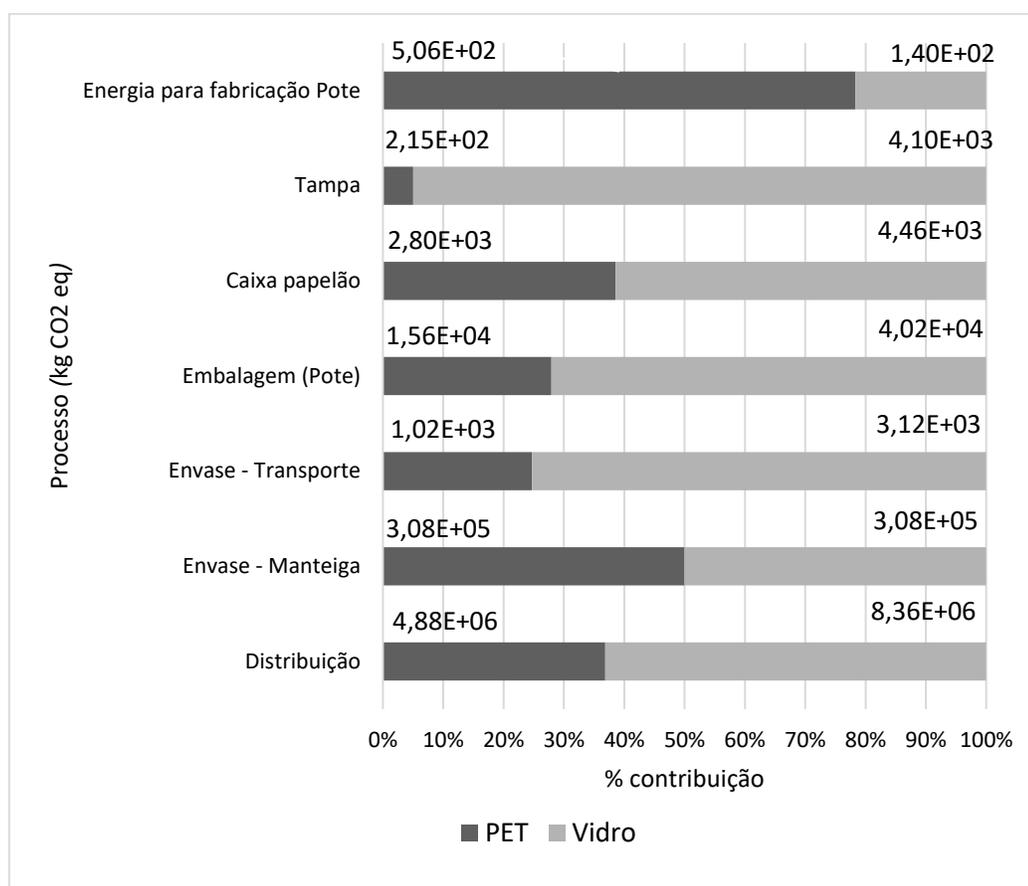


*Fonte: Do autor (2021)*

Ao observar a contribuição dos processos individuais para as duas embalagens, na Figura 28, pode-se perceber que o vidro apresenta uma porcentagem maior de emissão em todos os processos, exceto no processo de produção da embalagem PET, que corresponde cerca de 80%, ou

seja, emite  $5,06 \cdot 10^2$  kg CO<sub>2</sub> eq. Esse resultado está dentro do esperado da literatura, que conclui que o gasto energético para a fabricação do PET é muito maior que o do vidro. E também, como a etapa de reciclagem não foi avaliada, o peso das embalagens de vidro contribuem muito para uma maior emissão de CO<sub>2</sub> nas etapas de transporte. Um ponto de atenção é em relação à tampa da embalagem, pode-se observar que a tampa de alumínio tem pegada de carbono superior à tampa de polipropileno, mais de 90%, ou  $4,10 \cdot 10^2$  kg CO<sub>2</sub> eq.

Figura 28 - Impactos por processo na categoria de Mudança Climática (GWP - 100)



Fonte: Do autor (2021)

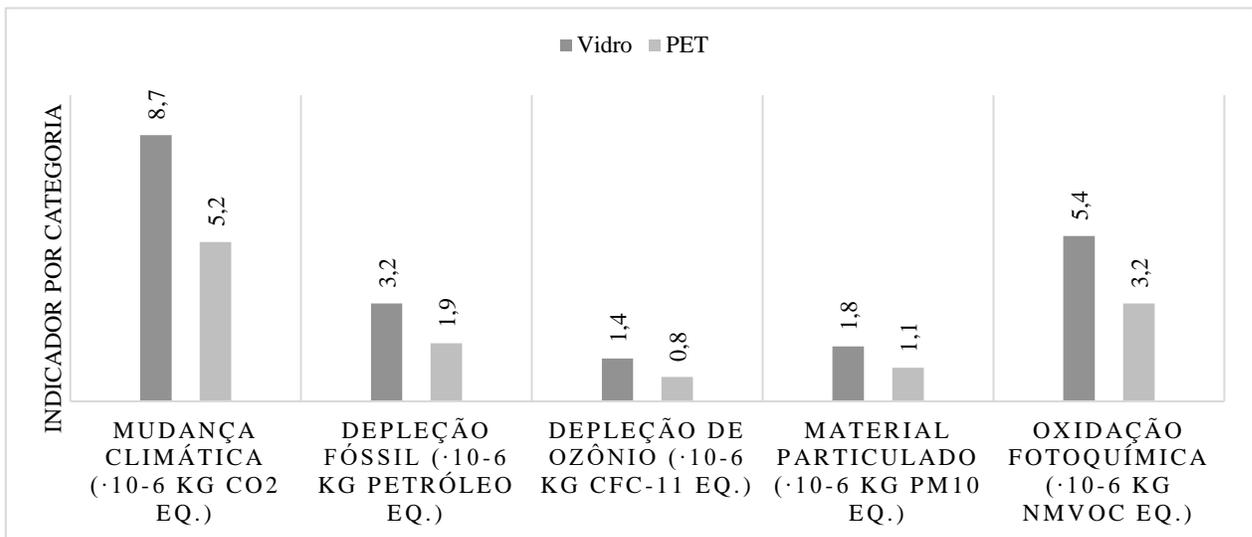
#### 4.2.2. Depleção fóssil

O potencial de esgotamento dos recursos naturais relativos a combustíveis fósseis foi avaliado através do indicador FDP (do inglês, *Fossil Depletion Potential*) cuja unidade é o petróleo

bruto retirado do solo. Na categoria de impacto de depleção fóssil, verificou-se a emissão total de  $3,2 \cdot 10^6$  kg petróleo eq. no sistema de produto do vidro e  $1,9 \cdot 10^6$  kg petróleo eq. do PET.

Deste modo, construiu-se um gráfico comparativo como mostrado na Figura 29 relacionando o impacto verificado no sistema do PET ao impacto correspondente no sistema do vidro. Como pode ser visto na Figura, no caso da depleção fóssil, a emissão contabilizada no sistema PET ( $1,9 \cdot 10^6$  kg petróleo eq.) corresponde a 59,4% da emissão contabilizada no sistema do vidro ( $3,2 \cdot 10^6$  kg petróleo eq.).

Figura 29 - Gráfico comparativo dos impactos em cada categoria para as duas embalagens

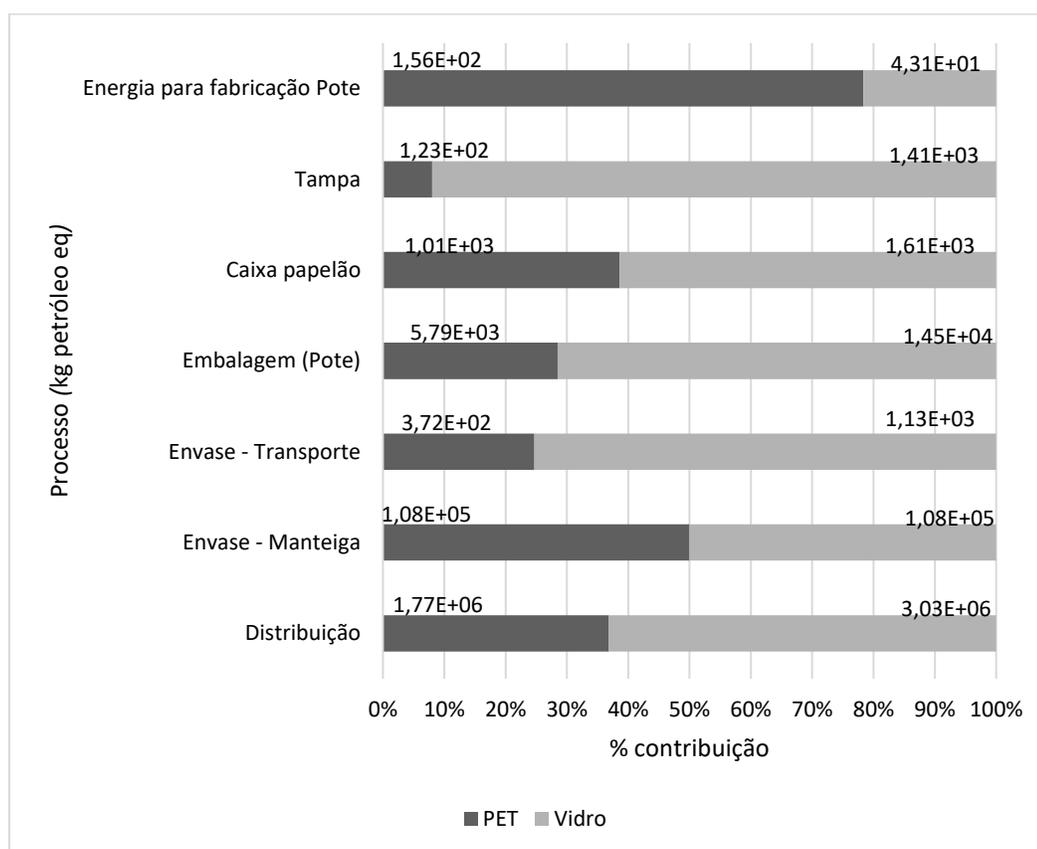


Fonte: Do autor (2021)

Esse impacto superior para o vidro, na categoria depleção fóssil era esperado, como reportado por Stefanini et al (2020). Como pode ser visto na Figura 30, o vidro apresenta uma maior de emissão em todos os processos, o que pode estar relacionado principalmente ao maior consumo de combustível fóssil (diesel) nas etapas de transporte, devido ao maior peso desta embalagem. O único processo em que o PET teve um impacto mais expressivo foi na energia gasta para a produção da embalagem PET, que corresponde cerca de 78% do total contabilizado nos dois sistemas. Esse resultado concorda com a literatura, que conclui que o gasto energético para a fabricação do PET é muito maior que o do vidro, devido à maior quantidade de processos para sua produção e levando em consideração a sua origem fóssil.

Um ponto de atenção é em relação à tampa da embalagem, pode-se observar que a tampa de alumínio apresenta um impacto muito maior em relação a tampa de polipropileno, quase de 90%, que de acordo com estudos de ACV realizados para este material mostram impactos maiores relacionados aos aspectos de recursos naturais, emissão atmosférica e geração de resíduos sólidos, quando comparado ao PET e ao vidro (Valt, 2004).

Figura 30 – Impactos por processo na categoria de Depleção Fóssil



Fonte: Do autor (2021)

Um ponto a ser considerado é a substituição do uso de combustíveis fósseis, como o diesel, por combustíveis de fontes renováveis, pois possuem uma emissão menor de CO<sub>2</sub> e menor uso de recursos fósseis, trazendo mais vantagens para o impacto do produto. Pode ser comparado também outras vias de transportes, como a ferroviária, náutica e aérea.

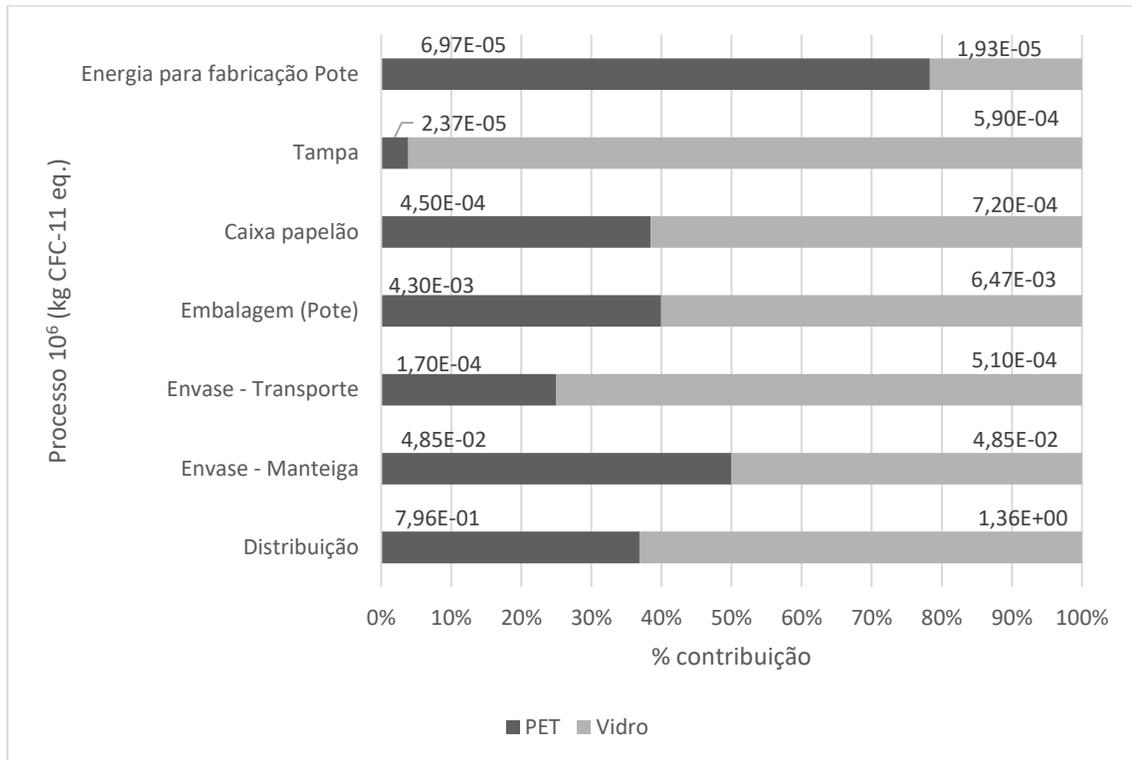
### 4.2.3. Depleção de Ozônio

Esta categoria foi avaliada em termos do indicador de emissões atmosféricas que causam a destruição da camada de ozônio estratosférica, como os gases metano, tetracloro e cloro-fluor-carbonetos (CFC). Como visto na Figura 29, a embalagem de vidro contribui mais para a depleção de ozônio também. Contabilizou-se a emissão de  $1,4 \cdot 10^6$  kg CFC-11 eq. no sistema do vidro, valor 75% superior ao contabilizado no sistema do PET ( $0,8 \cdot 10^6$  kg CFC-11 eq.).

Na Figura 31, mais uma vez se verifica que o sistema de produto do vidro apresenta maior impacto em todas as etapas, exceto na etapa de produção da embalagem PET, que corresponde cerca de 78%. O resultado encontrado concorda com a conclusão de Stefanini et al. (2020) em uma análise bibliográfica sobre o impacto ambiental de garrafas de vidro e PET, incluindo produção, transporte e descarte. Segundo os autores, a garrafa PET reciclada reduz a contribuição para aquecimento global, depleção de ozônio, acidificação terrestre, depleção fóssil, uso de água e toxicidade carcinogênica humana. Em seguida, por ordem decrescida de impactos, a literatura apresenta a garrafa PET seguida pela garrafa de vidro retornável e, por fim, a garrafa de vidro não retornável. Eles atribuíram o alto impacto associado ao vidro à alta demanda de energia na produção da garrafa e seu peso na fase de transporte.

Neste trabalho, o gasto energético para a fabricação do pote PET foi estimado ser maior que o do vidro, contribuindo desta forma para maior impacto na camada de ozônio. Em relação ao gasto para a fabricação das tampas, o maior impacto para a embalagem de vidro deve-se ao fato de que o alumínio apresenta uma maior emissão de gases destruidores da camada de ozônio, principalmente nas etapas de produção de latas e lavagem (Valt, 2004)

Figura 31 - Impactos na categoria de Depleção de Ozônio



Fonte: Do autor (2021)

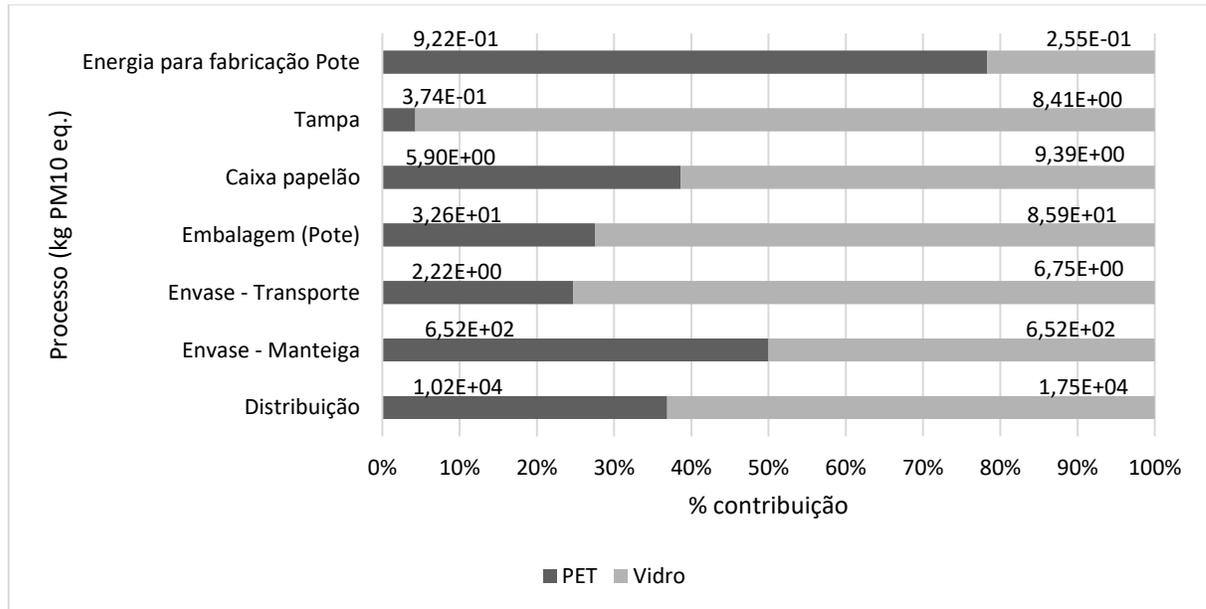
#### 4.2.4. Formação de material particulado

Entre as categorias de impacto avaliadas está a liberação de poluentes atmosféricos na forma de partículas com um diâmetro igual ou inferior  $10 \mu\text{m}$  (PM10), que são inaláveis e podem induzir os efeitos adversos à saúde humana, devido à toxicidade. Essa liberação se deve principalmente à queima de combustíveis fósseis. Na Figura 29, verifica-se que no ciclo da embalagem de PET as emissões nesta categoria ( $1,1 \cdot 10^6$  kg PM10 eq.) correspondem a 61% da emissão contabilizada no ciclo embalagem de vidro ( $1,8 \cdot 10^6$  kg PM10 eq.).

Podemos observar que as embalagens de vidro possuem grande contribuição nesta categoria de impacto. Isto pode ser explicado pela maior queima de combustível fóssil nos processos de transporte, conforme Figura 32. Já para o PET, a maior contribuição está na etapa de energia gasta para a produção da embalagem, como o gasto energético é muito maior, as emissões de materiais particulados oriundas da geração de energia também são maiores, levando em consideração que os dados obtidos para o processo de produção das embalagens foram obtidos da base de dados, assim,

a energia utilizada nesses processos não refletem 100% a realidade brasileira, com matriz energética por hidroelétricas.

Figura 32 - Impactos na categoria de Material Particulado



Fonte: Do autor (2021)

Uma forma de diminuir a emissão desses materiais particulados seria a busca por energias limpas e combustíveis de origem renovável, cuja cadeia de produção e queima liberem menos materiais particulados para a atmosfera.

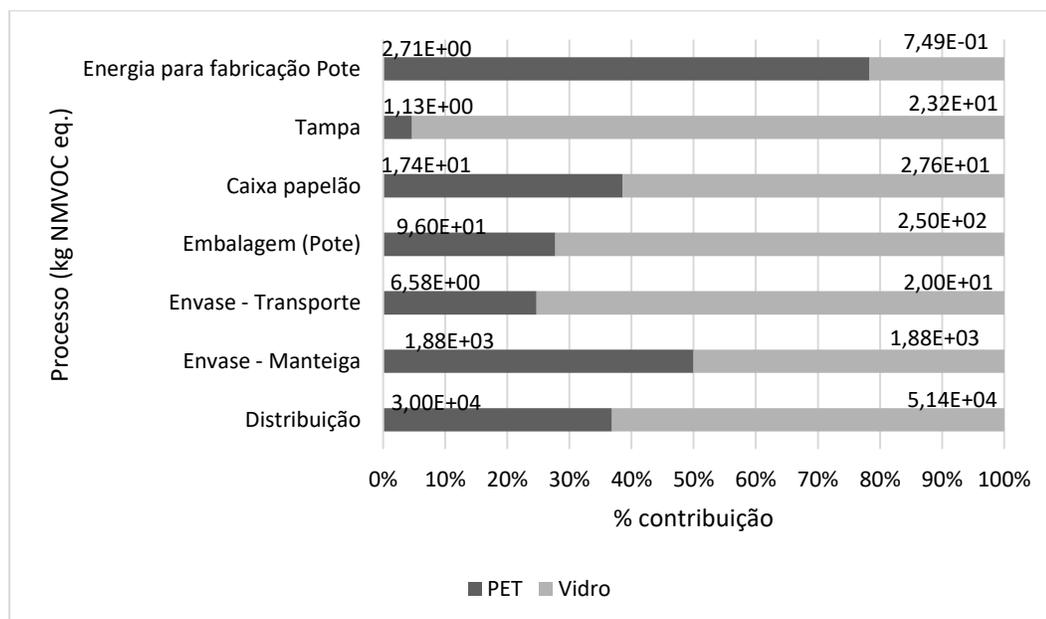
#### 4.2.5. Oxidação Fotoquímica

A fumação (*smog*) fotoquímica é uma evidência da ocorrência presença de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) no ar, os quais sofrem oxidação catalisada pela luz solar na presença de óxidos de nitrogênio (NOx) e formam aerossóis e outros foto-oxidantes como o ozônio troposférico (KUDO, 2014). Nesta categoria avaliaram-se as emissões de poluentes atmosféricos que contribuem para esse fenômeno, como os hidrocarbonetos que são emitidos para a atmosfera, resultantes da não queima do combustível nos processos de transporte ou de COVs na etapa de produção do PET, sendo essas emissões expressas em kg NMVOC eq (compostos orgânicos voláteis não metânicos) (BAIRD; COLIN, 2011). Podemos observar na Figura 29, que a

embalagem de vidro ( $5,4 \cdot 10^4$  kg NMVOC eq) contribui mais para a formação de material particulado, sendo a emissão no ciclo da embalagem de PET ( $3,2 \cdot 10^4$  kg NMVOC eq.) 41% inferior.

No processo de geração de energia na matriz brasileira, há grande emissão de óxidos de nitrogênio (Gonçalves,2016). Ao analisar a Figura 33, pode-se observar que para o processo de fornecimento de energia, impacto de oxidação fotoquímica é maior para embalagem PET, isto pois o mesmo gasta mais energia para sua produção, em comparação ao vidro. Para a produção do alumínio também há uma maior formação de oxidantes fotoquímicos (Gonçalves, 2016), por isso o processo de fabricação das tampas é maior para a embalagem de vidro.

Figura 33 - Impactos na categoria de Oxidação Fotoquímica



Fonte: Do autor (2021)

De acordo com Dhaliwal et al. (2014), através da ACV realizada, verificou-se que o pote de vidro apresenta maior impacto em todas as categorias investigadas dentro das especificações deste trabalho, isto é, refletindo a realidade das indústrias em que foram coletados os dados e das regiões onde elas estão localizadas.

Este resultado da bibliografia de assemelham aos obtidos neste trabalho e pode ser atribuído à quantidade de material de embalagem necessária por quilograma de manteiga Ghee, sendo 7625

e 7320 potes necessários de vidro e PET, respectivamente. Além disso, as distâncias de distribuição são grandes e o peso dos potes de vidro é maior ocasionando maiores impactos de distribuição. Este estudo mostra que um fator a ser considerado na escolha do fornecedor deve ser a distância a ser percorrida da sua planta até o empreendimento, pois esse fator interfere diretamente nas emissões correspondentes, contribuindo em muito para o impacto ambiental do produto.

Deve-se destacar também que não foram avaliadas reutilizações do pote de vidro de maneira que as embalagens são novas e requerem mais recursos naturais. Por ser a embalagem com maior aceitação pelo público da pesquisa de mercado, algumas melhorias poderiam ser avaliadas no sistema de produto do vidro como o vidro retornável através de uma taxa de reutilização. Ao se adicionar a etapa de reutilização das embalagens, poderá ser avaliada a água utilizada para a lavagem antes de sua reutilização, que de acordo com a Valt (2004) é uma etapa que apresenta impacto significativo, visto que o consumo de água chega a ser 5 vezes maior para a produção da embalagem de vidro e com a variação da taxa de reciclagem para ambas as embalagens, apresenta uma redução de consumo para a embalagem PET e aumento de consumo para a embalagem de vidro. Assim, deve ser comparado o impacto de uso da água com o impacto relacionado à extração de recursos naturais no sistema sem reuso e/ou reciclagem.

Vale ainda ressaltar que o resultado da ACV está condicionado aos limites do sistema e às categorias de impacto analisadas. Portanto a expansão dos limites do estudo pode permitir avaliar e afirmar qual embalagem é mais ambientalmente sustentável ou “*Eco-friendly*”. Portanto a incorporação das etapas de reciclagem e de logística reversa ao sistema e a consideração de que muitas embalagens de plástico podem potencialmente ser dispersas nos oceanos constitui uma investigação necessária (Stefanini et al., 2020).

Com relação à metodologia de estudo da Análise do Ciclo de Vida, verificou-se que a coleta de dados é bastante complexa, mas que avanços do uso desta técnica são de extrema importância para entendermos quais são os impactos das embalagens, como diminuí-los e quais de fato são mais sustentáveis. As limitações devido à escolha metodológica do estudo foram: o tempo para realização do trabalho e a capacidade de processamento do computador utilizado, resultando na escolha de limites de sistema menores e menos abrangentes. Devido a limitação na fronteira do sistema, o uso do termo “*eco-friendly*” ficou impossibilitado, conforme a ISO 14040.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho avaliou-se a viabilidade econômica de adicionar uma nova etapa à linha de produção de manteiga comum para produzir manteiga Ghee em uma indústria de laticínios mineira e fez-se uma avaliação de ciclo de vida para selecionar a embalagem do produto com base em critérios ambientais.

De acordo com a pesquisa de mercado fatores como preço, saudabilidade e sustentabilidade foram apontados primordiais na escolha do produto. Assim, o *marketing* de venda da manteiga Ghee deve enfatizar sua pegada ambiental.

A implantação da nova unidade foi considerada economicamente viável com um tempo de retorno do investimento de menos de 1 ano. Além disso, verificou-se que a margem de lucro obtida pelo EVTE é alta, possibilitando um preço competitivo no mercado num primeiro momento, até que essa demanda pela manteiga Ghee aumente significativamente e deixe de competir com o mercado das manteigas de leite.

A comparação do vidro e do PET (polietileno tereftalato) como materiais para compor a embalagem a ser utilizada no envase a quente da manteiga Ghee dentro das especificações e das fronteiras investigadas sugerem que o uso do pote de PET fornece um produto com menor impacto ambiental.

Pela pesquisa de mercado, pôde-se supor que muitas pessoas ainda pensam que o plástico é o vilão dos impactos ambientais, porém depende muito da análise comparativa que é feita e dos limites do sistema analisados. O plástico tem sim grandes impactos por sua origem fóssil e de gastos energéticos na produção da resina PET ou outra. Impactos esses que podem ser minimizados com a reciclagem das embalagens plásticas, assim como as de vidro. Os pontos positivos obtidos para as embalagens de PET são devido a sua resistência e baixa densidade, protegendo os alimentos e sendo leve para os processos de transportes, os quais foram as principais etapas que colaboraram para um maior impacto das embalagens de vidro, nas diversas categorias de impacto analisadas neste trabalho.

Cabe-se então utilizar esses estudos de impactos ambientais, como a ACV para refletir e buscar os pontos dos processos que geram mais impactos, para que eles possam ser otimizados, a fim de gerar cada vez menos impactos ambientais nos ciclos de vida dos produtos, como a reciclagem para ambas as embalagens e o uso de combustíveis mais sustentáveis nos transportes de embalagens de vidro, ou então fornecedores de embalagens mais próximos as fábricas, assim

como os pontos de distribuição. Caso contrário, para distâncias maiores pode ser pensado na troca do material da embalagem ou aumento da taxa de reuso/reciclagem da embalagem, juntamente com uma otimização e reutilização da água que será utilizada para lavagem, porque pode não compensar, em termos de outros impactos ambientais gerados, como o uso de recursos hídricos e geração de efluentes.

Esses estudos se fazem muito necessários, afinal, embalagens são de extrema importância, principalmente para a indústria alimentícia, gerando diminuição de desperdícios de alimentos e alimentos mais seguros o que beneficia a saúde humana.

### **5.1. Sugestões para trabalhos futuros**

Como sugestões para próximos trabalhos, vale citar possibilidades de aprofundamento dos estudos realizados neste trabalho. Em relação à análise econômica, há espaço para pesquisa de integração energética dentro da fábrica, visto que a camisa no tanque agitado a ser adicionado na linha da manteiga, é a vapor. Além disso pode-se fazer uma pesquisa de preço de equipamentos mais aprofundada com base na solicitação de orçamento com especificações técnicas, após realização dos cálculos de projetos de equipamentos.

Em relação à avaliação de ciclo de vida, o estudo pode ser aumentado incluindo a análise de mais sistemas de produtos, com embalagens de alumínio. A análise pode ser refinada aumentando-se os limites do sistema para incluir a reciclagem e obtendo-se dados mais realistas para a abrangência regional, ou mesmo dados primários, do gasto energético e de outros fluxos como como o gasto com água para lavagem das embalagens e das emissões durante toda a cadeia produtiva do PET e do Vidro. Além disso mais categorias de impacto podem ser analisadas, a fim de obter uma classificação de produto mais sustentável. Podem ser analisadas também o efeito do uso de outras fontes de energia, como eólica, nuclear, em comparação com a hidrelétrica utilizada neste trabalho, bem como seus respectivos impactos ao longo do ciclo de vida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPET – Associação Brasileira da indústria do PET. “Panorama do setor”, 2004. Disponível em: < <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=36>> Acesso em: 04/2021.

ABIQUIM – Associação Brasileira das Indústrias Químicas. Os plásticos. (2004). Disponível em: < <https://abiquim.org.br/>> Acesso em 02 abr. 2021.

ABIVIDRO – Associação Brasileira das Indústrias de Vidro. Disponível em: < <https://abividro.org.br/>> Acesso em 02 abr. 2021.

ABNT NBR ISO 14040. Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. 2009.

ABRE - Associação Brasileira de Embalagens – (2014). Estudo macroeconômico da embalagem. São Paulo. Recuperado em 28 de agosto de 2014, de <http://www.abre.org.br/setor/dadosde-mercado/>

ACCORSI, R; Versani, L.; Manzini, R.. Glass vs. Plastic: Life Cycle Assessment of Extra-virgin Olive Oil Bottles across Global Supply Chains – Sustainability, 2015.

Associação Brasileira de Embalagens – ABRE. (2014). Estudo macroeconômico da embalagem. São Paulo. Recuperado em 28 de agosto de 2014, disponível em:< <http://www.abre.org.br/setor/dadosde-mercado/>> Acesso em: 03/04/2021

ANDERS, A. O. Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica - EVTE para implantação de uma agroindústria processadora de amêndoas de cacau no município de medicilância (Pará). [s.l.] Unisul, 2020.

BAIRD, COLIN; MICHAEL, C. Química Ambiental. [Digite o Local da Editora]: Grupo A, 2011. 9788577808519. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577808519/> Acesso em: 20 May 2021

BATTULA, S. N. et al. Ghee, Anhydrous Milk Fat and Butteroil. [2020].

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n° 146, de 07 de março de 1996. “Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos”. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 133, n. 48, p. 22-31, 11 mar. 1996.

Brasil. Resolução RDC n° 259, de 20 de setembro de 2002. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem de alimentos embalados. Diário Oficial da União, Brasília

BRASKEM. Como funciona a ACV. Disponível em: <[bluevisionbraskem.com](http://bluevisionbraskem.com)>. Acesso em: 20 mar. 2020.

Boustead, I. “Plastics and Environment, Radiation Physics and Chemistry”, 1998.

CABRAL, Antonio Carlos Dantas et al. Apostila de embalagem para alimentos. Campinas, 1984. 335 p.

CEMIG – Valores de Tarifas e serviços, 2021. Disponível em:< <https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>> Acesso em: 25, abr, 2021.

COBLI – Blog: VUCs grandes: qual é o melhor para você em 2019?. Abr,2019. Disponível em:< <https://www.cobli.co/blog/qual-melhor-vuc-grande-para-minha-frota/>> Acesso em: 10/02/2021

COSTA, H. G. Ações Ambientais Em Empresas Que Potencializam Sua Ecoeficiência – Uberlândia, MG., 2017

CRESPO MENDES, N.; BUENO, C.; OMETTO, A. R. Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos Palavras-chave. Production, n. x, 2013.

DE, E. M. E. et al. BEBIDAS NO BRASIL. p. 47–54, 2005.

Dhaliwal, H., Browne, M., Flanagan, W., Laurin, L., & Hamilton, M. (2014). A life cycle assessment of packaging options for contrast media delivery: comparing polymer bottle vs. glass bottle. The International Journal of Life Cycle Assessment, 19(12), 1965-1973.

DOS SANTOS, Luciano Miguel Moreira. Avaliação ambiental de processos industriais. Oficina de Textos, 2017.

DUAILIBE, ALESSANDRA; HOFFMANN, S. Minicurso virtual: Avaliação de Ciclo de Vida - conceitos fundamentais e Estudo de caso, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4Rd4RxRBm64>

EM – Embalagem Marca: Embalagens danificadas causam 13% do desperdício de alimentos no varejo, jul, 2016. Disponível em: <https://embalagemmarca.com.br/2016/07/embalagens-danificadas-causam-13-do-desperdicio-de-alimentos-no-varejo/> Acesso em: 03/04/2021.

EMBALEVE – Embalagens de Vidro e Plástico. Distribuidor de Potes, tampas e Garrafas de Vidro. Disponível em: <<https://embaleve.com.br/>> Acesso em: 20/03/2021

ENCICLO. “10 fatos que vão fazer você olhar para o OpenLCA com outros olhos”, 22,ago, 2017. ACV, Gestão Ambiental, Treinamento. Disponível em:< 10 fatos que vão fazer você olhar para o openLCA com outros olhos! - EnCiclo>. Acesso em 23, abr, 2021.

Envidro – Embalagens viabilizando seu sucesso. Disponível em:< <http://www.envidro.com.br/>> Acesso em: 20/03/2021

Fabi, A. Comparação do Consumo de Energia e Emissão de CO2 entre Garrafas de PET e de Vidro, Utilizando Análise Ambiental de Ciclo de Vida – Campinas, SP., 2004.

FERREIRA, José Antônio Stark. Contabilidade de Custos. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

GOMES, José Maria. *Elaboração e Análise de Viabilidade Econômica de Projetos*. São Paulo: Atlas, 2013

GONÇALVES, R. A. *O ciclo de vida do alumínio*. Universidade Tecnológica do Paraná; Cornélio Procopio, 2016.

HOOFF, BART V. *Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y su aplicación en Colombia*. Universidade de Los Andes. Santa Fé de Bogotá. 2000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020), *Projeção da População das Unidades da Federação por Sexo e Idade para o Período 2000 – 2030*. Coordenação de População e Indicadores Sociais do IBGE, Brasília, DF

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Inflação, 2021*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>. Acesso em: 24 de abr. 2021.

IBT PLÁSTICOS. *Injeção por Sopro*. Disponível em: <<http://www.ibtplasticos.ind.br/injecao-por-sopro>>.

IEA – International Energy Agency - *CO2 Emissions from Fuel Combustion*. Disponível em: <<https://www.iea.org/regions/central-south-america>> Acesso em: 01/05/2021

INDUSTRIAL, D. R. *As Principais tendências de consumo de alimentos e bebidas para 2020*. Disponível em: <<https://www.duasrodas.com/blog/tendencias/as-principais-tendencias-de-consumo-de-alimentos-e-bebidas-para-2020/>>. Acesso em: 3 abr. 2020.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (1997) *Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public>.

Joint Research Centre – JRC. (2011). *Recommendations based on existing environmental impact assessment models and factors for life cycle assessment in European context*. (ILCD Handbook).

Kudo, S., Tanimoto, H., Inomata, S., Saito, S., Pan, X., Kanaya, Y., ... & Yamaji, K. (2014). *Emissions of nonmethane volatile organic compounds from open crop residue burning in the Yangtze River Delta region, China*. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119(12), 7684-7698.

Landim, A. P. M., Bernardo, C. O., Martins, I. B. A., Francisco, M. R., Santos, M. B., & Melo, N. R. D. (2016). *Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil*. *Polímeros*, 26(SPE), 82-92.

LELAND BLANK, P. E.; ANTHONY TARQUIN, P. E. *Engineering economy. methods*, v. 1, n. 2, p. 4, 2012.

MANCINI, S. D. *Reciclagem de Resíduos*. Programa de Pós graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Anais...UNESP - Universidade Estadual Paulista, 2019

MANZINI, E., e Vezzoli, C. (2008). O desenvolvimento de produtos sustentáveis. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo

MARTINS, L. S. A. et al. Elaboração e avaliação físico-química e sensorial da manteiga de leite e da manteiga clarificada produzidas a partir do leite de vacas Girolando. Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, v. 1, n. 48, p. 62, 2020.

MATTOS, L. B. R. (2011) A importância do setor de transporte na emissão de gases do efeito estufa – O caso do município do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

MCTI. BRASIL. Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis: Abordagem Top-Down. Relatórios de Referência: Setor Energia. 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCTI, 2010.

MILKPOINT. Ghee: O ouro da culinária indiana permanece em expansão no mercado de produtos lácteos, 2020. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/artigos/industria-de-laticinios/ghee-o-ouro-da-culinaria-indiana-permanece-em-expansao-no-mercado-de-produtos-lacteos-220474/>> Acesso em: 09 de abril de 2020.

MILKPOINT. Manteiga Ghee: Tecnologia e aspectos nutricionais, 2021. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/colunas/thermaufv/manteiga-ghee-tecnologia-e-aspectos-nutricionais-224983/>> Acesso em: 25 de abril de 2020.

MORTENSEN, B. K. Butter and Other Milk Fat Products | Anhydrous Milk Fat/Butter Oil and Ghee. In: FUQUAY, J. W. (org.). Encyclopedia of Dairy Sciences. 2nd. ed. Amsterdam: Elsevier, 2011. p. 515-521.

NIGRI, E. M.; ROMEIRO FILHO, E.; ROCHA, S. D. F. Cimento tipo Portland: Uma aplicação da análise do ciclo de vida simplificada. In: encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 29., 2009, Salvador, BA, Brasil. Anais Salvador, BA, 2009.

NZB – Embalagens – Soluções em embalagens e caixas de papelão. Disponível em:<<https://www.nzbembalagens.com.br/caixas-de-papelão>> Acesso em: 02/04/2021

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Caminhões são maiores emissores de carbono no setor de energia.[2018] Disponível em: <<https://www.oc.eco.br/caminhoes-sao-maiores-emissores-de-carbono-no-setor-de-energia/>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

Owens-Illinois: O-I elabora estudo sobre ciclo de vida das embalagens de vidro. Vidrado, jun,2011. Disponível em:< <https://vidrado.com/noticias/meio-ambiente/o-i-elabora-estudo-sobre-ciclo-de-vida-das-embalagens-de-vidro/>> Acesso em: 12/02/2021

PERLINGEIRO, Carlos Augusto G. Engenharia de processos: análise, simulação, otimização e síntese de processos químicos. Editora Blucher, 2005.

REDE GLOBO. Manteiga Ghee. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/presidente-prudente-regiao/blog/nutricao-pratica/post/manteiga-ghee.html>>. Acesso em: 21 fev. 2021.

RIISPOA, BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Disponível em: < [http://abrafrigo.com.br/wp-content/uploads/2017/01/Decreto-n%C2%BA-9.013\\_29\\_03\\_17\\_NOVO-REGULAMENTO-RIISPOA.pdf](http://abrafrigo.com.br/wp-content/uploads/2017/01/Decreto-n%C2%BA-9.013_29_03_17_NOVO-REGULAMENTO-RIISPOA.pdf)> Acesso em: 27, abr, 2021.

SANTOS, B. C. M. DOS. Análise Do Ciclo De Vida Da. VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão, n. Lci, p. 21, 2011.

SEBRAE – 5 Tendências no mercado de alimentação saudável. Disponível em: < <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/valorizeoportunonegocio/conteudos/5-tendencias-no-mercado-de-alimentacao-saudavel,c5cf103bc7d1b610VgnVCM1000004c00210aRCRD>> Acesso em: 05/04/2021

SILVA, F. T. Manual de Produção de Manteiga. Programa de Difusão de Tecnologias Agroindustriais Alimentares do Nordeste, Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, p. 17, 1996.

SIQUEIRA, K. B. O consumo de lácteos na pandemia. CILeite, 2020. Disponível em: <[https://www.cileite.com.br/especial\\_coronavirus\\_pesquisa\\_consumo](https://www.cileite.com.br/especial_coronavirus_pesquisa_consumo)> Acesso: 06/05/2021>

SIRACUSA, V., Rosa, M.D., Romani, S., Rocculi, P., e Tylewicz, U. (2011). Life Cycle Assessment of multilayer polymer film used on food packaging field. *Procedia Food Science*, 1, 235-239.

Stefanini, R., Borghesi, G., Ronzano, A., & Vignali, G. (2020). Plastic or glass: a new environmental assessment with a marine litter indicator for the comparison of pasteurized milk bottles. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1-18.

SurveyMonkey – Plataforma de Questionários: calculadora simples de tamanho amostral. Disponível em: < <https://pt.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>> Acesso em: 03/04/2021

TURTON, R. Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes. fifth edit ed. [s.l.] Pearson Education, 2018.

VALT, R. B. G. Análise do Ciclo de Vida de Embalagens de PET, de Alumínio e de Vidro para Refrigerantes no Brasil, variando a taxa de reciclagem dos materiais. [s.l.] Universidade Federal do Paraná, 2004.

Vazzoler, Alex. Introdução ao estudo de viabilidades técnicas e econômicas de processos químicos: Estimativas de custo para projetos conceituais e anteprojetos – Campinas, SP., 2017.

VICENTE, Marcos. Principal base de dados internacional de ACV é atualizada e resultados espelham melhor as realidades da agropecuária brasileira. Notícias EMBRAPA, 11, out, 2019. Seção: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/47228056/principal-base-de-dados-internacional-de-acv-e-atualizada-e-resultados-espelham-melhor-as-realidades-da-agropecuaria-brasileira>> Acesso em: 20, abr, 2021.

## APÊNDICE 1

### Entrevista com responsável pelo laticínio:

Questionário com responsável pelo laticínio	
Interesse pelo produto	Agregar valor ao produto manteiga (já produzido). A Ghee é uma manteiga considerada sem lactose (dentro da porcentagem aceitável), percebeu alta demanda pelo público, principalmente de produtos considerados sem lactose. Produto Gourmet é vendido nos empórios, onde possui um público direcionado (sabe o que quer comprar). Além disso, produtos com o selo (Eu reciclo) possui preferência de compra pelo consumidor
Legislações e regulamentos (Vigilância Sanitária)	Selo SIF / SIM / SIE (pelo IMA) / Eu reciclo /
Embalagens que podem ser utilizadas	Vidro ou PET tipo "hot filled" por não conferirem gosto e nem cheiro para o produto. Além disso suportam o envase a quente.
Quais os equipamentos compõem a sua linha de produção da manteiga	1) Maturador 2) Batedeira 3) Mesa de manipulação 4) Dosador
Fornecedores de embalagens	PET: em Santa Catarina (1000km) Vidro: Curitiba (530 km)
Características da embalagem:	PET: peso 27g Vidro: tipo Andino (Nadir Figueiredo) - peso 203g
Preço do Leite	varia. Aproximadamente 2 reais a cada 1000 L. O preço da manteiga é calculado multiplicando um fator de 4,85 no preço do leite
Conversão de leite em manteiga e em Ghee	1000L de manteiga produzem cerca de 38 kg de creme de leite e 9,7 Kg de manteiga. Sendo que 200g de manteiga comum fornecem cerca de 150 gramas de Ghee. A densidade da Ghee é de aproximadamente 0,919355 g/ml.
Volume de produção aproximado	Potes de doce de leite: 2500/semana Manteiga comum: 2800/semana
Cidades para distribuição:	São Caetano do sul / Santo André / São Bernardo do Campo / Diadema / Mauá / Ribeirão Pires / Barueri / Santana do Paraíba / Cotia / São Paulo.

*Fonte: Do autor (2021)*

## APÊNDICE 2

## Formulário utilizado para pesquisa de mercado:

26/04/2021

Interesse em novos produtos lacteos - Formulários Google



Interesse em novos produtos lacteos

Perguntas Respostas 86

Seção 1 de 6

## Interesse em novos produtos



Olá!

Meu nome é Laura!

Estou realizando meu trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química na Universidade Federal de Lavras.

Fico muito feliz com seu interesse em responder e colaborar com esta pesquisa!

Qual a sua idade? \*

- menor de 18
- entre 18 e 24
- entre 25 e 30
- entre 30 e 40
- mais de 40

Onde você mora? \*

- Acre
- Alagoas
- Amapá

<https://docs.google.com/forms/d/1iRzInocNixell83WsM9NBSob8QoOsi7QxAqpaG-3ww/edit>

1/7

26/04/2021

Interesse em novos produtos lacteos - Formulários Google

- Bahia
- Ceará
- Distrito Federal
- Espírito Santo
- Goiás
- Maranhão
- Mato Grosso
- Mato Grosso do Sul
- Minas Gerais
- Pará
- Paraíba
- Pernambuco
- Piauí
- Rio de Janeiro
- Rio Grande do Norte
- Rio Grande do Sul
- Rondônia
- Roraima
- Santa Catarina
- São Paulo



26/04/2021

Interesse em novos produtos lacteos - Formulários Google

 Tocantins Outros...

Qual cidade? \*

Texto de resposta curta

Após a seção 1 Continuar para a próxima seção

Seção 2 de 6

## Título da seção (opcional)

Descrição (opcional)

Com que frequência você consome manteiga? \*

- nunca (não consumo)
- raramente (menos de 1 vez na semana)
- Pouco (pelo menos 1 vez na semana)
- as vezes (2 a 3 vezes por semana)
- frequentemente (quase todos os dias)
- sempre (todos os dias)

Após a seção 2 Ir para a seção 6 (MUITO OBRIGADO (A)!)



26/04/2021

Interesse em novos produtos lacteos - Formulários Google

Seção 3 de 6

## Gostaríamos de entender mais sobre você



Descrição (opcional)

Porque você não consome produtos do tipo manteiga?

Texto de resposta longa

Caso fosse uma manteiga artesanal e sem lactose, você teria interesse? \*

- Sim
- Não
- Talvez

Com que frequência você consumiria? \*

- nunca (não consumiria)
- raramente (pelo menos 1 vez no mês)
- as vezes (1 vez por semana)
- frequentemente (mais de 1 vez por semana)
- diariamente

Após a seção 3 Ir para a seção 5 (Escolha do produto e embalagem)



26/04/2021

Interesse em novos produtos lacteos - Formulários Google

## Gostaríamos de saber mais sobre seu consumo de produtos lácteos

Descrição (opcional)

Quais os fatores que você leva em consideração na escolha de uma manteiga? \*

- Preço
- Selos de certificação
- Produto Gourmet
- Restrição alimentar (ex: s/lactose, redução calórica)
- Impacto ambiental do produto
- Produto artesanal

Qual a faixa de preço de manteiga artesanal você considera ideal? \*

- menos de 5 reais
- de 5 a 10 reais
- de 10 a 15 reais
- de 15 a 20 reais
- mais de 20 reais

Qual seu volume estimado de consumo? (levando em consideração que uma embalagem \*



26/04/2021

Interesse em novos produtos lacteos - Formulários Google

200g por mês

- 200g a 500g por mês
- 500g a 1Kg por mês
- mais de 1 Kg por mês

Após a seção 4 Ir para a seção 5 (Escolha do produto e embalagem) ▼

Seção 5 de 6

## Escolha do produto e embalagem



Descrição (opcional)

Na hora de escolher um novo produto no mercado, quais os beneficios você considera mais importante? \*

	Pouco importante	Indiferente	Muito importante
Saúde	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estética do produto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Embalagem utilizada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Impacto Ambiental	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Preço	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Pensando em uma manteiga artesanal, sem lactose e gourmet, que tipo de embalagem você acha mais adequada? \*



<https://docs.google.com/forms/d/1iRzInocNixell83WsM9NBSob8QoOsi7QxAqpaG-3ww/edit>

6/7

26/04/2021

Interesse em novos produtos lacteos - Formulários Google

- Plástico tipo pet
- Lata
- Outros...

Caso tenha escolhido outro tipo de embalagem, qual você sugere ser mais adequado?

Texto de resposta curta

Você leva fatores como impacto daquele produto para o meio ambiente na hora da compra? \*

- Sim independente do preço
- As vezes. Depende do preço
- Não levo em consideração

Após a seção 5 Ir para a seção 6 (MUITO OBRIGADO (A)!) ▼

Seção 6 de 6

## MUITO OBRIGADO (A)!



Agradecemos por ter reservado um pouquinho do seu tempo para responder nossa pesquisa e colaborar com nosso trabalho.

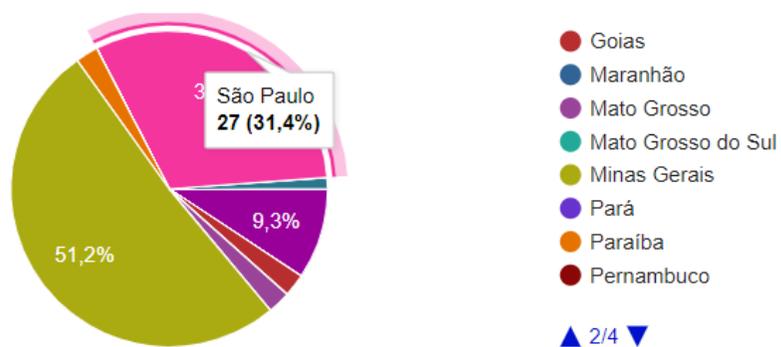


Demais respostas obtidas com o formulário:

Figura 34 – Regiões abrangidas pela pesquisa de mercado

Onde você mora?

86 respostas

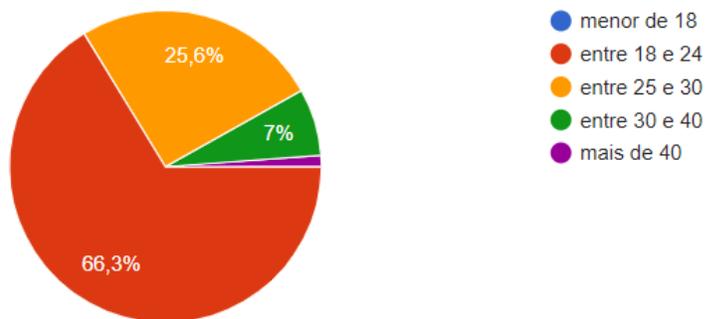


Fonte: Do autor (2021)

Figura 35 - Faixa etária da pesquisa de mercado

Qual a sua idade?

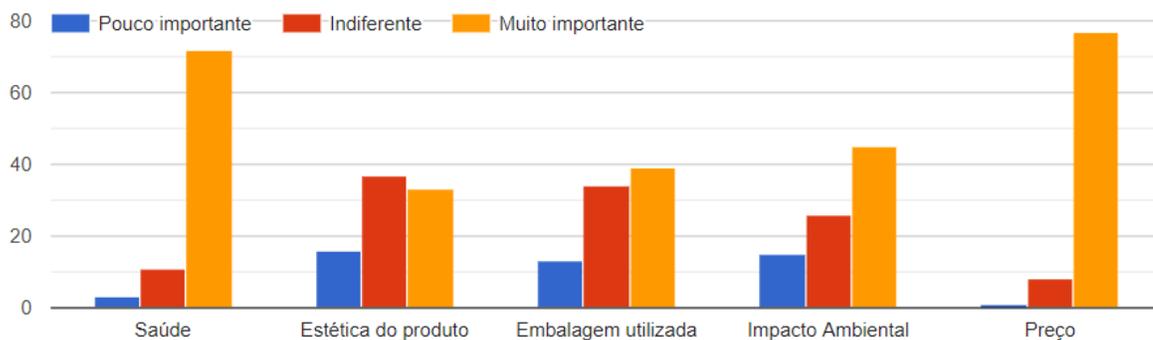
86 respostas



Fonte: Do autor (2021)

Figura 36 - Benefícios levados em consideração para escolha de um novo produto

Na hora de escolher um novo produto no mercado, quais os benefícios você considera mais importante?

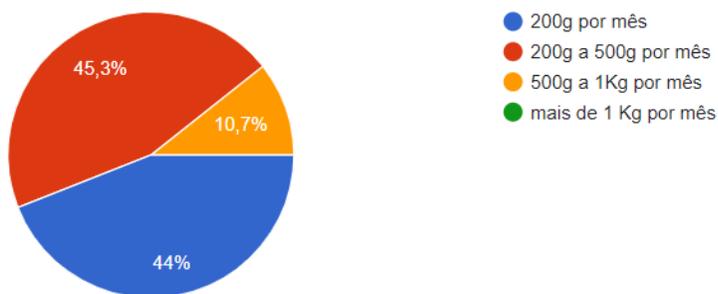


Fonte: Do autor (2021)

Figura 37 - Volume estimado de consumo para o novo produto

Qual seu volume estimado de consumo? (levando em consideração que uma embalagem comum pequena tem 200g e uma grande 500g)

75 respostas



Fonte: Do autor (2021)

### APÊNDICE 3

#### Pesquisa preços concorrentes.

Pesquisa de mercado Manteiga Ghee em Lojas de São Paulo-SP						
MARCA	PESO	Unida de	MATERIAL EMBALAGEM	PREÇO UNIT.	PREÇO /g	LOJA
Madhu Bakery	180	g	plástico	R\$ 22,90	0,1272	carrefour
Damodara	280	g	plástico	R\$ 26,90	0,0961	casa dos cereais
Damodara	640	g	plástico	R\$ 56,00	0,0875	casa dos cereais
queijos dom afonso	2000	g	plástico	R\$ 150,00	0,0750	carrefour
Madhu Bakery	150	g	vidro	R\$ 18,50	0,1233	bela cerealista
Madhu Bakery	300	g	vidro	R\$ 33,90	0,1130	carrefour
Banni Veg	200	g	vidro	R\$ 20,70	0,1035	americanas
Banni Veg	200	g	vidro	R\$ 29,90	0,1495	carrefour
Benni	500	g	vidro	R\$ 59,90	0,1198	carrefour
Lotus	500	g	vidro	R\$ 53,00	0,1060	americanas
Lotus	200	g	vidro	R\$ 29,90	0,1495	zona cerealista
queijos dom afonso	190	g	vidro	R\$ 27,90	0,1468	americanas
Gheeme more	200	g	vidro	R\$ 23,65	0,1183	carrefour
yamina	150	g	vidro	R\$ 18,90	0,1260	carrefour
Prananda	300	g	vidro	R\$ 41,99	0,1400	mercado livre
Shambala	200	g	vidro	R\$ 29,02	0,1451	carrefour
bem natural	240	g	vidro	R\$ 23,90	0,0996	estação dos grãos
Ghee Banqueteria	200	g	vidro	R\$ 36,90	0,1845	marche
média de preços	Plástico		0,1097	reais / g	R\$ 26,33	240 g
	Vidro		0,1229	reais / g	R\$ 27,04	220 g

Fonte: Do autor (2021)

## APÊNDICE 4

### Dados para cálculo EVTE

- a. Dados calculados com base nas informações fornecidas pelo laticínio com base na unidade funcional

Dados e Informações Gerais		
Peso manteiga comum produzido	2240,0000	kg
Peso manteiga Ghee produzida	1680,0000	kg
Densidade Ghee	0,919355	(g/ml) (Kg/L)
UF em volume (Ghee produzida)	1827,3681	L
Arredondamento de produção	1830,0000	L
Arredondamento de produção	1682,42	Kg
Potes por caixa	48	un.
Nro potes manteiga leite/semana	2800	200g cada
Peso produzido/mês	2240	kg
Qtd manteiga/1000 litros de leite	9,7	kg
Preço 1000 litros leite	R\$ 2,00	
Preço manteiga (por kg)	R\$ 1,00	4,85·preço 1000l de leite
Custo de manteiga/mês	R\$ 2.240,00	

*Fonte: Do autor (2021)*

## b. Planilha de cálculos EVTE

Figura 38 - Imagem da Planilha de cálculos do EVTE

Ano	Receita (R\$)	Cprod	Lucro Bruto (LB)	Depreciação (D)	Lucro Tributável (LA)	Tributação	Lucro Líquido (LL)	Fluxo Caixa (FC)	FC acu	Fo acu_desc
0	R\$ 153.720,00		R\$ 139.485,30	R\$ 1258,38	R\$ 138.226,92	R\$ 44.232,62	R\$ 93.994,31	R\$ 93.994,31	R\$ 29.446,05	R\$ 29.446,05
1	R\$ 153.720,00	R\$ 14.234,70	R\$ 139.485,30	R\$ 1258,38	R\$ 138.226,92	R\$ 44.232,62	R\$ 93.994,31	R\$ 95.252,68	R\$ 66.806,64	R\$ 59.144,62
2	R\$ 153.720,00	R\$ 14.234,70	R\$ 139.485,30	R\$ 1258,38	R\$ 138.226,92	R\$ 44.232,62	R\$ 93.994,31	R\$ 95.252,68	R\$ 161.059,32	R\$ 141.539,22
3	R\$ 153.720,00	R\$ 14.234,70	R\$ 139.485,30	R\$ 1258,38	R\$ 138.226,92	R\$ 44.232,62	R\$ 93.994,31	R\$ 95.252,68	R\$ 256.312,01	R\$ 218.171,09
4	R\$ 153.720,00	R\$ 14.234,70	R\$ 139.485,30	R\$ 1258,38	R\$ 138.226,92	R\$ 44.232,62	R\$ 93.994,31	R\$ 95.252,68	R\$ 351.564,69	R\$ 289.443,30
5	R\$ 153.720,00	R\$ 14.234,70	R\$ 139.485,30	R\$ 1258,38	R\$ 138.226,92	R\$ 44.232,62	R\$ 93.994,31	R\$ 95.252,68	R\$ 446.817,38	R\$ 355.730,69
6	R\$ 153.720,00	R\$ 14.234,70	R\$ 139.485,30	R\$ 1258,38	R\$ 138.226,92	R\$ 44.232,62	R\$ 93.994,31	R\$ 95.252,68	R\$ 542.070,06	R\$ 417.381,91
7	R\$ 153.720,00	R\$ 14.234,70	R\$ 139.485,30	R\$ 1258,38	R\$ 138.226,92	R\$ 44.232,62	R\$ 93.994,31	R\$ 95.252,68	R\$ 637.322,75	R\$ 474.721,22
8	R\$ 153.720,00	R\$ 14.234,70	R\$ 139.485,30	R\$ 1258,38	R\$ 138.226,92	R\$ 44.232,62	R\$ 93.994,31	R\$ 95.252,68	R\$ 732.575,43	R\$ 528.050,19
9	R\$ 153.720,00	R\$ 14.234,70	R\$ 139.485,30	R\$ 1258,38	R\$ 138.226,92	R\$ 44.232,62	R\$ 93.994,31	R\$ 95.252,68	R\$ 827.828,12	R\$ 577.649,30
10	R\$ 153.720,00	R\$ 14.234,70	R\$ 139.485,30	R\$ 1258,38	R\$ 138.226,92	R\$ 44.232,62	R\$ 93.994,31	R\$ 95.252,68	R\$ 923.080,80	R\$ 623.779,43
Investimento Novo	R\$ 29.446,05									7,52%
Equipamentos	\$ 12.583,78									
Empréstimo	R\$ -									
Desembolso	R\$ 29.446,05									
Start up	R\$ 1.766,76									
Capital de Giro	R\$ 4.416,91									
Tributação	32%									
Anos	10									
Equipamentos	\$ 12.583,78									
Valor residual	\$ -									
Depreciação Linear	10	anos								
Produção	7320	potes								
Manteiga Ghee										
Preço de venda	R\$ 21,00	reais								
Preço leite	R\$ 2,00	1000L								
Qty manteiga prod.	9,7	Kg / 1000L								
Preço manteiga	R\$ 1,00	por kg de								
Custo manteiga	R\$ 2.240,00	2240 kg								
Custo embalagem 1	R\$ 10.980,00	7320 potes PET								
Custo embalagem 2	R\$ 887,40	153 caixas papelão								
Custo energia	R\$ 127,30									
Cprod	R\$ 14.234,70									
Cprod/pote	R\$ 1,94	custo/pote								

TIR	323,48%	4 meses
Payback desc.	0,33	
VPL	8%	R\$ 623.779,43
	10%	R\$ 555.840,47
	12%	R\$ 508.752,87
Lucratividade	61%	
Rentabilidade	319%	

Fonte: Do autor (2021)

## c. Dados calculados para Inventário de Ciclo de Vida e Fluxo de caixa

Dados e Informações		
conversão manteiga s/ sal em Ghee	0,7500	
	PET	Vidro
Volume embalagem (L)	0,2500	0,2400
Nro de embalagens totais	7320	7625
Nro caixas necessárias	153	159
Peso 1 embalagem (Kg)	0,0270	0,2030
Peso Tampa (kg)	0,0057	0,0090
Peso embalagem com tampa (kg)	0,0327	0,2120
Peso total embalagens vazias(kg)	239,3640	1616,5000
Peso 1 caixa vazia (kg) (PET:15x51x37)(Vidro:40x30x30)	0,3800	0,5800
Peso total das caixas (kg)	57,9500	92,1354
Peso Caixa + embalagem (kg)	297,3140	1708,6354
Peso manteiga Ghee (1un)	0,2298	0,2206
Peso total da manteiga ghee (kg)	1682,4197	1682,4197
Peso total 1 caixa pós envase (kg)	12,9819	21,3470
Peso total produto (kg) (caixa+pote+manteiga)	1979,7337	3391,0551

*Fonte: Do autor (2021)*

## APÊNDICE 5

### Dados do inventário

#### a. Tabela com dados sobre transporte

Transportes								
Função	De	Para	Distancia (km)	veículo	Conversão	consumo (l)	Total (l)	Total (kg)
Distribuição	Guaranésia (SP)	Santana da Paraíba (SP)	280	VUC		1736,448	<b>2383,895</b>	<b>2033,46247</b>
	Santana da Paraíba (SP)	Barueri (SP)	12,7	VUC		78,76032		
	Barueri (SP)	São Paulo (SP)	31,2	VUC		193,48992		
	São Paulo (SP)	Caetano do Sul (SP)	13,5	VUC		83,7216		
	são Caetano do Sul (SP)	Diadema (SP)	13,1	VUC	6,2016	81,24096		
	Diadema (SP)	São Bernardo do Campo (SP)	7,3	VUC		45,27168		
	São Bernardo do Campo (SP)	Santo André (SP)	4,8	VUC		29,76768		
	Santo André (SP)	Mauá (SP)	12,9	VUC		80,00064		
Mauá (SP)	Ribeirão Pires (SP)	8,9	VUC		55,19424			
Distribuidor embalagem Vidro	Curitiba (PR)	Guaranésia (MG)	530	VUC	6,2016	<b>3286,848</b>	<b>2803,6813</b>	
Distribuidor embalagem PET	(SC)	Guaranésia (MG)	1000	VUC	6,2016	<b>6201,6</b>	<b>2803,6813</b>	

Densidade Diesel	0,853	kg/L
------------------	-------	------

*Fonte: Do autor (2021)*

Tabela com Valores dos Fluxos dos processos

<b>Embalagem</b>	<b>Processo Origem (saída)</b>	<b>Fluxo entrada</b>	<b>Processo destino (entrada)</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
PET	Produção de polietileno tereftalato granulado	Polietileno Tereftalato granulado (forma garrafa)	Produção Embalagem PET	197,640	kg
PET	produção de polipropileno granulado	Polipropileno granulado (tampa)	Produção Embalagem PET	41,724	kg
PET	Produção energia elétrica (Hidroelétrica - região tropical)	Eletricidade alta voltagem	Produção Embalagem PET	1248,060	kwh
PET	Produção caixa papelão	Caixa de papelão (P)	Produção Embalagem PET	57,950	kg
PET	Produção Embalagem PET	Embalagem PET	Envase	297,314	kg
PET	Produção de manteiga do leite de vaca	Manteiga (P)	Envase	1682,420	kg
PET	Transporte Lorry (3.5-7.5 metros/ton)	Transporte para laticínio (P)	Envase	297314,000	kg·km
PET	Envase	Produto PET	Distribuição PET	1979,734	kg
PET	Transporte Lorry (3.5-7.5 metros/ton)	Transporte Distribuição PET	Distribuição PET	761010,000	kg·km
PET	Distribuição PET	Manteiga Ghee p/ Venda (P)	-	1979,734	kg
Vidro	Produção de embalagem de vidro branco	Embalagem Vidro Branca	Produção Embalagem Vidro	1547,875	kg
Vidro	Produção alumínio primário	Lingote de alumínio (tampa)	Produção Embalagem Vidro	68,625	kg
Vidro	Produção energia elétrica (Hidroelétrica - região tropical)	Eletricidade alta voltagem	Produção Embalagem Vidro	345,535	kwh
Vidro	Produção caixa papelão	Caixa de papelão (V)	Produção Embalagem Vidro	92,135	kg
Vidro	Produção Embalagem Vidro	Embalagem Vidro	Envase	1708,635	kg
Vidro	Produção de manteiga do leite de vaca	Manteiga (V)	Envase	1682,420	kg
Vidro	Transporte Lorry (3.5-7.5 metros/ton)	Transporte para laticínio (V)	Envase	905579,200	kg·km

Continua

Continuação					
Vidro	Envase	Produto Vidro	Distribuição Vidro	3391,055	kg
Vidro	Transporte caminhão (3,5-7,5 metros/ton)	Transporte Distribuição Vidro	Distribuição Vidro	1303523,464	kg·km
Vidro	Distribuição Vidro	Manteiga Ghee p/ Venda (V)	-	3391,055	kg

*Fonte: Do autor (2021)*

Na Figura 40 é mostrada uma imagem representativa da página do software onde são inseridos esses dados. Podemos observar que para o processo de Produção da embalagem PET são adicionados como fluxo de entrada: Polietileno Tereftalato granulado para garrafas/potes, caixa de papelão, material para tampa do pote em polipropileno e energia para a produção de embalagem.

Figura 39 - Página para adição dos fluxos de entradas e saídas do processo Embalagem PET.

P Entradas/Saídas: Produção Embalagem PET									
Entradas									
Fluxo	Categoria	Quantidade	Unidade	Custos / re...	Incerteza	Avoided w...	Provedor p...	Entrada de ...	Descrição
F <sub>pe</sub> corrugated board box	170:Manufacture of pap...	57.95000	kg		none		P corrug...		
F <sub>pe</sub> electricity, high voltage	351:Electric power gener...	1198.02000	kWh		none		P electric...		
F <sub>pe</sub> F(3a) - polyethylene terephthala...	201:Manufacture of basi...	197.64000	kg		none		P polyeth...		
F <sub>pe</sub> polypropylene, granulate	201:Manufacture of basi...	41.72400	kg		none		P polypr...		
Saídas									
Fluxo	Categoria	Quantidade	Unidade	Custos / re...	Incerteza	Produto de...	Provedor p...	Entrada de ...	Descrição
F <sub>pe</sub> Embalagem PET - BR-MG	TCC	297.31400	kg		none				

Informações gerais | Entradas/Saídas | Informações administrativas | Modelagem e validação | Parâmetros | Alocação | Aspectos sociais | Análise de impactos

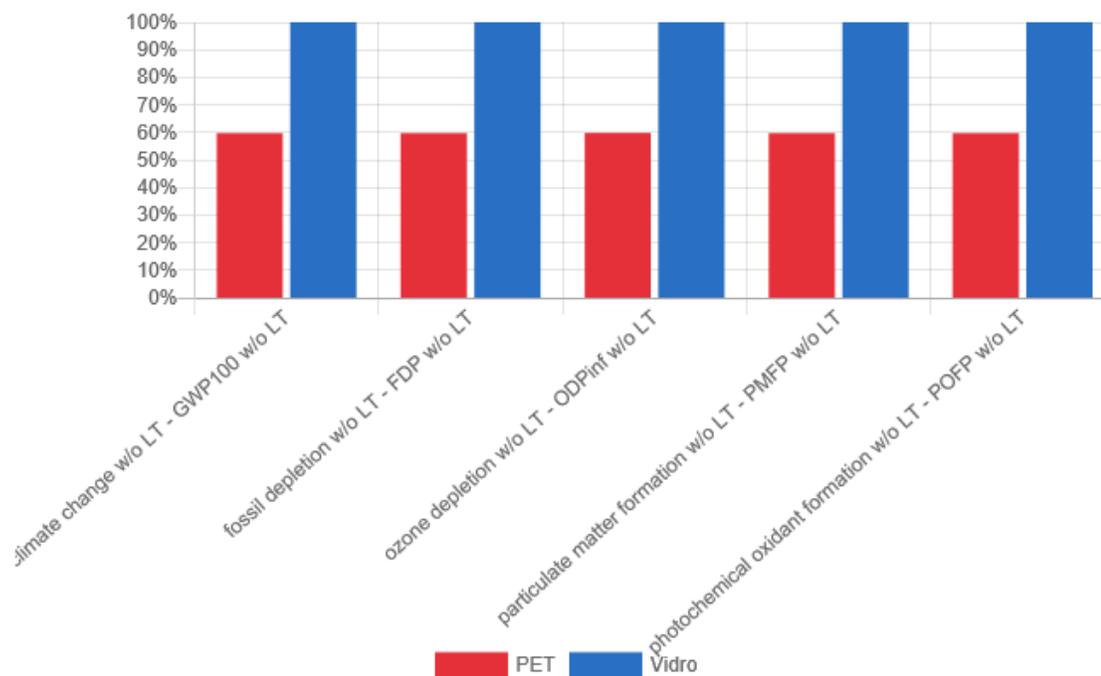
*Fonte: Do autor (2021)*

## Resultados obtidos no Software OpenLCA

Impacto	PET	Vidro
Mudança Climática (kg CO <sub>2</sub> -eq)	$5,21 \cdot 10^6$	$8,72 \cdot 10^6$
Depressão fóssil (kg oleo-Eq)	$1,89 \cdot 10^6$	$3,16 \cdot 10^6$
Depleção Ozônio (kg CFC-11-Eq)	$8,50 \cdot 10^{-1}$	$1,42 \cdot 10^0$
Formação de material particulado (kg PM <sub>10</sub> -Eq)	$1,09 \cdot 10^4$	$1,82 \cdot 10^4$
Oxidação fotoquímica (kg NMVOC)	$3,20 \cdot 10^4$	$5,36 \cdot 10^4$

*Fonte: Do autor (2021)*

Figura 40 - Gráfico comparativo dos impactos para as duas embalagens - gerado pelo *Software OpenLCA*



*Fonte: Do autor (2021)*