



AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE UM PRATO PRONTO DE COMIDA

Patricia Oliveira Kaufmann

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientadores:

Alessandra Magrini
Heloisa Teixeira Firmo

Rio de Janeiro
Dezembro de 2018

Kaufmann, Patricia Oliveira

Avaliação Do Ciclo De Vida De Um Prato Pronto de
Comida / Patricia Oliveira Kaufmann – Rio de Janeiro: UFRJ/
Escola Politécnica, 2018.

XII, 63 p.:il.; 29,7 cm

Orientadores: Alessandra Magrini e Heloisa Teixeira
Firmo

Projeto de Graduação – UFRJ/ POLI/ Curso de
Engenharia Ambiental, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 37-39.

1. Avaliação do Ciclo de Vida. 2. Prato Pronto.
3. Tratamento de Preservação. 4. Impactos Ambientais.

I. Magrini, Alessandra.; II. Firmo, Heloisa Teixeira III.
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica,
Curso de Engenharia Ambiental; IV. Título.

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, aos meus pais, Marta e Selmo, por todo apoio, incentivo e amor durante todos esses anos. Vocês me ajudaram desde o início da minha vida e continuaram me auxiliando durante todos esses anos de desafios, incertezas e crescimento. Sem vocês, eu nunca conseguiria ter chegado até aqui. Também quero agradecer à minha avó de coração, minha tia Neuza. Você é, com certeza, minha fã número 1 e todas as suas palavras de carinho e motivação me fortaleceram durante toda minha caminhada. Também agradeço à toda minha família pelo apoio e por sempre acreditarem em mim.

Quero agradecer às minhas orientadoras, Alessandra Magrini e Heloisa Firmo, por toda a ajuda e suporte e pela paciência durante este tempo de final de faculdade. Também quero agradecer aos professores do meu curso que muito me ensinaram e me motivaram. Gostaria de agradecer, em especial, ao Professor Ricardo Naveiro, por ter me permitido fazer o intercâmbio em uma das melhores universidades francesas e também por toda a sua ajuda durante este período.

Agradeço também aos professores e responsáveis da Université de Technologie de Troyes (UTT), onde fiz intercâmbio. Fui muito bem recebida e aprendi muito, tanto com as matérias e com o estilo de vida francês.

Agradeço a todos os meus amigos também. Meus amigos da Engenharia Ambiental, que enfrentaram junto comigo os diversos prazeres e dificuldades do curso e da faculdade. Foi um longo percurso. Aos meus amigos das outras Engenharias que também fizeram parte da minha história e que sempre me apoiaram. Agradeço também às minhas amigas de escola que sempre estiveram presentes e me ajudaram muito. Também a todos os meus amigos, que não fazem parte de um grupo específico, mas que foram igualmente importante na minha caminhada até aqui.

Agradeço à Elen Pacheco por ter aceitado participar da minha banca e também por toda ajuda fornecida, desde o início da faculdade.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE UM PRATO PRONTO DE COMIDA

Patricia Oliveira Kaufmann

Dezembro/2018

Orientadores: Alessandra Magrini e Heloisa Teixeira Firmo

Curso: Engenharia Ambiental

A segurança alimentar e os impactos ambientais são temas de grande relevância atualmente. Assim, no âmbito europeu, surgiu a necessidade de quantificar os impactos ambientais que um prato pronto de comida pode causar. O produto escolhido foi o prato pronto de ervilha com presunto e o país, em estudo, foi a Espanha, pois era o local da indústria fornecedora dos dados. O objetivo do presente trabalho é avaliar as etapas do ciclo de vida de um prato pronto de comida. Para isso, foi escolhido o método de Análise do Ciclo de Vida (ACV), seguindo as recomendações das ISO 14040 e 14044. A fronteira do sistema inclui desde a extração de matéria-prima até o fim de vida do produto. As etapas contemplam desde a recepção dos ingredientes, a embalagem, o tratamento térmico de conservação, armazenamento na fábrica, centro de distribuição, varejista, consumidor e o fim de vida. O método de cálculo escolhido foi o ReCiPe para a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV), onde suas 18 categorias de impactos foram analisadas. Os resultados mostram que a fase do ciclo de vida com maior impacto é a matéria-prima, onde está incluída a recepção dos ingredientes na fábrica e o seu transporte. Além disso, a outra etapa com grande contribuição é a cadeia de produção, onde estão incluídas todas as fases do produto na fábrica. Para finalizar, três análises de sensibilidade foram feitas ao final para determinar o impacto que mudanças no ciclo de vida poderiam ter no resultado geral da análise.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida; Prato Pronto; Tratamento de Conservação; Impactos Ambientais.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF A READY-TO-EAT MEAL

Patricia Oliveira Kaufmann

December/2018

Advisors: Alessandra Magrini e Heloisa Teixeira Firmo

Course: Environmental Engineering

Food safety and environmental impacts are the most relevant issues today. Thus, in the framework of Europe, there was a need to quantify the environmental impacts of a ready-to-eat meal could have. The entire supply chain of this product has been evaluated. The product chosen was the ready-to-eat meal of peas with ham and the country, in study, was Spain, because it was the place of the industry providing the data. The goal was then to evaluate the life cycle stages of this product with the greatest contribution to these potential impacts. For this, the Life Cycle Analysis (LCA) method was chosen, following the recommendations of ISO 14040 and 14044. The system boundary includes from the extraction of raw material to the end of life of the meal. The stages included are the reception of ingredients, packaging, thermal preservation treatment, storage at the factory, distribution centre, retailer, consumer and end of life. The impact assessment method chosen was the ReCiPe for the Life Cycle Impact Assessment (LCIA), where its 18 categories of impact were analyzed, and the results show that the life cycle phase with the greatest impact is the raw material, which includes the reception of the ingredients in the plant and their transportation. In addition, it also shows that another stage with great contribution is the chain of production, where all the phases inside the factory are included. To conclude, three sensitivity analyzes were conducted at the end to determine the impact that changes in the life cycle assessment could have on the overall outcome of the analysis.

Keywords: Life Cycle Assessment; Ready-to-eat meal; Preservation treatment; Environmental Impacts.

Sumário

1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica	6
2.1. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)	6
2.2. Etapas da ACV	8
2.3. Softwares	11
2.4. Comparação da literatura	12
3. Estudo de Caso: ACV de um prato pronto.....	15
3.1. Definição de objetivo e escopo	15
3.1.1. Unidade Funcional e Fluxo de Referência.....	15
3.1.2. Fronteira do Sistema.....	15
3.1.3. Coleta de Dados e Avaliação da Qualidade	17
3.1.4. Alocação e Limites do Estudo.....	18
3.2. Análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV).....	18
3.2.1. Matéria-prima.....	19
3.2.2. Cadeia de Produção	20
3.2.3. Centro de Distribuição	27
3.2.4. Consumidor e o Fim de Vida do produto	28
3.3. Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)	31
3.4. Interpretação e Análise de Sensibilidade.....	33
3.4.1. Análise de Sensibilidade do Azeite	38
3.4.2. Análise de Sensibilidade do Transporte do Consumidor	39
3.4.3. Análise de Sensibilidade do Dataset de Todos os Transportes	41
4. Conclusões e Recomendações.....	43
Referencias Bibliográficas.....	46
Anexo I – Tabela Completa para o prato pronto.....	50
Anexo II – Tabela completa para máquina térmica.....	56
Anexo III – Resultados (caracterização e normalização).....	57

Anexo IV – Caracterização dos resultados, em percentagem, por estágio do ciclo de vida 62

MATÉRIA-PRIMA.....	62
CADEIA DE PRODUÇÃO.....	64
CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO E CONSUMIDOR.....	73
CONSUMIDOR.....	75
FIM-DE-VIDA	77

Lista de Figuras

<i>Figura 1: Estrutura utilizada neste trabalho</i>	5
<i>Figura 2: Fases de uma ACV.</i>	8
<i>Figura 3: Procedimento simplificado para análise de inventário.</i>	10
<i>Figura 4: Fronteiras do sistema do prato pronto.</i>	17
<i>Figura 5: Estrutura geral do método ReCiPe.</i>	32
<i>Figura 6: Resultados da caracterização em porcentagem da produção de um prato pronto por ano</i>	34
<i>Figura 7: Comparação entre o estudo de caso e a primeira análise de sensibilidade (azeite)</i>	39
<i>Figura 8: Comparação entre o estudo de caso e a segunda análise de sensibilidade (a pé)</i>	40
<i>Figura 9: Comparação entre o estudo de caso e a terceira análise de sensibilidade (conjuntos de dados de transporte)</i>	41
<i>Figura 10: Resultados da caracterização para o estágio “Recepção dos ingredientes” (UF : 1kg)</i>	62
<i>Figura 11: Resultados da caracterização para o estágio “Cadeia de produção” (UF : 1kg)</i>	64
<i>Figura 12: Resultados da caracterização para o estágio “Embalagem” (UF : 202g)</i>	67
<i>Figura 13: Resultados da caracterização para o estágio “Tratamento de preservação” (UF : 1kg)</i>	69
<i>Figura 14: Resultados da caracterização para o estágio “Máquina térmica” (UF : 2,8t)</i>	71
<i>Figura 15: Resultados da caracterização para os estágios “Centro de distribuição”, “Varejista” e “Consumidor” (UF : 1kg)</i>	73
<i>Figura 16: Resultados da caracterização para o estágio “Consumidor” (UF : 1kg)</i>	75
<i>Figura 17: Resultados da caracterização para o estágio “Fim de vida” (UF : 203g)</i>	77

Lista de Tabelas

<i>Tabela 1: Inventário dos ingredientes.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 2: Inventário do azeite (UF: 1L).....</i>	<i>20</i>
<i>Tabela 3: Inventário das entradas de produção de um prato pronto em um ano de produção.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabela 4: Inventário dos produtos de limpeza.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 5: Inventário da gestão de resíduos da produção do prato pronto.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 6: Inventário para as águas residuais da fábrica para 1 kg de prato pronto.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabela 7: Inventário das embalagens utilizados para embalar 1kg de prato pronto.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabela 8: Inventário do tratamento de preservação (térmico) para 1kg de prato pronto.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabela 9: Inventário do processo de resfriamento para a produção de prato pronto em um ano.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabela 10: Inventário do produto de limpeza usado na máquina térmica para a produção de prato pronto em um ano.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabela 11: Inventário da fabricação e do transporte da máquina térmica.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 12: Inventário do fim de vida da máquina térmica.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 13: Cálculo da quantidade de autoclave no ciclo de vida do prato pronto.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 14: Inventário do centro de distribuição.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 15: Inventário do varejista.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 16: Inventário da casa do consumidor.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 17: Inventário do fim de vida do prato pronto (incluindo a embalagem).....</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 18: Categorias de impacto do ReCIPE Midpoint (H) w/o LT.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 19: Tabela completa com todos os dados do prato pronto.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 20: Tabela completa para a máquina térmica.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 21: Resultados de caracterização, em porcentagem.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 22: Resultados da caracterização.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 23: Resultados normalizados.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 24: Resultados da caracterização, em porcentagem, para o estágio “Recepção dos ingredientes”.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabela 25: Resultados da caracterização, em porcentagem, para o estágio “Cadeira de produção”.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 26: Resultados da caracterização, em porcentagem, para o estágio “Embalagem”.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 27: Resultados da caracterização, em porcentagem, para o estágio “Tratamento de preservação”.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabela 28: Resultados da caracterização, em porcentagem, para o estágio “Máquina térmica”.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 29: Resultados da caracterização, em porcentagem, para os estágios “Centro de distribuição”, “Varejista” e “Consumidor”.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabela 30: Resultados da caracterização, em porcentagem, para o estágio “Consumidor”.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabela 31: Resultados da caracterização, em porcentagem, para o estágio “Fim de vida”.....</i>	<i>78</i>

Lista de Siglas

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AICV	Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida
ASCV	Avaliação Social do Ciclo de Vida
CCV	Custeio do Ciclo de Vida
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONMETRO	Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
DCB	Diclorobenzeno
Eq	Equivalente
GEE	Gases do Efeito Estufa
HAP	Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
ISO	Organização Internacional para Padronização
UF	Unidade Funcional

1. Introdução

O setor de alimentos, e em particular o de pratos prontos, está em constante desenvolvimento. A principal demanda hoje em dia são produtos alimentícios que sejam seguros e que tenham características nutritivas e sensoriais melhores e uma maior vida útil. Assim, a fim de melhorar a segurança e qualidade alimentar microbiana, sem comprometer as características sensoriais, nutricionais e funcionais dos alimentos, muitos pesquisadores têm se interessado em melhorar as tecnologias existentes e em desenvolver novos métodos de preservação de alimentos. Portanto, após anos de investigação, técnicas alternativas de inativação de alimentos surgiram e estão sendo consideradas alternativas promissoras ao processo tradicional de preservação, como a pasteurização térmica, a esterilização, entre outras [1].

No entanto, esta não é a única preocupação na indústria alimentar. A cadeia agroalimentar é considerada uma área prioritária devido à grande contribuição dos produtos do setor de bebidas e de alimentos para muitos impactos ambientais. Tem sido relatado que a parte agrícola é geralmente a principal responsável pela maioria dos impactos potenciais [2-4]. Por isso, é importante aumentar a conscientização dos consumidores para tomar uma decisão ecológica e ética ao selecionar seus produtos alimentícios, especialmente devido ao fato de que a produção sustentável de alimentos é um dos maiores desafios do século XXI.

A agricultura enfrenta muitos desafios neste século. Uma das mais importantes é a necessidade de reduzir a quantidade de impactos causados principalmente pela produção de ração, o uso de fertilizantes, entre outros. A necessidade de uma agricultura menos impactante tornou-se uma demanda universal. Existem algumas práticas recomendadas para serem usadas hoje em dia, como por exemplo utilizar uma variedade de cultivos, rotação de colheita ou proteção de solo, melhores sistemas de irrigação, etc. Na indústria alimentícia de pratos prontos, também é importante considerar os custos ambientais mais elevados da produção de carne em comparação com a produção de legumes.

Na indústria de pratos prontos, os métodos de preservação dos alimentos mais utilizados são as técnicas térmicas tradicionais, como a esterilização. Isto é devido à sua eficácia e segurança alimentar. Estes tipos de tratamento baseiam-se na transferência indireta de calor para o produto por condução e por convecção,

utilizando vapor ou água quente gerada externamente pela combustão de combustíveis fósseis [1]. Este processo pode levar a perdas de calor através das superfícies das máquinas, má eficiência energética devido à condução lenta de calor, e danos térmicos devido ao superaquecimento. Além do consumo substancial de recursos naturais, o método de preservação térmica pode causar a perda de vitaminas e compostos aromatizantes voláteis e também uma desnaturação proteica indesejável, o que pode levar à redução da qualidade do alimento e, finalmente, diminuir a eficiência da cadeia alimentar.

De acordo com a pesquisa realizada pela Brasil Food Trends 2020 [5], foram identificadas as mais recentes exigências e tendências dos consumidores mundiais. Estas foram divididas em cinco grandes categorias: 1. Sensorialidade e Prazer; 2. Saudabilidade e Bem-estar; 3. Conveniência e Praticidade; 4. Confiabilidade e Qualidade; 5. Sustentabilidade e Ética. Está inserido na terceira categoria o consumo de comidas prontas, semiprontas e congeladas, que está em crescente demanda devido ao ritmo cada vez mais intenso de vida nos centros urbanos.

Este mesmo estudo mostra que, no Brasil, três das cinco tendências globais são encontradas aqui, são elas: Conveniência e Praticidade; Confiabilidade e Qualidade; Sensorialidade e Prazer. O resultado da pesquisa mostra que a primeira tendência representa o maior segmento do País, com 34% dos consumidores brasileiros de alimentos, que se divide igualmente entre as Classes AB e C. Esta tendência de mercado tende a crescer cada vez mais visto que a população urbana apenas aumenta em comparação com a população rural.

O setor de alimentos está também cada vez mais preocupado com a qualidade dos produtos, mas também com os aspectos ambientais. Os produtores de alimentos estão prestando mais atenção aos encargos ambientais que seus produtos podem causar. A cadeia alimentar está sendo analisada para identificar as etapas mais impactantes.

MOTIVAÇÃO (JUSTIFICATIVA)

Este trabalho foi concebido durante o estágio realizado no intercâmbio, na França, na Université de Technologie de Troyes (UTT) entre 2014 e 2016. O objetivo do estágio era fazer uma análise dos principais impactos causados por um prato pronto, típico produzido e consumido na Espanha, e determinar os pontos mais críticos de toda cadeia produtiva. Apesar do intercâmbio ter ocorrido na França, a empresa que

forneceu os dados do prato era espanhola. Por isso, foi necessário adaptar o estudo para a realidade local do fornecedor.

Com o presente trabalho pretende-se contribuir para que iniciativas semelhantes sejam feitas em relação a área de alimentos no Brasil. Já existem alguns artigos sobre a avaliação do ciclo de vida de diversos alimentos aqui, mas ainda são necessários mais para se ter uma melhor comparação entre os produtos e seus impactos, além de criar uma base de dados brasileira mais completa.

OBJETIVOS

Neste contexto, o objetivo geral do presente trabalho consiste em realizar uma avaliação de ciclo de vida de um prato pronto de comida com o intuito de analisar os impactos ambientais de toda a sua cadeia produtiva, desde a extração da matéria-prima até o final de vida do produto, incluindo a sua fabricação. Assim, será possível verificar as etapas que mais contribuem para os diferentes impactos e quais os impactos mais significativos do produto.

METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo da ACV de um prato pronto, foi feito um Estudo de Caso de um Prato Pronto definido pela empresa como: ervilha, presunto, cenoura, azeite e sal, prato pronto típico na Espanha. A empresa que forneceu os dados para que fosse feita a análise completa do ciclo de vida do produto era espanhola, por isso este país ficou como base para o estudo de caso. Além disso, a empresa também foi a responsável pela escolha do prato, pois representa um prato típico local e também por ser simples, com poucos ingredientes.

Do ponto de vista metodológico, foi realizada a ACV seguindo as etapas das ISOs 14040 [6] e 14044 [7]. Como base, foram usados dados primários coletados durante o estágio, mas também dados secundários extraídos de banco de dados para complementar. A ISO 14040 [6] tem como objetivo dentro da gestão ambiental, explicar a estrutura e os princípios da avaliação do ciclo de vida. Enquanto a ISO 14044 [7] visa mostrar os requisitos e orientações desta ferramenta, também no contexto da gestão ambiental. Para efetuar essa ACV, utilizou-se o software

SIMAPRO, um dos mais usados no mercado, por ser de fácil utilização e bem completo em termos de base de dados. [8]

ESTRUTURA DO TRABALHO

Após a presente Introdução, o capítulo 2 busca fazer uma revisão bibliográfica das avaliações do ciclo de vida de produtos alimentícios, apresenta o conceito e um histórico sobre a ferramenta, além de explicar a metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida de uma forma mais detalhada. Em seguida, o capítulo 3 apresenta o estudo de caso do presente trabalho. Cada uma das fases da ACV, conforme são descritas nas ISOs 14040 [6] e 14044 [7], é explicada e em seguida relacionada com o prato pronto do estudo. Neste capítulo, está incluído o Inventário do Ciclo de Vida, onde são definidos todos os processos pelos quais o prato pronto passa e todos os dados utilizados. Este subcapítulo vai desde a matéria-prima até o fim de vida do produto. Em seguida, demonstra-se a Análise de Sensibilidade, onde foram realizadas três simulações diferentes para verificar se a mudança de um fator da análise original modificaria o resultado final e qual seria essa modificação. Foram feitas três análises: a primeira compara o uso de dados primários e um dado já existente no banco de dados; a segunda buscou comparar o transporte usado pelo consumidor final na compra do produto em questão, na primeira hipótese é usado o carro e na segunda o consumidor iria a pé; a terceira análise compara o dado de transporte do banco de dados como um todo, se o uso de um dado diferente alteraria no resultado final. Para finalizar, o capítulo 4 apresenta as Conclusões e Recomendações deste trabalho. Após as Referências Bibliográficas, foram acrescentados quatro Anexos, onde os dois primeiros apresentam as tabelas completas com todos os dados usados e as suas quantidades. O Anexo III mostra as tabelas com os resultados de todas as etapas do ciclo de vida para cada uma das categorias de impactos. O Anexo IV apresenta os gráficos com todos os resultados em porcentagem da categorias de impacto por etapa do ciclo de vida.

A Figura 1 descreve a estrutura usada neste trabalho. A primeira etapa consiste em compreender o setor de alimentos, mas principalmente o de pratos prontos. Seu objetivo é entender como este setor funciona e verificar as diferentes ACV já feitas. Esta etapa é importante, pois fornece uma contextualização do setor alimentício e

uma introdução ao produto em estudo, além de fazer uma comparação da literatura. Em seguida, a etapa 2 é a aplicação da metodologia ACV, o próprio estudo de caso. O objetivo desta fase é avaliar os impactos ambientais potenciais e as etapas mais relevantes do prato pronto em estudo. É nesta etapa que é feita a modelagem dos dados de entrada e saída do sistema, usando o software SIMAPRO, e o método ReCiPe é usado para a AICV. Assim, é possível identificar as etapas do ciclo de vida que causam os maiores impactos potenciais. A terceira etapa é a conclusão. O objetivo é fornecer conclusões e recomendações para futuros trabalhos, para isso é necessário interpretar os resultados obtidos nas etapas anteriores.

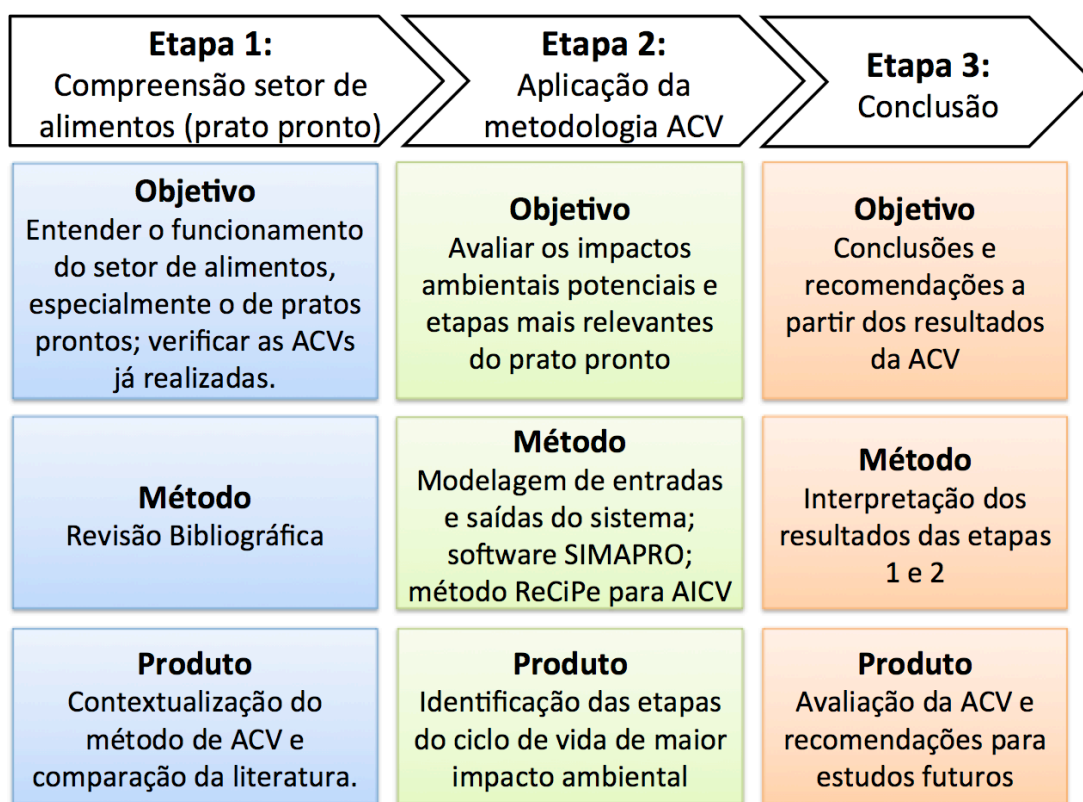


Figura 1. Estrutura utilizada neste trabalho
Fonte: Elaboração própria (2018)

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

No início da década de 60, devido a uma crescente preocupação com a escassez de matérias-primas e recursos energéticos, buscou-se várias formas de mapear e quantificar o gasto de recursos naturais. Foram realizados diversos estudos detalhados que envolveram o esgotamento de recursos naturais e as mudanças climáticas causadas pelo crescimento populacional e o consequente aumento do consumo, estimando assim custos e implicações ambientais de fontes alternativas de energia. Foi nesse ambiente que surgiu a análise do ciclo de vida (ACV). [9]

Assim, na década de 80, a Comunidade Econômica Europeia criou normas, o que fez com que empresas de embalagens de alimento monitorassem o consumo de matérias-primas, energia e geração de resíduos durante a produção. Então, a metodologia criada anteriormente, intitulada REPA (Resource and Environmental Profile Analysis), que objetivava quantificar o uso de recursos naturais e a geração de resíduos e emissões durante o ciclo de vida de uma garrafa de vidro retornável e uma de plástico, foi estudada novamente e aprimorada para poder fornecer uma análise mais completa dos impactos ambientais. Neste estudo, introduziu-se um método que se baseia em normas de legislação, o que permitiu o acréscimo de dados normalizados de emissões para o ar e para a água.

Diversos trabalhos e fóruns são divulgados e realizados, na década de 90 pela Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). Isso muito contribuiu para o crescimento das atividades da ACV nos EUA e na Europa. Além disso, esta também teve como maior contribuição a padronização da ACV, que serviu de orientação para trabalhos de normatização internacional da International Organization for Standardization (ISO). Esta originou parte da série de normas ISO 14.000 que são relativas à ACV. A ISO publicou, em 2006, a segunda edição das normas de ACV. A ISO 14040, que é intitulada Environmental Management: Life-cycle Assessment –

Principles and Framework; e, a ISO 14044, intitulada Environmental Management: Life-cycle Assessment – Requirements and Guidelines.

No Brasil, essas normas são representadas pelas seguintes normas correspondentes ABNT NBR ISO 14.040:2009 e ABNT NBR ISO 14.044:2009. Também aqui os trabalhos sobre ACV são mais recentes. Em 2002, foi criada a Associação Brasileira do Ciclo de Vida (ABCV) para divulgação e desenvolvimento e uso desta ferramenta no país e também para a criação de um inventário nacional.

Originalmente, o método de ACV foi desenvolvido para ajudar a quantificar as pressões ambientais e os impactos relacionados a elas, estudando os recursos naturais extraídos e as emissões relacionadas a um produto durante todo o seu ciclo de vida. O poder da ACV se encontra em cinco princípios fundamentais: uma extensa gama de problemas ambientais integrada em um quadro de avaliação; estes problemas são observados de forma científica e quantitativa, devido ao inventário dos usos de recursos e das emissões; os impactos potenciais e a pressão ambiental estão relacionados a um sistema específico; a ACV resolve a questão de tratar um problema ambiental por vez, porque ela integra todo o uso de recursos e as emissões durante o ciclo de vida integral de um produto; por fim, ajuda a comparar o desempenho ambiental de diferentes produtos e, em seguida, encontra áreas para melhorar [10].

De acordo com a ISO 14040 [6], o estudo da ACV está dividido em quatro etapas: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação, como mostrado na figura 2. A primeira parte representa o início do estudo, onde os objetivos e a unidade funcional são escolhidos, bem como as fronteiras do sistema são definidas. A próxima etapa é a coleta de dados. Depois de todas as entradas e saídas serem medidas, um método de cálculo precisa ser escolhido junto com as categorias de impacto mais relevantes relacionadas ao produto em estudo. Para a última etapa, uma interpretação transparente dos resultados precisa ser conduzida, levando em conta todas as premissas feitas durante a análise.

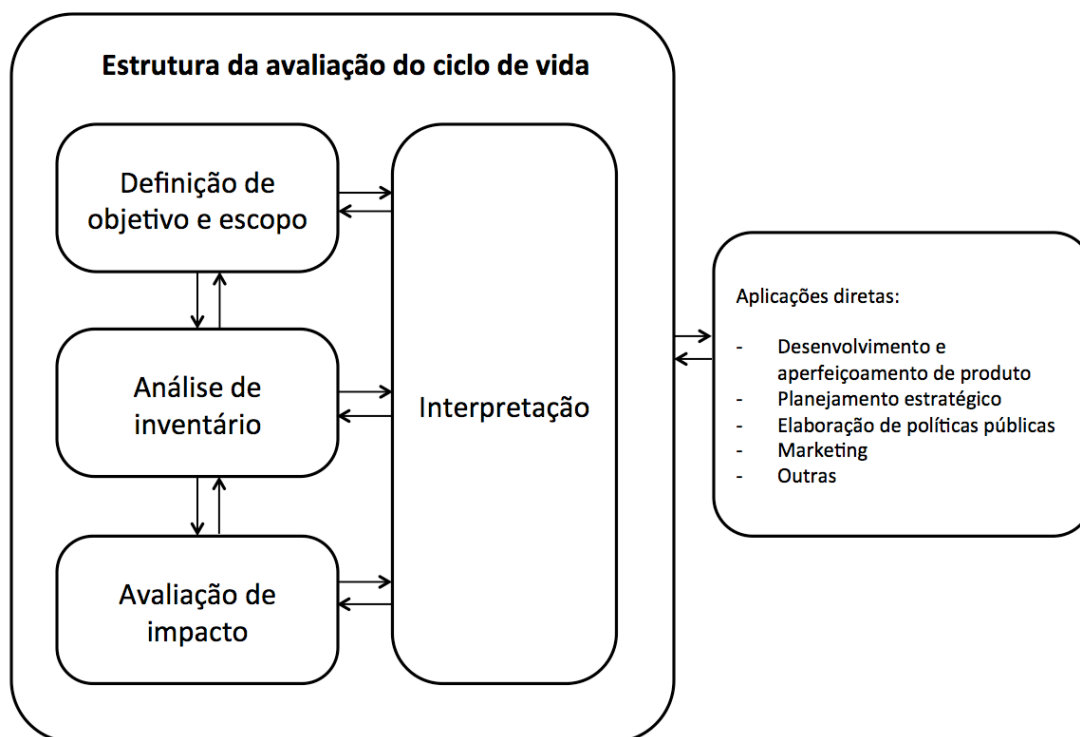


Figura 2: Fases de uma ACV.
Fonte: ABNT (2009)

Este projeto de graduação segue as recomendações da ISO 14040 [6] e ISO 14044 [7] sobre a ACV. No próximo item, as quatro etapas serão explicadas de forma mais detalhada. Assim, no próximo capítulo, essas etapas serão definidas de acordo com o estudo de caso.

2.2. Etapas da ACV

A primeira etapa da Avaliação do Ciclo de Vida é a definição de objetivo e escopo. Assim que os objetivos do estudo são determinados, é necessário detalhar seu escopo. Este compreende os seguintes itens: unidade funcional (UF) e fluxo de referência, fronteira do sistema, requisitos de qualidade dos dados, categorias de impactos e metodologia de avaliação de impactos, procedimentos de alocação e limitações do sistema.

Segundo a ISO 14040 [6], a unidade funcional é a unidade referencial definida que permite a comparação entre diferentes produtos, um dos seus objetivos é fornecer

uma referência para os dados de entrada e saída quando normatizados, isto é, padronizados. O fluxo de referência deve ser determinado, pois cada sistema de produto deve satisfazer uma função determinada de forma que seja possível comparar sistemas.

A fronteira do sistema determina quais processos elementares estão incluídos no estudo, esta deve ser consistente com o objetivo da análise. Assim, a exclusão de certos estágios do ciclo de vida, de processos, de entradas ou saídas não devem causar uma mudança significativa na conclusão geral do estudo. Muitas vezes, a fronteira é redefinida posteriormente, conforme o estudo vai sendo refinado.

Os requisitos de qualidade dos dados explicitam, de forma geral, as características dos dados utilizados no estudo. Devem abranger: cobertura temporal (idade dos dados e período de coleta), cobertura geográfica (área geográfica onde os dados devem ser coletados), cobertura tecnológica (tecnologia específica ou conjunto de tecnologia), precisão (é a variância dos dados, isto é, a medida de variabilidade dos valores dos dados), completeza (porcentagem dos fluxos que é estimada ou medida), representatividade (avaliação qualitativa do conjunto de dados), consistência (avaliação qualitativa da aplicação da metodologia), reprodutibilidade (avaliação qualitativa da metodologia e valores dos dados para uma futura reprodução do estudo), fontes dos dados e incerteza da informação.

A segunda etapa da ACV é a Análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV), que consiste em quantificar as entradas e saídas relevantes do sistema em estudo, além da coleta de dados. Este é um processo iterativo, que pode requerer mudanças no objetivo ou no escopo do estudo. Os passos operacionais desta etapa definidos pela ISO 14044 [7] são mostrados na figura 3 abaixo.

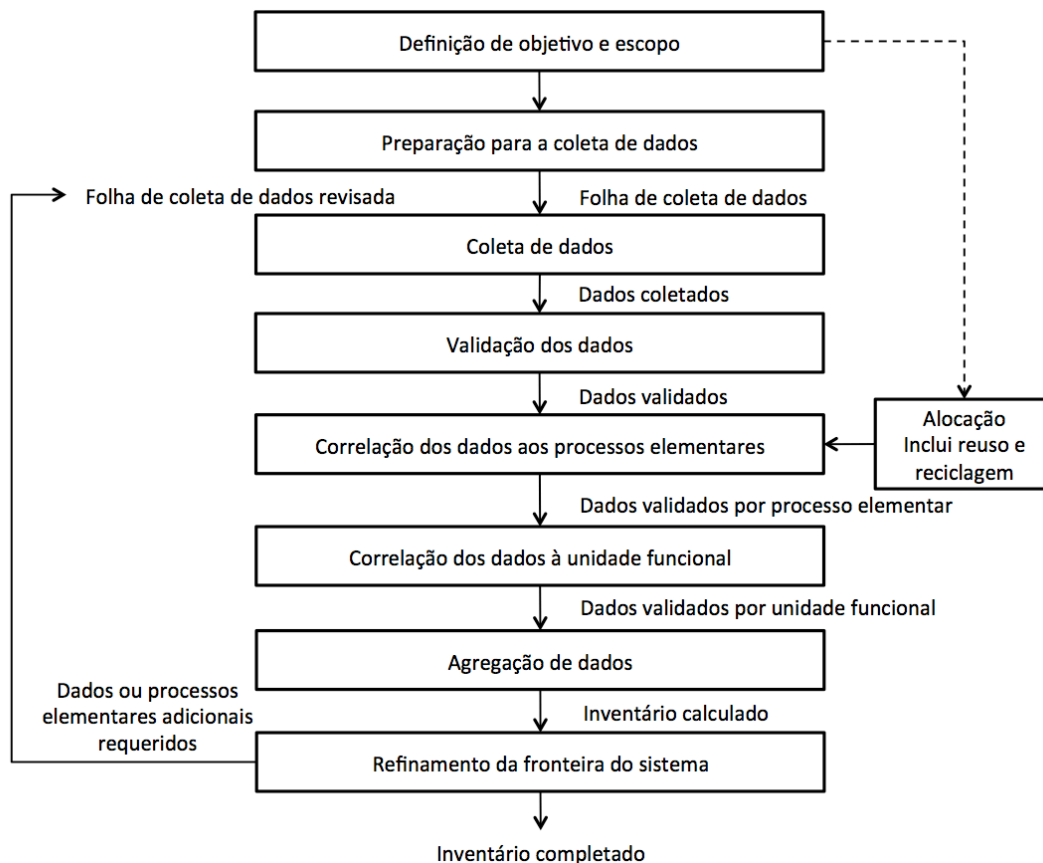


Figura 3: Procedimento simplificado para análise de inventário.
Fonte: ABNT (2009)

A transparência é essencial para a confiabilidade do estudo. É importante que os dados coletados, mensurados ou estimados sejam explicados e referenciados. Como a coleta de dados primários, isto é, dados obtidos diretamente com os produtores, exige uma grande quantidade de tempo para ser concluída e nem sempre é possível obter todos os dados necessários, recomenda-se o uso de bancos de dados, que são considerados fonte de dados secundários.

A terceira etapa da ACV é a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV). Seu objetivo é quantificar a significância dos impactos ambientais potenciais. A ISO 14044 [7] define os métodos de avaliação de impacto como um método de cálculo para converter os resultados da análise de inventário do ciclo de vida nas mesmas unidades e para reunir os resultados convertidos na mesma categoria de impacto. Essa conversão usa fatores de caracterização, que são fatores de um modelo de caracterização usado para converter o resultado da análise do inventário na unidade comum do indicador de categoria.

Além da caracterização, existem outros elementos opcionais da AICV. A normalização, que calcula a magnitude dos resultados dos indicadores de categoria em relação a um valor de referência. O agrupamento que agrega e hierarquiza as categorias de impacto. A ponderação representa a conversão e agregação dos resultados de diversas categorias de impacto, usando fatores numéricos baseados em escolha de valores.

A quarta etapa da ACV é a Interpretação do ciclo de vida, que busca analisar os dados e os resultados obtidos nas fases de inventário e avaliação dos impactos para assim identificar e explicar limitações do estudo, fornecer recomendações para o público-alvo e obter conclusões. Esta fase também é importante para analisar as incertezas que tenham surgido., especialmente em casos que o estudo será usado como ferramenta de tomada de decisão.

O estudo é avaliado através da verificação de três técnicas: completeza, sensibilidade e consistência. A primeira técnica visa assegurar que todos os dados e informações relevantes estão disponíveis e completos. A técnica de consistência busca determinar se os pressupostos, métodos e dados são consistentes com o objetivo e o escopo.

A análise de sensibilidade é um procedimento sistemático para estimar os efeitos que a escolha de um determinado método e/ou dado pode ter nos resultados (ISO 14040 [6]). Portanto, esta análise, por um lado, pode levar à exclusão de certas etapas do ciclo de vida ou de algum processo elementar ou mesmo de alguns fluxos elementares devido à sua falta de importância, descoberta apenas após a análise de sensibilidade. Por outro lado, também pode levar à inclusão de novos processos elementares ou fluxos devido à nova importância encontrada causada por essa análise.

2.3. Softwares

Existem diversos programas e bancos de dados para realizar os cálculos envolvidos em uma Avaliação do Ciclo de Vida de produtos, principalmente na etapa Avaliação de Impactos. Pode-se citar como exemplo GABI (Stutgard), UMBERTO (Hamburgo), SIMAPRO (Holanda), ORWARE (Suécia), TEAM (França), ECOINVENT (Suíça), CPM LCA Database (Suécia), DEAM (França), entre outros. Dentre estes, destacam-se o GABI e o SIMAPRO, pois são os mais utilizados nos

estudos de ACV de forma geral [8]. Pode-se apontar algumas vantagens desses softwares: a facilidade e praticidade de utilização; padronização nos bancos de dados usados; redução do tempo gasto na avaliação; facilidade de comparação dos resultados obtidos com a literatura; e ainda, padronização na apresentação dos resultados [11].

O software SIMAPRO 8.1.1.16 foi usado para realizar o estudo de caso. Este software é um dos mais utilizados para Avaliação do Ciclo de Vida, como visto anteriormente. Foi lançado em 1990 e hoje é usado em mais de 80 países. A versão mais atual é a de número 8 e possui mais de 20 métodos de ACV e mais de 9 banco de dados, incluindo as mais usadas como Ecoinvent, Agri-footprint e ELCD. Estes bancos citados foram usados no estudo de caso. [12]

2.4. Comparação da literatura

Existem diversos artigos sobre a avaliação do ciclo de vida de um prato ou um produto alimentício. Porém poucos são os que tratam da parte industrial. No ACV de tecnologia de preservação de comida de Pardo [1], a unidade funcional definida foi a aplicação do tratamento de conservação em 1 kg de um produto escolhido (200 g de prato pré-cozido de peixe e vegetais) para alcançar um prazo de validade realístico que garantisse seu propósito comercial. O método de cálculo usado foi o ReCiPe Midpoint e as categorias escolhidas foram Acidificação Potencial, Eutrofização Potencial, Potencial de Aquecimento Global e Formação de Oxidantes Fotoquímicos; também foi considerada a categoria Depleção Hídrica

Berlin [2], por outro lado, escolheu duas unidades funcionais: uma refeição Hunter embalada consumida em uma casa na Finlândia e uma refeição de frango embalada consumida em uma casa na Noruega. Os métodos de cálculo foram IPCC (2007) para Mudanças Climáticas, EDIP/UMIP 97 (1997) para Acificação e EDIP/UMIP 97 (1997) para Eutrofização.

No caso de Calderon [3], a unidade funcional escolhida foi de 1 kg produto pronto para ser consumido. Nesse estudo, dois métodos de cálculo foram escolhidos para

diferentes categorias de impacto. O método do Eco-indicator 99 (H) V2.05 / Europe EI 99 H/A foi usado para as seguintes categorias: Ocupação do Solo Urbano, Combustíveis Fósseis, Respiração Inorgânica, Minerais, Cancinogênicos, Acidificação/Eutrofização. No entanto, o método CML 2 Baseline 2000 V2.04/World 1990 foi usado para as categorias, como Ecotoxicidade Marinha, Ecotoxicidade de Água Doce, Acidificação, Eutrofização, Depleção Abiótica, Aquecimento Global e Ecotoxicidade Terrestre.

Para Flury [4], a unidade funcional definida foi a preparação de duas porções (800 g) de lasanha bolonesa pronta para ser consumida em um domicílio. O método de cálculo usado foi o ILCD e as quinze categorias de impacto foram analisadas. No artigo de Villamonte [10], a unidade funcional foi 1 kg de presunto cozido fatiado. Os métodos de cálculo orientado ao problema escolhidos foram CML IA v 3.0 e Cumulative energy demand v 1.08, e o método orientado ao dano foi o Eco-indicator 99 v 2.09. Assim, as categorias escolhidas foram Energia Não-Renovável, Aquecimento Global Potencial, Acidificação, Eutrofização e Oxidação Fotoquímica, foi incluída também a categoria Danos à Saúde Humana.

No estudo de Beedveld [14], a unidade funcional foi um pacote de hambúrguer vegetariano orgânico incluindo sua embalagem primária, secundária e terciária. Os métodos usados foram CML baseline v3.01 e ReCiPe Endpoint H/A v1.10. Por outro lado, Daesoo [15] escolheu 1 t de queijo cheddar e muçarela embalados entregues aos primeiros consumidores como unidade funcional. Como método, foram escolhidos ReCiPe e USEtox, e mais uma categoria adicional, a Demanda de Energia Cumulativa.

Iribarren [16] definiu duas unidades funcionais: 1 kg de mexilhões frescos comerciais para consumo e 1 kg de mexilhões em lata comerciais para consumo. O método selecionado foi o CML 2000 e dez categorias de impacto foram estudadas. Ximena [17], por outro lado, estabeleceu como unidade funcional a “preparação e consumo de uma refeição para uma pessoa. O método optado foi CML 2011 e doze categorias. Para Sonesson [18], a unidade funcional é entregar uma refeição na mesa de um domicílio privado na Suécia, todas as três refeições (feita em casa, semi-pronta e pronta para consumo) possuem os mesmos ingredientes. As categorias estudadas

foram Eutrofização, Acidificação, Aquecimento Global e Formação de Foto-oxidantes.

3. Estudo de Caso: ACV de um prato pronto

O produto do estudo de caso definido foi um prato pronto de ervilha com presunto fabricado na Espanha. O prato tem 300g e é composto de ervilha, cenoura, azeite, presunto e sal, em ordem decrescente de quantidade. O tratamento de conservação usado é o térmico, processado por uma autoclave.

3.1. Definição de objetivo e escopo

O objetivo deste estudo é analisar as pegadas ambientais desta refeição e identificar as questões-chave do ciclo de vida do produto como forma de potencialmente melhorar seu desempenho ambiental.

3.1.1. Unidade Funcional e Fluxo de Referência

Neste estudo, unidade funcional é um quilograma de prato pronto de ervilha com presunto que passou pelo tratamento térmico de conservação durante sua fabricação.

O prato pronto de ervilha com presunto tem validade de 365 dias, quando estocado em temperatura ambiente. A máquina térmica (neste caso, a autoclave) tem 30 anos de vida útil. Estas informações foram fornecidas pelo próprio fabricante.

3.1.2. Fronteira do Sistema

O sistema, em estudo, foi dividido em cinco categorias principais. Em seguida, essas categorias foram separadas em diversas subcategorias. O estudo inicia-se com a recepção de matérias-primas e termina com o fim de vida do produto, usando a perspectiva “do berço ao túmulo”. Esta análise inclui todas as etapas anteriores à fábrica, como a plantação dos vegetais e a parte animal (presunto), dentro da indústria de prato pronto e também as etapas após o produto deixar a fábrica, como o centro de distribuição, o varejista e o consumidor, finalizando com o fim de vida do prato.

A fronteira do sistema inicia-se pela recepção dos ingredientes na fábrica, incluindo o seu transporte. Então, a matéria-prima é separada em bandejas. Em seguida, uma película de plástico é usada para fechar a refeição, que se encaminha para o tratamento térmico para terminar de cozinhar e também acabar com as bactérias indesejáveis. Não é necessário cozinhar o prato antes deste passo, porque a máquina utilizada no tratamento de preservação vai até 121°C, o que permite que a refeição seja cozida dentro dela. Todos os ingredientes são tratados nas mesmas condições, pois já chegaram na fábrica pré-cozidos. O tratamento completo leva 70 minutos para ser concluído. É preciso 35 minutos para elevar a temperatura dentro da autoclave, da temperatura ambiente até 121°C, e outros 35 minutos para esfriar. Depois que o prato deixa a máquina térmica, ele termina de ser embalado e vai para armazenamento em um galpão dentro da fábrica.

O prato pronto sai da fábrica para um centro de distribuição, onde permanece, no máximo, 30 dias. Em seguida, vai ao varejista, onde permanece, no máximo, 7 dias. Nenhuma eletricidade é levada em consideração no estudo, porque a refeição é armazenada à temperatura ambiente e não precisa ser refrigerada. Apenas os transportes usados entre esses locais são calculados. Em seguida, o prato pronto é levado para a casa do consumidor, onde será aquecido no microondas e depois consumido. O ciclo de vida termina com o descarte do produto, tanto os resíduos alimentares (resto de comida) quanto as diversas embalagens (papelão e plástico) do prato estão incluídas nesta etapa.

A figura 4 representa a fronteira do sistema deste estudo. As etapas, em verde, representam a fábrica, em azul, são as etapas após a saída da indústria e, em vermelho, para finalizar, remonta ao fim do ciclo de vida.

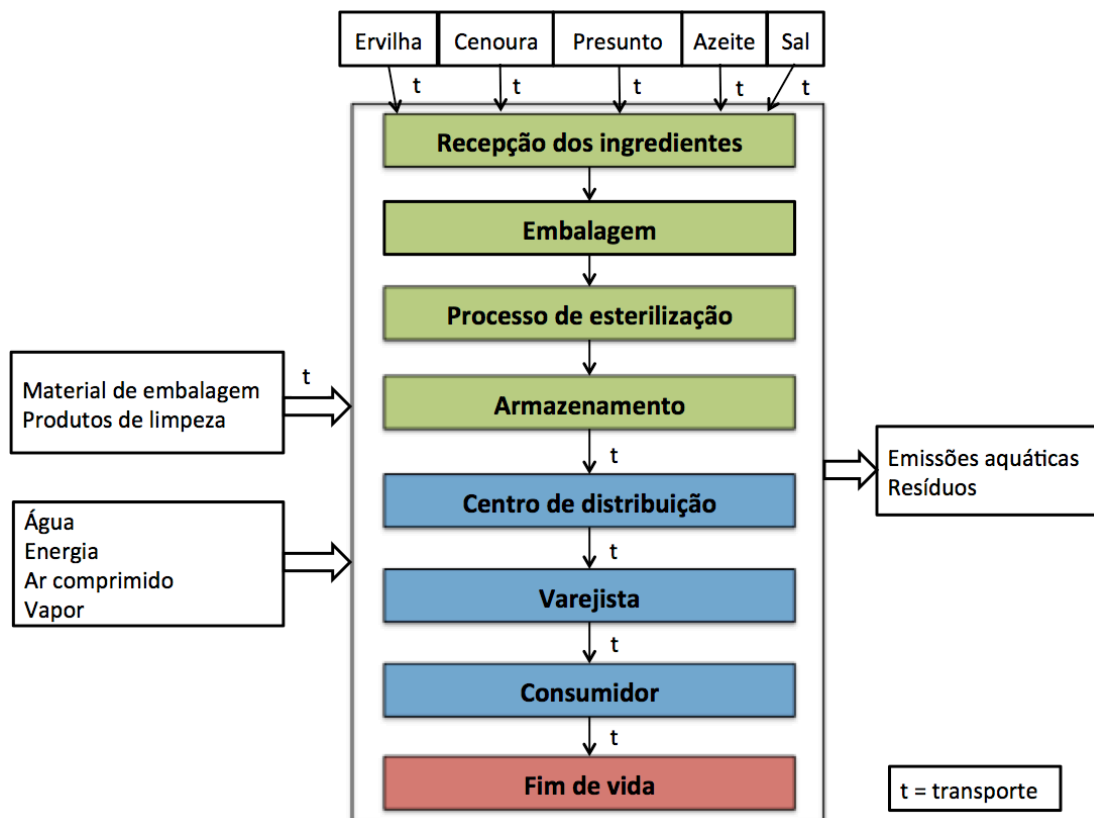


Figura 4: Fronteiras do sistema do prato pronto.
Fonte: Elaboração própria (2018)

3.1.3. Coleta de Dados e Avaliação da Qualidade

Para obter dados mais precisos e de melhor qualidade, foram realizados questionários e entrevistas com os responsáveis da cadeia alimentar e também foi organizada uma visita técnica para melhor entender esta cadeia. Para este estudo de caso, a indústria de alimentos que forneceu informações sobre a prato pronto e sobre a máquina térmica utilizada na etapa de preservação foi a Empresa A, localizada na Espanha. Devido às questões de confidencialidade, as empresas participantes deste estudo preferiram não ser identificadas. Além disso, uma segunda empresa, aqui denominada de Empresa B, também localizada na Espanha, forneceu informações adicionais sobre a máquina térmica e também pareceres de especialistas sobre a sua fabricação.

No caso em que a informação não estava disponível, os dados do inventário foram coletados da literatura e dos bancos de dados. Mais detalhes sobre o conjunto de

dados usado serão apresentados no subcapítulo 3.2 Análise de Inventário do Ciclo de Vida.

Todos os dados primários recolhidos representam dados de 2016 na Espanha. Quando a informação não estava disponível neste país, uma média europeia ou uma média americana foi usada no lugar.

3.1.4. Alocação e Limites do Estudo

Neste estudo de caso, não foi necessário fazer qualquer alocação ou expansão do sistema. O prato pronto é produzido sem coprodutos, uma vez que os ingredientes chegam na fábrica já congelados e pré-tratados e são usados para montar os pratos. Muitos pratos são produzidos em um ano na fábrica, mas, para esse estudo, apenas um prato foi analisado, que foi o de ervilha com presunto.

Algumas etapas foram deixadas de fora deste estudo, como por exemplo a infraestrutura e os bens capitis, porque não eram do interesse deste relatório. Além disso, certas hipóteses foram feitas para completar informações que faltavam. A explicação completa encontra-se no subcapítulo 3.2 Análise de Inventário do Ciclo de Vida.

3.2. Análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

Esta seção é dividida de acordo com a forma como os processos no software SIMAPRO foram organizados. Existe uma sequência lógica relacionada à cadeia de produção da fábrica que forneceu todos os dados usados nesta análise. Foi necessário dividir dessa forma, por causa dos dados disponíveis. No entanto, o software fez os cálculos necessários para trazer a unidade funcional. Ademais, nos Anexos I e II, há uma tabela completa com todas as informações explicadas nesta seção mais os conjuntos de dados utilizados na análise.

3.2.1. Matéria-prima

O prato pronto deste estudo é feito a partir de diferentes ingredientes, como é mostrado na tabela 1. A quantidade de cada ingrediente em um prato, que pesa 300g, foi fornecida pela indústria. No entanto, uma vez que a unidade funcional era de um quilograma de prato pronto, uma extrapolação foi feita para encontrar a quantidade certa. A coluna intitulada "Transporte" representa o tipo de transporte usado para carregar cada ingrediente do local onde foi comprado para a indústria de alimentos e também a distância entre esses dois lugares.

Tabela 1: Inventário dos ingredientes

Entradas	Quantidade (g/300g)	Quantidade (g/kg prato pronto)	Transporte	Distância (km)
Ervilhas	213	710	Caminhão refrigerado	40
Presunto	9	30	Caminhão refrigerado	58,6
Cenoura	38	126,7	Caminhão refrigerado	40
Azeite	36	120	Caminhão	30
Sal	4	13	Caminhão	50

Fonte: elaboração própria (2018)

A quantidade de ingrediente no prato pronto de ervilha e as distâncias foram ambas fornecidas pela indústria, por meio de questionários. Os conjuntos de dados utilizados para cada ingrediente podem ser vistos no Anexo I.

Quando a ervilha, o presunto e a cenoura chegam à fábrica, eles estão congelados e já receberam um tratamento prévio. No entanto, não foi possível calcular as fases antes da chegada dos ingredientes na fábrica, pois não havia nenhuma informação disponível. Portanto, as matérias-primas foram tratadas como se fossem compradas na fazenda ou em um matadouro diretamente, sem qualquer estágio intermediário.

a. Azeite

No caso do azeite especificamente, não existia um conjunto de dados nos bancos de dados disponíveis do SIMAPRO. Portanto, foi necessário criar um desde o início. A

tabela 2 mostra as informações usadas. Estes números foram retirados de artigo sobre a avaliação do ciclo de vida do azeite em Chipre [19]. As entradas e saídas utilizadas para criar o dado representam 1 L de azeite; esta também é a unidade funcional do artigo. No entanto, para este estudo, a unidade funcional é 1kg, porém como o dado criado estava em volume, foi necessário converter volume em massa. Para isso, um especialista foi consultado e forneceu a informação da densidade do azeite, de 0,916 kg/L. Assim, fazemos uma regra três simples e chegamos ao resultado de que para 1 kg de azeite temos 1,0917 L.

Tabela 2: Inventário do azeite (UF: 1L)

Entrada			Emissões						
Eletricidade (kWh)	Água (m ³)	Óleo bruto (g)	Ar			Água		Solo	
			Dióxido de carbono fóssil (kg)	Óxidos de nitrogênio (g)	Dióxido de enxofre (g)	DQO (g)	DBO (g)	Chumbo (mg)	Zinco (mg)
2,58	3,914	495	3,9	32,2	13,7	17,1	9,5	4,03	96,9

Fonte: elaboração própria (2018)

3.2.2. Cadeia de Produção

A fábrica de alimentos produz diversos tipos diferentes de pratos prontos para comer. Portanto, para ter a informação geral do prato pronto de ervilha com presunto em estudo, algumas alocações foram necessárias, porém elas foram calculadas antes de entrar com dados no software. De acordo com o produtor, apenas 2% da fábrica é dedicada à produção deste prato. Uma vez que os dados gerais foram usados em relação a um ano de produção, esta parte foi calculada em relação ao total de 80 t do prato pronto de ervilha com presunto. Como pode-se observar na tabela 3, os valores relativos à energia térmica, à água e à eletricidade representam 2% do total da indústria.

Tabela 3: Inventário das entradas de produção de um prato pronto em um ano de produção

Eletricidade (MWh/ano)	Energia Térmica (MJ/ano)	Tipo de energia térmica	Água (m³/ano)	Tipo de água	Produção anual (t/ano)
20	72	gás natural	0,72	Água da cidade	80

Fonte: elaboração própria (2018)

a. Produtos de Limpeza

De acordo com o questionário respondido pelo produtor de alimentos, existem quatro tipos de produtos de limpeza utilizados na fábrica: dois tipos de detergente alcalino e dois tipos de detergente ácido. Depois de pesquisar sobre o detergente chamado "Hypofoam VF6L", foi possível constatar que este é composto de 10% de hidróxido de sódio e 10% de hipoclorito de sódio [20]. O outro detergente alcalino usado foi o NaOH 32%. Portanto, de acordo com a opinião de um especialista, foi decidido combinar estes dois detergentes e usá-los como se possuíssem a mesma composição, pois isto não afetaria o resto da análise. A mesma ideia foi utilizada para o detergente ácido, o "Acidfoam VF10", que possui 50% de ácido fosfórico na composição [21], e o outro tipo de detergente ácido foi ácido fosfórico 65%. Neste caso também, o mesmo detergente ácido foi empregado para representar estes dois ácidos e a sua quantidade.

Na tabela 4, é possível ver o nome e a composição de cada detergente usado, a quantidade utilizada por um ano em toda a fábrica e, em seguida, o valor correspondente aos 2% utilizados para o processo de limpeza relacionado ao produto em estudo. Essa porcentagem foi a mesma usada no item anterior da Cadeia de Produção, onde o prato de ervilha corresponde à 2% da fábrica. Em seguida, a quantidade total de detergente alcalino e ácido usado por um ano no processamento do prato pronto e a última coluna representam a distância entre o local onde o detergente foi comprado e a indústria de alimentos.

Tabela 4: Inventário dos produtos de limpeza

Nome	Composição	Quantidade (kg/ano)	Quantidade para prato pronto (kg/ano)	Quantidade total (kg/ano)	Distância (km)
Hypofoam VF6L	Detergente alcalino	630	12,6	152,6	400

	NaOH 32%	7000	140		400
Hypofoam VF10	Detergente ácido	490	9,8	16,4	400
	Ácido fosfórico 65%	330	6,6		400

Fonte: elaboração própria (2018)

b. Perdas e Resíduos na Fábrica

A quantidade de resíduos produzidos durante um ano na fábrica também foi levada em consideração. Existem dois tipos de resíduos: putrescível e não putrescível; ambos foram incluídos na análise. O primeiro representa o alimento perdido durante a produção do prato pronto e o segundo representa as embalagens perdidas (plástico e papel) também durante a produção do prato. Os resíduos biodegradáveis são usados como composto e os resíduos da embalagem são reciclados. Esta informação foi dada pelo próprio produtor. A Tabela 5 a seguir mostra o tipo e a quantidade de resíduo que sai da fábrica durante um ano de produção. Para a embalagem de plástico, os dois tipos de plásticos (polipropileno/alumínio e polipropileno/EVOH/polipropileno) foram somados, porque eles têm o mesmo fim de vida. Nesse caso, os 2% de todos os resíduos gerados em um ano de produção da fábrica não foram aplicados, pois os números fornecidos já representavam a quantidade exata do prato pronto de ervilha.

Tabela 5: Inventário da gestão de resíduos da produção do prato pronto

Tipo	Quantidade (kg/ano)	Fim de vida
Mistura de ingredientes (ervilha,...)	800	Compostagem
Filme plástico	6,4	Reciclagem
Bandejas plásticas	84	Reciclagem
Papelão	30	Reciclagem

Fonte: elaboração própria (2018)

c. Emissões Aquáticas

As águas residuais que deixam a fábrica de alimentos vão para uma estação de tratamento de água dentro da própria fábrica. Ela possui um digestor aeróbico para tratar a água, que depois é descarregada no rio ao lado da indústria.

O produtor de alimentos forneceu o volume de água residual descarregada pela fábrica em um ano, bem como a quantidade de DQO apresentada nele. No entanto, esses valores correspondem ao volume após terem sido tratados na estação de

tratamento de águas como um todo. Portanto, no SIMAPRO, os valores foram inseridos como emissões de água em vez de "Outputs from the technosphere", porque o último representa o tratamento da água e os dados obtidos representam o pós-tratamento. Na tabela abaixo, há o volume de águas residuais em um ano, a porcentagem que este representa o prato pronto de ervilha com presunto para toda a fábrica, o volume de água para esse prato e a quantidade de DQO na água também para este prato.

Tabela 6: Inventário para as águas residuais da fábrica para 1 kg de prato pronto

Água residual descartada pela fábrica (m ³ /ano)	DQO (mg/L)	Porcentagem	Volume para o prato pronto (L/ano)	DQO (mg/ano) para o prato pronto
28	90	2%	560	50400

Fonte: elaboração própria (2018)

d. Embalagem

De acordo com a indústria, cinco camadas de embalagem diferentes foram utilizadas neste prato pronto. A embalagem primária é uma combinação de dois plásticos: polipropileno / EVOH / polipropileno para as bandejas e polipropileno / alumínio para o filme, que envolve o prato. Em seguida, protegendo o prato há um cartão individual e, em seguida, para terminar de fechar, há outro cartão no topo e no fundo com dez pratos prontos juntos. Para finalizar, vários pallets são empilhados e depois envolvidos em filme PE (polietileno). A quantidade de cada material de embalagem para apenas um prato pronto de ervilha verde com presunto foi dada pelo produtor do prato. No entanto, dado o fato de que a unidade funcional é de um quilograma desse prato pronto, uma extrapolação foi feita para encontrar a quantidade de um quilograma. Na tabela 7, há o tipo de material, sua quantidade, o transporte usado para levar o material para a fábrica e a distância média. Todas as informações foram dadas pela indústria. O pallet foi excluído da análise, pois a fábrica o reutiliza.

Tabela 7: Inventário das embalagens utilizados para embalar 1kg de prato pronto

Tipo de material	Quantidade (g/300g)	Quantidade (g/1kg de prato pronto)	Transporte	Distância (km)
------------------	---------------------	------------------------------------	------------	----------------

Filme de polipropileno/alumínio	3	10	Caminhão	1200
Bandejas polipropileno/EVOH/polipropileno	21	70	Caminhão	451
Cartão individual	20	67	Caminhão	150
Cartão final (topo+fundo)	16	53	Caminhão	50
PE (filme plástico)	0,5	2	Caminhão	50

Fonte: elaboração própria (2018)

d. Tratamento de Preservação (Térmico)

Esta seção foi dividida em três partes afim de tornar a explicação a mais clara possível. No entanto, no SIMAPRO, o tratamento de preservação foi representado por uma única caixa. Assim, todas as entradas foram adicionadas juntas, por exemplo água e eletricidade, porque, na realidade, o processo de aquecimento e resfriamento ocorre em sequência em uma mesma máquina.

O tratamento térmico em uma autoclave leva 70 minutos para esterilizar o produto. A primeira parte consiste no aumento da temperatura, desde a temperatura ambiente até 121°C, que leva cerca de 35 minutos. Para esta etapa, é necessário vapor, ar comprimido, água e eletricidade. A quantidade total de pratos prontos tratados durante uma hora é de 380 kg. Portanto, os valores observados na tabela 8 representam a quantidade de insumos para uma hora de tratamento térmico ou 380 kg de prato pronto.

Tabela 8: Inventário do tratamento de preservação (térmico) para 1kg de prato pronto

Duração (min)	Temperatura alvo (°C)	Quantidade de prato pronto (kg/h)	Vapor (kg/h)	Ar comprimido (Nm3/h)	Água (kg/h)	Eletricidade (kWh)
35	121	380	100	10	40	6

Fonte: elaboração própria (2018)

A segunda parte deste tratamento de preservação é o processo de resfriamento. Demora cerca de 35 minutos para arrefecer de 121°C para a temperatura ambiente. A quantidade de prato pronto tratado é a mesma que a anterior, como foi explicado no

início desta seção. Como entrada, há também água e eletricidade, porém o último já está incluído na quantidade indicada na parte do aumento da temperatura. A tabela abaixo mostra o inventário para o processo de resfriamento.

Tabela 9: Inventário do processo de resfriamento para a produção de prato pronto em um ano

Duração (min)	Temperatura alvo (°C)	Quantidade de prato pronto (kg/h)	Água processada (kg/h)	Eletricidade (kWh)
35	30	380	40	Incluído na tabela 9

Fonte: elaboração própria (2018)

A última parte do tratamento de preservação é o processo de limpeza. De acordo com o produtor de alimentos, a máquina térmica é lavada uma vez por semana. A quantidade de água utilizada é de 50 L por sequência de limpeza à temperatura ambiente. A tabela abaixo mostra o inventário do produto de limpeza usado para desinfetar a máquina. O mesmo ácido fosfórico anterior é usado neste caso, porém em menor quantidade. No entanto, eles não têm o mesmo transporte, por isso foi necessário criar uma caixa diferente para o detergente ácido usado para limpar a máquina térmica. A quantidade de produto de limpeza por ano representa os 2% relacionados ao produto em estudo.

Tabela 10: Inventário do produto de limpeza usado na máquina térmica para a produção de prato pronto em um ano

Composição	Quantidade (L/ano)	Quantidade para 1h (L/hora)	Distância (km)
Ácido fosfórico	1	0,00475	400

Fonte: elaboração própria (2018)

e. Máquina Térmica

Esta etapa representa o ciclo de vida da máquina térmica, porém como o produtor não podia nos fornecer informações suficientes sobre esta máquina, foi necessário procurar por outras fontes. Uma autoclave diferente da usada na fábrica do estudo foi usada para fazer algumas suposições. O documento que contém informações técnicas sobre a autoclave é confidencial. A partir deste documento, foi possível concluir que

90% da máquina é de aço inoxidável e 10% de aço. Não houve qualquer informação sobre a quantidade de energia elétrica ou térmica utilizada durante a produção do equipamento.

A autoclave usada na fábrica de alimentos é proveniente de Avignon, na França. Além disso, o peso total da máquina é de 2,8 t. Essas foram as únicas duas informações fornecidas pelo produtor do prato pronto em relação ao equipamento de conservação. A tabela 11 resume os dados relativos à fabricação da máquina e seu transporte para a indústria de alimentos.

Tabela 11: Inventário da fabricação e do transporte da máquina térmica

Peso total (kg)	Quantidade de aço inoxidável (kg)	Quantidade de aço (kg)	Tipo de transporte	Distância (km)
2800	2520	280	Caminhão	825

Fonte: elaboração própria (2018)

Quanto ao fim de vida da máquina térmica, já que o produtor de alimentos ainda não chegou a esta parte e não tem informações sobre a disposição da autoclave, foi feita uma suposição. De acordo com Pardo [1], 77% do aço é reciclado na Espanha e o restante é levado para o aterro sanitário. Portanto, a quantidade de aço que vai para a reciclagem e o valor destinado aos aterros foram calculados com base nessas informações, como é possível observar na tabela abaixo.

Tabela 12: Inventário do fim de vida da máquina térmica

Reciclagem (%)	Aterro (%)	Quantidade de aço reciclado (kg)	Quantidade de aço para aterro (kg)
77	23	2156	644

Fonte: elaboração própria (2018)

Outro passo importante foi determinar o quanto o ciclo de vida da autoclave é representado em 1 kg de prato pronto, que é a unidade funcional para este estudo. Portanto, um cálculo foi realizado para o equipamento, de modo que o impacto ambiental desta etapa foi dividido entre a quantidade total de produtos alimentares potencialmente tratados na expectativa de vida útil do equipamento.

Na tabela abaixo, as duas primeiras colunas representam a quantidade de prato pronto de ervilha com presunto tratada pela máquina térmica durante sua vida útil. Em seguida, as próximas duas colunas mostram o peso da autoclave, porque o equipamento foi analisado a partir do seu peso, e a quantidade de prato pronto tratado com base nas informações anteriores. Portanto, para 1 kg de prato pronto é utilizado apenas 0,001167 kg da autoclave.

Tabela 13: Cálculo da quantidade de autoclave no ciclo de vida do prato pronto

Vida útil da máquina (anos)	Quantidade de prato pronto (kg)	Peso da máquina (kg)	Quantidade de prato pronto tratado (kg)
1	80000	2800	2400000
30	2400000	0,001166667	1

Fonte: elaboração própria (2018)

f. Armazenamento na Fábrica

Esta parte foi, na verdade, deixada de fora deste estudo de caso, porque o prato pronto é armazenado à temperatura ambiente. Isso significa que nenhuma energia extra foi usada para conservar o prato após o tratamento de preservação. Assim, a eletricidade e o gás de refrigeração não foram contabilizados nesta análise. No entanto, foi interessante saber que a refeição pode permanecer até 30 dias no armazém da fábrica à temperatura ambiente.

3.2.3. Centro de Distribuição

Como explicado anteriormente, o prato pronto é armazenado à temperatura ambiente. Portanto, nesta etapa da análise, apenas o transporte entre a fábrica e o centro de distribuição foi incluído nos cálculos. No entanto, este produto é vendido em muitos lugares diferentes em Espanha, então uma suposição teve que ser feita para obter a melhor informação possível. De acordo com o produtor de alimentos, a distância média entre a fábrica de alimentos e o centro de distribuição é de 400 km, o que representa a distância entre a localização da fábrica e Madrid, capital da Espanha.

Tabela 14: Inventário do centro de distribuição

Duração máxima (dias)	Temperatura (°C)	Tipo de transporte	Distância média (km)
7	Ambiente	Caminhão	400

Fonte: elaboração própria (2018)

a. Varejista

A mesma suposição, usada na etapa anterior, foi aplicada para esta fase. Isso significa que a eletricidade e o gás de refrigeração não foram incluídos nos cálculos, porque a refeição é armazenada à temperatura ambiente. Para o transporte, utilizou-se a mesma distância, porque representa uma boa média para a Espanha, uma vez que sua capital está localizada quase no centro do país. Além disso, como informação extra, o prato pronto permanece entre 0 a 60 dias no varejista à temperatura ambiente.

Tabela 15: Inventário do varejista

Duração máxima (dias)	Temperatura (°C)	Tipo de transporte	Distância média (km)
60	Ambiente	Caminhão	400

Fonte: elaboração própria (2018)

3.2.4. Consumidor e o Fim de Vida do produto

Esta fase inclui o transporte usado pelo consumidor para ir da sua casa ao supermercado para comprar o produto em estudo e também a eletricidade usada para aquecer o prato pronto. A embalagem final contém instruções para o consumidor aquecer a refeição antes de comer. Esta informação foi utilizada para calcular a quantidade de eletricidade utilizada nesta fase, não é incluída a eletricidade da geladeira, porque o prato pronto não precisa ser armazenado nela.

Para o transporte, o produtor de alimentos propôs dois cenários:

1. O consumidor vai para um mercado perto de sua casa, o que ele faz caminhando e geralmente fica à uma distância de 0,1 km. Além disso, o prato pronto permanece, normalmente, 7 dias no mercado.
2. O consumidor vai para um supermercado, um pouco mais longe da sua casa. Neste caso, a distância é geralmente de 5 km e o consumidor vai de carro.

Além disso, a refeição permanece geralmente 30 dias no supermercado. Este cenário representa quando o consumidor vai uma vez por mês em um grande supermercado para fazer a compra do mês.

Para este estudo de caso, utilizou-se o segundo cenário, porque representa a maior parte dos produtos vendidos. Normalmente, o consumidor programa essa ida mensal aos supermercados mais distantes para comprar diversos produtos, entre estes o prato pronto de ervilha do estudo. Assim, uma boa estimativa é de que esta refeição em particular representa 2% do total de produtos comprados pelo consumidor no cenário 2. O cenário 1 será considerado na análise de sensibilidade.

A perda de alimento que aparece na tabela abaixo não está incluída nesta fase, mas, na verdade, na etapa de "Fim de vida", como resíduo orgânico.

Tabela 16: Inventário da casa do consumidor

Cenário	Duração (dias)	Temperatura (°C)	Tipo de transporte	Distância (km)	Instruções	Eletricidade (kWh)	Perda de alimento (%)
1	7	Ambiente	A pé	0,1	2 min 850 W	0,0283	0,1%
2	30		Carro	5			

Fonte: elaboração própria (2018)

Fim de Vida do Prato Pronto

Esta fase inclui tanto as partes putrecíveis quanto as não putrecíveis do prato pronto. Como explicado na etapa anterior, a quantidade de resíduo putrecível é calculada a partir da perda de alimentos na fase de consumo. Esta informação foi dada pelo próprio produtor de alimentos, é apenas uma estimativa, mas considerada muito próxima da realidade.

Para as embalagens que contêm materiais plásticos, 60% destinam-se à reciclagem, de acordo com o produtor de alimentos. O restante considera-se que vai para aterro sanitário, porque, de acordo com a Agência Europeia do Meio Ambiente (2013) [22], apenas 0,006% do total de resíduos na Espanha vai para incineração. Portanto, neste estudo, a incineração não foi incluída na análise. Para as embalagens que contêm papelão, a reciclagem representa 80% e o restante é levado para aterro sanitário, pelo

mesmo motivo explicado anteriormente. Os resíduos orgânicos são 100% usados na compostagem.

A distância entre a casa do consumidor e a instalação de reciclagem foi calculada a partir do artigo [23], pois representa o cenário mais atual, na Espanha. Para determinar a distância entre a casa do consumidor e o aterro sanitário, o mesmo artigo foi usado. No entanto, para a compostagem, a distância foi dada pelo próprio produtor.

O transporte utilizado para a reciclagem de materiais de embalagem (tanto de plástico como de papelão) foi o caminhão, porque é a melhor representação da coleta média europeia, de acordo com a opinião de um especialista. Para a compostagem, foi usado o mesmo transporte anterior. No entanto, para o aterro, uma coleta de lixo municipal foi usada.

Tabela 17: Inventário do fim de vida do prato pronto (incluindo a embalagem)

Partes do prato pronto	Aterro		Reciclagem		Compostagem	
	Quantidade (g)	Distância (km)	Quantidade (g)	Distância (km)	Quantidade (g)	Distância (km)
Material embalagem1 (filme PP/Alu)	4	25,7	6	453,4	-	-
Material embalagem2 (bandejas PP/EVOH/PP)	28	25,7	42	453,4	-	-
Material embalagem3&4 (papelão)	24	25,7	96	453,4	-	-
Material embalagem5 (PE – filme plástico)	0,67	25,7	1	453,4	-	-
Resíduos orgânicos	-	-	-	-	1	10
Total de plásticos	32,7	25,7	49	453,4	-	-

Fonte: elaboração própria (2018)

3.3. Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

O método de avaliação de impacto escolhido para este estudo foi o método ReCiPe *midpoint*, porque este integra a abordagem orientada ao problema da CML-IA e a abordagem orientada ao dano do Eco-indicator99 [13]. Logo, a incerteza dos resultados no nível *midpoint* é relativamente baixa. Além disso, ele possui um grande número de categorias de impacto. Neste estudo, todas as categorias de impacto foram analisadas, pois todas elas foram consideradas importantes e relevantes. São elas: Redução da Camada de Ozônio; Toxicidade Humana; Radiação Ionizante; Formação de Oxidantes Fotoquímicos; Formação de Material Particulado; Acidificação Terrestre; Mudanças Climáticas; Ecotoxicidade Terrestre; Ocupação da Terra Agrícola; Ocupação de Solo Urbano; Transformação de Área Natural; Ecotoxicidade Marinha; Eutrofização Marinha; Eutrofização de Água Doce; Ecotoxicidade de Água Doce; Depleção de Combustíveis fósseis; Depleção de Recursos Minerais; Depleção Hídrica. [24]

A figura 5 mostra o esquema para este método de avaliação de impacto entre os parâmetros do inventário do ciclo de vida (no lado esquerdo), as 18 categorias orientadas ao problema, *midpoint*, (no meio) e as 3 categorias orientadas ao dano, *endpoint*, incluindo a pontuação única (no lado direito). Em seguida, a Tabela 18 mostra as unidades correspondentes às suas categorias de impacto.

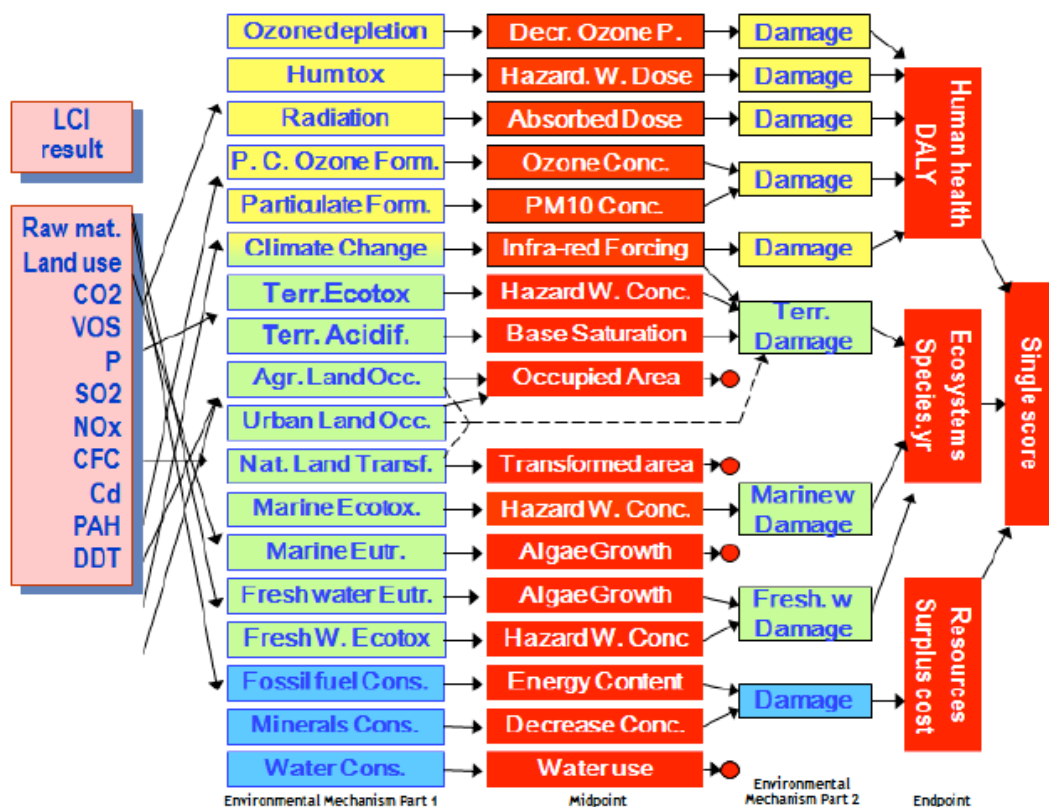


Figura 5: Estrutura geral do método ReCiPe.
 Fonte: GOEDKOOP et al., 2013

Tabela 18: Categorias de impacto do ReCiPe Midpoint (H) w/o LT

Categoria de Impacto	Unidade
Ocupação de Terra Agrícola	m ² x ano
Mudanças Climáticas	kg CO ₂ eq
Depleção de Combustíveis fósseis	kg óleo eq
Ecotoxicidade de Água Doce	kg 1,4DCB eq
Eutrofização de Água Doce	kg P eq
Toxicidade Humana	kg 1,4DCB eq
Radiação Ionizante	kg U ₂₃₅ eq
Ecotoxicidade Marinha	kg 1,4DCB eq
Eutrofização Marinha	kg N eq
Depleção de Recursos Minerais	kg Fe eq
Transformação de Área Natural	m ²
Redução da Camada de Ozônio	kg CFC 11 eq

Formação de Material Particulado	kg PM10 eq
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	kg NMVOC
Acidificação Terrestre	kg SO ₂ eq
Ecotoxicidade Terrestre	kg 1,4DCB eq
Ocupação de Solo Urbano	m ² x ano
Depleção Hídrica	m ³

Fonte: adaptado de GOEDKOOOP *et al.*, 2013

3.4. Interpretação e Análise de Sensibilidade

Os resultados apresentados nesta seção representam todo o ciclo de vida discutido anteriormente. Todas as etapas explicadas anteriormente deste relatório estão incluídas. As tabelas completas que mostram os resultados da caracterização e da normalização encontram-se no Anexo III.

A figura 6 abaixo apresenta os resultados da caracterização em porcentagem. Pode-se observar que a fase responsável pela maioria dos impactos potenciais é a "Recepção de Ingredientes". Estão incluídas nesta fase todas as etapas que antecedem a chegada dos ingredientes à fábrica, bem como o seu transporte. Isso já era esperado como explicado previamente, porque a etapa agrícola contribui de maneira significativa para os impactos ambientais. Isto também pode ser devido à escolha dos conjuntos de dados. Os resultados da caracterização por fase do ciclo de vida encontram-se no Anexo IV.

Em 17 das 18 categorias de impacto, os ingredientes contribuem em mais de 50% dos impactos. A única categoria na qual esta etapa contribui com apenas 27% é "Depleção de Recursos Minerais", que máquina térmica é a maior contribuinte. Para as seguintes categorias "Acidificação Terrestre", "Eutrofização Marinha", "Ocupação de Terra Agrícola" e "Depleção Hídrica", as matérias-primas contribuem com mais de 80%, o que é compreensível, uma vez que essas categorias estão relacionadas ao estágio agrícola. Para 11 das 18 categorias de impacto, o ingrediente azeite contribui com mais de 50%. Por outro lado, as ervilhas contribuem com mais de 50% para apenas duas categorias: "Redução da Camada de Ozônio" e "Ocupação de Terra

Agrícola"; e, o mesmo ocorre para cenoura nas categorias: "Ecotoxicidade Terrestre" e "Ocupação de Solo Urbano".

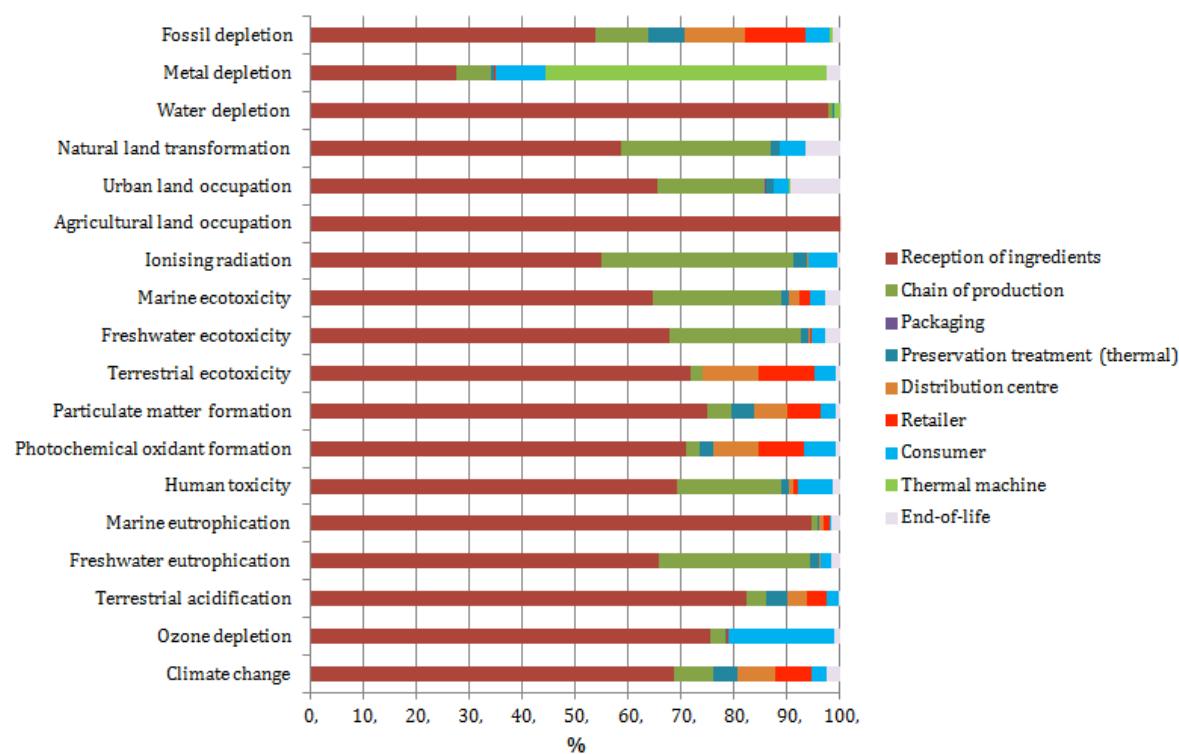


Figura 6: Resultados da caracterização em porcentagem da produção de um prato pronto por ano
Fonte: elaboração própria (2018)

Outro estágio importante é a "Cadeia de Produção" que representa o consumo de um ano da fábrica para a produção do prato pronto de ervilha com presunto. O contribuinte mais importante para todas as categorias de impacto é a eletricidade. Somente na categoria "Ocupação de Solo Urbano", um outro fluxo de entrada se destaca, o detergente ácido utilizado para a limpeza da fábrica. É possível que a escolha do conjunto de dados possa ter tido uma influência nesta análise, porém a quantidade de eletricidade utilizada também pode ser o outro motivo dessa grande contribuição. Para mais detalhes, consultar o Anexo IV.

O estágio "Cadeia de Produção" contribui entre 20% e 30% nas 7 das 18 categorias de impacto. Depois da "Recepção dos Ingredientes", este é o principal contribuinte para os impactos potenciais, exceto na categoria "Depleção de Recursos Minerais". Dentro deste estágio, a eletricidade contribui com mais de 90% em 17 das 18 categorias. Somente na categoria "Ocupação de Solo Urbano" é que a eletricidade

contribui com 85% e o agente ácido (composto de ácido fosfórico) contribui com 14%. A compostagem, a reciclagem de plásticos e a reciclagem de papelão não contribuem em nenhuma das categorias. A água da torneira e o gás natural não contribuem com mais de 1% em nenhuma das categorias.

Para a categoria "Depleção de Recursos Minerais", o estágio "Máquina térmica" contribui com 52% dos impactos potenciais. Enquanto para as outras 17 categorias de impacto, esta etapa não contribui com mais de 1%. Quando examinamos esta etapa com mais detalhes, é possível observar que o aço inoxidável contribui com mais de 80% em 4 categorias de impacto; são elas: "Eutrofização Marinha", "Depleção Hídrica", "Depleção de Recursos Minerais" e "Depleção de Combustíveis Fósseis". No entanto, o outro tipo de aço, baixa liga, contribui com mais de 60% em 11 das 18 categorias de impacto. O transporte contribui com 60% na categoria "Formação de Oxidantes Fotoquímicos", enquanto o aterro sanitário do aço contribui com -76% para a categoria "Transformação de Área Natural". Este último também é a mesma categoria que o aço de baixa liga contribui com 100%. A reciclagem de aço não contribui para nenhuma das categorias de impacto.

As etapas "Centro de distribuição" e "Varejista" contribuem com mais de 10% em apenas duas categorias: "Ecotoxicidade Terrestre" e "Depleção de Combustíveis Fósseis", apenas o caminhão usado para transportar o produto está incluído nesta etapa. No entanto, o estágio do "Consumidor" contribui com 20% na categoria "Redução da Camada de Ozônio". Quando analisamos apenas estes três estágios citados, o "Consumidor" contribui com mais de 80% em 10 das 18 categorias de impacto, enquanto que nas outras 8 categorias ele contribui entre 20% e 50%. Existem 3 categorias, "Ocupação de Terras Agrícolas", "Ocupação de Solo Urbano" e "Transformação de Área Natural", onde o estágio "Consumidor" contribui com 100%.

Não é preciso examinar mais profundamente as etapas "Centro de distribuição" e "Varejista", porque apenas o transporte é contabilizado. No entanto, observando mais de perto o estágio "Consumidor", é possível observar que, em 10 categorias de impacto, o carro de passageiro contribui com mais de 50%. Entretanto, a eletricidade contribui com 100% em 3 categorias, "Ocupação de Terras Agrícolas", "Ocupação de Solo Urbano" e "Transformação de Área Natural".

O estágio "Tratamento de preservação (térmico)" contribui com 7% na categoria "Depleção de Combustíveis Fósseis". Isso é devido ao uso de insumos provenientes de carbono fóssil, como vapor, gás natural, entre outros. Todavia, para o resto das categorias de impacto, esta etapa não contribui com mais de 4%, o que não é muito importante. Quando olhamos dentro desta etapa, os maiores contribuintes são a eletricidade e o vapor para a maioria das categorias de impacto. Em 2 categorias de impacto, "Depleção Hídrica" e "Depleção de ozônio", podemos encontrar outras duas entradas que contribuem para uma grande parte desses impactos, água de torneira e ar comprimido, respectivamente.

A etapa "Tratamento de Preservação (térmico)" contribui com 7% na categoria "Depleção Fóssil". Isso se deve ao uso de insumos de materiais de carbono fóssil, por exemplo, vapor, gás natural, entre outros. No entanto, para o restante das categorias de impacto, esse estágio não contribui com mais de 4%, o que não é muito significativo. Quando olhamos para dentro deste estágio, os maiores contribuintes são eletricidade e vapor para a maioria das categorias de impacto. Em duas categorias de impacto, "Depleção Hídrica" e "Redução da Camada de Ozônio", podemos encontrar dois outros insumos que contribuem para uma grande parte desses impactos: água e ar comprimido, respectivamente.

O estágio "Embalagem" contribui com menos de 1% em todas as categorias de impacto. Isto é provavelmente devido ao fato de que a quantidade de embalagem usada para este produto é muito baixa. Observando esta fase mais detalhadamente, ver Anexo IV, pode-se observar que o papelão contribui com mais de 50% em 10 categorias de impacto, enquanto o PP / EVOH / PP contribui com mais de 50% em 4 categorias de impacto. Esses materiais também são encontrados em maior quantidade no prato pronto, o que provavelmente acarreta impactos maiores. O filme de PE não contribui com mais de 2% em todas as categorias de impacto. Enquanto, o filme PP / Alu contribui com quase 20% dos impactos na categoria "Depleção Hídrica".

O estágio "Fim de Vida" não é um grande contribuinte para as categorias de impacto. Sua maior contribuição (9%) é na "Ocupação de Solo Urbano", provavelmente devido ao fato de que uma parte dos resíduos é enviada para aterros sanitários. Quando analisada com mais detalhes, consultar Anexo IV, a sub fase "Resíduos de Embalagem – aterro" contribui com mais de 50% em 7 categorias de impacto. Enquanto, a sub fase "Reciclagem de Papelão" contribui com mais de 50% em 6

categorias de impacto. A compostagem de resíduos orgânicos não contribui com mais de 0,2% em todas as categorias de impacto. O problema é que o conjunto de dados referente a reciclagem e compostagem é um sistema vazio no SIMAPRO. Por isso, as sub fases que representam esses tipos de descarte calculam apenas os impactos causados pelo transporte utilizado.

No Anexo III, os resultados da caracterização são apresentados em uma tabela, utilizando as unidades em que foram calculadas. A categoria de impacto “Mudanças Climáticas” é geralmente a mais importante de todas as categorias, porque calcula a quantidade de CO₂ emitida na atmosfera e que pode contribuir para as mudanças climáticas. Esta análise tem 1,76 kg CO₂ eq emitido na atmosfera, sendo que quase 70% advém dos ingredientes. Outra categoria que se destaca nos resultados é “Ocupação de Terra Agrícola” com 2,4 m²ano. Isso representa a quantidade de terras agrícolas ocupadas por um determinado tempo.

A categoria de impacto “Redução da Camada de Ozônio” calcula a destruição da camada de ozônio estratosférico devido às emissões antropogênicas de substâncias que impactam a camada de ozônio. Para este estudo de caso, a quantidade gerada foi de 2,22E-07 kg CFC-11 eq, onde 75% deste valor provem dos ingredientes. A categoria “Acidificação Terrestre” é representada pela combustão de combustíveis fósseis que produz principalmente dois compostos químicos: os óxidos de enxofre e os óxidos de nitrogênio. A quantidade para este estudo foi de 0,0141 kg SO₂ eq, sendo 82% oriundo dos ingredientes.

Ambas as categorias, “Eutrofização de Água Doce” e “Eutrofização Marinha”, estão relacionadas à persistência ambiental da emissão de fósforo ou nitrogênio (respectivamente) contendo nutrientes, que normalmente vêm de fertilizantes e dejetos assim como da queima de combustíveis fósseis. O valor encontrado foi de 3,76E-04 kg P eq para a primeira categoria mencionada, sendo 65% proveniente dos ingredientes e 28% da produção na fábrica. Enquanto, para a última categoria, a quantidade é de 3,28E-03 kg N eq, sendo 95% oriundo dos ingredientes.

Para a categoria “Depleção Hídrica”, a quantidade deste estudo é de 0,5333 m³ de consumo de água doce. Nesta categoria, os ingredientes contribuem para 97% deste impacto potencial. No entanto, a categoria “Depleção de Combustíveis fósseis” representa a quantidade de combustível fóssil extraído, com base no menor valor de

aquecimento (42 MJ). Para este estudo, a quantidade foi de 0,3481 kg de óleo eq; onde 53% provêm dos ingredientes, 11% do transporte utilizado no centro de distribuição e 11% do transporte utilizado no varejista.

Os resultados normalizados apresentados, no Anexo III, não foram analisados, porém foi importante incluir esta tabela no relatório, porque a normalização é a expressão dos impactos potenciais de forma que eles possam ser comparados. Eles podem ser usados depois para comparar com outros produtos.

Este estudo possui três diferentes análises de sensibilidade: 1 – azeite; 2 – transporte do consumidor; 3 – conjunto de dados para transporte. Os próximos subcapítulos discutirão as diversas análises de sensibilidade realizadas para este estudo, bem como seus resultados.

3.4.1. Análise de Sensibilidade do Azeite

A primeira análise de sensibilidade está relacionada ao conjunto de dados “azeite de oliva”. Como ele não existia em nenhum dos banco de dados usado, um conjunto de dados para o azeite de oliva foi criado à partir das informações encontradas em um artigo (conforme explicado anteriormente). Por outro lado, para se ter uma ideia melhor dos impactos que esta escolha causou em todo o ciclo de vida, foi escolhido um conjunto de dados existente de um outro produto similar. O nome do conjunto de dados é *Rape oil, at oil mill/RER U* (óleo de colza) e a quantidade utilizada foi de 0,12 kg. Os resultados estão na figura 7 a seguir.

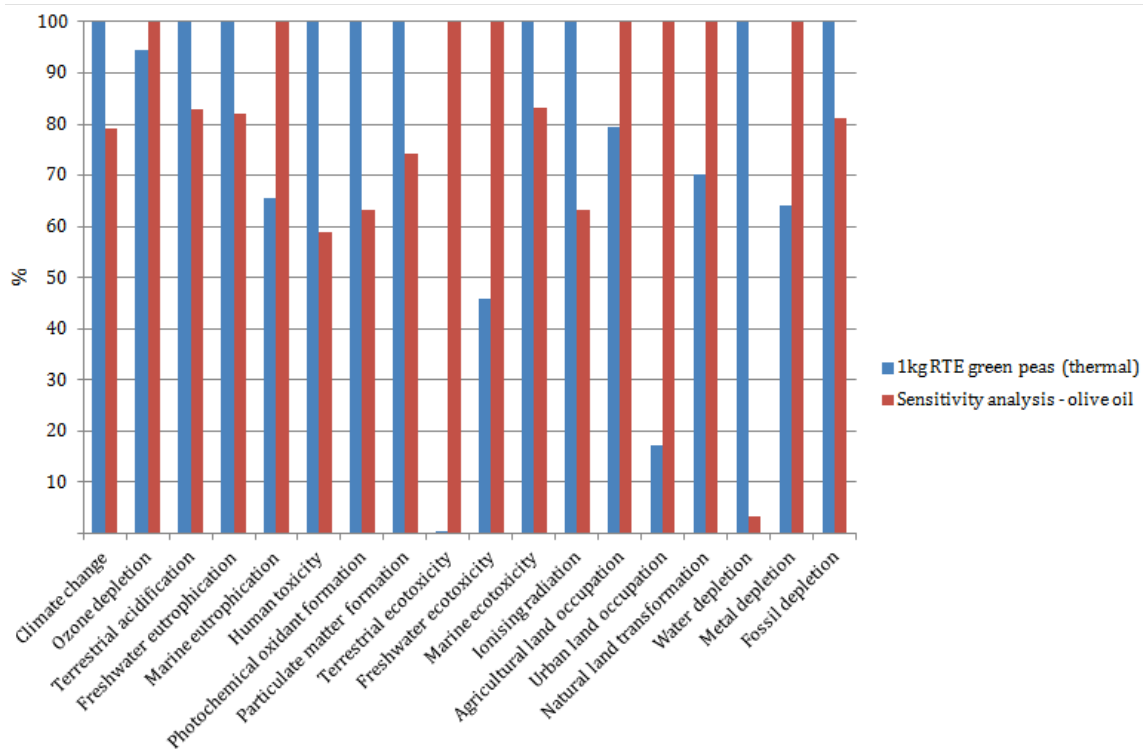


Figura 7: Comparação entre o estudo de caso e a primeira análise de sensibilidade (azeite)

Fonte: elaboração própria (2018)

Pela figura 7, é possível concluir que a escolha do conjunto de dados tem uma grande influência na análise. Em 10 categorias de impacto, o novo conjunto de dados, isto é "óleo de colza", usado causa menos impactos potenciais. Enquanto, para as outras 8 categorias de impacto, houve um aumento nos impactos potenciais.

3.4.2. Análise de Sensibilidade do Transporte do Consumidor

A segunda análise de sensibilidade está relacionada ao transporte do consumidor. Na etapa denominada "Consumidor", duas hipóteses foram feitas para o transporte utilizado pelo consumidor para a compra do prato pronto. A primeira (0,1 km por carro após alocação) foi utilizada na análise principal, conforme explicado no subcapítulo 3.2 Análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV). O segundo cenário foi utilizado para a análise de sensibilidade, portanto, neste caso, o consumidor caminha

da sua casa até o mercado para comprar o produto uma média de 100 m. Nenhuma carga ambiental foi atribuída à caminhada, logo apenas a eletricidade usada para aquecer o prato pronto é calculado nesta fase. Os resultados comparando a ACV original e a análise de sensibilidade são mostrados na figura 8 abaixo.

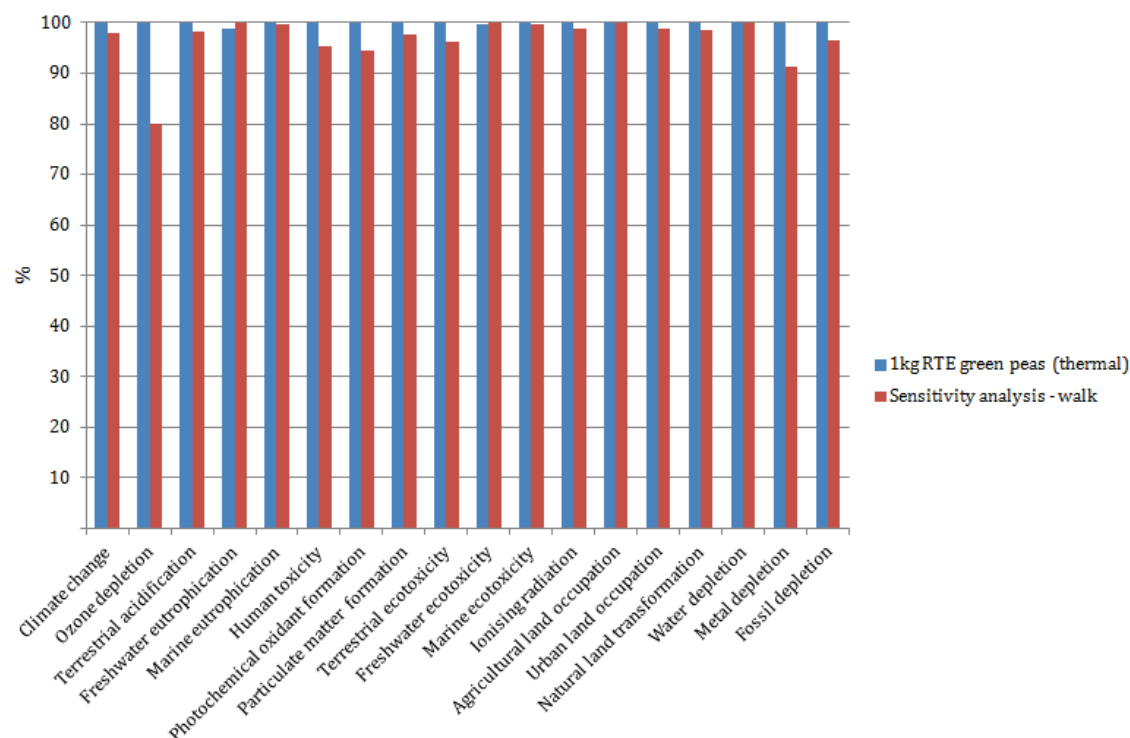


Figura 8: Comparação entre o estudo de caso e a segunda análise de sensibilidade (a pé)

Fonte: elaboração própria (2018)

Como esperado, em 16 das 18 categorias de impacto, houve uma diminuição dos impactos potenciais. Na categoria “Redução da Camada de Ozônio”, a diminuição para a análise de sensibilidade em comparação com o estudo de base foi de 20%, o que pode ser justamente explicado pelo transporte. Além disso, na categoria “Depleção de Recursos Minerais”, esta análise de sensibilidade mostrou uma diminuição de 8% em comparação com o estudo de base.

3.4.3. Análise de Sensibilidade do Dataset de Todos os Transportes

A terceira análise de sensibilidade foi realizada para verificar se o conjunto de dados utilizado para o transporte alteraria os resultados. No estudo de caso, o conjunto de dados usado foi *Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass*, porque não havia muita informação sobre o tipo de transporte utilizado, então este parecia representar melhor a realidade. No entanto, para esta análise de sensibilidade, foi escolhido outro conjunto de dados *Transport, lorry 16-32t, EURO5/RER U*, baseado na opinião de especialistas de que este seria o melhor para fazer uma comparação. A unidade usada (tkm) não foi alterada nem sua quantidade, a fim de ter uma comparação justa. O restante do ciclo de vida também permaneceu o mesmo. A figura 9 representa os resultados desta comparação.

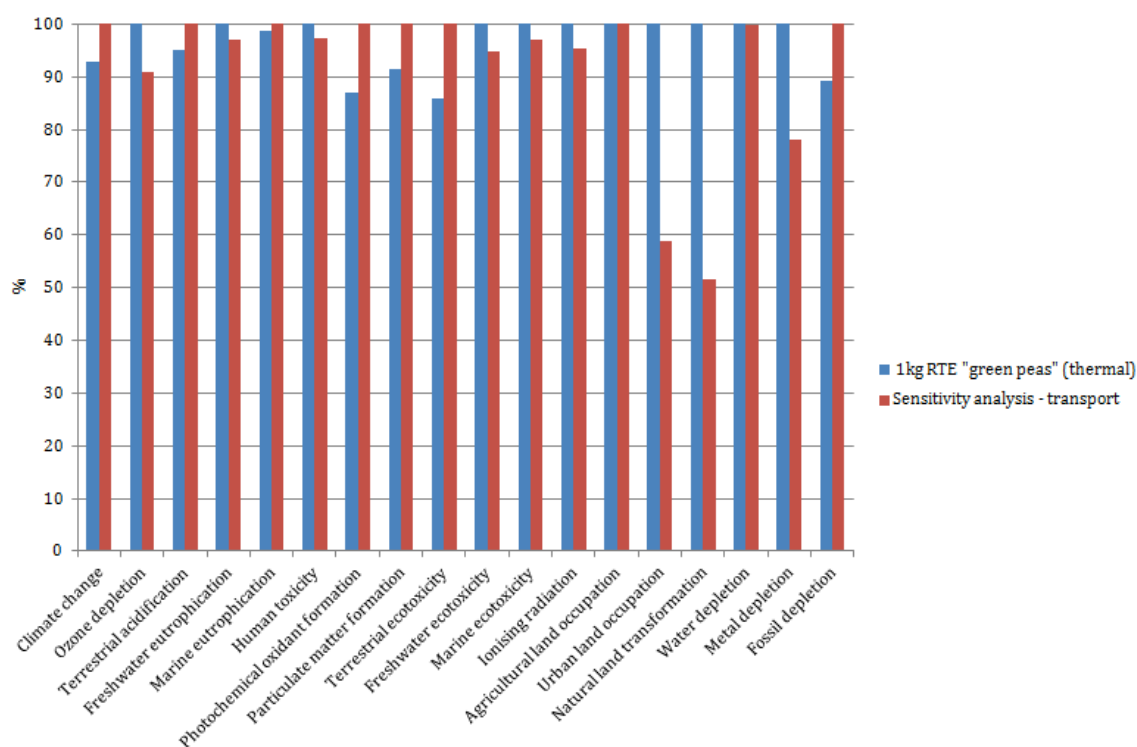


Figura 9: Comparação entre o estudo de caso e a terceira análise de sensibilidade (conjuntos de dados de transporte)

Fonte: elaboração própria (2018)

Para 11 categorias de impacto, há uma redução dos impactos potenciais para a análise de sensibilidade. Isso mostra que a escolha do conjunto de dados é um passo muito importante do estudo, porque este pode alterar enormemente os resultados. Além

disso, para as outras 7 categorias de impacto, houve uma redução dos impactos potenciais. As categorias “Ocupação de Solo Urbano” e “Transformação de Área Natural” são as que apresentam a maior diferença entre o estudo de caso e a análise de sensibilidade, entre 40 e 50% de redução. A causa provável é que o segundo conjunto de dados utilizado não inclui em seu cálculo a construção de rodovias em estradas rurais e em áreas urbanas, enquanto no primeiro ocorre.

4. Conclusões e Recomendações

Depois de analisar todas as seções anteriores, é possível concluir que a escolha do conjunto de dados é uma das etapas mais difíceis e mais importantes da ACV, o que pode alterar completamente seus resultados. A melhor opção é ter todos os dados primários e criar o conjunto de informações a partir de valores obtidos com os próprios fabricantes, quando possível, porque, embora os bancos de dados disponíveis tenham uma quantidade enorme de informações, estas geralmente representam uma média. Isso pode levar à quantificação excessiva ou à sub quantificação dos dados, o que significa que seus resultados podem ser ou maiores do que deveriam ou menores. Ambos podem levar a interpretações equivocadas dos resultados finais.

Os ingredientes são os maiores contribuintes para 17 das 18 categorias de impacto, como esperado. Portanto, além do uso de dados primários, um esforço deve ser focado nos estágios da agricultura e pecuária, a fim de melhorar os métodos usados atualmente. Algumas mudanças na fazenda seriam interessantes, como a rotação de culturas, a substituição de fertilizantes inorgânicos, entre outros, são algumas das soluções possíveis. Uma vez que o maior uso consuntivo dos recursos hídricos é na agropecuária e o maior impacto da ACV do prato pronto é nos ingredientes vindos da agropecuária, então é importante destacar o impacto indireto no uso dos recursos hídricos.

Além disso, a eletricidade usada na fábrica mostrou ser um dos principais contribuintes para as cargas ambientais. Seria interessante mudar o tipo de energia usada para uma mistura de eletricidade rotulada verde [2]. Para a categoria de impacto “Depleção de Recursos Minerais”, com seu maior contribuinte sendo a fabricação da máquina, o uso de aço reciclado é uma opção para reduzir os possíveis impactos. Outra opção é melhorar o descarte da máquina após sua vida útil, para ser reutilizada ou para construir uma nova a partir de suas partes usadas.

Existem alguns artigos sobre a ACV de pratos prontos disponíveis on-line, mas estes são muito diferentes entre si. Como pode-se perceber no Capítulo 2, Revisão Bibliográfica, as unidades funcionais são completamente distintas entre si. Ademais, geralmente não usam a mesma avaliação de impacto do ciclo de vida, o que leva a

resultados muito distintos. Por isso, foi difícil comparar os resultados dessa ACV com os da literatura. Além disso, algumas das diferentes avaliações do ciclo de vida já estão desatualizadas e não são mais suportadas pelo SIMAPRO.

É importante criar regras e ter algumas análises como modelo para a ACV de pratos prontos, a fim de obter uma boa comparação entre os produtos. Por exemplo, há um projeto europeu chamado PEFCR (Product Environment Footprint Category Rules) que tem por objetivo fornecer orientações específicas para calcular e relatar os impactos ambientais do ciclo de vida dos produtos [25]. Há 25 pilotos para testar essas regras, nas quais 11 dizem respeito ao setor de alimentos, porém o prato pronto não está incluído. No entanto, deve ser incluído no futuro próximo.

Quanto ao tratamento de preservação utilizado no prato pronto, não há artigos suficientes para tratar esse assunto. O mais interessante que cobriu as etapas dentro da indústria de alimentos foi o do Pardo [1]. Há uma grande necessidade de mais ACV sobre o equipamento de tratamento de preservação, porque sua produção tem um grande impacto potencial em relação às matérias-primas. Além disso, o fim da vida útil da máquina precisa ser analisado, porque não há informações suficientes disponíveis. Mesmo os produtores de alimentos que usam esse equipamento não sabem o que fazer com ele após sua vida útil.

Apesar de algumas informações ausentes e algumas suposições feitas em todo a ACV, o mais importante é que todos os dados foram explicados. A chave para uma ACV boa e comparável é a transparência e a atenção aos detalhes dados pelos profissionais, a fim de ajudar o leitor a entender as etapas envolvidas na avaliação, bem como as partes que foram excluídas. Isso ajuda na comparação entre diferentes produtos na mesma categoria com a mesma unidade funcional.

Embora a ACV seja um método muito completo com diversos benefícios, ele ainda tem algumas limitações. Este procedimento não calcula os impactos sociais e econômicos potenciais, que podem fazer uma grande diferença dependendo do produto em estudo. Além disso, há muitas incertezas relacionadas à esta técnica, principalmente por causa dos dados coletados que podem não ser inteiramente precisos. Portanto, várias hipóteses precisam ser feitas para ter uma ACV justa. É importante ter uma análise o mais transparente possível, com todas as suposições e hipóteses feitas ao longo do estudo explicadas.

Minha recomendação para futuros trabalhos é que seja feita uma Avaliação do Ciclo de Vida de um prato de comida típico do Brasil. É sempre interessante iniciar com análises mais simples e o prato brasileiro mais básico é o arroz com feijão. Isso já seria um começo para uma base de dados brasileira, principalmente com informações agrícolas. Sendo o país essencialmente agricultor, é muito importante verificar os impactos potenciais que essa atividade pode causar e os principais pontos, onde é preciso ter atenção.

Outra recomendação é fazer uma ACV de um prato cozido em casa, com os mesmos ingredientes usados neste estudo. Assim, seria possível comparar os resultados de um prato artesanal feito em casa e um produzido em uma indústria. O interesse desta comparação seria tanto na parte da compra dos ingredientes quanto na fabricação, pois o prato artesanal é mais individualizado e por isso os impactos ambientais ficariam mais concentrados. Enquanto, no caso de um prato industrializado, os encargos ambientais ficam distribuídos pelos diversos produtos fabricados.

Referencias Bibliográficas

- [1] PARDO, G. e ZUFÍA, J.. “Life cycle assessment of food-preservation technologies”. *Journal of Cleaner Production*. Junho 2012, Vol. 28, pp. 198-207. (Consultado dia 12 de Dezembro de 2018). Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611003878>
- [2] BERLIN, J. e SUND, V.. *Environmental life cycle assessment (LCA) of ready meals: LCA of two meals; pork and chicken & screening assessments of six ready meals*. Göteborg: SIK - Institutet för livsmedel och bioteknik, 2010. ISBN 978-91-7290-294-7.
- [3] CALDERON, L.A., IGLESIAS, L., LACA, A., et al. “The utility of Life Cycle Assessment in the ready meal food industry”. *Resources, Conservation and Recycling*. Março 2010, Vol. 54, p.p 1196-1207. (Consultado dia 12 de Dezembro de 2018). Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134491000090X>
- [4] FLURY, K., BUSSER, S. e JUNGBLUTH, N. (2012) “Ready-to-serve vs. home-made lasagne: An LCA with a focus on food waste in different production chains”. ESU-services Ltd. commissioned by European Aluminium Foil Association e.V. (EAFA), Düsseldorf, DE and Zürich, CH. (Consultado dia 12 de Dezembro de 2018). Disponível em: www.esu-services.ch/projects/lcafood/waste/
- [5] Fiesp/Ibope Brasil Food Trends 2020. Disponível em: <http://www.brasilfoodtrends.com.br>. Acesso em: 30 Setembro 2018.
- [6] ISO 14040 (2006) Environmental management – life cycle assessment – principles and framework

- [7] ISO 14044 (2006) Environmental management – life cycle assessment – requirements and guidelines
- [8] Campolina, J.M., Sigrist, C.S.L. e da Silva Moris, V.A., 2015. *Uma revisão de literatura sobre softwares utilizados em estudos de Avaliação do Ciclo de Vida*. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 19(2), pp.735-750.
- [9] Nigri, E.M., 2012. *Análise comparativa do ciclo de vida de produtos alimentícios industriais e artesanais da culinária mineira*. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUOS-8THJZY>. Acesso em: 30 Novembro 2018.
- [10] European Commission – Joint Research Centre – Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook. EUR 24982 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union; 2012.
- [11] Furtado, J.M., Carvalho, A., Mimoso, A.F., Mendes, A.N. e Matos, H.A., 2013. *Comparison of different life cycle impact assessment (LCIA) methods and software to evaluate improvements in chemical processes*. In 3rd LCA Conference, 3^a ed, Lille.
- [12] Villamonte, G., Lamballerie, M.D. e Jury, V., 2014. “Consideration of the product quality in the life cycle assessment: case of a meat product treated by high pressure”. In Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector (LCA Food 2014), San Francisco, California, USA, 8-10 October, 2014 (pp. 1488-1496). American Center for Life Cycle Assessment.
- [13] PRé Sustainability. *SimaPro Database Manual – Methods Library*. Abril 2016. Version 2.9. (Consultado dia 12 de Dezembro de 2018). Disponível em: <https://www.pre-sustainability.com/simapro-database-and-methods-library>

- [14] Breedveld, L., Fontana, S., Miserochi, C., Vannini, L., Papaspyrides, C.D., Vouyiouka, S., Georgousopoulou, I. e Dole, P., 2014. “LCA of vegetarian burger packed in biobased polybutylene succinate”. In *Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector (LCA Food 2014), San Francisco, California, USA, 8-10 October, 2014* (pp. 157-166). American Center for Life Cycle Assessment.
- [15] Kim, D.S., Thoma, G., Ulrich, R., Nutter, D. e Milani, F., 2014. “Life cycle assessment of cheese manufacturing in the United States”. In *Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector (LCA Food 2014), San Francisco, California, USA, 8-10 October, 2014* (pp. 634-640). American Center for Life Cycle Assessment.
- [16] Iribarren, D., Moreira, M.T. e Feijoo, G., 2010. “Life Cycle Assessment of fresh and canned mussel processing and consumption in Galicia (NW Spain)”. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(2), pp.106-117.
- [17] Rivera, X.C.S., Orias, N.E. e Azapagic, A., 2014. “Life cycle environmental impacts of convenience food: Comparison of ready and home-made meals”. *Journal of cleaner production*, 73, pp.294-309.
- [18] Sonesson, U., Mattsson, B., Nybrant, T. and Ohlsson, T., 2005. “Industrial processing versus home cooking: an environmental comparison between three ways to prepare a meal”. *Ambio*, pp.414-421.
- [19] AVRAAMIDES, M. et FATTA, D. “Resource consumption and emissions from olive oil production: a life cycle inventory case study in Cyprus”. *Journal of Cleaner Production*. Maio 2008, Vol. 16, nº 7, p. 809-821. DOI 10.1016/j.jclepro.2007.04.002. (Consultado dia 12 de Dezembro de 2018). Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652607001059>

- [20] DIVERSEY. *Hypofoam VF6*. Regulation EC No 1907/2006, 2014. (Consultado dia 12 de Dezembro de 2018). Disponível em: http://bluemsds.tdgmond.be/files/msds/Hypofoam%20VF6_16-05-2014_EN.pdf
- [21] DIVERSEY. *Acifoam VF10*. Regulation EC No 1907/2006, 2012. (Consultado dia 12 de Dezembro de 2018). Disponível em: http://bluemsds.tdgmond.be/files/msds/Acifoam%20VF10_18-04-2012_EN.pdf
- [22] ALMASI, A.M., MILIOS, L. *Municipal Waste Management in Spain*. European Environmental Agency. Fevereiro 2013. (Consultado dia 12 de Dezembro de 2018). Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A52014SC0172>
- [23] BOVEA, M.D., IBÁÑEZ-FORÉS, V., GALLARDO, A., et al. “Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study.” *Waste Management*. Novembro 2010, Vol. 30, nº 11, p. 2383-2395. DOI 10.1016/j.wasman.2010.03.001. (Consultado dia 12 de Dezembro de 2018). Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X10001492>
- [24] MENDES, N. C., 2013, *Métodos e modelos de caracterização para a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: análise e subsídios para a aplicação no Brasil*. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-15102013-085143/pt-br.php>. Acesso em: 17 jul. 2018
- [25] EUROPEAN COMMISSION. *Environmental Footprint Pilot Guidance document*. Guidance for the implementation of the EU Product Environmental Footprint (PEF) during the Environmental Footprint (EF) Pilot Phase, v. 5.2, Fevereiro 2016. (Consultado dia 12 de Dezembro de 2018). Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/Guidance_products.pdf

Anexo I – Tabela Completa para o prato pronto

Fonte: Q = questionário ; A = hipótese; L = literatura

Tipo de fonte: P = primário; S = secundário

Tabela 19: Tabela completa com todos os dados do prato pronto

Fase do Ciclo de Vida	Subfase do Ciclo de Vida	Processo	Fluxo	Quantidade (original)	Quantidade (para 1kg)	Unidade	Fonte	Tipo de fonte	ICV Default	Banco de dados do AICV
Recepção dos ingredientes	Ervilhas na fábrica	Ingrediente	Ervilha		0,71	kg	Q	P	Peas, from farm	LCA Food DK
		Transporte refrigerado	caminhão		0,046	tkm	Q	P	Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation
	Cenoura na fábrica	Ingrediente	Cenoura		0,13	kg	Q	P	Carrot {GLO} market for Alloc Def, U	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit
		Transporte refrigerado	caminhão		0,046	tkm	Q	P	Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation
	Presunto na fábrica	Ingrediente	Presunto		0,03	kg	Q	P	Ham (skinke), whole sale	LCA Food DK
		Transporte refrigerado	caminhão		0,067	tkm	Q	P	Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation

Azeite na fábrica	Ingrediente	Azeite		1,091703	L	Q&A	P/S	Olive oil (created)	002 Hipster green peas
	Transporte	caminhão		0,03	tkm	Q	P	Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation
Sal na fábrica	Ingrediente	Sal		0,013	kg	Q	P	Sodium chloride, powder, at plant/RER U	Ecoinvent unit process
	Transporte	caminhão		0,05	tkm	Q	P	Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation
Azeite	Entradas	Eletricidade		2,58	kWh	L	S	Electricity, medium voltage, production RER, at grid/RER U	Ecoinvent unit process
		Água		3,914	m3	L	S	Water, well, in ground, CY	Input from nature
		Óleo cru		495	g	L	S	Crude oil, at production/RNA	USLCI
	Emissões atmosféricas	Fóssil de dióxido de carbono		3,9	kg	L	S	Carbon dioxide, fossil	Emission to air
		Óxidos de nitrogênio		32,2	g	L	S	Nitrogen oxides	Emission to air
		Dióxido de enxofre		13,7	g	L	S	Sulfur dioxide	Emission to air
	Emissões aquáticas	DQO		17,1	g	L	S	COD, Chemical Oxygen Demand	Emission to water
		DBO		9,5	g	L	S	BOD5, Biological	Emission to

									Oxygen Demand	water
		Emissões do solo	Chumbo		4,03	mg	L	S	Lead	Emission to soil
			Zinco		96,9	mg	L	S	Zinc	Emission to soil
Cadeia de produção	Detergente alcalino na fábrica	Material	NaOH (hidróxido de sódio)	152,6		kg	Q	P	Sodium hydroxide, from membrane technology (33% NaOH), at plant/RER Mass	Agri-footprint - mass allocation
		Transporte	caminhão		0,8	tkm	Q	P	Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation
	Detergente ácido na fábrica	Material	Ácido fosfórico	16,4		kg	Q	P	Phosphoric acid, industrial grade, 85% in H2O, at plant/RER U	Ecoinvent unit process
		Transporte	caminhão		0,8	tkm	Q	P	Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation
	Dados de entrada da fábrica para um ano	Água	Água encanada	720		kg	Q	P	Tap water, at user/RER U	Ecoinvent unit process
		Energia	Eletricidade	20		MWh	Q	P	Electricity, medium voltage, production RER, at grid/RER U	Ecoinvent unit process
		Energia	Gás natural	72		MJ	Q	P	Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER U	Ecoinvent unit process
	Saídas	Emissão	Água	50400		mg	Q	P	DOC, Dissolved Organic Carbon	Emission to water

		Resíduos	Resíduo orgânico	800		kg	Q	P	Composting organic waste/RER U	Ecoinvent unit process
		Resíduos	Reciclagem do papelão	30		kg	Q	P	Recycling cardboard/RER U	Ecoinvent unit process
		Resíduos	Reciclagem do plástico	90,4		kg	Q	P	Recycling mixed plastics/RER U	Ecoinvent unit process
Embalagem	Papelão na fábrica	Material	Papelão		120	g	Q	P	Corrugated board, mixed fibre, single wall, at plant/RER U	Ecoinvent unit process
		Transporte	caminhão		0,2	tkm	Q	P	Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation
	PE (filme plástico) na fábrica	Material	PE		2	g	Q	P	Packaging film, LDPE, at plant/RER U	Ecoinvent unit process
		Transporte	caminhão		0,05	tkm	Q	P	Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation
	Filme de PP/Alu na fábrica	Material	PP/Alu		10	g	Q	P	Oriented polypropylene film E	Industry data 2.0
		Transporte	caminhão		1,2	tkm	Q	P	Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation
	Bandeja de PP/EVO	Material	EVOH		70	g	Q	P	Ethylene vinyl acetate copolymer, at plant/RER U	Ecoinvent unit process

	H/PP	Transporte	caminhão		0,451	tkm	Q	P	Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation
Tratamento de Preservação (Térmico)	Entradas para 1h de tratamento	Energia	Ar comprimido	10		Nm3	Q	P	Compressed air, 10 bar, high efficiency, production mix, at plant, low power consumption EU-27 S	ELCD
		Vapor	Gás natural	100		kg	Q	P	On-site steam average E	Industry data 2.0
		Energia	Eletricidade	6		kWh	Q	P	Electricity, medium voltage, production RER, at grid/RER U	Ecoinvent unit process
		Água	Água encanada	80,2375		kg	Q	P	Tap water, at user/RER U	Ecoinvent unit process
	Agente ácido na fábrica	Material	Ácido fosfórico	0,00475		kg	Q	P	Phosphoric acid, industrial grade, 85% in H2O, at plant/RER U	Ecoinvent unit process
		Transporte	caminhão		0,4	tkm	Q	P	Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation
Centro de distribuição		Transporte	caminhão		0,4	tkm	Q	P	Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation
Varejista		Transporte	caminhão		0,4	tkm	Q	P	Transport, truck <10t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation

Consumidor		Transporte	carro		0,1	km	Q&A	P/S	Transport, passenger car/RER U	LCA Food DK
		Energia	Eletricidade		0,0283	kWh	Q	P	Electricity, medium voltage, production RER, at grid/RER U	Ecoinvent unit process
Fim de vida do prato pronto	Reciclagem de papelão	Reciclagem	Papelão		96	g	Q	P	Recycling cardboard/RER U	Ecoinvent unit process
		Transporte	caminhão		0,4534	tkm	L	S	Transport, lorry 16-32t, EURO5/RER U	Ecoinvent unit process
	Reciclagem de plástico	Reciclagem	Plástico		49	g	Q	P	Recycling mixed plastics/RER U	Ecoinvent unit process
		Transporte	caminhão		0,4534	tkm	L	S	Transport, lorry 16-32t, EURO5/RER U	Ecoinvent unit process
	Compostagem de resíduo orgânico	Compostagem	Resíduo orgânico		1	g	Q	P	Composting organic waste/RER U	Ecoinvent unit process
		Transporte	caminhão		0,01	tkm	Q	P	Transport, lorry 16-32t, EURO5/RER U	Ecoinvent unit process
	Resíduo sólido – aterro	Resíduo	Resíduo plástico		32,67	g	L	S	Landfill of plastic waste EU-27	ELCD
		Resíduo	Resíduo papelão		24	g	L	S	Disposal, packaging cardboard, 19,6% water, to sanitary landfill/CH U	Ecoinvent unit process
		Transporte	Coleta de resíduo municipal		0,0257	tkm	L	S	Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH U	Ecoinvent unit process
Máquina térmica		Fabricação da máquina térmica			0,0011667	kg	Q&A	P/S	Thermal machine	002 Hipster green peas

Anexo II – Tabela completa para máquina térmica

Fonte: Q = questionário ; A = hipótese; L = literatura

Tipo de fonte: P = primário; S = secundário

Tabela 20: Tabela completa para a máquina térmica

Fase do Ciclo de Vida	Subfase do Ciclo de Vida	Processo	Fluxo	Quantidade (original)	Quantidade (para 1kg)	Unidade	Fonte	Tipo de fonte	ICV Default
Fabricação da máquina	Componentes	Material	Aço inoxidável	2520	kg	A	S	Steel, stainless 304, scrap/kg/GLO	USLCI
		Material	Aço	280	kg	A	S	Steel, low-alloyed, at plant/RER U	Ecoinvent unit process
	Entrada	Transporte	Caminhão	2310	tkm	Q	P	Transport, truck >20t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass	Agri-footprint - mass allocation
Fim de vida da máquina térmica	Reciclagem do aço	Reciclagem	Aço	2156	kg	L	S	Recycling steel and iron/RER U	Ecoinvent unit processes
	Resíduo sólido – aterro	Resíduo	Resíduo de metal	644	kg	L	S	Disposal, steel, 0% water, to inert material landfill/CH U	Ecoinvent unit processes

Anexo III – Resultados (caracterização e normalização)

Tabela 21: Resultados de caracterização, em porcentagem

Categorias de impactos	Recepção de ingredientes	Cadeia de produção	Embalagem	Tratamento de preservação (térmico)	Centro de distribuição	Varejista	Consumidor	Máquina térmica	Fim de vida
Mudanças Climáticas	68,77	7,2	0,02	4,69	6,99	6,99	2,83	0,01	2,51
Redução da Camada de Ozônio	75,52	2,73	0,01	0,37	0,11	0,11	20,15	0,	0,99
Acidificação Terrestre	82,47	3,61	0,01	4,02	3,64	3,64	2,24	0,01	0,38
Eutrofização de Água Doce	65,83	28,4	0,02	1,81	0,11	0,11	2,13	0,02	1,58
Eutrofização Marinha	94,71	0,98	0,004	0,28	0,97	0,97	0,42	0,01	1,65
Toxicidade Humana	69,15	19,81	0,02	1,29	0,83	0,83	6,78	0,02	1,28
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	70,88	2,73	0,01	2,44	8,56	8,56	5,86	0,01	0,95
Formação de Material Particulado	74,92	4,47	0,01	4,46	6,16	6,16	2,87	0,01	0,95
Ecotoxicidade Terrestre	71,91	2,11	0,02	0,16	10,46	10,46	3,96	0,01	0,9
Ecotoxicidade de Água Doce	67,72	24,76	0,03	1,59	0,23	0,23	2,5	0,05	2,9
Ecotoxicidade Marinha	64,57	24,28	0,03	1,55	1,88	1,88	3,01	0,05	2,75
Radiação Ionizante	54,85	36,44	0,02	2,51	0,12	0,12	5,36	0,01	0,57

Ocupação de Terra Agrícola	99,88	0,09	0,01	0,01	0,	0,	0,02	0,0001	0,002
Ocupação de Solo Urbano	65,39	20,36	0,2	1,41	0,	0,	3,07	0,05	9,52
Transformação de Área Natural	58,74	28,05	0,13	1,81	0,	0,	4,65	0,01	6,61
Depleção Hídrica	97,76	0,9	0,003	0,1	0,002	0,002	0,18	1,03	0,02
Depleção de Recursos Minerais	27,52	6,74	0,05	0,46	0,13	0,13	9,53	52,88	2,58
Depleção de Combustíveis fósseis	53,74	9,95	0,05	6,98	11,38	11,38	4,49	0,48	1,55

Tabela 22: Resultados da caracterização

Categorias de impactos	Unidade	Total	Recepção de ingredientes	Cadeia de produção	Embalagem	Tratamento de preservação (térmico)	Centro de distribuição	Varejista	Consumidor	Máquina térmica	Fim de vida
Mudanças Climáticas	kg CO2 eq	1,76E+00	1,21E+00	1,27E-01	3,17E-04	8,26E-02	1,23E-01	1,23E-01	4,99E-02	1,82E-04	4,43E-02
Redução da Camada de Ozônio	kg CFC-11 eq	2,22E-07	1,68E-07	6,06E-09	1,77E-11	8,13E-10	2,52E-10	2,52E-10	4,47E-08	5,04E-12	2,21E-09
Acidificação Terrestre	kg SO2 eq	1,41E-02	1,16E-02	5,09E-04	1,02E-06	5,67E-04	5,13E-04	5,13E-04	3,16E-04	7,30E-07	5,32E-05
Eutrofização de Água Doce	kg P eq	3,76E-04	2,48E-04	1,07E-04	7,09E-08	6,80E-06	3,98E-07	3,98E-07	8,03E-06	6,41E-08	5,93E-06
Eutrofização Marinha	kg N eq	3,28E-03	3,10E-03	3,20E-05	1,41E-07	9,20E-06	3,19E-05	3,19E-05	1,38E-05	2,29E-07	5,41E-05
Toxicidade Humana	kg 1,4-DB eq	3,57E-01	2,47E-01	7,06E-02	6,42E-05	4,60E-03	2,94E-03	2,94E-03	2,42E-02	8,26E-05	4,57E-03

Formação de Oxidantes Fotoquímicos	kg NMVOC	9,80 E-03	6,94E-03	2,67E-04	1,09E-06	2,39E-04	8,39E-04	8,39E-04	5,74E-04	9,84E-07	9,28E-05
Formação de Material Particulado	kg PM10 eq	3,67 E-03	2,75E-03	1,64E-04	3,78E-07	1,64E-04	2,26E-04	2,26E-04	1,05E-04	5,12E-07	3,47E-05
Ecotoxicidade Terrestre	kg 1,4-DB eq	1,50 E-04	1,08E-04	3,16E-06	3,24E-08	2,44E-07	1,57E-05	1,57E-05	5,92E-06	1,65E-08	1,34E-06
Ecotoxicidade de Água Doce	kg 1,4-DB eq	6,82 E-03	4,62E-03	1,69E-03	2,05E-06	1,09E-04	1,54E-05	1,54E-05	1,70E-04	3,15E-06	1,98E-04
Ecotoxicidade Marinha	kg 1,4-DB eq	6,84 E-03	4,41E-03	1,66E-03	2,01E-06	1,06E-04	1,29E-04	1,29E-04	2,06E-04	3,25E-06	1,88E-04
Radiação Ionizante	kBq U235 eq	2,64 E-01	1,45E-01	9,64E-02	4,10E-05	6,65E-03	3,07E-04	3,07E-04	1,42E-02	2,58E-05	1,51E-03
Ocupação de Terra Agrícola	m2a	2,40 E+00	2,39E+00	2,15E-03	2,57E-04	1,40E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,82E-04	2,57E-06	5,25E-05
Ocupação de Solo Urbano	m2a	2,46 E-03	1,61E-03	5,00E-04	4,86E-06	3,46E-05	0,00E+00	0,00E+00	7,55E-05	1,27E-06	2,34E-04
Transformação de Área Natural	m2	5,48 E-05	3,22E-05	1,54E-05	6,98E-08	9,93E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,55E-06	3,10E-09	3,63E-06
Depleção Hídrica	m3	5,33 E-01	5,21E-01	4,81E-03	1,34E-05	5,58E-04	1,12E-05	1,12E-05	9,60E-04	5,47E-03	1,02E-04
Depleção de Recursos Minerais	kg Fe eq	2,33 E-02	6,43E-03	1,57E-03	1,10E-05	1,07E-04	2,92E-05	2,92E-05	2,22E-03	1,23E-02	6,03E-04
Depleção de Combustíveis fósseis	kg oil eq	3,48 E-01	1,87E-01	3,46E-02	1,78E-04	2,43E-02	3,96E-02	3,96E-02	1,56E-02	1,68E-03	5,39E-03

Tabela 23: Resultados normalizados

Categorias de impactos	Recepção de ingredientes	Cadeia de produção	Embalagem	Tratamento de preservação (térmico)	Centro de distribuição	Varejista	Consumidor	Máquina térmica	Fim de vida
Mudanças Climáticas	1,08E-04	1,13E-05	2,83E-08	7,37E-06	1,10E-05	1,10E-05	4,45E-06	1,62E-08	3,95E-06
Redução da Camada de Ozônio	7,61E-06	2,75E-07	8,04E-10	3,69E-08	1,15E-08	1,15E-08	2,03E-06	2,29E-10	1,00E-07
Acidificação Terrestre	3,38E-04	1,48E-05	2,95E-08	1,65E-05	1,49E-05	1,49E-05	9,19E-06	2,12E-08	1,55E-06
Eutrofização de Água Doce	5,97E-04	2,58E-04	1,71E-07	1,64E-05	9,58E-07	9,58E-07	1,94E-05	1,55E-07	1,43E-05
Eutrofização Marinha	3,07E-04	3,16E-06	1,39E-08	9,09E-07	3,15E-06	3,15E-06	1,36E-06	2,26E-08	5,34E-06
Toxicidade Humana	3,92E-04	1,12E-04	1,02E-07	7,31E-06	4,68E-06	4,68E-06	3,84E-05	1,31E-07	7,26E-06
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	1,22E-04	4,70E-06	1,92E-08	4,21E-06	1,48E-05	1,48E-05	1,01E-05	1,73E-08	1,63E-06
Formação de Material Particulado	1,84E-04	1,10E-05	2,54E-08	1,10E-05	1,52E-05	1,52E-05	7,06E-06	3,44E-08	2,33E-06
Ecotoxicidade Terrestre	1,30E-05	3,82E-07	3,93E-09	2,96E-08	1,89E-06	1,89E-06	7,16E-07	2,00E-09	1,63E-07
Ecotoxicidade de Água Doce	4,20E-04	1,54E-04	1,86E-07	9,88E-06	1,40E-06	1,40E-06	1,55E-05	2,86E-07	1,80E-05
Ecotoxicidade Marinha	5,08E-04	1,91E-04	2,31E-07	1,22E-05	1,48E-05	1,48E-05	2,37E-05	3,74E-07	2,16E-05
Radiação Ionizante	2,32E-05	1,54E-05	6,56E-09	1,06E-06	4,91E-08	4,91E-08	2,27E-06	4,14E-09	2,42E-07
Ocupação de Terra Agrícola	5,29E-04	4,75E-07	5,68E-08	3,10E-08	0,00E+00	0,00E+00	8,45E-08	5,68E-10	1,16E-08
Ocupação de Solo	3,95E-06	1,23E-06	1,20E-08	8,51E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,86E-07	3,13E-	5,76E-

Urbano						0		09	07
Transformação de Área Natural	1,99E-04	9,52E-05	4,32E-07	6,14E-06	0,00E+00	0,00E+00 0	1,58E-05	1,92E-08	2,25E-05
Depleção Hídrica	0,00E+00	0,00E+00 0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 0	0,00E+00	0,00E+00 0	0,00E+00 0
Depleção de Recursos Minerais	9,00E-06	2,20E-06	1,54E-08	1,49E-07	4,09E-08	4,09E-08	3,11E-06	1,73E-05	8,44E-07
Depleção de Combustíveis fósseis	1,20E-04	2,23E-05	1,15E-07	1,56E-05	2,55E-05	2,55E-05	1,00E-05	1,08E-06	3,46E-06

Anexo IV – Caracterização dos resultados, em porcentagem, por estágio do ciclo de vida

MATÉRIA-PRIMA

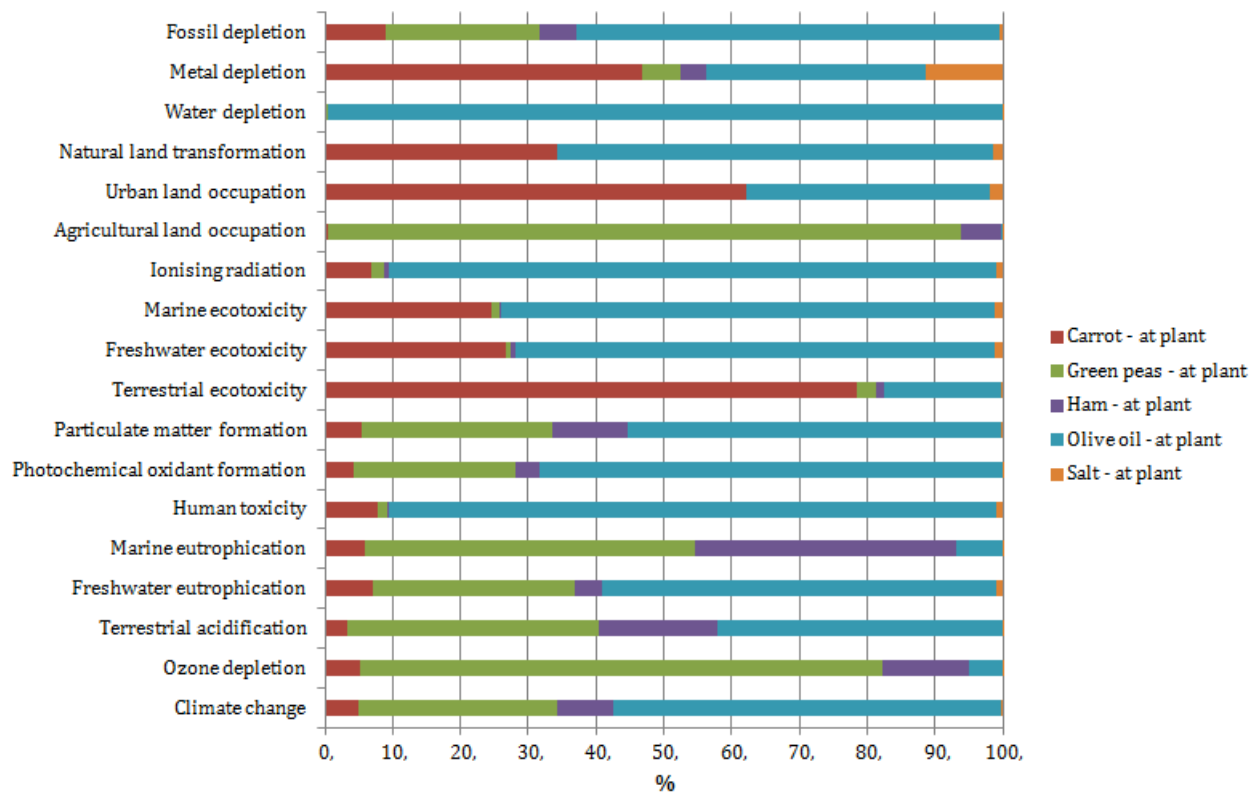


Figura 10: Resultados da caracterização para o estágio “Recepção dos ingredientes” (UF : 1kg)

Fonte: elaboração própria

Tabela 24: Resultados da caracterização, em porcentagem, para o estágio “Recepção dos ingredientes”

Categorias de impactos	Cenoura – na fábrica	Ervilha – na fábrica	Presunto – na fábrica	Azeite – na fábrica	Sal – na fábrica
Mudanças Climáticas	5,0427	29,267	8,1703	57,3103	0,2095
Redução da Camada de Ozônio	5,1346	77,0627	12,943	4,7703	0,0894
Acidificação Terrestre	3,2919	37,0206	17,5123	42,0781	0,097
Eutrofização de Água Doce	7,2063	29,7848	3,9369	58,1192	0,9528
Eutrofização Marinha	5,8274	48,7842	38,525	6,7999	0,0635
Toxicidade Humana	7,9099	1,1946	0,4249	89,4642	1,0065
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	4,192	23,9579	3,4135	68,3333	0,1032
Formação de Material Particulado	5,3835	28,1711	11,0151	55,2766	0,1536
Ecotoxicidade Terrestre	78,4842	2,8396	1,1077	17,327	0,2414
Ecotoxicidade de Água Doce	26,7432	0,5753	0,7859	70,684	1,2115
Ecotoxicidade Marinha	24,6825	0,9652	0,4409	72,6145	1,297
Radiação Ionizante	6,7575	1,949	0,815	89,6367	0,8418
Ocupação de Terra Agrícola	0,5838	93,2414	6,0468	0,1208	0,0072
Ocupação de Solo Urbano	62,1783	0	0	35,9006	1,921
Transformação de Área Natural	34,3783	0	0	64,2148	1,4069
Depleção Hídrica	0,3088	0,0432	0,0348	99,5826	0,0305
Depleção de Recursos Minerais	46,6894	5,8328	3,6956	32,368	11,4142
Depleção de Combustíveis fósseis	9,0582	22,5871	5,5357	62,4548	0,3642

Fonte: elaboração própria

CADEIA DE PRODUÇÃO

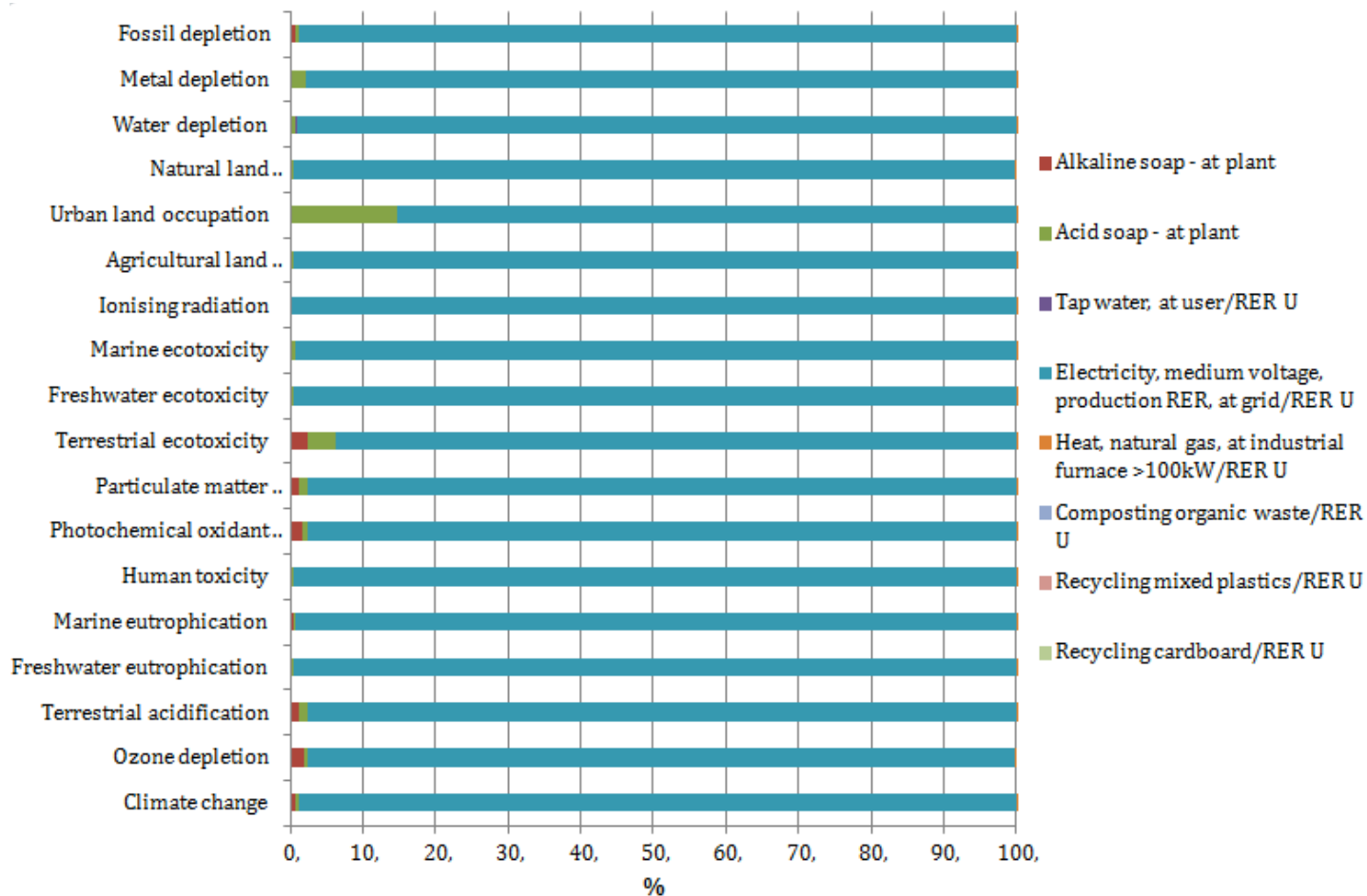


Figura 11: Resultados da caracterização para o estágio “Cadeia de produção” (UF : 1kg)

Fonte: elaboração própria

Tabela 25: Resultados da caracterização, em porcentagem, para o estágio “Cadeira de produção”

Categorias de impactos	Detergent e alcalino - na fábrica	Detergent e ácido - na fábrica	Tap water, at user/RER U	Electricity, medium voltage, production RER, at grid/RER U	Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER U	Composting organic waste/RER U	Recycling mixed plastics/RER U	Recycling cardboard/RER U
Mudanças Climáticas	0,803	0,2687	0,0023	98,8752	0,0508	0	0	0
Redução da Camada de Ozônio	1,8585	0,4438	0,0024	97,5426	0,1527	0	0	0
Acidificação Terrestre	1,0643	1,3747	0,0022	97,5497	0,009	0	0	0
Eutrofização de Água Doce	0,0026	0,3484	0,0021	99,646	0,0009	0	0	0
Eutrofização Marinha	0,5258	0,2459	0,0022	99,2206	0,0055	0	0	0
Toxicidade Humana	0,0418	0,2863	0,0029	99,6677	0,0012	0	0	0
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	1,7104	0,6657	0,0029	97,5977	0,0234	0	0	0
Formação de Material Particulado	1,202	1,1699	0,0027	97,6161	0,0092	0	0	0
Ecotoxicidade Terrestre	2,2642	4,0159	0,0136	93,701	0,0053	0	0	0
Ecotoxicidade de Água Doce	0,0144	0,509	0,0036	99,4719	0,0011	0	0	0
Ecotoxicidade Marinha	0,037	0,6174	0,0028	99,3406	0,002	0	0	0
Radiação Ionizante	0,1415	0,0724	0,0018	99,7836	0,0007	0	0	0
Ocupação de Terra	0	0,4239	0,0092	99,5659	0,001	0	0	0

Agrícola								
Ocupação de Solo Urbano	0	14,6742	0,0269	85,294	0,005	0	0	0
Transformação de Área Natural	0	0,4315	0,0062	99,4697	0,0926	0	0	0
Depleção Hídrica	0,0638	0,6908	0,2132	99,0313	0,0009	0	0	0
Depleção de Recursos Minerais	0,02	2,1806	0,0109	97,7737	0,0147	0	0	0
Depleção de Combustíveis fósseis	0,8025	0,2696	0,002	98,8563	0,0696	0	0	0

Fonte: elaboração própria

EMBALAGEM

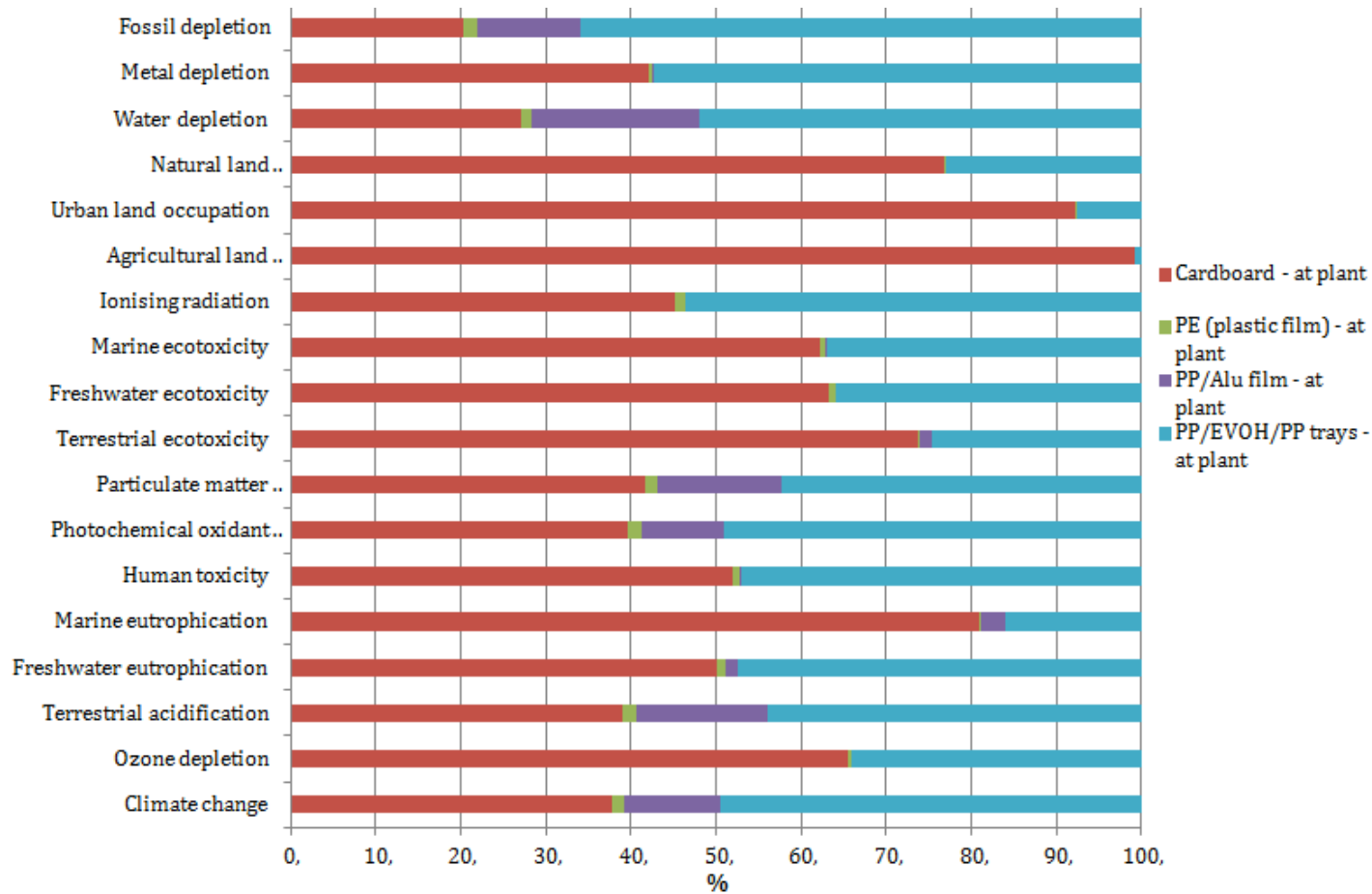


Figura 12: Resultados da caracterização para o estágio “Embalagem” (UF : 202g)

Fonte: elaboração própria

Tabela 26: Resultados da caracterização, em porcentagem, para o estágio “Embalagem”

Categorias de impactos	Papelão - na fábrica	PE (filme plástico) - na fábrica	Filme PP/Alu- na fábrica	Bandejas de PP/EVOH/PP - na fábrica
Mudanças Climáticas	37,8194	1,4316	11,2275	49,5215
Redução da Camada de Ozônio	65,573	0,3184	0,0437	34,0649
Acidificação Terrestre	39,0719	1,5499	15,4247	43,9535
Eutrofização de Água Doce	50,105	0,9758	1,4056	47,5136
Eutrofização Marinha	80,8196	0,3504	2,7612	16,0688
Toxicidade Humana	51,9779	0,7526	0,1898	47,0796
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	39,5325	1,6703	9,674	49,1231
Formação de Material Particulado	41,6867	1,3617	14,6206	42,331
Ecotoxicidade Terrestre	73,6486	0,1804	1,4609	24,7101
Ecotoxicidade de Água Doce	63,2023	0,774	0,0237	36,
Ecotoxicidade Marinha	62,1105	0,7281	0,1947	36,9667
Radiação Ionizante	45,2486	1,2229	0,0225	53,5059
Ocupação de Terra Agrícola	99,1157	0,1088	0	0,7756
Ocupação de Solo Urbano	92,1369	0,1725	0	7,6905
Transformação de Área Natural	76,8286	0,2286	0	22,9428
Depleção Hídrica	27,0037	1,363	19,7215	51,9118
Depleção de Recursos Minerais	42,1713	0,3295	0,2685	57,2307
Depleção de Combustíveis fósseis	20,3428	1,6488	12,0225	65,9859

Fonte: elaboração própria

TRATAMENTO DE CONSERVAÇÃO (TÉRMICO)

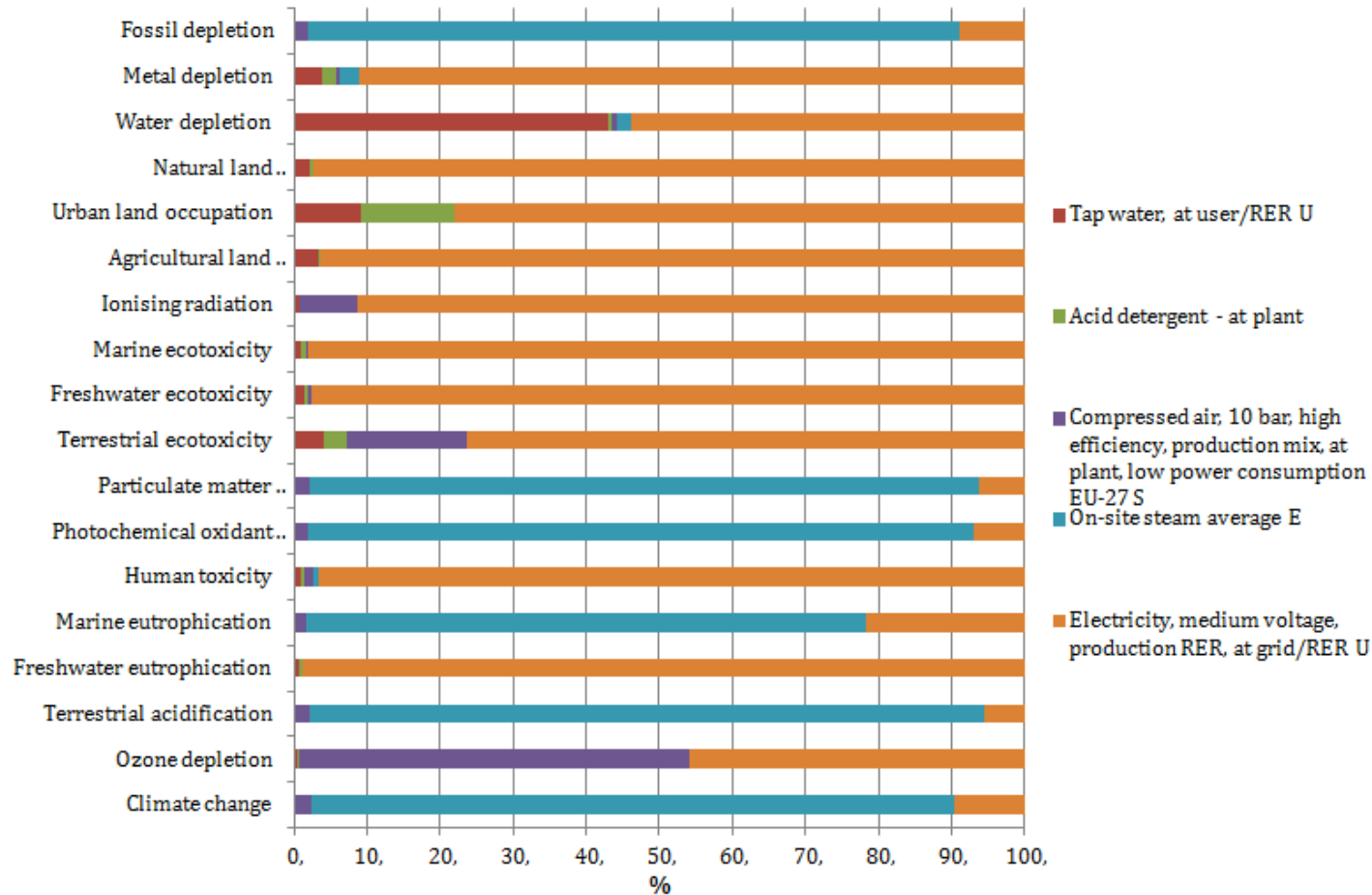


Figura 13: Resultados da caracterização para o estágio “Tratamento de preservação” (UF : 1kg)

Fonte: elaboração própria

Tabela 27: Resultados da caracterização, em porcentagem, para o estágio “Tratamento de preservação”

Categorias de impactos	<i>Tap water, at user/RER U</i>	Detergente ácido – na fábrica	<i>Compressed air, 10 bar, high efficiency, production mix, at plant, low power consumption EU-27 S</i>	<i>On-site steam average E</i>	<i>Electricity, medium voltage, production RER, at grid/RER U</i>
Mudanças Climáticas	0,0811	0,0233	2,1562	88,1483	9,591
Redução da Camada de Ozônio	0,4197	0,2015	53,4193	0,0002	45,9593
Acidificação Terrestre	0,0467	0,074	2,0652	92,285	5,529
Eutrofização de Água Doce	0,7789	0,3336	0,0252	0,0076	98,8547
Eutrofização Marinha	0,1824	0,0478	1,5226	76,4505	21,7967
Toxicidade Humana	1,0497	0,2674	1,2408	0,7388	96,7033
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	0,0749	0,0409	1,7367	91,27	6,8775
Formação de Material Particulado	0,0628	0,0698	1,9276	91,7607	6,1792
Ecotoxicidade Terrestre	4,1319	3,0825	16,3278	0,0253	76,4325
Ecotoxicidade de Água Doce	1,3184	0,4825	0,5022	2,95E-05	97,6969
Ecotoxicidade Marinha	1,0117	0,5869	0,3433	0,0004	98,0577
Radiação Ionizante	0,6265	0,0639	7,9072	0	91,4024
Ocupação de Terra Agrícola	3,2944	0,3958	0	0	96,3098
Ocupação de Solo Urbano	9,116	12,9454	0	0	77,9385
Transformação de Área Natural	2,2372	0,4078	0	0	97,355
Depleção Hídrica	43,0993	0,363	0,8346	1,8057	53,8975
Depleção de Recursos Minerais	3,767	1,9624	0,5255	2,5868	91,1583
Depleção de Combustíveis fósseis	0,069	0,0214	1,6917	89,3139	8,904

Fonte: elaboração própria

MÁQUINA TÉRMICA

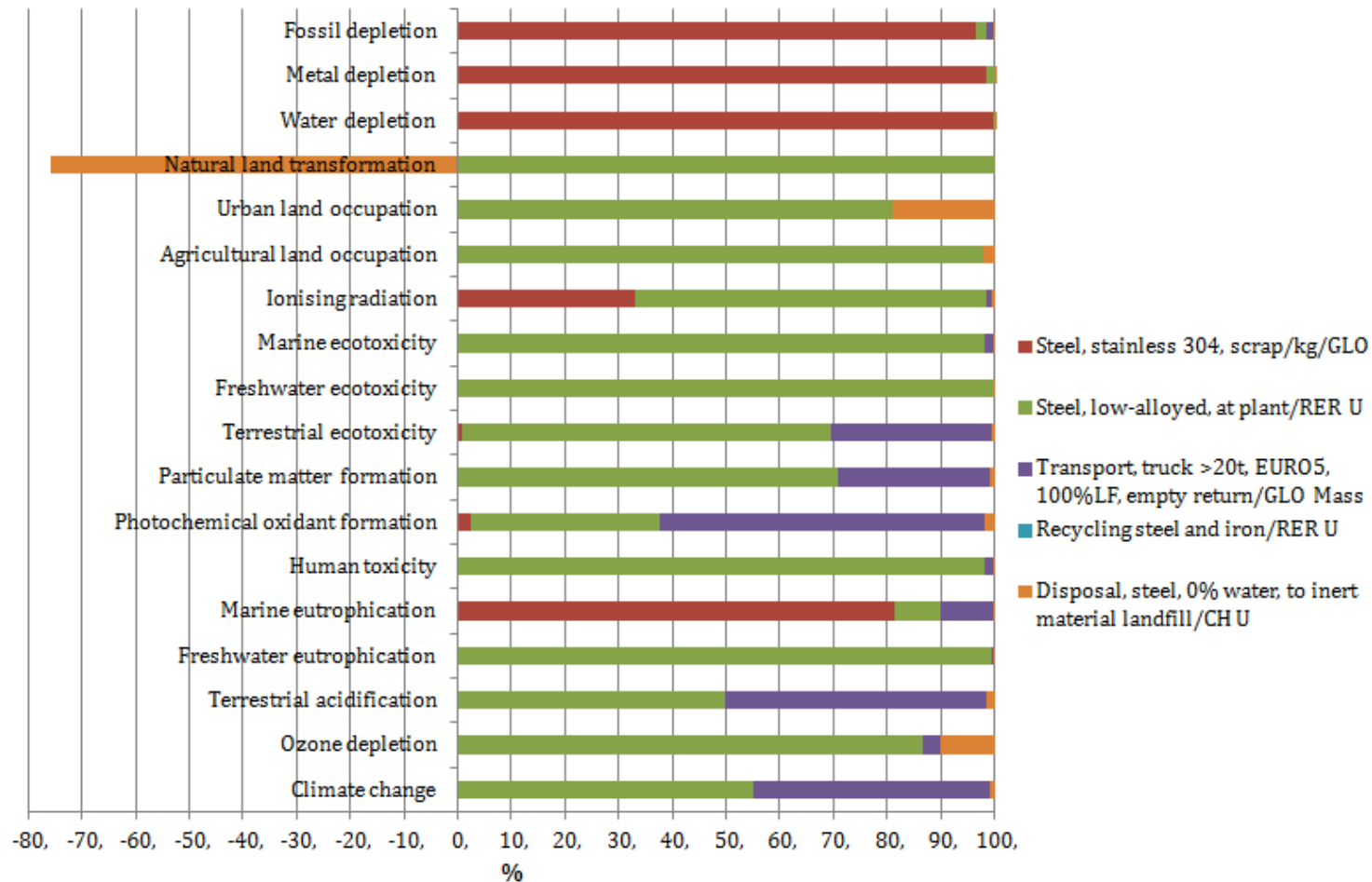


Figura 14: Resultados da caracterização para o estágio “Máquina térmica” (UF : 2,8t)

Fonte: elaboração própria

Tabela 28: Resultados da caracterização, em porcentagem, para o estágio “Máquina térmica”

Categorias de impactos	<i>Steel, stainless 304, scrap/kg/GLO</i>	<i>Steel, low-alloyed, at plant/RER U</i>	<i>Transport, truck >20t, EURO5, 100%LF, empty return/GLO Mass</i>	<i>Recycling steel and iron/RER U</i>	<i>Disposal, steel, 0% water, to inert material landfill/CH U</i>
Mudanças Climáticas	0,0017	55,0749	43,9815	0	0,9419
Redução da Camada de Ozônio	3,99E-05	86,5507	3,2481	0	10,201
Acidificação Terrestre	0,0198	49,9341	48,5874	0	1,4587
Eutrofização de Água Doce	0	99,3868	0,4021	0	0,211
Eutrofização Marinha	81,2978	8,7002	9,7328	0	0,2692
Toxicidade Humana	0,2309	98,0496	1,526	0	0,1935
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	2,4636	35,2818	60,3286	0	1,9259
Formação de Material Particulado	0,011	70,808	28,2027	0	0,978
Ecotoxicidade Terrestre	0,6692	69,0371	29,8174	0	0,4763
Ecotoxicidade de Água Doce	0,256	99,4217	0,1803	0	0,1419
Ecotoxicidade Marinha	0,2221	98,0673	1,5732	0	0,1375
Radiação Ionizante	33,0336	65,584	0,7709	0	0,6114
Ocupação de Terra Agrícola	0	97,6908	0	0	2,3092
Ocupação de Solo Urbano	0	81,0352	0	0	18,9648
Transformação de Área Natural	0	100	0	0	-76
Depleção Hídrica	99,966	0,0329	0,0001	0	0,0009
Depleção de Recursos Minerais	98,546	1,4533	0,0002	0	0,0005
Depleção de Combustíveis fósseis	96,5838	1,8277	1,5269	0	0,0616

Fonte: elaboração própria

CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO E CONSUMIDOR

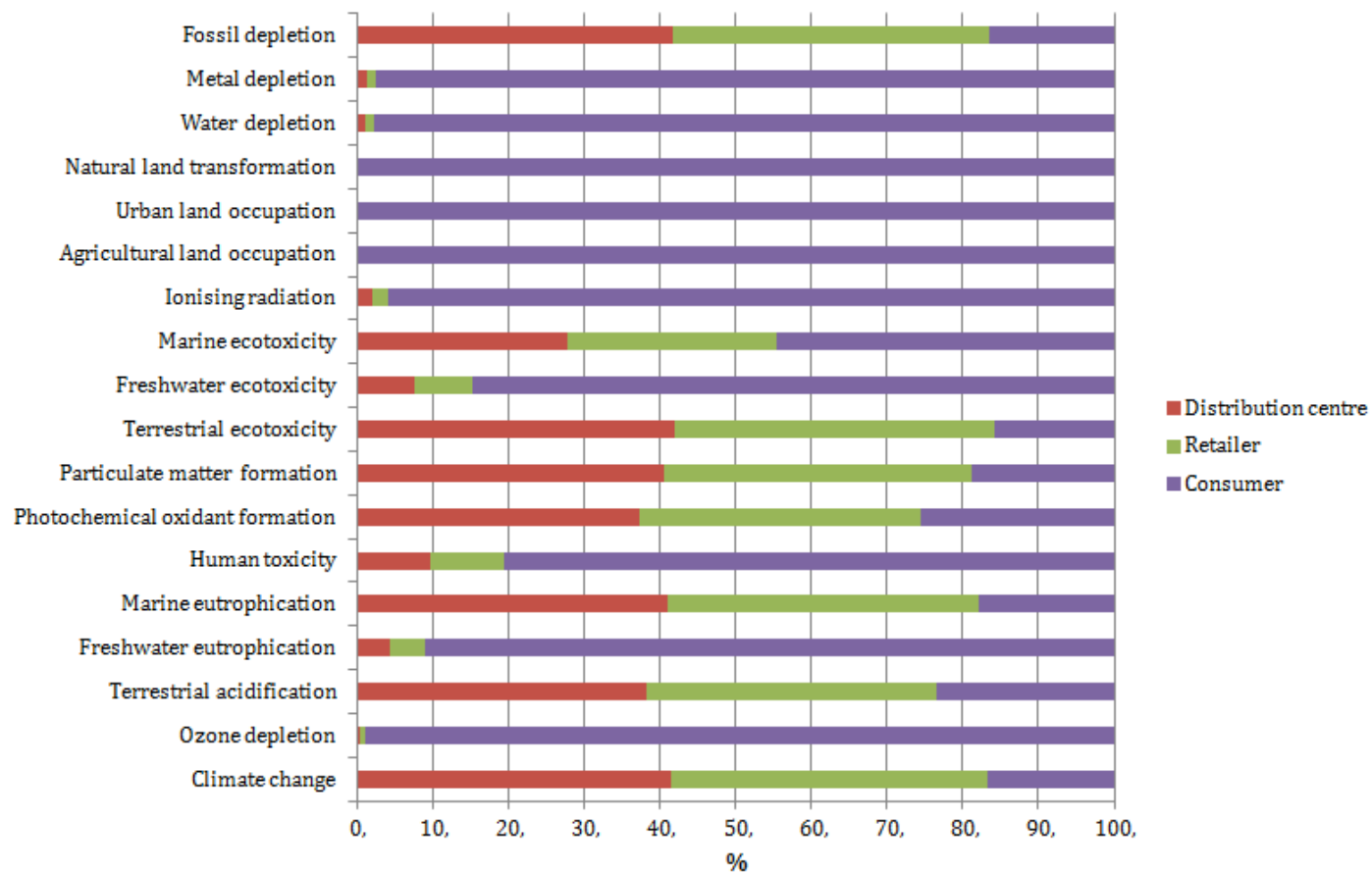


Figura 15: Resultados da caracterização para os estágios “Centro de distribuição”, “Varejista” e “Consumidor” (UF : 1kg)
 Fonte: elaboração própria

Tabela 29: Resultados da caracterização, em porcentagem, para os estágios “Centro de distribuição”, “Varejista” e “Consumidor”

Categorias de impactos	Centro de distribuição	Varejista	Consumidor
Mudanças Climáticas	41,5813	41,5813	16,8374
Redução da Camada de Ozônio	0,558	0,558	98,884
Acidificação Terrestre	38,234	38,234	23,5318
Eutrofização de Água Doce	4,504	4,504	90,9918
Eutrofização Marinha	41,1089	41,1089	17,7822
Toxicidade Humana	9,792	9,792	80,416
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	37,2531	37,2531	25,4937
Formação de Material Particulado	40,548	40,548	18,9039
Ecotoxicidade Terrestre	42,0488	42,0488	15,9024
Ecotoxicidade de Água Doce	7,636	7,636	84,7278
Ecotoxicidade Marinha	27,7695	27,7695	44,461
Radiação Ionizante	2,0757	2,0757	95,8487
Ocupação de Terra Agrícola	0	0	100
Ocupação de Solo Urbano	0	0	100
Transformação de Área Natural	0	0	100
Depleção Hídrica	1,135	1,135	97,7299
Depleção de Recursos Minerais	1,2816	1,2816	97,4368
Depleção de Combustíveis fósseis	41,7658	41,7658	16,4684

Fonte: elaboração própria

CONSUMIDOR

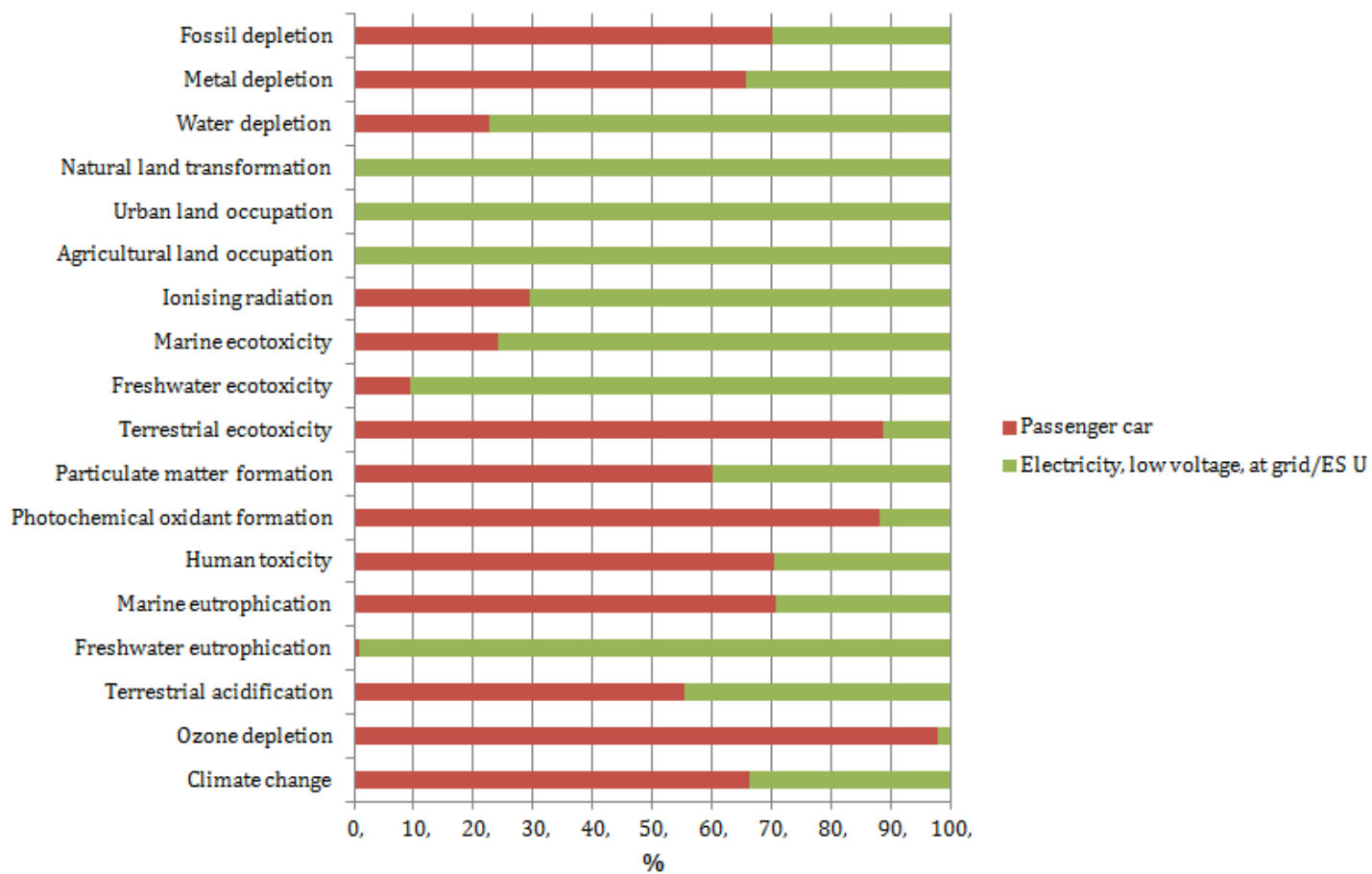


Figura 16: Resultados da caracterização para o estágio “Consumidor” (UF : 1kg)

Fonte: elaboração própria

Tabela 30: Resultados da caracterização, em porcentagem, para o estágio “Consumidor”

Categorias de impactos	<i>Passenger car</i>	<i>Electricity, low voltage, at grid/ES U</i>
Mudanças Climáticas	66,3523	33,6477
Redução da Camada de Ozônio	97,7895	2,2105
Acidificação Terrestre	55,3567	44,6433
Eutrofização de Água Doce	1,001	98,999
Eutrofização Marinha	70,7808	29,2192
Toxicidade Humana	70,5446	29,4554
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	88,2099	11,79
Formação de Material Particulado	60,1269	39,8731
Ecotoxicidade Terrestre	88,8459	11,1541
Ecotoxicidade de Água Doce	9,4092	90,5908
Ecotoxicidade Marinha	24,2178	75,7822
Radiação Ionizante	29,3555	70,6445
Ocupação de Terra Agrícola	0	100
Ocupação de Solo Urbano	0	100
Transformação de Área Natural	0	100
Depleção Hídrica	22,6024	77,3976
Depleção de Recursos Minerais	65,9173	34,0827
Depleção de Combustíveis fósseis	70,1992	29,8008

Fonte: elaboração própria

FIM-DE-VIDA

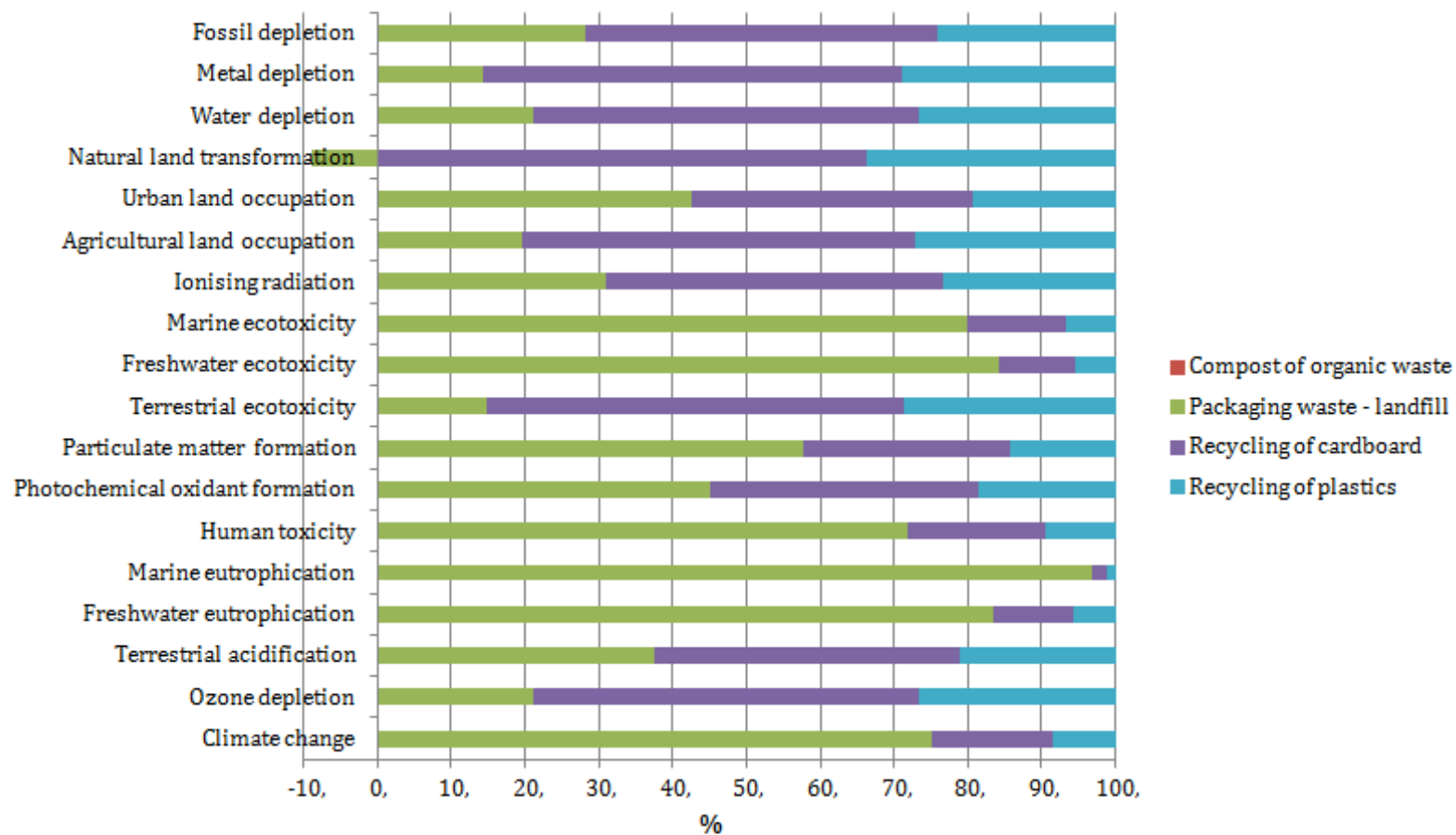


Figura 17: Resultados da caracterização para o estágio “Fim de vida” (UF : 203g)
Fonte: elaboração própria

Tabela 31: Resultados da caracterização, em porcentagem, para o estágio “Fim de vida”

Categorias de impactos	Compostagem de resíduo orgânico	Resíduo de embalagem – aterro	Reciclagem de papelão	Reciclagem de plástico
Mudanças Climáticas	0,0038	75,1196	16,4697	8,407
Redução da Camada de Ozônio	0,0119	20,987	52,303	26,698
Acidificação Terrestre	0,0094	37,6179	41,2941	21,0786
Eutrofização de Água Doce	0,0025	83,445	10,9586	5,5938
Eutrofização Marinha	0,0005	96,791	2,1241	1,0843
Toxicidade Humana	0,0042	71,9276	18,5826	9,4855
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	0,0083	45,1926	36,28	18,5191
Formação de Material Particulado	0,0064	57,7615	27,9599	14,2721
Ecotoxicidade Terrestre	0,0129	14,8273	56,3805	28,7794
Ecotoxicidade de Água Doce	0,0024	84,1128	10,5166	5,3682
Ecotoxicidade Marinha	0,003	79,8717	13,324	6,8012
Radiação Ionizante	0,0104	31,0367	45,6506	23,3023
Ocupação de Terra Agrícola	0,0121	19,6854	53,1646	27,1379
Ocupação de Solo Urbano	0,0087	42,6574	37,9582	19,3758
Transformação de Área Natural	0,0151	-9	66,1955	33,7894
Depleção Hídrica	0,0119	21,1512	52,1943	26,6426
Depleção de Recursos Minerais	0,013	14,2329	56,7739	28,9802
Depleção de Combustíveis fósseis	0,0108	28,2906	47,4684	24,2302

Fonte: elaboração própria

