

**ANÁLISE DA VIABILIDADE AMBIENTAL DA LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS
PLÁSTICAS CONTENDO REMANESCENTE DE ÓLEO LUBRIFICANTE**

JULIANA FRANCINE DA COSTA
UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

GUILHERME MARCELO ZANGHELINI

CARLA TOGNATO DE OLIVEIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

SCHIRLENE CHEGATTI

SEBASTIÃO ROBERTO SOARES

ANÁLISE DA VIABILIDADE AMBIENTAL DA LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS CONTENDO REMANESCENTE DE ÓLEO LUBRIFICANTE

1. INTRODUÇÃO

Um dos problemas socioambientais mais enfrentados no Brasil está ligado à disposição incorreta de resíduos. Disposições não regulamentadas e críticas são adotadas constantemente. Desta forma, tem-se a reciclagem como medida de controle para estas situações. Trata-se de um importante processo envolvido com a logística reversa, que consiste no retorno dos bens de pós consumo ao ciclo de negócios.

O setor industrial e a comunidade em geral precisam se adequar à situação ambiental e às exigências perante a legislação.

Os canais reversos de distribuições estão pouco estruturados diante da logística empresarial. Porém, fatores ecológico, econômico e legislativo influenciam diretamente a adoção da aplicação da logística reversa. Desta forma, há uma grande preocupação para que este tipo de logística seja viável para as instituições.

A logística reversa é aplicada para prevenir impactos negativos ao meio ambiente, que podem ocorrer se as empresas não se responsabilizarem pelo produto após ser utilizado por seus clientes. Desta forma, a apuração de impactos ambientais referentes à destinação de seus produtos após a utilização, em dados concretos e baseados em ferramentas bem estruturadas, é de suma importância durante tomadas de decisões. Por este motivo, existe a necessidade de aplicação de ferramentas que apresentem dados quantitativos e qualitativos para a representação de impactos.

O estudo possui como finalidade analisar a viabilidade ambiental da aplicação da logística reversa de embalagens plásticas contendo remanescente de óleo lubrificante. A análise apresentada foi utilizando-se do *software* SimaPro 7.1, baseado na metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), que consiste em uma importante ferramenta para a representação de impactos ambientais. Para cumprir o propósito principal, de fazer a análise da viabilidade ambiental da logística reversa das embalagens, compararam-se duas situações: a primeira considera a aplicação da logística reversa para as embalagens contendo o remanescente do óleo, envolvendo um sistema de reciclagem e a segunda considera a disposição em um aterro sanitário.

O artigo está dividido em quatro seções. A seção 2 apresenta a fundamentação teórica, que serviu como base para o desenvolvimento deste trabalho, abordando: a logística reversa; a revalorização das embalagens envolvendo o sistema de reciclagem; e a ACV. Posteriormente, os procedimentos metodológicos foram abordados na seção 3, seguidos dos resultados e discussões na seção 4 e por fim, na seção 5, estão as considerações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Logística Reversa

No dia 2 de agosto de 2010, entrou em vigor a lei número 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Dentre as principais inovações trazidas pela lei estão: a logística reversa e a responsabilidade compartilhada.

A logística reversa planeja, opera e controla o fluxo do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo. Acaba com o conceito “fim da

linha” (*end of pipe*), segundo o qual a vida dos produtos tem começo, meio e fim em lixões ou aterros. O sistema linear atual tende a ser modificado pelo sistema circular. Sendo assim, os materiais de produtos usados são tidos como matérias-primas para uma nova geração de produtos, no mesmo ciclo ou para outras cadeias produtivas. Desta forma, agrega-se valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, de prestação de serviços, de imagem corporativa. Esta tendência corresponde às expectativas da sociedade brasileira moderna (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017; VALLE et al., 2014).

A logística reversa foi inserida na logística empresarial e se dá cada vez mais ênfase para esta área. Na visão de Leite (2017), ações convenientemente dirigidas à preservação de recursos naturais, dentro dessa visão contributiva de marketing social e ambiental, certamente serão recompensadas com salutareos retornos de imagem diferenciada, como vantagem competitiva.

2.2 Revalorização pelo sistema de reciclagem

Tendo como base processos envolvidos com logística reversa, observa-se a reciclagem como um dos mais importantes. A reciclagem é um processo de reaproveitamento de materiais para obtenção de novos produtos. Por meio dela os bens podem ser encaminhados para outras cadeias produtivas. A redução do descarte no lixo comum e o incentivo à reciclagem trazem uma série de benefícios à sociedade, tais como: o aumento da vida útil dos aterros, geração de empregos, economia de recursos naturais, entre outros (BRASIL, 2010; FIESP, 2007).

Conforme ABNT NBR 10.004, que dispõe sobre a classificação de resíduos sólidos, as embalagens plásticas contendo residual de óleo lubrificante são classificadas como classe I (perigosos), por apresentarem características de toxicidade. Dentro deste contexto, o descarte destas embalagens no lixo comum é uma prática que deve ser abolida, devido à possibilidade de causar danos ao meio ambiente e à saúde pública.

O óleo lubrificante remanescente nas embalagens plásticas deve ser rerrefinado, procedimento que também consiste em reciclagem. Consegue-se com o rerrefino de um óleo lubrificante contaminado (ou com suposta contaminação), a obtenção de características de um óleo mineral básico de alta qualidade, com composição semelhante ao do primeiro refino (BRASIL, 2005; SINDIRREFINO, 2018).

O canal reverso ao fim do ciclo de vida das embalagens contendo remanescente de óleo lubrificante torna-se muito importante perante a revalorização mediante à reciclagem.

2.3 Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

A ACV é uma ferramenta técnica, de caráter gerencial. Preocupa-se em investigar o impacto ambiental gerado por um produto ao longo do seu ciclo de vida, desde a extração de matérias-primas, passando pelo processo produtivo, sua utilização ou consumo, até a disposição final desse produto (IBICT, 2018).

A ACV, também pode ser aplicada para estudos de impactos nas etapas de transporte, reciclagem e reuso (LEITE, 2017).

A utilização da metodologia de ACV permite avaliar o desempenho ambiental da destinação pós-uso de produtos, sendo uma possibilidade de avanço de práticas no âmbito da logística reversa (ABNT, 2009; AITKEN; HARRISON, 2013)

A *International Organization for Standardization* (ISO) aborda a ACV desde 1993. A série ISO 14.040 dispõe sobre princípios e estrutura. Em 2009 as normas referentes à ACV ISO 14.041, 14.042 e 14.043 foram anexadas apenas na norma 14.044, contemplando requisitos e diretrizes (ZANGHELINI et al., 2010).

Importantes ferramentas para avaliação de desempenho ambiental são *softwares* que permitem análises no ciclo de vida de produtos.

SimaPro consiste em uma ferramenta de ACV que pode ser utilizada por indústrias, por meio de institutos de pesquisas e universidades, que atuam neste *software*. É o *software* mais utilizado para ACV. Consiste em uma ótima ferramenta para coletar, analisar e monitorar o desempenho ambiental, podendo ser utilizado para modelar e analisar dos mais complexos aos mais simples ciclos de vida, seguindo recomendações da série ISO14.040. Para que se mantenham efetivas análises de modelos com o SimaPro, são necessários dados de inventário amplamente aceitos. Para isto, inclui bancos de dados com alcance internacional, incluindo o conhecido banco de dados suíço Ecoinvent, que contém uma biblioteca de métodos para avaliação de impactos. Todos os conjuntos de dados adequam com o método escolhido conforme o tipo de estudo (ECOINVENT, 2018; SIMAPRO, 2018).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Primeiramente, buscou-se um modelo de logística reversa para embalagens plásticas contendo residual de óleo lubrificante, que atenda de forma acessível as pessoas que fazem uso deste tipo de produto. Este cenário de destinação das embalagens foi denominado *Cenário 1 - Cenário com aplicação da Logística Reversa*.

Foram levantados dados referentes aos processos envolvidos no Cenário 1, mediante à contatos com empresas envolvidas no sistema proposto de logística reversa das embalagens plásticas contendo remanescente de óleo lubrificante. Os dados coletados são informações que influenciam diretamente nos impactos ambientais negativos provocados pelos processos envolvidos com o modelo de logística reversa trabalhado.

A metodologia de ACV, conforme recomendação das normas ISO 14.040 e ISO 14.044 (ABNT, 2009), propõe que todos os aspectos ambientais relacionados à produção de um determinado produto sejam contabilizados. Porém, como este estudo visou a análise da viabilidade ambiental da logística reversa de embalagens plásticas contendo remanescente de óleo lubrificante, os sistemas analisados foram os sistemas envolvidos com a logística reversa deste material.

Após definir o Cenário 1, assumiu-se um cenário crítico, inapropriado para a destinação de embalagens plásticas contendo remanescente de óleo lubrificante. Este cenário, denominado *Cenário 2 – Cenário sem aplicação da Logística Reversa*, leva em consideração a situação em que as embalagens são descartadas no lixo comum pelos clientes e encaminhadas para um aterro sanitário. Os dados correspondentes à disposição em aterro, não foram coletados. Este modelo utilizou dados secundários, obtidos na base de dados Ecoinvent, que consiste em um inventário mundial para ACV, disponibilizado por meio do *software* SimaPro 7.1. Estes dados secundários foram dados de outros estudos de ACV que puderam se adaptar à realidade da análise feita.

A fim de se obter o objetivo principal, de analisar a viabilidade da logística reversa para as embalagens, os cenários estabelecidos (Cenário 1 e Cenário 2) foram comparados, utilizando o *software* SimaPro 7.1.

Com base nas normas de estruturação e aplicação de ACV (ISO 14.040 e ISO 14.044, 2009) definiu-se como unidade funcional, o montante de 1000 embalagens de 1 litro contendo remanescente de óleo lubrificante. Assumiram-se embalagens de polietileno de alta densidade com aproximadamente 62g e um óleo remanescente altamente refinado (C15, C50), com densidade de 0,9kg/L. Estimou-se para o óleo remanescente uma média de 13g por embalagem, que corresponde à quantidade de óleo aproximada que é descartada juntamente com cada embalagem.

Com auxílio do sistema, foi feita uma análise comparativa, avaliando o *Cenário 1* e o *Cenário 2* de acordo com as seguintes categorias de impacto: Depleção dos Recursos Abióticos, Acidificação, Eutrofização, Aquecimento Global, Depleção da Camada de Ozônio, Toxicidade Humana, Ecotoxicidade de Água Doce, Ecotoxicidade de Água Marinha, Ecotoxicidade Terrestre, Oxidação Fotoquímica, Ocupação da Terra e Energia Total Acumulada. As categorias de impacto são próprias do método CML 2001, com o acréscimo da categoria de impacto Demanda Total de Energia em detrimento da necessidade de interesse em analisar demanda energética dos cenários.

Optou-se pela utilização deste método por apresentar menor subjetividade dos resultados, uma vez que apresenta valores de impacto ambiental em categorias, que são caracterizadas por meio de metodologias consagradas, tal qual a caracterização de gases do efeito estufa pelo *Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC), utilizada para estimar quantidade de emissões para a categoria de impacto Aquecimento Global, apresentando como indicador de impacto ambiental o CO₂ equivalente emitido.

Na Tabela 1 constam as unidades indicadoras de impacto correspondentes às categorias que foram utilizadas neste estudo.

Tabela 1. Unidades indicadoras de impacto.

Categoria de Impacto	Unidade
Depleção Abiótica	kg de Sb eq
Acidificação	kg de SO ₂ eq
Eutrofização	kg de PO ₄ eq
Aquecimento Global	kg de CO ₂ eq
Depleção da Camada de Ozônio	kg CFC ⁻¹¹ eq
Toxicidade Humana	kg C ₆ H ₄ Cl ₂ eq
Ecotoxicidade da Água Doce	kg C ₆ H ₄ Cl ₂ eq
Ecotoxicidade da Água Marinha	kg C ₆ H ₄ Cl ₂ eq
Ecotoxicidade Terrestre	kg C ₆ H ₄ Cl ₂ eq
Oxidação Fotoquímica	kg C ₂ H ₄ eq
Ocupação da Terra	m ²
Energia Total Acumulada	MJ eq

Fonte: Método CML 2001.

O *software* foi fornecido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com auxílio do Grupo de Pesquisa em ACV (CICLOG), do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

O procedimento com o *software* foi a entrada de dados, adequação do método e obtenção do resultado em um gráfico que apresenta a comparação dos cenários.

O procedimento interno do programa consistiu na identificação de entradas e saídas dos inventários inseridos em sua interface (inventário de cada cenário), classificação das mesmas, posterior caracterização em indicadores de impacto ambiental relativos a cada categoria de impacto e somatório dos valores comuns.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

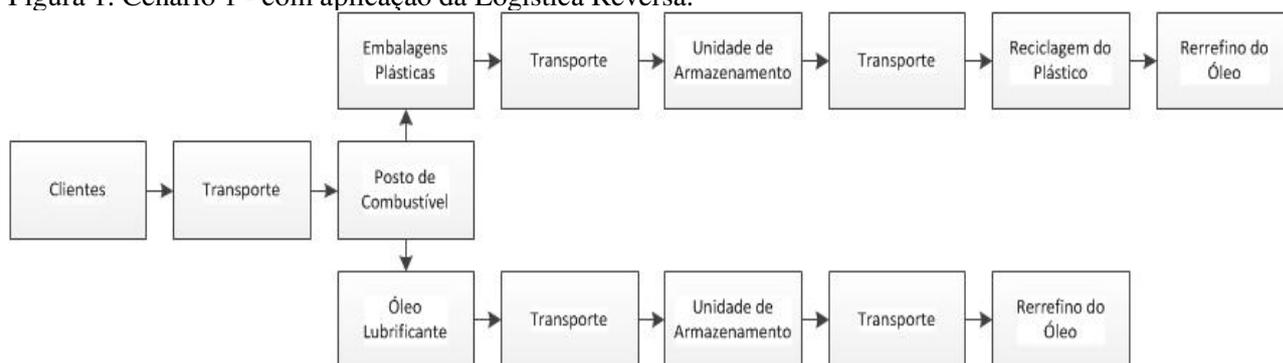
4.1 Definição do Cenário 1

O modelo de logística reversa para as embalagens, que atenda a demanda de consumidores de forma acessível, proposto para estudo foi baseado no Programa Jogue Limpo, que mantém a revalorização do material por reciclagem. Consiste em um “sistema municipal de logística reversa de embalagens plásticas de lubrificantes pós-consumo, estruturado e disponibilizado pelos fabricantes, importadores e distribuidores de lubrificantes” (PROGRAMA JOGUE LIMPO, 2010). O Programa é conceituado segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecida pela lei 12.305 de 2010, regulamentada pelo Decreto 7.404 de 23/12/2010.

Aderindo ao programa, as embalagens são devolvidas pelos consumidores aos canais de revenda. Os comerciantes entregam diretamente às centrais ou a caminhões de recebimento, que também se direcionam as estas centrais de recebimento. Pelo programa, todas as embalagens são entregues a empresas recicladoras licenciadas. Antes de serem entregues, o óleo remanescente é segregado e encaminhado para o rerrefino.

A situação assumida para o Cenário 1 está esquematizada na Figura 1.

Figura 1. Cenário 1 - com aplicação da Logística Reversa.



Na situação assumida para o Cenário 1 - com aplicação da Logística Reversa, considera-se que os clientes levem suas embalagens, sendo transportadas por seus próprios automóveis até o posto de combustível mais próximo. No posto de combustível, ocorre a separação parcial entre volume de óleo lubrificante presente em cada embalagem e embalagem plástica. As embalagens plásticas são transportadas até uma unidade de armazenamento, por caminhões com alta tecnologia de controle, por meio de uma gerenciadora operacional do estado, credenciada pelo Programa Jogue Limpo. Ao atingir um volume viável para transporte, as embalagens são enviadas para empresas recicladoras licenciadas. Da mesma forma ocorre com o óleo lubrificante, que do posto de combustível é transportado para uma central de armazenamento e posteriormente encaminhado para o rerrefino.

Os dados, assim como fluxogramas dos processos de reciclagem do plástico e rerrefino do óleo lubrificante correspondentes ao Cenário 1, estão expostos no Apêndice A.

4.2 Definição do Cenário 2

O Cenário 2 está esquematizado na Figura 2.

Figura 2. Cenário 2 - sem aplicação da Logística Reversa.



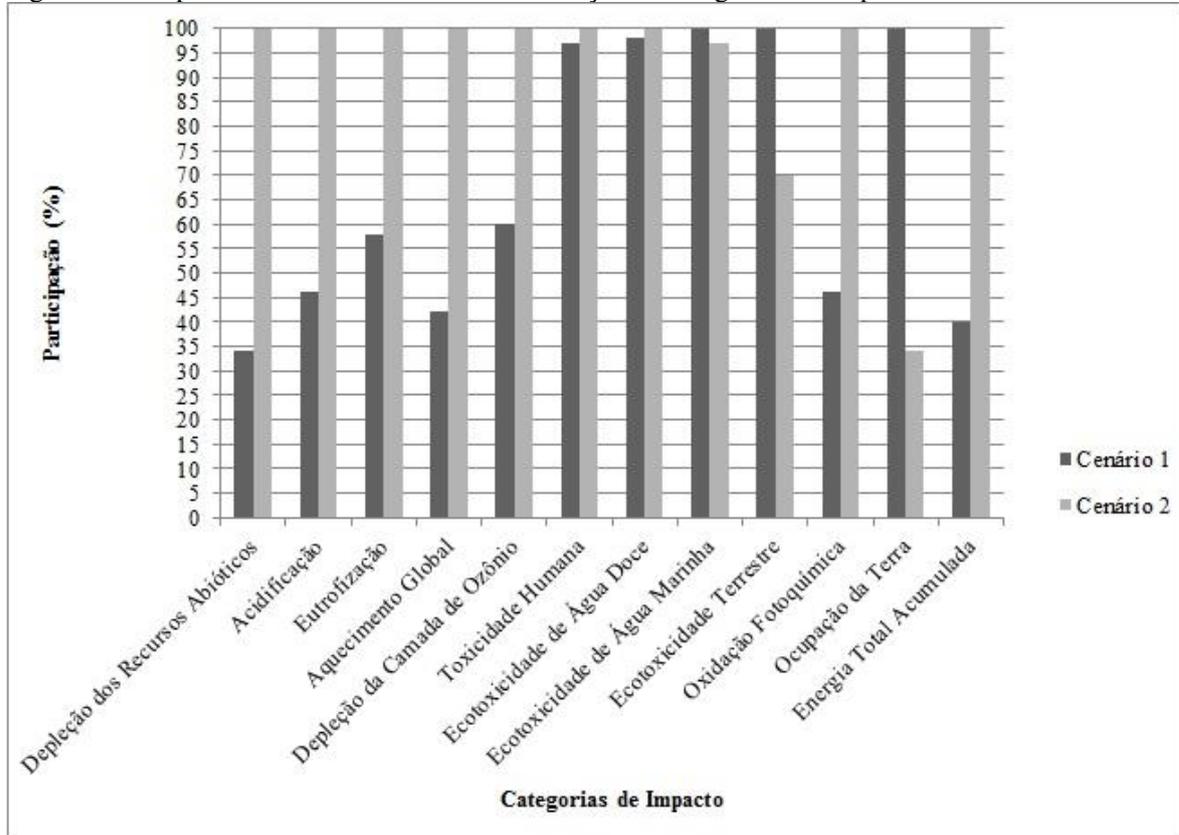
Para o cenário sem aplicação da logística reversa, assume-se que os clientes depositem suas embalagens no lixo comum. Desta forma o destino final é o aterro sanitário.

Os dados correspondentes ao Cenário 2, estão expostos no Apêndice B.

4.3 Aplicação do *software* Simapro 7.1

Por meio do comparativo geral em relação às categorias de impacto analisadas, baseadas no método CML2001, obteve-se um gráfico para a comparação dos cenários. A Figura 3 apresenta uma análise de impactos do Cenário 1 e do Cenário 2 e suas contribuições por categorias. Observou-se que o Cenário 1 (com a aplicação da logística reversa), manteve-se ambientalmente mais eficaz para as categorias: depleção dos recursos abióticos, acidificação, eutrofização, aquecimento global, depleção da camada de ozônio, toxicidade humana, ecotoxicidade de água doce, oxidação fotoquímica e energia total acumulada. O Cenário 2 (sem aplicação da logística reversa), manteve-se ambientalmente mais eficaz para as categorias: ecotoxicidade de água marinha, ecotoxicidade terrestre e ocupação da terra.

Figura 3. Comparativo dos cenários 1 e 2 em relação às categorias de impacto.



Fonte: Método CML 2001.

Neste tipo de análise, o SimaPro atribui 100% do impacto ambiental sob cada categoria de impacto para o cenário de maior contribuição, e a participação relativa para o outro cenário. Por exemplo: o Cenário 2 (sem aplicação da logística reversa) apresenta 3621,181845 kg de CO₂ equivalente emitido para a categoria de impacto Aquecimento Global. A este total o programa atribui 100%. Enquanto isso o Cenário 1 (com aplicação da logística reversa) apresentou 1515,080192 kg de CO₂, que representa 42% em participação relativa ao outro cenário.

Para analisar mais pontualmente cada categoria, a Tabela 2 apresenta a participação relativa de cada cenário para todas as categorias de impacto trabalhadas.

Tabela 2. Participação relativa de cada cenário para todas as categorias de impacto trabalhadas.

Categoria de Impacto	Unidade	Cenário 1	Cenário 2
Depleção Abiótica	kg de Sb eq	22,54890973	65,79966764
Acidificação	kg de SO ₂ eq	6,068616939	13,08430835
Eutrofização	kg de PO ₄ eq	0,729346142	1,252362794
Aquecimento Global	kg de CO ₂ eq	1515,080192	3621,181845
Depleção da Camada de Ozônio	kg CFC - 11 eq	0,000115582	0,00019555
Toxicidade Humana	kg C ₆ H ₄ Cl ₂ eq	246,2902297	254,5546037
Ecotoxicidade da Água Doce	kg C ₆ H ₄ Cl ₂ eq	79,89417959	81,79802507
Ecotoxicidade da Água Marinha	kg C ₆ H ₄ Cl ₂ eq	164163,2207	159643,5356
Ecotoxicidade Terrestre	kg C ₆ H ₄ Cl ₂ eq	1,554672502	1,092760071
Oxidação Fotoquímica	kg C ₂ H ₄ eq	0,539232153	1,174277425
Ocupação da Terra	m ²	14,26292837	4,085898632
Energia Total Acumulada	MJ eq	53196,95268	152463,7488

Fonte: Método CML 2001.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitos dos dados avaliados no presente estudo foram levantados utilizando-se do banco de dados mundial Ecoinvent, que apesar de ser relativamente completo, pode trazer incoerências perante à realidade brasileira. A utilização de dados secundários, muitas vezes distancia os cenários da realidade, em decorrência de diferenças entre localidades, como: diferenças temporais, geográficas, tecnológicas, entre outras. No entanto, até o presente momento constitui em uma metodologia apropriada para a realização deste tipo de estudo, por apresentar uma forte tendência na aproximação de resultados coerentes.

Dentro deste contexto, a ACV é uma metodologia de apoio à tomada de decisões, porém não pode ser utilizada como análise única para evidenciar uma situação. Esta técnica não leva em consideração questões socioambientais. Além disto, um diagnóstico econômico e de viabilidade técnica deve ser realizada em paralelo, para complementar a escolha do cenário. Entretanto, um investimento econômico para implantação da logística reversa, poderia ser justificado por um ganho ambiental.

Os bancos de dados estão em constante atualização, o que garantirá maior confiabilidade, em relação a perspectivas futuras.

REFERÊNCIAS

AITKEN, James; HARRISON, Alan. Supply governance structures for reverse logistics systems. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 33, n. 6, p.745-764, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR ISO 10.004: Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR ISO 14.040: Gestão Ambiental: Avaliação do ciclo de vida: Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR ISO 14044: Gestão Ambiental: Avaliação do ciclo de vida: Requisitos e Orientações. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 362, de 23 de junho de 2005. Dispõe sobre a coleta e destinação final de óleo lubrificante usado. Brasília, 2005.

_____. Presidência da República – Casa Civil. Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2010.

FUNDAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO D SÃO PAULO (FIESP). Reciclagem de embalagens plásticas contendo óleo lubrificante. Disponível em: <<https://www.crq4.org.br/downloads/embalagens.pdf>> Acesso em: 17 set. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA (IBICT). O que é Avaliação do Ciclo de Vida. 2018. Disponível em: <<http://acv.ibict.br/acv/o-que-e-o-acv/>>. Acesso em: 17 set. 2018.

LEITE, Paulo Roberto. Logística Reversa - Sustentabilidade e Competitividade. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2017. 360 p.

MURRAY, Alan; SKENE, Keith; HAYNES, Kathryn. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*, v. 140, n. 3, p.369-380, fev. 2017

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO RERREFINO DE ÓLEOS MINERAIS (SINDIRREFINO). Processo Industrial - rerrefino. Disponível em: <<http://www.sindirefino.org.br>> Acesso em: 17 set. 2018.

VALLE, Rogério et al. Logística Reversa - Processo a Processo. São Paulo: Atlas, 2014. 288 p.

ZANGUELINI, Guilherme M.; DE ALVARENGA, Rodrigo A. F.; SOARES, Sebastião R. Análise de ciclo de vida de um reservatório de ar componente de um compressor de ar. 2º Congresso Brasileiro em Gestão de Ciclo de Vida de Produtos e Serviços, Florianópolis, 2010.

APÊNDICE A

DADOS CORRESPONDENTES AO CENÁRIO 1 - COM APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA

Para o transporte das embalagens plásticas contendo remanescente de óleo lubrificante ao posto de combustível pelos clientes, estimaram-se os dados presentes no Quadro 1.

Quadro 1. Dados de transporte das embalagens pelos clientes para posto de combustível.

Distância percorrida:	4 km
Tipo de veículo:	Automóvel convencional
Combustível:	Gasolina

Considera-se que no posto de combustível, após o procedimento de segregação parcial do plástico/óleo, 8 g de óleo lubrificante são encaminhados diretamente para o rerrefino e 5 g ainda ficam aderidos nas embalagens, portanto estes 5 g são encaminhados juntamente para a reciclagem, sendo lavados no próprio sistema de reciclagem e posteriormente este óleo é encaminhado para o rerrefino.

Para o transporte do plástico do posto de combustível até a unidade de armazenamento, após a segregação parcial plástico-óleo, estimaram-se os dados presentes no Quadro 2.

Quadro 2. Dados de transporte do plástico do posto de combustível para unidade de armazenamento.

Distância percorrida:	200 km
Tipo de veículo:	Mercedes-Benz 710 (caminhão baú)
Combustível:	Óleo Diesel
Capacidade do veículo:	3000 kg

Já para o transporte do plástico da unidade de armazenamento até a empresa recicladora do plástico, estimaram-se os dados contidos no Quadro 3.

Quadro 3. Dados de transporte do plástico da unidade de armazenamento para empresa recicladora.

Distância percorrida:	550 km
Tipo de veículo:	Mercedes Benz 1935 (carreta trucada)
Combustível:	Óleo Diesel
Capacidade do veículo:	45000 kg

Dados estimados correspondentes ao transporte do óleo lubrificante do posto de combustível até a unidade de armazenamento, após a segregação parcial plástico-óleo, podem ser analisados no Quadro 4.

Quadro 4. Dados de transporte do óleo lubrificante do posto de combustível para unidade de armazenamento.

Distância percorrida:	5 km
Tipo de veículo:	Caminhão a vácuo
Combustível:	Óleo Diesel
Capacidade do veículo:	8000 L

Com relação ao transporte do óleo lubrificante da unidade de armazenamento até a empresa responsável pelo rerrefino, estimaram-se os dados que podem ser observados no Quadro 5.

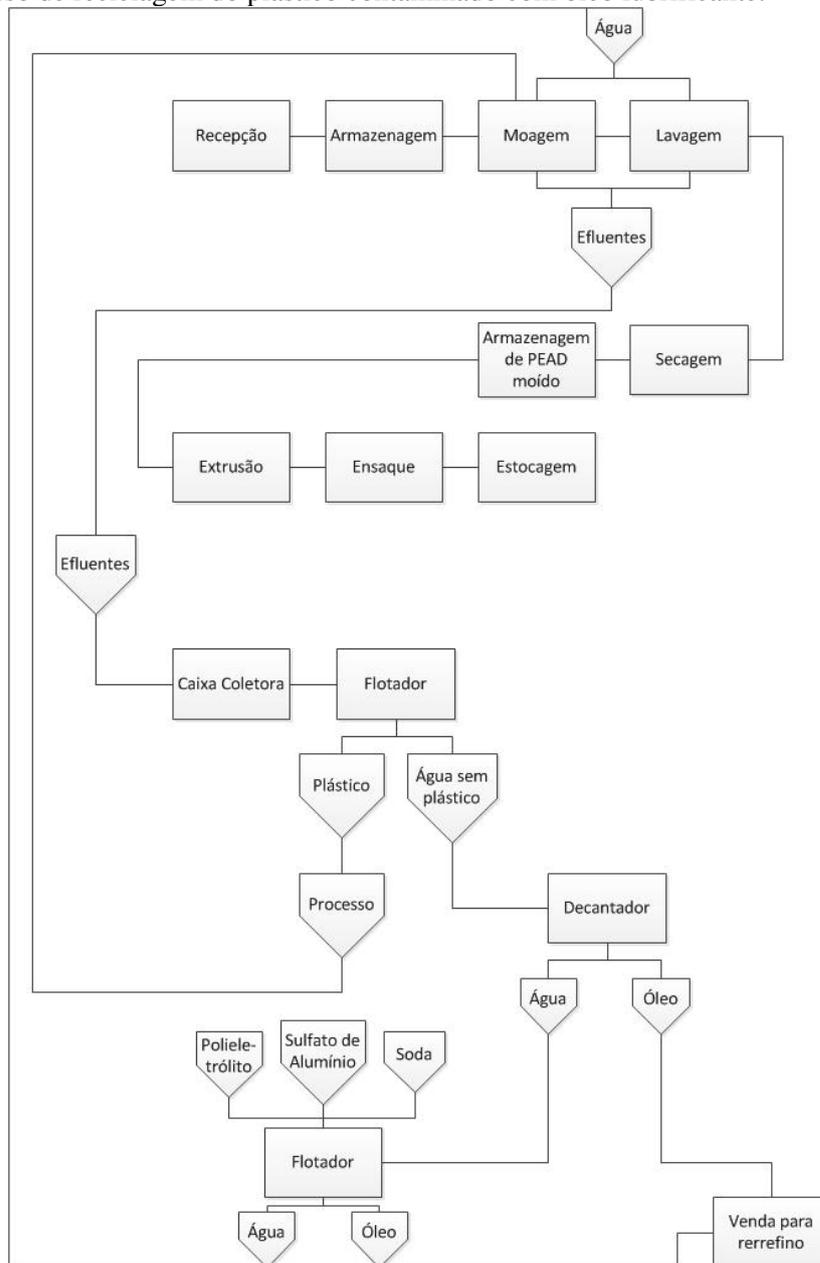
Quadro 5. Dados de transporte do óleo lubrificante da unidade de armazenamento até empresa recicladora.

Distância percorrida:	650 km
Tipo de veículo:	Caminhão a vácuo
Combustível:	Óleo Diesel
Capacidade do veículo:	8000 L

Após o processo de transporte envolvido para que as embalagens e o óleo cheguem a seus respectivos destinos de reciclagem, inicia-se a fase de reciclagem de ambos.

A Figura 4 corresponde ao fluxograma de como ocorre a reciclagem do plástico.

Figura 4. Processo de reciclagem do plástico contaminado com óleo lubrificante.



Conforme fluxograma expresso na Figura 4, as embalagens plásticas são recebidas na empresa responsável e posteriormente armazenadas. Estas embalagens são moídas e lavadas, já que mesmo com a separação parcial do óleo feita no posto de combustível, ainda encontra-se aderida nas paredes das embalagens uma quantidade de óleo lubrificante. Após a lavagem, um efluente líquido é gerado. O plástico já moído e lavado é encaminhado para o procedimento de secagem. Posteriormente à secagem, este material é submetido à extrusão, para que se adquira o formato ideal para ensaque. Finalmente o material é estocado para ser encaminhado para outros processos produtivos.

O efluente gerado na moagem e lavagem é armazenado em uma caixa coletora e encaminhado para um flotor, aonde é separado o plástico da água contaminada. O plástico retorna ao processo e a água com o óleo é transferida para um decantador que separa a água do óleo. O óleo é vendido para empresas de lubrificantes (que também o submetem ao rerrefino) e a água ainda contaminada é tratada com: polieletrólito, sulfato de alumínio e soda em um flotor. Novamente uma quantidade pequena de óleo é encaminhada para venda e a água tratada retorna para o sistema.

O resíduo sólido deste sistema é encaminhado para aterramento.

No Quadro 6, constam dados do sistema correspondente a reciclagem do plástico.

Quadro 6. Dados do processo de reciclagem do plástico.

Capacidade do sistema:	750 kg/h
Consumo de energia:	13640 watts
Consumo de água:	124 L
Polieletrólito:	18,6 g
Sulfato de alumínio:	43,4 g
Soda:	93 g

O processo de rerrefino do óleo lubrificante compreende as etapas descritas na Figura 5.

Figura 5. Processo de rerrefino de óleo lubrificante.



Conforme fluxograma expresso na Figura 5, o óleo lubrificante, com suposta contaminação, provindo do posto de combustível após segregação parcial entre embalagens plásticas e óleo, assim como o óleo lubrificante encaminhado do processo de reciclagem das embalagens passam pelo mesmo procedimento de rerrefino.

Este óleo lubrificante usado, recebido de coletores autorizados, é descarregado e homogeneizado na empresa responsável pelo rerrefino. Após aprovação pelo controle de qualidade, é filtrado e armazenado em tanques.

Nesta fase do processo, o óleo é aquecido até 120 °C para a retirada da água, e até 280 °C para a remoção dos compostos orgânicos de cadeias carbônicas de baixo peso molecular. O sistema é provido de uma série de trocadores de calor, que fazem o aproveitamento energético do aquecimento gerado e de frações que necessitam de troca térmica.

O óleo lubrificante seco proveniente do processo de termocraqueamento/desidratação é enviado para a unidade de evaporação total. O processo consiste na aplicação de temperatura elevada (acima de 375° C), alto vácuo e força centrífuga para a separação das frações mais

pesadas contidas no óleo. Estas frações são separadas por evaporação e posteriormente condensadas novamente em condensadores.

O óleo proveniente da unidade de evaporação total, já resfriado à temperatura ambiente, ainda possui algumas quantidades de compostos oxidados a serem separados. Para extraí-los, aplica-se um agente floculante, em quantidades ínfimas, que promove a aglomeração dos compostos oxidados que posteriormente decantam, sendo estes separados após algumas horas.

Durante a clarificação, o óleo lubrificante proveniente do tratamento físico-químico é bombeado para o sistema de clarificação, aonde recebe a adição de agente clarificante. Este processo é responsável pela absorção das partículas que conferem coloração ao mesmo. A temperatura fica na ordem de 350 °C, além do vapor para o arraste das frações leves, que porventura ainda estejam presentes no óleo. Para garantir a qualidade do óleo rerrefinado, realiza-se nesta etapa análises laboratoriais que visam atender parâmetros de qualidade.

Na filtragem, o óleo misturado ao agente clarificante passa por um sistema de filtros-prensa e mangas, para a retirada dos particulados. Posteriormente, é feito bombeamento para os tanques de óleo básico e rerrefinado, em temperatura ambiente.

Este óleo atende as exigências de um óleo lubrificante básico mineral, que pode ser destinado a outros processos produtivos.

O resíduo sólido deste sistema é encaminhado para coprocessamento.

No Quadro 7, constam dados do sistema de rerrefino do óleo.

Quadro 7. Dados do processo de rerrefino do óleo.

Capacidade do sistema:	1750 L/h
Consumo de energia:	1924,85 watts
Ácido sulfúrico:	1,06 kg
Argila:	1,56 kg

Uma importante observação a ser feita é em relação à limitação do estudo. EPI's e materiais de ensaio de plástico e armazenagem do óleo não foram considerados, assim como não foram realizados estudos ambientais referentes aos impactos dos equipamentos utilizados no processo. Consideram-se dados de pequena participação para as categorias de impacto pelo tempo de vida útil que podem oferecer para utilização, em relação a unidade funcional trabalhada no estudo.

APÊNDICE B

DADOS CORRESPONDENTES AO CENÁRIO 2 - SEM APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA

Os dados envolvidos para a definição do Cenário 2, foram dados estimados de transporte, presentes no Quadro 8.

Quadro 8. Dados referentes ao transporte do cenário sem aplicação da logística reversa.

Distância percorrida:	50 km
Tipo de veículo:	Caminhão de lixo municipal
Combustível:	Óleo diesel
Capacidade do veículo:	7,5 toneladas

Os dados referentes à disposição em aterro, foram dados secundários obtidos pela base de

dados do *software* SimaPro 7.1.

Basicamente para este cenário, levou-se em consideração os transportes envolvidos na destinação final das embalagens (uso de veículo de grande porte, rodovias e combustão de matéria-prima fóssil) e a disposição em aterro sanitário, o que carrega as emissões inerentes à esta disposição (como atmosféricas e chorume de aterro).