



ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS: UM ESTUDO DE CASO DE AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DO SISTEMA DE RERREFINO NO BRASIL

Giancarlo Alfonso Lovón Canchumani

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Planejamento Energético.

Orientador: Alessandra Magrini

Rio de Janeiro
Março de 2013

ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS: UM ESTUDO DE CASO DE AVALIAÇÃO
DE CICLO DE VIDA DO SISTEMA DE RERREFINO NO BRASIL

Giancarlo Alfonso Lovón Canchumani

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Examinada por:

Prof^a. Alessandra Magrini, D.Sc.

Prof. Mauricio Cardoso Arouca, D.Sc.

Prof. Amaro Olimpio Pereira, D.Sc.

Prof. Cláudio Fernando Mahler, D.Sc.

Prof. Luciano Basto Oliveira, D.Sc.

Prof. Marcelo Motta Veiga, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2013

Canchumani, Giancarlo Alfonso Lovón

Óleos Lubrificantes Usados: um Estudo de Caso de Avaliação de Ciclo de Vida do Sistema de Rerrefino no Brasil / Giancarlo Alfonso Lovón Canchumani. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2013.

XIV, 143 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Alessandra Magrini

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 111-123.

1. Avaliação do Ciclo de Vida 2. Óleos Lubrificantes Usados. 3. Rerrefino. I. Magrini, Alessandra. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Foram muitos aqueles que contribuíram para a execução desse trabalho, aos quais eu gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos, em especial:

- A minha orientadora professora Alessandra Magrini pela atenção, orientação, dedicação e conselhos.
- As professores Mauricio Arouca, Amaro Pereira, e Claudio Mahler por terem gentilmente aceito o convite para integrarem a Banca de Defesa;
- Aos membros da banca externos, Luciano Basto e Marcelo Veiga por terem gentilmente aceito o convite para integrarem a Banca de Defesa.
- Aos professores Fabrice Mathieux e Daniel Brissaud e os pesquisadores do Laboratório G-SCOP do INP da Universidade de Grenoble da França pela acolhida no doutorado Sanduiche.
- As empresas e entrevistados que gentilmente aceitaram fazer parte da pesquisa.
- Ao Programa de Planejamento Energético e os funcionários, Paulo, Simone, Queila, Beatriz, Fernando, e especialmente Sandrinha pela atenção dada no decorrer desta jornada.
- A meus familiares pelo apoio constate.
- A Débora pelo apoio durante toda a trajetória.
- Aos colegas e amigos, Marcelo Guimarães, Renzo, Bianca, Marta Ribeiro, Buzzatti, Pedro, Susanne Hoffmann, Paulo, Cunha, Lilian, Eveline e outros, pelos anos de convívio.
- Ao CNPq pelo apoio financeiro através da bolsa de estudo.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS: UM ESTUDO DE CASO DE AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DO SISTEMA DE RERREFINO NO BRASIL

Giancarlo Alfonso Lovón Canchumani

Março/2013

Orientador: Alessandra Magrini

Programa: Planejamento Energético

Os óleos lubrificantes usados - OLU têm gerado sérios problemas ao meio ambiente em por consequência do seu descarte indiscriminado que polui os solos, rios e mananciais. A necessidade de gestão adequada de óleos lubrificantes no Brasil foi recentemente reforçada pela lei 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos sólidos (PNRS) que, dentre seus mecanismos, estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto e a logística reversa. O presente estudo avalia o ciclo de vida do setor de óleos lubrificantes, especificamente a fase de destinação final dos óleos lubrificantes usados, através da identificação dos impactos ambientais gerados em cada etapa do rerrefino. Por meio de um estudo de caso em uma rerrefinaria de OLU, utilizando a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos (ACV) baseada nas normas ISO 14040, foram analisados dos cenários de rerrefino, com distâncias de 80 e 3.000 Km do ponto de coleta de OLU até à rerrefinaria e comparados com um terceiro cenário de produção de óleo base de primeiro refino. O estudo demonstrou que na maioria das categorias de impacto, o rerrefino é o sistema que gera menos impactos ambientais se comparado ao cenário de primeiro refino, com exceção das categorias respiração de particulados inorgânicos e carcinogênicos. Apesar, de o Brasil ter coletado 37% de seus OLU e ter atingido as metas legais estabelecidas para todo o país, nas regiões Norte e Nordeste verificou-se que não há uma estrutura de coleta consolidada, bem como a existência de unidades de rerrefino.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

USED LUBRICATING OILS: A STUDY OF LIFE CYCLE ANALYSIS OF RE-REFINING SYSTEM IN BRAZIL

Giancarlo Alfonso Lovón Canchumani

March/2013

Advisor: Alessandra Magrini

Department: Planejamento Energético

Used lubricating oils (ULOs) generate serious environmental problems as a consequence of their indiscriminate disposal, which pollutes the soil, rivers and wetlands. The requirement for adequate management of ULOs in Brazil was recently strengthened with the enactment of Law 12,305, which established the National Solid Waste Policy. Among its mechanisms is the shared responsibility among manufacturers, retailers and users over the product life cycle and mandatory reverse logistics. The present study assesses the life cycle in the lubricating oil sector, specifically the environmental impacts of re-refining of used oils. We applied life-cycle analysis (LCA) to a case study of a re-refining, in light of the ISO 14040 standards. This involved analyzing two re-refining scenarios, with distances of 80 and 3000 Km between the collection point and the re-refinery, and comparison against production of lubricating oil from original feedstock (first refining). The results indicate that in the majority of impact categories, re-refining generates less severe environmental impacts in comparison with the first refining scenario, with the exceptions being resp. inorganic and carcinogens categories. Although Brazil as a whole has met the legal targets established for the country, there are great regional disparities, with the North and Northeast regions falling short of the goals set due to lack of collection infrastructure and an insufficient number of re-refineries.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	ÓLEOS LUBRIFICANTES: ASPECTOS PRODUTIVOS E IMPACTOS AMBIENTAIS	6
2.1	O SETOR DE ÓLEOS LUBRIFICANTES NO MUNDO.....	6
2.2	PROCESSO PRODUTIVO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES.....	8
2.2.1	Óleos Básicos	8
2.2.2	Aditivos	11
2.2.3	Óleos Lubrificantes Acabados.....	12
2.2.4	Óleos Lubrificantes Usados - OLU	12
2.3	IMPACTOS AMBIENTAIS E OS PRINCIPAIS PROCESSOS DE RECICLAGEM.....	14
2.4	O SETOR DE ÓLEOS LUBRIFICANTES NO BRASIL	17
2.4.1	Os Atores Envolvidos na Cadeia Produtiva de Óleos Lubrificantes	19
2.4.2	Balanco da Comercialização e Coleta dos Óleos Lubrificantes	21
3	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL SOBRE DESTINAÇÃO PÓS-USO NO SETOR DE ÓLEOS LUBRIFICANTES	23
3.1	NO ÂMBITO INTERNACIONAL	23
3.2	NO ÂMBITO NACIONAL	28
4	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA: REFERENCIAL TEÓRICO E SEUS ASPECTOS METODOLÓGICOS	34
4.1	HISTÓRICO DA ACV NA ESFERA INTERNACIONAL E NO BRASIL.....	34
4.2	CONCEITO.....	37
4.3	METODOLOGIA DE ACV.....	40
4.3.1	Definições do Objetivo e do Escopo	41
4.3.2	Inventário.....	48
4.3.3	Metodologia de Avaliação de Impacto e Interpretação	50
4.4	BARREIRAS E LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA	54
4.5	SOFTWARE E BASES DE DADOS PARA ACV	55
4.5.1	SimaPro	55
4.5.2	GaBi.....	56
4.5.1	Umberto	57
4.5.1	O Banco de Dados Ecoinvent.....	57
4.6	ACV DE RESÍDUOS	60

4.7	ACV APLICADO A ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS.....	61
5	PROPOSTA METODOLÓGICA	66
5.1	SELEÇÃO DO ESTUDO DE CASO	66
5.2	DESENHO DA PESQUISA	67
5.3	ETAPAS DA PESQUISA	68
5.3.1	Etapa de Concepção de Avaliação do Ciclo de Vida	68
5.3.2	Etapa do Estudo de Caso - EC.....	70
5.3.3	Etapa da estruturação e aplicação de Avaliação do Ciclo de Vida.....	72
5.4	COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	73
5.4.1	Protocolo de Pesquisa.....	74
5.4.2	Coleta dos Dados	74
5.4.3	Análise dos dados	77
5.4.4	Definição do Cenário.....	81
5.5	VALIDADE E CONFIABILIDADE	82
6	ESTUDO DE CASO DE ACV NUMA RERREFINARIA DE ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS	83
6.1	DESCRIÇÃO DO CASO	83
6.2	DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO.....	84
6.2.1	Objetivo do ACV.....	84
6.2.2	Unidade Funcional.....	84
6.2.3	Definição do Sistema.....	85
6.2.4	Definição da qualidade dos dados	87
6.3	ANÁLISE DE INVENTÁRIO	88
6.3.1	Energia Elétrica	88
6.3.2	O Processo de rerrefino de OLU	88
6.3.3	Subsistema de Transporte.....	93
6.4	AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA – AICV.....	95
6.4.1	AICV do Cenário 1.....	95
6.4.2	Comparação dos Cenários	98
6.4.3	Interpretação dos Resultados	103
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	106
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
	ANEXOS	124

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ESTRUTURA DA TESE	5
FIGURA 2: EVOLUÇÃO DA DEMANDA DE ÓLEOS LUBRIFICANTES NO MUNDO DE 2000-2011	6
FIGURA 3: CONSUMO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES POR SETOR PRODUTIVO NO MUNDO EM 2011	7
FIGURA 4: CONSUMO GLOBAL DE ÓLEOS LUBRIFICANTES EM 2011.....	7
FIGURA 5: ROTA SOLVENTE PARA PRODUÇÃO DE ÓLEOS BÁSICOS LUBRIFICANTES	10
FIGURA 6: CADEIA CICLO DE VIDA DO SETOR DE LUBRIFICANTE.....	14
FIGURA 7: PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÓLEOS USADOS.....	15
FIGURA 8: FLUXO DO PROCESSO DE RERREFINO DE OLU.....	16
FIGURA 9: EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE LUBRIFICANTES NO BRASIL.....	17
FIGURA 10: CONSUMO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES POR SETOR PRODUTIVO NO BRASIL EM 2010	18
FIGURA 11: CONSUMO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES POR REGIÃO NO BRASIL EM 2010.....	18
FIGURA 12: ATORES DA CADEIA PRODUTIVA DO SETOR DE LUBRIFICANTES NO BRASIL	19
FIGURA 13: PONTOS DE COLETORES E RERREFINARIAS DISTRIBUÍDAS NAS REGIÕES DO BRASIL	20
FIGURA 14: CICLO DE VIDA DE UM PRODUTO	38
FIGURA 15: EXEMPLO DE SISTEMA DE PRODUTO PARA ACV	39
FIGURA 16: ESTRUTURA DA ACV PADRONIZADA PELAS NORMAS ISO.....	41
FIGURA 17: ETAPAS NECESSÁRIAS PARA DEFINIÇÃO DO OBJETIVO E ESCOPO DE UMA ACV.....	42
FIGURA 18: ENTRADAS E SAÍDAS EM UM SISTEMA E SUBSISTEMA DE PRODUTO	44
FIGURA 19: ABORDAGENS POSSÍVEIS DE UM ESTUDO DE ACV.....	47
FIGURA 20: FLUXO DE ENTRADAS E SAÍDAS EM SISTEMA DE PRODUTO..	49
FIGURA 21: DESCRIÇÃO E APLICAÇÃO DE SOFTWARE PARA ACV	58

FIGURA 22: DESCRIÇÃO E APLICAÇÃO DE SOFTWARE PARA ACV	59
FIGURA 23: DIFERENÇAS ENTRE ACV PARA PRODUTOS E ACV PARA GESTÃO DE RESÍDUOS	61
FIGURA 24: MODELO DE PESQUISA.....	68
FIGURA 25: ESTRUTURA DE ANÁLISE DE CICLO DE VIDA - ACV.....	70
FIGURA 26: PASSOS BÁSICOS PARA O CÁLCULO DO ECO-INDICADOR	99 80
FIGURA 27: CENTROS DE COLETA E UNIDADES DE RERREFINO DA EMPRESA EM ESTUDO	81
FIGURA 28: FLUXO DO PROCESSO DE RERREFINO	83
FIGURA 29: SISTEMA E FUNÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	84
FIGURA 30: FIGURA DO FLUXO GERAL E LIMITES DO SISTEMA.....	85
FIGURA 31: PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO DO ÓLEO USADO	89
FIGURA 32: PROCESSO DE DESTILAÇÃO FLASH.....	90
FIGURA 33: PROCESSO DE DESASFALTAMENTO	91
FIGURA 34: PROCESSO DESULFONAÇÃO.....	92
FIGURA 35: PROCESSO DE CLARIFICAÇÃO E NEUTRALIZAÇÃO.....	92
FIGURA 36: IMPACTOS AMBIENTAIS DO CENÁRIO 1 EM PORCENTAGEM (ECO-INDICADOR 99 H/A)	96
FIGURA 37: ÁRVORE DO FLUXO DO SISTEMA DE RERREFINO DE OLU NO CENÁRIO – RERREFINO DE OLU 80 KM (ECO-INDICADOR 99 H/A)	97
FIGURA 38: ANÁLISE COMPARATIVA DA CARACTERIZAÇÃO DOS DANOS AMBIENTAIS DO CENÁRIO 1 E CENÁRIO 2 RELATIVIZADO EM PORCENTAGEM (ECO-INDICADOR 99 H/A)	99
FIGURA 39: ANÁLISE COMPARATIVA DA CARACTERIZAÇÃO DOS DANOS AMBIENTAIS DO CENÁRIO 1 E CENÁRIO 3 RELATIVIZADO EM PORCENTAGEM (ECO-INDICADOR 99 H/A)	101
FIGURA 40 ANÁLISE COMPARATIVA DA CARATERIZAÇÃO DE DANOS EM PORCENTAGEM DOS CENÁRIOS 1, CENÁRIO 2 E CENÁRIO 3 (ECO- INDICADOR 99 H/A).....	102

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: BALANÇO DA COMERCIALIZAÇÃO, COLETA E DO RERREFINO DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES NO BRASIL ENTRE OS ANOS DE 2007 E 2011.....	21
TABELA 2: COMERCIALIZAÇÃO E COLETA DE ÓLEOS LUBRIFICANTES POR REGIÃO DO BRASIL EM 2011	22
TABELA 3. PERCENTUAL LEGAL DE COLETA DE ÓLEOS LUBRIFICANTES PARA RECICLAGEM POR REGIÃO DO BRASIL.....	33
TABELA 4: PONDERAÇÕES UTILIZADAS NAS TRÊS VERSÕES DO ECO-INDICADOR 99.....	53
TABELA 5: PRINCIPAIS ELEMENTOS ENCONTRADOS NOS ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS – OLU.....	86
TABELA 6: DADOS MODELADOS PARA O TRANSPORTE DE OLU	93
TABELA 7: INVENTÁRIO PARA 1 KG DE ÓLEO LUBRIFICANTE BÁSICO RERREFINADO	94
TABELA 8: RESULTADOS DO AICV PARA OS CENÁRIOS 1 EM PTS (ECO-INDICADOR 99 H/A).....	98
TABELA 9: RESULTADOS DO AICV PARA OS CENÁRIOS 1 E 2 EM PTS (ECO-INDICADOR 99 H/A).....	99
TABELA 10: RESULTADOS DO AICV PARA OS CENÁRIOS 1 E 3 EM PTS (ECO-INDICADOR 99 H/A).....	100
TABELA 11 RESULTADOS DO AICV PARA OS CENÁRIOS 2 E 3 EM PTS (ECO-INDICADOR 99 H/A).....	101
TABELA 12 – CENÁRIO 1 - RERREFINO DE OLU 80 KM CONFORME METODOLOGIA DE RECIPE MIDPOINT (H)	103

LISTA DE QUADRO

QUADRO 1: ESPECIFICIDADES DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES ACABADOS..	13
QUADRO 2: REGULAMENTAÇÕES REFERENTES À GESTÃO DOS RESÍDUOS E/OU GESTÃO DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS NOS PAÍSES EUROPEUS	25
QUADRO 3: TIPOS DE SISTEMAS E RESPONSABILIDADE DA GESTÃO DOS OLU EM EU E EEUU	27
QUADRO 4: LEI E ATOS NORMATIVOS VIGENTES DO SETOR DE ÓLEOS LUBRIFICANTES NO BRASIL	29
QUADRO 5: LEI E ATOS NORMATIVOS REFERENTES À DESTINAÇÃO FINAL DE ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS.....	30
QUADRO 6: DISCRIMINAÇÃO DOS ATORES DA CADEIA PRODUTIVA DO SETOR DE ÓLEOS LUBRIFICANTES E SUAS RESPECTIVAS OBRIGAÇÕES	31
QUADRO 7: DISCRIMINAÇÃO DOS ATORES DA CADEIA PRODUTIVA DO SETOR DE ÓLEOS LUBRIFICANTES E SUAS RESPECTIVAS OBRIGAÇÕES	32
QUADRO 8: HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DA ACV INTERNACIONAL	35
QUADRO 9: HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DA ACV NO BRASIL	36
QUADRO 10: ESTUDOS DE ACV DE TRATAEMNTO DE ÓLEO LUBRIFICANTES USADOS RELIZADOS NA EUROPA NOS ANOS NOVENTA.....	62
QUADRO 11: FASES DA CONCEPÇÃO DA PESQUISA	69
QUADRO 12: FASES DOS ESTUDOS DE CASO DA PESQUISA.....	71
QUADRO 13: FASES DE ESTRUTURAÇÃO DO MODELO FINAL DA PESQUISA.....	72
QUADRO 14: PERFIL DOS ENTREVISTADOS	75
QUADRO 15: FONTES SECUNDÁRIAS	76
QUADRO 16: CATEGORIAS DE IMPACTOS CONSIDERADAS PARA ANÁLISE	78
QUADRO 17: CENÁRIOS DE ESTUDO.....	81

LISTA DE SÍMBOLOS

ABEMA - Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACV – Análise de Ciclo de Vida

ADEME - Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Agência do Meio Ambiente e Energia) da França

AICV – Avaliação dos Impactos Ambientais do Ciclo de Vida (AICV)

ANP – Agência Nacional do Petróleo

API – Instituto Americano de Petróleo

BAT – Best available technology

BRIC – Grupo composto por Brasil, Rússia, Índia e China

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EPA – Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental) dos EUA

GMP – Grupo de Monitoramento Permanente

EU – União Europeia

EUA – Estados Unidos da América

FECOMBUSTIVEL - Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e Lubrificantes

GTL – Gas To-Liquid

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ICV – Inventário de Ciclo de Vida

ILCD – International Reference Life Cycle Data System

ISO – International Organization for Standardization

LUBNOR – Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

NBR – Norma Brasileira

OLU – óleo lubrificante usado

ONG – Organização não governamental

PAH – Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos

PNA – Hidrocarbonetos Polinucleares Aromáticos

REDUC – Refinaria de Duque de Caxias

RLAM – Refinaria Landulpho Alves

SETAC – Society of Environmental Toxicology and Chemistry

SIMEPETRO – Sindicato Interestadual das Indústrias Misturadoras, Envasilhadoras de Produtos Derivados de Petróleo

SINDICOM – Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes

SINDILUB – Sindicato Interestadual do Comércio de Lubrificantes

SINDIRREFINO - Sindicato Nacional Da Indústria Do Rerrefino De Óleos Minerais

UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

1 INTRODUÇÃO

Um dos setores que causam impactos significativos ao meio ambiente é o de petróleo, fato que tem gerado diversos estudos sobre o tema. Neste cenário despontam, com particular destaque, os óleos lubrificantes que geram significativos impactos ambientais, seja pelos efeitos produzidos em sua cadeia produtiva, seja devido a sua destinação após o uso.

Os óleos lubrificantes possuem a característica de não ser totalmente consumido durante a sua vida útil, o que diferencia dos demais derivados de petróleo, criando responsabilidades em relação à adequada destinação dos resíduos gerados ao final do seu uso.

Após certo tempo de vida útil, os óleos lubrificantes acumulam compostos químicos tóxicos e precisam ser substituídos por óleos novos, surgindo então, os óleos lubrificantes usados - OLU. Estes resíduos são considerados perigosos pela convenção de Basileia e no Brasil, conforme as normativas da ABNT NBR 10004 (CARRETEIRO e BELMIRO, 2006).

Os principais impactos produzidos pelos óleos lubrificantes usados no meio ambiente devem-se ao fato de conterem diversos metais pesados em suas fórmulas, podendo contaminar os lençóis freáticos e rios, ou ainda sobrenadarem nos lagos e mares, impedindo assim a oxigenação dos seres vivos e a passagem dos raios solares (BOUGHTONE e HOURVATH, 2004; KALNES et al., 2006).

Além disso, o setor de lubrificantes requer um consumo elevado de recursos e energia, e em que conseqüentemente, gera quantidades de emissões gasosas, líquidas e sólidas, contaminando assim o meio ambiente. Por isso, é de grande importância fazer uma avaliação do setor no que se refere às questões ambientais, tornando-se necessário conhecer, quantificar e qualificar os recursos utilizados, os resíduos, bem como as emissões geradas na destinação final dos OLU (SINDIRREFINO, 2010).

No que se refere especificamente aos óleos lubrificantes, apesar dos avanços na coleta de OLU, ainda é necessário dispor de dados consolidados que representem a real

dimensão dos impactos ambientais da cadeia produtiva, especificamente sobre a destinação final dos OLU (SINDIRREFINO, 2010).

No Brasil, a legislação especifica que a responsabilidade da gestão e destinação adequada dos OLU recaia nos produtores e importadores e que a reciclagem seja feita através da recuperação por meio do processo industrial do rerrefino (CONAMA, 2005).

Nesse sentido a necessidade de gestão adequada de óleos lubrificantes no Brasil foi recentemente reforçada pela lei 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos sólidos (PNRS), que dentre seus mecanismos estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto e a logística reversa (BRASIL, 2010).

Nesse contexto, destaca-se a importância de se realizar estudos de Avaliação de Ciclo de Vida – ACV. Utilizando a técnica de abordagem analítica e de caráter gerencial que contribui para a avaliação dos aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto ou atividade durante seu ciclo de vida (GUINÉE et al., 2011).

No entanto, vários estudos apontam que as questões relacionadas à avaliação de ciclo de vida são ainda pouco aplicadas, pois a maioria dos trabalhos realizados sobre ACV tem se concentrado ou no estudo de poucos setores, ou na avaliação de temas e/ou programas específicos de incentivo em prol da necessidade de satisfazer a legislação ambiental ou para cumprir exigências de mercados externos mais exigentes (FAVA e COOPER, 2002, DA SILVA 2010).

A ACV nos países em desenvolvimento, depende da existência de uma atividade de pesquisa e desenvolvimento de projetos e de dados aplicáveis à matérias primas e aos processos de produção aplicados localmente (PIRES et al., 2005).

Diversos autores mencionam que uma gestão eficiente dos óleos lubrificantes usados (OLU) pode reduzir significativamente o consumo de recursos naturais e a geração de impactos ambientais (EL-FADEL e KHOURY, 2001; MONIER e LABOUZE, 2001; KANOKKANTAPONG et al., 2009; PIRES e MARTINHO, 2012).

Nesse sentido, esta tese pretende responder algumas questões centrais:

- Como está estruturada a coleta e rerrefino de Óleos Lubrificantes Usados no Brasil?

- Quais são os principais impactos ambientais potenciais associados aos processos de rerrefino?
- Qual a contribuição das distâncias do transporte de OLU para a rerrefinaria em termos de aumento do impacto ambiental no ciclo de vida do processo de rerrefino?

O objetivo principal da tese consiste em avaliar o ciclo de vida do setor de óleos lubrificantes, especificamente a fase de destinação final dos OLU, através da identificação dos impactos ambientais gerados no processo de rerrefino, com o intuito de dar subsídios a medidas mitigadoras e a nova lei de PNRS.

Por meio de um estudo de caso numa rerrefinaria de OLU, utilizando a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos (ACV) baseada nas normas ISO 14040 e 14044, foram analisados dois cenários de rerrefino, com distâncias de 80 e 3.000 Km do ponto de coleta de OLU até à rerrefinaria, que posteriormente foi comparado com um terceiro cenário de produção de óleo base de primeiro refino.

Cabe ressaltar que foram feitas visitas técnicas a duas rerrefinarias para coleta de dados, mas optou-se pela aplicação em um só caso de estudo, devido à dificuldade de acesso aos dados para o desenvolvimento iniciais da pesquisa, que tencionava aplicar ACV a mais de uma rerrefinaria de óleos lubrificantes usados - OLU.

A realização de uma análise de ciclo de vida exige a aquisição de uma grande quantidade de dados. Assim, além do objetivo central, o presente estudo também pretende contribuir apresentando o modelo de pesquisa desenvolvido nesta tese, com a finalidade de dar suporte na elaboração das etapas de coleta de dados em fontes primárias. Etapa crítica e importante para a Avaliação de Ciclo de Vida (GUINÉE et al., 2002).

Os resultados alcançados na ACV ainda poderão auxiliar em decisões sobre investimentos realizados na expansão do setor de rerrefino no Brasil, como por exemplo, o investimento em novas tecnologias menos impactantes. Os resultados também contribuirão para consolidar um inventário de ciclo de vida do setor de lubrificante no Brasil.

Este estudo permite identificar os pontos fortes, fracos do rerrefino e também mostrar os desafios e novos rumos para uma melhora da gestão de óleos lubrificantes usados com base na nova lei que determina a PNRS.

Na Figura 1 é apresentada a estrutura da tese. A tese está dividida em oito capítulos. Após a introdução, o segundo capítulo apresenta o mercado dos óleos lubrificantes no mundo, os aspectos produtivos e impactos ambientais. No terceiro capítulo apresenta a legislação ambiental pertinente sobre destinação pós-consumo no setor de óleos lubrificantes, mostrando a legislação e os sistemas de gestão de óleos lubrificantes usados, tanto no âmbito nacional como internacional. No quarto capítulo expõe o setor de óleos lubrificantes no Brasil, os atores envolvidos na cadeia produtiva e o balanço da comercialização e coleta dos Óleos Lubrificantes.

No quinto capítulo é apresentado o referencial teórico da avaliação do ciclo de vida; o histórico da ACV, seus aspectos metodológicos, as barreiras e software e base de dados para a ACV, aplicação de ACV a resíduos e aos tipos de tratamento dos OLU.

No sexto capítulo mostra os aspectos metodológicos; modelo de pesquisa, as etapas de concepção, estruturação, e aplicação do estudo de caso de avaliação do ciclo de vida. No sétimo capítulo se apresenta o estudo de avaliação de ciclo de vida numa rerrefinaria de óleos lubrificantes usados. Finalmente o capítulo 8 apresenta as conclusões e recomendações.

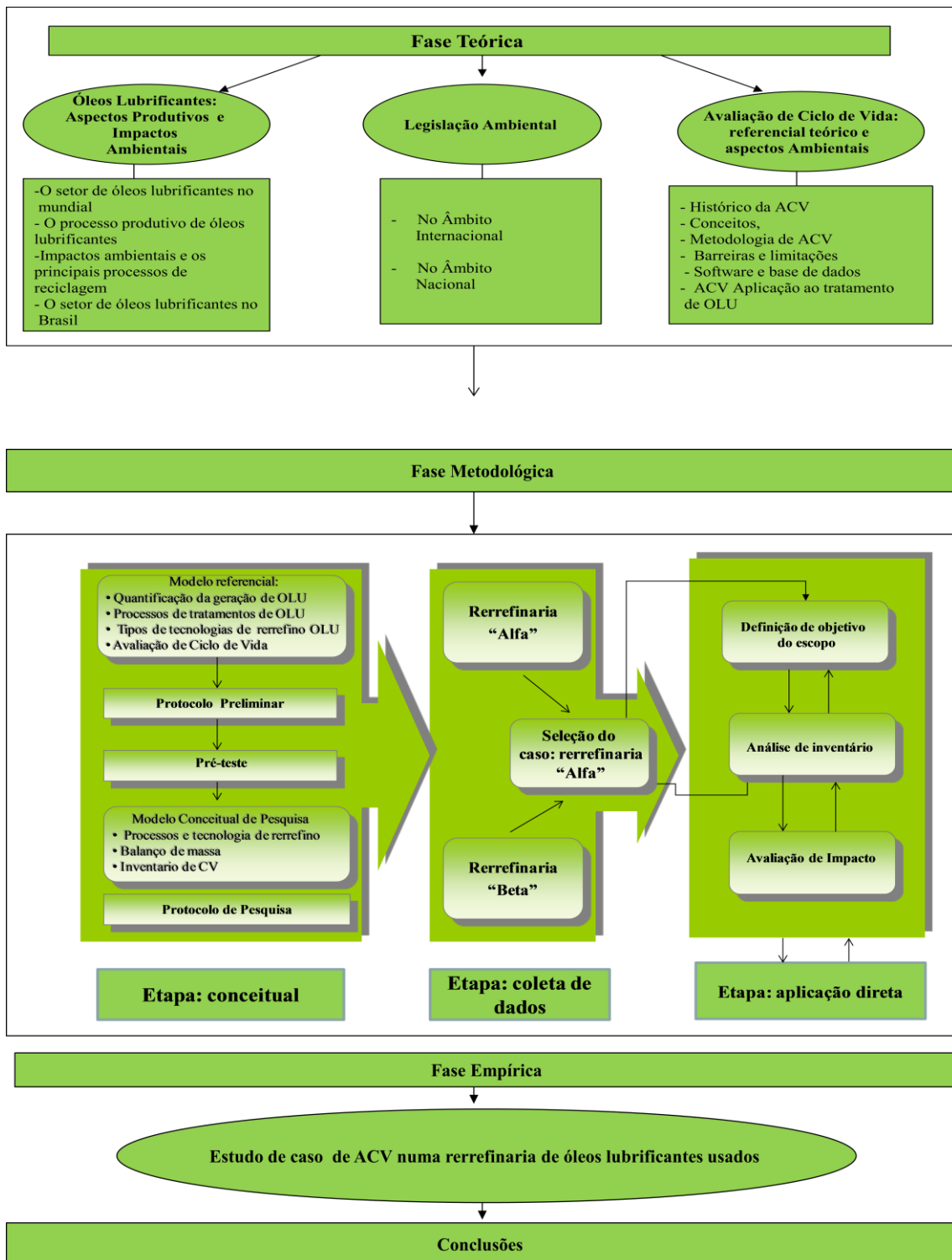


Figura 1: Estrutura da Tese

2 ÓLEOS LUBRIFICANTES: ASPECTOS PRODUTIVOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

2.1 O Setor de Óleos Lubrificantes no Mundo

Em termos históricos, a demanda de lubrificantes no mundo apresentou variações nos últimos 10 anos, conforme apresentado na Figura 2. No período de 2000 a 2011, a demanda passou de 36.4 milhões de m³ para 35.1 m³, um decréscimo de 3,57%. Cabe destacar, a variação do consumo de lubrificantes esta atrelada ao crescimento de dois setores, o setor industrial e principalmente o setor automotivo, conforme mostra a Figura 2 (GOSALIA, 2012).

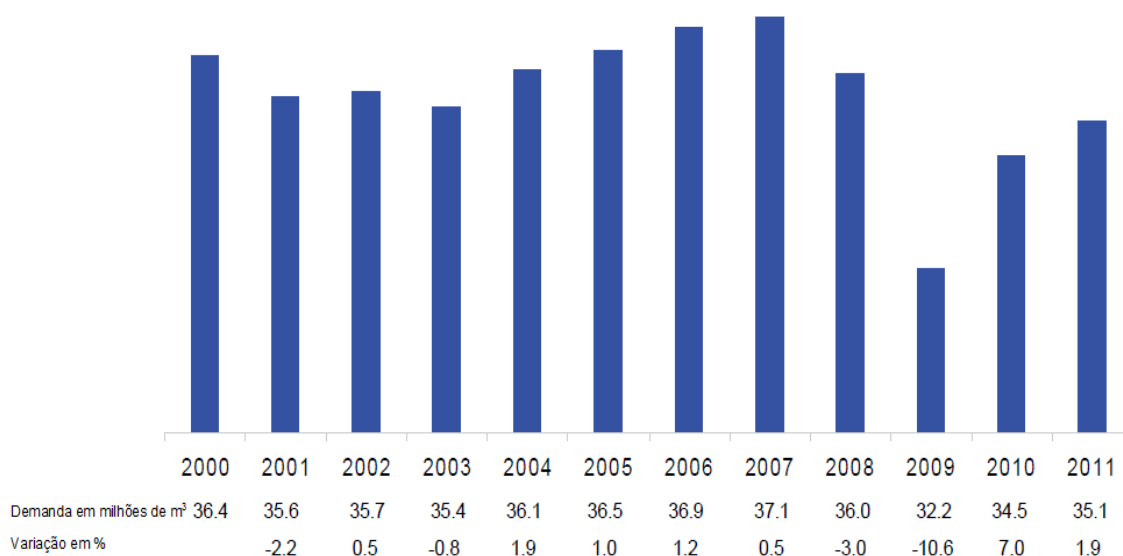


Figura 2: Evolução da demanda de óleos lubrificantes no mundo de 2000-2011

Fonte: Gosalia (2012)

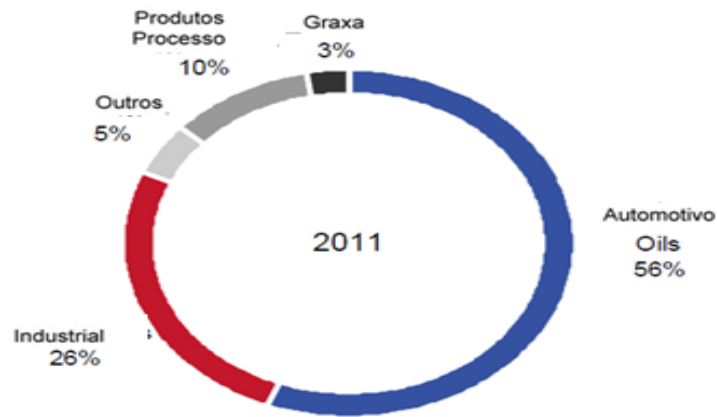


Figura 3: Consumo de óleos lubrificantes por setor produtivo no mundo em 2011

Fonte: Gosalia (2012)

Os maiores consumidores de lubrificantes no mundo são a China, Estados Unidos, Japão, Índia e Rússia respectivamente. Os quatro países BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China) foram responsáveis por mais de um quarto da demanda global de lubrificantes (GOSALIA, 2012). Na Figura 4 são apresentados os 20 maiores consumidores de óleos lubrificantes no mundo.

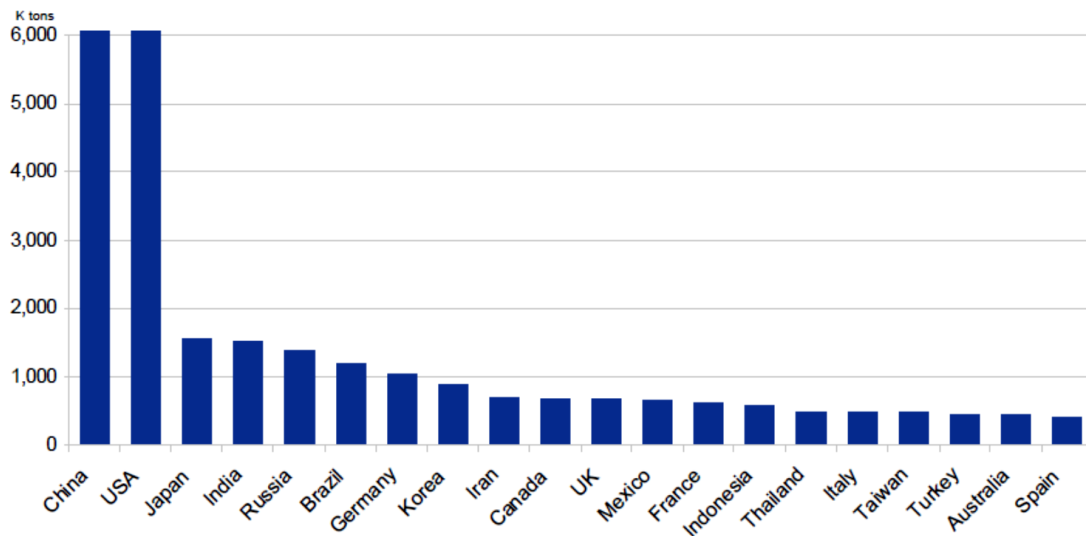


Figura 4: Consumo global de óleos lubrificantes em 2011

Fonte: Gosalia (2012)

Segundo a UNEP (2012) a comercialização mundial de lubrificantes pode ser estimada com maior precisão a partir da disponibilidade de dados de consumo em cada país. Uma estimativa similar no caso de OLU é mais complicada, pois os usuários, coletores e recicladores não compartilham os dados reais da situação da geração de OLU.

Aproximadamente cerca de 36 milhões de m³ de óleos lubrificantes foram consumidos no mundo em 2011, sendo que 56% eram óleos para motores de automóveis e menos de 26% óleos para equipamentos industriais, 10% para processos e produtos. Cerca de 50% dos óleos consumidos são perdidos durante a utilização (através de processos de combustão, evaporação, resíduos de óleo que ficam nas embalagens, etc.). Os restantes 50% representam a fração de óleos usados que pode ser recolhida (MONIER E LABOUZE, 2001. UNEP, 2012).

2.2 Processo Produtivo de Óleos Lubrificantes

2.2.1 Óleos Básicos

Óleos básicos minerais são derivados de petróleo que constituem a matéria-prima principal utilizada para a fabricação de óleos lubrificantes acabados. Estes são utilizados em veículos e máquinas industriais com o objetivo principal de evitar danos na parte mecânica destes equipamentos ocasionada por atritos, corrosões e mudanças bruscas nas temperaturas internas e externas, além de desgastes causados por elementos naturais como o oxigênio.

Os tipos de óleos são classificados segundo o seu índice de viscosidade e teor de enxofre. Quanto maior esse índice, melhor é a qualidade do produto. O índice de viscosidade é a propriedade que mede a variação de viscosidade de um óleo de acordo com a variação da temperatura (ZAMBONI, 2008). Os principais tipos são:

- Grupo I: com índice viscosidade de 85-95 e teor de enxofre (% massa) $\geq 0,3$
- Grupo II: com índice viscosidade de 96-119 e teor de enxofre (% massa) $\leq 0,3$

- Grupo III: com índice viscosidade de 126-135 e teor de enxofre (% massa) $\leq 0,3$

Grupo I – Rota Solvente - Os óleos básicos deste grupo são geralmente produzidos pela rota solvente (processos de extração de aromáticos e desparafinização por solvente, com ou sem hidroacabamento) e são os menos refinados da classificação. É uma mistura, não uniforme, de diferentes cadeias de hidrocarbonetos que são utilizados para formular a maioria dos óleos automotivos.

Grupo II – Hidrorrefino - Os óleos básicos do Grupo II são produzidos por um processo mais moderno denominado de rota hidrorrefino. São utilizados para fabricação de óleos para motor. Tem um desempenho adequado em propriedades como volatilidade, estabilidade à oxidação e ponto de fulgor, porém seu desempenho é regular no que se refere a ponto de fluidez e viscosidade a baixa temperatura. Esses óleos tipo II são produzidos principalmente na América do Norte, onde tem uma participação de 45% do mercado (ZAMBONI, 2008).

Grupo III – Hidroprocessamento e Refino - Os óleos deste grupo são produzidos pelo processo de Hidrocraqueamento e, apesar de não terem modificações químicas especiais, têm maior desempenho em uma grande variedade de propriedades, como uniformidade molecular e estabilidade. São utilizados para fabricação de óleos lubrificantes sintéticos e semi-sintéticos, produzidos principalmente na Europa e na Ásia.

Grupo IV – Reações Químicas - Os básicos do Grupo IV são obtidos através de reações químicas das matérias-primas sintéticas, como Poli-Alfa-Olefinas (PAOs). Esses produtos, combinados com aditivos, oferecem um excelente desempenho dos atributos relacionados à lubrificação. Têm uma composição química estável e cadeias moleculares uniformes.

Grupo V – Neste grupo encontram-se os básicos naftênicos, além de ésteres sintéticos e poliolesteres como poli-isobuteno e poli-alquileno. Esses básicos são principalmente utilizados para desenvolvimento de aditivos e em processos petroquímicos.

Grupo VI – Foi criado exclusivamente para abrigar um tipo de oligômero de olefina fabricado na Europa, chamado de Poli-internal Olefina (PIO), a fim de simplificar os processos de aprovação.

Por questões comerciais, e para atender uma demanda de mercado, algumas refinarias realizaram melhorias nos processos de refino, com intuito a aumentar o índice de viscosidade dos produtos finais, embora os teores de enxofre e saturados continuassem enquadrados nos mesmos grupos. Foram criadas então, algumas categorias não oficiais, mas com grande aceitação pelo mercado (CARRETEIRO e BELMIRO, 2006).

No mundo são três as principais tecnologias para a produção de óleos lubrificantes básicos: rota solvente, hidrocraqueamento e GTL (gas-to-liquid). Conforme mostra a Figura 5, a rota solvente consiste nas etapas de destilação atmosférica, destilação a vácuo e desasfaltação, desaromatização, desparafinação e hidroacabamento.

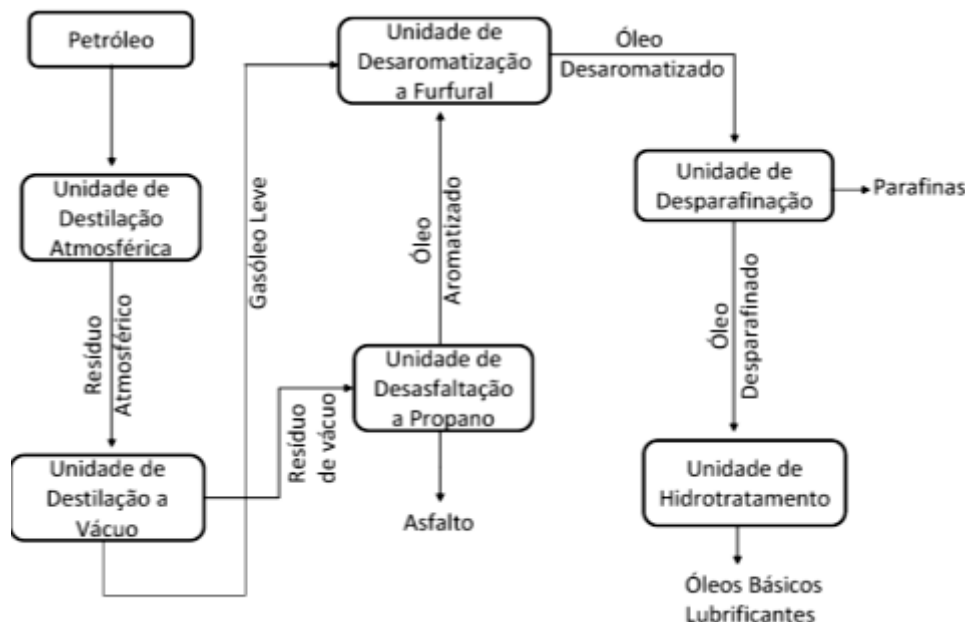


Figura 5: Rota solvente para produção de óleos básicos lubrificantes

Fonte: Cerqueira (2004)

As etapas de destilação atmosférica, a vácuo e desasfaltação são utilizadas para selecionar as faixas de viscosidade apropriadas para cada corte de básico. A etapa de desaromatização é usada para melhorar o índice de viscosidade, através da eliminação dos aromáticos por extração com solvente. A etapa de desparafinação é empregada para melhorar o ponto de fluidez através da retirada de parafinas, parafínicos normais lineares de alto peso molecular. Finalmente, a etapa de hidroacabamento é utilizada para eliminar os compostos de enxofre, oxigênio e nitrogênio, conferindo ao óleo básico melhoria da cor e estabilidade à oxidação. Essa rota é considerada obsoleta, porque é capaz de gerar somente óleos básicos enquadrados no grupo I da classificação API. Além disso, a natureza e origem do petróleo selecionado e a severidade do processo de refino são determinantes para a qualidade e rendimento dos produtos finais (CARVALHO, 2010).

O hidrocrackeamento baseia-se na conversão dos aromáticos em naftênicos, quebra dos naftênicos e fragmentação ou rearranjo das parafinas. O produto gerado possui melhores características de índice de viscosidade e estabilidade à oxidação. Dessa forma, é possível a obtenção de óleos básicos que atendem aos critérios dos grupos II e III.

A tecnologia GTL é a mais recente na indústria do petróleo. Resumidamente, a tecnologia GTL consiste em um processo de transformação química que converte o gás natural em combustíveis líquidos - óleo diesel e gasolina – e em outros derivados, como nafta petroquímica e lubrificante com alto índice de viscosidade (CARVALHO, 2010).

2.2.2 Aditivos

Os aditivos são compostos químicos que, quando adicionados aos óleos básicos, podem reforçar, adicionar ou eliminar algumas de suas características. Dependendo do modo de atuação, os aditivos podem ser divididos em três grupos:

- aditivos que modificam as propriedades físicas do óleo, como a diminuição do ponto de fluidez, a melhora do índice de viscosidade, etc.;

- aditivos cujo efeito final é de natureza química, como os antioxidantes e agentes de extrema pressão;
- aditivos que atuam nas interfaces, por exemplo, óleo-água.

Esses aditivos são polímeros de alto peso molecular, cuja cadeia principal é flexível. As baixas temperaturas, as interações entre as próprias cadeias dos polímeros são mais intensas que as interações entre o solvente, óleo básico, e as cadeias do polímero. Dessa forma, o polímero adota uma configuração parecida à de um novelo de lã, de volume reduzido, e que exerce pouca influência na viscosidade do óleo. Com o aumento da temperatura, as interações entre as cadeias do polímero decrescem e a estrutura enovelada se desfaz. Esse processo de expansão consegue compensar o decréscimo da viscosidade do óleo, provocado pelo aumento da temperatura (INFINEUM, 2009).

2.2.3 Óleos Lubrificantes Acabados

Óleo lubrificante acabado é aquele que está pronto para ser utilizado para a finalidade para qual foi elaborado. É composto por óleo lubrificante básico (mineral, sintético ou uma mistura dos dois), geralmente com a adição de aditivos que melhoram ou conferem características específicas ao produto (SOHN, 2011).

As mais importantes características ou propriedades de um óleo lubrificante acabado, para que o consumidor possa escolher o produto mais adequado para seu uso ou para atender as especificações do fabricante do equipamento são mostradas no Quadro 1

2.2.4 Óleos Lubrificantes Usados - OLU

De acordo com Carvalho (2010) os OLU são constituídos de moléculas inalteradas do óleo lubrificante automotivo acabado (produto formulado a partir de

óleos lubrificantes básicos), produtos de degradação do óleo lubrificante automotivo básico, ácidos orgânicos ou inorgânicos originados por oxidação, água originária da câmara de combustão dos motores, hidrocarbonetos leves (combustível não queimado), hidrocarbonetos polinucleares aromáticos (PNA), restos de aditivos (fenóis, compostos de zinco, de cloro, de enxofre ou de fósforo), partículas metálicas, ocasionadas pelo desgaste das peças em movimento e outros contaminantes.

Viscosidade	Indica a resistência ao escoamento do óleo lubrificante. Quanto mais viscoso for um lubrificante, mais difícil de escorrer (mais “grosso”) ele será. Embora uma maior viscosidade indique uma maior capacidade de se manter entre duas peças móveis, fazendo a lubrificação das mesmas, isso não quer dizer que óleos mais viscosos sejam necessariamente melhores, já que a fluidez maior ou menor pode ser desejável em algumas situações, como em motores de alta rotação.
Índice de Viscosidade	Indica a variação da viscosidade do óleo lubrificante em função da temperatura. A viscosidade dos lubrificantes diminui com o aumento da temperatura. Quanto maior o índice de viscosidade, menor é essa variação. É importante que o lubrificante mantenha sua viscosidade em uma ampla faixa de temperatura, para que sua aplicação não seja prejudicada.
Densidade	Indica a massa de um determinado volume de óleo lubrificante em uma temperatura específica. É uma propriedade importante para identificar se houve contaminação ou deterioração de um lubrificante, o que, embora não seja uma verificação comum em automóveis, é essencial em processos industriais.

Quadro 1: Especificidades dos óleos lubrificantes acabados

Fonte: Sohn (2011)

Na Figura 6 é apresentado o fluxo do ciclo de vida da cadeia do setor de óleos lubrificantes e as possíveis rotas de destinação dos OLU.

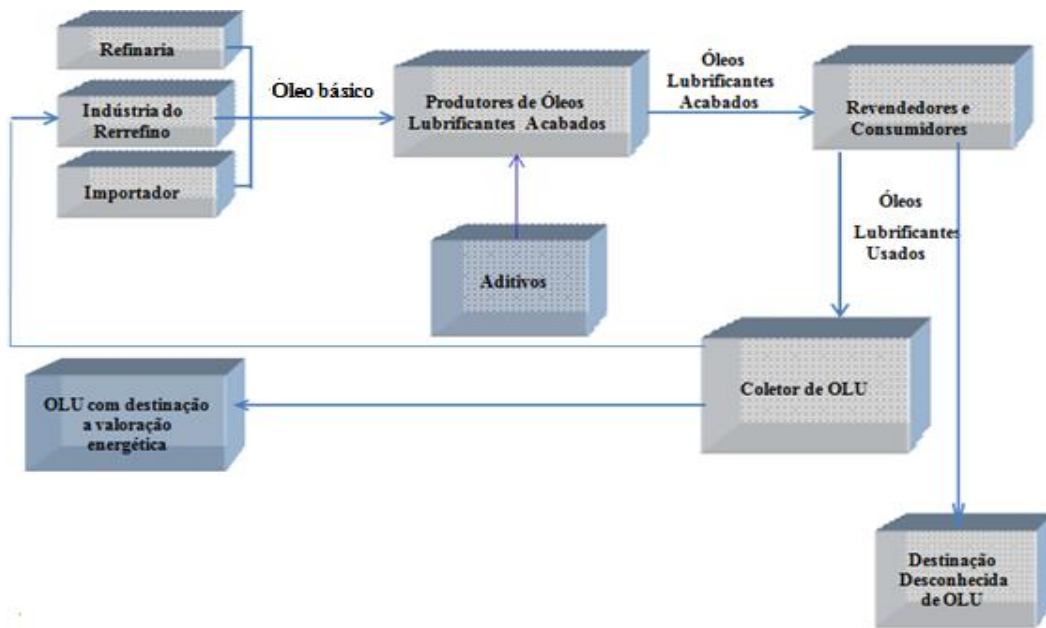


Figura 6: Cadeia Ciclo de vida do setor de lubrificante

Fonte: Adaptado de ANP (2012); Carreteiro e Belmiro (2009) (EC, 2006)

2.3 Impactos Ambientais e os Principais Processos de Reciclagem

O óleo lubrificante usado é um resíduo considerado perigoso devido às propriedades que apresenta. Contém metais pesados, sendo os mais representativos: chumbo, zinco, cobre, cromo, níquel e o cádmio. Partículas de metalóide, compostos clorados (por exemplo, bifenilaspolicloradas, policloradosdibenzodioxinas e solventes clorados), PAHs (hidrocarbonetos aromáticos policíclicos) e outros resíduos (SOHN, 2011).

De acordo com Willing (2001) um litro de óleo lubrificante usado causa danos irreversíveis a 1 milhão de litros de água e pode demorar até 300 anos para se degradar. A combustão direta de lubrificantes usados sem qualquer pré-tratamento esta sujeita a restrições ambientais, porque esses óleos usados podem conter resíduos tóxicos e perigosos (EL-FADEL e KHOURY, 2001).

O óleo lubrificante usado ainda guarda hidrocarbonetos, que poderiam ser recuperados. Isso representaria um ganho econômico, pois o óleo-base retirado deste rejeito poderia receber novos aditivos e retornar ao motor. E também levaria a uma menor demanda de petróleo refinado (o óleo virgem), e a uma menor carga de poluentes despejados no meio-ambiente.

Com relação à destinação de OLU, dentre os diferentes sistemas de tratamento, dois se destacam. Um tipo de tratamento consiste em reconverter o óleo usado num material que pode ser usado como óleo base para produzir óleos lubrificantes, processo chamado de rerrefino. A segunda opção consiste em tratar os óleos usados de forma a produzir um material que, posteriormente, possa ser usado tanto como combustível como para outros fins, como, por exemplo, a incineração em cimenteiras. A Figura 7 descreve os processos de tratamento de óleos usados mais utilizados.

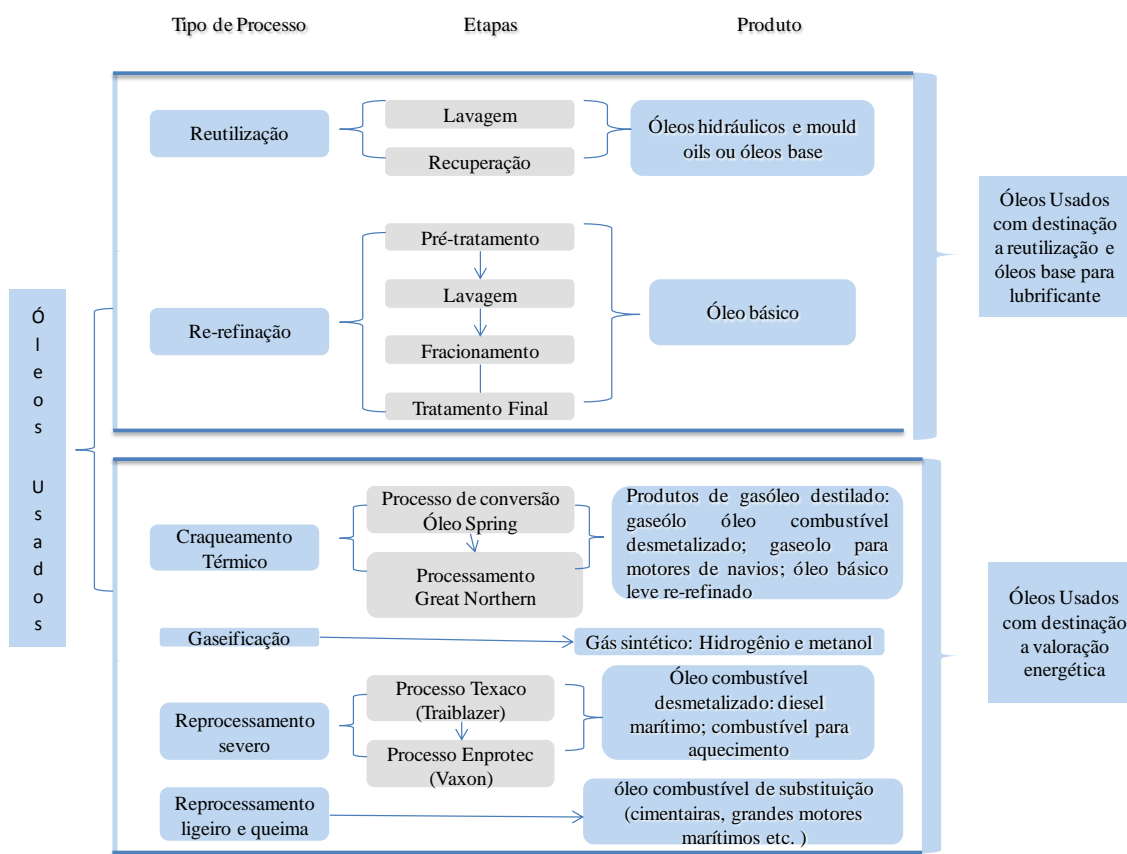


Figura 7: Processos de tratamento de óleos usados

Fonte: Adaptado de EC (2006)

A reutilização e a recuperação são métodos utilizados na Europa especialmente para tratamento de óleos hidráulicos. A reutilização; consiste na remoção de sólidos por filtração, remoção de água e adição de aditivos para que o óleo regresse ao seu estado original, pronto para uma nova utilização. A recuperação, óleos são apenas centrifugados e/ou filtrados e posteriormente são usados, por exemplo, como óleo base para produção de óleo para serras elétricas (AUDIBERT, 2006).

Os tratamentos de regeneração ou rerrefino são processos indústrias com objetivo de produzir óleos básicos. Existem diversas tecnologias no mercado, porém, as etapas em comum são o pré-tratamento do óleo usado, limpeza de óleos usados, fracionamento de óleos usados e tratamento final dos óleos usados (EC, 2006).

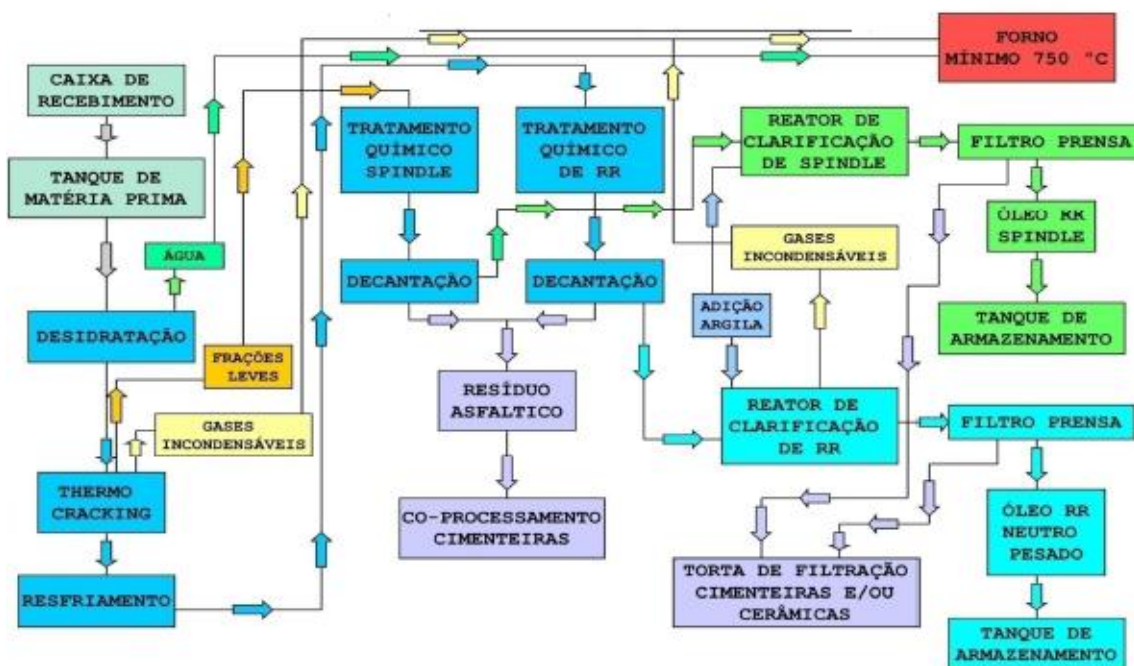


Figura 8: Fluxo do processo de rerrefino de OLU

Fonte: SINDIRREFINO (2010)

É opção de tratamento e eliminação o processo dos óleos usados com destino à valorização energética através da queima de óleos usados, utilizado em vários países do mundo como Estados Unidos, países da Europa e Ásia. Dependendo das circunstâncias

econômicas e legislativas de cada país (BADERNA et al. 2011 e UNEP, 2012). Os principais destinos de queimas são feitas em fornos de cimento; incineradoras de resíduos, combustão em altos-fornos e em grandes instalações de combustão (ALCOBIA, 2009). Na Figura 8 a seguir se apresenta o fluxo genérico do processo do rerrefino.

2.4 O Setor de Óleos Lubrificantes no Brasil

No Brasil o desempenho do segmento de lubrificantes em 2011, impulsionado pelo crescimento da economia e do setor automotivo e industrial, viu o consumo aumentar de 1.1 milhões m³ em 2007 para 1.3 milhões m³, um aumento de 25% em 5 anos (ANP, 2011). Na Figura 9 a seguir, apresenta o crescimento histórico do consumo de lubrificantes do período de 4 anos.

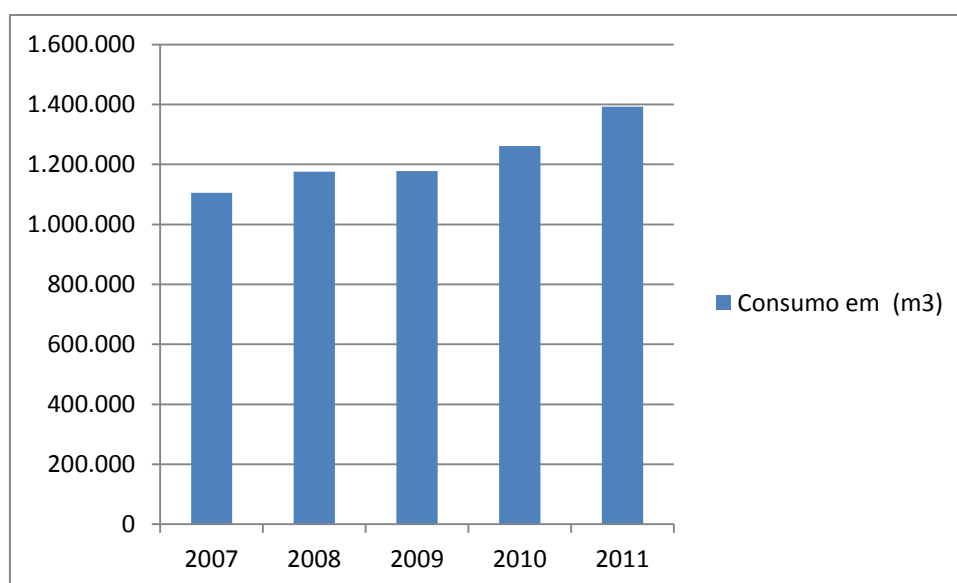


Figura 9: Evolução do consumo de lubrificantes no Brasil

Fonte: ANP (2010).

O setor automobilístico foi um dos principais responsáveis pelo bom desempenho do segmento de lubrificantes em 2010. Foram 3,51 milhões de veículos

vendidos em 2010, que representam 64% do consumo de óleos lubrificantes. A Figura 10 apresenta o consumo de óleos lubrificantes por segmento produtivo, enquanto a Figura 11 mostra o consumo por região.

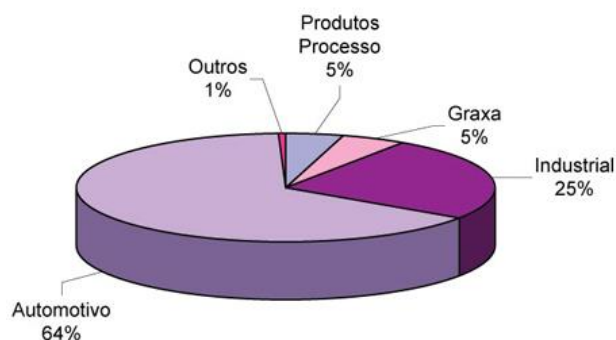


Figura 10: Consumo de óleos lubrificantes por setor produtivo no Brasil em 2010

Fonte: Fecombustível (2011)

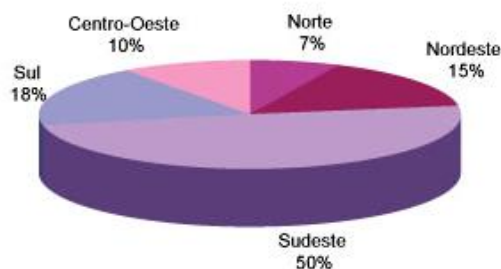


Figura 11: Consumo de óleos lubrificantes por região no Brasil em 2010

Fonte: Fecombustível (2011)

Em termos de faturamento, o mercado de lubrificantes movimentou em 2010 aproximadamente R\$ 24 bilhões, valor que representa a cadeia desde o produtor/importador até a revenda. Somente na revenda, o montante negociado alcançou R\$ 10 bilhões (FECOMBUSTÍVEL, 2011).

2.4.1 Os Atores Envolvidos na Cadeia Produtiva de Óleos Lubrificantes

A Figura 12 apresenta a estrutura da logística do setor de lubrificantes no Brasil com o número de atores envolvidos atualmente em todo seu ciclo produtivo.

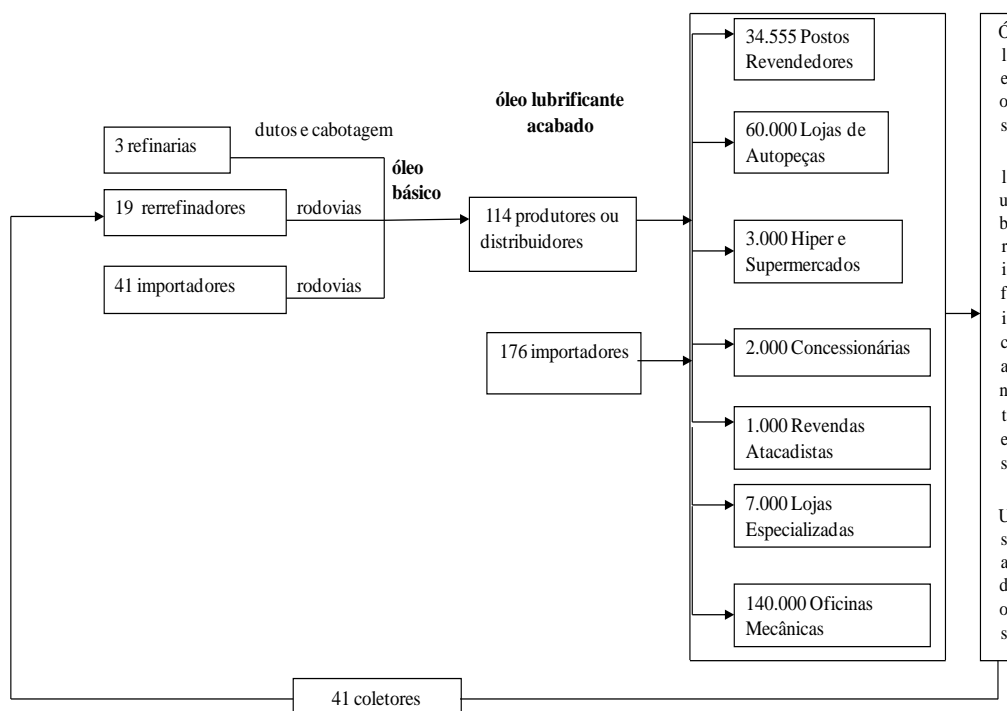


Figura 12: Atores da cadeia produtiva do setor de lubrificantes no Brasil

Fonte: adaptado de ANP (2012); SINRREFINO (2010); SIMEPETRO (2009).

Os óleos básicos nacional provêm de 3 refinarias: Refinaria Duque de Caxias (REDUC), no Rio de Janeiro, Refinaria Landulpho Alves (RLAM), em Mataripe na Bahia, e Lubrificantes do Nordeste (LUBNOR), em Fortaleza.

A REDUC refina petróleos parafínicos importados produzindo os seguintes básicos: Neutros Leve, Médio e Pesado e também dois tipos de Spindle; um apropriado para uso em transformadores e outro destinado a produção de óleos brancos. Sob a denominação de Turbina, temos os Turbina Leve e Pesado. Além disto, ainda são produzidos os básicos: Cilindro I e II e o Bright Stock (Básico Brilhante).

A RLAM refina o petróleo baiano, produzindo os óleos básicos Neutros Leve e Médio em conjunto com o Bright Stock.

A LUBNOR refina petróleo naftênico importado, produzindo através de hidrogenação, óleos lubrificantes naftênicos e isolantes.

O Brasil já contou com cerca de 50 pequenas usinas de rerrefino de óleo usado antes de 1987, quando existiam impostos sobre o óleo básico, que subsidiavam a coleta dos óleos usados. Desde 1987, além da queda do imposto único, os custos ambientais começaram a aumentar em quase todas as rerrefinadoras de pequeno porte e com problemas ambientais fecharam, restando 19 rerrefinarias de maior porte em todo o Brasil. Na Figura 13 a seguir, mostra-se o mapa da estrutura da logística de coleta e rerrefino distribuída por todo o Brasil.

Analisando-se a Figura 13, pode-se verificar que os centros coletores e as refinarias estão concentrados em duas regiões: Sudeste (25 coletores e 13 rerrefinarias) e Sul (6 coletores e 2 rerrefinarias), enquanto a logística é menor nas demais regiões, Centro-oeste (4 coletores e 1 rerrefinaria), Nordeste (5 coletores e 2 rerrefinarias) e Norte (2 coletores e 1 rerrefinaria).



Figura 13: Pontos de coletores e rerrefinarias distribuídas nas regiões do Brasil

Fonte: Adaptado de SINDIRREFINO (2010)

2.4.2 Balanço da Comercialização e Coleta dos Óleos Lubrificantes

A Tabela 1 apresenta o balanço entre as quantidades comercializadas de lubrificantes, volume coletado, a porcentagem coletada, os percentuais de coletas estabelecidos pela legislação bem como as quantidades produzidas pelo rerrefino.

Pode-se observar na Tabela 1 que, no período de 2007 a 2011, a comercialização de óleos lubrificantes teve um aumento de 26% e a coleta nacional de óleos usados passou de 272.614 m³ para 405.109 m³, um crescimento de 49 % em cinco anos. Levando em consideração as metas estabelecidas na Portaria MMA/MME No 464/2007, que estabeleceu metas mínimas de coleta sobre o total de lubrificantes comercializados a cada ano, podendo-se observar que foram cumpridas quase todas as metas nacional nos últimos 5 anos, com exceção do ano 2011 que teve uma ligeira diminuição comparado a 2010 e deixou de coletas 1.018,22 para atingir a meta legal de 35,9%.

Tabela 1: Balanço da comercialização, coleta e do rerrefino dos óleos lubrificantes no Brasil entre os anos de 2007 e 2011

Volume (m³)	2007	2008	2009	2010	2011
Comercializado	1.105.251	1.175.290	1.178.266	1.260.533	1.391.993
Dispensado de coleta	215.767	220.269	192.203	221.978	260.641
Base de cálculo da					
Coleta	889,484	955,021	986.063	1.038.555	1.131.352
Volume coletado	272,614	359,453	350,922	381,023	405,109
% Coleta	32,9%	37,63%	35,59%	36,69%	35,81%
% de metas legais para coletado	30%	33,4%	34,2%	35%	35,9%
Produção de rerrefino	194.134	204.349	200.459	225.112	234.948

Nota: ^a Cabe destacar que de acordo com a Resolução 362 do Conama, são dispensados de coleta e não integram a base de cálculo da quantidade de óleo a ser coletada, os lubrificantes destinados às seguintes aplicações: pulverização agrícola, correntes de moto-serra, industriais que integram o produto final, estampagem, motores de dois tempos, sistemas selados, solúveis, fabricados a base de asfalto, destinados à exportação e todo óleo básico ou acabado comercializado entre empresas produtoras ou importadoras.

Fonte: ANP (2008); ANP (2009); ANP (2010); ANP (2011); ANP (2012).

No entanto, a legislação brasileira estimulou metas legais diferentes para cada região, conforme visto na tabela 1 da seção 3.2, e para ser ter uma visão mais detalhada

do balanço da comercialização e coleta de cada região do país. Na Tabela 2 apresenta as diferenças do volume comercializado, coletado e atendimento das metas para cada região do Brasil.

Tabela 2: Comercialização e coleta de óleos lubrificantes por região do Brasil em 2011

Região	Comercializado (m3)	Dispensado de coleta (m3)	Volume coletado (m3)	% de Coleta	% de metas legais
Norte	95.621	9.923	20.830	24.31	24.00
Nordeste	171.361	13.729	39.967	25.36	25.00
Centro-Oeste	123.393	9.135	36.646	32.07	31.00
Sudeste	751.054	188.820	233.055	41.45	42.00
Sul	250.563	39.031	74.609	35.27	35.00
Total Geral	1.391.993	260.641	405.109	35.81	35.90

Fonte: ANP, 2012

Em uma leitura mais detalhada da coleta de OLU por região do país mostrado na Tabela 2, verifica-se que a região que coletou a porcentagem maior foi o Sudeste, com 43,2%, seguida da região Sul, com aproximadamente 36%. Já as regiões Norte e Nordeste foram as que menos coletaram OLU 24,31% e 25,36% respectivamente.

Considerando as metas legais estabelecidas pelo MMAE MME, o volume total de OLU recolhido no Brasil em 2011 chegou a 99,7%. O Estado de São Paulo, que concentrou 31% do volume comercializado de óleos lubrificantes no ano de 2011 no Brasil, ficou abaixo da meta para sua região, o que influenciou decisivamente no desempenho geral do país. No total, 11 estados não alcançaram suas metas regionais. No balanço anterior foram 14 estados.

Observa-se, portanto, que o país encontra-se diante de uma legislação ambiental que tem como principal meta a reciclagem através do rerrefino, porém com dificuldades para viabilizar metas iguais em todas as regiões do país, visto a falta de condições atuais para executar a coleta de óleo usado nas regiões Norte e Nordeste.

3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL SOBRE DESTINAÇÃO PÓS-USO NO SETOR DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

A destinação pós-uso do óleo lubrificante é objeto de regulamentação específica em vários países que já têm amadurecida uma discussão sobre a destinação adequada de resíduos. Nesse sentido, caberá aqui apresentar a experiência dos Estados Unidos da América (EUA) e de alguns países da União Européia (EU).

Para fins do presente estudo, na análise da legislação internacional e nacional sobre a gestão ambiental de óleos lubrificantes usados, focou-se nos seguintes aspectos: a) identificação das legislações aplicáveis; b) identificação do conceito de óleo usado; c) identificação das possíveis destinações finais permitidas; e, d) identificação das responsabilidades da cadeia produtiva e do governo em relação à gestão dos OLU.

3.1 No Âmbito Internacional

Nos Estados Unidos, a preocupação com a gestão dos óleos lubrificantes usados remota a 1978, quando a Agência de Proteção Ambiental (EPA) daquele país lançou pela primeira vez a sua intenção de regular a gestão dos óleos lubrificantes usados. Posteriormente, em 1980, estabeleceu-se a reciclagem de óleo lubrificante como resíduos perigosos, ficando a supervisão de seu tratamento pela EPA.

Atualmente, a gestão dos resíduos nos EUA é regulamentada pela Lei de *Resource Conservation and Recovery Act* (RCRA). Especificamente no que tange aos resíduos perigosos, há um programa específico de gestão (*Hazardous Waste Program*) que estabelece um sistema de controle em consonância com a idéia de ciclo de vida, ou seja, a partir do momento de geração do recurso/bem até sua destinação final (“do berço ao túmulo”). Em relação aos óleos usados, são tratados dentro da referida normativa RCRA, através da 40 CFR (*Code of Federal Regulations*) - “*Part 279 - Standards for the management of used oil Standards for the management of used oil*” (EPA, 2006).

Nessa norma, são considerados “óleos usados” “qualquer óleo que foi refinado de petróleo, ou qualquer óleo sintético, que tem sido utilizado e, como resultado de tal

utilização é contaminado por impurezas químicas ou físicas” (EPA, 2006). A norma estipula que, a principal destinação do óleo usado é a reciclagem. No entanto, admite-se também como possível destinação final a queima para fins energéticos.

Todavia, cabe ressaltar que Estado pode regulamentar, em consonância com a normativa federal, sua própria gestão de OLU.

Na Europa, a primeira regulamentação relativa à eliminação dos óleos usados foi concebida pela Diretiva 75/439/CEE, que objetivava criar um sistema harmonizado de coleta, armazenamento, recuperação e eliminação dos óleos usados, visando à proteção do meio ambiente contra os efeitos nocivos, advindos da disposição inadequada e das operações de tratamento destes resíduos. Essa diretiva foi posteriormente alterada três vezes, em 1986, 1991 e 2000.

Entretanto, atualmente tal diretiva está revogada, tendo seus aspectos incorporados pela Diretiva 2008/98/CE, relativa à prevenção e ao controle integrado da contaminação, que dispõe sobre o estabelecimento de “medidas de proteção do ambiente e da saúde humana, prevenção ou redução dos impactos adversos decorrentes da geração e gestão de resíduos, diminuição dos impactos gerais da utilização dos recursos e melhora da eficiência dessa utilização” (EC, 2008).

Nessa norma, são considerados “óleos usados” “quaisquer lubrificantes minerais ou sintéticos ou óleos industriais que se tenham tornado impróprios para o uso a que estavam inicialmente destinados, tais como os óleos usados dos motores de combustão e dos sistemas de transmissão, os óleos lubrificantes usados e os óleos usados de turbinas e sistemas hidráulicos” (EC, 2008).

A regulamentação pertinente à gestão de óleos usados determina a observância da ordem de prioridades da gestão dos resíduos, qual seja: prevenção e redução, preparação para a reutilização, reciclagem, outros tipos de valoração energética e eliminação, devendo ser dada prioridade às soluções que produzam o melhor resultado global em termos ambientais. Cabe destacar que, na mesma norma no art. 4, XVIII por “Regeneração de óleos usados”, entende-se “qualquer operação de reciclagem que permita produzir óleos de base mediante a refinação de óleos usados, designadamente

mediante a remoção dos contaminantes, produtos de oxidação e aditivos que os referidos óleos contenham”.

País	Regulamentações referentes à gestão dos resíduos e/ou gestão dos Óleos lubrificantes usados
Alemanha	<ul style="list-style-type: none"> • Diretiva 75/439/CEE do Conselho de 16 de Junho de 1975 • Diretiva 87/101/CEE, de 22 de Dezembro de 1986 • Portaria sobre óleos usados (AltölV) Data de publicação: 27/10/1987 • Diretiva 103/2001 para a promoção da regeneração de óleo usado.
Bélgica	<ul style="list-style-type: none"> • Bruxelas - Moniteur - 2002/09/27 - MoniteurBelge 43849 • Valônia - *(M.B. 2002/06/18)- 25 de abril de 2002 - Ordem do Governo da Valónia que cria uma obrigação a recuperação de determinados resíduos Flandres - Regras flamand – respeito da prevenção e gestão de resíduos.
Bulgária	<ul style="list-style-type: none"> • - Fim sobre as condições necessárias para o tratamento e transporte de resíduos de óleo e óleo de resíduos- Publicação no Diário Oficial da República da Bulgária n ° 90; em 11 de novembro de 2005, alterada em Diário Oficial n ° 53 de 10 de junho de 2008
Dinamarca	<ul style="list-style-type: none"> • Portaria n ° 619 de 27/06/2000 • Portaria n ° 616 de 22/07/2002 • Portaria n ° 1634 de 13/12/2006
Espanha	<ul style="list-style-type: none"> • Real Decreto 679/2006 de 02 de Junho, trazendo regulação da gestão de óleos resíduos industriais.
Finlândia	<ul style="list-style-type: none"> • Lei n° 894 sobre a tributação de óleo usado 05 de dezembro de 1986 • Decreto do Governo n° 101 – Para a Gestão de Óleo usado- 30 de janeiro de 1997
Grécia	<ul style="list-style-type: none"> • Ordem Presidencial N ° 82 Substituindo a decisão ministerial conjunta 98012/2001 /1996 "medidas Definindo e condições de gestão dos óleos minerais "(B'40). “Medidas, condições e gestão de resíduos alternativa ao programa óleo lubrificante”.
Itália	<ul style="list-style-type: none"> • Decreto do Presidente da República n ° 691-1982 • Decreto Legislativo de 27 de Janeiro de 1992, n ° 95 (transposição das Diretivas 75/439/CEE e 87/101/CEE relativa à eliminação de óleos usados - Texto em vigor)
Países Baixos	<ul style="list-style-type: none"> • Despacho n ° 127 de 19 de Março de 2004 que estabelece regras para a empresa de recolhimento de resíduos ou resíduos perigosos (Decreto de recolhimento de resíduos).
Polónia	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão de modo ordenado relativa detalhada dos óleos usados Aprovação do Ministro da Economia sobre método de gerenciamento detalhado de óleos usados – 04 de agosto de 2004
Portugal	<ul style="list-style-type: none"> • *Decreto-Lei n ° 153/2003

Quadro 2: Regulamentações referentes à gestão dos resíduos e/ou gestão dos óleos lubrificantes usados nos países europeus

Fonte: Adaptado de Monier e Labouze (2010)

Tal normativa é aplicável a todos os países pertencentes à União Europeia, todavia, os Estados-Membros podem estabelecer regulamentações específicas, estabelecendo as medidas necessárias para assegurar que os óleos usados sejam recolhidos separadamente, sempre que seja tecnicamente exequível e que os óleos usados sejam tratados de forma a não causar riscos ao meio ambiente e observando a hierarquia de gestão dos resíduos. O Quadro 2 especifica a regulamentação de cada país acerca da gestão dos resíduos, incluindo e disciplinando em mais detalhes a gestão dos óleos lubrificantes usados.

Ademais, os Estados-Membros podem estabelecer que a responsabilidade pela gestão de resíduos caiba no todo ou em parte ao produtor do produto que deu origem aos resíduos e que os distribuidores desse produto possam partilhar essa responsabilidade. Cabe destacar que cada país implantou seu sistema e atribuiu as responsabilidades sobre os resíduos e a gestão do OLU (ADEMA, 2010).

Na França o sistema é gerenciado pelo estado através da ADEME - Agência do Ambiente e Gestão de Energia. Há uma taxa especial imposta sobre o óleo básico e no seu processo de produção, de modo a financiar a coleta e gestão dos óleos usados. Já Alemanha e Dinamarca criaram um sistema misto para a gestão OLU, onde as responsabilidades são dos produtores e distribuidores, mas com a contribuição do Estado numa parte da gestão dos OLU. Por outro lado, Países Baixos e o Reino Unido, criaram um sistema de mercado financiado pelos detentores dos OLU.

Dentre os países da Europa, a Alemanha pode ser apontada como o país mais exigente em termos de coleta de óleo usado, pois é o país que contém uma das legislações mais rigorosas quanto ao controle ambiental. Em 2002, lançou uma diretiva incentivando o sistema de tratamento de OLU pela regeneração.

Os sistemas de gestão de OLU mais antigos e os que estão em vigor há mais de 20 anos são da Itália, Alemanha e Finlândia, sendo a Itália o primeiro país a estabelecer uma responsabilidade dos resíduos aos produtores de óleos em 1982 (ADEME, 2010). No Quadro 3 apresentam-se os tipos de sistemas e a responsabilidade da gestão dos OLU em EU e EEUU.

País	Tipo de Sistema	Data de Aplicação	Alargado Geográfico
França	Setor financiado pela ADEME. Assistir coletores e regeneração	2007	Nacional
Alemanha	Sistema duplo: - Coleta e tratamento pelo distribuidor de óleos de motor, e o financiamento pelos distribuidores de óleos lubrificantes. - Sistema de um mercado para outros tipos de óleo.	1988	Nacional
BELGICA Valónia Flanders Bruxelas	Responsabilidade dos Produtores e Importadores	2004	Regional
Bulgária	Responsabilidade dos Produtores e Importadores	2006	Nacional
Dinamarca	Duplo sistema: - Sistema voluntário, financiado pelos produtores óleos e administrados pela Associação Dinamarquesa de lubrificantes (MB) para óleos regenerativos - Sistema financiado pelos detentores de contrato de óleo usado para óleos de Espanha	2000	Nacional
Espanha	Responsabilidade dos Produtores e Importadores	2007	Nacional
Finlândia	Sistema gerenciado pelo governo e financiado por um imposto sobre óleos novos	1987	Nacional
Grécia	Responsabilidade dos Produtores e Importadores	2004	Nacional
Itália	Responsabilidade dos Produtores e Importadores	1982	Nacional
Holanda	Sistema de mercado financiado pelos titulares óleos usados	1998	Nacional
Portugal	Responsabilidade dos Produtores e Importadores	2003	Nacional
Reino Unido	Sistema de mercado	1990	Nacional
USA nível federal	Quadro federal e implementação de cada Estado		Nacional
Califórnia	Sistema gerenciado pelo Estado da Califórnia e Integração de Resíduos pelo Conselho Administrativo, financiado pelos produtores de óleos.	n/a	Estado

Quadro 3: Tipos de sistemas e responsabilidade da gestão dos OLU em EU e EEUU

Fonte: Adaptado de Monier e Labouze (2010); UNEP (2012)

3.2 No Âmbito Nacional

A cadeia de produção e importação dos óleos lubrificantes é objeto de diversas leis e regulamentações (resoluções e portarias) da Agência Nacional do Petróleo. O Quadro 4 ilustra as principais normativas pertinentes ao setor. Todavia, tendo em vista seu potencial poluidor pós-uso, especial ênfase é dada a destinação final dos óleos lubrificantes usados ou contaminados, sendo tal assunto regulamentado em normativas específicas (Resoluções Conama e Portarias Interministeriais).

De acordo com a Resolução CONAMA 362/2005, os óleos lubrificantes ou contaminados são os “óleos lubrificantes acabados que, em decorrência do seu uso normal ou por motivo de contaminação, tenha se tornado inadequado à sua finalidade original (CONAMA, 2005).

Segundo a norma ABNT NBR 10004/2004, tais óleos são classificados como resíduos perigosos, em razão de sua toxicidade. Sendo assim, ao considerar que o descarte inadequado pode causar graves danos ambientais no solo e na água, bem como, que a combustão gera gases residuais nocivos. A legislação brasileira considera a processo tecnológico-industrial chamado genericamente de rerrefino como o método ambientalmente mais seguro para a reciclagem do óleo lubrificante usado ou contaminado. Portanto, no Brasil, o rerrefino é a única destinação final permitida, não se possibilitando o aproveitamento para fins energéticos, como ocorre em alguns países da Europa e nos EUA.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 362/2005, os óleos lubrificantes usados ou contaminados devem obrigatoriamente ser destinados à reciclagem por meio de rerrefino ou processo tecnológico de eficácia ambiental equivalente ou superior. Admite-se também o processamento do óleo lubrificante usado ou contaminado para a fabricação de produtos a serem consumidos exclusivamente pelos respectivos geradores industriais. Ante esse contexto, especial ênfase é dada à responsabilidade compartilhada dos atores da cadeia produtiva e de consumo. O produtor, o importador e o revendedor de óleo lubrificante acabado, bem como o gerador de óleo lubrificante usado, são responsáveis pelo recolhimento do óleo lubrificante usado ou contaminado.

Lei e atos normativos vigentes do setor de óleos lubrificantes no Brasil	
LEIS	Lei n° 9.478/97 - Dispõe sobre a política energética nacional, institui o CNPE e a ANP
	Lei n° 9.847/99 -Dispõe sobre a fiscalização das atividades relativas à indústria do petróleo e ao abastecimento nacional de combustíveis.
Portarias e Resoluções ANP	Portaria ANP n°129/99 - Especifica os óleos básicos de origem nacional ou importado para a comercialização no País.
	Portaria ANP n°130/99 - Especifica os óleos básicos rerrefinados para a comercialização no País.
	Resolução ANP n°10/07 - Estabelece a obrigatoriedade do registro prévio do produto na ANP.
	Resolução ANP n° 16/09 - Estabelece as regras para a comercialização de óleo lubrificante básico e os requisitos necessários ao cadastramento de produtor e importador desse produto.
	Resolução ANP n° 17/09 - Estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de importação de óleo lubrificante acabado e a sua regulação.
	Resolução ANP n° 18/09 - Estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de produção de óleo lubrificante acabado e a sua regulação.
	Resolução ANP n°19/09 - Estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de rerrefino de óleo lubrificante usado ou contaminado e a sua regulação.
	Resolução ANP n°20/09 - Estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado e a sua regulação.
	Resolução ANP n° 51/10 – Estabelece critérios para importações de derivados de petróleo.
Convênios	Convênios CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária)n° 03/90, 38/2000 e 38/2004.

Quadro 4: Lei e atos normativos vigentes do setor de óleos lubrificantes no Brasil

Fonte: Elaboração a partir da ANP (2010)

Ademais, recentemente, em 2010, a Lei Federal 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabeleceu a obrigatoriedade da logística reversa para o setor de óleos lubrificantes, cujas regras e metodologias serão definidas através de acordos setoriais. O Quadro 6 ilustra a identificação (conceito) e as obrigações respectivas.

No que se refere à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que foi aprovada a Lei 12.305/2010 e incluiu o setor de óleos lubrificantes. A lei traz uma nova perspectiva ao panorama dos resíduos no país. A política é inovadora, trazendo a tona

temas da responsabilidade ambiental sobre os resíduos e estabelecendo a logística reversa.

Conforme essa lei, entre os principais objetivos da PNRS estão, a prevenção e a precaução com a destinação final dos resíduos, o princípio do poluidor-pagador, a visão sistêmica da gestão dos resíduos, a ecoeficiência, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, o desenvolvimento sustentável e o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania (BRASIL, 2010).

Finalizando, a título de síntese o Quadro 5 apresenta a lei e atos normativos referentes à destinação dos OLU. No que tange as atribuições dos diferentes atores envolvidos em conformidade com a legislação analisada nos Quadros 6 e 7 apresentam as responsabilidades e obrigações.

Lei e atos normativos referentes à destinação final de óleos lubrificantes usados	
Leis	Lei nº 12.305/2010 – Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos
Resolução CONAMA	Resolução CONAMA nº 362/05 – determina a coleta e destinação de todo o óleo lubrificante usado ou contaminado, e as obrigações ambientais de cada agente do setor.
Portarias MMA e MME	Portaria MMA nº 31/07 – Institui o Grupo de Monitoramento Permanente da Res. CONAMA nº 362/05, constituído pelo MMA, MME, Ministério das Cidades, IBAMA, ANP, ABEMA, ANAMMA, SINDICOM, SINDIRREFINO, SIMEPETRO, ONGs Ambientalistas.
	Portaria INTERMINISTERIAL MME/MMA nº 464/07 – Estabelece diretrizes para o recolhimento, coleta e destinação dos óleos usados ou contaminados, determinando os percentuais mínimos de coleta, a serem atendidos pelos produtores e importadores de lubrificantes acabados, por região e no Brasil.
	Portaria INTERMINISTERIAL MME/MMA nº 59/12 – Estabelece diretrizes para o recolhimento, coleta e destinação dos óleos usados ou contaminados, determinando os percentuais mínimos de coleta, a serem atendidos pelos produtores e importadores de lubrificantes acabados, por região e no Brasil.

Quadro 5: Lei e atos normativos referentes à destinação final de óleos lubrificantes usados
 Fonte: ANP (2010); Brasil (2010); CONAMA (2005); MME (2007); MME (2012)

Adicionalmente à legislação ambiental, cabe ainda ressaltar que óleos básicos procedentes do rerrefino deverão se enquadrar nas normas estabelecidas pelo órgão regulador da indústria do petróleo e não conter substâncias proibidas pela legislação (ANP, 2011). Por fim, em relação à legislação brasileira, é importante destacar a criação de mecanismos de monitoramento para cumprimento da legislação e o estabelecimento de metas de recolhimento.

Discriminação dos atores da cadeia de produção e consumo de óleos lubrificantes e suas respectivas obrigações	
Atores	Obrigações
<p>Produtor - pessoa jurídica responsável pela produção de óleo lubrificante acabado em instalação própria ou de terceiros, devidamente licenciada pelo órgão ambiental competente, e autorizada para o exercício da atividade pelo órgão regulador da indústria do petróleo;</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Garantir, mensalmente, a coleta do óleo lubrificante usado ou contaminado, no volume mínimo fixado pelos ministérios do Meio Ambiente e de Minas e Energia, que será calculado com base no volume médio de venda dos óleos lubrificantes acabados, verificado no trimestre civil anterior; • Prestar ao Ibama e, quando solicitado, ao órgão estadual de meio ambiente, até o décimo quinto dia do mês subsequente a cada trimestre civil, informações mensais relativas aos volumes de: a) óleos lubrificantes comercializados por tipo, incluindo os dispensados de coleta, b) coleta contratada, por coletor, e c) óleo básico rerrefinado adquirido por rerrefinador; • Receber os óleos lubrificantes usados ou contaminados não recicláveis decorrentes da utilização por pessoas físicas, e destiná-los a processo de tratamento aprovado pelo órgão ambiental competente;
<p>Importador - pessoa jurídica que realiza a importação do óleo lubrificante acabado, devidamente autorizada para o exercício da atividade;</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manter sob sua guarda, para fins fiscalizatórios, os Certificados de Recebimento emitidos pelo rerrefinador e demais documentos legais exigíveis, pelo prazo de cinco anos; • Divulgar, em todas as embalagens de óleos lubrificantes acabados, bem como em informes técnicos, a destinação e a forma de retorno dos óleos lubrificantes usados ou contaminados recicláveis ou não;
<p>Revendedor - pessoa jurídica que comercializa óleo lubrificante acabado no atacado e no varejo tais como: postos de serviço, oficinas, supermercados, lojas de autopeças, atacadistas, etc;</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Receber dos geradores o óleo lubrificante ou contaminado; • Dispor de instalações adequadas devidamente licenciadas pelo órgão ambiental competente para a substituição do óleo usado ou contaminado e seu recolhimento de forma segura, em lugar acessível à coleta, utilizando recipientes propícios e resistentes a vazamentos, de modo a não contaminar o meio ambiente; • Adotar as medidas necessárias para evitar que o óleo lubrificante usado ou contaminado venha a ser misturado com produtos químicos, combustíveis, solventes, água e outras substâncias, evitando a inviabilização da reciclagem.
<p>Gerador - pessoa física ou jurídica que, em decorrência de sua atividade, gera óleo lubrificante usado ou contaminado;</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Recolher os óleos lubrificantes usados ou contaminados de forma segura, em lugar acessível à coleta, em recipientes adequados e resistentes a vazamentos, de modo a não contaminar o meio ambiente; • Adotar medidas necessárias para evitar que o óleo lubrificante usado ou contaminado venha a ser misturado com produtos químicos, combustíveis, solventes, água e outras substâncias, evitando a inviabilização da reciclagem; • Fornecer informações ao coletor sobre os possíveis contaminantes contidos no óleo lubrificante usado, durante o seu uso normal. • Manter para fins de fiscalização, os documentos comprobatórios de compra de OL acabado e os Certificados de Coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado, pelo prazo de cinco anos

Quadro 6: Discriminação dos atores da cadeia produtiva do setor de óleos lubrificantes e suas respectivas obrigações

Fonte: CONAMA (2005)

Discriminação dos atores da cadeia de produção e consumo de óleos lubrificantes e suas respectivas obrigações	
Atores	Obrigações
<p>Coletor - pessoa jurídica devidamente autorizada pelo órgão regulador da indústria do petróleo e licenciada pelo órgão ambiental competente para realizar atividade de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado;</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilizar, quando solicitado pelo órgão ambiental competente, pelo prazo de cinco anos, os contratos de coleta firmados; • Prestar ao IBAMA e, quando solicitado, ao órgão estadual de meio ambiente, até o décimo quinto dia do mês subsequente, a cada trimestre civil, informações mensais relativas ao volume de: a) óleo lubrificante usado ou contaminado coletado, por produtor/importador; e b) óleo lubrificante usado ou contaminado entregue por rerrefinador ou responsável por destinação ambientalmente adequada. • Emitir a cada aquisição de óleo lubrificante usado ou contaminado, para o gerador ou revendedor, o respectivo Certificado de Coleta; • Garantir que as atividades de armazenamento, manuseio, transporte e transbordo do óleo lubrificante usado ou contaminado coletado, sejam efetuadas em condições adequadas de • Segurança e por pessoal devidamente treinado, atendendo à legislação pertinente e aos requisitos do licenciamento ambiental; • Adotar as medidas necessárias para evitar que o óleo lubrificante usado ou contaminado venha a ser misturado com produtos químicos, combustíveis, solventes, água e outras substâncias, evitando a inviabilização da reciclagem; • Destinar todo o óleo lubrificante usado ou contaminado coletado, mesmo que excedente de cotas pré-fixadas, a rerrefinador ou responsável por destinação ambientalmente adequada interveniente em contrato de coleta que tiver firmado, exigindo os correspondentes Certificados de Recebimento, quando aplicável; • Manter atualizados os registros de aquisições, alienações e os documentos legais, para fins fiscalizatórios, pelo prazo de cinco anos; e • Respeitar a legislação relativa ao transporte de produtos perigosos.
<p>Rerrefinador - pessoa jurídica, responsável pela atividade de rerrefino, devidamente autorizada pelo órgão regulador da indústria do petróleo para a atividade de rerrefino e licenciada pelo órgão ambiental competente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Receber todo o óleo lubrificante usado ou contaminado exclusivamente do coletor, emitindo o respectivo Certificado de Recebimento; • Manter atualizados e disponíveis para fins de fiscalização os registros de emissão de Certificados de Recebimento, bem como outros documentos legais exigíveis, pelo prazo de cinco anos; • Prestar ao IBAMA e, quando solicitado, ao órgão estadual do meio ambiente, até o 15º do mês subsequente a cada trimestre do ano civil, informações mensais relativas: a) ao volume de óleos lubrificantes usados ou contaminados recebidos por coletor; b) ao volume de óleo lubrificante básico rerrefinado produzido e comercializado por produtor/importador.

Quadro 7: Discriminação dos atores da cadeia produtiva do setor de óleos lubrificantes e suas respectivas obrigações

Fonte: CONAMA (2005)

No que tange ao monitoramento, em 2007, através da Portaria MMA n. 31/2007, foi criado um Grupo de Monitoramento Permanente (GMP), sob coordenação do MMA, com o objetivo de verificar a aplicabilidade da Resolução, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente. Fazem parte do GMP, além do MMA e do MME, os órgãos estaduais e municipais de meio ambiente, a sociedade civil, representada pelas organizações não governamentais ambientalistas e o setor empresarial constituído por diversos segmentos (MMA, MME, Ministério das Cidades, IBAMA, ANP, ABEMA, ANAMMA, SINDICOM, SINDIRREFINO, SIMEPETRO, ONGs Ambientalistas).

No que tange às metas de recolhimento de OLU, conforme mostra a Tabela 3 o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Ministério de Minas e Energia (MME) editaram em conjunto a Portaria MME/MMA n° 464, em 2007 e a Portaria MMA/MME n° 59, em 2012, com metas de recolhimento regional e nacional (MMA, 2007 e MME, 2012).

Tabela 3. Percentual Legal de coleta de óleos lubrificantes para reciclagem por Região do Brasil

Anos	Nordeste	Norte	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
2008	19%	17%	27%	42%	33%	33,4%
2009	21%	20%	29%	42%	34%	34,2%
2010	23%	23%	31%	42%	35%	35,0%
2011	25%	24%	31%	42%	35%	35,9%
2012	26%	26%	32%	42%	36%	36,9%
2013	28%	28%	33%	42%	36%	37,4%
2014	30%	30%	34%	42%	37%	38,1%
2015	32%	31%	35%	42%	37%	38,5%

Fonte: MME/MMA (2007); MME/MMA (2012)

As metas estabelecidas de coleta de OLU pela Portaria MME/MMA n. 59/2012 foram elevadas para 36,9% em 2012. Nos três anos seguintes, esta exigência passará para 37,4%, em 2013, 38,1%, em 2014, e 38,5%, em 2015.

As regiões com os percentuais mínimos mais elevados são o Sudeste e Sul, que terão que atingir em 2015 o patamar de 42% e 37%, respectivamente. Em seguida estão as regiões Centro-Oeste (35%), Nordeste (32%) e Norte (31%).

4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA: REFERENCIAL TEÓRICO E SEUS ASPECTOS METODOLÓGICOS

4.1 Histórico da ACV na Esfera Internacional e no Brasil

Segundo Guiée et al. (2002) o termo avaliação de Ciclo de Vida (Life Cycle Assessment) foi utilizado primeiramente nos EUA. A designação histórica para este "Environmental Profile Analysis" (REPA) foi pelo Midwest Research Institute (MRI) dos EUA que realizou para a Coca-Cola o primeiro REPA, o qual tinha como objetivo desenvolver uma análise comparativa entre os diversos tipos de embalagens e definir qual o tipo de recipiente se caracterizava pelo menor lançamento de efluentes no ambiente e consumo menor dos recursos naturais.

A grande contribuição deste estudo foi focar outros aspectos ambientais, diferentemente dos estudos realizados na época, os quais somente analisavam o consumo de recursos energéticos. Este estudo quantificou as matérias-primas e as cargas ambientais associadas aos processos de manufatura de cada tipo de recipiente.

Depois de um longo período de pouco interesse público em ACV, em 1984 o Laboratório Federal Suíço para Teste e Investigação de Materiais (EMPA) publicou um importante estudo com base no estudo "Balanço Ecológico de Materiais de Embalagem" (OFEFP, 1984) iniciado pelo governo, que tinha como objetivo estabelecer um banco de dados para os materiais de embalagem mais importantes: alumínio, vidro, plásticos, papel e cartão, chapas de lata (FINK, 1997). O estudo também introduziu um método para normalizar e avaliar emissões para o ar e para a água utilizando as normas (legislação) para as mesmas e agregando-as, respectivamente nos chamados "volume crítico de ar" e "volume crítico de água". De alguma maneira, esta filosofia de avaliar os impactos ambientais foi mais tarde desenvolvida e refinada no relatório Metodologia dos Ecobalancos (Methodologie des Ecobilans sur la base de l'optimisation écologique), no qual é proposto o cálculo de ecopontos (AHBE et al., 1991).

Segundo Guinée et al. (2011) a fase das décadas de 70 à 90 como o período de concepção do ACV, quando diferentes abordagens e terminologias foram usadas com resultados conflitantes, acabou limitando temporariamente a aplicação da metodologia de ACV.

No Quadro 8 a seguir apresenta um retrato histórico do desenvolvimento da ACV Internacional

Ano	Descrição
1969	Harry E. Teasley da Coca Cola, visualizou um estudo que pudesse quantificar a energia, materiais e consequências ambientais ao longo do ciclo de vida completa, desde a extração da matéria prima até sua disposição final.
1970	O Midwest Research Institute (MRI) desenvolveu o estudo – Análise do Ciclo de Vida, ao que se chamou “Resources and Environmental Profile Análisis (REPA)”, onde se analisaram diferentes embalagens para a Coca Cola Company
1972-1976	Publicaram-se várias bases de dados e se descreve a metodologia “Resources and Environmental Profile Análisis (REPA)”
1972	No Reino Unido, Lan Boustead calcula a energia total utilizada na produção de engarrafado de garrafas de leite.
1974	A Agência de Proteção Ambiental dos EUA publicam o Resource and Environmental Profile Análisis of Nine Beverage Container Alternatives” que marca a entrada dos “Resources and Environmental Profile Análisis (REPA)”
1979	No Reino Unido, Lan Boustead publica o “Handbook of Industrial Energy Analysis”
1985	Criação da diretiva europeia sobre monitoramento de embalagens de alimentos/recursos de informática.
1989	SETAC (Sociedade de Toxicologia e Química Ambiental) – organização científica que começou a tratar de ACV. Se realiza o primeiro workshop, mostrando-se as escolas de ACV dos EUA e EU.
1993	A EPA – EUA publica um documento guia para o inventario (Vigon et al., 1993).
1997	Se publicou a serie de normas ISO 14040 referente a ACV.
00/10	Inclusão de ACV em diretivas de resíduos, diretivas de desenvolvimento de produtos, eco-design, criação de institutos, desenvolvimento softwares e banco de dados.
2012	ISO 14045 Avaliação de Eco-eficiencia
2012	TR 14047 ACV- Exemplos de como aplicar a ISO 14044 a avaliação de impacto.
2012	TR 14049 ACV- Exemplos de aplicação da ISO 14044 a escopo e inventario

Quadro 8: Histórico do desenvolvimento da ACV Internacional

Fonte: Guinée (2002) e Magrini (2011)

A partir de 1990 houve um notável crescimento das atividades ACV na Europa e nos EUA, o qual é refletido no número de "workshops" e outros "foruns" que têm sido organizados principalmente pela "Society of Environmental Toxicology and Chemistry" (SETAC). Através dos seus ramos na Europa e EUA a SETAC desempenha um papel fundamental em reunir profissionais, especialistas e investigadores para colaborarem na melhoria contínuo da metodologia ACV. Os relatórios dos primeiros "workshops" SETAC ilustram os

desenvolvimentos metodológicos e de terminologia que ocorreram no início dos anos Noventa (SETAC, 2011).

A partir de 2000 a UNEP e SETAC estruturaram e elaboraram manuais e programa “Life Cycle Initiative” estimularam e disseminaram o conceito de Filosofia do Ciclo de Vida GUINÉE et al. (2011). Nesse mesmo período foi lançado o manual de Guinée com detalhamento das normas ISO 14040 (GUINÉE et al., 2002).

Após esse período o conceito de ACV foi se incorporando nas políticas regionais e incorporados nas Políticas Integradas de Produtos, através do Instituto de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Institute of Environmental and Sustainability – Joint Research Centre – European Commission) elaboram os manuais ILCD – International Reference Life Cycle Data System (EC JRC-IES, 2010a; EC JRC IES, 2010b) sob a demanda do Plano de Ação de Consumo e Produção Sustentável, com o objetivo de assegurar qualidade e consistência para os dados, métodos e avaliação do ciclo de vida.

Ano	Descrição
1993	GANÁ: Grupo de Apoio à Normalização Ambiental (sub-comitê de ACV).
1998	Estudos acadêmicos específicos sobre “Análise do Ciclo de Vida de Produtos”. Livro em Português de ACV (CHEHEBE, 1998)
2001	Formato de dados e documentação da ISO/NBR 14040.
1998	Cancelamento da 14041 Análise Ciclo de Vida- Definições ISO/NBR
2000	Cancelamento da ISO/NBR 14042 e 14043 Análise Ciclo de Vida- Análise dos Impactos e Análise Ciclo de Vida- Interpretação
2004	Criação da ABCV – Associação Brasileira do Ciclo de Vida. Com o objetivo de congrega pessoas físicas e jurídicas que se interessem pelo desenvolvimento e aplicação da técnica da ACV.
2006	Compiladas as normas ISO 14040 (2006) e 14044 (2006)
2006	1ª Etapa - Projeto Brasileiro de Inventário do Ciclo de Vida para a Competitividade da Indústria Brasileira (MCT) 2006-2009 (Ibict).
2010	2ª Etapa – Projeto Brasileiro de Inventário do Ciclo de Vida para a Competitividade da Indústria Brasileira 2010-2015 (Ibict-Inmetro)

Quadro 9: Histórico do desenvolvimento da ACV no Brasil

Fonte: Pires (2005), Magrini (2008)

O Projeto Brasileiro de Inventário do Ciclo de Vida para a Competitividade da Indústria Brasileira coordenado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia em conjunto com o setor

industrial e universidades, tendo como objetivo disponibilizar um sistema de banco de dados contendo informações fundamentais sobre casos específicos de insumos indispensáveis para a realização de inventários de ciclo de vida de produtos relevantes à pauta de exportação brasileira (dA SILVA, 2011).

No entanto apesar das iniciativas, conforme visto nos quadros 1 e 2, existe defasagens no desenvolvimento do tema no âmbito Internacional e Nacional, podendo ser explicado por dois motivos: a) temporal, devido a ferramenta passou a ser adotada no mundo chamado desenvolvido na década de 60 e, no Brasil, aconteceu na primeira metade da década de 90, e b) econômica, pela disponibilidade de recursos financeiros para a adoção das ações necessárias para a consolidação da ACV (PIRES, 2005).

4.2 Conceito

Todo produto tem um histórico de “vida” que começa com o seu projeto/desenvolvimento, seguido pela extração de recursos, produção, uso/consumo e finalmente o fim da vida útil (re-uso, reciclagem e disposição de resíduo). Todas as atividades, ou processos na vida de um produto resultam em impactos ambientais devido ao consumo de recursos e emissões de poluentes ao ambiente (Ekvall, 2000).

A análise do ciclo de vida (ACV) pode ser definida como a elaboração e avaliação dos fluxos de material e de energia, bem como os potenciais impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de um produto (FINNVEDEN et al., 2009; GUINÉE et al., 2011).

Conforme den Boer et al, (2007) a ACV é um método para determinar de maneira integrada os impactos ambientais. Integrada, nesse contexto, significa que diversos aspectos ambientais, denominados categorias de impacto ambiental, são determinados simultaneamente, variando desde o uso de energia até o potencial de aquecimento global. Além disso, todos os processos relacionados à manufatura do produto, isto é, desde a extração das matérias-primas até as possibilidades de tratamento dos resíduos, podem ser incorporados na análise.

A ACV é uma estrutura metodológica para estimar e avaliar os impactos ambientais atribuídos ao ciclo de vida de um produto, tal como, mudanças climáticas, depleção da camada de ozônio, formação de ozônio troposférico, eutrofização, acidificação, toxicidade humana e nos ecossistemas, acidificação, etc. (REBITZER et al., 2005).

Ciclo de Vida é a expressão usada para referir-se a todas as etapas e processos de um sistema de produto ou serviço, englobando toda a cadeia de produção e consumo, considerando aquisição de energia, matérias primas e produção e produtos auxiliares; aspectos dos sistemas de transporte e logística; características da utilização, manuseio, embalagem, marketing e consumo; sobras e resíduos e sua respectiva reciclagem ou destinação final (GUINÉE et al., 2002) (Ver Figura 14).

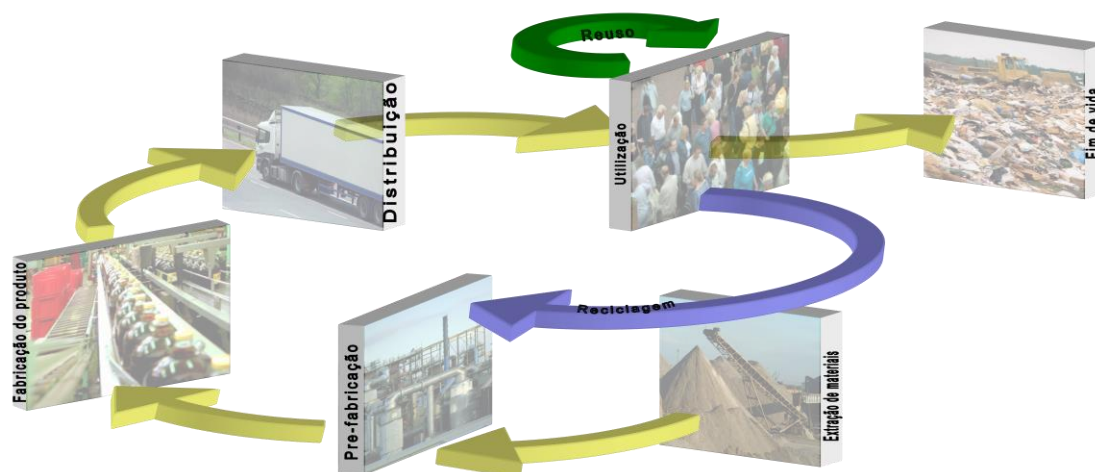


Figura 14: Ciclo de vida de um produto

Fonte: Adaptado de Guinée et al. (2002)

Os passos da ACV estão internacionalmente padronizados pela Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) e pela International Standardization Organization (ISO).

Um estudo de ACV, normalmente, realiza-se em várias fases interativas, repetindo-se algumas delas muitas vezes, à medida que as incertezas são eliminadas. (A ACV pode ser dividida em quatro fases principais: definição do objetivo e do âmbito (escopo) do estudo, inventário dos processos envolvidos, com enumeração das entradas e saídas do sistema; determinação dos impactos ambientais associados às entradas e às saídas do sistema, interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação, considerando os objetivos do estudo (BERLIN, 2002).

De acordo com Guinée et al. (2002) denominam-se os elementos que podem interagir com meio ambiente como aspectos ambientais, e às modificações do meio ambiente que ocorrem como consequência destes, os impactos ambientais.

Desta maneira, define-se a ACV (ABNT, 2009a) como: uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto mediante:

- A compilação de um inventário de entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto;
- A avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a essas entradas e saídas;
- A interpretação dos resultados das fases de análise de inventário e de avaliação de impactos em relação aos objetivos do estudo.

Cabe dizer que por sistema de produto entende-se o conjunto de processos que realizam a função do produto (ABNT, 2009), ou seja, os produtos que segundo o modelo definido para o estudo, compõe o ciclo de vida do produto em questão. É uma associação de unidades de processo, que desenvolvem uma ou mais funções definidas, essencialmente caracterizada por sua função e não podendo ser definida somente em termos de seu produto final. A seguir na Figura 15 especifica-se um exemplo de sistema de produto.

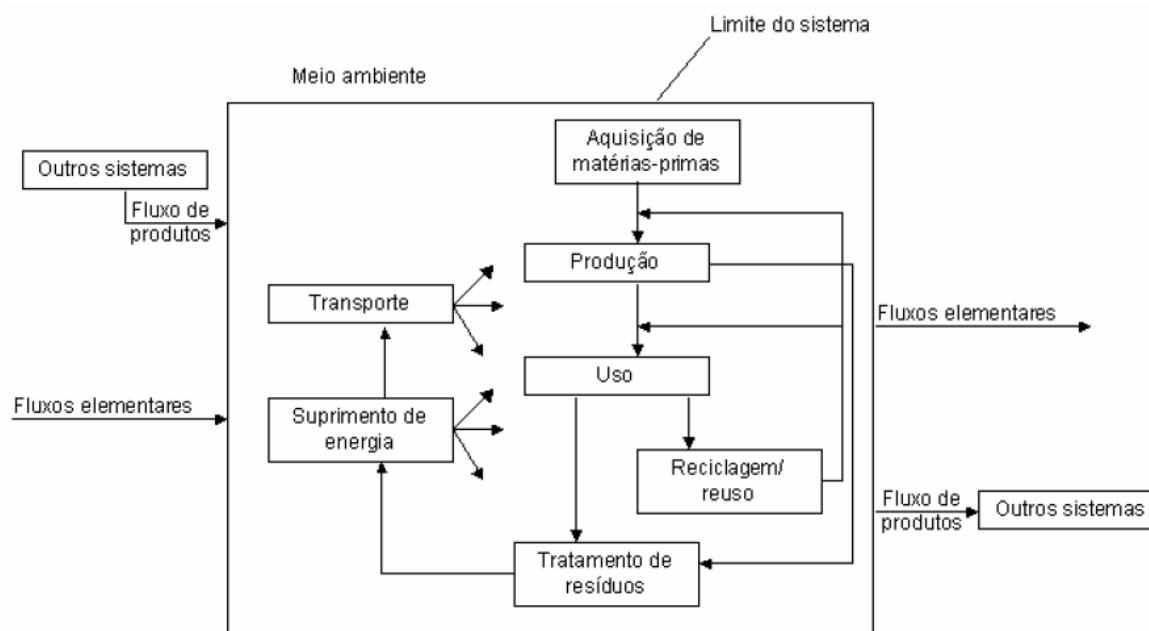


Figura 15: Exemplo de sistema de produto para ACV

Fonte: ABNT ISO 14040 (2009)

Conforme se observa na Figura 15, os sistemas de produto podem ser devidos em uma seleção de unidades de processos, que são conectadas entre si por fluxos de produtos intermediários, a outro sistema de produto, por fluxos de produtos e ao ambiente por fluxos elementares. Podem-se citar como exemplos de processos unitários, neste caso, a aquisição de matérias-primas de um bem sua produção e seu uso. As matérias-primas para a produção podem ainda ser oriundas de programas de reciclagem e reuso. Os resíduos gerados na produção podem ser tratados dentro do sistema de produção ou não. Todos os processos do sistema do produto podem requerer suprimento de energia e/ou transporte (GUINÉE, 2002).

Dividir um sistema de produto em componentes unitários facilita a identificação das entradas e saídas do sistema. O nível de detalhamento requerido para satisfazer os objetivos do estudo determina os limites de um processo unitários. Segundo Christie et al. (1995), um ponto chave é que análise da melhor opção pode incluir muitos fatores, como impactos de transportes e custo energético da reciclagem de materiais na equação final. Por exemplo, a reciclagem que poderia ser considerada uma alternativa para o final de vida do produto pode utilizar mais energia que uma opção alternativa de reuso de alguns componentes e disposição de outros.

4.3 Metodologia de ACV

A ACV é uma ferramenta utilizada para avaliar os efeitos de um produto ou sistema, desenvolvido para atender a uma determinada função. Os efeitos considerados abrangem todos os estágios da vida deste produto, desde a extração dos recursos naturais até a disposição final, ou então como frequentemente é denominada, análise do “berço ao túmulo”.

As normas se apresentam da seguinte forma:

- ABNT NBR ISO 14040:2009 - Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura.
- ABNT NBR ISO 14044:2009 - Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações.
- ISO/TR 14047:2003 – Exemplos da norma 14042. (cancelada)

- ISO/TR 14048:2002 – Formatos de dados.
- ISO/TR 14049:2000 – Exemplos da norma 14041. (cancelada)

A ACV dispõe de uma metodologia própria normalizada pela ISO e internalizada pela ABNT, dividida em quatro etapas (

Figura 16).

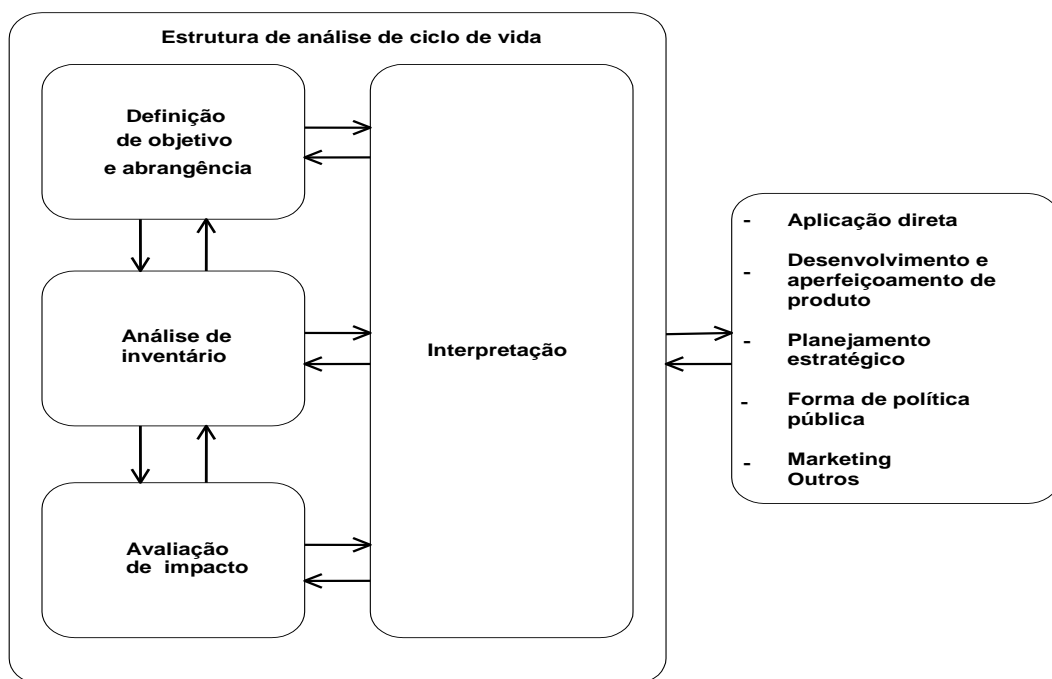


Figura 16: Estrutura da ACV padronizada pelas normas ISO

Fonte: Adaptado de ABNT ISO 14040 (2009a)

4.3.1 Definições do Objetivo e do Escopo

Segundo ABNT (2009a) no objetivo de um estudo de ACV a aplicação pretendida deve ser declarada sem ambiguidades ou equívocos. Além disso, também devem ser especificadas as razões para conduzir o estudo e o público alvo, isto é, para quem se pretende comunicar os resultados do estudo. A Figura 17 mostra as etapas necessárias para a definição do objetivo e escopo de um estudo de ACV.

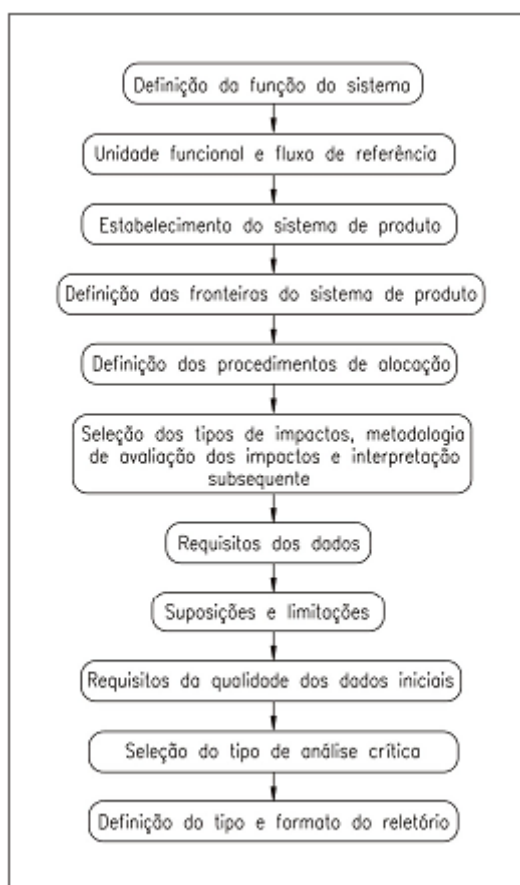


Figura 17: Etapas necessárias para definição do objetivo e escopo de uma ACV

Fonte: ABNT (2009a)

A definição do objetivo deste estudo deve incluir uma clara e inequívoca declaração das razões para condução do estudo e o uso pretendido do resultado. O objetivo deve ser especificado em termos, de qual decisão será baseada no resultado, qual informação é requerida, em qual nível de detalhamento e para qual finalidade. A meta deve abordar as consequências ambientais das decisões baseadas no resultado da ACV e a extensão da repercussão do estudo no sistema produtivo (ABNT, 2009a).

Agora o escopo compreende a abrangência do estudo. Observado pelos os autores, Sherwani et al.(2010); Zhou et al. (2011), deve ser demonstrados nitidamente no escopo o sistema de produto a ser estudado, as fronteiras do sistema, a unidade funcional e os limites do sistema.

Segundo Heijungs et al., (2007) o escopo do estudo deve ser suficientemente bem definido para assegurar a extensão, a profundidade e o detalhe do estudo sejam compatíveis e suficientes, para atingir os objetivos planejados. A ACV é uma técnica iterativa, por isso o escopo do estudo pode necessitar ser modificado durante a sua condução à medida que informação adicional for coletada.

De acordo com a ABNT (2009a) um estudo de ACV é restrito pelo escopo em 3 dimensões: extensão, largura e profundidade. A extensão determina onde iniciar e parar o estudo, a largura determina quais subsistemas incluir no sistema de produto e a profundidade determina o nível de detalhamento do estudo. O escopo deve ser bem definido para assegurar que a extensão, a profundidade e o grau de detalhe do estudo sejam compatíveis e suficientes para atender o objetivo estabelecido.

4.3.1.1 Funções do sistema de produto

Segundo Ferreira (2004) entende-se por sistema de produto o conjunto de todos os subsistemas necessários para que um produto cumpra a sua função. Os subsistemas ou unidades de processo representam a menor parte de um sistema de produto para a qual devem ser coletados os aspectos ambientais na realização de um estudo de ACV. Uma vez identificados todos os componentes do subsistema, cada um deles pode ser visto como um sistema no seu verdadeiro sentido e irá receber energia e materiais e emitir poluentes para o ar, água, resíduos sólidos e outras descargas ambientais além dos produtos úteis (Figura 18).

A necessidade total de matérias-primas e energia e as saídas totais de resíduos sólidos, líquidos e gasosos do sistema global é simplesmente a soma das entradas e saídas de todas as componentes dos subsistemas. O modelo é correto se não violar as leis científicas, assegurando em particular que a lei de conservação da massa se aplique e que as leis da termodinâmica sejam respeitadas. O modelo desenvolvido deve considerar que a energia de reação de qualquer processo químico não pode ser menor que a entalpia de reação padrão e a eficiência de qualquer processo de conversão de energia (calor-trabalho) não pode ser superior à máxima eficiência reversível de conversão (FERREIRA, 2004).

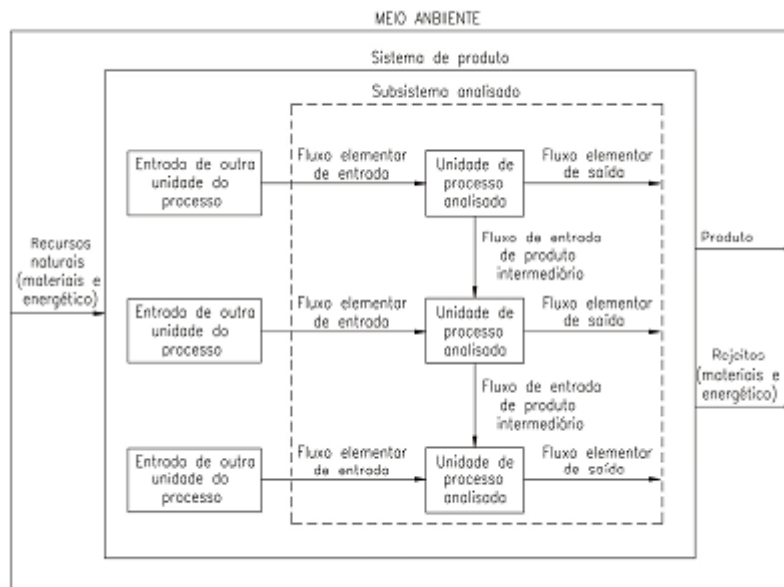


Figura 18: Entradas e saídas em um sistema e subsistema de produto

Fonte: adaptado de ABNT ISO 14040 (2009)

4.3.1.2 Unidade funcional e fluxo de referência

Segundo a ABNT (2009a) um estudo de ACV deve especificar claramente as funções do sistema. A unidade funcional é uma medida do desempenho das saídas funcionais do sistema de produto, que constitui a referência para a qual as entradas e as saídas são relacionadas. Esta referência é necessária para assegurar a comparabilidade dos resultados da ACV seja realizada em uma base comum, sendo particularmente crítica quando diferentes sistemas são avaliados.

A unidade funcional é o apoio para os cálculos do ACV e deve representar as funções primárias realizadas pelo sistema de produto. Não pode ser somente definida pelo produto final, podendo considerar aspectos qualitativos, como por exemplo, uma sacola de compras que seja impermeável. O fluxo de referência está associado à unidade funcional e representa a quantidade de produto necessária para cumprir a(s) função (ões) definidas, como por exemplo, em um ACV de alternativas de secagem de mãos, a quantidade em quilos de papel ou a quantidade em kWh de energia para um secador elétrico. O primeiro passo é identificar e quantificar as propriedades relevantes que podem ser quantificadas e a performance técnica/funcional do sistema (EC JCR-IES, 2010a).

Para um refrigerador, a unidade funcional pode ser descrita em “metros cúbicos de refrigeração a 15°C abaixo da temperatura ambiente”. Uma atribuição na análise do inventário fornece a estrutura total para os fluxos do sistema que são “associados com” ou “atribuídos à” uma quantidade específica da unidade funcional. O sistema é modelado linearmente, todos os resultados são escalados linearmente com a unidade funcional, e sua magnitude é de pouca importância. Como um exemplo, considere uma ACV da produção de eletricidade. Os resultados de atribuição da análise do inventário descrevem as trocas ambientais da produção média de eletricidade em uma área geográfica. Os resultados poderiam ser apresentados como as emissões por MWh de eletricidade produzida. O valor da unidade funcional não afeta as conclusões, desde que as emissões médias do sistema de eletricidade sejam escaladas linearmente com a unidade funcional (REBITZER et al., 2005).

Se na comparação de unidades funcionais não forem levadas em consideração funções adicionais de quaisquer dos sistemas, então essas omissões devem ser documentadas. Por exemplo, os sistemas A e B realizam as funções x e y que são representadas pela unidade funcional selecionada, mas o sistema A também executa a função z que não é representada na unidade funcional. Deve ser documentado, então, que a função z está excluída desta unidade funcional. Como uma alternativa, sistemas associados com a entrega da função z podem ser adicionados à fronteira do sistema B para tornar os sistemas mais comparáveis. Nestes casos, os processos selecionados devem ser documentados e justificados (ABNT, 2009a).

4.3.1.3 Fronteiras do sistema

Na metodologia ACV, do berço ao túmulo, as entradas em cada processo são consideradas desde o ponto em que são extraídos os recursos da natureza, sendo as saídas seguidas até à descarga final do resíduo no ambiente. As fronteiras devem estar claramente identificadas, considerando os limites em relação ao ambiente e demais sistemas e subsistemas envolvidos, promovendo, conseqüentemente, a delimitação dos processos, fluxos e operações sujeitos à compilação na etapa do inventário, assim como das classes de impactos prioritários para o contexto da análise (SILVA, 2005; GUINÉE et. al., 2002).

A ACV enfoca os aspectos ambientais de um processo ou produto desde o berço até o túmulo, todavia por ser uma metodologia extremamente detalhada e complexa, este tipo de abordagem requer uma grande alocação de recursos. Por esta razão, a ACV tem sido aplicada em muitos casos, de forma simplificada conforme relataram (CURRAN, 2006).

O objetivo e a finalidade da ACV definem o nível de simplificação aceitável, já com relação aos estágios do ciclo de vida considerados, três diferentes abordagens podem ser consideradas (Figura 19).

- Análise berço-portão: na qual são removidos todos ou alguns estágios finais, relacionados como o uso e a disposição final do produto.
- Análise portão-portão: na qual são removidos todos ou alguns estágios iniciais finais, neste caso o foco principal de estudo é o processo de manufatura do produto em si.
- Análise portão-túmulo: na qual são removidos todos ou alguns estágios iniciais, ou seja, relacionados com a obtenção das matérias-primas, pois o foco de análise é a disposição final do produto.

Para excluir um processo dos limites do sistema outros itens podem ser considerados segundo UDO de HAES (2004):

- Quando uma análise de sensibilidade mostra que a contribuição do processo não influencia significativamente o resultado final do estudo.
- Quando a contribuição do processo, para o processo seguinte, pode ser caracterizada como uma proporção fixa do fluxo deste, ou de outro processo definido, e esta proporção é inferior a incerteza naquele fluxo.
- Quando o processo pertence a certa classe ou tipo, e a simplificação da ACV confirma que este procedimento não envolve exclusão de contribuições que podem significativamente influenciar os resultados.

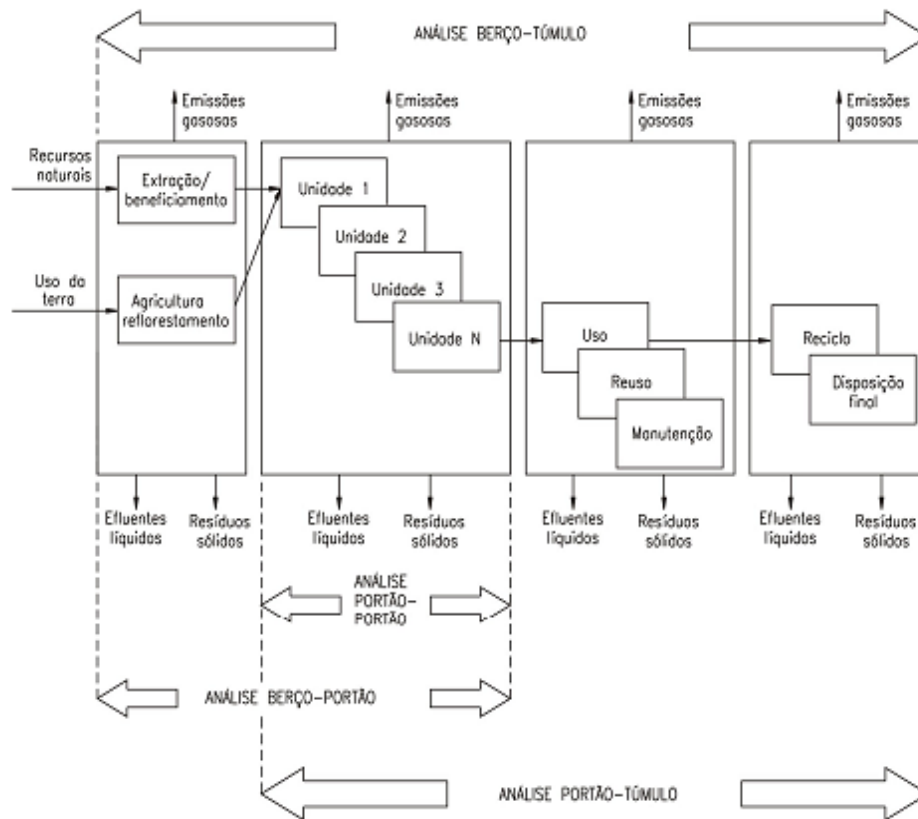


Figura 19: Abordagens possíveis de um estudo de ACV

Fonte: Adaptado de Guinée et al. (2002)

Segundo EC JRC-IES (2010a) não há um método padrão para a definição de fronteira do sistema, mas este deve ser delimitado de forma que possa responder à questão proposta no objetivo do estudo, portanto é imprescindível que no relatório final conste a sua descrição. O sistema deve ser definido em relação algumas dimensões: fronteiras em relação ao sistema natural, fronteiras em relação a outros sistemas de produtos, fronteiras geográficas, fronteira temporal, fronteiras de bens de capital.

Em muitas situações, os subsistemas de inventário originam mais de um produto ou subproduto. Estes produtos podem ser reintroduzidos na cadeia de produção, ou constituírem matéria-prima em outros sistemas. Assim, é necessário estabelecer e aplicar um método consistente de atribuição de cargas aos diferentes materiais e produtos gerados pelo sistema em estudo (HEIJUNGS e GUINÉE, 2007).

4.3.1.4 Procedimentos de alocação dos dados

A alocação consiste na divisão adequada dos fatores de impacto do processo entre o produto principal e os subprodutos do sistema. A sua utilização se faz necessária, por exemplo, quando um sistema a ser estudado gera mais de um produto, emissão atmosférica gerada por meio de tratamento de resíduos ou ainda a reciclagem (EC JRC IES, 2010a).

Segundo Heijungs e Guinée (2007) a escolha do critério a ser utilizado neste processo é uma definição subjetiva que deve ser feita já na etapa de definição do objetivo e escopo, e sempre que possível os critérios utilizados devem ser baseados em parâmetros físicos, sendo que quando isso não for possível, um critério baseados no valor econômico pode ser utilizado.

4.3.2 Inventário

A segunda etapa de uma ACV é a construção do Inventário do Ciclo de Vida (ICV), que, segundo a Norma ABNT (2009a) , consiste na compilação e quantificação dos inputs e outputs de um produto ao longo do seu ciclo de vida. Ou seja, é o processo de compilação de dados e de quantificação da energia e matérias-primas, materiais auxiliares, assim como de produtos, co-produtos, emissões atmosféricas, emissões para a água e solos, resíduos sólidos, e outras descargas de todo o ciclo de vida de um produto, processo ou atividades (EPA, 2006). Na Figura 20 apresenta-se um fluxo de entradas e saídas de um produto.

Um ICV compreende, portanto, uma fase de levantamento de dados assim como uma fase de cálculos para quantificar as entradas e saídas do sistema. É um processo iterativo, visto que conforme são conhecidos os dados e mais informação sobre o sistema é adquirida, são identificados novos requisitos de dados assim como novas limitações, requerendo uma alteração nos procedimentos de recolhimento de dados para cumprir com os objetivos do estudo. Por vezes, podem surgir algumas questões que requerem a revisão dos objetivos e âmbito do estudo (EC JRC IES (2010a).

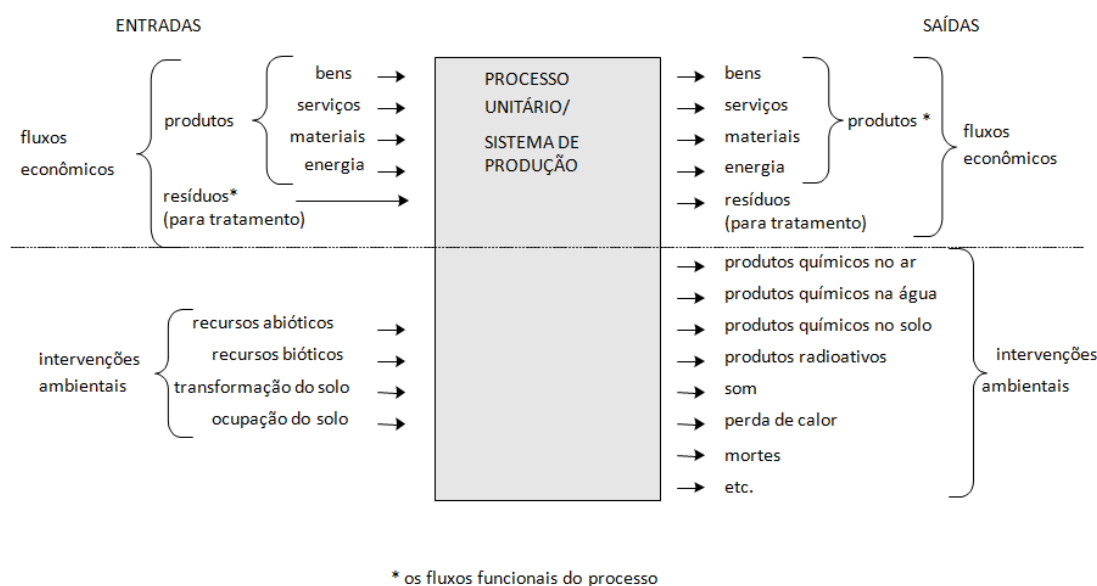


Figura 20: Fluxo de entradas e saídas em sistema de produto

Fonte: Guinée et al. (20002)

A fase de cálculos no ICV, segundo a ABNT (2009a), passa por relacionar os dados a um processo unitário, relacionar os mesmos à unidade funcional do fluxo de referência, e ainda pela validação dos dados recolhidos. Estes procedimentos são úteis para gerar os resultados do inventário para cada processo unitário e para a unidade funcional definida do sistema modelado. O cálculo dos fluxos energéticos deve ter em conta os diferentes combustíveis, as fontes energéticas utilizadas, a eficiência de conversão e distribuição do fluxo energético, assim como as entradas e saídas associadas à geração e uso do fluxo energético.

Esses dados são apresentados ao final desta fase de forma quantificada, que após o tratamento dos dados poderão então ser avaliados para obtenção dos impactos ambientais associados ao ciclo de vida do produto em questão através da próxima fase da ACV, a Avaliação de Impactos.

De acordo com EC JRC IES (2010a) diferentes autores apresentam abordagens semelhantes para desenvolver a metodologia de um ICV. Desta forma, as etapas para realizar um ICV são as seguintes:

- Construção do fluxograma do processo;

- Desenvolvimento de um plano de obtenção de dados;
- Avaliação e apresentação dos resultados.

4.3.3 Metodologia de Avaliação de Impacto e Interpretação

A avaliação de impactos do ciclo de vida – AICV é a etapa subsequente à elaboração do inventário, por isso a sua realização compreende um estudo completo de ACV. Para realizar uma avaliação de impactos ambientais, o que é feito pela definição das categorias de impactos ambientais. (ABNT, 2009).

De acordo com Hauschild et al. (2012), nesta fase do estudo, o impacto potencial de cada emissão de inventário e/ou fluxo de recursos para o meio ambiente é modelado quantitativamente de acordo com o mecanismo ambiental relevante utilizando um modelo de caracterização.

O modelo de caracterização calcula fatores de caracterização de substâncias específicas que expressam o impacto potencial de cada fluxo elementar em termos da unidade comum do indicador de categoria. Deste modo, os fatores de caracterização são multiplicados com os dados do inventário, e os resultados são os resultados da categoria de indicadores, expressos em uma unidade comum a todas as contribuições dentro da categoria de impacto (por exemplo, quilogramas equivalentes de CO₂ de gases de efeito estufa que contribui para o impacto da categoria mudanças climáticas) (HAUSCHILD et al, 2012).

Estes modelos de caracterização são conhecidos como métodos para AICV. Apresentam características individuais específicas e podem ser classificados em duas categorias de acordo com sua abordagem: midpoint (ponto médio) e endpoint (ponto final).

Segundo Cavalett et al (2012) a abordagem ao nível midpoint, todas as substâncias referentes ao ICV são agregadas em categorias de impacto de acordo com uma característica comum na cadeia de causa efeito do mecanismo ambiental. Estas características não representam as consequências finais sobre o percurso ambiental das emissões listadas no inventário do ciclo de vida (ICV), mas são indicadores de impacto em potencial.

De acordo com Cavalett et al., (2012) a abordagem endpoint consiste em caracterizar a gravidade ou as consequências de categorias de impacto de ponto médio nas áreas de proteção a nível de ponto final. Esta caracterização, a nível endpoint exige modelar todos os mecanismos ambientais que conectam os resultados do inventário, com o respectivo impacto sobre as áreas de proteção, sendo portanto, quantificadas as consequências (danos) finais das emissões.

Assim, as modelos ambientais são agrupados em metodologias de impacto ambiental desenvolvidas para a AICV como, por exemplo: CML 2001, EDIP 2003, IMPACT 2002+, ReCiPe, Eco-indicador 99, conforme o apresentado por FRISCHKNECHT et al. (2007a):

- **CML 2001**

O método CML 2001 (ou CML 01) surgiu por meio de estudos de um grupo de cientistas associados ao Centro de Ciências Ambientais da Universidade de Leiden, Holanda. O grupo publicou um guia operacional para as normas ISO (GUINÈE et al, 2002), nomeado *Dutch Handbook on LCA* (CML). A proposta geral é fornecer orientações com guias operacionais para conduzir um estudo de ACV passo a passo.

O guia relata uma diferenciação na abordagem dos impactos ambientais. A abordagem orientada ao problema (*midpoint*) e a orientada ao dano (*endpoint*) foram diferenciadas. Neste aspecto, o método holandês CML 2001 foi criado com diferentes temas ambientais (categorias de impactos) relacionados à abordagem orientada ao problema (*midpoint*).

- **EDIP 2003**

A sigla EDIP refere-se à “*Environmental Design of Industrial Products*”, em inglês. Em dinamarquês, o método é chamado UMIP. O método EDIP 2003 foi criado na Dinamarca e é uma evolução do EDIP 97, entretanto não o substitui. O EDIP 2003 possui uma abordagem típica *midpoint*, abrangendo a maioria dos impactos relacionados a emissões, uso de recursos e impactos no meio ambiente de trabalho. As categorias de impacto abordadas são:

acidificação, eutrofização terrestre, exposição fotoquímica do ozônio em plantas e seres humanos, eutrofização aquática, toxicidade humana e ecotoxicidade.

- **IMPACT 2002+**

O método CML 2001 (ou CML 01) surgiu por meio de estudos de um grupo de cientistas associados ao Centro de Ciências Ambientais da Universidade de Leiden, Holanda. O grupo publicou um guia operacional para as normas ISO (GUINÉE et al. 2002), nomeado *Dutch Handbook on LCA* (CML). A proposta geral é fornecer orientações com guias operacionais para conduzir um estudo de ACV passo a passo.

- **ReCiPe 2008**

ReCiPe 2008 é um método de AICV que leva em seu nome representado pelas iniciais das organizações responsáveis pelas principais contribuições em seu desenvolvimento: RIVM, a Radboud University Nijmegen, o centro de pesquisa CML da Universidade de Leiden e a empresa PRé Consults. O ReCiPe é um método de caráter combinativo entre abordagens midpoint e endpoint para avaliação de impactos do ciclo de vida. A sua metodologia é harmonizada em termos de princípios de modelagem e escolhas, oferecendo resultados orientados a problemas e a danos (GOEDKOOPE et al, 2009).

- **Eco-indicador 99**

O Eco-indicador 99 foi desenvolvido na Holanda por cientistas especializados em estudos de ACV, com apoio do Ministério Holandês do Meio Ambiente. Este método é uma versão reestruturada do método Eco-Indicador 95, seu antecessor (GOEDKOOPE et al, 2008).

O método de AICV Eco-Indicador possui uma abordagem orientada ao dano

(*endpoint*). Ou seja, a cadeia de causa-efeito do ciclo de vida de um produto, processo ou serviço, é modelada até seus pontos finais, os danos. Estes são classificados em três classes de danos: Saúde Humana, Qualidade do Ecossistema e Recursos (GOEDKOOOP; SPRIENSMA, 2001).

As categorias de danos são normalizadas com base nos níveis europeus. A fase final do cálculo do Eco-indicador 99 consiste em agregar as três categorias de danos para a formação de um escore final que será o valor do indicador. A normalização pode ser realizada no nível de categorias de danos (áreas de proteção) em:

- Saúde humana: indicador DALY (Disability-Adjusted Life Years): dano causado a saúde humana em anos de incapacidade.
- Qualidade do ecossistema: indicador PDF (Potentially Disappeared Fraction) fração da biodiversidade do ecossistema potencialmente exterminada.
- Recursos: indicador MJoules.

Para isso, é necessário realizar uma ponderação entre elas para a formação do indicador. A ponderação pode ser realizada escolhendo-se uma das três perspectivas culturais: Igualitária, Hierárquica e Individualista, permitindo a comparação entre alternativas em um só indicador cuja unidade é mPt (milipontos). As ponderações utilizadas em cada versão encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4: Ponderações utilizadas nas três versões do Eco-indicador 99

Categorias de dano	Versões do Eco-indicador 99		
	Hierárquica	Igualitária	Individualista
Saúde humana	40%	30%	55%
Ecossistemas	40%	50%	25%
Recursos	20%	20%	20%
Total	100%	100%	100%

Fonte: Goedkoop e Spriensma (2001)

Na fase de interpretação de resultados, as constatações da análise do inventário e da avaliação de impacto ou, no caso de estudos de inventário, são combinados, de forma consistentes, com o objetivo e escopo definidos, visando alcançar conclusões e recomendações (ABNT, 2009a)

4.4 Barreiras e limitações da Metodologia

Segundo Finnveden (2009) a metodologia da ACV pode ser criticada sobre o pretexto de que não se consegue produzir o tipo de informação prevista na definição do objetivo e do escopo. Importantes questões que devem ser respondidas são: qual o tipo de informação que pode resultar de um estudo de ACV e qual a finalidade de utilização dessas informações.

Quanto as incertezas do ICV Frischknecht et al. (2007b) manifesta que existem variabilidade e erros estocásticos dos números das entradas e saídas dos processos, adequação dos fluxos de entradas e saída, incerteza do Modelo e negligência de fluxos importantes.

Outra crítica frequente em relação a ACV é que, em alguns estudos os resultados não são reprodutíveis. Estudos de ACV comparativos podem às vezes conduzir a conclusões aparentemente despropositadas. Devido à complexidade da ACV, pode ser difícil compreender as razões por trás de tais diferenças. Igualmente nota-se que a metodologia da ACV ainda não atingiu o seu desenvolvimento científico completo, existindo algumas arbitrariedades que devem ser resolvidas, por exemplo, em relação ao desenvolvimento tecnológico ainda falta uma padronização.

Finnveden et al. (2009) cita que a ACV possui três arbitrariedades fundamentais que precisam ser resolvidas: nem todos os impactos ambientais relevantes são considerados, existem incertezas nos dados, na metodologia para análise do inventário e na avaliação do impacto e na descrição do sistema de produto. Os elementos de ponderação envolvem valores ideológicos e éticos que não podem ser objetivamente determinados.

Uma crítica que se apresenta latente é em relação à classificação dos impactos ambientais em uma série de categorias (efeito estufa, toxicidade humana, etc.) etapa que atualmente é comum em muitas metodologias de ACV, as quais envolvem a utilização de softwares específicos. Para algumas categorias (como por exemplo, efeito estufa) as emissões sobre um período de tempo podem ser calculadas adequadamente através de uso dos equivalentes, mas para outros, como a toxicidade humana, os diferentes fenômenos e mecanismos que estão envolvidos dificultam bastante o cálculo (OWENS, 1997, GUINÉE, ET AL., 2002).

Assim, as limitações encontradas na ACV são diversas: desde a necessidade de analisar um grande número de dados, assumir decisões subjetivas na interpretação de dados, não contar com metodologias consolidadas, e ainda não contar com banco de dados que representem a realidade das diferentes regiões (AYRES, 1995; da SILVA, 2011).

4.5 Software e Bases de Dados para ACV

A ACV é uma ferramenta que utiliza grande e variada quantidade de dados que necessitam de manipulação para obtenção de resultados. Tal manipulação requer gasto de tempo e de recursos que, na maioria das vezes, não estão disponíveis. Os softwares foram inseridos nesse contexto para suprir essa necessidade, viabilizando e otimizando diversas pesquisas envolvendo.

Os softwares mais citados na bibliografia e que em seguida se dá uma breve descrição, são: SimaPro; KCL-ECO; LCAiT; GaBi; PEMS, e Umberto. Nas figuras 21 e 22 apresentam-se as características, descrições dos resultados, base de dados, apreciação global e aplicação dos software mais utilizados como suporte para o desenvolvimento de ACV (GOEDKOOOP et al. 2008).

4.5.1 SimaPro

SimaPro é o nome dado a uma família de diferentes versões de "software", tais como, versão "designer", analista, multi-utilizador, extra utilizador, educacional singular e multi-utilizador e uma versão demo. Desde que foi introduzido em 1990, este "software" tem sido o mais utilizado para análise ambiental dos produtos com vista a uma tomada de decisão no desenvolvimento de produtos e política de produto .

O SimaPro dispõe das seguintes bases de dados: Buwal 250; Data Archive; Dutch Input Output Database; ETH-ESU 96 System processes; ETH-ESU 96 Unit processes; Idemat 2001; Industry data; Methods. Esta mesma versão dispõe dos seguintes métodos de análise de impacto: CML 1991; CML 2 baseline 2000; Eco-indicator 95; Eco-indicator 99 (E); Eco-indicator 99 (H); Eco-indicator 99 (I); Ecopoints 97 (CH); EDIP/UMIP 96; EDIP/UMIP 96 (resourcesonly); EPS 2000 entre outros (GOEDKOOOP, 2012).

4.5.2 GaBi

É uma ferramenta para construir balanços de ciclo de vida que suporta o manuseamento de grande quantidade de dados e com modelação do ciclo de vida do produto. Este software calcula balanços de diferentes tipos e ajuda a agregar os resultados. As suas principais características são:

- É baseado num conceito modular. Isto significa que planos, processos, fluxos e suas funcionalidades estabelecem unidades modulares;
- Dados de análise de impacto, inventário e modelos de ponderação estão separados pelo que os módulos são facilmente manuseados e depois interligados para o cálculo ACV;
- Várias fases do ciclo de vida (produção, utilização e deposição) podem ser capturados em módulos e depois modificados separadamente;
- Outra característica da estrutura modular é que o software e a base de dados são unidades independentes.

Dentro da base de dados toda a informação é guardada, p.ex, modelos de produto e perfis ecológicos. As bases de dados GaBi são sempre construídas com uma estrutura básica definida. O próprio software disponibiliza ao utilizador a interface para a base de dados. Via interface do utilizador, os dados armazenados podem ser lidos e modificados.

4.5.1 Umberto

Software versátil, podendo ser utilizado para Análise de Fluxo de Materiais e de Energia (AFM), Contabilidade de Custos, Planejamento e Otimização de sistemas de processos, Avaliação do Ciclo de Vida e demais estudos ambientais, o Umberto representa um grande auxílio à tomada de decisões, sempre voltadas a ganhos de eficiência económico-ambientais. Tendo sido lançado em 1994, pela empresa alemã ifu Hamburg GmbH, o software possui diversos estudos de casos em indústrias e universidades.

4.5.1 O Banco de Dados Ecoinvent

O Ecoinvent é uma base de dados desenvolvida pelo Swiss Centre for Life Cycle Inventories do EMPA – Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research e outras instituições de pesquisa suíças, comissionadas pelos Ministérios Suíços do Meio Ambiente, Energia e Agricultura (BAFU-FOEN, BFE e BLW). O Ecoinvent é uma agregação de vários bancos de dados realizados por diferentes instituições que até então não tinham uma metodologia consistente e, por conseguinte geravam resultados de ACV diferentes de um mesmo produto, conforme as metodologias utilizadas pelos diversos bancos de dados. Surgiu em 2003 com a proposta de harmonizar os bancos de dados disponíveis diante das demandas das autoridades e do mercado para atender a Política Integrada de Produto, avaliação de tecnologia ou design para o meio ambiente (FRISCHKNECHT, et al. 2007a).

Características Gerais			Resultados		Dados/Base de dados	Aplicação					
Nome Versão	Desenvolvimento	Software	Avaliativo descritivo Criativo	Descrição dos resultados Apresentação visualização	Qualidades dos dados e das Bases de dados	Vantagens e desvantagens	Utilizadores	Avaliação Técnica	Avaliação ambiental	Avaliação Econômica	Avaliação social
Gab4	Institute for Polymer Testing and Polymer Science da Universidade de Stuttgart e PE Europa GmbH.	Software e Gestão de Base de Dados	Avaliativo	Valores Quantitativos (inventário categoria de impacto ou avaliação de categorias), tabela de inventário, suporte gráfico, função de exportação (eg. Excel)	Conjuntos de dados, abrange diversas áreas da indústria e do mercado (e.g. automóvel, eletrônica, construção, recursos renováveis, matérias plásticas, metais, minerais, energia, transportes fim de vida- reciclagem)	Gestão da BD flexível e estruturada, fácil importação e exportação, consorcio que apoia GABI a mais de 10 e é um dos maiores grupos mundiais de ACV, formação em software ACV sob pedido	Engenharia, arquitetura, empresas de consultoria, institutos, universidade, laboratórios de investigação	Modelagem de processos técnicos e pré-requisitos	ACV, vários métodos de avaliação dos impactos, indicadores	Integração total dos aspectos econômicos (custo do ciclo de vida CCV)	Integração de aspectos sociais relativos a unidade funcional (Lyfecycle Working Time Ciclo de vida do tempo de trabalho)
Simapro 7	PR é Consultants	Software	Avaliativo	Resultados ICV, perfil AICV (especificação por substâncias e processos) visualização em árvores Análise da contribuição do processo	Disponíveis numerosos dados de diferentes bases de dados, qualidade variável.	Em desenvolvimento contínuo fácil aplicação do rasteiro ACV, modelagem do sistema complexa e difícil devido a estrutura predefinida e a ausência de apoio gráfico (menos transparência e exatidão) vários idiomas disponíveis	Engenharia do ambiente, especialistas em ACV	Cenários de modelação da montagem, ciclo de vida e eliminação/desmontagem/reutilização; Ausências de fluxos de ligação entre processos, torna a modelação flexível, mas aumenta a imprecisão	ACV		
TEAM 4.0	Ecobilan SA (Price Walterhouse Coopers)	Software	Avaliativo	Tabela de inventário, resultados AICV com apoio gráfico	Boa qualidade	Gestão pouco flexível da BD por causa da separação do Explorer e do editor de sistema, obtenção de resultados requer mais etapas (inventário, instantâneos, exercícios) funções de exportação-importação pouco flexível					

Figura 21: Descrição e aplicação de Software para ACV

Fonte: Adaptado de GOEDKOOP (2008) GUINÉE (2002)

Características Gerais			Resultados		Dados- Base de dados	Vantagens e desvantagens	Utilizadores	Aplicação			
Nome Versão	Desenvolvimento	Software Método	Avaliativo descritivo Criativo	Descrição dos resultados Apresentação - visualização	Qualidades dos dados e das Bases de dados			Avaliação Técnica	Avaliação ambiental	Avaliação Econômica	Avaliação social
Umberto 5	IFU Institute for Environmental Informatics Hamburg GmbH.	Software e Gestão de Base de Dados	Avaliativo e Descritivo	1- Descrição qualitativa, possibilidade de representar uma matriz relativa ao impacto ambiental pelo qual o material é responsável, 2- Descrição quantitativa 3- Tabela de Inventário 4- Ajuda Gráfica 5- Possibilidade de importação – exportação com outras aplicações.	Boa qualidade, com uma ampla gama de dados.	Apoio do Institute for Environmental Informatics Hamburg e pelo Institute for Energy and Environmental Science Heidelberg	Especialistas ambientais, engenharia de processos, profissionais em ACV. Os resultados podem ser utilizados por gestores, investigadores e consultores.	Modelação de processos técnicos.	1. ACV 2. Propriedades ecológicas dos materiais são utilizadas para o sistema de Avaliação do Impacto	Integração total dos aspectos económicos (custo do ciclo de vida CCV)	Integração de aspectos sociais relativos a unidade funcional (Lyfe cycle Working Time Ciclo de vida do tempo de trabalho)
ECO - it	PRé Consultants	Software	Avaliativo	Representação gráfica e numérica dos impactos de diferentes etapas do ciclo de vida através da utilização de dados ICV. Apresenta impactos gerais e impactos relativos de diferentes etapas do ciclo de vida. Apresenta ainda impactos relativos de diferentes materiais e componentes.	Boa qualidade. Utilização de bases de dados EcoIndicator	Relativamente simples de utilizar, apresenta uma boa explicação de series de dados. Relativamente transparente e fácil de seguir a modelação. Falha no âmbito dos dados incluídos. Modelação de sistemas complexos é difícil. Muito barato.	Designers de produto e de embalagem	Cenários de modelação de materiais e montagem, ciclo de vida e eliminação – desmontagem-reutilização.	ACV com utilização das BD eco Indicator	Podem ser incluídos parâmetros diferentes como o custo.	-

Figura 22: Descrição e aplicação de software para ACV

Fonte: Adaptado HUMBERTO (2008) GUINÉE (2002)

O Ecoinvent possui mais de 4.000 processos de diversas áreas, como energia, transporte, materiais, materiais renováveis, químicos, gestão de resíduos, agricultura, engenharia mecânica, e eletrônica. Os dados do Ecoinvent são padronizados no formato EcoSpold de acordo com a norma ISO 14040. A partir dessa padronização os dados podem ser carregados em diversos softwares disponíveis no mercado.

No Ecoinvent os processos são classificados temporalmente e geograficamente. Assim processos considerados como globalmente representativos são classificados como “GLO”, representativos das condições média da Europa: “RER”, e assim por vários países inclusive o Brasil: “BR”, para o qual há os “datasets” de eletricidade de produção e de fornecimento ao mercado (mix grid). Segundo GOEDKOOOP et al. (2008) a maior parte dos processos disponíveis no Ecoinvent são representativos das condições tecnológicas e de mercado da Europa (RER), ou Suíça (CH).

4.6 ACV de Resíduos

ACV's da gestão de resíduos, se caracteriza por descrever o ciclo de vida do produto com o objetivo de otimizar os impactos de cada uma das fases do produto, para o desenvolvimento de produtos com menores impactos ao longo de todo o ciclo de vida (Duan et al, 2009). A ACV de produto estuda apenas alguns materiais determinados sem contar a gestão de resíduos nas diferentes fases. Na Figura 23 mostra a diferença que existe entre um ACV para produto e um ACV para gestão de resíduos.

A análise do ciclo de vida da gestão integrada de resíduos, relacionada ao sistema de gestão com os impactos ambientais que podem ser gerados por suas entradas e saídas.

Assim, o ACV tem sido usado para comparar opções específicas de gestão de resíduos (Denison, 1996; Finnveden e Ekvall, 1998; del Borghi et al., 2009; Hauschild e Barlaz, 2011) E dentro dos trabalhos que podem-se ser destacados são o de Arena et al. (2003), Mendes et al. (2003), Mendes et al. (2004), Finnveden et al. (2004), Beigl e Salhofer (2004), Eriksson et al. (2005); Bovea e Powell (2006); Wrinkler e Bilitewski, (2007).

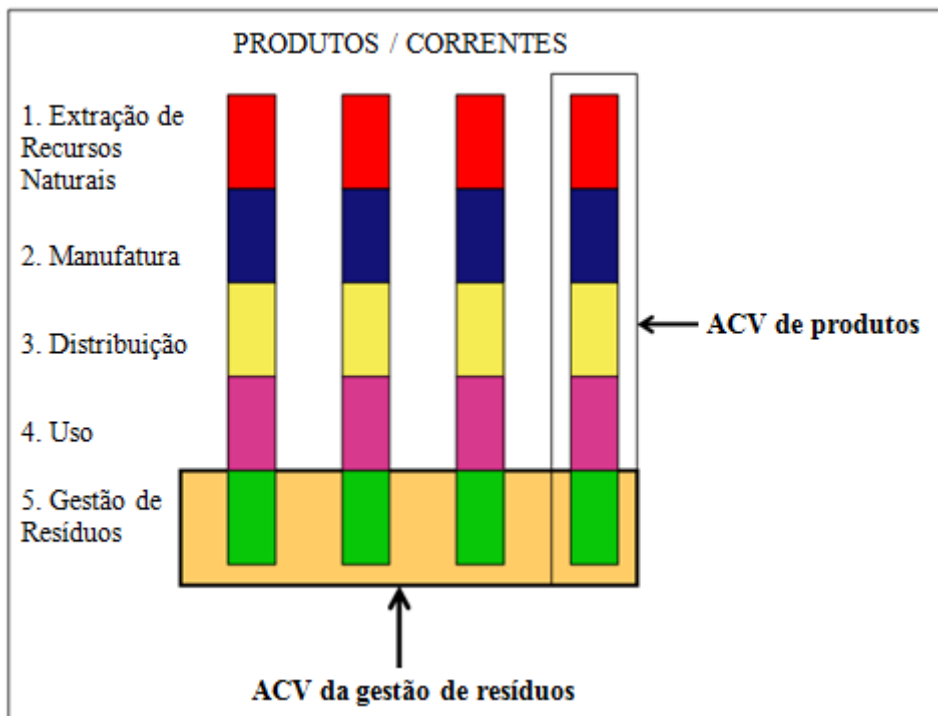


Figura 23: Diferenças entre ACV para produtos e ACV para gestão de resíduos

Fonte: Carvalho (2011)

4.7 ACV Aplicado a Óleos Lubrificantes Usados

Existem vários estudos realizados em diferentes países relativos a aplicações de ACV em óleos usados. (MONIER e LABOUZE, 2001; NAKANIWA e GRAEDEL 2001; BOUGHTONE e HORVATH, 2004; KALNES et al. 2006; KANOKKANTAPONG et al. 2009; PIRES E MARTINHO, 2012).

Em 1995 foi financiado pela *Norwegian Environmental Protection Agency* um estudo de ACV. Usando a unidade funcional de 1.000 kg de óleo lubrificante, este comparou a incineração e o rerrefino de óleos usados. Os autores concluíram que, com base nas condições e fluxos materiais especificados no estudo em questão, o sistema de rerrefino causou impactos menores do que a incineração, em todas as categorias de impacto ambiental analisada (EC, 2006). No Quadro 10 apresentam-se os principais estudos de ACV de tratamento OLU nos anos noventa em diferentes países da Europa.

Título do Estudo	Ano	País	Financiador	Executor	Críticas	Escopo
Óleo lubrificante usado: incinerar ou rerrefinar?	1995	Noruega	The Norwegian Environmental Protection Agency	OestfoldResearch foundation	Não	ACV comparativo entre queima e regeneração
Coleta e disposição de óleos lubrificantes usados	1996	Bélgica	CONCAWE (The Oil Companies' European organization for environment, health and safety)	Internal CONCAWE (B)	Não é um estudo de ACV	Avaliação de custos. Dados sobre emissão de CO2 provenientes de queima e regeneração
Óleo usado - combustível ou lubrificante? Verificação de prioridades, de acordo com o ato de reciclagem de resíduos	1997	Alemanha	Lower Saxony Minister of the Environment + Mineralöl-Raffinerie Dollbergen GmbH (MRD)	Ökopol GmbH, Hamburg	Não	ACV comparativo entre queima e regeneração
Impactos ambientais e econômicos de produtos rerrefinados: uma análise de ciclo de vida	1997	Itália	Centro Ricerche FIAT	Internal FIAT	Não	ACV comparativo entre duas tecnologias de regeneração
Análise de ciclo de vida de utilização de óleos usados - Comparação Ecológica de quatro diferentes métodos	2000	Alemanha	Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency -UBA)	IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH, Heidelberg	Pr. Grahl (Heidekamp), Pr. Hedden (Karlruhe), Dr. Möller (Hamburg) (D)	ACV comparativo entre queima, regeneração e reciclagem química.
Reciclagem e recuperação energética de óleos usados - Pontos altos e baixos	2000	França	ADEME (Agence de l'Environnement)	Ecobilan SA (Ecobalanc e Group - PriceWaterhouseCoopers), Paris	BIO Intelligence Service (F) + TNO (NL) + INSA-Lyon (F) + Ecole des Mines (F)	ACV comparativo entre queima, regeneração e reciclagem.

Quadro 10: Estudos de ACV de tratamento de óleo lubrificantes usados realizados na Europa nos anos noventa

Fonte: Monier e Labouze (2001)

Em 1997, o Ministério de Meio Ambiente da Baixa Saxônia, região ao norte da Alemanha, também promoveu estudo comparando os diferentes usos possíveis do óleo usado, a regeneração e a queima, e concluiu que, para todas as categorias de impacto avaliadas, com exceção de Produção Global de Resíduos e Consumo de Água, a regeneração é significativamente mais ecológica do que a incineração (MONIER e LABOUZE, 2001).

No mesmo ano, na Itália, a empresa FIAT produtora de carros organizou um estudo de análise de ciclo de vida comparando dois métodos diferentes de rerrefino do óleo usado, porém o estudo não dá a delimitação das fronteiras do sistema, portanto é impossível compará-lo a outros estudos semelhantes de ACV. De acordo com os resultados, o processo de *thermal Clay treatment* pode ser considerado menos impactante que o *hydrofinishing* (EC, 2006).

No ano 2000, a *Umweltbundesamt* (Agência Nacional de Meio Ambiente) da Alemanha e a ADEME, agência ambiental da França, elaboraram estudos isolados comparando métodos de disposição final de óleos usados, que originaram estudos de ACV comparando queima e regeneração dos óleos usados (ADEMA, 2001).

O estudo alemão compara três métodos de regeneração e um de queima, sem considerar a etapa de coleta do óleo usado, enquanto o estudo francês comparou quatro métodos de regeneração do óleo e dois métodos de queima. Em ambos os estudos, todas as opções de reuso do óleo foram consideradas positivas se comparadas a um cenário onde não se trata o óleo usado. Por comparar muitas categorias de impacto e métodos de disposição, não é possível definir um único método que seja menos impactante ao meio ambiente, sendo necessário avaliar as condições específicas em cada caso para que a escolha do método seja mais adequada. No Anexo 2 são mostrados os primeiros estudos e relatórios elaborados na Europa (EC, 2006).

Posteriormente vários artigos científicos focando ACV também foram desenvolvidos nos últimos anos. Nakaniwa e Graedel (2001) compararam dois cenários, de reciclagem e de não-reciclagem de óleos lubrificantes. O estudo avaliou o uso de óleo usado rerrefinado e o uso de óleos virgens como combustíveis para incineração no Japão por meio do método de uma ACV simplificada. Este estudo considerou a unidade

funcional, o poder calorífico de 1 kg de óleo rerrefinado e como fluxos elementares o consumo de energia, e as emissões de CO₂, SO₂ e NO_x.

Os autores concluíram que a incineração de óleos lubrificantes rerrefinados reduz o consumo de recursos naturais, em comparação com a utilização de óleo virgem. Já o rerrefino consome mais eletricidade do que o refino de óleo virgem, além das emissões de NO_x gerados pelos caminhões a diesel para transporte, de re-refino.

Boughtone e Horvath (2004) analisaram três sistemas de gestão de óleos usados, na Califórnia - USA, incineração, rerrefino e destilação. Para tanto utilizaram o método de ACV com a finalidade de comparar os impactos ambientais e o efeito sobre a saúde. O estudo considerou como unidade funcional 1 kg de óleo e como categorias de impactos ambientais a toxicidade humana, aquática e da terra, a eutrofização, a destruição da camada de ozônio, a oxidação fotoquímica, as mudanças climáticas e a acidificação.

As principais conclusões dos autores foram que, as melhores praticas de gestão de óleos lubrificantes usados são o rerrefino e destilação, se quando comparados ao sistema de incineração. E as categorias mais significativas se referem aos de ecotoxicidade terrestre, toxicidade humana e eutrofização.

Kalnes et al.(2006) fizeram ACV e compararam os impactos ambientais dos sistemas de rerrefino de óleos usados, utilizando o processo de *Hylube* e o sistema de incineração de óleos usados em cimenteiras. O estudo considerou 1 kg de óleo lubrificante usado como unidade funcional e como categorias de impacto ambiental: demanda de energia acumulada, o esgotamento dos combustíveis fósseis, as mudanças climáticas, a eutrofização e a acidificação.

O estudo concluiu que para quase todas as categorias de impactos, a escolha da regeneração de óleos usados pelo processo de “*hylube*” é mais vantajoso do ponto de vista ambiental do que a incineração de óleos em cimenteiras. O autor também menciona que um sistema de reciclagem de óleos lubrificantes para ser sustentável deve considerar os aspectos socioambientais.

Kanokkantung et al. (2009) compararam seis sistemas de gestão de OLU, que foram avaliados pelos seus impactos ambientais com base na metodologia de ACV.

Dois sistemas por rerrefino (*acidclay solvent extraction*) e quatro sistemas pela utilização de OLU para incineração (*small boiler, vaporizing burner boiler, atomizing burner boiler, cement kiln*), Os autores consideraram no estudo a unidade funcional de 1 kg de óleos lubrificantes usados e como categorias de impactos: aquecimento global, a eutrofização, a acidificação e metais pesados.

O estudo concluiu que os seis sistemas de gestão de OLU causam impactos significativamente diferentes ao meio ambiente, dependendo da importância que se dá a cada categoria de impacto. Para efeito de comparação, o sistema de rerrefino pelo processo de *acidclay*, que tem sido geralmente acreditado como altamente poluente e proibido em países desenvolvidos, produz alto impacto ambiental, apenas em termos de acidificação, mas tem menor impacto na categoria de aquecimento global se comparado com *cement kiln*. Esse estudo mostra ainda que, na categoria de acidificação, quem acusa maior impacto é o sistema de rerrefino pelo processo de *solvent extraction* e na categoria de impacto metais pesados é o processo de *cement kiln*.

Os estudos de ACV aplicados à gestão de óleos usados concluíram que é uma ferramenta importante para identificar os potenciais impactos gerados nos diversos tipos de tratamentos, mas com muitas limitações, principalmente em relação ao grau de valorização dos diferentes impactos nos vários campos ambientais. No entanto, apesar das suas limitações, esta metodologia permite avaliar a maioria dos impactos ambientais, sendo indispensável para a tomada de decisões para aplicação da gestão de OLU ambientalmente corretas.

5 PROPOSTA METODOLÓGICA

Segundo Yin (2004), como esforço de pesquisa o estudo de caso contribui de forma especial para a compreensão dos fenômenos individuais, organizacionais, industriais, sociais, políticos e econômico. Cita ainda o autor, o fato de que este delineamento de pesquisa pode ser utilizado até mesmo na economia, quando a estrutura de determinada indústria ou de uma cidade é investigada através do uso de um projeto desta natureza. Em todas essas situações a necessidade do estudo de caso surge do desejo de se compreender fenômenos complexos, pois este método de pesquisa permite uma investigação em que se preservam as características holísticas e significativas dos eventos da vida real.

Yin (2004) caracteriza o estudo de caso como uma estratégia de pesquisa abrangente que envolve vários métodos tanto de coleta de dados quanto de suas análises, abordando tanto evidências qualitativas quanto quantitativas. Para o autor, o estudo de caso está longe de se tornar uma estratégia unicamente exploratória, enfatizando também sua aplicabilidade em estudos descritivos e explicativos.

No fundo, esta é uma exigência da própria elaboração teórica a partir de estudos de caso que, segundo Becker (1997), deve ser encarada em uma perspectiva de longo prazo pois, diferentes estudos feitos sobre um determinado fenômeno, frente às condições, perspectivas teóricas e percepções dos problemas diversos, que poderão oferecer uma compreensão muito mais completa do assunto.

5.1 Seleção do Estudo de Caso

A seleção da empresa para os estudo de caso se realizou após o levantamento das rerrefinarias existente no Brasil, conforme é mostrado na seção 4, entrevista com um funcionário da ANP responsável pela fiscalização e elaboração dos relatórios do balanço anual da coleta de OLU no Brasil.

Após entrar em contato com quatro rerrefinarias de OLU, uma no Rio de Janeiro, duas em São Paulo e outra no Rio Grande do Sul, foram escolhidas duas

empresas de rerrefianrias para compor a face de análise do estudo de caso, conforme mostrado a seguir:

1. Empresa “Alfa”*
2. Empresa “Beta”*

Nota: *Por questões de sigilo foram dados nomes fictícios as duas empresas de rerrefino

A primeira rerrefinaria “Alfa” localizada no interior de São Paulo foi escolhida por ser a maior do país e representar aproximadamente 45% de todo o rerrefino do Brasil. A segunda rerrefinaria “Beta” localizada no Rio Grande do Sul, foi escolhida pela pronta aceitação, após informar o teor da pesquisa ao diretor de produção da empresa, e disponibilidade de se fazer visita técnica as instalações da mesma. A rerrefinaria “Beta” foi analisada, mas não fará parte da apresentação dos resultados finais, devido à falta de dados para consolidação de um segundo estudo de caso.

5.2 Desenho da pesquisa

O desenho da pesquisa demonstra os passos e sequências lógicas que foram realizados em todo o decorrer do estudo: os métodos utilizados, as unidades de análise e o tipo de estudo (YIN, 2004).

O modelo de pesquisa é dividido em três etapas (Figura 24): (1) conceitual, que é composta pela revisão bibliográfica; de elaboração do protocolo de pesquisa e de seu pré-teste, com a consequente geração do modelo preliminar de pesquisa; (2) prática, onde foram realizadas as visitas técnicas, escolha do estudo, coleta de dados e os seus resultados analisados individualmente; e (3) aplicação, onde foi aplicado o ACV no caso selecionado.

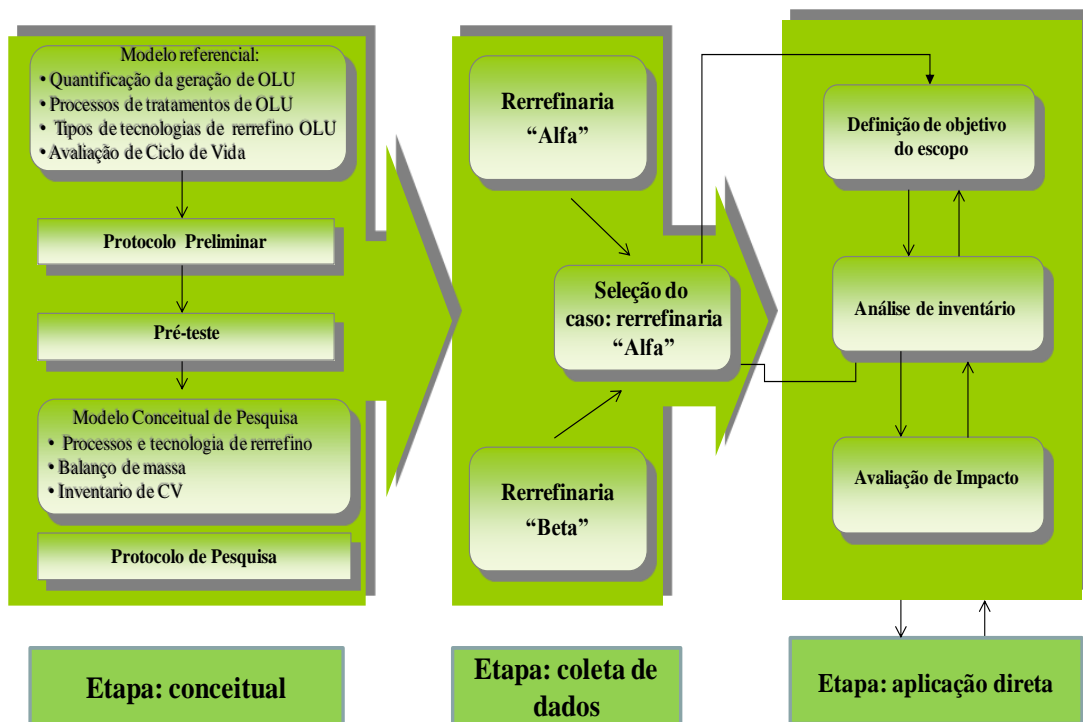


Figura 24: Modelo de pesquisa

Fonte: Elaborada pelo autor

5.3 Etapas da Pesquisa

Nesta seção, foram descritas as etapas do desenvolvimento da pesquisa e o detalhamento de suas respectivas fases. Cada etapa foi executada sequencialmente. As etapas e as fases estão aqui ordenadas e relatadas de forma a representar a evolução dos trabalhos executados na busca do modelo preliminar, o qual norteou os passos seguintes, até aplicação do modelo final deste estudo.

5.3.1 Etapa de Concepção de Avaliação do Ciclo de Vida

Esta etapa foi caracterizada pela busca, na literatura, de modelos representativos, que servissem como referência para aplicação da ACV em uma rerrefinaria, que foi realizada em (3) três diferentes fases (Quadro 11):

Fase 1		
Gestão do OLU Tratamento de OLU Revisão teórica sobre Avaliação do Ciclo de Vida, segundo a Norma ISO 14040.	Elementos: - Quantificação da geração de OLU - Processos de tratamentos de OLU - Tipos de tecnologias de rerrefino OLU - Avaliação de Ciclo de Vida	Elaboração do Protocolo de pesquisa
Fase 2		
Análise crítica do protocolo de pesquisa por especialista do setor de lubrificante (primeiro refinamento).	Aplicação do protocolo preliminar de pesquisa (segundo refinamento).	Rearranjo dos elementos do Protocolo
Fase 3		
Modelo preliminar de pesquisa: Convergência entre os modelos encontrados na literatura e a análises feitas nas visitas técnicas às rerrefinarias.	Protocolo de Pesquisa: - Processos e tecnologia de rerrefino - Balanço de massa - Inventário de CV	

Quadro 11: Fases da Concepção da Pesquisa

(1) revisão teórica e arranjo das dimensões do modelo e dos seus elementos, traduzidos em um conjunto de questões inter-relacionadas, que foram organizadas no protocolo preliminar de pesquisa, com base na análise efetuada na seção 5, baseada nas normas ABNT ISO 14040. A Figura 25 apresenta a estrutura de ACV.

(2) realização de um pré-teste deste protocolo preliminar de pesquisa, onde se buscou refinar este instrumento em duas etapas sequenciais. Primeiramente, pela revisão do protocolo por um especialista do setor de lubrificante (o primeiro refinamento), e após, pela aplicação de uma entrevista com o gerente de relações institucionais e meio ambiente de uma rerrefinaria (o segundo refinamento).

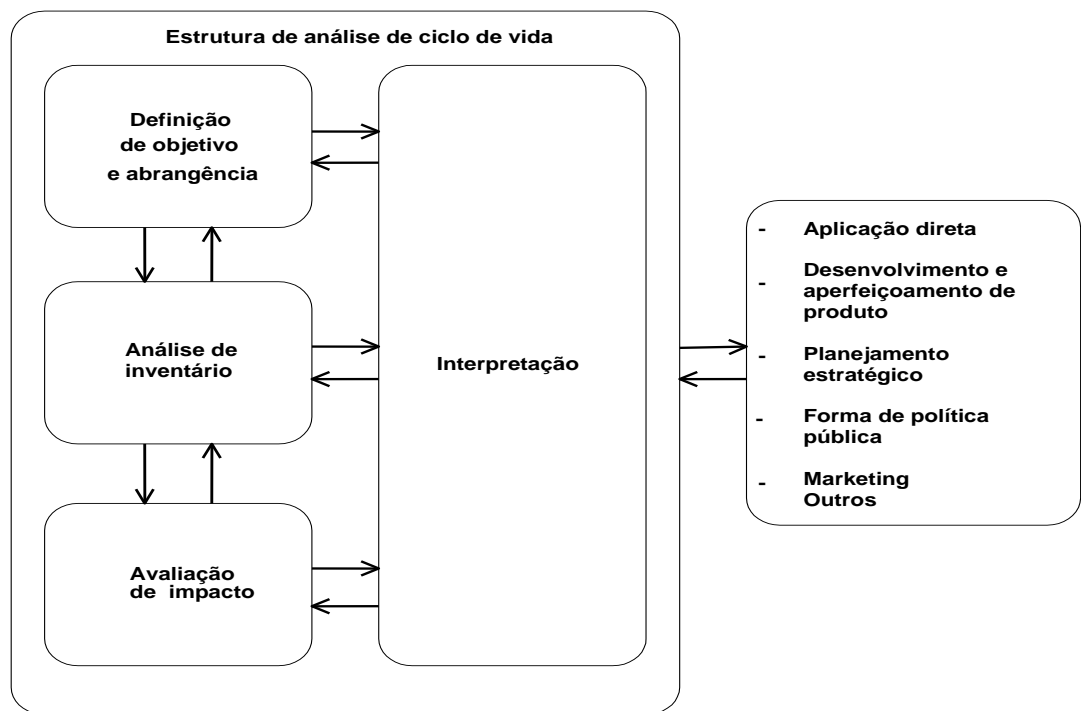


Figura 25: Estrutura de Análise de Ciclo de Vida - ACV

Fonte: Norma ABNT ISO 14040 (2009)

(3) criação de um modelo preliminar, traduzido em um protocolo de pesquisa para ser aplicado no estudo de caso. Esta fase buscou estabelecer o delineamento de um modelo de pesquisa que visasse permitir uma operacionalização para avaliação do estudo de caso, a partir das dimensões e elementos constatados durante a revisão da literatura e dos resultados encontrados no pré-teste. Desta forma, foi elaborado o protocolo de pesquisa refinado, que foi utilizado em ambas as visitas técnicas.

5.3.2 Etapa do Estudo de Caso - EC

A realização dos estudos de caso permitiu a obtenção de um conhecimento mais aprofundado sobre como se estabelece, na prática, a forma e estruturação da ACV, e como os elementos identificados na literatura foram desenvolvidos dentro destas empresas pesquisadas. Assim, através de um roteiro estruturado (o protocolo de

pesquisa), o qual foi aplicado nas visitas técnicas, possibilitando estabelecer uma convergência entre os modelos adotados nas duas rerrefinarias. Para tanto, foram realizadas duas fases (Quadro 12).

Fase 1	
Preparação	Seleção das empresas para EC <ul style="list-style-type: none"> • Preparação da abordagem • Envio do instrumento de pesquisa
Fase 2	
Coleta dos dados 1	Realização de vista técnica na rerrefinaria “Alfa” <ul style="list-style-type: none"> • Coleção de documentos à luz das entrevistas já efetuadas. • Aplicação do protocolo de pesquisa refinado após primeira entrevista. • Coleção de documentos.
Análise de dados 1	Análise de conteúdo das entrevistas realizadas, revisão e análise de documentos. Coleção de documentos
Coleta de dados 2	Realização de visita técnica na rerrefinaria “Beta” <ul style="list-style-type: none"> • Aplicação do protocolo de pesquisa refinado na etapa anterior. • Coleção de documentos.
Análise de dados 2	Análise de conteúdo das entrevistas realizadas, revisão e análise de documentos.

Quadro 12: Fases dos Estudos de Caso da Pesquisa

(1) Preparação dos possíveis estudos de caso: nesta etapa, foram selecionadas empresas que apresentassem as condições necessárias e favoráveis a esta pesquisa. Os contatos foram feitos diretamente com os diretores proprietários das refinarias e com a área de meio ambiente.

(2) Coleta e Análise de Dados, onde foi aplicado o protocolo de pesquisa. Este protocolo consta de questões abertas sobre os elementos do processo de rerrefino, tecnologia, estrutura de coleta de OLU e rerrefino e inventário de CV. Para o diagnóstico, foi apresentado um questionário de perguntas abertas, que foram submetidos através de e-mail antes da visita técnica. Na visita técnica foram efetuadas entrevistas pessoalmente com questionário de pesquisa: perguntas de forma aberta e estruturadas; servindo de guia para a ICV, no intuito de focar adequadamente ao objetivo do estudo (Anexo 1).

5.3.3 Etapa da estruturação e aplicação de Avaliação do Ciclo de Vida

Esta etapa envolveu a consolidação dos elementos obtidos a partir do modelo de pesquisa. Este modelo final foi elaborado após terem sido feitas as análises individuais das visitas, com discussões quanto à sua utilidade, limitações e implicações práticas e teóricas. Esta etapa conta com as seguintes fases (Quadro 13):

Fase 1	
Consolidação dos Resultados	Teoria, visita técnica as rerrefinarias “Alfa” e “Beta” – Comparação entre os elementos do modelo (convergências e divergências)
	Comparação entre os resultados, levando à elaboração do modelo proposto.
Fase 2	
Criação	Aplicação de Avaliação do Ciclo de Vida em rerrefinaria
	Análise, limitações e contribuições potenciais do modelo de análise.

Quadro 13: Fases de Estruturação do Modelo Final da Pesquisa

(1) Consolidação dos resultados do estudo de caso: esta fase foi realizada a partir de uma análise comparativa entre os resultados obtidos nas visitas técnicas das rerrefinarias “Alfa” e “Beta”, ou seja, foram confrontados os elementos do processo produtivo, tecnologia e balanço de massa. Todas as discussões foram realizadas utilizando a teoria de base para a análise dos resultados encontrados.

(2) Interpretação destes resultados à luz da teoria. Esta fase proporcionou a elaboração do modelo final de pesquisa, descrevendo o contexto para a concepção do modelo final da pesquisa, seguido da apresentação do modelo e de uma interpretação dos elementos incorporados a ele. Por último, foi realizada uma análise deste modelo, e foram discutidos alguns aspectos dos dados do inventário, bem como de algumas limitações e possíveis contribuições práticas e teóricas advindas da sua aplicação.

5.4 Coleta e Análise dos Dados

Yin (2004) menciona que a utilização de várias fontes de dados (entrevista, pesquisa documental e observação) nos estudos de caso é adequada, pois permite, a triangulação, processo que dá à pesquisa maior acuidade e aos dados, mais consistência. No estudo de caso frequentemente, se combinam métodos de coleta de dados como entrevistas, observações, e documentos para realizar uma triangulação dos dados, isto é, utilizar várias fontes de informação sobre um mesmo objeto de estudo, com fim de contrastar a informação recolhida e obter conclusões mais convincentes e precisas (YIN, 2004).

A entrevista semi-estruturada, a observação direta e os documentos da empresa relacionada com o fenômeno de estudo, são os principais métodos de coleta de dados desta pesquisa.

Nesta seção são relatados os principais aspectos para a coleta e análise dos dados obtidos a partir do estudo de caso.

5.4.1 Protocolo de Pesquisa

Para a coleta de dados, foi elaborado um protocolo de pesquisa, composto pelos seguintes instrumentos: um questionário com as dimensões de contexto (questões da tecnologia, capacidade de rerrefino de OLU, gestão ambiental), de estruturação (questões para coleta do ICV) e de gestão de resíduos (questões abertas) apresentadas no Anexo I. Os elementos deste protocolo foram consolidados a partir da metodologia Avaliação de Ciclo de Vida, requisitos e orientações da ABNT/ISO 14044:2009.

O protocolo de pesquisa foi revisado por um especialista da área, e posteriormente, foi pré-testado através de uma primeira entrevista com o gerente de meio ambiente da empresa “Alfa”. Logo após, o pré-teste, foi reaplicado junto às pessoas-chave da mesma empresa, em seguida foi feita a consolidação de suas respostas. Este protocolo de pesquisa foi utilizado para orientar as entrevistas semi-estruturadas junto aos entrevistados e para orientar a análise dos documentos fornecidos pela empresa. Cada elemento foi analisado, conforme o significado dos princípios da metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (Seção 5).

5.4.2 Coleta dos Dados

A coleta de dados adotou procedimentos multi-métodos, sendo estruturada da seguinte forma: coleta em fontes primárias e coleta em fontes secundárias.

5.4.2.1 Fontes primárias

A coleta de dados em fontes primárias foi realizada através de entrevistas gravadas (não-estruturadas e semi-estruturadas), feitas com os diretores proprietários, gerentes das empresas, analistas de meio ambiente e engenheiros das plantas de

rerrefino nas visitas técnicas. O número de entrevistados e cargo, em cada um das rerrefinarias pesquisadas, conforme mostrado no Quadro 14, a seguir:

	Rerrefinaria “Alfa”	Rerrefinaria “Beta”
Número de entrevistados	10	4
Cargo		
Diretor proprietário	1	1
Gerente de produção	1	1
Gerente de meio ambiente	1	0
Gerente de logística	1	0
Chefe de P&D	1	0
Analistas ambientais	3	0
Engenheiro de planta	1	2
Motorista de coleta de OLU	1	0

Quadro 14: Perfil dos Entrevistados

A visita técnica à rerrefinaria “Alfa” localizada no interior de São Paulo durou seis dias consecutivos. O gerente de relações institucionais e de meio ambiente organizou agenda de visitas a cada departamento da empresa, com o objetivo de que cada entrevistado responda o protocolo de pesquisa. Além das entrevistas foi possível ver o processo completo da produção do rerrefino. E depois com um caminhão coletor da mesma foram feitas visitas a vários pontos geradores de OLU.

A visita técnica à rerrefinaria “Beta” localizada no Rio Grande do Sul foi feita em dois dias, com visita à planta de rerrefino e entrevistas com o diretor proprietário e principalmente com o gerente de produção. No entanto, não se conseguiu completar a coleta de dados para o segundo estudo de caso, mas a mesma contribuiu significativamente para pesquisa.

5.4.2.2 Fontes secundárias

Para efeitos de fontes secundárias, foram analisados os seguintes documentos de cada empresa visitada, conforme mostrado no Quadro 15 abaixo:

Fonte Secundária
Documentos sobre o processo do rerrefino
Relatórios sobre a estrutura de coleta
Relativo dos números de caminhões coletores

Quadro 15: Fontes secundárias

5.4.2.3 Codificação dos dados

Os dados primários e secundários foram transcritos e modelados para uma unidade comum, tendo por padrão os elementos relacionados às dimensões de contexto, estrutura e coleta para inventário. Para cada elemento de cada dimensão pesquisada, havia uma resposta dos entrevistados ou uma referência a algum documento ou relatório de forma que a resposta pudesse ser obtida. As entrevistas seguiram uma sequência lógica similar, em que sempre havia uma menção ao elemento questionado, seguida da resposta do entrevistado. O arranjo para os dados secundários ficou mais complexo, devido a maior variedade de fontes pesquisadas e por questões de sigilo da empresa.

Desta forma, esta codificação foi feita procurando preencher, com apenas uma resposta, cada elemento específico que estava sendo pesquisado. Por exemplo, para verificar os elementos como a destinação dos resíduos, foi feita uma pergunta aberta, da qual resultaram respostas como “a dificuldade de se dar destino a um dos resíduos perigosos de fundo de tacagem”. Por outro lado, para verificar elementos como “emissões do processo de rerrefino”, foram feitas questões fechadas, da qual resultaram respostas, com documentos dos resultados laboratoriais de uma empresa terceirizada, que fez medição na rerrefianaria.

Quanto ao instrumento de pesquisa utilizado pelo pesquisador como guia durante as entrevistas, eles foram utilizadas como categorias iniciais para a análise de

conteúdo das respostas. Logo após, elas foram adaptadas ou descartadas, dependendo da análise de conteúdo de cada resposta.

5.4.3 Análise dos dados

As análises dos dados coletados foram feitas de forma qualitativa e quantitativa, composta das técnicas de análise de conteúdo e de análise categórica. Assim foram efetuados os seguintes passos:

- Para a realização da análise de conteúdo, os dados primários (gravações e transcrições) e os secundários (documentos) foram transcritos para uma unidade comum, e comparados com os documentos revisados. O critério utilizado foi o de comparar as respostas do roteiro das entrevistas com os fundamentos conceituais, buscando identificar os dados para elaboração dos sistemas em estudo.
- A análise de conteúdo foi efetuada, pelo pesquisador, em dois momentos, buscando reduzir os vieses de inconsistência e garantir a estabilidade dos resultados.
- Foi estruturado os dados coletados, a partir das convergências e divergências da análise conjunta dos estudos de caso. Este foi entregue aos entrevistados, para a obtenção de seu parecer e para a confirmação das dimensões e elementos encontrados, reforçando a consistência e validade dos resultados obtidos.
- Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida se estruturou baseado nos elementos obrigatórios definidos pela norma ABNT ISO 14042:2009. Seleção das categorias de impacto, indicadores de impacto e modelos, atribuição de resultados de ICV (classificação) e cálculo de indicador da categoria resultante (caracterização)

No que se refere ao tratamento dos dados do inventário, foi usado o software SimPro e o banco de dados Econinent 2010.

Entre os software disponíveis para ACV, Goedkoop (2012) menciona que o SimaPro destaca-se pela flexibilidade em lidar com diferentes métodos de avaliação de impacto, fazer ligações de dados externos junto com a base de dados interna ao software. Podendo obter varias funcionalidades de modelagem do inventário, metodologia de avaliação de impacto, análise e interpretação de resultados e gestão de base de dados. Nesta Tese foi usada a plataforma do software SimaPro 7.3.

A associação entre os inputs e os potenciais impactos ambientais é feita a partir de bases de dados que são parte integrante do software SIMAPRO. Essas bases, especificamente, desenvolvidas para estudos de ACV, possuem amplos conjuntos de materiais, processos de produção, sistemas de energia e transporte, bem como, cenários de deposição de produtos na natureza.

Na fase de avaliação e impactos ambientais, o método utilizado nesta análise foi o Eco-Indicator 99 H/A (conforme apresentado na seção 53.3), modelo baseado nos princípios da ABNT ISO 14042:2009. A metodologia do Eco-Indicator 99 H/A tem o objetivo de transformar os dados da planilha de inventario (levantados nas vistas tecnicas) em categorias de danos relacionados a recursos, qualidade dos ecossistemas e saúde humana, ou em uma pontuação única, o índice ambiental dos sistema, um indicador-padrão para diversos tipos de materiais, processos ou serviços (GOEDKOOOP; SPRIENSMA, 2012). No Quadro 16 apresentam-se as categorias de impacto consideradas na presente Tese, para as três áreas de proteção:

Categorias de Impacto	Danos
Carcinogênicos	Saúde Humana
Resp.inorgânicos	
Mudanças climáticas	
Camada de Ozônio	
Resp.orgânicos	
Camada de Ozônio	
Uso da terra	Qualidade dos ecossistemas
Ecotoxicidade	
Acidificação e Eutrofização	
Combustíveis Fósseis	Depleção de recursos naturais
Minerais	

Quadro 16: Categorias de impactos consideradas para análise

Na metodologia Eco-Indicador a normalização é realizada no nível de categorias de danos (áreas de proteção), quais sejam:

- Saúde humana: indicador DALY (*Disability-Adjusted Life Years*): dano causado a saúde humana em anos de incapacidade. A escala DALY foi desenvolvida por MURRAY *et al.* (1996 citado por GOEDKOOP & SPRIENSMA, 2001) para a OMS (Organização Mundial da Saúde) e o Banco Mundial, para avaliar danos a saúde variando-se a escala entre os valores 0 para indivíduos saudáveis e 1 indicando fatalidade. Para tal, quatro etapas são realizadas: análise da concentração da substância no ambiente; análise de exposição dos seres humanos, análise do efeito e análise do dano. As categorias de impacto que afetam a saúde humana são: carcinogênicos, mudanças climáticas, radiação, respiratórios orgânicos e respiratórios inorgânicos;
- Qualidade do ecossistema: indicador PDF (*Potentially Disappeared Fraction*) fração da biodiversidade do ecossistema potencialmente exterminada. Duas abordagens são utilizadas o uso da terra e suas transformações são modeladas com base em dados empíricos da qualidade do ecossistema, como uma função do tipo de uso e da área. As emissões relativas à acidificação, eutrofização e ecotoxicidade são calculadas em três etapas: a primeira que correlaciona as emissões à uma concentração no ambiente, análise de efeito que correlaciona a concentração no ambiente a um estresse tóxico; aumento na acidez ou nos níveis dos nutrientes e análise de dano que correlaciona esses efeitos com o aumento potencial de uma fração de plantas mortas. As categorias de impacto que afetam o ecossistema são: ecotoxicidade, eutrofização, acidificação e uso da terra;
- Recursos: indicador MJoules. É calculada em duas etapas: análise de recursos que correlaciona a extração de um recurso com a diminuição da concentração desse recurso, e análise de dano que correlaciona a diminuição da concentração com os esforços crescentes que serão necessários para extrair esse recurso no futuro em um nível menor de concentração. No EcoIndicador 99 é modelado duas categorias de impacto: combustíveis fósseis e minerais.

No Eco-Indicador 99 a normalização e a valoração podem ser realizadas escolhendo-se um dos três arquétipos da Teoria da Cultura estabelecidos por painéis de indivíduos (THOMPSON *et al.* 1990 apud GOEDKOOP & SPRIENSMA, 2001): Igualitário, Hierarquista e Individualista, que podem ser resumidos nas seguintes características:

- Individualista: indivíduo propenso ao risco, com curta percepção de tempo, priorizando o presente ao futuro, com visão de abundância dos recursos naturais, *laissez-faire* em relação à natureza e egoísta em relação aos seres humanos.
- Igualitário: indivíduo adverso ao risco, com percepção de tempo de longo prazo, visão de exaurimento dos recursos naturais, atento em relação à natureza, maleável em relação aos seres humanos.
- Hierarquista: indivíduo: aceita risco, percepção balanceada entre longo e curto prazo, valoriza o presente ao mesmo nível do futuro, percepção pecadora da natureza humana e atitude regulatória em relação à natureza.

O Eco-Indicador 99 utiliza procedimentos diferenciados para estabelecer relações entre os resultados do inventário e os danos potenciais em cada categoria. Na Figura 26 apresentam-se os passos para o cálculo do Eco-indicador 99 utilizados na presente tese.

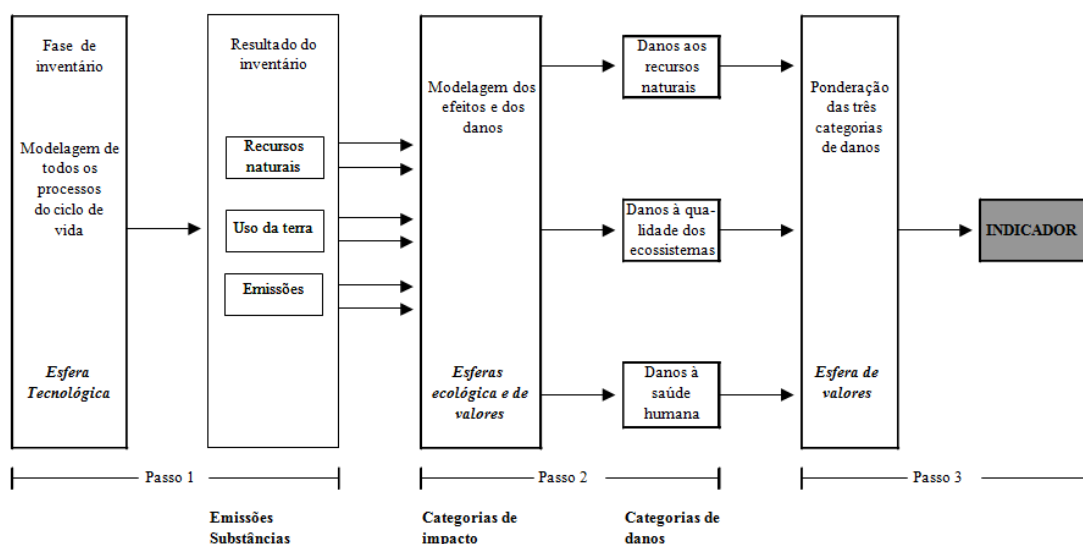


Figura 26: Passos básicos para o cálculo do Eco-indicador 99

Fonte: Adaptado de Goedkoop e Spriensma (2001)

5.4.4 Definição do Cenário

Para o presente estudo, se consideraram três cenários, conforme mostrado no Quadro 17, o cenário 1 corresponde ao processo de rerrefino de 1 Kg, com distância transportada do OLU de 80 km do ponto de coleta até à rerrefinaria. O cenário 2 corresponde ao processo de rerrefino, com distância transportada do OLU de 3.000 km do ponto de coleta até à rerrefinaria. O cenário 3 corresponde ao processo de primeiro refino de óleo lubrificantes.

Cenário	Tratamento	Distancia recorrida da coleta de OLU
1	Rerrefino de OLU (cenário base)	80 Km
2	Rerrefino de OLU	3.000 Km
3	Primeiro refino de óleos lubrificantes	

Quadro 17: Cenários de estudo

Cabe ressaltar que o cenários 2 foi modelado a partir dos dados coletados na empresa "Alfa",. Na Figura 27 apresentam os centros de coletas e unidades de rerrefino da empresa "Alfa".



Figura 27: Centros de Coleta e Unidades de Rerrefino da empresa em estudo

Fonte: Empresa “Alfa”

5.5 Validade e Confiabilidade

A confiabilidade demonstra que os procedimentos de pesquisa – tais como os de coleta e análise de dados – devem ser reaplicados, apresentando os mesmos resultados (YIN, 2004). Nesta pesquisa, a confiabilidade pode ser observada pelos seguintes procedimentos: (a) uso da triangulação dos dados obtidos nas entrevistas (fontes primárias) e de documentos (fontes secundárias); (b) uso de um protocolo de pesquisa consistente, revisado por um especialista e pré-testado; (c) revisão dos resultados e modelo final, feita por pessoas chave das rerrefinarias estudadas. O processo de pesquisa, como um todo, buscou garantir um modelo final com maior consistência.

6 ESTUDO DE CASO DE ACV NUMA RERREFINARIA DE ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS

6.1 Descrição do Caso

A rerrefinaria conta com 15 centros de coleta, estrategicamente localizados pelo país e uma frota com mais de 250 veículos que atendem mais de 50 mil fontes geradoras, como: postos de serviços, centros de troca de óleo lubrificante, oficinas, indústrias, transportadoras, concessionárias e etc.

O caso em estudo utiliza a tecnologia de destilação a Flash e rerrefina óleos básicos Tipo I. Na Figura 28 apresenta o fluxograma do processo de rerrefino baseado na informação recolhida ao longo das visitas.

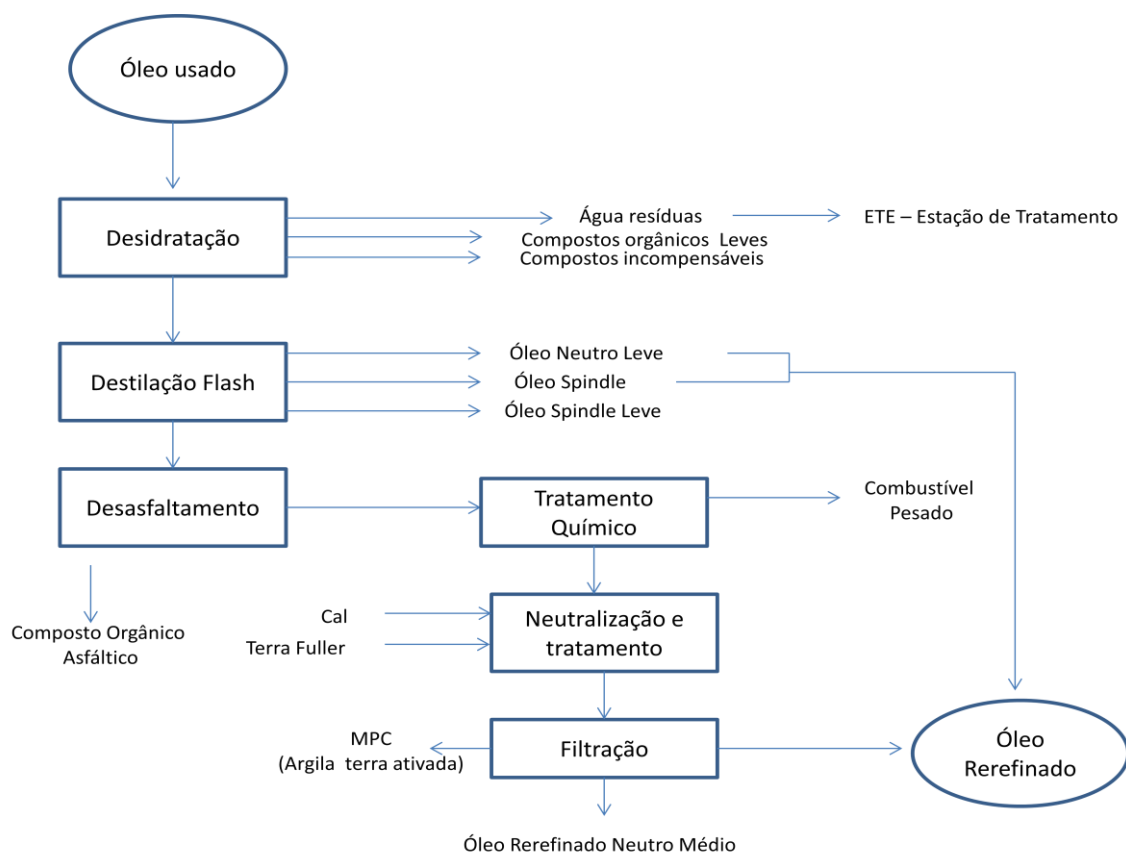


Figura 28: Fluxo do processo de rerrefino

Fonte: Dados da empresa “Alfa”

6.2 Definição de Objetivo e Escopo

6.2.1 Objetivo do ACV

Para a legislação brasileira, todos os óleos lubrificantes usados devem obrigatoriamente ser destinados à reciclagem por meio do rerrefino. Assim, o objetivo deste estudo é realizar uma avaliação dos impactos ambientais na destinação final dos óleos lubrificantes usados, a partir do processo de rerrefino.

Considerando-se três cenários: Cenário 1 corresponde ao processo de rerrefino de 1 Kg, com distância transportada do OLU de 80 km do ponto de coleta até à rerrefinaria. O Cenário 2 corresponde ao processo de rerrefino, com distância transportada do OLU de 3.000 km do ponto de coleta até à rerrefinaria. O cenário 3 corresponde ao processo de primeiro refino de óleo lubrificantes.

6.2.2 Unidade Funcional

Com a finalidade de atingir o objetivo, define o presente estudo a função do sistema como o processo de tratamento de OLU para obtenção de 1 Kg de óleo lubrificante básico rerrefinado. Na Figura 29 apresenta-se de forma esquemática o sistema e função do estudo de caso.

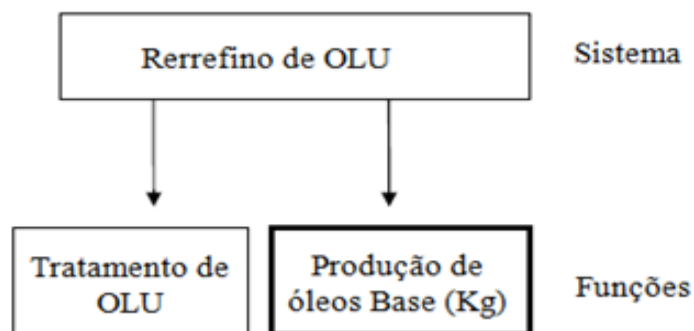


Figura 29: Sistema e função do estudo de caso

A partir do modelo de pesquisa proposto, conforme mencionado no capítulo 6, se delimitaram o escopo desta ACV, conforme os resultados da visita técnica. Nesta etapa, muitas delimitações tiveram que ser realizadas para que se obtivesse um inventário que satisfizesse os objetivos dentro das limitações existentes de um estudo empírico.

6.2.3 Definição do Sistema

Nesta seção, identificam-se os processos excluídos e os incluídos no estudo, assim como as razões para sua inclusão ou exclusão. A

Figura 30 apresenta o fluxo geral mostrando os limites do sistema.

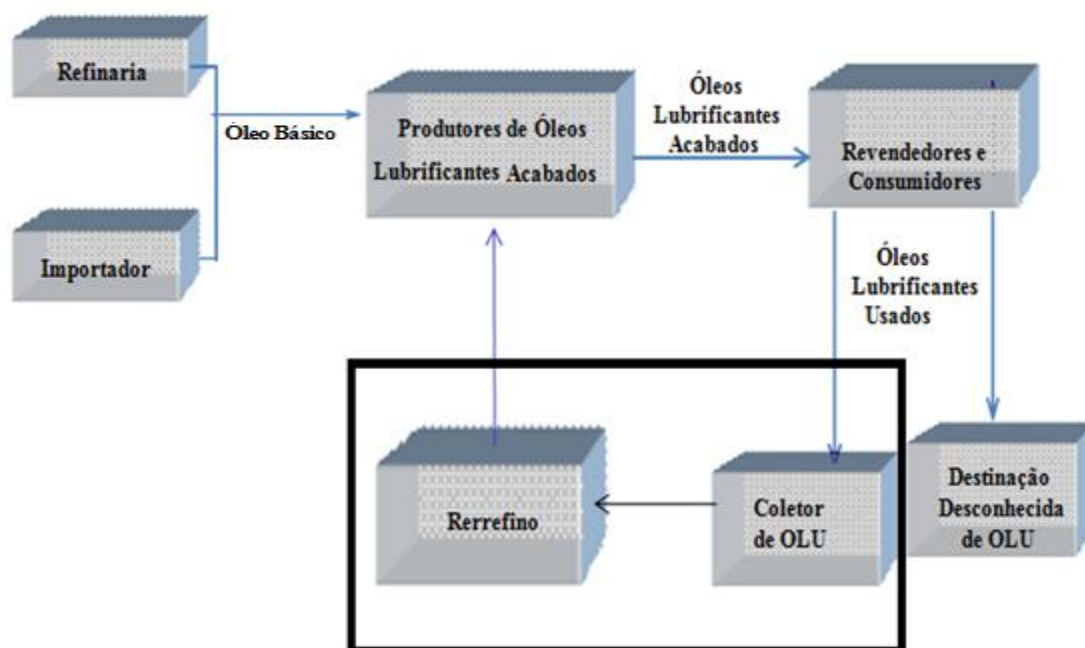


Figura 30: Figura do fluxo geral e limites do sistema

Fonte: Elaborada pelo autor

a) Processos excluídos

- Infraestrutura e equipamentos: A infra-estrutura utilizada na coleta de OLU não será considerada.

- Pós-tratamento dos resíduos: omitem-se o tratamento de resíduos sólidos e das águas residuais.

- Insumos: O consumo de papel para filtro e lona no processo de filtração no rerrefino não será incluído.

b) Processos incluídos:

- Óleos Lubrificantes Usados - OLU: os elementos considerados foram de valor médio, encontrados nas vistas técnicas. De acordo ao evidenciado, os óleos coletados variam muito dependendo da fonte de coleta, no entanto no tanque de recebimento dos OLU antes de entrar no processo de rerrefino, se realizam análises prévia para constatar a qualidade dos OLU e os resultados médios de ppm. Na tabela Tabela 5 apresenta-se os principais elementos encontrados no OLU.

Tabela 5: Principais elementos encontrados nos óleos lubrificantes usados – OLU

Elemento	Valor médio (ppm)	Valores limites
Ba	2.9	1 – 7
Pb	49.2	20 – 146
Cd	1.65	0.25 – 6.6
Cr	3.33	2 – 6.8
Cu	36	30 - 50
Ni	1.5	3 - 1
Zn	1152	568 - 2370
Cl	-----	100 - 439
Sc	-----	1200 - 4140
Fe	0	-----
Mg	7	-----
Partículas	-----	0.32 – 0.87 wt%

- Consumo de energia elétrica: se considera o consumo utilizado nas diferentes etapas nos cenários. Foram utilizados o "dataset" do Ecoinvent 2010 do SimaPro com a eletricidade brasileira.

- Produção de compostos químicos: se inclui a produção dos insumos químicos consumidos no rerrefino, através do "dataset" do Ecoinvent 2010 do SimaPro.

6.2.4 Definição da qualidade dos dados

Podem distinguir-se dois níveis de fontes de dados no estudo: o primeiro nível corresponde aos dados determinados, às entradas da tecnoesfera ao sistema e o segundo nível são os dados considerados para a intervenção ambiental relacionada com essas entradas do sistema.

- Entradas à tecnoesfera: correspondem aos dados derivados das visitas técnica nas rerrefinarias, matéria prima, energia ao sistema.
- Intervenções ambientais relacionadas com as entradas à tecnoesfera: uma vez determinadas a quantidades de matéria prima e energia relacionada a unidade funcional, a fase de inventário exige converter estes consumos em entradas da natureza ao sistema (consumo de recursos) e saídas do sistema à natureza (emissões ao ambiente), derivadas do funcionamento.

Seguindo as recomendações de Frisknecht et al. (2007), subprodutos que representam pouca significância para a atividade não devem ser considerados na análise, exceção feita às diferentes frações de resíduos que podem ser reutilizados em outro sistema. Nesse sentido para o presente estudo, todos os fluxos que representam um impacto de 1% do "score" total serão considerados potencialmente importantes.

- Cobertura temporal: se utilizaram dados primários nas vistas técnicas e os dados disponibilizados correspondentes a produção de 2011.
- Cobertura Geográfica: os limites específicos incluem as instalações da rerrefinaria, só se considera a tecnologia presente ao momento do estudo.

- Precisão dos dados: é a medida da variação dos dados para cada categoria de dados expressados.
- Integridade: 100% dos dados colhidos são primários para o processo de rerrefino.
- Coerência: para cada categoria de dados se utilizou a mesma metodologia, conforme o modelo de pesquisa mostrado no capítulo 6.

6.3 Análise de Inventário

Na Análise de Inventário, os dados reunidos se atribuem as entradas e saídas dos processos. A agregação dos dados finais mostram os resultados na lista de entradas e saídas do processo de tratamento de rerrefino, mostrados na tabela de inventário. Neste apartado se resumem os dados ambientais pertinentes para cada subsistema.

6.3.1 Energia Elétrica

Para o subsistema energia elétrica, foram estimados o consumo aproximado para o caso em estudo, a partir dos dados da conta de luz do consumo mensal, verificadas na vista técnica da empresa “Beta”.

6.3.2 O Processo de rerrefino de OLU

Os processos do rerrefino considerados são apresentados nos itens subsequentes, de acordo com levantamento feito na vista técnica à empresa “Alfa”.

6.3.2.1 Processo de Desidratação

Após o descarregamento do óleo numa caixa receptadora, este passa por uma filtragem para retenção de partículas grossas. A desidratação inicia-se com um pré-aquecimento do óleo até 80°C nos desidratadores, a temperatura é elevada a 180°C para a vaporização de água e outras substâncias voláteis. A água e os solventes evaporados são separados em um separador de fases. Os solventes são aproveitados como combustível para os fornos e a água é encaminhada para tratamento numa estação de tratamento de efluentes. Na Figura 31, é mostrado um esquema do processo de desidratação do óleo usado.



Figura 31: processo de desidratação do óleo usado

6.3.2.2 Processo de destilação a flash

Após o processo de desidratação, o óleo é bombeado para dois fornos e é aquecido até uma temperatura de 280°C. Em seguida, é conduzido para o sistema de vasos de "flasheamento" a autovácuo (a 20 mmbar). Nesta fase, ocorre a separação de frações leves do óleo usado (óleo neutro leve, óleo *spindie* e óleo diesel). O óleo neutro leve entra na formulação de óleo com média viscosidade. O óleo *spindie* é usado em

formulações diversas, e o óleo diesel é destinado ao uso da empresa. Na Figura 32 é mostrado um esquema do processo de destilação *flash*.

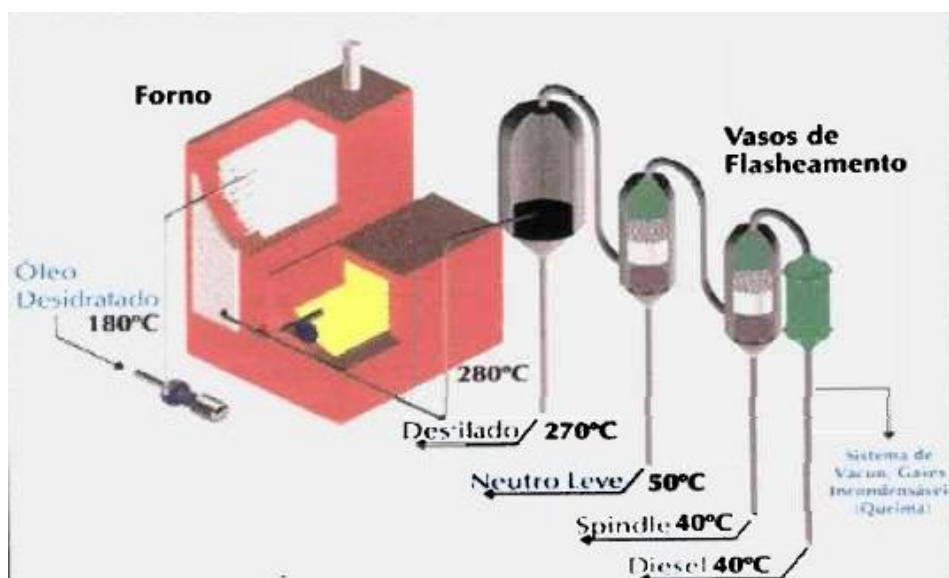


Figura 32: processo de destilação flash

6.3.2.3 Processo de Desasfaltamento

Na Figura 33 mostra-se o processo de desasfaltamento onde o óleo destilado é bombeado para dois fornos, aquecido a uma temperatura de 380°C e enviado para os evaporadores de película em vácuo (ImmBar). Nesta etapa, é separada a borra neutra do óleo, que é composta de fração degradada do óleo lubrificante usado. A sua composição é constituída principalmente, de polímeros, metais, resinas, aditivos e compostos de carbono. A borra neutra é empregada na fabricação de mantas e produtos asfálticos em geral.

6.3.2.4 Tratamento Químico

O óleo proveniente do desasfaltamento ainda possui alguma quantidade de componentes oxidados. A extração destes componentes é realizada com ácido sulfúrico

que promove a aglomeração dos contaminantes, gerando a borra ácida. A borra ácida é um resíduo altamente poluente se lançado ao meio ambiente, requerendo um tratamento adequado. Usualmente, ela é lavada com água, neutralizada e desidratada transformando-se em combustível. A água ácida gerada na lavagem é neutralizada com argila ativada e cal virgem, transformando-se em gesso, que é usado como corretivo de solo. A água neutralizada é enviada para tratamento (Ver Figura 34).



Figura 33: Processo de desasfaltamento

6.3.2.5 Clarificação e Neutralização

Após o tratamento químico, o óleo é bombeado para os reatores de clarificação e neutralização onde é adicionada a terra fuller. A mistura óleo/terra é aquecida para promover a adsorção de compostos indesejáveis. Na fase final, é adicionada a cal para neutralização (Ver Figura 35).

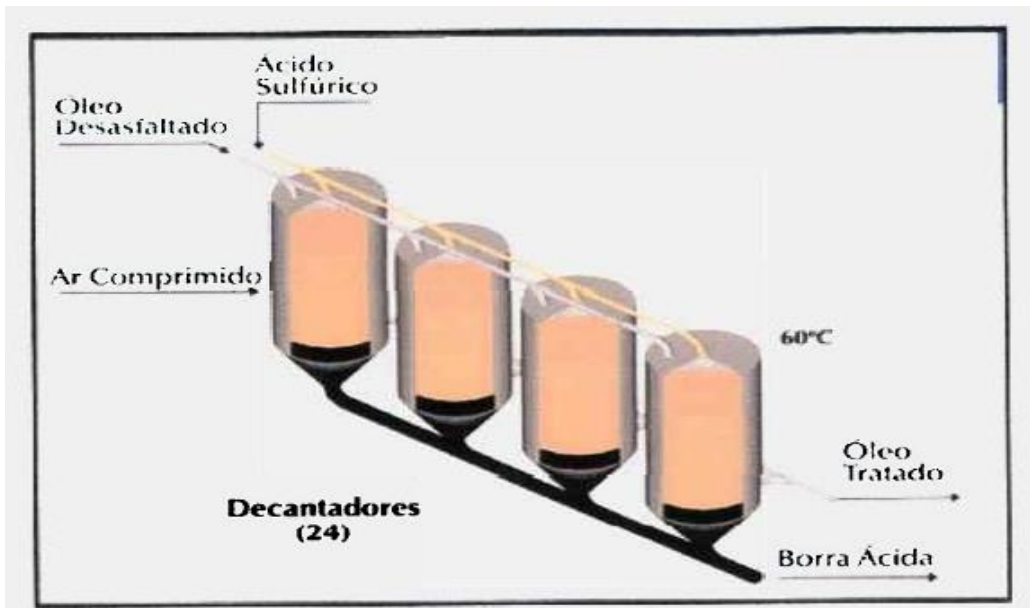


Figura 34: Processo desulfonação.

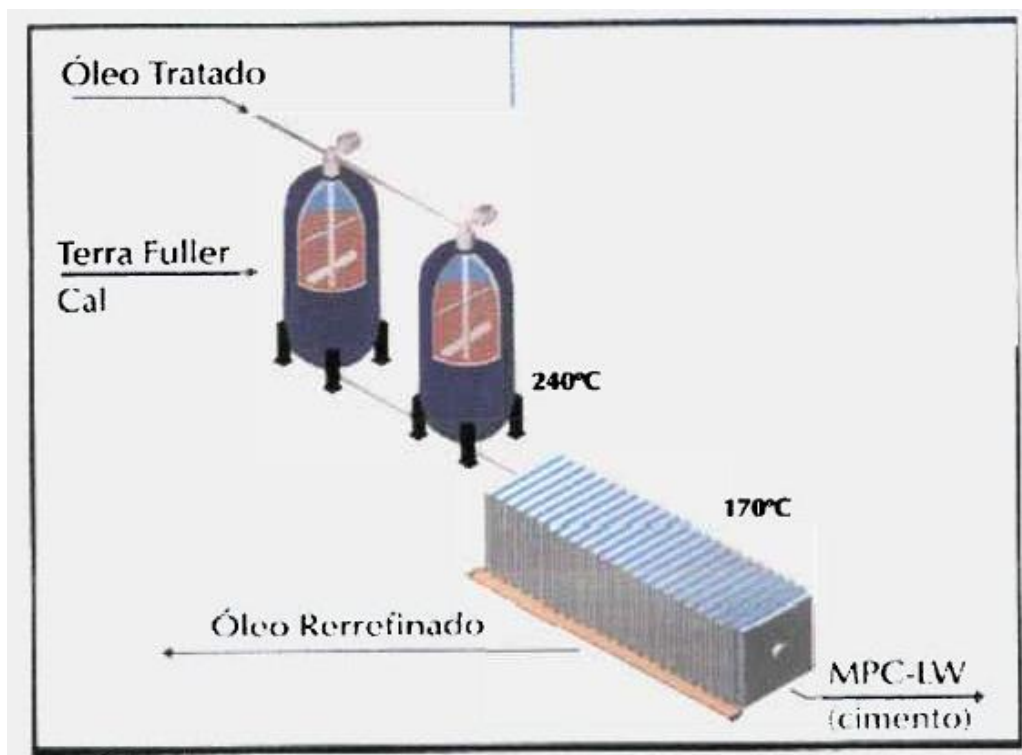


Figura 35: processo de clarificação e neutralização

6.3.2.6 Filtragem

A mistura óleo/terra/cal passa por filtros prensa que separam a terra e a cal. A terra usada pode ser empregada em indústrias cerâmicas e do cimento. O óleo ainda passa por filtros especiais para eliminar os particulados remanescentes. No final do processo é obtido o óleo básico mineral re-refinado. As especificações de viscosidade, cor, ponto de fulgor, acidez, corrosão e outros são analisadas num processo de controle de qualidade que garante as características originais do produto.

6.3.3 Subsistema de Transporte

Na Tabela 6 abaixo apresenta a modelagem de transporte dos OLU para os cenários 1 e 2 considerados as distâncias entre os pontos de coletas de OLU e à rerrefianria para os cenários 1 e 2.

Tabela 6: Dados modelados para o transporte de OLU

Origem	Destino	Distância Km	Meio	Unidade tkm
Ponto de Coleta no em São Paulo	Rerrefinaria São Paulo	80	Caminhão 16t	0,08
Ponto de coleta de Belém –Pará	Rerrefinaria São Paulo	3.000	Caminhão 16t	3

Após a coleta de dados na rerrefinaria, se modelaram os dados para a unidade funcional de 1 Kg. Na Tabela 7 apresenta-se o inventário para o processo de rerrefino da empresa “Alfa”.

Tabela 7: Inventário para 1 Kg de óleo lubrificante básico rerrefinado

Entradas	Unidade	Quantidade
Matéria Prima		
Óleos Lubrificantes Usados (OLU)	kg	1,38
Ácido Sulfúrico	kg	0,050
Hidróxido de Sódio (soda cáustica)	kg	0,014
Terra Descolorante (terra de "Fuller")	kg	0,068
Cal hidratada ou apagada	kg	0,010
Fontes Energéticas Produção		
Óleo Combustível –BPF	kg	0,0017
Eletricidade	kw/h	0,0144
Saídas		
Sub-produtos		
Argila e terras ativadas (MPCLQ - Fábrica)	kg	0,099
Compostos Orgânicos (OBR 400 fração asfáltica do óleo)	kg	0,099
Compostos Orgânicos (Borra neutralizada)	kg	0.1208
Resíduos Sólidos – 2011		
Classe I - Perigosos	kg	0,0063
Classe II - Não Perigosos	kg	0,0015
Classe II - Não Perigosos Sucatas de metais	kg	0,0071
Efluentes líquidos		
Águas residuais m ³ / ano	m ³	0,0022
Emissão para o ar		
Materiais Particulados	kg	0,000728
SOx	kg	0,002756
NOx	kg	0,000433

Fonte: Dados levantados a partir das vistas técnica à rerrefianria

6.4 Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida – AICV

6.4.1 AICV do Cenário 1

Uma vez que se tenha obtido a tabela de inventário, que classifica as cargas ambientais em diferentes categorias de impacto para posteriormente ser aplicado os fatores de caracterização, dando assim, lugar ao perfil ambiental do tratamento de OLU.

Na Figura 37 se demonstra como o SimaPro estrutura o ciclo de vida de um sistema de produção, por meio de uma árvore de fluxos. Assim, para a composição do ciclo do sistema (bloco superior) são necessários outros ciclos, processos de produção e materiais. Os dados para a montagem dos ciclos do componente do sistema foram coletados diretamente com a empresa de estudo “Alfa”. Após inserir os dados o SimaPro associa outros processos e materiais que fazem parte dos bancos de dados utilizados. Para cada um dos blocos da figura, o software associa intervenções ambientais que, por sua vez, serão agregadas em categorias de impacto. A forma como cada intervenção será associada às categorias de impacto e a maneira como cada categoria irá compor o impacto final, dependerá do indicador de impacto ambiental escolhido, que no caso deste estudo será o Eco-Indicator 99.

Na Figura 36 apresenta os impactos ambientais do Cenário 1. Percebe-se que a OLU contribuiu em todas as categorias de impacto e, inclusive, foi responsável pela totalidade da categoria dos combustíveis fósseis e praticamente toda a categoria respiração de particulados orgânica. Apura-se também que instalação da planta de rerrefino contribuiu com maior relevância nas categorias de mineração, ecotoxicidade e carcinogênicos. As emissões da planta de rerrefino contribuíram nas categorias respiração de particulados inorgânicos e acidificação.

Na Figura 37 apresenta-se o fluxo dos processos do Cenário 1. Podemos observar que é preciso 1,38 Kg para obter 1 kg de óleo lubrificante rerrefinado. A seta verde representa o produto evitado, que neste caso é a fabricação de 1 Kg de óleo base de primeiro refino.

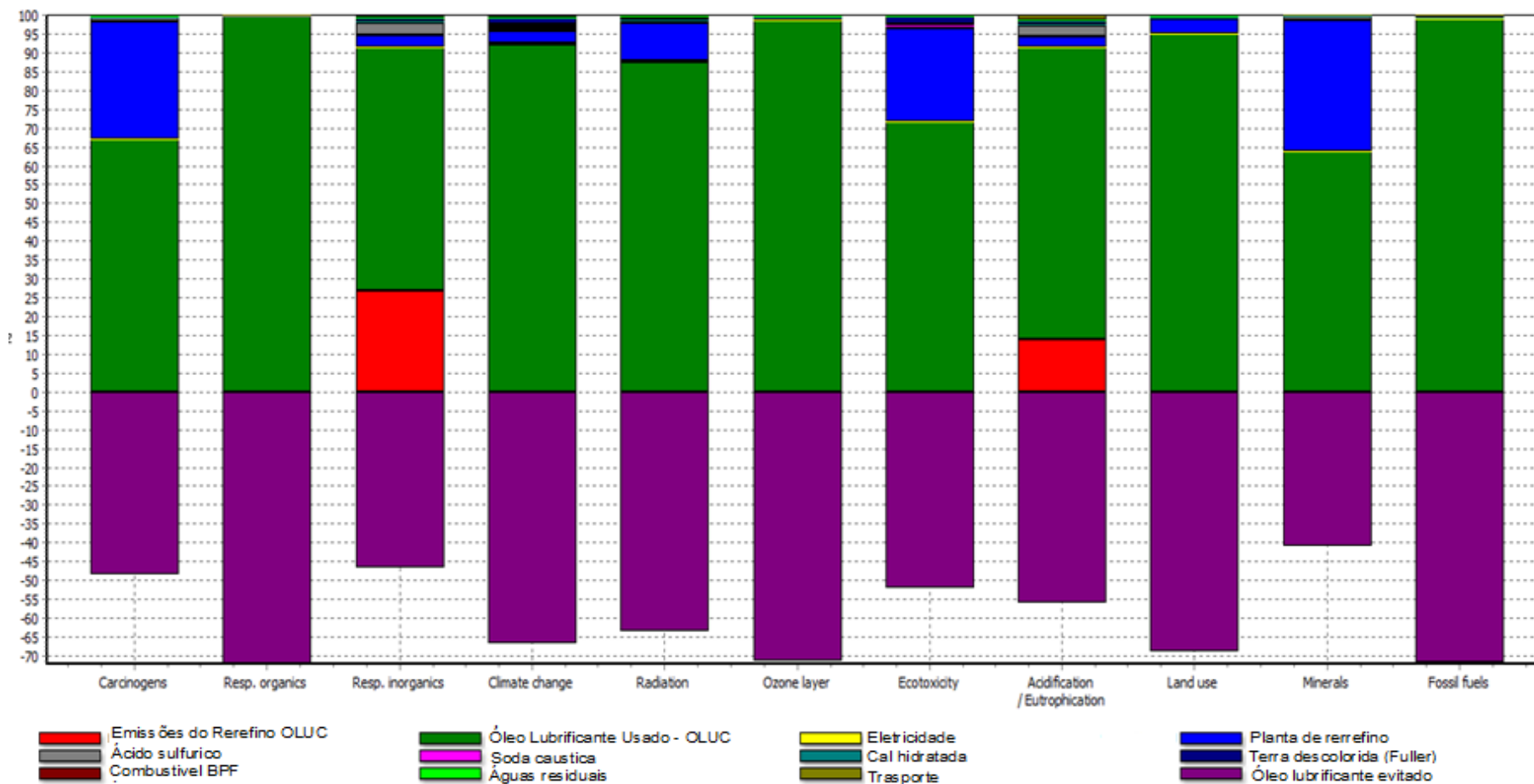
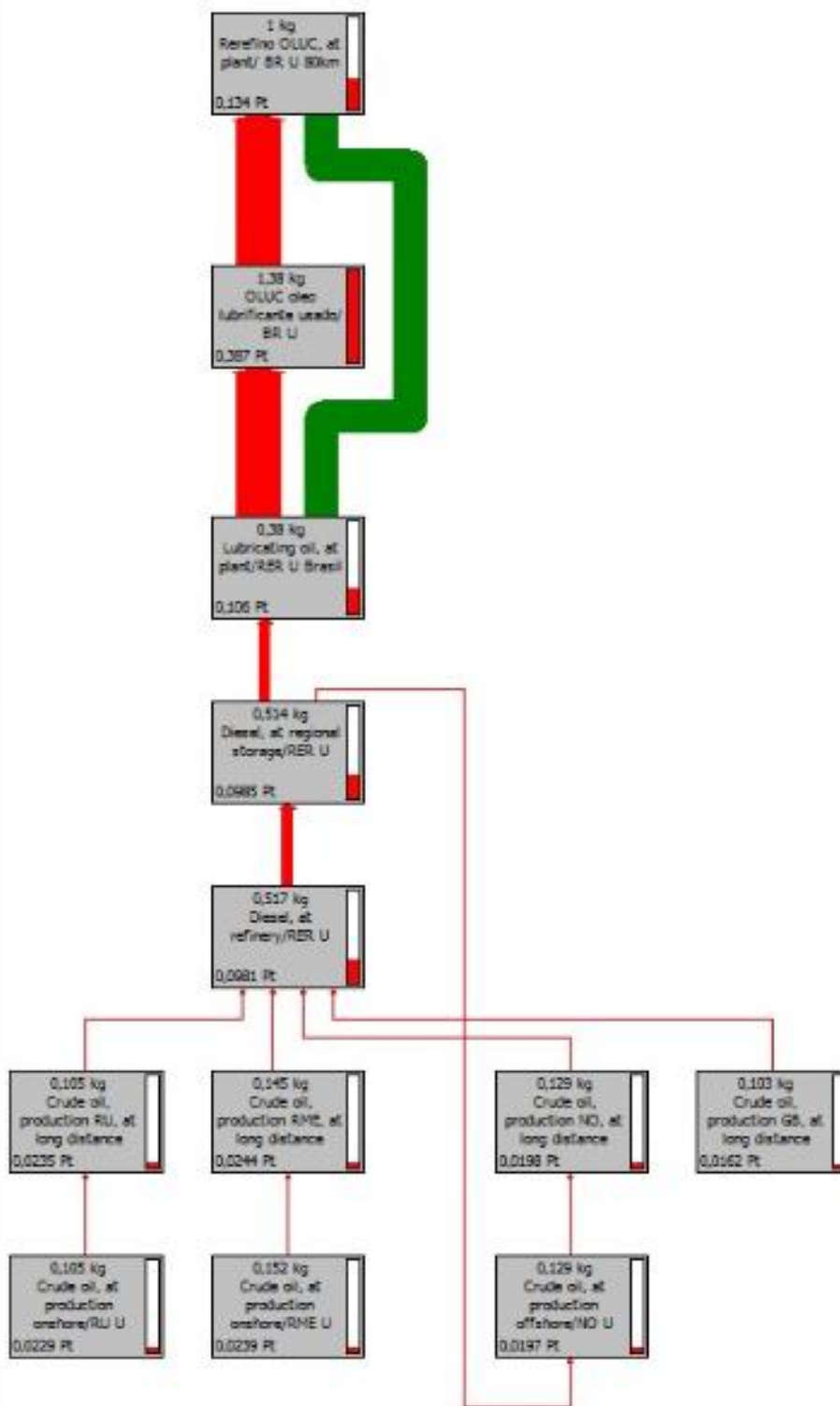


Figura 36: Impactos ambientais do cenário 1 em porcentagem (Eco-Indicator 99 H/A)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do SimaPro



**Figura 37: Árvore do fluxo do sistema de rerrefino de OLU no Cenário –
Rerrefino de OLU 80 km (Eco-Indicator 99 H/A)**

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do SimaPro

Utilizando o critério de ponderação, em uma pontuação única Pt, a Tabela 8 mostra os resultados do Cenário 1 com 0,134 Pt, obtido pela metodologia do Eco-Indicator 99. Conforme apresentado abaixo, percebe-se que a categoria de impacto combustíveis fósseis (70%), respiração de particulados inorgânicos (17,7%) e carcinogênicos são as categorias mais representativas. A categoria mudanças climáticas (1,8%) junto com as outras representam menos de 2%.

Tabela 8: Resultados do AICV para os cenários 1 em Pts (Eco-Indicator 99 H/A)

Categoria de impacto	Unidade	Cenário 1	Variação %
Total	Pt	0.13426	100%
Combustíveis Fósseis	Pt	0.09393	69,90%
Resp. inorgânicos	Pt	0.02383	17,70%
Carcinogênicos	Pt	0.00639	4,70%
Mudanças Climáticas	Pt	0.00255	1,80%
Ecotoxicidade	Pt	0.00234	1,74%
Uso do Solo	Pt	0.00201	1,49%
Minerais	Pt	0.00169	1,24%
Acidificação/ Eutrofização	Pt	0.00132	0,98%
Resp. orgânicos	Pt	0.00015	0,11%
Radiação	Pt	0.00004	0,03%
Camada de Ozônio	Pt	0.00001	0,00%

6.4.2 Comparação dos Cenários

No que se refere à análise comparativa dos Cenários 1 e 2. A Tabela 9 abaixo demonstra através da metodologia Eco-Indicator 99 que o cenário 2 com 0,170 Pt tem um maior impacto ambiental comparado com o Cenário 1 com 0,134 Pt. No "score" total de impacto ambiental o Cenário 1 apresenta menos de 21% comparado com o Cenário 2. Dentro das categorias mais representativas, combustíveis fósseis apresentou uma redução (17%), respiração de particulados inorgânicos apresentou uma redução (32%), carcinogênicos apresentou uma redução (13%) e mudanças climáticas uma redução (46%). Das categorias que representam menos de 2% do total, podemos

ressaltar a categorias de acidificação/ eutrofização que apresenta (53%) a menos se comprado com o Cenário 2.

Tabela 9: Resultados do AICV para os cenários 1 e 2 em Pts (Eco-Indicator 99 H/A)

Categoria de impacto	Unidade	Cenário 1	Cenário 2	Variação %
Total	Pt	0,13426	0,17046	-21%
Combustíveis Fósseis	Pt	0,09393	0,11277	-17%
Resp. inorgânicos	Pt	0,02383	0,03497	-32%
Carcinogênicos	Pt	0,00639	0,00739	-13%
Mudanças Climáticas	Pt	0,00255	0,00470	-46%
Ecotoxicidade	Pt	0,00234	0,00325	-28%
Uso da Terra	Pt	0,00201	0,00249	-19%
Minerais	Pt	0,00169	0,00186	-9%
Acidificação/ Eutrofização	Pt	0,00132	0,00280	-53%
Resp. orgânicos	Pt	0,00015	0,00017	-10%
Radiação	Pt	0,00004	0,00006	-33%
Camada de Ozônio	Pt	0,00001	0,00001	0%

A Figura 38 apresenta a avaliação comparativa caracterizado dos dados ambientais para os Cenário 1 e 2. As categorias de impacto foram colocadas no valor 100% para o cenário com maior impacto, relativizando-se os valores do outro Cenário.

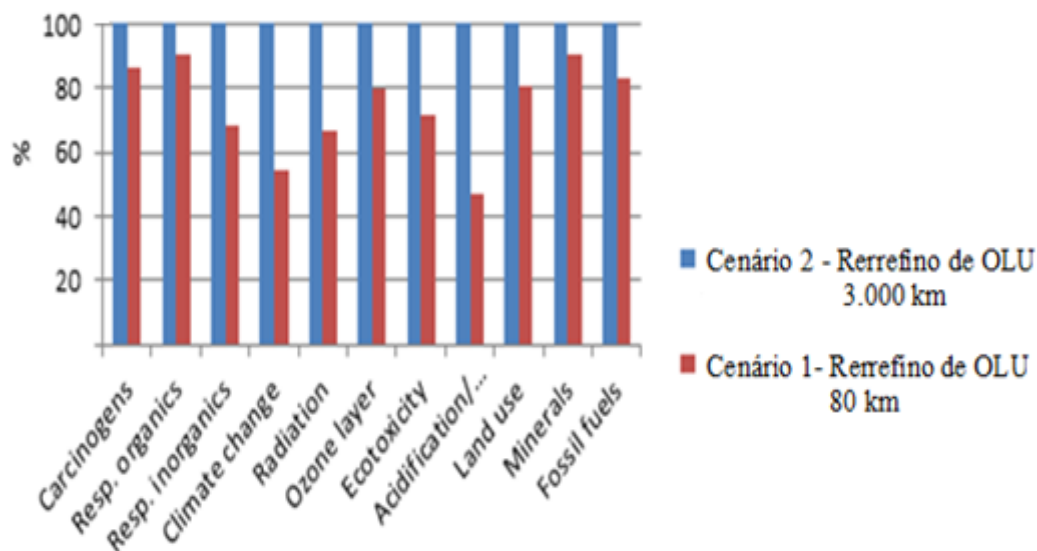


Figura 38: Análise comparativa da caracterização dos danos ambientais do Cenário 1 e Cenário 2 relativizado em porcentagem (Eco-Indicator 99 H/A)

Tabela 10: Resultados do AICV para os cenários 1 e 3 em Pts (Eco-Indicator 99 H/A)

Categorias de impacto	Unidade	Cenário 1	Cenário 3	Variação %
Total	Pt	0.13426	0.27996	-52%
Combustíveis Fósseis	Pt	0.09393	0.23778	-60%
Resp. inorgânicos	Pt	0.02383	0.02075	13%
Carcinogênicos	Pt	0.00639	0.00601	6%
Mudanças climáticas	Pt	0.00255	0.00511	-50%
Uso da terra	Pt	0.00201	0.00444	-55%
Ecotoxicidade	Pt	0.00234	0.00253	-7%
Acidificação/ Eutroficação	Pt	0.00132	0.00169	-22%
Minerais	Pt	0.00169	0.00117	31%
Resp. orgânicos	Pt	0.00015	0.00040	-61%
Radiação	Pt	0.00004	0.00007	-42%
Camada de Ozônio	Pt	0.00001	0.00002	-60%

A Tabela 10 apresenta os resultados comparativos pela metodologia do Eco-Indicator 99 dos Cenários 1 e 3. Note-se uma redução dos impactos ambientais em 52% para o cenário 1, com 0,134 Pt, comparado com o Cenário 3, com 0,270 Pt. No entanto percebem-se diferenças nas quatro categorias mais representativas. Enquanto as categorias que apresentaram redução, destacam-se a categorias combustíveis fósseis com menos de 60% e a categoria mudanças climáticas com menos de 50%. As outras duas categorias que o Cenário 1 apresenta maior impacto que o Cenário 3 são as categorias resp. inorgânicos com 13% a mais e carcinogênicos com 6% a mais. Das categorias que representam menos de 2% do total, os resultados mostram que o cenário 1 só a categoria mineração apresentou maior impacto que o Cenário 3.

A Figura 39 apresenta a avaliação comparativa de dados ambientais para o cenário 1 e 3. As categorias de impacto foram colocadas no valor 100% para o cenário com maior impacto, relativizando-se os valores do outro cenário.

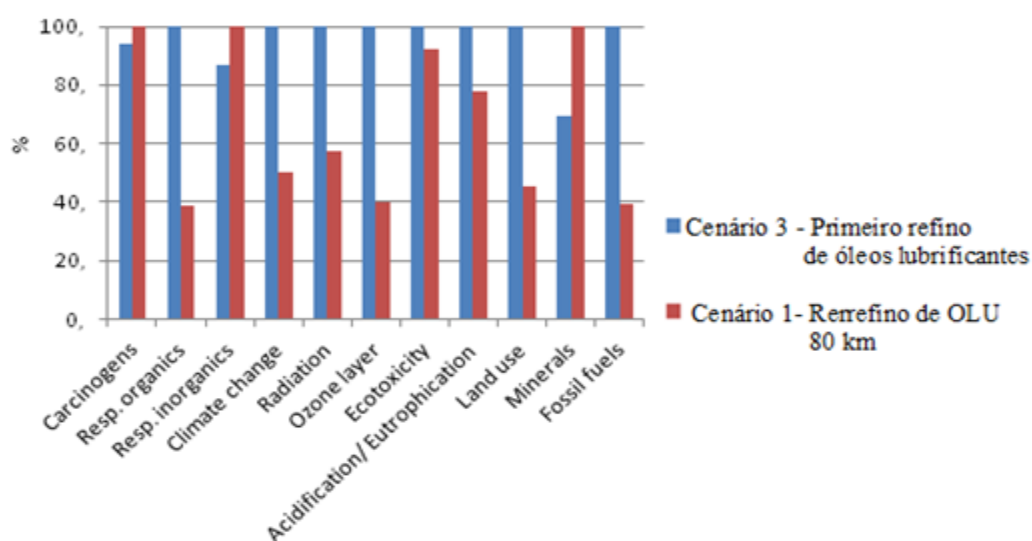


Figura 39: Análise comparativa da caracterização dos danos ambientais do Cenário 1 e Cenário 3 relativizado em porcentagem (Eco-Indicator 99 H/A)

A Tabela 11 apresenta o resultado comparativos pela metodologia do Eco-Indicator 99 dos Cenários 2 e 3. Observa-se a redução dos impactos ambientais em 39% para o Cenário 2 com 0,170 Pt comparado com o Cenário 3 com 0,270 Pt. As reduções dos impactos são percentualmente diferentes para cada uma das categorias de impacto ambiental, sendo mais relevantes para os combustíveis fósseis (53%), mudanças climáticas (8%). No entanto o Cenário 2 apresenta maior impacto nas categorias respiração inorgânicas (41%) e carcinogênicos (19%).

Tabela 11 Resultados do AICV para os Cenários 2 e 3 em Pts (Eco-Indicator 99 H/A)

Categoria de impacto	Unidade	Cenário 2	Cenário 3	Variação %
Total	Pt	0,17046	0,27996	-39%
Combustíveis fósseis	Pt	0,11277	0,23778	-53%
Resp. inorgânicos	Pt	0,03497	0,02075	41%
Carcinogênicos	Pt	0,00739	0,00601	19%
Mudanças climáticas	Pt	0,00470	0,00511	-8%
Uso da terra	Pt	0,00249	0,00444	-44%
Ecotoxicidade	Pt	0,00325	0,00253	22%
Acidificação/ Eutroficação	Pt	0,00280	0,00169	40%
Minerais	Pt	0,00186	0,00117	37%
Resp. orgânicos	Pt	0,00017	0,00040	-57%
Radiação	Pt	0,00006	0,00007	-14%
Camada de Ozônio	Pt	0,00001	0,00002	-50%

A Figura 40 traz o resultado da comparação entre os três cenários. Através de sua análise é possível concluir que o cenário 1 é o preferível, considerando o "score" total, entre os três cenários analisados. Na maioria das categorias de impacto analisadas, exceto nas categorias efeitos respiratórios inorgânicos, carcinogênicos e mineração o Cenário 1 apresenta maior impacto que o Cenário 3.

Com relação aos Cenários 1 e 2, o Cenário 1 apresenta-se como o cenário com menor impacto em todas as categorias. Chama atenção a categoria mudanças climáticas 46% a menos.

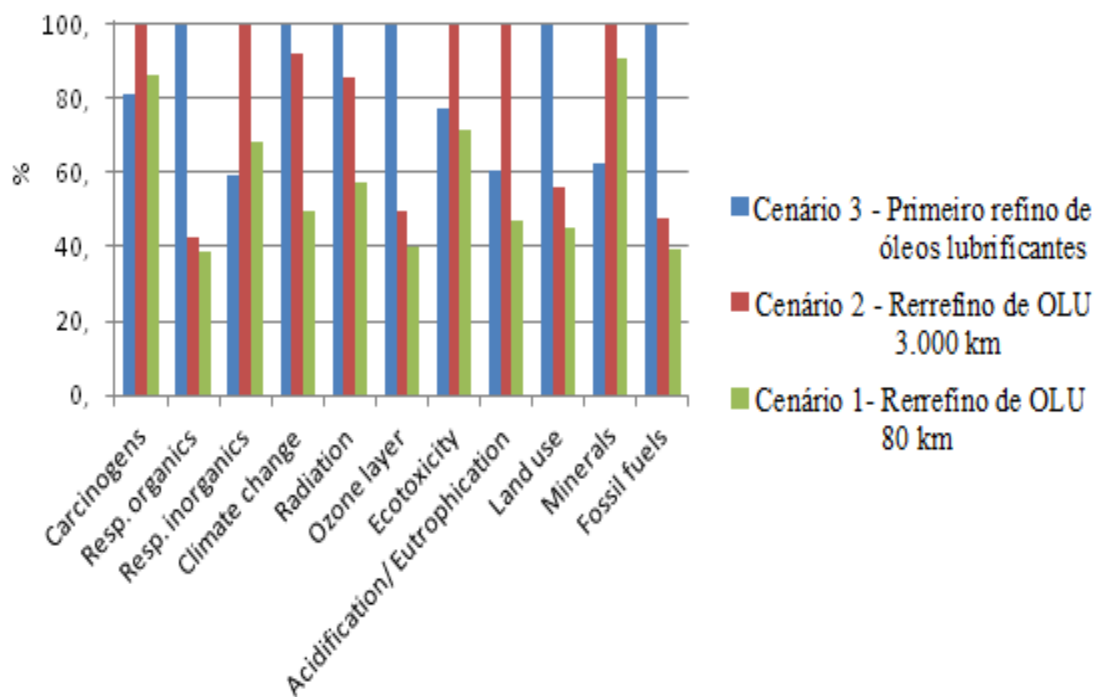


Figura 40 Análise comparativa da caracterização de danos em porcentagem dos Cenários 1, Cenário 2 e Cenário 3 (Eco-indicator 99 H/A)

Com o objetivo de testar os resultados do Cenário Base 1 é analisado por uma outra metodologia de impacto diferente ao EcoIndicator 99. Para tal utiliza-se a metodologia ReCiPe Midpoint (H) V1.04 / World ReCiPe H de abordagem voltada ao problema.

A Tabela 12 apresenta os resultados da análise pelo qual pode se constatar que as categorias mais importantes são: depleção de combustíveis fósseis, mudanças climáticas, toxicidade humana.

Pode-se concluir que a metodologia Eco-Indicator não há diferenças relevantes entre os dois métodos de avaliação de impacto utilizados, tanto com abordagem voltada ao problema (ReCiPe), quanto voltada ao dano (Eco-Indicator 99). Ambos os métodos reforçam a relevância das categorias de impacto referentes à depleção de combustíveis fósseis e mudanças climáticas.

**Tabela 12 – Cenário 1 - rerrefino de OLU 80 km conforme metodologia de ReCiPe
Midpoint (H)**

Categoria de impacto	Cenário 1
Combustíveis fósseis	0,712
Mudanças Climáticas	0,471
Toxicidade humana	0,251
Depleção de metais	0,090
Radiação ionizante	0,072
Ocupação de terras agrícolas	0,019
Acidificação terrestre	0,007
Formação de oxidantes fotoquímicos	0,006
Ocupação urbana	0,006
Water depletion	0,005
Ecotoxicidade da água	0,005
Ecotoxicidade terrestre	0,004
Formação de particulados	0,002
Transformação de terra	0,001
Eutrofização marinha	0,0007
Ecotoxicidade terrestre	0,0001
Eutroficação	0,0001
Depleção de ozônio	2,55055E-07

6.4.3 Interpretação dos Resultados

Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida tomou corpo através da análise do impacto ambiental inerente a cada cenário estudado, e da comparação entre eles, conforme definido nos objetivos deste estudo.

De acordo com os resultados apresentados no Cenário 1, rerrefino de OLU com distância transportada do OLU de 80 km, pode-se evidenciar que o processo dominante é o OLU, pois contribuiu em todas as categorias de impacto. Este resultado se deve as cargas ambientais anteriores que contem o OLU. No entanto, se se considera os produtos evitados pela produção do rerrefino, conforme mostrado na Figura 36, a produção de óleo evitada do primeiro refino apresenta um crédito em todas as categorias de impacto, sendo as categorias combustíveis fósseis e efeitos respiratórios orgânicos entre as mais representativas, com impacto negativo (crédito) de 70%.

Enquanto as instalações da planta de rerrefino contribuíram nas categorias de mineração, carcinogênico e ecotoxicidade. Já as emissões do processo de rerrefino têm impacto nas categorias de respiração inorgânica e Acidificação/ Eutroficação. Este resultado se deve principalmente as emissões de materiais particulados, SOx e NOx.

De acordo com o levantamento feito nas visitas técnicas se constatou que para o controle das emissões atmosféricas, a empresa conta com lavadores de gases e fornos de altas temperaturas para oxidação térmica, a fim de eliminar o desprendimento de poluentes.

Com relação aos impactos de cada cenário, foi possível identificar que o transporte rodoviário teve grande participação no impacto dos Cenários 1 e 2. No cenário 1 a distância de percorrida de coleta de OLU foi estimada da media de coleta entre os diferentes pontos coletores, porém, nos cenários 2 o valor utilizado foi o valor da maior a distância entre o ponto de coleta Belém do Pará e a rerrefianria no interior de São Paulo, 3.000 km.

A comparação entre os cenário 1 e 2 mostrado na Tabela 9 evidenciou que a diferença entre os dois cenários é representativo, 21% a menos para o cenário 1. Os resultados demonstraram que a categoria mudanças climáticas representa a diferença entre os dois cenários, seguida da categoria efeitos respiratórios inorgânicos.

Os resultados da avaliação de impacto mais significativos foram encontrados na comparação dos Cenários 1 e 3, rerrefino e primeiro refino de óleo (óleo viregem). A Tabela 8 demonstra que o cenário 1, o impacto é 52% a menos que o Cenários 3 de primeiro refino. A redução de impacto do cenário 1 esta concentrado nas categorias

combustíveis fósseis com 60% a menos e mudanças climáticas com 50% a menos que o cenário 3.

No entanto, o rerrefino apresenta aumento nas categorias de efeitos respiratórios inorgânicos e carcinogênicos. Esse resultado se deve os componentes presentes nos OLU, insumo do rerrefino e as emissões derivadas do processo de rerrefino.

Outro ponto importante a ressaltar é que o rerrefino além da produção de OLU também gera outros subprodutos no seu processo, que servem como matéria-prima para outros segmentos industriais. A destinação final dos sub-produtos são destinados a outras indústrias. A OBR- 400 (fração asfáltica do óleo) é usada como plastificante em derivados do petróleo, o MPC-LW é usado nas indústrias cerâmicas, e os compostos orgânicos leves - usados como combustível na própria empresa.

No que se refere aos resíduos sólidos gerados na rerrefinaria, existe um gerenciamento e armazenamento conforme o evidenciado na visita técnica. Os resíduos, Classe I classificados pela ABNT 10004, que são basicamente borra acida de fundo de tanque e borra neutra, são enviados para co-processamento em cimenteiras, enquanto os resíduos classe II são destinados para reciclagem e os restantes classe III, sucata e metais são vendidos.

No que se refere aos efluentes gerados no processo de rerrefino, seguem um processo de tratamento, após a geração, os efluentes líquidos são identificados e direcionados para um sistema de tratamento primário, com caixas separadoras de água/óleo, nas quais o óleo coletado é redirecionado para tratamento no processo. E a água oriunda do tratamento primário é direcionada para a ETE (Estação de Tratamento de Efluentes), sistema de tratamento secundário onde o efluente é tratado em duas piscinas através do processo biológico, com o objetivo de degradar os poluentes presentes.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esta tese teve por objetivo avaliar o ciclo de vida do setor de óleos lubrificantes, especificamente a fase de destinação final dos OLU, através da identificação dos impactos ambientais gerados no processo de rerrefino.

O setor de lubrificantes no Brasil implantou leis específicas, onde as responsabilidades econômicas da gestão dos resíduos recaem sobre os produtores e importadores de óleos lubrificantes. Modelo também adotado em países como Espanha, Itália e Portugal, conforme foi mostrado no capítulo 3.

Um ponto importante a ressaltar é que o Brasil adotou sistema único para reciclagem de óleos lubrificantes usados, através do sistema de rerrefino. A diferença da maioria dos países no mundo que utilizam os sistemas de valoração energética e regeneração pelo rerrefino conforme, mostrado no capítulo 3.

No que se refere à estrutura de gestão de OLU, os resultados regionais e nacionais da gestão e tratamento de OLU são bons se referenciados às metas legais. A regulamentação e controle pela ANP gerou uma estrutura de coleta que melhorou o desempenho da gestão de OLU.

Analisando os dados das coletas verificou-se que o Brasil atingiu suas metas legais estabelecidas de coleta nos últimos 5 anos. Chegando a coletar aproximadamente 405,109 m³ de OLU, 35,9% do total produzido e importado em 2011. Desse volume coletado, aproximadamente 225 mil m³ foram rerrefiados para entrar de novo no sistema como óleos básicos lubrificantes.

No entanto, esse dado de coleta ainda não é o ideal se considerado que aproximadamente 50% do comercializado podem ser coletados para reciclagem (Monier e Labouze, 2001, UNEP, 2012). Assim pode-se estimar que aproximadamente 14% dos óleos lubrificantes usados não são coletados e a sua destinação é desconhecida, não sabendo ao certo se são queimados irregularmente ou descartados nos solos ou rios.

O presente estudo também identificou que as metas e resultados regionais são diferentes, a logística de coleta e os pontos de rerrefinarias são muito desiguais entre as regiões o que, por um lado faz sentido, pois as quantidades consumidas são diferentes,

mas por outro lado, ao se analisar a distribuição espacial observa-se grande área descobertas nas regiões Norte e Nordeste.

Verificou-se que o Brasil, devido às suas dimensões continentais encontra dificuldades na coleta de OLU principalmente nas regiões Norte e Nordeste devido à falta de postos de recolhimento. No caso da região Norte, a dificuldade devido a problemas relacionados com a logística de acesso aos núcleos urbanos e sua ligação com o Sudeste do país, onde estão instaladas as principais indústrias de rerrefino. Além deste fato, também há necessidade de divulgação da Resolução CONAMA 362/2005, de suas diretrizes e as penalidades que envolvem o uso inadequado do resíduo, como por exemplo, a incineração, que é proibida.

Através da realização desta ACV foi possível identificar, dentre os cenários de destinação final do OLU, o impacto ambiental inerente ao rerrefino, e apontar qual cenário se mostra ambientalmente menos impactante.

No que se refere ao estudo de caso se demonstrou que na maioria das categorias de impacto considerados na metodologia EcoIndicator 99, o rerrefino de OLU é o sistema que gera menos impactos ambientais se comparado ao primeiro refino de óleos lubrificantes, com uma redução de 52%. Os principais impactos ambientais associados ao rerrefino referem-se às categorias de efeitos de respiração de particulados inorgânicos e carcinogênicos.

Na avaliação feitas dos cenários 1 e 2 assume-se que o “transporte”, do ponto de coleta até a rerrefinaria com distâncias percorrida de 80 Km e 3.000 Km, influencia significativamente no total dos impactos ambientais considerados na metodologia Eco-Indicator 99. Os resultados demonstraram que o Cenário 1 apresenta 21% a menos que o Cenário 2 e a diferença esta concentrada na categoria mudanças climática.

Assim, os resultados encontrados neste estudo evidenciaram a necessidade de se reduzir as distâncias dos pontos de coletas e as rerrefianrias com o objetivo de diminuir os impactos ambientais, principalmente das categorias de mudanças climáticas que apresentaram os maiores impactos.

Cabe ressaltar também os altos custos que significa transportar o OLU entre as distâncias Norte Sudeste. Ainda na linha de pensamento para possíveis acidentes, não se justifica transportar um produto que possui na sua constituição itens contaminante.

Os resultados finais do estudo de caso não demonstram dúvidas em relação à escolha do governo para que o tratamento de óleos lubrificantes usados seja o rerrefino. No entanto cabe ressaltar que foram evidenciadas duas categorias a considerar no rerrefino que podem afetar diretamente a saúde humana, respiração inorgânicas e carcinogênicos.

No que diz respeito aos resíduos gerados no processo de rerrefino, foi constatado que as borras ácidas de fundo de tanque e borra neutra, mesmo sendo direcionados para cogeração em cimenteiras, a rerrefinaria estudada procura um tratamento adequado dentro da rerrefinaria, conforme o manifestado pelo gerente de meio ambiente da empresa estudada, pois esse é um resíduo de Classe I.

A ACV envolve o levantamento e o estudo minucioso de dados, o que demanda muito tempo e recursos. Neste trabalho, utilizaram-se dados primários, e secundários que podem se distanciar da realidade. Assim, cabe ressaltar que em um estudo realizado com um maior período de tempo e mais de um estudo de caso, poderiam ser utilizados mais dados primários, aproximando mais os resultados da realidade do rerrefino no Brasil.

No entanto para realização desta tese foi chave levantar os dados na fonte para elaboração do inventário, sendo relevante a metodologia proposta neste estudo com a intenção de delinear os objetivos propostos e da necessidade de se estabelecer uma metodologia clara e válida que permita a obtenção de dados confiáveis na realidade do setor de lubrificantes.

No que concerne à recopilção de dados, cabe ressaltar que, por medida de sigilo da indústria pode acontecer a retenção de informações ou dados. Em se tratando da presente pesquisa foi avaliada a relevância dos dados fornecidos, com o propósito de tornar a decisão enquanto a sua omissão a substituição por informações similares dependendo da triangulação dos dados. No caso específico do presente estudo os dados fornecidos pela rerrefinaria estudada foram sem restrições. No entanto para resguardar o

nome da indústria em estudo se decidiu dar um nome fictício para proteger os dados fornecidos.

A tese permitiu avançar na análise do setor de óleos lubrificantes, em particular, mostrando os impactos ambientais da destinação final dos óleos lubrificantes usados para o rerrefino, assim como também obter um inventário do rerrefino com as características da realidade brasileira.

As limitações encontradas e a escassez de dados não permitiu a consolidação de um estudo completo desde a geração da matéria prima até a reciclagem, porém o estudo de caso apresentado poderá dar subsídios para futuras aplicações de ACV no setor lubrificante com o objetivo de buscar alternativas para aprimorar os processos voltados à diminuição de impactos ambientais, redução da matéria prima, dos recursos naturais e da energia e novas tecnologias de rerrefino.

Finalmente, é importante destacar que este estudo representa apenas mais um passo no tratamento da questão da viabilização da ACV no setor de lubrificantes com vistas ao desenvolvimento sustentável. Sua contribuição necessita ser complementada por outros estudos, sobretudo, em virtude da importância do rerrefino, não só no Brasil, como também em diversos outros países.

A título de recomendação é importante destacar que o setor deve:

- Reforçar a rede logística atualmente implementada, principalmente nas regiões Norte Nordeste,
- Incrementar em curto prazo os percentuais da coleta e reciclagem com porcentagem única para todo o Brasil,
- Aperfeiçoar o sistema de controle e contabilidade dos OLU,
- Implementar novas rerrefinarias no Norte e Nordeste do Brasil.

Quanto ao desenvolvimento de estudos futuros propõe-se aplicação da Avaliação de Ciclo de Vida em outra rerrefinaria com objetivo de fazer uma análise comparativa entre duas tecnologias, ampliando o ciclo de vida, desde a fabricação, usos e rerrefino.

Sugere-se também uma análise detalhada de um cenário da destinação dos OLU para valoração energética em cimenteiras ou caldeiras com objetivo de comparar os impactos ambientais entre os dois sistemas de tratamentos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004 Classificação de resíduos sólidos, 2004.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009a.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14044: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2009b.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental (CB-38) 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/cb38/>>. [Acessado em 03.11].
- ADEME. **French Environment and Energy Management Agency**, 2010. Disponível em: <<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?id=38480>>. [Acessado em 04.2011].
- AHBE, S., BRAUNSCHWEIG, A., MÜLLER-WENK, R. Methodologie des Ecobilans sur la base de l'optimisation écologique. Em l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) (Eds.). Cahier de l'environnement, 133, 1991
- ALCOBIA. **Desenvolvimento de um modelo conceitual para a análise do ciclo de vida (ACV) de tecnologias de tratamento e valorização de óleos usados**. FCT – UNL, 2009. Disponível em: <<http://run.unl.pt/handle/10362/3578>>. [Acessado em 03.2011].
- ANP. Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **Regulamento nº 04 - Especifica os óleos lubrificantes básicos de origem nacional ou importado para comercialização em território nacional**, 1999. Disponível em: <<https://www.anp.gov.br>>. [Acessado em 05.2012].
- ANP. Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **Portaria nº 130 - Especifica os óleos lubrificantes básicos rerrefinado**, 1999. Disponível em: <<https://www.anp.gov.br>>. [Acessado em 05.2011].

- ANP. Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução nº 10 - Estabelece a obrigatoriedade do registro prévio do produto na ANP**, 2007. Disponível em: <<https://www.anp.gov.br>>. [Acessado em 05.2011].
- ANP. Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **Balanco de Produção e Coleta de Óleos Lubrificantes por Região 2007**, 2008. Disponível em: <<https://www.anp.gov.br>>. [Acessado em 02.2011].
- ANP. Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução nº 16 - Estabelece as regras para a comercialização de óleo lubrificante básico e os requisitos necessários ao cadastramento de produtor e importador desse produto**, 2009. Disponível em: <<https://www.anp.gov.br>>. [Acessado em 05.2012].
- ANP. Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução nº 17 - Estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de importação de óleo lubrificante acabado e a sua regulação**, 2009a. Disponível em: <<https://www.anp.gov.br>>. [Acessado em 05.2012].
- ANP. Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução nº 18/2009. Requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de produção de óleo lubrificante acabado e a sua regulação**, 2009b. Disponível em: <<https://www.anp.gov.br>>. [Acessado em 05.2012].
- ANP. Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **Balanco de Produção e Coleta de Óleos Lubrificantes por Região 2008**, 2009c. Disponível em: <<https://www.anp.gov.br>>. [Acessado em 02.2012].
- ANP. Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **Balanco de Produção e Coleta de Óleos Lubrificantes por Região 2009**, 2010a. Disponível em: <<https://www.anp.gov.br>>. [Acessado em 03.2012].
- ANP. Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução nº 51 - Estabelece critérios para importações de derivados de petróleo**, 2010b. Disponível em: <<https://www.anp.gov.br>>. [Acessado em 05.2012].
- ANP. Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **Balanco de Produção e Coleta de Óleos Lubrificantes por Região 2010**, 2011. Disponível em:

<<https://www.anp.gov.br>>. [Acessado em 03.2012].

ANP. Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **Balanco de Produção e Coleta de Óleos Lubrificantes por Região 2011**, 2012. Disponível em:

<<https://www.anp.gov.br>>. [Acessado em 03.2012].

ARENA U., MASTELLONE M.L., PERUGINI F. The environmental performance of alternative solid waste management options: a life cycle assessment study. **Chemical Engineering Journal** v. 96, 207-222, 2003.

AUDIBERT, F. **Waste Engine Oils: Rerefining and energy recovery**. Oxford, Elsevier, 2006.

AYRES, R. Life Cycle Analysis: A critique. **Resources, Conservation and Recycling** v. 14, pp. 199-223, 1995.

AZAPAGIC, A.; CLIF, R. Life cycle assessment and linear programming: environmental optimisation of products system. **Computers and Chemical Engineering** v. 19, pp.229-234, 1995.

BEIGL P., SALHOFER S. Comparison of ecological effects and cost communal waste management systems. **Resources, Conservation and Recycling** v. 41, 83-102, 2004.

BECKER, H. S. **Métodos de pesquisa em ciências sociais**. HUCITEC. São Paulo, 1997.

BADERNA D., BORIANI E., GIOVANNA F. D., BENFENATI, E. Lubricants and Additives: A point View. In: Bilitewski B, Darbra RM, Barcelo M, ed. **The Handbook of Environmental Chemistry.Global Risk-Based Mangement of Chemical Additives I**. Production Usage and Environmental Ocurrance, Berlin, Springer –Verlag, 2011.

BEIGL P., SALHOFER S. Comparison of ecological effects and cost communal waste management systems. **Resources, Conservation and Recycling** v. 41, 83-102, 2004.

BECKER, H. S. **Métodos de pesquisa em ciências sociais**. HUCITEC. São Paulo, 1997.

- BERLIN, J. Environmental life cycle assessment (LCA) of Swedish semi-hard cheese. **International Dairy Journal** v. 12, 11, pp. 939-953, 2002.
- BILITEWSKI, B., HAERDTLE, G., MAREK, K. **Abfallwirtschaft: Handbuch für Praxis und Lehre**. Berlin, Springer-Verlag, 2000.
- BOUGHTON B., HORVATH, A. Environmental Assessment of used oil management methods, **Environmental Science and Technology** v. 38, n. 2, pp. 353-358, 2004.
- BOVEA M.D., POWELL J.C. Alternative scenarios to meet the demands of sustainable waste management. **Journal of Environmental Management** v. 79: 115-132, 2006.
- BRASIL. Convênios CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária) n° 03 - **Concede isenção do ICMS às saídas de óleo lubrificante usado ou contaminado**, 1990. Disponível em: http://www.fazenda.gov.br/confaz/confaz/convenios/icms/2004/..%5C1990%5CCV003_90.htm. [Acessado em 07. 2011].
- BRASIL. Convênios CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária) n° 38 - **Convênio ICMS que dispõe sobre o documento a ser utilizado na coleta e transporte de óleo lubrificante usado ou contaminado e disciplina o procedimento de sua coleta, transporte e recebimento**, 2004. Disponível em: http://www.fazenda.gov.br/Confaz/confaz/Convenios/icms/2000/..%5C2004%5CCV038_04.htm. [Acessado em 05.2012].
- BRASIL. Lei. n° 9.478. **Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências**, 1977. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9478.htm. [Acessado em 05.2012].
- BRASIL. Lei n° 9.847. **Dispõe sobre a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis**, 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9847.htm. [Acessado em 05.2012].
- BRASIL. Lei n° 12.305. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-

- 2010/2010/lei/112305.htm>. [Acessado em 05.2010].
- CARRETEIRO, R., BELMIRO, P. **Lubrificantes & Lubrificação Industrial. Interciência**. Rio de Janeiro, Interciência 2006.
- CARVALHO, M. 2010. **Efeitos do Lubrificante e Aditivo na Economia de Combustível Diesel**. Dissertação, EQ/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- CAVALETT, O.; CHAGASM, M. F.; SEABRA, J. E. A.; BONOMI, A. Comparative LCA of ethanol versus gasoline in Brazil using different LCIA methods. **International Journal of Life Cycle Assessment** v. 18, pp. 647-658 2012.
- CEE (CONSELHO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS). **DIRECTIVA 75/439. Relativa à eliminação dos óleos usados**, 1975. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31975L0439:PT:HTML>>.
[Acessado em 05.2012].
- CERQUEIRA, C., P. 2004. **Estudo do Reaproveitamento Energético de Óleo Lubrificante Usado**. Salvador, 2004. Dissertação. Regulação da Indústria de Energia,. Universidade Salvador, Salvador, Brasil.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 362/2005. **Regulamentação da Coleta, Transporte, Armazenamento e Destinação Adequada dos óleos lubrificantes usados e contaminados**, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res36205.xml>>. [Acessado em 06.2011].
- CURRAN, M., A. **Life Cycle Assessment: Principles and Practice**. National Research Management Laboratory, Ohio, United States Environmental Protection Agency, 2006.
- da SILVA, G. **Notas do curso Avaliação de Ciclo de Vida - metodologias e aplicação**. Associação Brasileira de Ciclo de Vida - ABCV, São Paulo, 2011.
- DE BENEDETTO L., KLEMES J. The Environmental Performance Strategy Map: an integrated LCA approach to support the strategic decision-making process. **Journal of Cleaner Production** v. 17, pp. 900–906, 2009.
- DENISON R. Environmental Life Cycle comparisons of recycling, landfill and

- incineration: a review of recent studies. **Rev. Energy Environ** v. 21, 91-237, 1996.
- DEN BOER J., DEN BOER E., JAGER J. LCA-IWM: a decision support tool for sustainability assessment of waste management systems. **Waste Management** 2007 v. 27, 1032–45.
- DEL BORGHI, A.; GALLO, M.; DEL BORGHI, M. A survey of life cycle approaches in waste management. **International Journal of Life Cycle Assessment** v. 14, 597-610, 2009.
- EARLES, J.M, HALOG, A. Consequential life cycle assessment: a review. **International Journal of Life Cycle Assessment** v. 16, pp. 445-453, 2011.
- EC (European Commission). **Integrated pollution prevention and control - Reference document on Best Available Techniques for the waste treatments industries**, 2006. Disponível em: <http://eippcb.jrc.es/reference/BREF/wt_bref_0806.pdf>. [Acessado em: 03.2012].
- EC (European Commission). **Summaries of EU legislation. Directive n.º 2008/98** Brussels, Belgium: EC, 2008. Disponível em: <http://europa.eu/legislation_summaries/other/121206_en.htm>. [Acessado em 04.2012].
- EC (European Commission) JRC (Joint Research Centre) IES (Institute for Environment and Sustainability). **ILCD International Reference Life Cycle Data System. General Guide for Life cycle Assessment – Detailed guidance**. 2010a.
- EC (European Commission) JRC (Joint Research Centre) IES (Institute for Environment and Sustainability). **ILCD International Reference Life Cycle Data System. Analysis of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment**, 2010b.
- EC (European Commission). **The Story behind the Strategy EU Waste Policy**, 2011. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/story_book.pdf> [Acessado em 05.2012].
- EKVALL, T. A market-based approach to allocation at open-loop recycling. **Resources Conservation & Recycling**. 29, 91-109, 2000.

- EKVALL, T., FINNVENDEN, G. Allocation in ISO 14041 – a critical review. **Journal of Cleaner Production** v. 9, pp. 197-208, 2001.
- EKVALL, T., WEIDEMA, B.P. System Boundaries and Input Data in Consequential Life Cycle Inventory Analysis, **International Journal of Life Cycle Assessment** v. 9, n. 3, pp. 161-171, 2004.
- EKVALL, T., ANDRAE, A.S.G. Attributional and Consequential Environmental Assessment of the Shift to Lead-Free Solders, **Int J LCA** v. 11, n. 5, pp. 344 – 353, 2006.
- EL-FADEL M., KHOURY R. Strategies for vehicle waste-oil management: a case study, **Resources, Conservation and Recycling** v. 33, n. 2, pp. 75–91, 2001.
- EPA. US Environmental Protection Agency. **40 CFR 279 Standards for the Management of Used Oil**, 2006. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epawaste/conserva/materials/usedoil/regs.htm>>. [Acessado em 09.2012].
- ERIKSSON O., CARLSSON R., FROSTELL B., BJÖRKLUND A., ASSEFA G., SUNDQVIST J-O., GRANATH J., BAKY A., THYSELIUS L. Municipal solid waste management from a systems perspective. **Journal of Cleaner Production** v. 13: 241-252, 2005.
- FAVA, J. A.; COOPER J. S. Alignment of North American Activities to the UNEP/SETAC Life-Cycle Initiative, **Journal of Industrial Ecology** v. 5, n. 4, 2002.
- FAVA, J. A., COOPER J. S. Life-Cycle Assessment in North America - An Update on Capacity Building, **Journal of Industrial Ecology** v. 8, n. 3, 2004.
- FECOMBUSTIVEL. **Relatório anual de consumo de combustível**, 2011. Disponível em: <<http://www.fecombustiveis.org.br/relatorio-2011/lubrificantes/um-mercado-em-expansao.html>>. [Acessado em 12.2011].
- FEHRENBACH H. **Ecological and energetic used assessment of re-refining oils to base oils: substitution of primarily produced base oils including semi-synthetic and synthetic compounds**, 2005. Disponível em:

<<http://www.noranews.org/attachments/files/106/IFEUReportLongVersion.pdf>>.

[Acessado em: 04.2011].

FERREIRA, J. **Análise de Ciclo de Vida dos Produtos** Viseu, IPV, 2004.

FINK, P. THE Roots of LCA in Switzerland: Continuous Learning by Doing. **Int. J. LCA** v. 2 131-134, 1997

FINNVEDEN G., EKVALL T. Life cycle assessment as a decision support tool –the case of recycling vs. incineration of paper. **Resources, Conservation and Recycling** v. 24, 235-256, 1998.

FINNVEDEN, G.; HAUSCHILD, M.Z.; EKVALL, T.; GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R.; HELLWEG, S.; KOEHLER, A.; PENNINGTON, D.; SUH, S. Recent Developments in Life Cycle Assessment, **Journal of Environmental Management** v. 91, pp. 1-21, 2009.

FINNVEDEN G., JOHANSSON J., LIND P., MOBERG A. Life cycle assessment of energy from solid waste –part1: general methodology and results. **Journal of Cleaner Production** v. 13: 213-229, 2004.

FRISCHKNECHT, R.; JUNGBLUTH, N.; ALTHAUS, H.J.; BAUER, C.; DOKA, G.; DONES, R.; HELLWEG, S.; HISCHIER, R.; HUMBERT, S.; KOLLNER, T.; LOERINCIK, Y. MARGNI, M. NEMECEK, T. **Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. Data v2.0** Ecoinvent report No.3. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2007a.

FRISCHKNECHT, R., JUNGBLUTH, N., ALTHAUS, H.J., DOKA, G., HECK, T., HELLWEG, S., HISCHIER, R., REBITZER, G., SPIELMANN, M., WERNET, G. **Overview and Methodology**. Ecoinvent report No.1. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2007b.

GIOVANNA, F. Lubricants Recycling–A Case Study: How Italy Managed to Become an Excellence and an Example for the Other EU's Member States, in: Bilitewski B, Darbra R.M. Barcelo M. (Eds), **The Handbook of Environmental Chemistry. Global Risk-Based Management of Chemical Additives I: Production Usage and Environmental Occurrence**, Berlin, Springer, pp.225-25, 2011.

- GOEDKOOP, M., SCHRYVER, A.D., OELE, M. **Introduction to LCA with SIMAPRO 7**. Pre Consultant, The Netherlands, 2008.
- GOEDKOOP M.; HEIJUNGS R.; DE SCHRYVER A.; STRUIJS J.; VAN ZELM R. **ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level / Report I: Characterization**. Holanda. Ministerie van VROM, Den Haag, 2009.
- GOEDKOOP, M.; OELE, M.; SCHRYVER, A.; VIEIRA, M. **SimaPro Database Manual: Methods Library**. Holanda: PRé Consultants, 2008. Disponível em: <www.pre.nl>. [Acesso em: 06.2012].
- GOSALIA, U. **Sustainability... and the Global Lubricants Industry**. In: The 16th ICIS World Base Oils & Lubricants Conference, London, 2012.
- GUINÉE, J.B., GORRÉE, M., HEIJUNGS, R., HUPPES, G., KLEIJN, R., KONING, A. DE, OERS, L. VAN, WEGENER SLEESWIJK, A., S UH, S., UDO DE HAES, H.A., BRUIJN, H. DE, DUIN, R. VAN, HUIJBREGTS, M.A.J. **Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards**. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 2002.
- GUINÉE, J.B.; HEIJUNGS, H.; HUPPES, G.; ZAMAGNI, A.; MASONI, P; BUONAMICI, R. Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future. **Environmental Science and Technology** v. 45, n. 1, pp. 90-96, 2011.
- HAMADA, A., AL-ZUBAIDYA, E., MUHAMMAD, E. F. Used lubricating oil recycling using hydrocarbon solvents, **Journal of Environmental Management** v. 74, pp. 153–159, 2005.
- HAUSCHILD, M. Z. et al. Identifying best existing practice for characterization modeling in life cycle impact assessment. **International Journal of Life Cycle Assessment** v. 18, pp.683-695, 2012.
- HAUSCHILD, M. and BARLAZ, M. LCA in Waste Management: Introduction to Principle and Method. In: Solid Waste Technology and Management. Christensen, T. (ed) UK: Blackwell Publishing, John Wiley and Sons, 2011.

- HEIJUNGS, R., GUINÉE, J. Allocation and “what if” scenarios in life cycle assessment of waste management systems, *Waste Management* v. 27, pp. 997-1005, 2007.
- HSU, YL., LIU C. Evaluation and selection of regeneration of waste lubricating oil technology, *Environ Monit Assess* v. 176, pp. 197–212, 2001.
- UMBERTO – A software tool for Life Cycle Assessment and Material Flow Analysis – **User Manual**. Institut für Umweltinformatik: Hamburg; Institut für Energie und Umweltforschung: Heidelberg, 2008.
- INFINEUM ADDITIVE SEMINAR. **Lubricant basestock presentation**, New Jersey. Viscosity Modifiers presentation, 2009.
- KALNES, T., SHONNARD R, SCHUPPEL A. LCA of a Spent Lube Oil Re-refining Process. *Computer Aided Chemical Engineering* v. 21, pp. 713-718, 2006.
- KANOKKANTAPONG V., KIATKITTIPONG W., PANYAPINYOPOLD B., WONGSUCHOTOC P., PAVASANTC P. Used lubricating oil management options based on life cycle thinking. *Resources, Conservation and Recycling* v.1 53, n. 5, pp. 294-299, 2009.
- KROGH, L., RAADAL, H.L., HANSEN, O.J., **Life Cycle Assessment of Different Scenarios for Waste Treatment of a Plastic Bottle Used for Food Packaging**. Ostfold Research Foundation, 2004.
- MAGRINI, A. Notas de aula do Curso de Gestão Ambiental. Programa de Planejamento Energético e Ambiental. COPPE, UFRJ, 2008.
- MAGRINI, A. Notas de aula do Curso de Gestão Ambiental. Programa de Planejamento Energético e Ambiental. COPPE, UFRJ, 2011.
- MENDES M.R., ARAMAKI T., HANAKI K. Assessment of the environmental impact of management measures for biodegradable fraction of municipal solid waste un Sao Paulo City. *Waste Management* v. 23: 403-409, 2003.
- MENDES M.R., ARAMAKI T., HANAKI K. Comparison of environmental impact of incineration and landfilling in Sao Paulo City as determined by LCA. *Resources, Conservation and Recycling* v. 41: 47-63, 2004.

- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Acordo setorial de embalagens plásticas de óleos lubrificantes.** Disponível: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/logistica-reversa>. Acessado em: [01.20013]
- MME. Ministério de Minas e Energia. **Portaria Interministerial n° 464/2007**, 2007. Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/legislacao/portaria_interministerial/Portaria_MME-MMA_n_464-2007.pdf. [Acessado em 01.2011].
- MME. Ministério de Minas e Energia. **Portaria Interministerial n°59/2012**, 2012. Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2012/Port_59.pdf [Acessado em 12. 2010].
- MONIER, V., LABOUZE, E. **Critical review of existing studies and life cycle analysis on the regeneration and incineration of waste oils.** EC-DG Environment Taylor Nelson Sofres and Bio Intelligence Service, ADEME, 2001.
- MONIER, V., LABOUZE, E. **Etude de la Gestion de la Filiere de Collecte et de valorization des Huiles Usages dans certains Paus de L`UE.** EC-DG Environment Taylor Nelson Sofres and Bio Intelligence Service, ADEME, 2010.
- NAKANIWA, C, GRAEDEL, T. Life cycle and matrix analyses for re-refined oil in Japan. **International Journal of Life Cycle Assessment**, 2001; 7 (2):95–102.
- OWENS, J.W. Life Cycle Assessment: Constraints on moving from inventory impact assessment. **Journal of Industrial Ecology**, v. 1, n. 1, p. 37-49, 1997.
- OFEFP-Office Fédéral de L'environnement, des Forêts et du Paysage. Bilan Écologique des Matériaux D'emballage. **Cahiers de l'environnement**, 24. Berne, 1984.
- PIRES, A., MARTINHO, G. **Life cycle assessment of a waste lubricant oil management system**Int. J Life Cycle Assess V. 18:102–112, 2013.
- PIRES, A.C.; PAULA, M.C.S.; VILLAS BOAS, R.C. Avaliação do ciclo de vida: a ISO 14040 na América Latina. Brasília: ABIPTI, 2005, 337 p.
- PIZZOL, M.; CHRISTENSEN, P.; SCHMIDT, J. H; THOMSEN, M. Impacts of

- “metals” on human health: a comparison between nine different methodologies for life cycle impact assessment (LCIA). **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p.646–656, 2011.
- REAP, J., ROMAN, F., DUNCAN, S., BRAS, B. A survey on unresolved problems in life cycle assessment. Part 2: impact assessment and interpretation, **International Journal of Life Cycle Assessment** v. 13, pp. 374-388, 2008.
- REBITZER, G. **Enhancing the Application Efficiency of Life Cycle Assessment for Industrial Uses**. DSc. Thesis, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, Suíça, 2005.
- RIBEIRO, F., da SILVA, Gil. Life-cycle inventory for hydroelectric generation: A Brazilian case study, **Journal of Cleaner Production** v. 18, pp. 44–54, 2010.
- SCHMIDT JH, HOLM P, MERRILD A, CHRISTENSEN P. Life cycle assessment of the waste hierarchy – a Danish case study on waste paper. **Waste Management** v. 27, 1519–30, 2007.
- SETAC. **Environmental Life Cycle Cost: A Code of Practice**. Eds. Thomas E. Swarr, David Hunkeler, Walter Klopffer, Hanna-Leena Pesonen, Andreas Citroth, Alan C. Brent, and Robert Pagan. ISBN 978-1-880611-87-6, SETAC Press, February, 2011.
- SIMEPETRO. Sindicato Interestadual de Indústrias Misturadoras e Envasilhadoras de Produtos Derivados de Petróleo. **Relatório Técnico dos Óleos Lubrificantes Usados**, 2009. Disponível em: <<http://www.simepetro.com.br/>>. [Acessado em 12.2010].
- SINDILUB. Sindicato Interestadual do Comércio de Lubrificantes. **Relatório Técnico**, 2010. Disponível em: <<http://www.sindilub.org.br/>>. [Acessado em 07.2011].
- SINDIRREFINO. Sindicato Nacional da Indústria do Refino de Óleos Minerais. **O Refino de Óleos**, 2010. Disponível em: <<http://sindirrefino.org.br/>> [Acessado em 12.2011].
- SHERWANIA, A. F.; USMANIB, J. A.; VARUNC. Life cycle assessment of solar PV based electricity generation systems: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 14, n.1, p. 540–544, 2010.

- SOHN, H. **Gerenciamento de Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados**, São Paulo, GMP/SENAI, 2011.
- UDO de HAES, H. Life Cycle Assessment and Developing Countries. **Journal of Industrial Ecology** v. 8, pp. 1-2, 2004.
- UNEP - United Nations Environment Programme. **Compendium of Recycling and Destruction Technologies for Waste Oils**, IETC, Osaka, 2012.
- WRINKLER, J.; BILITEWSKI, B. Comparative evaluation of life cycle assessment models for solid waste management, **Waste Management** v. 27, pp. 1021-1031, 2007.
- YIN, R. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 2º Ed, Porto Alegre, Bookman, 2004.
- WILLING A. Lubricants based on renewable resources – an environmentally compatible alternative to mineral oil products. **Chemosphere** v. 43, pp. 89-98, 2001.
- ZAMBONI, G. E., Óleos Básicos. **Lubes em foco**, Rio de Janeiro, nº 5, 2008. Disponível em: <<http://www.lubes.com.br/revista/ed05n03.html>>. [Acessado em 10.2011].
- ZHOU, J.; CHANG, V. W.C.; FANE, A. G. Environmental life cycle assessment of reverse osmosis desalination: The influence of different lifecycle impact assessment methods on the characterization results. **Desalination** v. 283, n.1, p. 227–236, 2011.

ANEXO I: PROTOCOLO DE PESQUISA - EMPRESAS DE TRATAMENTO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS (RERREFINO)

Nome da Empresa:

Contato:

e-mail:

Tipos de óleo:

1) Dados da Coleta de óleos usados

Número de Centros de Coletores	Tipos de óleos usados recebidos	Quantidade recebida por ano

1.1 Qual o preço por litro de óleo lubrificante usado recolhido nos pontos de coleta

1.2 Em quantos pontos geradores a empresa recolhe OLU

Postos de Gasolina	Indústria	Outros

1.3 Em quantos Estados a empresa recolhe óleo Lubrificante Usado

1.3 Em quantos Municípios

1.3 Qual a distância média percorrida entre ponto de coleta e a rerrefinaria

--

1.3 Qual a distância mais longa recorrida do Centro de coleta à rerrefinaria

--

2) Dados da produção de óleos usados

Tipos de óleos produzidos	Tipos de óleos usados	Quantidade produzida por ano

2.1 Número de rerrefinarias

--

2.2 Se mais de uma qual a tecnologia usada em cada uma

--

Qual o consumo global de óleos novos por tipo de óleo?

Tipos de óleo	Quantidade (litros)			Porcentagem de mercado		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Lubrificantes de automóvel						
Lubrificantes industriais						
Óleos processados						
Óleos base						
Total						

3) Balanço de materiais e massa

3.1) Quais os consumos energéticos destas unidades de rerrefino? E de onde provêm todas as fontes energéticas usadas no processo?

3.2) Por favor, preencha o quadro seguinte referente às entradas e saídas dos processo de pré-tratamento

Entradas no Processo	Quantidades Recebidas (m³)	Quantidades rerefinados
Óleos usados no estado de estuação		
Óleos usados em outros estados		
Outros materiais utilizados em simultâneo no processamento		

Saídas do processo	Quantidades (m ³)	Destinos(especificar se são depositados em aterro, valorização energética para industriais ou outro destinos possíveis)
Produtos resultantes (detalhar)		
Hidrocarbonetos		
Gasóleo		
Óleo ligeiro		
Betão asfáltico		
Produtos asfálticos		
Asfalto		
Óleo básico		
Subprodutos (detalhar por tipo de subproduto). Quando ocorre reutilização do rejeitado, especificar.		
Rejeitados(que a empresa tem que pagar para serem eliminados, onde? (Se reutilização, favor indicar)		
Águas residuais m ³		

Transporte	
Chegada à instalação	
Qual o tipo de veículo utilizado no transporte do óleo usado?	
Qual o combustível utilizado por este veículo no transporte do óleo usado?	
Qual é a media recorrida dos caminhões para coleta e entrega dos óleos usados a sua unidade?	
Saída da instalação	
Qual o tipo de transporte utilizado no transporte do óleo rerefinado para as empresas	
Qual o combustível utilizado por este veículo no transporte do óleo rerefinado?	
Qual o tipo de transporte usado nas lamas residuais?	
Qual o combustível utilizado por este veículo no transporte das lamas residuais?	
Qual é a media recorrida dos caminhões para entrega dos óleos básico rerefinado?	

		Unidades	Quantidades
Matéria prima			
Óleo usado		m ³ /ano	
Água		m ³ /ano	
Azoto líquido		m ³ /ano	
Materiais subsidiários e energia			
Energia Elétrica		kWh	
Outro tipo de fonte energética			
Combustível automóvel		L/ano	
Resíduos e emissões			
Água		m ³ /ano	
Água oleosa		m ³ /ano	
Torta			
Sedimentos			
Poluentes atmosféricos	CO ₂	MG/m ³	
	CO		
	NO _x		
	SO _x		
	Solventes/COV		
	CH ₄		
	N ₂ O		
	Outros		
	Metas pesados		Pb
	Cd		
	Hg		
	Outros:		
	PM ₁₀		
	Outros particulados		
Sedimentos/ Lamas		t/ano	
Produtos e Co-produtos			
Óleos usados pré-tratados		t/ano	

4. Monitoramento Ambiental, Prevenção de acidentes e danos ambientais

4.1) Existe algum tipo de controle das emissões nestas unidades? Se existe controle de emissões, indique, por favor, quais as tecnologias de tratamento de gases e efluentes e respectivos programas de monitoração.

4.2) Que medidas foram tomadas quando ocorre um acidente ambiental?

4.3) A empresa possui meios de primeira intervenção que se desloquem ao local do acidente de modo a minimizar os impactos ambientais do sinistro em caso de derrame.

ANEXO II: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA

RESOLUÇÃO N o 362, DE 23 DE JUNHO DE 2005

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pela Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, anexo à Portaria nº 499, de 18 de dezembro de 2002, e:

Considerando que o uso prolongado de um óleo lubrificante acabado resulta na sua deterioração parcial, que se reflete na formação de compostos tais como ácidos orgânicos, compostos aromáticos polinucleares potencialmente carcinogênicos, resinas e lacas;

Considerando que a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT, em sua NBR-10004, "Resíduos Sólidos - classificação", classifica o óleo lubrificante usado como resíduo perigoso por apresentar toxicidade;

Considerando que o descarte de óleo lubrificante usado ou contaminado para o solo ou cursos de água gera graves danos ambientais;

Considerando que a combustão de óleos lubrificantes usados gera gases residuais nocivos ao meio ambiente e à saúde pública;

Considerando que a categoria de processos tecnológico-industriais chamada genericamente de rerrefino, corresponde ao método ambientalmente mais seguro para a reciclagem do óleo lubrificante usado ou contaminado, e, portanto, a melhor alternativa de gestão ambiental deste tipo de resíduo; e

Considerando a necessidade de estabelecer novas diretrizes para o recolhimento e destinação de óleo lubrificante usado ou contaminado, resolve:

Art. 1 o Todo óleo lubrificante usado ou contaminado deverá ser recolhido, coletado e ter destinação final, de modo que não afete negativamente o meio ambiente e propicie a máxima recuperação dos constituintes nele contidos, na forma prevista nesta Resolução.

Art. 2 o Para efeito desta Resolução serão adotadas as seguintes definições:

I - coletor: pessoa jurídica devidamente autorizada pelo órgão regulador da indústria do petróleo e licenciada pelo órgão ambiental competente para realizar atividade de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado;

II - coleta: atividade de retirada do óleo usado ou contaminado do seu local de recolhimento e de transporte até à destinação ambientalmente adequada;

III - certificado de coleta: documento previsto nas normas legais vigentes que comprova os volumes de óleos lubrificantes usados ou contaminados coletados;

IV - certificado de recebimento: documento previsto nas normas legais vigentes que comprova a entrega do óleo lubrificante usado ou contaminado do coletor para o rerrefinador;

V - gerador: pessoa física ou jurídica que, em decorrência de sua atividade, gera óleo lubrificante usado ou contaminado;

VI - importador: pessoa jurídica que realiza a importação do óleo lubrificante acabado, devidamente autorizada para o exercício da atividade;

VII - óleo lubrificante básico: principal constituinte do óleo lubrificante acabado, que atenda a legislação pertinente;

VIII - óleo lubrificante acabado: produto formulado a partir de óleos lubrificantes básicos, podendo conter aditivos;

IX - óleo lubrificante usado ou contaminado: óleo lubrificante acabado que, em decorrência do seu uso normal ou por motivo de contaminação, tenha se tornado inadequado à sua finalidade original;

X produtor: pessoa jurídica responsável pela produção de óleo lubrificante acabado em instalação própria ou de terceiros, devidamente licenciada pelo órgão ambiental competente, e autorizada para o exercício da atividade pelo órgão regulador da indústria do petróleo;

XI - reciclagem: processo de transformação do óleo lubrificante usado ou contaminado, tornando-o insumo destinado a outros processos produtivos;

XII - recolhimento: é a retirada e armazenamento adequado do óleo usado ou contaminado do equipamento que o utilizou até o momento da sua coleta, efetuada pelo revendedor ou pelo próprio gerador;

XIII - rerrefinador: pessoa jurídica, responsável pela atividade de rerrefino, devidamente autorizada pelo órgão regulador da indústria do petróleo para a atividade de rerrefino e licenciada pelo órgão ambiental competente;

XIV - rerrefino: categoria de processos industriais de remoção de contaminantes, produtos de degradação e aditivos dos óleos lubrificantes usados ou contaminados, conferindo aos mesmos características de óleos básicos, conforme legislação específica;

XV - revendedor: pessoa jurídica que comercializa óleo lubrificante acabado no atacado e no varejo tais como: postos de serviço, oficinas, supermercados, lojas de autopeças, atacadistas, etc; e

XVI - águas interiores: as compreendidas entre a costa e as linhas de base reta, a partir das quais se mede a largura do mar territorial; as dos portos; as das baías; as dos rios e de seus estuários; as dos lagos, lagoas e canais, e as subterrâneas.

Art. 3º O Todo o óleo lubrificante usado ou contaminado coletado deverá ser destinado à reciclagem por meio do processo de rerrefino.

§ 1º A reciclagem referida no caput poderá ser realizada, a critério do órgão ambiental competente, por meio de outro processo tecnológico com eficácia ambiental comprovada equivalente ou superior ao rerrefino.

§ 2º Será admitido o processamento do óleo lubrificante usado ou contaminado para a fabricação de produtos a serem consumidos exclusivamente pelos respectivos geradores industriais.

§ 3º Comprovada, perante ao órgão ambiental competente, a inviabilidade de destinação prevista no caput e no § 1º deste artigo, qualquer outra utilização do óleo lubrificante usado ou contaminado dependerá do licenciamento ambiental.

§ 4º Os processos utilizados para a reciclagem do óleo lubrificante deverão estar devidamente licenciados pelo órgão ambiental competente.

Art. 4º Os óleos lubrificantes utilizados no Brasil devem observar, obrigatoriamente, o princípio da reciclabilidade.

Art. 5º O produtor, o importador e o revendedor de óleo lubrificante acabado, bem como o gerador de óleo lubrificante usado, são responsáveis pelo recolhimento do óleo lubrificante usado ou contaminado, nos limites das atribuições previstas nesta Resolução.

Art. 6º O produtor e o importador de óleo lubrificante acabado deverão coletar ou garantir a coleta e dar a destinação final ao óleo lubrificante usado ou contaminado, em conformidade com esta Resolução, de forma proporcional em relação ao volume total de óleo lubrificante acabado que tenham comercializado.

§ 1º Para o cumprimento da obrigação prevista no caput deste artigo, o produtor e o importador poderão:

I - contratar empresa coletora regularmente autorizada junto ao órgão regulador da indústria do petróleo; ou

II - habilitar-se como empresa coletora, na forma da legislação do órgão regulador da indústria do petróleo.

§ 2º A contratação de coletor terceirizado não exonera o produtor ou importador da responsabilidade pela coleta e destinação legal do óleo usado ou contaminado coletado.

§ 3º Respondem o produtor e o importador, solidariamente, pelas ações e omissões dos coletores que contratarem.

Art. 7º Os produtores e importadores são obrigados a coletar todo óleo disponível ou garantir o custeio de toda a coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado efetivamente realizada, na proporção do óleo que colocarem no mercado conforme metas progressivas intermediárias e finais a serem estabelecidas pelos Ministérios de Meio Ambiente e de Minas e Energia em ato normativo conjunto, mesmo que superado o percentual mínimo fixado.

Parágrafo único. Os órgãos referidos no caput deverão estabelecer, ao menos anualmente, o percentual mínimo de coleta de óleos lubrificantes usados ou contaminados, não inferior a 30% (trinta por cento), em relação ao óleo lubrificante acabado comercializado, observado o seguinte:

I análise do mercado de óleos lubrificantes acabados, na qual serão considerados os dados dos últimos três anos;

II - tendência da frota nacional quer seja rodoviária, ferroviária, naval ou aérea;

III - tendência do parque máquinas industriais consumidoras de óleo, inclusive agroindustriais;

IV - capacidade instalada de rerrefino;

V - avaliação do sistema de recolhimento e destinação de óleo lubrificante usado ou contaminado;

VI - novas destinações do óleo lubrificante usado ou contaminado, devidamente autorizadas;

VII - critérios regionais; e

VIII - as quantidades de óleo usado ou contaminado efetivamente coletadas.

Art. 8º O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA, o órgão regulador da indústria do petróleo e o órgão estadual de meio ambiente, este, quando solicitado, são responsáveis pelo controle e verificação do exato cumprimento dos percentuais de coleta fixados pelos Ministérios do Meio Ambiente e de Minas e Energia.

Parágrafo único. Para a realização do controle de que trata o caput deste artigo, o IBAMA terá como base as informações relativas ao trimestre civil anterior.

Art. 9º O Ministério do Meio Ambiente, na primeira reunião ordinária do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA de cada ano, apresentará o percentual mínimo de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado, acompanhado de relatório justificativo detalhado, e o IBAMA apresentará relatório sobre os resultados da implementação desta Resolução.

Art. 10. Não integram a base de cálculo da quantia de óleo lubrificante usado ou contaminado a ser coletada pelo produtor ou importador os seguintes óleos lubrificantes acabados:

I - destinados à pulverização agrícola;

II - para correntes de moto-serra;

III - industriais que integram o produto final, não gerando resíduo;

IV - de estampagem;

V - para motores dois tempos;

VI - destinados à utilização em sistemas selados que não exijam troca ou que impliquem em perda total do óleo;

VII - solúveis;

VIII - fabricados à base de asfalto;

IX - destinados à exportação, incluindo aqueles incorporados em máquinas e equipamentos destinados à exportação; e

X - todo óleo lubrificante básico ou acabado comercializado entre as empresas produtoras, entre as empresas importadoras, ou entre produtores e importadores, devidamente autorizados pela Agência Nacional do Petróleo-ANP.

Art. 11. O Ministério do Meio Ambiente manterá e coordenará grupo de monitoramento permanente para o acompanhamento desta Resolução, que deverá se reunir ao menos trimestralmente, ficando assegurada a participação de representantes do órgão regulador da indústria do petróleo, dos produtores e importadores, dos revendedores, dos coletores, dos rerrefinadores, das entidades representativas dos órgãos ambientais estaduais e municipais e das organizações não governamentais ambientalistas.

Art. 12. Ficam proibidos quaisquer descartes de óleos usados ou contaminados em solos, subsolos, nas águas interiores, no mar ritorial, na zona econômica exclusiva e nos sistemas de esgoto ou evacuação de águas residuais.

Art. 13. Para fins desta Resolução, não se entende a combustão ou incineração de óleo lubrificante usado ou contaminado como formas de reciclagem ou de destinação adequada.

Art. 14. No caso dos postos de revenda flutuantes que atendam embarcações, o gerenciamento do óleo lubrificante usado ou contaminado deve atender a legislação ambiental vigente.

Art. 15. Os óleos lubrificantes usados ou contaminados não rerrefináveis, tais como as emulsões oleosas e os óleos biodegradáveis, devem ser recolhidos e eventualmente coletados, em separado, segundo sua natureza, sendo vedada a sua mistura com óleos usados ou contaminados rerrefináveis.

Parágrafo único. O resultado da mistura de óleos usados ou contaminados não rerrefináveis ou biodegradáveis com óleos usados ou contaminados rerrefináveis é considerado integralmente óleo usado ou contaminado não rerrefinável, não biodegradável e resíduo perigoso (classe I), devendo sofrer destinação ou disposição final compatível com sua condição.

Art. 16. São, ainda, obrigações do produtor e do importador:

I - garantir, mensalmente, a coleta do óleo lubrificante usado ou contaminado, no volume mínimo fixado pelos Ministérios do Meio Ambiente e de Minas e Energia, que será calculado com base no volume médio de venda dos óleos lubrificantes acabados, verificado no trimestre civil anterior.

II - prestar ao IBAMA e, quando solicitado, ao órgão estadual de meio ambiente, até o décimo quinto dia do mês subsequente a cada trimestre civil, conforme previsto no Anexo I desta Resolução, informações mensais relativas aos volumes de:

a) óleos lubrificantes comercializados por tipo, incluindo os dispensados de coleta;

b) coleta contratada, por coletor; e

c) óleo básico rerrefinado adquirido, por rerrefinador.

III receber os óleos lubrificantes usados ou contaminados não recicláveis decorrentes da utilização por pessoas físicas, e destiná-los a processo de tratamento aprovado pelo órgão ambiental competente;

IV - manter sob sua guarda, para fins fiscalizatórios, os Certificados de Recebimento emitidos pelo rerrefinador e demais documentos legais exigíveis, pelo prazo de cinco anos;

V - divulgar, em todas as embalagens de óleos lubrificantes acabados, bem como em informes técnicos, a destinação e a forma de retorno dos óleos lubrificantes usados ou contaminados recicláveis ou não, de acordo com o disposto nesta Resolução;

VI - a partir de um ano da publicação desta resolução, divulgar em todas as embalagens de óleos lubrificantes acabados, bem como na propaganda, publicidade e em informes técnicos, os danos que podem ser causados à população e ao ambiente pela disposição inadequada do óleo usado ou contaminado.

§ 1º O produtor ou o importador que contratar coletor terceirizado deverá celebrar com este contrato de coleta, com a interveniência do responsável pela destinação adequada.

§ 2º Uma via do contrato de coleta previsto no parágrafo anterior será arquivada, à disposição do órgão estadual ambiental, onde o contratante tiver a sua sede principal, por um período mínimo de cinco anos, da data de encerramento do contrato.

Art. 17. São obrigações do revendedor:

I - receber dos geradores o óleo lubrificante usado ou contaminado;

II - dispor de instalações adequadas devidamente licenciadas pelo órgão ambiental competente para a substituição do óleo usado ou contaminado e seu recolhimento de forma segura, em lugar acessível à coleta, utilizando recipientes propícios e resistentes a vazamentos, de modo a não contaminar o meio ambiente;

III - adotar as medidas necessárias para evitar que o óleo lubrificante usado ou contaminado venha a ser misturado com produtos químicos, combustíveis, solventes, água e outras substâncias, evitando a inviabilização da reciclagem;

IV - alienar os óleos lubrificantes usados ou contaminados exclusivamente ao coletor, exigindo:

a) a apresentação pelo coletor das autorizações emitidas pelo órgão ambiental competente e pelo órgão regulador da indústria do petróleo para a atividade de coleta;

b) a emissão do respectivo certificado de coleta.

V - manter para fins de fiscalização, os documentos comprobatórios de compra de óleo lubrificante acabado e os Certificados de Coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado, pelo prazo de cinco anos;

VI - divulgar em local visível ao consumidor, no local de exposição do óleo acabado posto à venda, a destinação disciplinada nesta Resolução, na forma do Anexo III; e

VII manter cópia do licenciamento fornecido pelo órgão ambiental competente para venda de óleo acabado, quando aplicável, e do recolhimento de óleo usado ou contaminado em local visível ao consumidor.

Art. 18. São obrigações do gerador:

I - recolher os óleos lubrificantes usados ou contaminados de forma segura, em lugar acessível à coleta, em recipientes adequados e resistentes a vazamentos, de modo a não contaminar o meio ambiente;

II adotar as medidas necessárias para evitar que o óleo lubrificante usado ou contaminado venha a ser misturado com produtos químicos, combustíveis, solventes, água e outras substâncias, evitando a inviabilização da reciclagem;

III alienar os óleos lubrificantes usados ou contaminados exclusivamente ao ponto de recolhimento ou coletor autorizado, exigindo:

a) a apresentação pelo coletor das autorizações emitidas pelo órgão ambiental competente e pelo órgão regulador da indústria do petróleo para a atividade de coleta;

b) a emissão do respectivo Certificado de Coleta.

IV - fornecer informações ao coletor sobre os possíveis contaminantes contidos no óleo lubrificante usado, durante o seu uso normal;

V - manter para fins de fiscalização, os documentos comprobatórios de compra de óleo lubrificante acabado e os Certificados de Coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado, pelo prazo de cinco anos;

VI no caso de pessoa física, destinar os óleos lubrificantes usados ou contaminados não recicláveis de acordo com a orientação do produtor ou do importador; e

VII - no caso de pessoa jurídica, dar destinação final adequada devidamente autorizada pelo órgão ambiental competente aos óleos lubrificantes usados ou contaminados não recicláveis.

§ 1º Os óleos usados ou contaminados provenientes da frota automotiva devem preferencialmente ser recolhidos nas instalações dos revendedores.

§ 2º Se inexistirem coletores que atendam diretamente os geradores, o óleo lubrificante usado ou contaminado poderá ser entregue ao respectivo revendedor.

Art. 19 São obrigações do coletor:

I - firmar contrato de coleta com um ou mais produtores ou importadores com a interveniência de um ou mais rerrefinadores, ou responsável por destinação ambientalmente adequada, para os quais necessariamente deverá entregar todo o óleo usado ou contaminado que coletar;

II - disponibilizar, quando solicitado pelo órgão ambiental competente, pelo prazo de cinco anos, os contratos de coleta firmados;

III - prestar ao IBAMA e, quando solicitado, ao órgão estadual de meio ambiente, até o décimo quinto dia do mês subsequente, a cada trimestre civil, na forma do Anexo II, informações mensais relativas ao volume de:

a) óleo lubrificante usado ou contaminado coletado, por produtor/importador; e

b) óleo lubrificante usado ou contaminado entregue por rerrefinador ou responsável por destinação ambientalmente adequada.

IV emitir a cada aquisição de óleo lubrificante usado ou contaminado, para o gerador ou revendedor, o respectivo Certificado de Coleta;

V - garantir que as atividades de armazenamento, manuseio, transporte e transbordo do óleo lubrificante usado ou contaminado coletado, sejam efetuadas em condições adequadas de segurança e por pessoal devidamente treinado, atendendo à legislação pertinente e aos requisitos do licenciamento ambiental;

VI adotar as medidas necessárias para evitar que o óleo lubrificante usado ou contaminado venha a ser misturado com produtos químicos, combustíveis, solventes, água e outras substâncias, evitando a inviabilização da reciclagem;

VII - destinar todo o óleo lubrificante usado ou contaminado coletado, mesmo que excedente de cotas pré-fixadas, a rerrefinador ou responsável por destinação ambientalmente adequada interveniente em contrato de coleta que tiver firmado, exigindo os correspondentes Certificados de Recebimento, quando aplicável;

VIII - manter atualizados os registros de aquisições, alienações e os documentos legais, para fins fiscalizatórios, pelo prazo de cinco anos; e

IX - respeitar a legislação relativa ao transporte de produtos perigosos.

Art. 20. São obrigações dos rerrefinadores:

I - receber todo o óleo lubrificante usado ou contaminado exclusivamente do coletor, emitindo o respectivo Certificado de Recebimento;

II - manter atualizados e disponíveis para fins de fiscalização os registros de emissão de Certificados de Recebimento, bem como outros documentos legais exigíveis, pelo prazo de cinco anos;

III - prestar ao IBAMA e, quando solicitado, ao órgão estadual de meio ambiente, até o décimo quinto dia do mês subsequente a cada trimestre civil, informações mensais relativas:

- a) ao volume de óleos lubrificantes usados ou contaminados recebidos por coletor;
- b) ao volume de óleo lubrificante básico rerrefinado produzido e comercializado, por produtor/importador.

§ 1º Os óleos básicos procedentes do rerrefino deverão se enquadrar nas normas estabelecidas pelo órgão regulador da indústria do petróleo e não conter substâncias proibidas pela legislação ambiental.

§ 2º O rerrefinador deverá adotar a política de geração mínima de resíduos inservíveis no processo de rerrefino.

§ 3º O resíduo inservível gerado no processo de rerrefino será considerado como resíduo classe I, salvo comprovação em contrário com base em laudos de laboratórios devidamente credenciados pelo órgão ambiental competente.

§ 4º Os resíduos inservíveis gerados no processo de rerrefino deverão ser inertizados e receber destinação adequada e aprovada pelo órgão ambiental competente.

§ 5º O processo de licenciamento da atividade de rerrefino, além do exigido pelo órgão estadual de meio ambiente, deverá conter informações sobre:

- a) volumes de outros materiais utilizáveis resultantes do processo de rerrefino;
- b) volumes de resíduos inservíveis gerados no processo de rerrefino, com a indicação da correspondente composição química média; e
- c) volume de perdas no processo.

Art. 21. São obrigações dos demais recicladores, nos processos de reciclagem previstos no art. 3º, desta Resolução:

I - prestar ao IBAMA e, quando solicitado, ao órgão estadual de meio ambiente, até o décimo quinto dia do mês subsequente a cada trimestre civil, informações mensais relativas:

- a) ao volume de óleos lubrificantes usados ou contaminados recebidos;

b) ao volume de produtos resultantes do processo de reciclagem.

§ 1º O reciclador deverá adotar a política de geração mínima de resíduos inservíveis no processo de reciclagem.

§ 2º O resíduo inservível gerado no processo de reciclagem será considerado como resíduo classe I, salvo comprovação em contrário com base em laudos de laboratórios devidamente credenciados pelo órgão ambiental competente.

§ 3º Os resíduos inservíveis gerados no processo de reciclagem deverão ser inertizados e receber destinação adequada e aprovada pelo órgão ambiental competente.

§ 4º O processo de licenciamento da atividade de reciclagem, além do exigido pelo órgão estadual de meio ambiente, deverá conter informações sobre:

a) volumes de outros materiais utilizáveis resultantes do processo de reciclagem;

b) volumes de resíduos inservíveis gerados no processo de reciclagem, com a indicação da correspondente composição química média;

c) volume de perdas no processo.

Art. 22. O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores, entre outras, as sanções previstas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e no Decreto nº 3.179, de 22 de setembro de 1999.

Art. 23. As obrigações previstas nesta Resolução são de relevante interesse ambiental.

Art. 24. A fiscalização do cumprimento das obrigações previstas nesta Resolução e aplicação das sanções cabíveis é de responsabilidade do IBAMA e do órgão estadual e municipal de meio ambiente, sem prejuízo da competência própria do órgão regulador da indústria do petróleo.

Art. 25. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 26. Fica revogada a Resolução CONAMA nº 9, de 31 de agosto de 1993.

MARINA SILVA

ANEXO I

INFORMAÇÕES DOS PRODUTORES E IMPORTADORES

Os produtores e/ou importadores deverão prestar trimestralmente ao IBAMA as informações constantes nas tabelas I, II e III deste anexo, até o 15º dia útil do mês imediatamente subsequente ao período de tempo considerado.

TABELA I

Produtor e/ou importador :

CNPJ:

Ano:

TABELA II

TABELA III

Sendo:

Volume comercializado = o volume (em m³) comercializado de óleo lubrificante acabado em cada mês do trimestre relativo para todos os óleos que compõem a sua linha de produção e/ou importação, devidamente discriminados pelo número de registro na Agência Nacional do Petróleo-ANP.

Volume dispensado de coleta = o volume (em m³) comercializado de todos os óleos dispensáveis de coleta que compõem sua linha de produção e/ou importação, devidamente discriminados pelo número de registro na Agência Nacional do Petróleo-ANP, classificados pelo seu uso/destinação principal de acordo com a informação contida no artigo.....

Volume coletado = volume (em m³) de óleo lubrificante usado ou contaminado coletado em cada mês do trimestre considerado

Volume enviado ao rerrefino = o volume (em m³) de óleo lubrificante usado ou contaminado, em cada mês do trimestre considerado, enviado a cada rerrefinador, identificado pelo seu respectivo Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica-CNPJ.

Volume adquirido = o volume (em m³) de óleo lubrificante básico adquirido, em cada mês do trimestre considerado, oriundo da operação de rerrefino, devidamente identificado em cada rerrefinador, por meio de seu CNPJ.

As empresas rerrefinadoras deverão prestar trimestralmente ao IBAMA as informações constantes nas tabelas IV e V, deste anexo, até o décimo quinto dia útil do mês imediatamente subsequente ao período de tempo considerado.

TABELA IV

Rerrefinador:

CNPJ:

TABELA V

Sendo:

Volume Recebido = o volume (em m³) de óleo lubrificante usado ou contaminado recebido da operação de coleta, em cada mês do trimestre considerado, e enviado a cada produtor e/ou importador, identificado pelo respectivo CNPJ.

Volume Rerrefinado Acabado = o volume (em m³) de óleo lubrificante rerrefinado acabado, em cada mês do trimestre considerado, enviado a cada produtor e/ou importador, identificado pelo respectivo CNPJ.

O IBAMA disponibilizará anualmente relatórios específicos onde constarão os percentuais atingidos por produtor e/ou importador, relativos a coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado e ao óleo lubrificante acabado comercializado pelo site <[www .ibama.gov.br/ctf](http://www.ibama.gov.br/ctf)> menu relatórios.

ANEXO II

INFORMAÇÕES DOS COLETORES

Os Coletores deverão prestar trimestralmente ao IBAMA as informações constantes deste Anexo, Tabelas I e II até o décimo quinto dia útil do mês imediatamente subsequente ao período de tempo considerado.