

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

LIDIANA ZOCHE

**IDENTIFICAÇÃO DAS LIMITAÇÕES DA ACV SOB A ÓTICA DE
PESQUISAS ACADÊMICAS**

DISSERTAÇÃO

PONTA GROSSA

2014

LIDIANA ZOCHE

**IDENTIFICAÇÃO DAS LIMITAÇÕES DA ACV SOB A ÓTICA DE
PESQUISAS ACADÊMICAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco

PONTA GROSSA

2014

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Biblioteca
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa
n.09/14

Z84 Zocche, Lidiana

Identificação das limitações da ACV sob a ótica de pesquisas acadêmicas. /
Lidiana Zocche. -- Ponta Grossa, 2014.
108 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do
Paraná. Ponta Grossa, 2014.

1. Ciclo de vida do produto. 2. Pesquisa. 3. Universidades e faculdades. I.
Francisco, Antonio Carlos de. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. III
Título.

CDD 507



**Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus
Ponta Grossa**

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



FOLHA DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação Nº 236/2014

IDENTIFICAÇÃO DAS LIMITAÇÕES DA ACV SOB A ÓTICA DE PESQUISAS

ACADÊMICAS

por

Lidiana Zocche

Esta dissertação foi apresentada às **10 horas e 30 minutos de 13 de fevereiro de 2014** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, com área de concentração em Gestão Industrial, linha de pesquisa em Gestão do Conhecimento e Inovação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Luis Antonio Brandalise (UEPG)

Prof. Dr^a. Joseane Pontes (UTFPR)

Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco

Prof. Dr. Aldo Braghini Junior (UTFPR)
Coordenador do PPGEP

A FOLHA DE APROVAÇÃO ASSINADA ENCONTRA-SE NO DEPARTAMENTO DE REGISTROS ACADÊMICOS DA UTFPR –CÂMPUS PONTA GROSSA

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua presença intensa na minha vida.

Agradeço imensamente a quem eu admiro como professor, orientador e exemplo de pessoa, Antonio Carlos de Francisco (Tico) que me orientou pacientemente e sempre me motivou a não desistir dos meus ideais. Muito obrigada pelos bons momentos vividos no grupo de pesquisa, principalmente quando soava a palavra “chocolate” na sala ao lado.

Ao grupo de pesquisa LESP pela troca de conhecimento e demonstração de que trabalho em equipe é o caminho para a pesquisa. Agradeço principalmente aos meus colegas Leila e Cassiano que me acolheram e pacientemente sanaram minhas dúvidas sobre a pesquisa, que não foram poucas.

A minha família que sempre me apoiou nas minhas decisões e esteve constantemente ao meu lado nos momentos difíceis durante essa etapa. Obrigada por entenderem minha ausência e me esperarem sempre com tanta saudade.

Aos meus amigos, como sempre me apoiando e me tranquilizando em momentos de Incertezas e entendendo minha ausência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa.

"Nenhum vento sopra a favor de quem não sabe para onde ir."
Sêneca

RESUMO

ZOCCHÉ, Lidiana. **Identificação das limitações da ACV sob a ótica de pesquisas acadêmicas**. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2014.

Esta pesquisa teve como objetivo geral identificar as barreiras observadas na implantação da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) no setor produtivo brasileiro, sob a ótica das pesquisas acadêmicas. A pesquisa classificou-se como exploratória e descritiva, sendo constituída como aplicada. O estudo se dividiu nas seguintes etapas: identificação os grupos que pesquisam sobre a temática ACV no Brasil e avaliação dos vínculos dos grupos de pesquisa com empresas; mapeamento dos estudos de ACV realizados no Brasil e suas especificidades; diagnóstico do potencial da ACV como contribuição para a geração de inovação através de estudos de ACV aplicados e análise das dificuldades da implantação desta metodologia no país. Os resultados dos objetivos propostos indicam que há um grande interesse em estudos de ACV na área acadêmica, entretanto, existe uma grande dificuldade para concretizar parceria com empresas para a aplicação desta metodologia. Essas barreiras dificultam sua aplicação e conseqüentemente afetam o potencial da ACV como contribuição para a geração na indústria. O fator mais relevante em relação as limitações que a ACV enfrenta no Brasil é a falta da construção de banco de dados genuinamente brasileiros, que faria da ACV um instrumento bastante efetivo para a introdução definitiva da variável ambiental no processo gerencial de tomada de decisão da indústria nacional.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Cenário acadêmico. Limitações.

ABSTRACT

ZOCCHÉ, Lidiana. **Identification of the limitations of the LCA from the perspective of academic research.** 2014. 108 p. Dissertation (Master in Production Engineering) – Graduate Program in Production Engineering, Federal Technology University - Parana. Ponta Grossa, 2014.

This research had as its primary objective to diagnose the barriers faced in the implantation of the Life-Cycle Assessment, (LCA) in the Brazilian industrial sector, in the perspective of the academic studies. The research is classified as exploratory and descriptive, as well as a survey. The study is divided in the following steps: identification of the groups which research the issues on LCA in Brazil as well as the evaluation of the bonds between those research teams and the companies; mapping of the LCA studies developed in Brazil and their particularities; diagnosis of the LCA potential as a contributor in the generation of innovation through the LCA applied studies as well as analysis of the difficulties found in the implantation of the methodology in the country. The results of the proposed objectives indicate that there is a great interest in LCA studies in the academic area, however, there is great difficulty to achieve partnership with companies to implement this methodology. These barriers hinder its application and consequently affect the potential of LCA as a contribution to the generation in the industry. The most important factor regarding the limitations that LCA faces in Brazil is the lack of building stock genuine Brazilian data, which would make the LCA a very effective tool for the definitive introduction of the environmental variable in managerial decision-making process industry national.

Keywords: Life-Cycle Assessment (LCA). Academic setting. Limitations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura da pesquisa	19
Figura 2 - As Fases da ACV.....	25
Figura 3 - Procedimentos simplificados para a análise de inventário.....	29
Figura 4 - Procedimentos simplificados para a análise de inventário.....	35
Figura 5 - Relacionamento dos elementos da fase de interpretação com as outras fases da ACV	36
Figura 6 - Fases do ciclo de vida de um produto.....	50
Figura 7- Etapas da pesquisa.....	53
Figura 8: Parceria entre instituição e empresa	59
Figura 9- Estudos em ACV por país.....	61
Figura 10 - Evolução dos estudos citando a ACV no banco de teses e dissertações da CAPES	64
Figura 11 - Tipos de estudo referente a ACV	65
Figura 12 - Área de conhecimento dos estudos de ACV.....	66
Figura 13 - Setores de aplicação dos estudos de ACV	68
Figura 14- Métodos de AICV utilizados nas teses e dissertações.....	69
Figura 15: <i>Softwares</i> utilizados em teses e dissertações no Brasil.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais métodos para AICV	39
Quadro 2 - Categorias de impacto abordadas pelos métodos Eco-Indicator 99, CML 2001	41
Quadro 3: <i>Softwares</i> de apoio à ACV	45
Quadro 4 - Levantamento de teses e dissertações em ACV no Brasil.....	63
Quadro 5 - Objetivo da aplicação da ACV.....	67
Quadro 6: Estudos que através da aplicação da ACV possibilitam inovação	74
Quadro 7: Limitações encontradas em teses e dissertações no Brasil	80

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCV	Associação Brasileira do Ciclo de Vida
Abipti	Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBGCV	Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida
CILCA	Conferência Internacional de Avaliação do Ciclo de Vida
CML	<i>Center for Environmental Science</i>
EPO	<i>European Patents Office</i>
EDIP	<i>Environmental Design of Industrial Products</i>
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i>
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
ONG	Organização Não-Governamental
PBACV	Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida
TC	Comitê Técnico
USP	Universidade de São Paulo
UnB	Universidade de Brasília
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
PDP	Planejamento e Desenvolvimento de Produto

LISTA DE ACRÔNIMOS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CETEA	Centro de Tecnologia de Embalagem
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GANÁ	Grupo de Apoio à Normalização
GP2	Grupo de Prevenção a Poluição
ITAL	Instituto de Tecnologia de Alimentos
ILCD	<i>International Reference Life Cycle Data System</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MRI	<i>Midwest Research Institute</i>
REPA	<i>Resource and Environmental Profile Analysis</i>
WIPO	World Intellectual Property Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 Objetivo geral.....	15
1.1.2 Objetivos Específicos.....	16
1.2 JUSTIFICATIVA.....	16
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)	20
2.3 HISTÓRICO DA ACV NO BRASIL.....	22
2.4 ESTRUTURA METODOLOGIA DA ACV.....	25
2.4.1 Fase 1: Definição do Objetivo e Escopo da ACV.....	26
2.4.2 Fase 2: Análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV)	28
2.4.3 Fase 3: Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)	31
2.4.4 Fase 4: Interpretação.....	35
2.5 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DA ACV	37
2.5.1 Método EDIP97.....	41
2.5.2 CML 2001	42
2.5.3 Eco-Indicator 99.....	43
2.6 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA	44
2.7 BANCO DE DADOS PARA SUPORTE DA ACV	48
2.8 BENEFÍCIOS, APLICAÇÕES E LIMITAÇÕES DA ACV	49
3 METODOLOGIA	53
3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS GRUPOS QUE PESQUISAM SOBRE A TEMÁTICA ACV NO BRASIL E SEUS VÍNCULOS COM EMPRESAS.....	54
3.2 MAPEAMENTO DOS ESTUDOS DE ACV REALIZADOS NO BRASIL E SUAS ESPECIFICIDADES	55
3.3 DIAGNOSTICO DO POTENCIAL DA ACV COMO CONTRIBUIÇÃO PARA A GERAÇÃO DE INOVAÇÃO ATRAVÉS DE ESTUDOS DE ACV APLICADOS.....	56
3.4 IDENTIFICAÇÃO DAS DIFICULDADES DA IMPLANTAÇÃO DESTA METODOLOGIA NO PAÍS	57
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	58
4.1 GRUPOS QUE PESQUISAM SOBRE A TEMÁTICA ACV NO BRASIL	58
4.2 ACV NO MEIO ACADÊMICO BRASILEIRO	61
4.2.1 Métodos de AICV utilizados no Brasil	69
4.2.2 Ferramentas computacionais para análise do ciclo de vida utilizadas em estudos no Brasil.....	70
4.3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA PARA A GERAÇÃO DE INOVAÇÃO	72

4.3.1 Inovação em Produtos	74
4.3.2 Inovações em processos	76
4.3.3 Inovações em serviços	77
4.4 ANÁLISE DA GERAÇÃO DE PATENTES ATRAVÉS DO USO DA ACV NO BRASIL	78
4.5 LIMITAÇÕES ENCONTRADAS NOS TRABALHOS DE ACV REALIZADOS NO BRASIL SOB A ÓTICA DAS PESQUISAS ACADÊMICAS	79
5..COSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
REFERÊNCIAS.....	85
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE PESQUISA.....	95
APÊNDICE B - ESTUDOS ACADÊMICOS APLICADOS EM ACV NO BRASIL REFERENTES AO QUADRO 5 E 6.....	97

1 INTRODUÇÃO

Devido ao aumento da competitividade em decorrência do intenso desenvolvimento tecnológico, os produtos estão sendo rapidamente substituídos por novos, diminuindo assim seu ciclo de vida e fazendo com que as empresas sejam induzidas a inovar constantemente afim de se manterem competitivas no mercado.

Diante disso, o ciclo de vida de produtos vem evoluindo num quadro onde, demandas para a saúde e exigências ambientais são suscitados por vários interessados, como autoridades, empresas e organizações sociais, aumentando reivindicações por produtos ecologicamente orientados e visando inovações através de mudanças tecnológicas com o menor impacto ambiental possível (KROZER, 2008; HEGEDUS, 2006; TIDD, BESSANT, PAVITT, 2008; LUZ, 2011; AZAPAGIC, 1999).

Chiou et al (2011), enfatizam que um produto ambientalmente correto pode ser definido quando seu desempenho ambiental e social é melhorado significativamente, compreendendo todas as etapas do ciclo de vida do produto, desde a extração da matéria-prima, produção, utilização e descarte final, durante as quais um produto pode mostrar suas características amigáveis ao meio ambiente.

Neste contexto, métodos estão sendo desenvolvidos para avaliar os impactos ambientais no ciclo de vida dos produtos, processos ou atividades para efeitos de regulação e de apoio nas decisões das empresas.

Um dos métodos que vem ganhando destaque é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) que vem sendo empregada como uma ferramenta de gestão de forma integrada, sistemática e multidisciplinar, quantificando cargas ambientais e seus impactos potenciais ao longo do ciclo de vida de um produto, processo ou atividade (PIERAGOSTINI; MUSSATI e AGUIRRE, 2012; WONGLIMPIYARAT, 2005).

Esta metodologia vem sendo praticada a mais de 30 anos em países desenvolvidos, os autores (LIMA, 2007; BONEZZI, 2004) ressaltam que as discussões científicas e padronização das normas ajudaram no desenvolvimento da

ACV. Nos países em desenvolvimento, e em especial no Brasil, estudos sobre a ACV vêm sendo desenvolvidos pela academia, através de trabalhos de mestrado e doutorado, e por algumas empresas.

No Brasil os estudos acadêmicos relacionados à aplicação desta metodologia são recentes, sendo o primeiro trabalho realizado no país data do ano de 1997. Deste então, os estudos realizados até o momento veem apresentando dificuldades e limitações.

A realização de um trabalho para identificar as limitações enfrentadas em estudos de ACV no Brasil através de pesquisas acadêmicas visto que, a academia é a maior praticante desta metodologia no país e por consequência trabalha em parceria com as indústrias, irá colaborar com a identificação de pontos potenciais de melhoria. Com isso, torna-se possível formular ações para diminuir essas dificuldades e limitações que tangem sobre a aplicação da ACV no país. Essas ações podem promover, além de ganhos ambientais, maior confiabilidade em estudos acadêmicos e diferenciais competitivos à indústria.

Neste contexto, o presente trabalho se propõe a responder o seguinte problema de pesquisa: **Quais são as barreiras enfrentadas na aplicação da ACV no Brasil sob a ótica das pesquisas acadêmicas?**

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Identificar as barreiras observadas na implantação da ACV no setor produtivo brasileiro, sob a ótica das pesquisas acadêmicas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar os grupos que pesquisam sobre a temática ACV no Brasil e Avaliar os vínculos dos grupos de pesquisa com empresas;
- Mapear estudos de ACV realizados no Brasil e suas especificidades;
- Diagnosticar o potencial da ACV como contribuição para a geração de inovação através de estudos de ACV aplicados; e
- Analisar dificuldades da implantação desta metodologia no país.

1.2 JUSTIFICATIVA

A preocupação com os impactos ambientais mundiais causados por produtos, processos e serviços vem fazendo com que haja um crescimento de estudos para identificar os pontos potenciais de impactos causados e assim tentar elimina-los ou diminuí-los.

Neste cenário, ferramentas que subsidiam conhecimentos mais aprofundados sobre a temática ambiental, como a ACV, passaram a ser mais valorizadas e incorporadas na indústria moderna (PIEKARSKI, 2013).

A ACV é vista como uma ferramenta que contribui para avaliação e interpretação dos impactos ambientais relacionados aos objetivos do estudo, através do levantamento e compilação de entradas (matérias-primas), etapas de produção, consumo e saídas (disposição final) de um sistema de produto ao longo de todo o seu ciclo de vida (ABNT, 2009). Sendo uma metodologia adequada e valiosa para avaliar o impacto ambiental dos materiais, produtos e sistemas de serviço, fazendo parte do processo de tomada de decisão para a sustentabilidade, através do processo de seleção, otimização de design e identificação de tecnologias inovadoras para processos e produtos novos e mudanças significantes nos que já estão no mercado.

A aplicação da ACV fornece resultados amplamente utilizados para a geração de valor em organizações e nas grandes áreas da Engenharia de Produção, tais

como Gestão Ambiental, Gestão da Produção e Operações, Planejamento Estratégico e Sustentabilidade Corporativa. Vista assim, como uma ferramenta amplamente utilizada tanto pela indústria como pela academia.

No Brasil o número de estudo de ACV vem crescendo cada vez mais, sendo desenvolvidos em grande parte pela academia, em geral pelos cursos de Engenharia e por algumas indústrias. Apresentando-se como uma potente ferramenta que pode auxiliar na credibilidade do conceito das necessidades ambientais adequadas, conscientizando a sociedade e as indústrias e estimulando o desenvolvimento sustentável. Porém, apresentando dificuldades e limitações em sua aplicação no país, dificultando assim sua consolidação no meio acadêmico e na indústria.

Contudo, para que a ACV possa ser utilizada no Brasil de forma eficiente tanto no meio acadêmico e industrial, se faz necessário realizar um mapeamento do cenário atual desta metodologia no país, buscando respostas para os principais problemas enfrentados, bem como, demonstrar os benefícios gerados através da sua aplicação.

Desta forma, este estudo justifica-se pelo fato de proporcionar o a identificação das limitações observadas na implantação da ACV no setor produtivo brasileiro, sob a ótica das pesquisas acadêmicas. Isso poderá auxiliar as indústrias no processo de aplicação desta metodologia e com isso ter repercussão positiva, reduzindo o impacto ambiental e conseqüentemente aumentando o nível de competitividade da organização, fornecendo resultados amplamente utilizados para a geração de valor em organizações e nas grandes áreas da Engenharia, principalmente para a tomada de decisão.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente estudo está estruturado em 5 capítulos, conforme descrito a seguir:

Capítulo 1: apresenta a contextualização do tema, trazendo o problema da pesquisa, os objetivos e a justificativa.

Capítulo 2: apresenta a fundamentação teórica, onde são abordados conceitos referentes à análise do ciclo de vida.

Capítulo 3: apresenta a metodologia utilizada para o cumprimento dos objetivos propostos, explicitando o método de abordagem, a classificação da pesquisa, e os procedimentos adotados para construção do modelo proposto.

Capítulos 4: apresentam os resultados e discussões obtidos no estudo.

Capítulo 5: apresenta as considerações do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

Para obter uma visão geral do desenvolvimento da pesquisa, é apresentado na Figura 1 um fluxograma que ilustra os passos presentes no estudo.

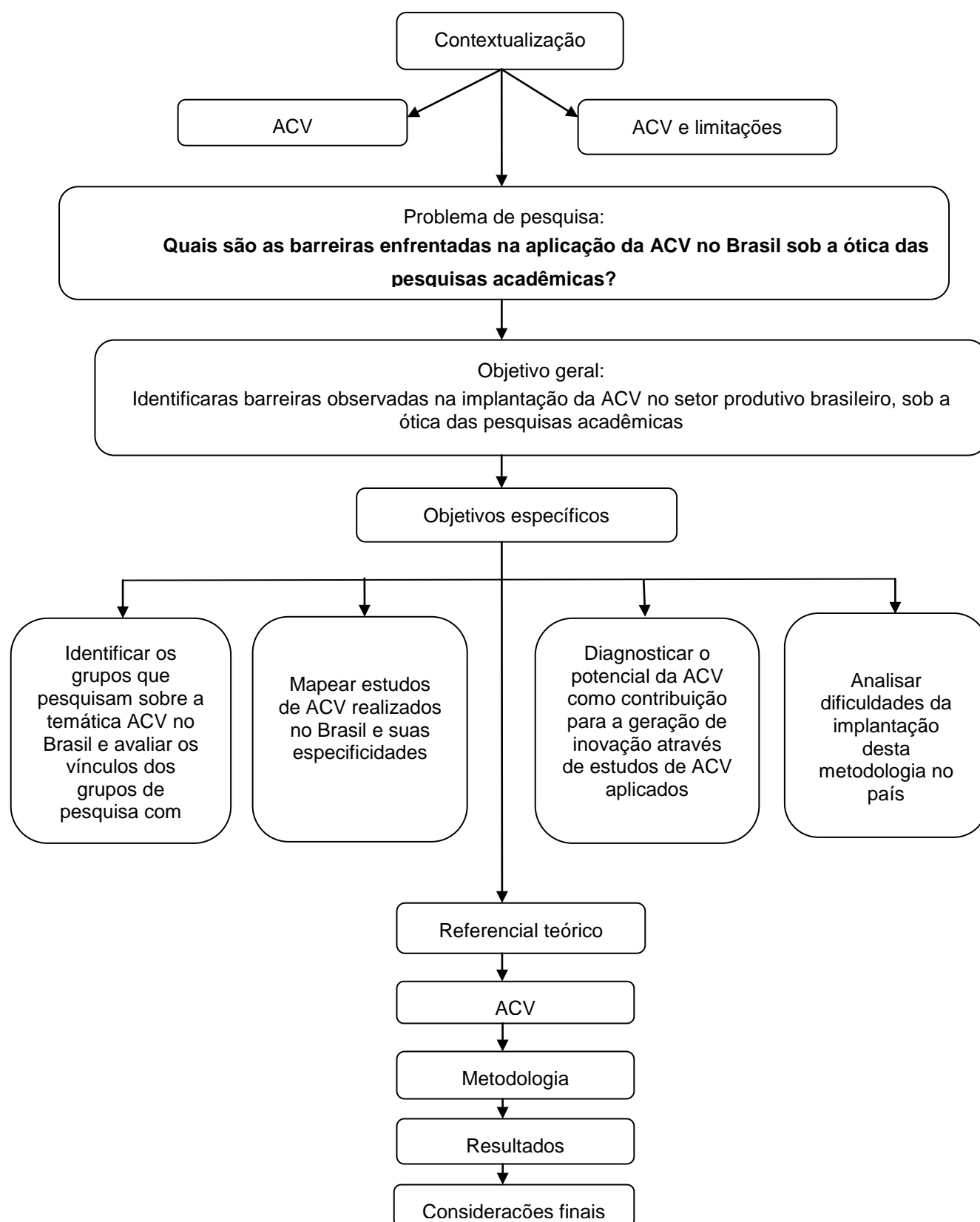


Figura 1: Estrutura da pesquisa
Fonte: Autoria própria (2014).

O próximo capítulo abordará o referencial teórico desta pesquisa, servindo como suporte para atingir aos objetivos desta pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

Os primeiros estudos de ACV ocorreram no final da década de 60 ao início da década de 80. Estes estudos ocorreram devido à necessidade de melhor utilização dos recursos naturais no mundo, e gerando uma busca por melhores alternativas de energia durante a primeira crise do petróleo (CHEHEBE,1997).

Devido a esses interesses, iniciaram-se muitos estudos com a finalidade de minimizar a utilização de matéria-prima não renováveis. Estes estudos basearam-se na análise da cadeia produtiva de bens de consumo industrializados onde o foco era diminuir a utilização de produtos como o petróleo (exemplo de produto não renovável) e dar prioridade nos aspectos ligados à questão do meio ambiente (CAMARGO, 2007).

Grande parte dos trabalhos desenvolvidos nessa época abordavam os materiais utilizados para embalagens. Segundo Chehebe (1997), focando em discussões de política de reciclagem a Coca-Cola custeou um estudo realizado pelo *Midwest Research Institute* - MRI no ano de 1965, com o objetivo de confrontar diferentes tipos de embalagens para refrigerantes. O objetivo do estudo era verificar qual delas causaria menor impacto quanto às emissões no meio ambiente e melhor desempenho em relação à preservação de recursos naturais. Esse estudo conhecido como *Resource and Environmental Profile Analysis* - REPA foi considerado um marco para o surgimento da ACV.

A metodologia conhecida hoje como Avaliação do Ciclo de Vida foi desenvolvida neste estudo e aperfeiçoou-se posteriormente. Sendo atualmente empregada como um meio de quantificar os impactos ambientais causados pelos produtos.

A metodologia da ACV é estruturada e normatizada internacionalmente pela Organização Internacional para Normalização (ISO), pertencendo à série ISO 14040

(ISO, 2006a) e 14044 (ISO, 2006b). Ambas são consideradas as principais e mais importantes normas para avaliação ambiental baseada no ciclo de vida do produto (PIEKARSKI, 2013).

Na estrutura ISO, existe o comitê técnico 207 (TC 207), criado em 1993, o qual é responsável pela elaboração das normas internacionais de gestão ambiental (série ISO 14000). Estas normas aplicam-se a diversas atividades: industriais e extrativas, agroindustriais, comerciais, de serviços e organismos de governo (VALLE, 2004).

A ACV constitui-se como uma importante metodologia para analisar as interações entre as atividades humanas e o meio ambiente (CHAUHAN et al, 2011). Outra característica da ACV é seu caráter analítico e gerencial, que contribui para a avaliação do potencial impacto ambiental de produtos, processos e serviços (GARRAÍN, 2010; LOFGREN e TILLMAN, 2011).

Os autores Zocche e Francisco descrevem a ACV segundo ISO 14040 (ABNT, 2009a) como uma técnica que contribui para avaliação e interpretação dos impactos ambientais relacionados aos objetivos do estudo, através do levantamento e compilação de entradas (matérias-primas), etapas de produção, consumo e saídas (disposição final) de um sistema de produto ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Para Ribeiro (2009), ACV é uma técnica da gestão ambiental para avaliar o desempenho ambiental de um produto ou serviço ao longo de todo o seu ciclo de vida que incluem obtenção de recursos naturais, etapas de fabricação do objeto do estudo (produto principal), uso, distribuição e disposição final do produto no meio ambiente.

A perspectiva da ACV segundo Jefferies et al (2012), é a identificação dos chamados “*hot-spots*”, termo que é comumente utilizado em estudos ACV para identificar atividades que possuem impactos ambientais potenciais significantes durante o ciclo de vida do produto, processo e serviço.

O uso da ACV como uma ferramenta para essas finalidades vem ganhando ampla aceitação, isso se deve ao fato de que todos os impactos, diretos e indiretos são avaliados através desta metodologia. Segundo os autores Lim e Park (2009), o momento atual é de consolidação da ACV como ferramenta técnica, buscando a identificação de melhorias ambientais nos produtos e serviços necessários à sociedade.

2.3 HISTÓRICO DA ACV NO BRASIL

No Brasil a primeira atividade formal envolvendo a ACV segundo os autores Lima (2007) e Silva e Kulay (2006), ocorreu no ano de 1994, com a criação do Grupo de Apoio à Normalização (GANNA) com o objetivo de viabilizar a participação do Brasil nas normas ambientais. A constituição Gana participou ativamente na ISO/TC-207 e incluiu o SC 05 - Subcomitê de ACV, que publicou por um de seus membros o primeiro livro brasileiro sobre ACV intitulado *Análise do Ciclo de Vida de produtos: ferramenta para gestão ambiental ISO 14000*, escrito por José Ribamar Chehebe no ano de 1997.

O primeiro estudo de ACV completo foi desenvolvido pelo Centro de Tecnologia de Embalagem (CETEA) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), denominado “Análise do Ciclo de Vida de embalagens para o mercado brasileiro” e decorreu entre o período de 1997 a 2000. Este estudo avaliou diferentes materiais usados em 13 embalagens de alimentos, considerando as condições e o nível de tecnologias (SILVA; KULAY, 2006; LIMA, 2007 e RIBEIRO, 2009). Os dados deste estudo foram confidenciais, portanto, não possibilitaram contribuição científica.

Em 1998 foi criado sob a coordenação do Prof. Dr. Gil Andrei da Silva, o Grupo de Prevenção da Poluição (GP2) junto com o Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP. Tendo como principal linha de pesquisa a avaliação do ciclo de vida de bens e serviços, que tem como objetivo principal contribuir para a consolidação do uso da ACV no Brasil através do desenvolvimento de uma metodologia de execução adequada as condições do país e na construção de um banco de dados, proporcionando assim, as condições necessárias para que estudos de ACV possam ser conduzidos no país. Desde a formação do grupo já foram publicados diversos artigos em eventos nacionais e internacionais. Até o presente momento, além de outros projetos que se encontram em execução, 17 teses de doutorado e 35 dissertações de mestrado já foram concluídas (RIBEIRO, 2009).

No ano subsequente, o Gana foi se transformando no Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental (CB 38) da ABNT, mantendo em sua estrutura o SC 05, grupo encarregado das normas relativas à ACV no país (SILVA e KULAY, 2006).

No ano de 2001 foi lançada pela ABNT a tradução da primeira norma da ISO da serie 14040 (NBR ISO 14040). De acordo com Ribeiro (2009), o interesse era fazer com que empresas e instituições brasileiras passassem a utilizar essa ferramenta como uma técnica para a avaliação dos seus processos produtivos sob o ponto de vista ambiental.

Em 2002 foi lançada a publicação “Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e aplicações” do CETEA/CEMPRE, com o intuito de traduzir e ilustrar os conceitos, aplicações e restrições de estudos de ACV.

Ainda neste ano, foi fundada no a Associação Brasileira do Ciclo de Vida (ABCV) no Rio de Janeiro, com a missão de reunir os interessados na ACV (órgãos, entidades e empresas), para discutir e coordenar atividades de construção do banco de dados brasileiro, da formação de recursos humanos e da manutenção dos vínculos internacionais envolvidos com o tema (SILVA e KULAY, 2006; LIMA, 2007).

No ano de 2004, foi realizado no mês de novembro na cidade de São Paulo, o evento “Estratégias para a consolidação da ACV no Brasil” organizado pela ABCV e pelo instituto Ekos Brasil. Esse evento contou com a participação de membros da indústria Nestlé, Petrobrás, Basf, Natura entre outras. A academia foi representada pela USP, UnB, UFSC, etc. O governo foi representado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT e os órgãos de consultoria foram representados pela Geoclock Consultoria Ltda. Nesse evento deu-se a criação de um projeto para a construção de um banco de dados brasileiro em apoio aos estudos da técnica. Ribeiro (2009) descreve em seu estudo que esse projeto envolveu três requisitos essenciais:

- 1) A capacitação de recursos humanos no que se refere à ACV;
- 2) A disponibilidade de dados genuinamente brasileiros para compor o banco de dados;
- 3) O comprometimento de seguimentos econômicos.

No ano de 2005 surgiu outra norma de gestão ambiental relativa à ACV, a NBR ISO 14043 – Interpretação do Ciclo de Vida, que teve sua publicação efetuada pela ABNT. Neste mesmo ano a Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica (Abipti) lança o livro “Avaliação do Ciclo de Vida: a ISO 14040 na

América Latina” da Universidade de Brasília. Este livro reúne onze combinações de situações que abordam a metodologia ACV em estudos de caso característicos de países latino-americanos (PIRES, PAULA e VILLAS BOA, 2005).

Em fevereiro de 2007, foi realizada na cidade de São Paulo a “Conferência Internacional de Avaliação do Ciclo de Vida – CILCA 2007”. Essa conferência possibilitou integrar a região da América Latina com outras, onde a técnica de ACV já está mais avançada, através da troca de experiências e conhecimentos e assim consolidar o conceito de ciclo de vida e seu gerenciamento na América Latina. A conferência gerou 81 trabalhos divididos em sessões temáticas, minicursos e palestras.

Ainda em 2007, foi lançado por Renata B.G. Valt o livro “Ciclo de vida de embalagens para o Brasil”. O livro trata de um estudo de ACV em embalagens PET, de alumínio e de vidro para refrigerantes (RIBEIRO, 2009).

Ao final do ano de 2008 ocorreu o “Primeiro Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida – I CBGCV” na cidade de Curitiba – PR, com o propósito de gerar um compartilhamento de conhecimento, voltado para a integração de conceitos, métodos e técnicas para incluir os aspectos ambientais, econômicos e sócios - culturais no ciclo de vida de produtos, processos e serviços. O congresso contou com a presença de pesquisadores, representantes de instituições químicas e de demais segmentos industriais.

Em 2011, o governo aprovou a concepção do Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida (PBACV). De acordo com Cavalcanti (2010) os principais objetivos do programa são:

- Desenvolver, registrar e disponibilizar o inventário do ciclo de vida dos principais produtos industriais brasileiros;
- Repassar a metodologia brasileira para elaboração de inventários com consistência, qualidade e reconhecimento nacional e internacional;
- Capacitar especialistas em ICV e ACV que venham a contribuir com o conhecimento para a disseminação desta metodologia na indústria, comércio e serviços;
- Desenvolver programas de avaliação de conformidade.

Atualmente, as duas normas que regulam a ACV no Brasil são: ABNT NBR ISO 14040:2009, Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura (ABNT, 2009a) e ABNT NBR ISO 14044:2009, Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e Orientações (ABNT, 2009b).

A estrutura metodológica da ACV é dividida em quatro fases, sendo estas apresentadas nas próximas seções.

2.4 ESTRUTURA METODOLOGIA DA ACV

A metodologia para avaliação do ciclo de vida de acordo com a ISO (ABNT, 2009a; ABNT, 2009b) inclui quatro fases: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados. As fases e a interação entre as mesmas são ilustradas na Figura 2.

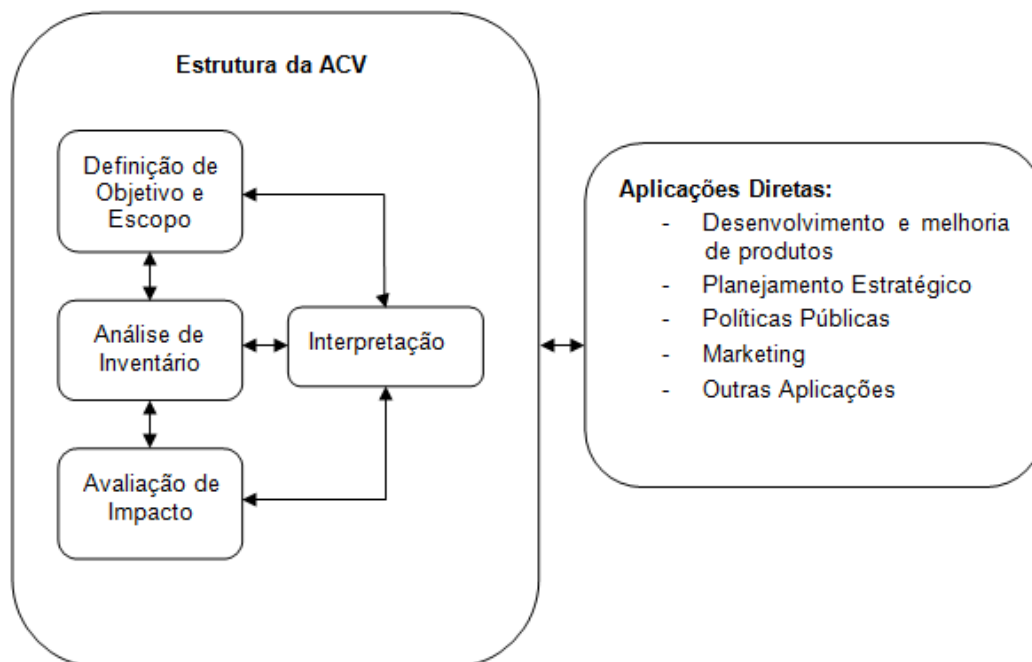


Figura 2 - As Fases da ACV
Fonte: ABNT (2009a).

A primeira fase da ACV compreende o objetivo e escopo. Nesta fase será definida a aplicação pretendida, as dimensões do estudo, definições da unidade funcional e os limites do sistema em estudo. A Análise de Inventário envolve um

extenso banco de dados de materiais envolvidos no produto ou sistema incluindo o levantamento, a coleta e a análise dos dados necessários para a ACV. Na fase de avaliação de impacto consiste em estudar a significância dos impactos ambientais, a partir dos dados do inventário. A última fase da estrutura da avaliação do ciclo de vida, compreende a interpretação dos resultados de acordo com os objetivos traçados na primeira fase do estudo (LUZ, 2011; JIJAKLI, 2012; ABNT, 2009a).

2.4.1 Fase 1: Definição do Objetivo e Escopo da ACV

O objetivo de um estudo de ACV de acordo com a ISO 14040 (ABNT, 2009a) deve declarar a aplicação pretendida, as razões para esta aplicação, o público-alvo (aquele a quem se pretende informar os resultados do estudo) e se há a intenção de utilizar os dados obtidos na aplicação pretendida para análise comparativa a serem divulgadas publicamente.

Quanto ao escopo de um estudo de ACV, este deve ser claramente definido e consistente, assegurando abrangência, profundidade e grau de detalhe do estudo, sendo compatíveis com os objetivos e considerando diversos itens a serem definidos de forma clara. A ISO 14044 (ABNT, 2009b, p. 12) define os itens que devem ser considerados e descritos no escopo:

- O sistema de produto a ser estudado: os sistemas de produto são compostos por processos e desempenham uma ou mais funções definidas;
- As funções do sistema de produto: é a finalidade de uso do produto;
- A unidade funcional: desempenho quantificado de um sistema de produto para uso como uma unidade de referencia em um estudo de ACV;
- A fronteira do sistema: determina quais processos elementares devem ser incluídos na ACV;
- Procedimentos de alocação, se utilizado: é utilizado quando se trata de sistema que envolve diversos produtos e sistema de reciclagem;
- Metodologia de Avaliação de impactos do Ciclo de vida - AICV e tipos de impactos: devem ser determinadas quais categorias de impacto, indicadores

das categorias e modelos de caracterização serão incluídos no estudo de ACV;

- Interpretação a ser utilizada: é definida a interpretação que irá ser utilizada conforme estabelecido no objetivo e escopo do estudo;
- Requisitos de dados: dados relacionados necessários e associados ao sistema do produto definido no escopo do estudo;
- Pressupostos: suposições/considerações tomadas para o estudo de ACV;
- Escolha de valores e elementos opcionais: normalização, agrupamento e ponderação;
- Limitações: limitações encontradas no estudo de ACV;
- Requisitos de qualidade dos dados: convém que os requisitos de qualidade dos dados abranjam: a cobertura temporal, cobertura geográfica, cobertura tecnológica, precisão, completeza, representatividade, consistência, reprodutibilidade, fontes dos dados, incerteza da informação;
- Tipo de revisão crítica, se aplicável: deve assegurar que os métodos utilizados para conduzir a ACV coerentes com os requisitos previstos na norma de ACV;
- Tipo e formato do relatório: um estudo de ACV deve ser posto em relatório de forma fiel, imparcial, completa e exata para a comunicação ao público alvo estabelecido.

Conforme a evolução do desenvolvimento do estudo for evoluindo, Nunes (2008) afirma que é possível que seja necessário alterar as definições do escopo realizadas no início do estudo, diante disso, Chehebe (1997) recomenda que o tempo gasto para a formulação do escopo seja o mínimo possível quando se inicia um estudo de ACV.

Nesta fase serão definidos os dados e informações que deveram ser coletados, e como serão avaliados, levando em consideração a qualidade e os impactos ambientais relacionados. A definição do objetivo e escopo servirá como plano inicial para a condução da segunda fase da ACV, o inventário do ciclo de vida.

2.4.2 Fase 2: Análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

A ICV compreende o levantamento, a coleta de dados, os procedimentos de cálculos relacionados às categorias de impacto, as fronteiras do sistema e os dados da unidade funcional. Esta compreende um extenso banco de dados e recursos envolvidos, é também considerada a etapa que demanda mais tempo para ser realizada (OLSEN et al, 2001; GUINNÉ et al, 2011; JIJAKLI, 2012; ABNT, 2009a).

O inventário deve, em princípio, conter dados sobre todas as entradas e saídas de cada processo individual do sistema examinado, como fluxos de poluentes, materiais e recursos relevantes de um sistema produtivo, envolvendo balanço de massas e fluxos energéticos que contribuem para questões ambientais (*ATHENA SUSTAINABLE MATERIALS INSTITUTE*, 2009 e SHERWANI, USMANI, VARUN, 2010).

Convém que, durante a execução do ICV, sejam seguidos passos operacionais. A ISO 14044 (ABNT, 2009b) define essa sequência de passos para análise do inventário apresentada no fluxograma da Figura 3.

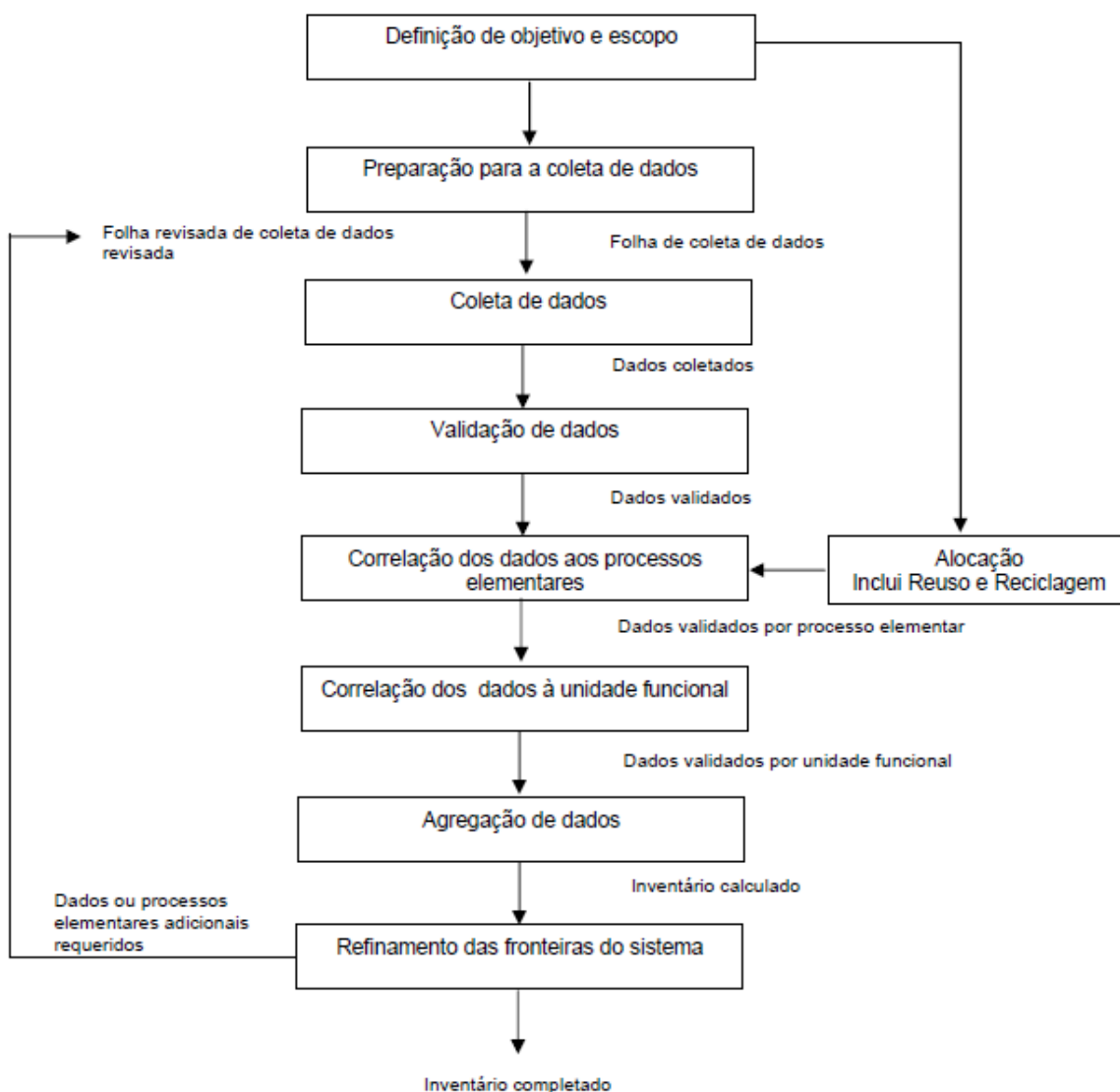


Figura 3 - Procedimentos simplificados para a análise de inventário

Fonte: ABNT (2009b).

De acordo com as etapas do fluxograma a definição do objetivo e escopo de um estudo provê o plano inicial para a condução da fase de inventário do ciclo de vida de uma ACV. Definida esta fase inicia-se a preparação para a coleta dos dados. Nesta etapa de acordo com Passuelo (2007) serão definidos quais dados serão primários e secundários, as planilhas de coleta de dados serão preparadas para a coleta e treinamentos de coleta serão realizados.

Os dados primários são coletados diretamente nos locais de produção (registro de produção, registros de compra e venda, atestados de abrangência ambiental, medidas e determinações locais, etc.). Já os dados secundários, são obtidos na literatura (relatórios setoriais de governo ou de associações, literatura

técnica, etc.). Nos estudos de ICV são coletados os dois tipos de dados (*ATHENA SUSTAINABLE MATERIALS INSTITUTE, 2009*).

Segundo Strandesen et al (2007), após a etapa de preparação, tem-se a coleta dos dados sobre a entrada e saída de todos os processos relacionados tipicamente a uma unidade de produto.

O inventário requer dados de qualidade para garantir a confiabilidade do resultado do estudo, entretanto, é necessário que requisitos de qualidade sejam especificados para que o objetivo e escopo da ACV possam ser alcançados. A ISO 14044 (ABNT, 2009b) fornece alguns exemplos de orientação para a coleta desses dados.

Como o processo de ICV é iterativo, conforme os dados são coletados é conhecido mais sobre o sistema, podendo surgir novos requisitos ou limitações para os dados, solicitando uma mudança nos procedimentos de coleta de forma que os objetivos do estudo ainda sejam alcançados. Em alguns casos, podem ser identificadas questões que requeiram revisões de objetivo ou do escopo do estudo (ABNT, 2009a *apud* Zocche e Francisco, 2013).

Uma vez que se lida com banco de dados extensos, o que dá margem a ocorrência de erros e eventual necessidade de realizar novamente o trabalho, o cuidado com a organização dos dados é imprescindível. A precisão de qualquer ACV está diretamente relacionada à precisão dos dados utilizados para a análise.

Quando o resultado de um estudo de ACV for utilizado para comparações afirmativas, a exatidão, integridade, consistência e reprodutibilidade dos dados e os procedimentos utilizados para o estudo devem ser novamente avaliados (CHEHEBE, 1997).

Ainda segundo o autor, conforme as informações sobre os dados forem sendo recebidas é relevante checar se estão completas e compatíveis para garantirem confiabilidade. A validação dos dados pode ocorrer de forma comparativa, com dados já publicados em literatura especializada ou através da comparação com dados mensurados ou estimados com dados teóricos.

Para Costa (2007) os dados podem ser estimados desde que sejam baseados em dados existentes, para preencher lacunas nas séries de dados ou selecionar e ajustar dados provenientes de diferentes fontes. Isso acontece quando alguns dados encontram-se indisponíveis.

Os dados a serem incluídos no inventário (qualitativos e quantitativos) de entradas e saídas, devem ser coletados para cada processo elementar incluído na fronteira do sistema e referenciados a unidade funcional. Convém que cuidados sejam tomados ao agregar as entradas e saídas no sistema de produto e que sejam consistentes com o objetivo e escopo.

A última atividade dos procedimentos para análise do inventário é o refinamento da fronteira do sistema. Segundo a ISO 14044 (ABNT, 2009a, p.14) “à medida que os dados são coletados e se amplia o conhecimento sobre o sistema, novos requisitos ou limitações dos dados podem ser identificados, requerendo mudança nos procedimentos de coleta de dados”.

Após serem realizados os procedimentos para a análise do inventário, obtêm-se de forma quantificada os aspectos ambientais associados ao ciclo de vida do produto que possibilitará relacionar categorias de impacto e indicadores ambientais através da próxima fase da ACV - Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida.

2.4.3 Fase 3: Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

Esta fase consiste em estudar a significância dos impactos ambientais, partindo dos resultados dos dados do inventário obtidos na fase anterior. Esses dados são associados com categorias de impacto específicas e indicadores de categoria, tentando desta forma entender tais impactos associados a produtos e processos (ABNT, 2009a; OOTEGHEM e XU, 2012).

Ainda segundo a norma, a fase de AICV deve ser atenciosamente planejada para atender o objetivo e escopo de um estudo de ACV. Para evitar possíveis omissões ou fontes de incerteza, a AICV deve ser coordenada com outras fases da ACV. Essas possíveis omissões e fontes de incertezas são descartadas se:

- Os dados e resultados da ICV forem satisfatórios para conduzir a AICV de acordo com a definição do objetivo e escopo do estudo;

- Forem revisadas de forma correta, a fronteira do sistema (limite) e decisões sobre a exclusão de dados assegurando a disponibilidade dos resultados da ICV para o cálculo dos resultados de indicadores para a AICV;
- A relevância ambiental dos resultados da AICV é reduzida devido ao cálculo da unidade funcional do ICV.

A AICV consiste em elementos obrigatórios (seleção das categorias de impacto, classificação e caracterização) e opcionais (a normalização, agrupamento, ponderação e análise adicional da qualidade dos dados), conforme descritos a seguir:

a) Seleção e definição das categorias ambientais

As categorias de impacto, indicadores de categoria ou modelos de caracterização, para a maioria dos estudos são definidas na primeira fase da AICV. A seleção dessas categorias deve estar relacionada ao sistema de produto em estudo, levando em consideração o objetivo e escopo (ABNT, 2009b).

Para Chehebe (1997) é importante levar em consideração nesta etapa as preocupações ambientais identificadas na fase de objetivo e escopo do estudo.

De acordo com ABNT (14040a); ABNT (14044b); Chehebe (1997) as categorias geralmente selecionadas num estudo de ACV são:

- Consumo de recursos naturais: inclui-se nesta categoria recursos materiais e energéticos (renováveis ou não renováveis);
- Mudanças climáticas: provocadas pelo acúmulo de determinados gases na atmosfera que retêm parte da radiação infravermelha emitida pela Terra, provocando o aumento das temperaturas médias globais;
- Redução da camada de ozônio: Consiste na redução da quantidade de ozônio (O₃), elemento presente na atmosfera, devido à reação com alguns gases. Provocando a diminuição da capacidade de filtração da radiação ultravioleta, proveniente do sol;
- Acidificação: consiste no aumento do teor de acidez da atmosfera devido à emissão de gases ácidos que são dissolvidos pela umidade atmosférica e retornam a crosta terrestre na forma de ácidos;

- Eutrofização (ou nutrificação): adição de nutrientes de nitrogênio e fósforo nos corpos de água e nos solos, em decorrência de rejeitos que contêm esses elementos químicos;
- Formação fotoquímica de ozônio: devido a reações químicas nas camadas baixas da atmosfera, em presença da radiação ultravioleta solar;
- Toxicidade: decorrente do descarte de rejeitos tóxicos no meio ambiente. Em geral são consideradas em separado a toxicidade humana e assim chamada ecotoxicidade, que pode ser aquática e terrestre.

Diferentes categorias de impacto podem ser relevantes na avaliação dos impactos ambientais de diferentes produtos ou processos (CHERUBINI e STROMMAN, 2011). Portanto, a fase da seleção dessas categorias pode ser considerada uma fase crucial, visto que se mal elaborada pode afetar os resultados do estudo de ACV (SEPPALA et al, 2002).

b) Classificação

A classificação correlaciona dados do inventário com as categorias de impacto ambiental. Para isso deve-se declarar explicitamente qual categoria de impacto será levada em consideração.

Nesta fase as entradas e saídas do inventário que contribuem para causar impacto sobre o meio ambiente são classificadas de acordo com o problema e então selecionadas as categorias de impactos ambientais referentes (ABNT, 2009b; SILVA, 2010).

A classificação e o agrupamento destas categorias possibilita que uma mesma informação dos dados do inventário possa ser incluída em mais de uma categoria de impacto, já que de um mesmo aspecto ambiental poder contribuir para mais de uma categoria de impacto e que um impacto ambiental pode ter a contribuição de mais do que um aspecto ambiental (SILVA; KULAY, 2006 e LOBO, 2000).

c) Caracterização

Na caracterização é feito o cálculo dos dados do inventário dentro das categorias, gerando um indicador numérico obtido pela multiplicação dos dados do inventário pelos fatores de equivalência para cada categoria de impacto e então

somados todos os parâmetros que compreendem cada categoria de impacto (COLTRO, 2007). Saídas com impactos semelhantes podem ser caracterizadas e compõem uma mesma categoria de impacto (MYLLYVIITA et al, 2012).

Segundo a ISO 14044 (ABNT, 2009b, p.20)

a caracterização é o cálculo dos resultados dos indicadores que envolve a conversão dos resultados do ICV para unidades comuns e a agregação dos resultados convertidos dentro da mesma categoria de impacto e o resultado do cálculo é um resultado numérico do indicador.

Este indicador representa de forma quantitativa as cargas ambientais potenciais para o produto ou processo estudado em todo o seu ciclo de vida, (SANTOS, 2002).

d) Normalização

Pode ser necessário normalizar os dados ambientais em relação a uma referência (produto, valor crítico, condição de referência, unidade de medida etc.). A ISO 14044 (ABNT, 2009b, p. 21) compreende que “a normalização é o cálculo da magnitude dos resultados dos indicadores de categoria com relação a alguma informação de referência, tratando-se de um elemento opcional com a função de verificar inconsistências”.

e) Agrupamento

É a agregação de categorias de impacto em um ou mais conjuntos, baseados em valores, podendo ser agrupadas em categorias de impacto em uma base nominal ou de acordo com uma dada hierarquia (ABNT, 2009b).

f) Ponderação

É responsável por converter os resultados dos indicadores ou normalizados, baseando-se em fatores de ponderação e acrescentar esses resultados nas diferentes categorias de impacto (ABNT, 2009b).

A Figura 4 representa os elementos obrigatórios e opcionais, conforme sua sequência.

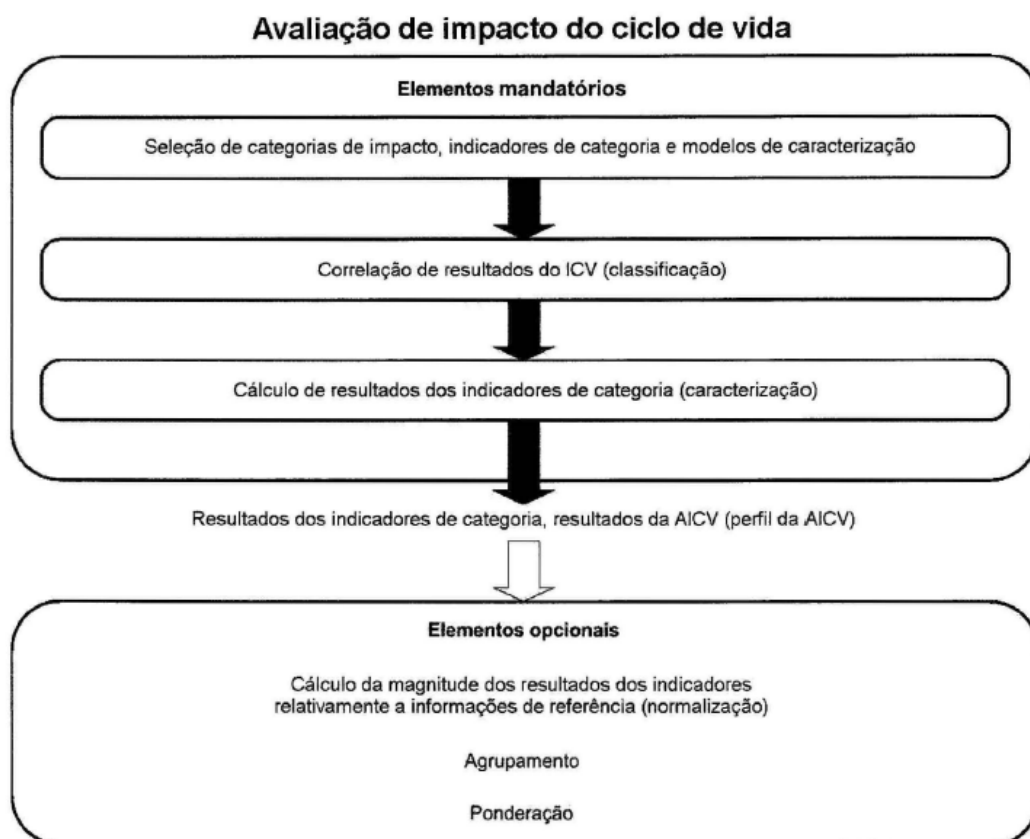


Figura 4 - Procedimentos simplificados para a análise de inventário
Fonte: ABNT (2009b).

Os resultados gerados nesta fase é o perfil ambiental do produto ou processo em estudo. Esses resultados são interpretados na quarta e última fase da estrutura metodológica da avaliação do ciclo de vida.

2.4.4 Fase 4: Interpretação

Nesta fase serão apresentados os resultados de acordo com o objetivo e escopo previamente definidos (SILVA, 2010).

Todas as constatações da análise do inventário e avaliações do impacto são consideradas em conjunto, no caso da ICV serão consideradas somente as conclusões da análise do inventário. Os resultados desta fase devem ser interpretados e consistentes com o objetivo e escopo definidos no início do estudo. As interpretações devem levar a conclusão, explicitar limitações que podem tornar os objetivos iniciais inalcançáveis e fornecer recomendações (ABNT, 2009a).

A fase de interpretação envolve um processo iterativo, a Figura 5 ilustra o relacionamento dos elementos da fase de interpretação com as outras fases da ACV.

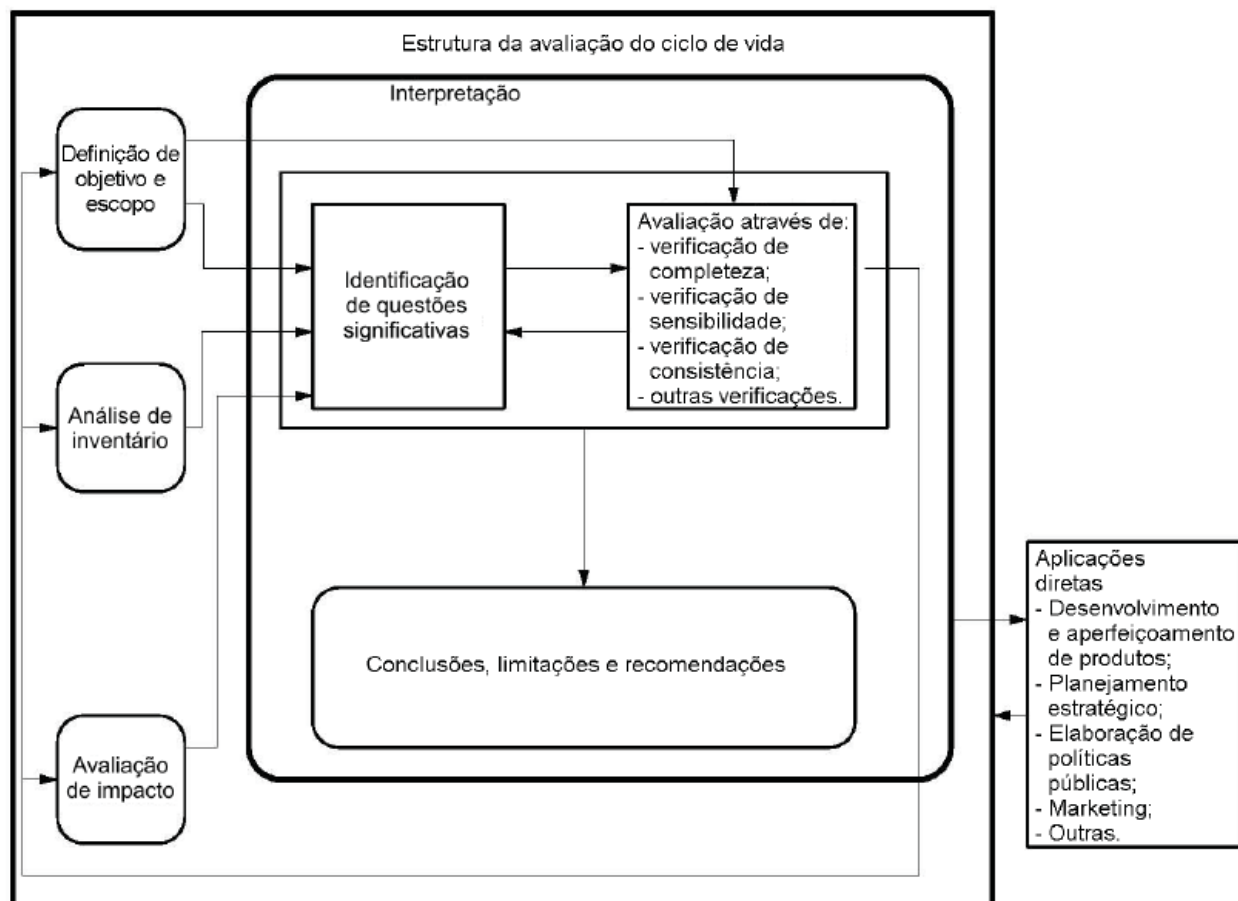


Figura 5 - Relacionamento dos elementos da fase de interpretação com as outras fases da ACV
Fonte: ABNT (2009b).

De acordo com a ISO 14044 (ABNT, 2009), a interpretação de uma ACV compreende as seguintes etapas:

a) Identificação de questões significativas

Essa identificação envolve três aspectos, estruturação das informações provenientes do inventário das fases de ICV e AICV, identificação das questões ambientais relevantes e determinação das emissões ambientais do sistema de produto. O processo de identificação deve considerar os objetivos e escopo do estudo com a etapa de avaliação de forma iterativa.

b) Avaliação através de verificação de completudeza, sensibilidade e consistência

A avaliação através da verificação de completeza visa assegurar que todas as informações relevantes e os dados necessários para a interpretação estejam disponíveis e completos a fim de atender o que foi proposto no objetivo e escopo da ACV.

Através da avaliação de sensibilidade é possível identificar a confiabilidade dos dados sobre os resultados e identificar quais dados necessitam ser mais bem elaborados.

No que se refere à avaliação de consistência, sua finalidade é estabelecer um determinado grau de confiança para os resultados do estudo de acordo com o objetivo e escopo do estudo.

c) Conclusões, limitações e relatório

Após o estudo ser realizado, é possível se chegar às conclusões e verificar então se elas estão consistentes com os requisitos incluindo a qualidade dos dados, suposições e valores pré-definidos, recomendados no objetivo e âmbito do estudo. As limitações do estudo que podem tornar os objetivos iniciais inalcançáveis ou impraticáveis devem ser identificadas e recomendações devem ser fornecidas para um novo estudo de ACV.

Neste contexto, pode-se notar a complexidade e o grande número de informações necessárias para avaliar o ciclo de vida de produtos. A fase de interpretação é resultante das avaliações obtidas a partir dos métodos utilizados na fase de AICV.

Neste sentido, cabe à próxima seção esclarecer sobre os métodos diferentes de AICV.

2.5 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DA ACV

Na terceira fase da ACV - Avaliações de impacto do ciclo de vida são aplicados métodos para realizar os objetivos desta fase. Segundo Ribeiro (2009) existe diversas metodologias a serem utilizadas e que ainda encontram-se em desenvolvimento, portanto, não existe ainda um método único para um estudo de ACV.

Os métodos de AICV que serão citados adiante podem ser classificados de acordo com sua abordagem, em *midpoint* (ponto médio) e *endpoint* (ponto final), devido as características individuais e específicas. O tipo de abordagem que um estudo de ACV irá requerer atua como facilitador na seleção de método de AICV.

De acordo com Pennington et al (2004) e Cavalett et al (2012), na classificação *midpoint* é realizada uma modelagem quantitativa de todas as substâncias referentes ao ICV de acordo com as categorias de impacto, listando os indicadores de impacto em potencial não representando as consequências finais sobre o percurso ambiental das emissões listadas no inventário do ciclo de vida (ICV).

Nos métodos classificados como *endpoint*, Silva (2012) descreve como uma modelagem que caracteriza a gravidade dos aspectos ambientais provenientes do ICV e correlaciona aos danos finais. Para Alvarenga (2012) e Bare et al (2000) os métodos *endpoint* por serem direcionados aos danos finais possuem mais vantagem em relação à tomada de decisão, no entanto, possuem alta subjetividade, ao contrário dos métodos *midpoint*.

O Quadro 1 adaptado do estudo de Piekarski (2013), ilustra os métodos de AICV mais aplicados em estudos de ACV, suas formas de abordagem, o país que desenvolveu o método e a respectiva referência de detalhamento.

Método	País	Abordagem	Detalhamento
CML 2001	Holanda	<i>Endpoint</i>	Guinée (2001)
Eco-Indicator 99	Holanda/Suíça	<i>Endpoint</i>	Goedkoop et al (2000)
Ecopoints (Escassez ecológica)	Suíça	<i>Midpoint</i>	Brand et al (1998)
EDIP 1997	Dinamarca	<i>Midpoint</i>	Wenzel et al (1997)
EDIP 2003	Dinamarca	<i>Midpoint</i>	Hauschild e Potting (2005)
EPS	Suécia	<i>Endpoint</i>	Steen (1999)
Impact 2002+	Suíça	<i>Midpoint/ Endpoint</i>	Jolliet et al (2003)

LIME	Japão	<i>Midpoint/ Endpoint</i>	Itsubo e Inaba (2003)
LUCAS	Canadá	<i>Midpoint</i>	Toffoletto et al (2007)
MEEuP	-	<i>Midpoint</i>	Kemna et al (2005)
Pegada Ecológica	-	<i>Endpoint</i>	Wackernagel (2005); Huijbregts et al (2005).
ReCiPe 2008	Holandês	<i>Midpoint/ Endpoint</i>	Goedkoop et al (2009)
TRACI	Estados Unidos	<i>Midpoint</i>	Bare et al (2003)
USEtox	Escala mundial	<i>Midpoint</i>	Hauschild et al. (2008); Rosenbaum et al (2008)

Quadro 1 - Principais métodos para AICV
Fonte: Elaborado com base em CCI (2010).

Estes métodos estão integrados as bases de dados (como por exemplo a Ecoinvent) e implementados aos *softwares* de ACV (PIZZOL et al, 2011). Alguns métodos consideram os impactos ambientais globais e/ou referentes a regiões específicas. Como exemplo e exposto no Quadro 1, o método LIME que foi desenvolvido para atender as características ambientais do Japão, o TRACI para os Estados Unidos, o Lucas para o Canadá e o Eco-Indicator 99 que engloba as características ambientais da Holanda e Suíça.

No Brasil a inexistência de um método de avaliação de impactos do ciclo de vida específico para as características ambientais implica em dificuldades no momento de seleção de um método ideal para um estudo ACV (PIEKARSKI et al, 2012).

Uma alternativa plausível tendo em vista esta dificuldade é a utilização de mais de um método de AICV na realização de um determinado estudo. Alvarenga (2010) enfatiza que este procedimento dá suporte à tomada de decisão mais confiável, devido à convergência dos resultados obtidos. Porém, quando há divergência, critérios de escolha (maior diferença nos resultados, afinidade das categorias de impacto, etc.) podem ser definidos pelo decisor, isso ajudará na escolha do método que se aceitará como resposta final. De acordo com Zhou, Chang e Fane (2011) a escolha do método de AICV que será utilizado é um ponto

crucial e traz diferenças significativas para que os resultados obtidos apresentem maior confiabilidade.

Devido as especificidades brasileiras o autor reforça que faz-se indispensável conhecer a fundo cada método antes de utilizá-lo, para atender as necessidades do estudo e também para que se possa justificar discrepâncias nos resultados e estimar impactos negligenciados.

O presente estudo fornece detalhes mais específicos sobre os métodos CLM 2001, Eco Indicator 99e Edip 97, sendo estes os mais empregados em estudos de ACV no Brasil, mediante a uma pesquisa realizada pelo autor.

As principais categorias de impacto abordadas pelos métodos são mostradas a seguir no Quadro 2 de acordo com Mendes (2013) e Guinée (2001).

Métodos	Categorias de Impacto	Avaliação de Impacto	Abrangência de aplicação	País de origem
Eco-Indicator 99	Mudança climática	<i>Endpoint</i>	Global	Dinamarca
	Depleção da camada de ozônio		Global	
	Acidificação e eutrofização combinadas		Holanda	
	Carcinogênicos		Europa	
	Inaláveis orgânicos		Europa	
	Inaláveis inorgânicos		Europa	
	Radiação ionizante		Europa	
	Ecotoxicidade		Europa	
	Uso da terra		Suíça	
	Recursos minerais		Global	
	Recursos fósseis		Global	
Métodos	Categorias de Impacto	Avaliação de Impacto	Abrangência de aplicação	País de origem
EDIP 97	Aquecimento global	<i>Midpoint</i>	Global	Holanda
	Depleção de ozônio		Global	
	Acidificação		Global	
	Enriquecimento de nutrientes		Global	
	Formação de ozônio fotoquímico		Global	
	Toxicidade humana		Global	
	Ecotoxicidade		Global	
	Consumo de recursos		Global	

	Ambiente de trabalho		Global	
Métodos	Categorias de Impacto	Avaliação de Impacto	Abrangência de aplicação	País de origem
CML 2001	Acidificação	Midpoint	Global	Holanda
	Depleção da camada de ozônio		Global	
	Depleção de recursos abióticos		Global	
	Ecotoxicidade		Global	
	Eutrofização		Global	
	Formação fotoquímica de ozônio troposférico		Global	
	Mudança climática		Global	
	Oxidação fotoquímica		Global	
	Radiação ionizante		Global	
	Toxicidade humana		Global	
	Uso do solo		Global	

Quadro 2 - Categorias de impacto abordadas pelos métodos Eco-Indicator 99, CML 2001
Fonte: Adaptado de Mendes (2013) e Guinée (2001a).

Alguns métodos apresentam categorias de impacto iguais, porém, com abordagens diferentes. A abrangência global faz com que esses métodos sejam aplicados internacionalmente. A seguir foram fornecidos detalhes mais específicos sobre os três softwares mais utilizados em estudos no Brasil.

2.5.1 Método EDIP97

O método EDIP 97 foi criado na Dinamarca, em Dinamarquês o método é chamado de UMIP, a sigla EDIP refere-se a “*Environmental Design of Industrial Products*” em inglês.

O EDIP é classificado como um método *midpoint*. Para Pennington (2004), os métodos *midpoint* se limitam à modelagem quantitativa antes do fim do caminho do impacto, e ligam os resultados de ICV às categorias de impacto *midpoint*.

O método apresenta escopo de aplicação global para as categorias de aquecimento global, depleção de ozônio, acidificação, enriquecimento de nutrientes, formação de ozônio fotoquímico, toxicidade humana, ecotoxicidade, consumo de recursos e ambiente de trabalho.

Silva (2012) *apud* Wenzel et al (1997) recomendam que para a utilização do método EDIP97 os recursos consumidos nos inventários sejam classificados em:

- consumo de Recursos Renováveis;
- consumo de Recursos Não Renováveis, e
- consumo de Energia.

Os mesmos autores justificam que tal classificação permite uma melhor visualização do perfil ambiental do produto estudado, porém, o método apenas propõe esta classificação para os resíduos sólidos inventariados, mas não apresenta um modelo de caracterização para os impactos provenientes da extração destes recursos.

2.5.2 CML 2001

O método CML 2001 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, 2001b; GUINÉE et al, 2001c), 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*) (PIEKARSKI et al, 2012).

Segundo Takeda (2008), o CML 2001 “Guide” fornece uma lista de categorias de avaliação de impacto, que podem ser agrupadas em:

- a) Categorias obrigatórias de impacto: São indicadores de categoria utilizados na grande maioria de ACV's;
- b) Categorias de impacto adicionais: Dizem respeito à existência de indicadores operacionais, porém não comumente incluídos em ACV's;

c) Outras categorias de impacto: Quando não existem indicadores operacionais disponíveis, tornando-se impossível a inclusão quantitativa em estudos ACV.

As categorias de impacto obrigatórias estão disponíveis em diversos métodos de AICV, e permitem comparações de seus resultados entre diferentes métodos (GUINÉE et al, 2001a).

O método conta com fatores de caracterização específicos previamente quantificados para cada problema ambiental (*midpoint*) ou categoria de impacto. Neste sentido, as emissões relatadas na fase de ICV são convertidas em potencial de impacto ambiental através do produto entre sua respectiva quantidade e seu fator de caracterização na categoria de impacto conexa (GUINÉE et al, 2001a).

A amplitude das categorias de impacto associadas ao CML releva sua importante representatividade na comunidade científica. Alvarenga (2010) afirma que o método mais utilizado em estudos ACV's que adotam a abordagem *midpoint* é o CML.

2.5.3 Eco-Indicator 99

O método Eco-indicator 99 foi desenvolvido na Holanda por um grupo científico especializado em ACV e em ciências ambientais, com apoio do Ministério Holandês do Meio Ambiente (PIEKARSKI et al, 2013).

A sua versão mais antiga (Eco-Indicator 95) foi criticada por especialistas em meio ambiente segundo Mendes (2013), devido ao fato de não contabilizar alguns aspectos ambientais, os quais passarão a ser abordados pela atual versão.

A nova versão do método possui uma abordagem *endpoint*, onde os aspectos ambientais provenientes do ICV são diretamente relacionados aos danos finais (SILVA, 2012). Apresentando uma relação entre o impacto e os danos para a saúde humana ou para o ecossistema.

Segundo Takeda (2008), a avaliação de impacto deste método consiste em duas partes:

i) cálculo das mudanças no ambiente causadas pelo fluxo ambiental de um ciclo de vida e;

ii) normalização e ponderação, a fim de estabelecer a seriedade destas mudanças (etapas opcionais da AICV).

Segundo Alvarenga (2010) e Mendes (2013), o método mais utilizado no grupo de métodos orientados ao dano é o Eco-Indicator 99, por ser facilitador em simplificar a interpretação e ponderação dos resultados.

Esse método possui o escopo de aplicação global para as categorias de impacto que compreendem a mudança climática, depleção do ozônio e consumo de recursos e escopo de aplicação para a Europa para as demais categorias de impacto, sendo a acidificação e eutrofização características de impacto baseadas em modelos com escopo de aplicação regional direcionado para a Holanda e a categoria de impacto uso da terra é baseada em um modelo de aplicação para a Suíça.

Para de viabilizar e facilitar os estudos, bem como as avaliações de impactos através de diferentes métodos, existem diversos *softwares* desenvolvidos e destinados à ACV. A próxima sessão irá abordar sobre os sistemas computacionais utilizados para a realização de estudos.

2.6 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA

Devido ao extenso banco de dados gerados na fase do ICV que devem ser gerenciados, *softwares* foram desenvolvidos para auxiliar os estudos de ACV, aumentando a confiabilidade e facilitando os cálculos e conclusões, originando relatórios finais de maior consistência.

De acordo com Ribeiro (2009) o fato dos *softwares* disponibilizarem banco de dados, faz com que se reduza o tempo necessário para a coleta de informações, além disso realizam avaliação de impactos e facilitam a interpretação dos resultados. Estes *softwares* são atualizados regularmente acompanhando o desenvolvimento da metodologia ACV e apresentam resultados de forma facilitada através de gráficos e tabelas.

Uma relação de *softwares* disponíveis no mercado foi realizada através de uma pesquisa de quatro fontes a saber, BAUMANN e TILLMAN (2004); CURRAN

(2006); EPLCA (2007); e USEPA (2007). Todos os *softwares* têm origens e propósitos diferentes e são apresentados no Quadro 3 a seguir.

Software	País de origem
AIST – LCA 4 (JEMAI-LCA)	Japão
BESS 3.0	Estados Unidos
Bousted modelo 5.0	Reino Unido
CMLCA 4.2	Holanda
ECO.it 1.3	Holanda
EcoScan 3.0	Holanda
HEIME 2.4	França
eiolcanet	Estados Unidos
EMIS	Suíça
Envirinmental Impact Estimator	Canadá
EPS 2000 Disign System	Suécia
everdEE 2.0	Itália
Gabi 4.2	Alemanha
GEMIS 4.4	Alemanha
Green-E 1.0	Suíça
GREET 1.0	Estados Unidos
IDEMAT 2005	Estados Unidos
KCL-ECO 4.0	Finlândia
LCA – Evaluator 2.0	Alemanha
LCAiT 4	Suécia
LCAPIX	Estados Unidos
LEGEP 1.2	Alemanha
MIET	Holanda
Modular MSWI Model 1.0	Alemanha
EXPOLD data Exchange	Dinamarca
REGIS 2.3	Suíça
SimaPro 7	Holanda
TEAM™ 4.5	França
TESPI	Itália
TrainnEE	Alemanha
Umberto 5.5	Alemanha
Verdee	Itália
USES – LCA 2.0	Holanda
WISARD 4.0	França
WRATE	Reino Unido

Quadro 3: Softwares de apoio à ACV

Fonte: (BAUMANN e TILLMAN, 2004, CURRAN, 2006, EPLCA, 2007, USEPA (2007)).

Dos 35 softwares encontrados 29 foram desenvolvidos por países europeus, se destacando a Alemanha e Holanda. Esse número elevado de *softwares* europeus

confirma o fato de que esses países estão avançando cada vez mais em estudos de ACV, mostrando preocupação e interesse das organizações europeias com o meio ambiente e em contribuir com estudos de ACV, fornecendo dados para que os mesmos se tornem representativos e de qualidade.

Cada pacote de *software* tem seus méritos e suas desvantagens, em termos de preço ou funcionalidade. Os autores Rice et al (1997) ressaltam que todos os *softwares* são projetados para auxiliar o usuário na fase de inventário da ACV. Para isso devem oferecer facilidade de uso e capacidade para processar os dados e produzir resultados com rapidez e precisão.

Relacionaram-se três destes *softwares*, SimaPro 7, Gabi4 e Umberto para fazer uma análise mais detalhada, sendo estes os *softwares* mais empregados em estudos de ACV no Brasil, mediante a uma pesquisa realizada pelo autor.

O *software* SimaPro7 foi desenvolvido pela Pré Consultants na Holanda. Este *software* apresenta duas bases de dados principais: uma de inventário e uma de avaliação. Apresentando 2048 processos de fabricação distribuídos em diferentes bancos de dados, 500 produtos, 3800 sistemas de produtos, 508 inventários de materiais e 750 materiais (RIBEIRO, 2009).

Isso permite ao *software* identificar, comparar e analisar quais são os produtos, processos ou serviços, independente de sua complexidade, que têm maior influência no impacto ambiental global de um produto (LUZ, 2011; RIBEIRO, 2009).

Segundo os autores, esta ferramenta pode ser editada e expandida sem limitação. Devido a essas características e sua aplicação demo, este *software* é o mais utilizado em pesquisas acadêmicas no país até o presente momento.

O *software* GABI4 foi desenvolvido pela PE *international* da Alemanha, sendo considerada uma ferramenta que contém um abrangente banco de dados com cobertura mundial, disponibilizando uma versão profissional com mais de 900 processos inventariados com base em dados industriais (SILVA, 2012).

Este *software* inclui 15 bases, somando mais de 1200 processos. As opções demo e educacional para estudos acadêmicos em ACV são disponíveis, sendo isentas de nenhum custo (PE INTERNATIONAL, 2013).

Sua versão *education* possui em sua base de dados 666 unidades de processo e 989 inventários consolidados tipo *gradle to gate* (do berço ao portão da fábrica) relacionados aos mais diversos setores industriais para diversos países.

Sua base de dados contempla recursos essenciais para qualquer modelagem em ACV, como a produção e a distribuição de energia elétrica, combustíveis (petróleo, carvão, gás natural, etc.), sistemas de transporte, disposição de resíduos, entre outros.

O Gabi demo permite realizar a modelagem do ciclo de vida de qualquer produto analogamente conforme proporcionado na sua versão profissional. No entanto essa versão não contempla uma base de dados mais ampla e detalhada em relação à sua versão profissional, sendo algumas vezes necessário consultar a fonte de dados disponibilizado no *software* profissional (Silva, 2012).

O *software* Umberto, desenvolvido pelo “*Institute for Environmental Informatics*” de Hamburg. É um *software* de gestão ambiental que serve para visualizar fluxogramas de materiais e energia. Os principais objetivos de sua utilização nas empresas são detectar pontos cruciais para a otimização de processos no sistema de produção, reduzir os recursos de materiais e energia e minimizar as quantidades de emissões de poluentes, tendo como consequência a redução de custos.

Em uma pesquisa realizada por Andrade (2005) envolvendo critérios como: facilidades e funcionalidade de interface; abrangência e qualidade do banco de dados; segurança; licenças; importação/exportação de dados; suporte; hardware mínimo necessário; flexibilidade da plataforma; apresentação dos resultados e interconectividade envolvendo 5 *softwares* de ACV, Umberto, SimaPro, Gabi, TEAM e Gemis revelou o Umberto com melhor avaliação geral.

Além de o *software* Umberto apresentar-se com melhor avaliação nos critérios envolvidos na pesquisa, Piekarski (2013) reforça seu caráter científico, já que foi desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Ambiental e Energética de Heidelberg (IfEU) e Instituto de Informática Ambiental da Universidade de Hamburgo (IfU).

O Umberto possui uma interface com a base de dados da Ecoinvent com mais de 4000 conjuntos de dados industriais de inventários de ciclo de vida e métodos para avaliação de impactos a fim de auxiliar estudos de ACV, DfE (*Design* para o Meio Ambiente), Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) e desempenhos ambientais de produtos (ECOINVENT, 2010).

Neste âmbito, o *software* Umberto, apresenta-se como uma ferramenta dinâmica para estudos de ACV, visto seu caráter científico e integração com a base de dados Ecoinvent.

2.7 BANCO DE DADOS PARA SUPORTE DA ACV

Atualmente, as bases de dados existentes estão disponíveis em *softwares* de ACV ou podem ser acessadas em sites específicos.

Um banco de dados é constituído por diversas bases de dados, contendo informações de carácter ambiental sobre a produção de bens de consumo, sobre a disponibilização de recursos energéticos e ainda, sobre a realização de serviços (RIBEIRO, 2009).

Segundo o autor essas bases nada mais são, do que o inventário do ciclo de vida de elementos comuns a vários outros ciclos de vida. Dentre esses elementos comuns podemos citar:

- Metálicos;
- Cerâmicos;
- Polímeros;
- Combustíveis;
- Energia;
- Atividades de transporte;
- Gerenciamento de resíduos, etc.

O uso de banco de dados contendo as informações citadas, se faz necessário para a realização de um estudo de ACV. Uma vez que esses estudos dependem de uma grande quantidade de dados representativos para a região escolhida para seu uso.

Contribuindo para abreviar o consumo de tempo e de recursos necessários para a aplicação da ACV, o banco de dados é de extrema importância para a coleta de dados e tratamento de informações. Caso contrário, Ribeiro (2009) afirma que o estudo se tornaria lento, impreciso e poderia se tornar obsoleto antes mesmo de se terminar o tratamento dos dados.

A incorporação de um banco de dados em um software que permita a modificação constante de informações nele contidas, adequando as mesmas para a

melhor forma possível de seu estudo através de atualizações, auxiliará muito aos praticantes de ACV.

Dentre as bases de dados criadas merecem destaque a Ecoinvent e as bases de dados integradas ao *International Reference Life Cycle Data System* (ILCD). O primeiro, por possuir grande quantidade de processos e o segundo por ser referência para a base e dados brasileira e ambos, por estarem disponíveis nos *softwares* mais utilizados em ACV (KLEMMANN, 2012).

Considerando a inexistência de uma metodologia unificada e o caráter regional que um banco de dados possui para a aplicação da ACV, é importante lembrar que deve existir compatibilidade entre as diversas bases de dados que constituem um banco de dados.

Diante disto, existe uma demanda mundial no tocante ao desenvolvimento de bancos de dados para subsidiar os estudos de ACV.

Para que isso aconteça é necessário de mútua colaboração entre os usuários potenciais da ACV, em especial entre academia, empresas e governo. O governo deve definir políticas públicas sobre a forma de condução dos trabalhos, a importância e sua necessidade. As empresas devem disponibilizar dados sobre a cadeia produtiva dos produtos (SILVA, 2012).

E a academia tem a função principal de capacitar e auxiliar na criação das bases de dados. A autora Lima (2007) ressalta que sem este comprometimento mútuo das partes interessadas, a adoção da ACV fica sujeita ao desuso pela inviabilidade técnica e econômica.

2.8 BENEFÍCIOS, APLICAÇÕES E LIMITAÇÕES DA ACV

A ACV é uma ferramenta adequada e valiosa para avaliar o impacto ambiental dos materiais, produtos e sistemas de serviço e devem ser parte do processo de tomada de decisão para a sustentabilidade.

Para Ribeiro (2009); Nunes (2008); Guinée et al (2011) e Cambria e Pierangeli (2012) um estudo de ACV é capaz de fornecer um cenário das interações existentes com o meio ambiente, comparar o desempenho ambiental de produtos ou

serviços já existentes que cumprem uma mesma função e através dessa comparação identificar oportunidade de melhorias relacionadas ao desempenho ambiental e até mesmo a elaboração de projetos de novos produtos.

Os indicadores gerados em um estudo de ACV identificam problemas ambientais e permitem a realização de simulações nos processos para se avaliar os efeitos sobre consumos e emissões gerados por produtos, processos ou atividades (FIGUEIRÊDO et al, 2010). Dessa forma, é possível facilitar ações de melhoria antes da transferência de produtos ou processos visando à redução do consumo de recursos ou da geração de rejeitos conforme é demonstrado na Figura 6.

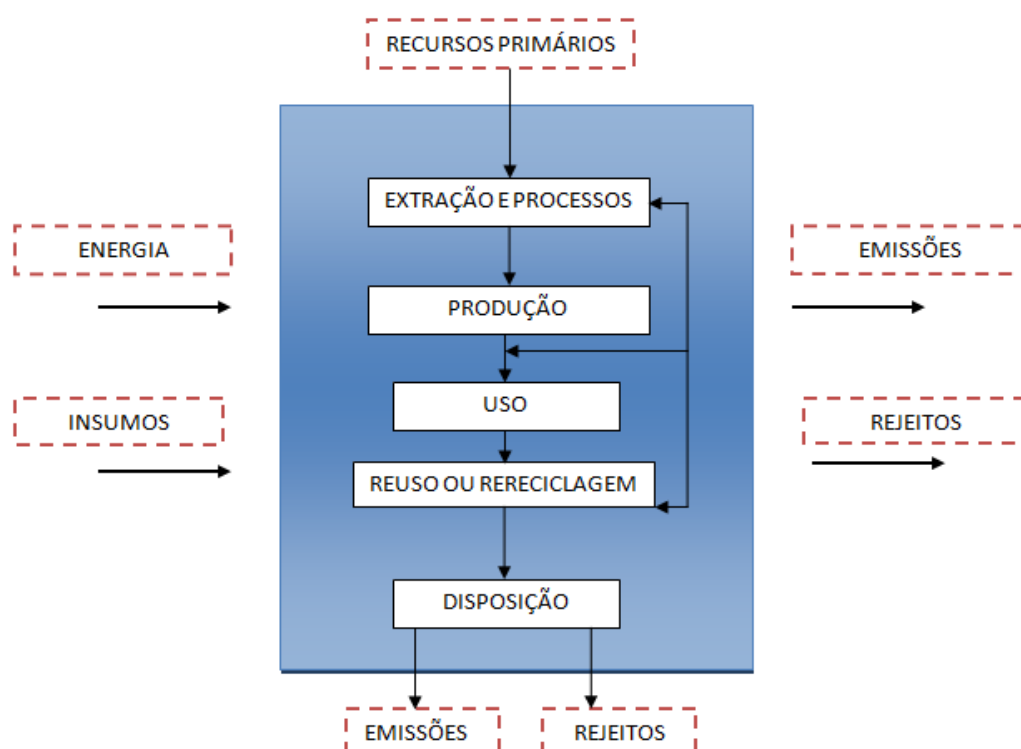


Figura 6 - Fases do ciclo de vida de um produto
Fonte: Adaptado de AZAPAGIC (1999).

Dentro deste contexto, a ACV é amplamente utilizada para tomada de decisão, como ferramenta no processo de seleção, otimização de design e identificação de tecnologias inovadoras, para processos e produtos novos e mudanças significantes nos que já estão no mercado (PIERAGOSTINI, MUSSATI e AGUIRRE, 2011).

Se tratando de uma metodologia cujo foco se situa sobre a função do produto, os autores Ferreira (2004); ABNT (2009a); Guinée et al, (2001a); Borchardt et al

(2012) e Silva e Kulay (2006) estabelecem que a realização de um estudo tem por premissas auxiliar:

- Na análise das origens dos problemas relacionados a um determinado produto através da triagem de indicadores relacionados ao desempenho ambiental, incluindo técnicas de medição;
- No marketing, através de declaração ambiental ou um programa de rotulagem relacionada a uma atividade ou produto;
- Na tomada de decisões e no planejamento estratégico, definindo prioridades, projeto ou reprojeto de produtos ou processos;
- Na possibilidade de melhorias por meio da comparação de variantes de um determinado produto;
- Na concepção de novos produtos passando pela rotulagem ecológica e regulação, até a definição de cenários de prioridade e de política ambiental;
- Possibilitar a escolha entre uma série de produtos comparáveis;
- Contribuir para o entendimento da natureza e das consequências ambientais das atividades humanas e gerar indicadores capazes de determinar os efeitos ambientais dessas atividades; e
- Identificar oportunidades de melhorias de desempenho ambiental, na busca de novos materiais, formas de energia alternativas e implementação de melhorias de processo.

As obras de Silva; Kulay (2006) e Silva (2012) reforçam que quando a ACV é efetuada confrontando o desempenho ambiental de um ou mais produtos contra um padrão preestabelecido, ela pode servir para a elaboração de rótulos e declarações ambientais, indicando os atributos que satisfaçam os critérios ambientais dos produtos.

A indústria tem utilizado a ACV para essas finalidades, afirma Nunes (2008). Isso se deve ao fato de que pressões mais exigentes em relação aos processos, produtos e práticas que minimizem resíduos, tendo como foco o desenvolvimento sustentável.

No meio acadêmico, a aplicação da metodologia vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, inúmeros estudos de ACV foram realizados, apresentando grandes perspectivas para a consolidação da metodologia e

mostrando a preocupação com os impactos ambientais causados por produtos, processos e serviços.

O uso da ACV também tem sido utilizado pelo governo de diversos países para o estabelecimento políticas ambientais mais consistentes, visando à estruturação de sistemas sustentáveis (QUEIROZ, FRANÇA e PONTE, 2012). Apresentando-se com grande potencial para auxiliar na busca de alternativas produtivas econômicas e ambientalmente mais bem posicionadas, tanto no projeto do produto, quanto na manufatura, uso e descarte final.

Como se pode perceber, a ACV vem sendo aplicada em vários campos, demonstrando ser um método eficaz e abrangente para promover diversos benefícios. Queiroz, França e Ponte (2012) complementam que a ACV tem sido uma ferramenta de gestão ambiental que permite ganhos relacionados com a identificação e minimização dos impactos ao meio ambiente, melhora a imagem pública da empresa e reduz os riscos ambientais.

Mesmo com tantos benefícios e possibilidades de aplicação, a elaboração de estudos que utilizam a metodologia ACV apresentam algumas limitações. A ABNT (2009a) lista as principais limitações encontradas:

- Possível subjetividade na natureza das escolhas e definições estabelecidas;
- Limitações decorrentes das suposições dos métodos empregados para a análise de inventário e dos modelos preditivos de avaliação dos impactos ambientais;
- Resultados enfocando questões globais podem não ser indicados para aplicações locais;
- A ACV pode ser limitada pelo acesso e disponibilidade dos dados; e
- A introdução de incertezas nos resultados da ACV pela falta de dimensões espaciais e temporais dos dados inventariados usados na avaliação dos impactos sobre o meio ambiente.

Com o objetivo de verificar as limitações encontradas na área acadêmica, foram analisadas teses e dissertações, os resultados desta pesquisa encontram-se no Capítulo 4 deste trabalho.

3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve os procedimentos metodológicos adotados para o alcance dos objetivos propostos neste estudo. Apresenta-se a caracterização da pesquisa, o instrumento de coleta de dados e para finalizar a forma que os dados serão tratados.

Os procedimentos metodológicos foram aplicados em quatro etapas da pesquisa, conforme ilustrado na Figura 7.

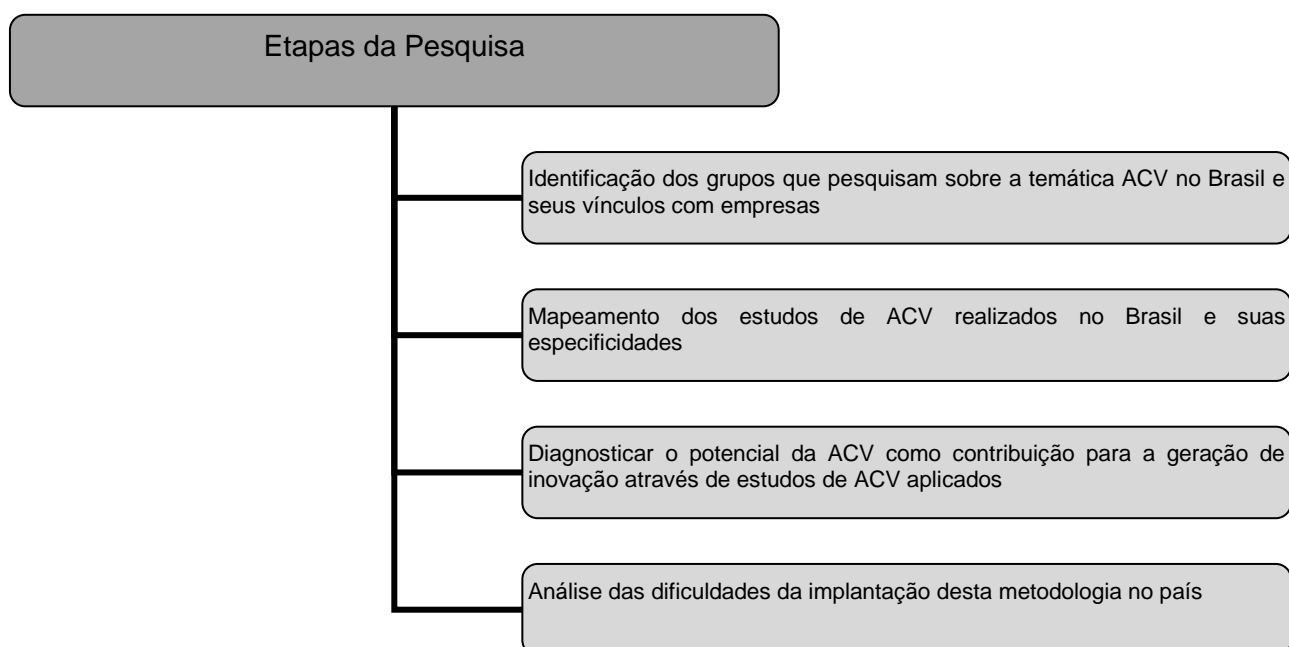


Figura 7- Etapas da pesquisa
Fonte: Autoria própria (2014).

Esta pesquisa caracteriza-se de acordo com a natureza como aplicada, pois pretende gerar conhecimento através do estudo proposto por meio de informações sobre o cenário da aplicação da ACV no Brasil. O conhecimento gerado poderá direcionar ações em busca de melhores resultados na aplicação da ACV no meio acadêmico e industrial, devido às dificuldades que esta metodologia apresenta no país.

Os procedimentos associados à realização de cada uma das etapas são apresentados a seguir.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS GRUPOS QUE PESQUISAM SOBRE A TEMÁTICA ACV NO BRASIL E SEUS VÍNCULOS COM EMPRESAS

O procedimento metodológico utilizado na primeira etapa, que tem como objetivo específico verificar os grupos e linhas de pesquisa que trabalham com a temática ACV no Brasil.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, a pesquisa é classificada como um levantamento, pois se caracteriza pela interrogação a um grupo de pesquisadores, cujo comportamento se deseja conhecer acerca do objetivo proposto.

A população desta etapa do estudo delimitou-se aos pesquisadores dos diretórios de grupos de pesquisa em ACV no Brasil presentes no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). No período de março e abril de 2013 foram realizadas buscas nos diretórios de grupos de pesquisa utilizando as seguintes palavras-chaves: “ACV”, “Avaliação do Ciclo de Vida” e “Análise do ciclo de vida”, obteve-se então, um total de 71 grupos que trabalham com a ACV.

Partindo deste levantamento, o instrumento de coleta utilizado deu-se por um questionário eletrônico (Apêndice A) elaborado com base no referencial teórico desse estudo, correlacionando diretamente ao objetivo geral e ao objetivo específico.

Com o objetivo de identificar problemas no sentido dos enunciados, termos das expressões e formato do questionário, foi feito realizado um estudo piloto. O instrumento de coleta (questionário) foi enviado para dois coordenadores pesquisadores em ACV reconhecidos na área.

A finalidade do estudo piloto em um universo reduzido serve para corrigir erros de formulação que porventura pudessem ter sido cometidos na elaboração das questões e obter sugestões para implementar o estudo.

Após estas etapas, o questionário que foi enviado para o pesquisador coordenador de cada grupo de pesquisa com o intuito de verificar o cenário da ACV em relação às parcerias entre empresas e instituições para a realização da ACV e as principais limitações encontradas em relação a essas parcerias e aplicação da ACV.

Obteve-se um retorno de 48 respostas em relação aos questionários enviados, ressaltando que não houve um critério estatístico para o número de retorno das respostas, devido ao contato direto pelos participantes.

Para a análise e interpretação das respostas referentes às questões contidas no questionário foi utilizada uma abordagem qualitativa para o tratamento dos dados.

Os resultados obtidos nesta etapa são apresentados no Capítulo 4, na sessão 4.1.

3.2 MAPEAMENTO DOS ESTUDOS DE ACV REALIZADOS NO BRASIL E SUAS ESPECIFICIDADES

Para atingir este objetivo, o procedimento metodológico utilizado nesta terceira etapa, que visa contextualizar a ACV no Brasil, deu-se através de um levantamento, com a finalidade de verificar o número de teses e dissertações defendidas sobre o tema.

Os dados foram obtidos nas seguintes bases: Banco de teses da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes); Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT); e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). A pesquisa contabilizou e analisou os estudos desenvolvidos na área acadêmica brasileira que mencionaram em seu título, resumo ou palavra-chave o termo “ACV”, “avaliação do ciclo de vida” e “análise do ciclo de vida”.

De acordo com o levantamento, foram encontrados 183 trabalhos acadêmicos, sendo 137 dissertações e 46 teses.

O perfil dos estudos acadêmicos nesta área do conhecimento foi verificado a partir da construção e análise de quadros e figuras que representam:

- A quantidade de trabalhos publicados por ano no Brasil;
- Sua divisão por nível de estudo (tese ou dissertação);
- Distribuição de estudos entre universidades brasileiras;
- Classificação dos estudos: Aplicação, ICV e abordagem da metodologia;
- Área do conhecimento em estudos de ACV;

- Finalidades da aplicação da ACV;
- Setores da aplicação da ACV;
- Métodos de AICV utilizados nas teses e dissertações do país; e
- Softwares utilizados em teses e dissertações do país.

A análise e discussões sobre as informações geradas através do levantamento nesta etapa são apresentados no Capítulo 4, sessão 4.2.

3.3 DIAGNOSTICO DO POTENCIAL DA ACV COMO CONTRIBUIÇÃO PARA A GERAÇÃO DE INOVAÇÃO ATRAVÉS DE ESTUDOS DE ACV APLICADOS

Para atingir esse objetivo, avaliaram-se teses e dissertações classificadas pelos autores como aplicadas em relação ao seu estudo, com a finalidade de verificar potenciais de inovação tecnológica tanto para produto, processo e serviço. Esse procedimento deu-se através de uma pesquisa exploratória e descritiva pois sua elaboração partiu-se de uma pesquisa bibliográfica, levantamento e análise dos dados encontrados, visando tornar o problema explícito através da descrição de estudos de ACV como um potencial para possível geração de inovação.

Em seguida, com o intuito de verificar pedidos de patentes relacionados à ACV em teses e dissertações, que possibilitaram ou possibilitarão de alguma forma a geração de inovações, realizou-se uma pesquisa através do levantamento de informações em três bases de dados a saber:

- Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), que é responsável pelo aperfeiçoamento, disseminação e gestão do sistema brasileiro de concessão e garantia de direitos de propriedade intelectual para a indústria;
- A base *World Intellectual Property Organization* (WIPO), a opção de utilizar a base de patentes WIPO foi devido ao fato de ser uma ampla ferramenta de pesquisa de patentes, cuja missão é promover a inovação e criatividade para o desenvolvimento econômico, social e cultural de todos os países, através de um sistema equilibrado e eficaz de propriedade intelectual (patentes, direitos autorais, marcas, desenhos, etc.) internacional;e
- A base *European Patents Office* (EPO), que contém todas as informações publicamente disponíveis sobre pedidos de patentes europeias.

Iniciou-se a coleta dos dados em março de 2013. Este período se estendeu até o mês de junho de 2013 e foram utilizadas para a busca as palavras-chave “avaliação do ciclo de vida (ACV)” e “*life cycle assessment (LCA)*”.

Os resultados obtidos nesta etapa são apresentados no Capítulo 4, sessão 4.3.

3.4 IDENTIFICAÇÃO DAS DIFICULDADES DA IMPLANTAÇÃO DESTA METODOLOGIA NO PAÍS

Esta sessão vem a contribuir para o entendimento das principais dificuldades e limitações encontradas em trabalhos sobre a temática ACV no meio acadêmico incluindo teses e dissertações defendidas no Brasil.

A metodologia utilizada na quarta e última etapa do trabalho foi de cunho exploratório, pois analisou-se 183 trabalhos entre teses e dissertações, dos quais incluíram estudos sobre a aplicação da ACV, inventário do ciclo de vida (ICV) e abordagem da metodologia.

Foram retiradas dos trabalhos informações sobre as limitações encontradas sobre esta metodologia no país e analisadas qualitativamente.

Os resultados desta busca podem ser verificados no Quadro 7, bem como as discussões destas limitações presentes no Capítulo 4, sessão 4.4.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os dados coletados Diretórios dos Grupos de Pesquisa, o levantamento de estudo de ACV através de teses e dissertações, a análise de ACV para a geração de inovação e as limitações encontradas no levantamento de estudos de ACV no Brasil.

4.1 GRUPOS QUE PESQUISAM SOBRE A TEMÁTICA ACV NO BRASIL

O Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil foi desenvolvido pelo CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico no ano de 1992, sendo composto de bases de dados que contêm informações sobre os grupos de pesquisa em atividade no país (CNPQ, 2014).

De acordo com o site do CNPQ, as informações (base de dados) contidas no diretório são atualizadas consecutivamente pelos líderes de grupos, pesquisadores, estudantes e dirigentes de pesquisa das instituições participantes.

As informações contidas nessas bases dizem respeito aos recursos humanos constituintes dos grupos (pesquisadores, estudantes e técnicos), às linhas de pesquisa em andamento, às especialidades do conhecimento, aos setores de aplicação envolvidos, à produção científica e tecnológica e aos padrões de interação com o setor produtivo. Além disso, cada grupo é situado no espaço (região, UF e instituição) e no tempo (CNPQ, 2014)

O Diretório dos Grupos de Pesquisa possui três finalidades principais, de acordo com o CNPQ (2014):

- 1) É um eficiente instrumento a ser utilizado pela comunidade científica e tecnológica. No meio profissional, é um excelente instrumento para o intercâmbio e a troca de informações, que por conta de sua rapidez é capaz de responder quem é quem, onde se encontra, o que está fazendo e o que produziu recentemente;
- 2) Devido ao seu caráter censitário, permite o aprofundamento do conhecimento por meio das inúmeras possibilidades de estudos de tipo *survey*. Contribuindo para o alcance de respostas sobre campos não cobertos pelos dados, como,

por exemplo, o financiamento, a avaliação qualitativa da produção científica e tecnológica, as interações entre grupos de pesquisa e o setor produtivo. Sendo, desta forma, é uma poderosa ferramenta para o planejamento e a gestão das atividades de ciência e tecnologia;

- 3) Por fim, as bases de dados têm cada vez mais um importante papel na preservação da memória da atividade científico-tecnológica no Brasil.

Com o objetivo de verificar os grupos e linhas de pesquisa que trabalham com a temática ACV no Brasil foram realizadas buscas no site de consulta do CNPQ, através da utilização das palavras-chave: ACV, Avaliação do Ciclo de Vida e Análise do Ciclo de Vida. Obteve-se um total de 71 grupos e 94 linhas de pesquisa.

Partindo deste levantamento, um questionário eletrônico (Apêndice A) foi enviado para o pesquisador coordenador de cada grupo de pesquisa com o intuito de verificar o cenário da ACV em relação às parcerias entre empresas e instituições para a realização da ACV e as principais limitações encontradas em relação a essas parcerias e aplicação da ACV.

Obteve-se um retorno de 48 respostas, número considerável em relação aos questionários enviados, ressaltando que não houve um critério estatístico para o número de retorno das respostas.

Para a pergunta sobre a parceria entre a instituição e empresas para a realização de estudos de ACV, 10 grupos indicaram parceria representando 17% do total de respostas, conforme representado na Figura 8.

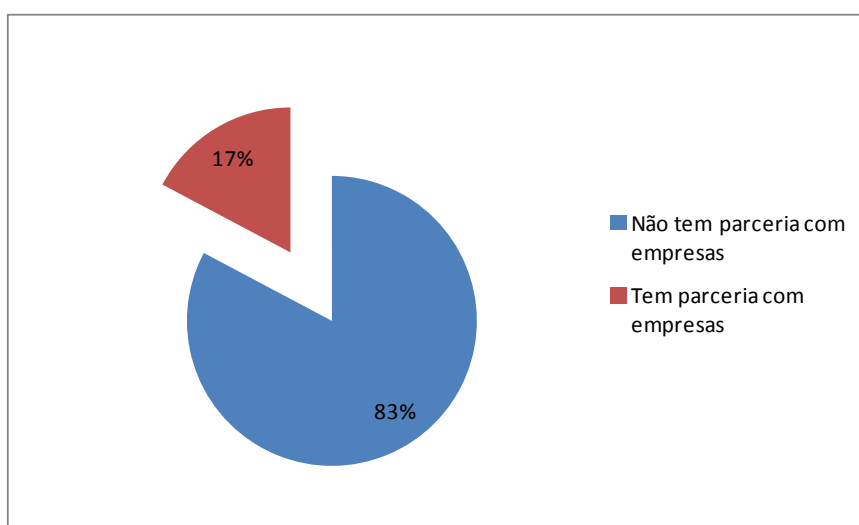


Figura 8: Parceria entre instituição e empresa
Fonte: Autoria própria (2014).

As parcerias se dão através de:

Projetos de pesquisa entre instituição e empresa;

- Projetos de pesquisa entre empresa e instituição;
- Órgãos governamentais;
- Produtores.

As empresas parceiras das instituições incluem:

- Indústria madeireira;
- Laticínios;
- Propriedades agrícolas;
- Indústria de embalagens;
- Fabricantes de metal;
- Fabricantes de peças automotivas;
- Entre outras não especificadas.

Visto que a dificuldade de obter vínculo com empresas para a aplicação da ACV é um dos grandes problemas enfrentados para consolidação da ACV no Brasil, dirigiu-se a seguinte pergunta aos grupos de pesquisa: *Quais são as principais limitações impostas pelas empresas que impedem ou dificultam o desenvolvimento de estudo de ACV?* As respostas estão listadas em tópicos abaixo.

- As políticas de confiabilidade impedem o acesso a coleta de dados;
- Há um grande receio em relação ao levantamento dos impactos ambientais de produtos, processos e serviços;
- Alguns dados se encontram em posse de fornecedores de matéria-prima, o que dificulta o acesso;
- A relação custo/benefício ainda é um fator limitante que faz com que as empresas não se interessem pela aplicação da ACV;
- A divulgação de informações de processos mesmo sem a identificação da empresa impede a parceria;
- As empresas brasileiras investem muito pouco em pesquisas e estão mais preocupadas com o lucro imediato;
- Não há estímulos legais e econômicos para investir em projetos junto à universidade;

- Pouca familiaridade com os conceitos da ACV e suas potencialidades;
- Desconhecimento da importância econômica e ambiental de se realizar um ACV do produto;
- Não há confiança entre a empresa e a instituição parceira (academia);
- Alguns estudos não contemplam todo o processo produtivo devido à restrição (política de confiabilidade) de dados;
- A ACV necessita de uma grande quantidade de dados para a realização de sua aplicação, por conta disso há uma enorme dificuldade em fazer parceria com as empresas.

Através do levantamento dos grupos que pesquisam sobre a ACV no Brasil é possível perceber o interesse que esse tema vem despertando no âmbito acadêmico do país e também suas limitações em concretizar parcerias com empresas para sua aplicação.

4.2 ACV NO MEIO ACADÊMICO BRASILEIRO

A aplicação da metodologia ACV vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, inúmeros estudos de ACV foram realizados, principalmente no meio acadêmico, mostrando a preocupação com os impactos ambientais causados por produtos, processos e serviços e consolidando cada vez mais essa ferramenta. Em seu estudo Luz et al (2013) apresenta o ranking dos 10 países que mais desenvolveram estudos em ACV em comparação com o Brasil. O resultado desta busca pode ser observado na Figura 9.

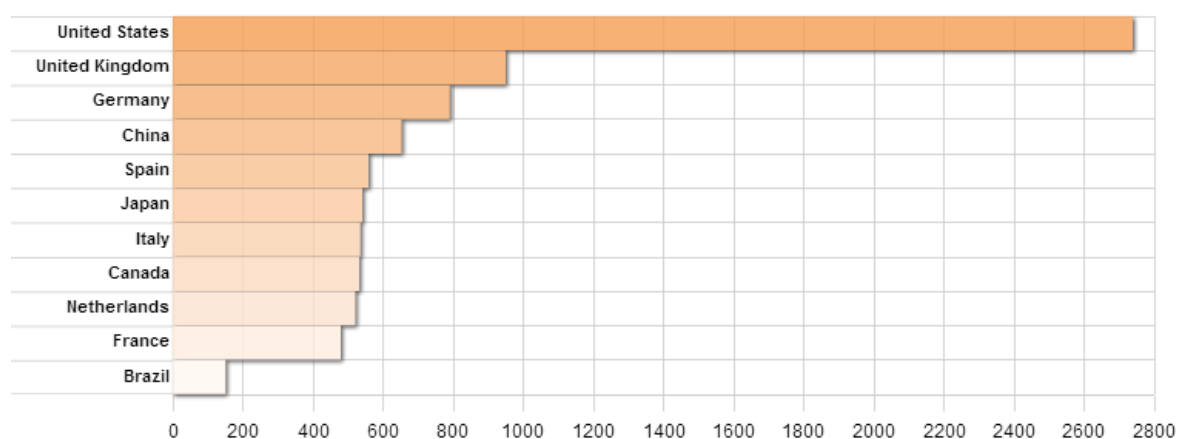


Figura 9-Estudos em ACV por país
Fonte: Base de dados SCOPUS (2013).

Observando a figura citada (considerando os trabalhos indexados na base de dados SCOPUS), tem-se que os Estados Unidos é o país que mais apresenta estudos em ACV, demonstrando que esta prática é mais consolidada neste país em comparação com os demais países. O Brasil atualmente apresenta-se como o décimo nono país em número de publicação em ACV, com um total de 151 publicações.

Isso demonstra que no Brasil os estudos acadêmicos relacionados à aplicação desta metodologia são recentes, em consequência disto, apresentam algumas dificuldades e limitações.

No entanto, mesmo com estas limitações o número de pesquisas na área acadêmica brasileira apresenta grandes perspectivas de desenvolvimento, apresentando, contudo algumas características próprias, no decorrer deste capítulo serão apresentados alguns dados que demonstram tal argumento.

Para tanto, verificou-se o estágio atual dos trabalhos de ACV na área acadêmica, realizando um levantamento de teses e dissertações defendidas sobre o tema.

Os dados foram obtidos nas seguintes bases: banco de teses da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes); Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT); e no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). A pesquisa contabilizou e analisou os estudos desenvolvidos na área acadêmica brasileira que mencionaram em seu título, resumo ou palavra-chave o termo “ACV”, “avaliação do ciclo de vida” e “análise do ciclo de vida”.

De acordo com o levantamento, foram encontrados 183 trabalhos acadêmicos, sendo destes 137 dissertações e 46 teses, distribuídas em diferentes instituições de pesquisa, conforme demonstrado no Quadro 4. Partindo disso, foi possível apresentar algumas especificidades da metodologia da ACV e seu estágio atual no Brasil.

Instituição	Número de dissertações	Número de teses
Universidade de São Paulo	35	17
Universidade Federal de Santa Catarina	18	6

Universidade Federal do Rio de Janeiro	8	5
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	8	-
Universidade Federal de São Carlos	3	2
Universidade Federal do Paraná	3	1
Universidade Tecnológica Federal do Paraná	12	-
Universidade de Brasília	9	2
Universidade Federal de Uberlândia	1	-
Universidade do Pará	-	3
Universidade Federal Fluminense	4	1
Universidade Estadual de Campinas	3	3
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo	3	-
Universidade Regional de Blumenau	3	-
Centro Federal de Educação Tecnológica Federal do Rio de Janeiro	1	-
Universidade Federal da Bahia	4	-
Universidade Federal de Itajubá	2	1
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul	2	-
Universidade Metodista de Piracicaba	1	-
Escola Politécnica	-	1
Universidade Federal De Minas Gerais	4	1
Universidade Para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal	1	-
Universidade de Caxias do Sul	1	-
Centro Fed. de Educ. Tecn. Celso Suckow da Fonseca	1	-
Universidade Est. Paulista "Júlio De Mesquita Filho"	-	1
Universidade Estadual de Santa Cruz	2	-
Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia	2	-
Universidade Estadual de Maringá	1	-
Universidade Estadual de Londrina	1	-
Universidade Estadual Paulista	1	-
Universidade de Pernambuco	1	-
Universidade Federal de Viçosa	1	-
Universidade de Taubaté	1	-
Universidade de Caxias do Sul	1	-
Total	137	46

Quadro 4 - Levantamento de teses e dissertações em ACV no Brasil
Fonte: Autoria própria (2014).

No que diz respeito tanto em dissertações como em teses encontradas, pode-se verificar que a Universidade de São Paulo (USP) é a instituição com o maior

número de trabalhos defendidos, totalizando 35 dissertações e 17 teses, concentradas em sua maioria no departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica devido à existência do Grupo de Prevenção a Poluição (GP2) que tem como principal linha de pesquisa a ACV, cujo principal objetivo é contribuir para que os impactos ambientais causados pela indústria de processos químicos sejam minimizados. Podendo por este quesito ser considerada a principal colaboradora para o desenvolvimento acadêmico da ACV no país, seguida pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal de do Rio de Janeiro (UFRJ) e demais instituições apresentadas no Quadro 4.

Com base nos estudos encontrados e analisados, pode-se perceber que uma das primeiras iniciativas em estudos de ACV na área acadêmica brasileira surgiu em meados do ano de 1997, sendo que o primeiro estudo que consta na base estudada foi desenvolvido por Duarte (1997), onde o autor desenvolveu um estudo com objetivo de estudar a Caracterização da Rotulagem ambiental de produtos. A partir deste ano houve um crescimento ténue, apresentando um aumento significativo do número de estudos desenvolvidos em 2003, decaindo, no entanto, nos três anos seguintes, voltando a crescer de forma mais intensa a partir de 2007, porém com algumas oscilações, conforme pode ser visualizado na Figura 10.

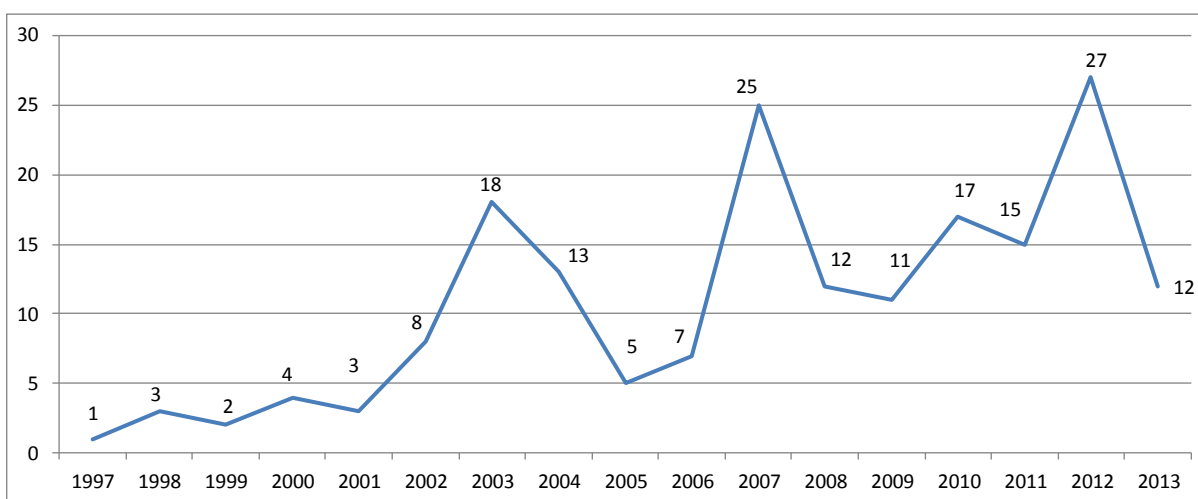


Figura 10 - Evolução dos estudos citando a ACV no banco de teses e dissertações da CAPES
Fonte: Autoria própria (2014).

Verificou-se que dos estudos analisados a predominância dos trabalhos está relacionada à aplicação da ACV em alguma área do conhecimento, conforme observado na Figura 11. No entanto, nota-se que uma porcentagem significativa de

estudos se refere apenas ao inventário do ciclo de vida (ICV), que segundo a ISO 14040, constitui a terceira etapa da realização da ACV. Esta característica dos estudos pode estar relacionada ao fato de que uma das limitações encontradas para aplicação da ACV é a falta de inventário disponível que condiz às condições brasileiras. Desta forma, alguns estudos se limitam a fase de construção desses inventários, e muitas vezes por falta de dados disponíveis não é possível à realização completa da ACV.

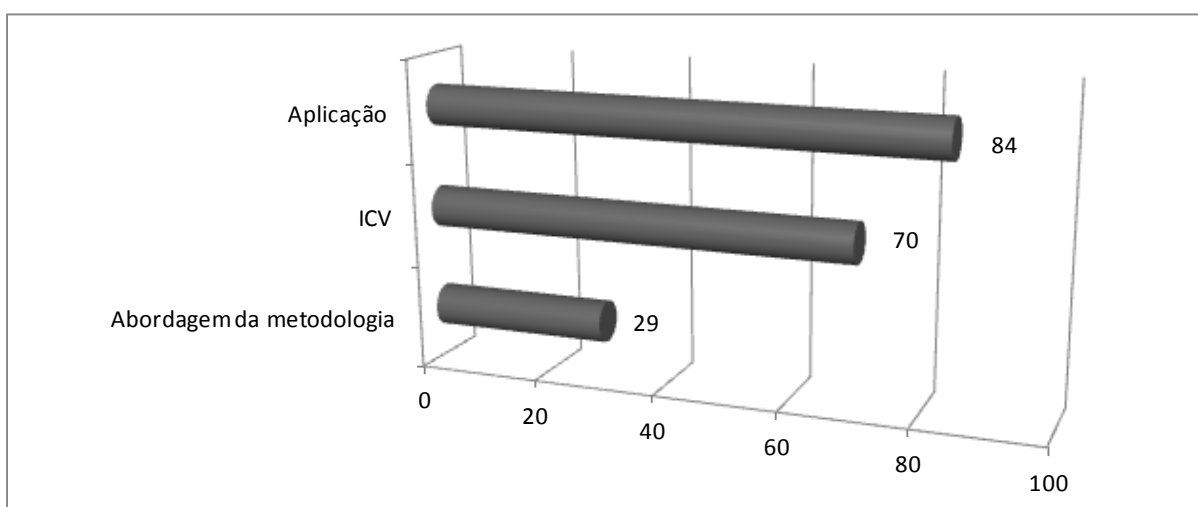


Figura 11 - Tipos de estudo referente a ACV
Fonte: Autoria própria (2014)

A quantidade de estudos que abordam a metodologia também é relevante. Na grande maioria são estudos que citam esta metodologia como forma de avaliação de impacto ambiental (sistema de gestão ambiental) ou abordaram pontos da metodologia que merecem estudos específicos.

Como a metodologia da ACV ainda encontra algumas dificuldades para aplicação no setor industrial brasileiro, alguns trabalhos foram desenvolvidos visando o aperfeiçoamento de algum ponto da metodologia da ACV de modo a melhor atender as condições brasileiras. Alguns destes estudos tiveram como objetivo: o desenvolvimento de fatores de normalização de impactos ambientais regionais, a proposição de fatores de caracterização para um modelo de ACV para o Brasil, o estudo de metodologias de avaliação de impacto do ciclo de vida e a normalização de critérios ambientais aplicados a ACV.

Há ainda os estudos que se referiam a características dos *softwares* de apoio a ACV, métodos para escolhas de processos considerando o impacto

ambiental, análise de ecoeficiência, trabalhos relacionados à redução de custos ambientais, entre outros.

Todos estes estudos estão distribuídos em diferentes áreas do conhecimento, conforme é demonstrado na Figura 12.

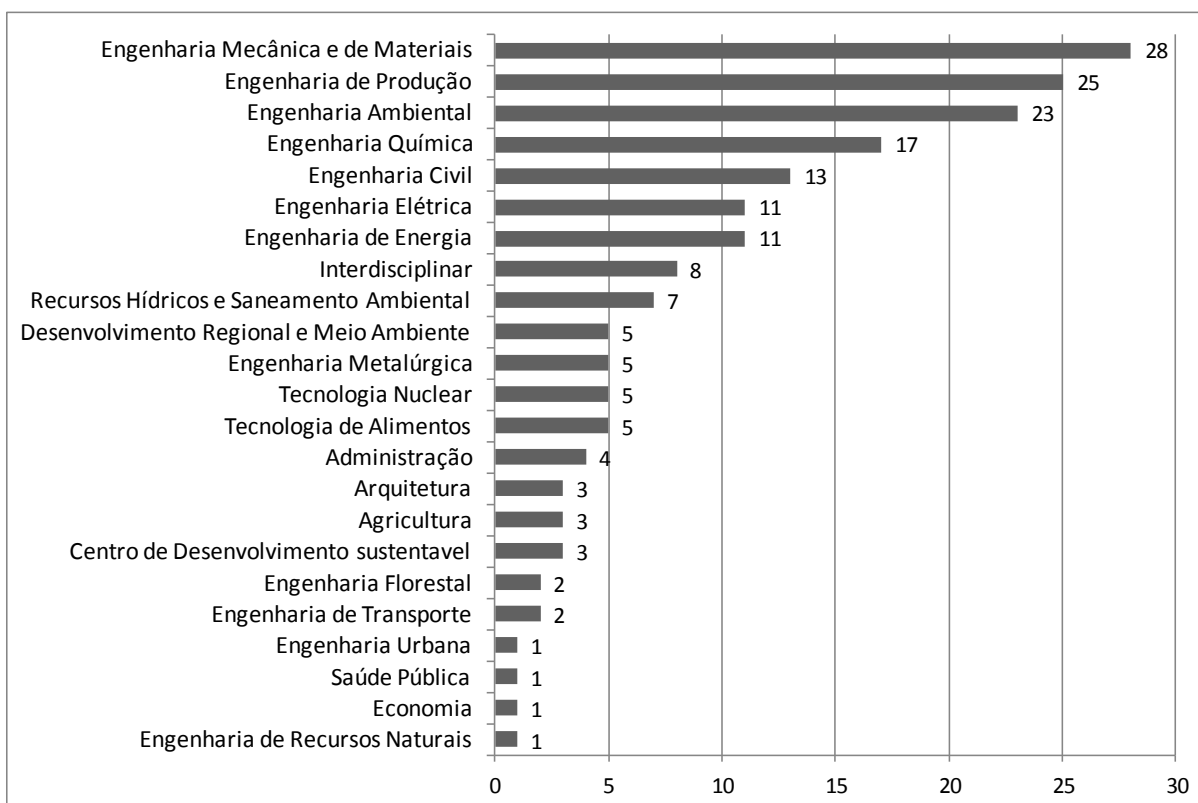


Figura 12 - Área de conhecimento dos estudos de ACV

Fonte: Autoria própria (2014).

De acordo com dados analisados nota-se uma tendência de que os estudos que se referem a aplicação da ACV no país ganhem maior destaque, pois a medida que a metodologia vem se consolidando no país, o número de trabalhos que apresentam uma abordagem teórica vem diminuindo.

Em relação aos objetivos que levaram a aplicação da ACV, os 84 trabalhos incluídos nesta categoria de estudo, foram desenvolvidos buscando atender diferentes objetivos, que estão relacionados aos apresentados por Guineé (2001). O Quadro 5 apresenta um resumo das principais finalidades da aplicação da ACV nos estudos analisados.

Objetivo da aplicação da ACV	Autores
Avaliação de performance/perfil	Sallaberry (2009); Takahashi (2008); Warmling (2004);

ambiental de produto ou processo	Renó (2011); Lins (2009); Sansão (2011); Ribeiro (2011); Sant'ana (2011); Galindro (2012); Silva (2012); Almeida (2012); Silva (2012); Souza (2012); Barbosa (2012); Ribeiro (2009); Puff (2003), Hussein (2004); Canchumani (2013); Santos (2000), Piekarski (2013); Carvalho (2010); Ometo (2005); Souza (2010); Almeida (2002); Barreto (2007); Sartori (2007); Fukurozaki (2011); Lafin (2004); Andrade (2007) Prado (2007)
Propor um método para verificação do desempenho ambiental quando da substituição de equipamentos em Programas de Uso Racional da Água usando a ACV	Kalbusch (2011) Marinoski (2010)
Comparação do impacto ambiental de diferentes materiais (primários e secundários)	Ugaya (2001); Seye (2003);
Identificar produto de menor impacto para o meio ambiente	Hill (2010); Valt (2004); Santos (2007); Passuello (2007); Botolin (2009); Santos (2010); Sugawara (2012); Saraiva (2007); Pereira (2003); Pereira (2004); Souza (2010); Keil (2012); Prado (2007)
Comparação do desempenho ambiental de sistema de produção	Kulay (2004); Olszensvski (2001); Arantes (2008); Oliveira (2006); Rocha (2009); Santos (2007); Nigri (2012); Arantes (2012); Xavier (2003)
Avaliar desempenho ambiental de sistema de produção	Casaca (2008); Pretto (2003); Miranda (2012)
Avaliar diferentes alternativas de tratamento de resíduos	Machado (2003); Nogueira (2012) Dmitrijevas (2010), Sá (2004)
Avaliar a carga ambiental (impactos ambientais) relacionada ao ciclo de vida do produto	Sablowski (2008); Remédio (2004); Trajano (2010); Souza (2012)
Comparação de diferentes cenários	Silva Júnior (2011); Oliveira (2007); Milani (2007),
Propor um modelo de ACV que seja adaptado às condições brasileiras	Kulay (2000); Almeida (2012)
Comparação das emissões do ciclo de vida do produto com critérios da diretiva europeia	Grisoli (2011); Bessa (2010); Chohfi (2004)
Contribuição do Enfoque de Ciclo de Vida da Ecologia Industrial na Economia do Meio Ambiente	Rojas (2012)
ACV foi empregada para Avaliar a Pegada de Carbono	Branco (2012);Allganer (2010)

Quadro 5 - Objetivo da aplicação da ACV
Fonte: Autoria própria (2014).

Nota-se que os principais motivos da aplicação da ACV estão relacionados a: avaliação de performance/perfil ambiental de um produto ou processo – na maior

parte dos casos tendo em vista a identificação de oportunidades de melhoria no desempenho ambiental; comparação do desempenho ambiental de produtos e sistemas de produção – para identificar o produto de menor impacto no meio ambiente; avaliar os impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida do produto; e, comparação de diferentes cenários.

Estes estudos de ACV estão sendo desenvolvidos em vários setores do conhecimento. A Figura 13 apresenta essa predominância em diferentes setores.

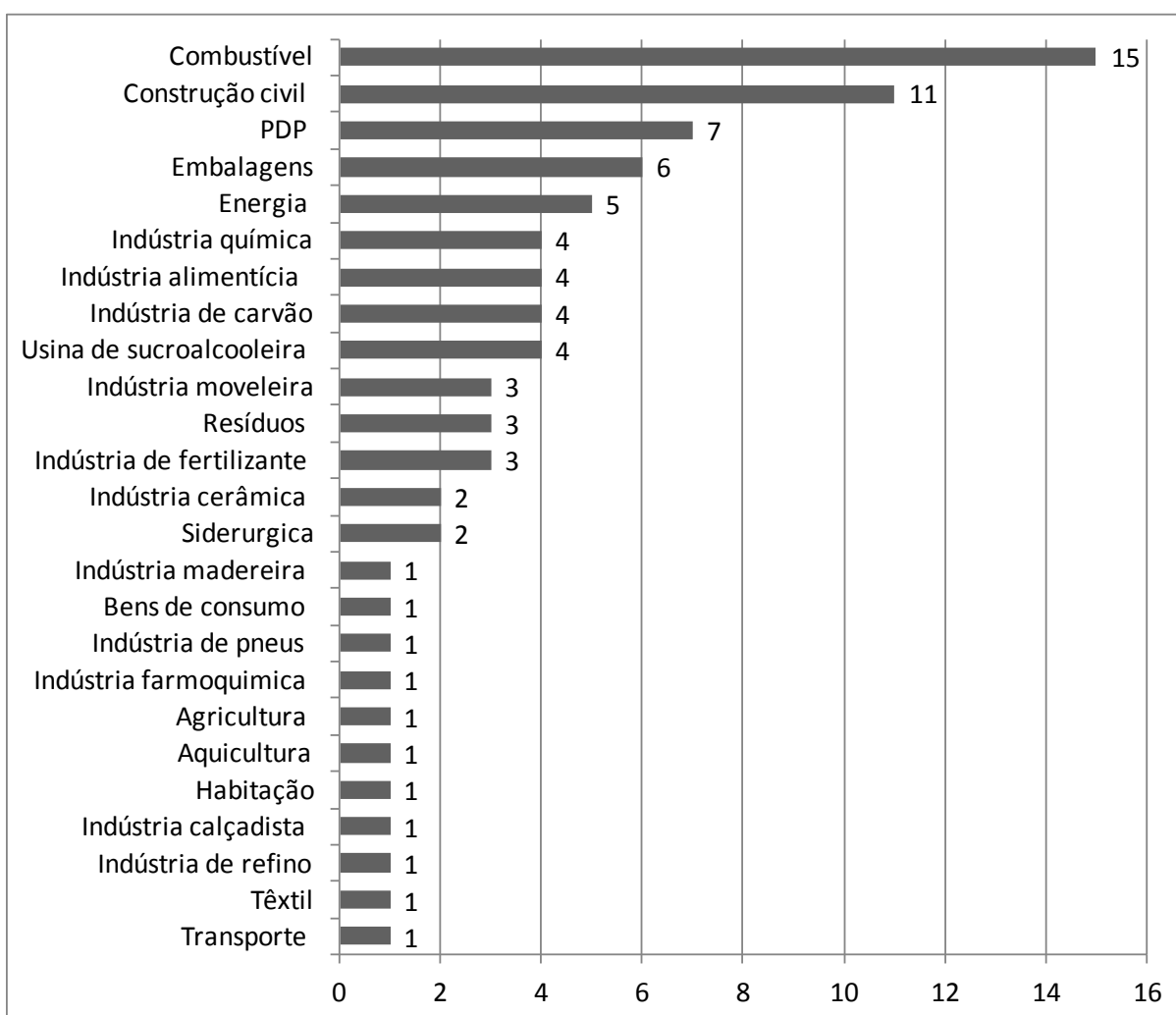


Figura 13 - Setores de aplicação dos estudos de ACV
Fonte: Autoria própria (2014).

Estas áreas de estudos estão relacionadas a pesquisadores vinculados a programas de pós-graduação de diferentes instituições de ensino, conforme pode ser observado no Quadro 4.

É possível perceber uma grande predominância de estudos na indústria química, que engloba outros setores citados separadamente, como: combustível, indústria farmoquímica, resíduos, fertilizantes, refino, etc.

Para chegar à aplicação completa da ACV é necessária a escolha e utilização de métodos e *softwares*. Os subtópicos a seguir abordam os principais métodos e *softwares* utilizados nos estudos de teses e dissertações.

4.2.1 Métodos de AICV utilizados no Brasil

A Figura 14 abaixo demonstra métodos de AICV utilizados nas teses e dissertações.

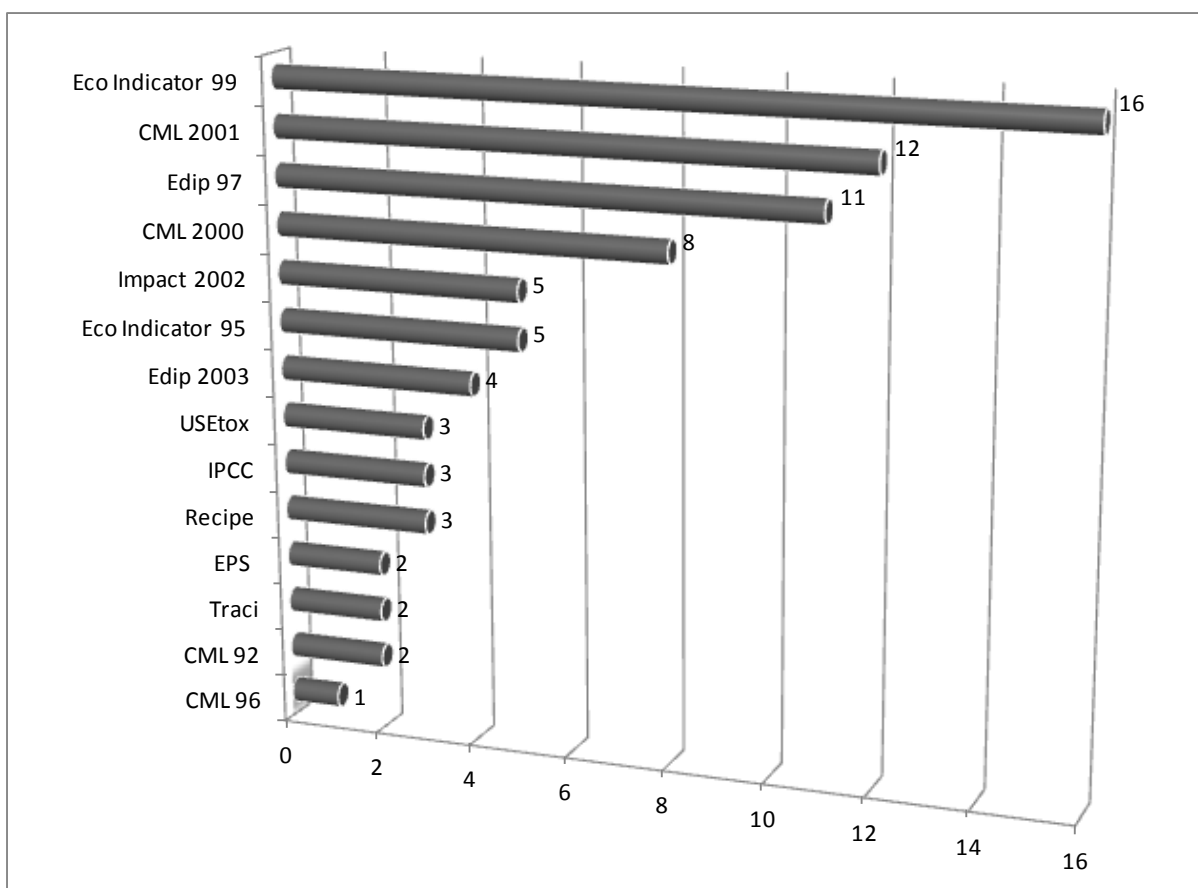


Figura 14- Métodos de AICV utilizados nas teses e dissertações
Fonte: Autoria própria (2014).

Ao observar a Figura 14 vê-se que o método, Eco-Indicator99, CML2001, Eco e EDIP97 são os que mais se destacam no meio acadêmico brasileiro. Em relação a todas as suas versões os métodos CML, Eco-Indicator e EDIP ficam na sequência.

O método CML possui categorias específicas e previamente quantificadas para impactos ambientais orientados ao problema (*midpoint*). Essas categorias estão disponíveis em diversos métodos de AICV, e permitem comparações de seus resultados entre diferentes métodos.

Devido a sua ampla lista de categorias de avaliação de impactos este método é o mais utilizado em abordagens *midpoints* no Brasil.

Apresentando uma relação entre o impacto e os danos para a saúde humana ou para o ecossistema.

O método Eco Indicator é o mais utilizado em abordagens *endpoints* (onde os aspectos ambientais provenientes do ICV são diretamente relacionados aos danos finais). Através desse método é realizada a caracterização e a avaliação dos danos ambientais sobre a saúde humana, a qualidade do ecossistema e recursos e a normalização e valoração dos impactos. Este método possui o escopo de aplicação global para algumas características de impacto.

O terceiro método de AICV mais utilizado é o EDIP, classificado como um método *midpoint* que abrange a maioria dos impactos relacionados a emissões, uso de recursos e impactos no meio ambiente de trabalho. Uma de suas versões apresenta o escopo de aplicação global para algumas características de impacto.

Na revisão da literatura em teses e dissertações, o EDIP apresentou-se como um método internacionalmente aceito no meio acadêmico.

4.2.2 Ferramentas computacionais para análise do ciclo de vida utilizadas em estudos no Brasil

Para de viabilizar e facilitar os estudos de ACV, bem como as avaliações de impactos através de diferentes métodos, existem diversos *softwares* desenvolvidos e destinados para especificamente para isso.

A Figura 15 relaciona os *softwares* utilizados em teses e dissertações, tendo como proeminência o *software* Gabi4, SimaPro7.0 e Umberto.

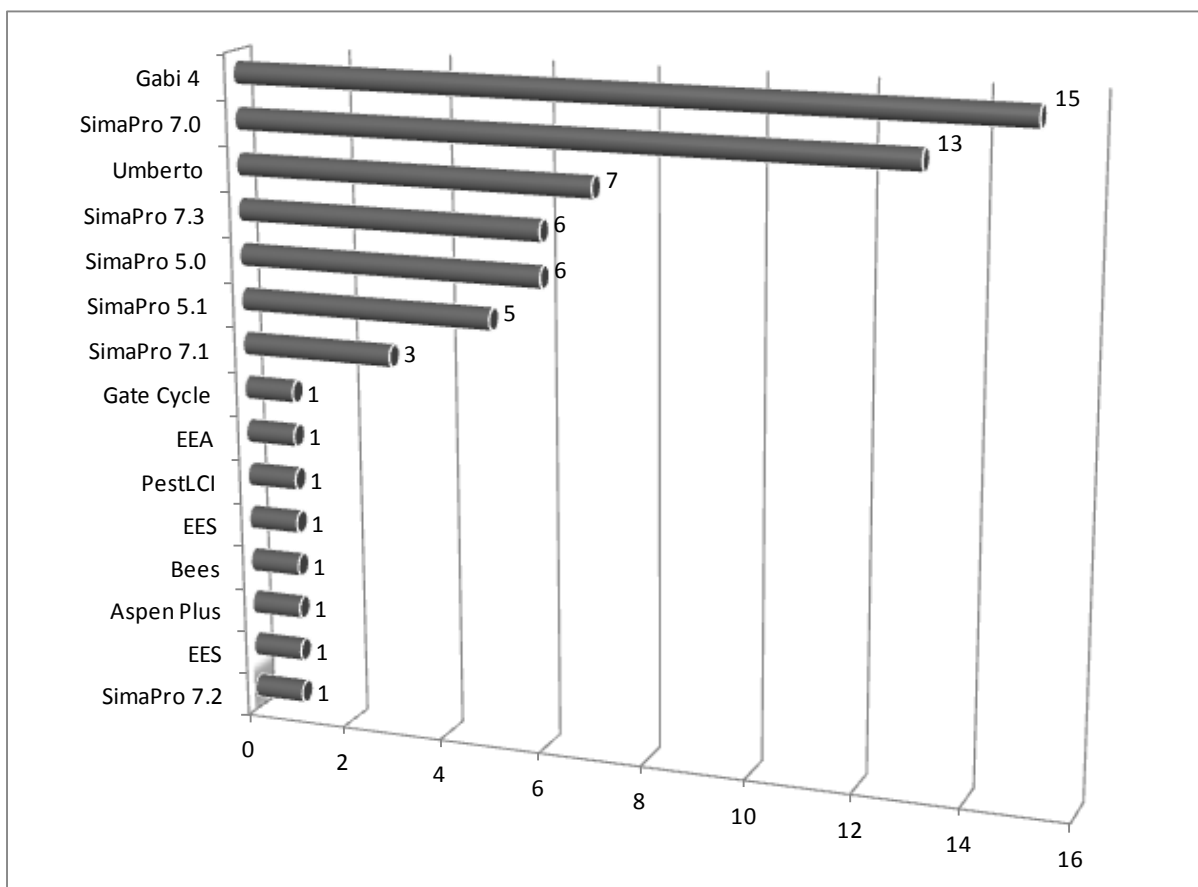


Figura 15: Softwares utilizados em teses e dissertações no Brasil
Fonte: Autor (2014).

Em relação a todas as versões é possível relacionar de acordo com a frequência de utilização os *softwares* SimaPro, Gabi e Umberto.

O *software* SimaPro se destaca no meio acadêmico por ser uma ferramenta que contém métodos de avaliação abrangentes para estudos de ACV aplicados. Apresentando inúmeros processos de fabricação distribuídos em diferentes bancos de dados, produtos, sistemas de produtos, e inventários de materiais.

Este *software* compara e analisa o desempenho ambiental de produtos e serviços com ciclos de vida bem complexos.

Devido a essas características, sua aplicação demo e abrangência em bases de dados fizeram com que este *software* fosse o mais utilizado em pesquisas acadêmicas até o presente momento.

O *software* Gabi é considerado uma ferramenta que contém um abrangente banco de dados com cobertura mundial, disponibilizando uma grande quantidade de

processos inventariados com base em dados industriais e várias bases de dados acopladas.

As opções demo e educacional desse *software* para estudos acadêmicos em ACV são disponíveis, sendo isentas de qualquer custo, contendo várias bases de dados de unidades de processo e inventários consolidados tipo *gradle to gate* (do berço ao portão da fábrica) relacionados aos mais diversos setores industriais para diversos países.

Essas propriedades do *software* fazem com que sua aplicação no meio acadêmico brasileiro seja o segundo maior em relação aos demais.

O terceiro *software* em maior evidência nos trabalhos acadêmicos é o Umberto. Nele é possível visualizar fluxogramas de materiais e energia e os principais objetivos de sua utilização é a otimização de processos no sistema de produção, reduzir os recursos de materiais e energia e minimizar as quantidades de emissões de poluentes, tendo como consequência a redução de custos.

Além disso, o *software* Umberto apresenta uma boa avaliação nos critérios envolvidos na pesquisa, devido ao seu caráter científico e sua interface com a base de dados da Ecoinvent que possui um grande conjunto de dados industriais de inventários de ciclo de vida e métodos para avaliação de impactos a fim de auxiliar estudos de ACV.

Neste âmbito, o *software* Umberto, apresenta-se como uma ferramenta versátil para estudos de ACV realizados no Brasil, visto seu caráter científico e integração com a base de dados Ecoinvent, além de ser uma ferramenta de fácil utilização.

4.3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA PARA A GERAÇÃO DE INOVAÇÃO

A inovação vem sendo considerada pelos pesquisadores do tema como uma forma estratégica, um ponto chave para o sucesso da empresa em um ambiente cada vez mais competitivo em decorrência do intenso desenvolvimento tecnológico e da expectativa de novos produtos pelos consumidores. Isto conduz as empresas à necessidade de inovar constantemente.

Para Cramer e Tukker (2006) as exigências ambientais estão largamente focadas na inovação através da adaptação aos processos, produtos e serviços devido aos regulamentos, considerando que sejam esperados os melhores resultados em relação aos aspectos ambientais, a custos mais baixos, ampliando assim o leque de respostas para todas as etapas do ciclo de vida.

Para que o processo de inovação tecnológica nas organizações resulte em produtos e processos sustentáveis, Figueirêdo et al (2010) enfatiza que se faz necessário à disponibilização e uso de ferramentas metodológicas que facilitem a consideração das questões ambientais em cada etapa desse processo.

Paralelo a isso, os autores Krozer (2008) e Guziana (2011) mencionam que muitos métodos estão sendo desenvolvidos para avaliar os impactos ambientais no ciclo de vida dos produtos para efeitos de regulação e de apoio nas decisões das empresas sobre a melhoria do produto gerando inovações. E uma das técnicas que vem ganhando destaque é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que pode prover as mudanças tecnológicas fundamentais na produção e nos produtos.

A ACV permite obter conhecimento do ciclo de vida do produto como um todo, abrangendo todas as etapas do processo de elaboração do produto, incluindo as entradas e saídas referente a cada etapa do processo. Isto possibilita identificar, entre outros aspectos, os pontos desfavoráveis do produto relacionados aos aspectos ambientais. Desta maneira, a busca de alternativas para melhorar o desempenho ambiental desse produto pode resultar em inovações para a indústria (ABNT, 2009a; LOFGREN, BIRGER e TILLMAN, 2011, BONEZZI, 2004).

Os autores Rozenfeld e Forcellini (2009); Damasceno et al (2011) reforçam que a ACV é, de maneira geral, uma ferramenta inovadora para as indústrias. A operacionalização do sistema produtivo aliado às inovações que visem atender as dimensões da sustentabilidade são consideradas tendências iminentes para organizações que pretendem manterem-se competitivas e consolidando bons resultados. Sobre este aspecto, Luz (2011) afirma em seu estudo onde avalia a contribuição dos indicadores obtidos na avaliação do ciclo de vida sobre a geração de inovação na indústria que a utilização da ACV pode resultar em inovações e consequentemente na melhoria da competitividade.

Corroborando com este pensamento Kemp et al (1999); Chiou et al, 2011; Tseng; 2009 e Yung et al (2011) enfatizam que a ACV se apresenta como uma ferramenta de avaliação do impacto ambiental, capaz de reconhecer o caráter

multifacetado da inovação ambiental, promovendo melhorias composta pela inovação de produto , inovação de processo e inovação em serviços. Tendo como finalidade reduzir impactos negativos e riscos para o meio ambiente.

Sobre esse aspecto foram analisados todos os trabalhos referentes à aplicação da ACV em teses e dissertações (totalizando 83 estudos) onde se pode observar potenciais de inovação tecnológica tanto para produto, processo e serviço.

Foi possível verificar que 40 estudos de ACV possibilitam inovação através da quantificação, interpretação e avaliação dos impactos ambientais, conforme apresentado no resumo do Quadro 6.

Produto	Santos (2007); Bessa (2010); Souza (2010); Kalbusch (2011); Amaral (2010); Passuelo (2007); Sallaberry, (2009); Botolin (2009), Keil (2012); Hussein (2004); Allganer (2010); Ribeiro (2009); Sartori (2007); Ugaya (2001); Souza (2012); Puff (2003)
Processo	Ferreira (2007); Silva (2012); Piekarski (2013); Carvalho (2010); Fukurozaki (2011), Ometto (2005); Santos (2000); Galindro (2012); Sá (2004); Seye (2003); Saraiva (2007); Rocha (2009), Nigri (2012), Silva (2012); Barbosa (2012); Renó (2011)
Serviço	Dmitrijevas (2010); Millani (2007); Silva Júnior (2011); Takahashi (2008), Xavier (2003); Casaca (2008); Marinovski (2010); Passuelo (2007)

Quadro 6: Estudos que através da aplicação da ACV possibilitam inovação
Fonte: Autoria própria (2014).

A quantidade de estudos que proporcionam de alguma forma a inovação vem a reforçar ainda mais os benefícios da aplicação da ACV. Na sequência do estudo os sub itens abordam alguns destes estudos.

4.3.1 Inovação em Produtos

Estudos relacionados à aplicação da ACV em produtos vêm crescendo em um número considerável. Seus estudos possibilitam aos tomadores de decisão a proporem melhorias, alterações e inovações, afim de oferecer um perfil ambiental maior do que os produtos convencionais. Corroborando para este questionamento

16 estudos, incluindo teses e dissertações, aplicaram a ACV com estes objetivos. Na sequência são descritos alguns desses trabalhos, bem como seus resultados.

Em seu estudo Botolin (2009) aplicou a ACV em dois tipos de cestos utilizados em máquinas de lavar, o cesto de plástico em relação ao cesto de inox. O autor evidenciou através dos resultados da ACV, que o cesto de plástico é o mais recomendado e propões aos fabricantes melhorias no desenvolvimento das características do produto, deixando assim, o produto mais favorável e representando metade dos potenciais impactos em relação ao cesto de inox.

Santos (2007) avaliou o desempenho ambiental e financeiro de tubos para evaporadores construídos com aço carbono e, comparativamente, com mais três tipos de aços inoxidáveis, 304, 444 e 439. A partir dos resultados obtidos o autor concluiu que os aços inoxidáveis 439 e 444 apresentaram-se como opções mais amigáveis em relação ao desempenho ambiental e em relação aos investimentos também.

Com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento da metodologia (BESSA, 2010) avaliou as emissões de CO₂ geradas durante o ciclo de vida das fachadas de edifícios. Os resultados para os parâmetros considerados no estudo, mostram que as fachadas em *structural glazing* com vidro incolor são as que mais emitem CO₂ ao longo de seu ciclo de vida, seguidas das fachadas em alvenaria e revestidas com painéis de alumínio composto ou ACM (*Aluminium Composite Material*), fachadas em *structural glazing* com vidro refletivo e fachadas em alvenaria revestidas com argamassa. Através desses resultados é sugerido mudanças nos produtos para que seu impacto ambiental seja diminuído.

Sartori (2007) abrangeu uma avaliação comparativa do desempenho de dois materiais, o painel de madeira e o painel multilaminar para serem usados fabricação de caixas de carga de semi-reboques para o transporte de grãos. O painel multilaminar apresentou melhor desempenho ambiental geral em relação ao painel de madeira.

A aplicação da ACV de produtos permite que os tomadores de decisão tenham alternativas plausíveis inovação em produtos, processos e serviços.

4.3.2 Inovações em processos

Resultados da ACV geram informações que dão suporte para implementações de melhorias e inovações em diferentes processos do ciclo de vida de um produto (YAN, HUMPHREYS e HOLDEN, 2011).

Definir novas alternativas de mudanças nos processos voltadas para a sustentabilidade é importante para descobrir qual delas irá garantir uma grande melhoria e proporcionar inovações em questões ambientais. Neste sentido estudos aplicando a ACV geraram possibilidades de inovação.

Prado (2007) aplicou a ACV em um estudo relacionado ao ciclo produtivo da cana-de-açúcar e propôs uma alternativa de inovação na etapa que causava um impacto ambiental referente ao consumo de energia.

Os autores Piekarski (2013) e Silva (2012) verificaram em estudos distintos, através da ACV possíveis melhorias nos processos da produção do MDP.

Afim de adequar ambientalmente o ciclo de vida do etanol hidratado combustível, Ometto (2005) recomenda, baseado nos resultados da aplicação da ACV, a eliminação da queimada, a redução do uso de agrotóxicos, de combustível fóssil e formas mais eficientes de uso do álcool combustível. O novo processo irá diminuir consideravelmente os impactos causados ao meio ambiente.

A aplicação da ACV em um frigorífico, estudo realizado por Carvalho (2009) demonstrou que o processo de operação do ciclo realizado por compressão produz mais de hidrocarbonetos quando comparada com a quantidade emitida devido à construção. Em decorrência do resultado o processo poderá ser alterado, visando à minimização dos impactos ambientais gerados nesta operação.

Sallaberry, (2009) comparou o desempenho ambiental do biodiesel com o óleo diesel. O que se pôde observar, dentro do escopo desse estudo, é que o biodiesel, em comparação com o óleo diesel, reduz o uso de energia não-renovável e aquecimento global. O autor sugere melhorias nas etapas de processamento do biodiesel.

O estudo realizado por Seye (2003) propõe a substituição da lenha no processo de fabricação da cerâmica vermelha pelo capim elefante, demonstrando através da ACV que insumo energético avaliado possui um considerável potencial energético e pode ser produzido de forma sustentável.

Além de permitir inovações sustentáveis em produtos e processos a ACV pode ser uma alternativa viável para mapear os impactos decorrentes dos serviços de uma empresa.

4.3.3 Inovações em serviços

Definir novas alternativas de serviços e trabalhar com novos serviços que causem menores impactos ambientais estão entre as inovações que podem ser alcançadas através da aplicação de ACV.

No setor de embalagens Passuelo (2007) avalia embalagens descartáveis para frutas, com a finalidade de comparar o desempenho ambiental de caixas de madeira e de papelão ondulado. A partir dos resultados obtidos da ACV, constata-se que a embalagem de madeira possui comportamento ambiental melhor que a embalagem de papel ondulado. Esse resultado resulta em inovações para o setor de serviços que irá passar a utilizar a embalagem menos impactante.

Marinoski (2010) avaliou a viabilidade ambiental de sistemas de aproveitamento de água pluvial em dois cenários. Um cenário em que existe somente sistema hidráulico predial que utiliza água potável da rede pública, e outro cenário em que a edificação possui sistema hidráulico predial complementado por aproveitamento de água pluvial. Os resultados do trabalho apontam que dentre as opções de sistemas complementados por aproveitamento de água pluvial analisadas, os sistemas mais viáveis em aspecto ambiental são os que possuem reservatório inferior de armazenamento de água pluvial em plástico reforçado com fibra de vidro.

Para avaliar os impactos gerados pelo aterro sanitário e a incineração com recuperação de energia, Dmitrijevas (2010) utilizou a aplicação da ACV. Como resultado, a matriz de ecoeficiência aponta que o incinerador é a alternativa que mais se destaca, considerando o perfil ambiental e econômico, dentro das premissas adotadas no estudo e levando-se em consideração que é uma técnica com aproveitamento de energia.

O estudo de ACV realizado por (Carminatti Júnior, 2011), em sistemas de produção de frangos do Brasil e da França confirmou a tendência de menor impacto ambiental para sistemas mais intensivos, mas também mostrou que a distância de transporte (de ambos os alimentos para animais e carne para o centro de consumo) teve maior influência sobre os impactos ambientais do que a escala de produção . De um ponto de vista ambiental, a importação de frango do Brasil, em vez de produzi-lo na França, seria melhor em relação a mudança climática e ocupação do solo, que são considerados impactos globais.

Em geral, os resultados da ACV mostram sua importância na criação de inovações sustentáveis, no processo de tomada de decisão e na gestão de uma organização.

Com o intuito de aprofundar a busca por estudos de ACV que possibilitaram algum tipo de inovação foi analisado o cenário global de pedidos de patentes relacionando a metodologia ACV, conforme demonstrado no próximo subtópico.

4.4 ANÁLISE DA GERAÇÃO DE PATENTES ATRAVÉS DO USO DA ACV NO BRASIL

Com o intuito de verificar pedidos de patentes relacionados à ACV e que possibilitaram ou possibilitarão de alguma forma a geração de inovações em estudos de teses e dissertações classificados como aplicados pelos autores, fez-se uma pesquisa na base de patentes do INPI, que é responsável pelo aperfeiçoamento, disseminação e gestão do sistema brasileiro de concessão e garantia de direitos de propriedade intelectual para a indústria.

Como resultado desta busca pode-se constatar que não há nenhum pedido de patente relacionando a ACV no país. O que não quer dizer que a ACV não possibilite inovação através de pedidos de patentes. Pois, para contrastar essa questão, realizou-se uma nova busca em duas bases internacionais conceituadas, a base WIPO e a base EPO.

Através da busca, foram encontradas somente na base WIPO 13 pedidos de patentes relacionadas ao tema ACV, dentre as quais se destaca pedidos de

patentes realizados pelo Japão, Estados Unidos da América e República da Coréia. Os pedidos de patentes foram requeridos por indústrias e universidades.

Pode-se perceber que, apesar da ACV possuir potencial para auxiliar no processo de inovação e geração de patentes. A metodologia ainda é pouco explorada, quando comparada ao Brasil, as limitações encontradas para a aplicação da ACV contribuem para isso, principalmente devido à falta de um banco de dados nacional dificulta a prospecção desta metodologia.

Na próxima seção serão abordadas as principais limitações encontradas para a aplicação da ACV no Brasil.

4.5 LIMITAÇÕES ENCONTRADAS NOS TRABALHOS DE ACV REALIZADOS NO BRASIL SOB A ÓTICA DAS PESQUISAS ACADÊMICAS

O Brasil apresenta uma posição ainda inferior em relação aos países mais desenvolvidos quanto à aplicação da ACV. Existem vários fatores que contribuem para essa afirmação.

Esta etapa da pesquisa vem contribuir para o entendimento das principais dificuldades e limitações encontradas em trabalhos sobre a temática ACV no meio acadêmico incluindo teses e dissertações defendidas no Brasil.

Para tanto, foram analisados criteriosamente 183 trabalhos, levando-se em consideração os seguintes aspectos: estudos sobre a aplicação da ACV, inventário do ciclo de vida (ICV) e abordagem da metodologia. Em todos os trabalhos foram mencionadas limitações da metodologia, conforme demonstrado no Quadro 7.

Limitações	Nº
Incerteza do método em relação aos resultados para a tomada de decisão	41
Difícil comparação entre os resultados quantitativos de estudos que possuem o mesmo objeto de estudo	17
Alto custo, demanda de muito tempo e recursos	7
Falta de interesse por parte da iniciativa privada (dados sigilosos), dificuldade de aplicação	22
Indisponibilidade de banco de dados nacionais	47
Técnica recente	8
Estabelecimento de critérios mais objetivos para a definição das fronteiras e unidades	16

funcionais do sistema e do produto a ser estudado	
Definição da cobertura temporal , espacial e tecnológica a ser considerada no estudo	10
Escolha das categorias de impacto ambiental a serem avaliadas	14
Estabelecimento de diretrizes para a comunicação dos resultados	5
Carência de definições metodológicas para a modelagem de sistemas de produto durante a execução de uma ACV	5
Complexidade na fase de ICV devido ao grande volume de dados	23
Os softwares desenvolvidos por outros países precisam de adaptações para serem utilizados no Brasil (dificuldade para alinhar)	14
Limitações referentes ao uso do método escolhido de AICV	11
Dependendo da região, a utilização de bancos de dados internacionais tende a distorcer os resultados dos estudos de ACV ou não levam em consideração alguns aspectos importantes	14
Dificuldade na coleta de dados primários	36
Falta de uma metodologia consolidada (unificada). Dificuldade de normalização.	14
Escolha do <i>software</i> que melhor se adapta as necessidades específicas de cada usuário	5
Não aborda os aspectos sociais e econômicos	5
Simplificação do estudo pela falta de dados	15
São muito poucos os profissionais capacitados a trabalhar com este tema	5
A ACV não identifica os impactos locais relacionados à atividade ou processo	2
Limitações na avaliação de impactos, especialmente na ponderação, através de uma escala de importância, que busca um indicador único de desempenho ambiental para o produto ou serviço	2
Falta de estímulo e apoio do governo	2
A metodologia utilizada em diversos estudos não é clara	7
As empresas de pequeno porte não possuem informações específicas sobre o sistema produtivo	2
Dados secundários não puderam ser precisos junto à empresa	6
Dificuldade em estabelecer procedimentos de alocação	4
Muitos pesquisadores criticam a quantidade de subjetividade na definição dos critérios de corte, e muitos acham difícil justificar qualquer um deles	2
O limite aceitável de concentração de substâncias ainda carece de consenso científico e representa uma área de estudo em aberto	1
As empresas não divulgam dados reais e sim globais	1
Falta de adequação da metodologia no país para elaboração de ICV	2

Quadro 7: Limitações encontradas em teses e dissertações no Brasil
Fonte: Autoria própria (2014).

Um estudo de ACV completo e confiável depende de um inventário de dados no país onde se pretende elaborar a avaliação. O Brasil possui essa grande limitação perante aos países mais desenvolvidos, quanto à elaboração e disponibilização de dados de inventário de ciclo de vida, já que no país ainda não existe um banco de dados nacional.

Entende-se que a ACV de um produto complexo é extremamente trabalhosa segundo Ugaya (2001), e necessita de grande quantidade de dados, de muitos cálculos, do conhecimento de muitos processos industriais e de uma análise detalhada dos resultados obtidos. Para tanto, a autora reforça que não cabe dúvida de que programas computacionais e bancos de dados são de extrema importância.

A falta de um banco de dados nacional com as características do país faz com que a maioria dos estudos de ACV utilize dados de bases internacionais, adaptando aos estudos no Brasil. Dependendo da região, a utilização desses bancos de dados tende a distorcer os resultados dos estudos de ACV ou não levam em consideração alguns aspectos importantes, o que resulta em incertezas nos resultados dificultando a tomada de decisão. Estas limitações foram reportadas em muitos estudos de ACV, e evidencia a principal limitação da metodologia no país.

Em decorrência disso torna-se difícil a comparação dos resultados quantitativos de estudos que possuem o mesmo objeto de estudo (só se pode comparar produtos que possuem a mesma função e só pode ser empregado para produtos com sistemas de produção completamente definidos).

O estabelecimento de critérios mais objetivos para a definição das fronteiras e unidades funcionais do sistema e do produto a ser estudado, bem como, a definição da cobertura temporal, espacial e tecnológica a ser considerada no estudo e as características de impacto ambiental a serem avaliadas, também são vistas como limitações pela falta de harmonização de inventários em decorrência da falta de um banco de dados específico.

Existem algumas limitações ligadas a normalização, especialmente relacionadas com a escolha da área de referência e incerteza adicional relacionada com a falta de dados apropriados. Uma das formas de ultrapassar essas limitações é escolher uma área do mundo para todas as categorias.

Outro ponto é a dificuldade de coleta de dados primários que demandam gasto temporal e esforço. Se a empresa do produto/processo/serviço analisado durante o estudo de ACV possuir boa gestão de dados e informações também diminui-se esta limitação. Porém, muitos dados são sigilosos, isso faz com que ocorra a simplificação do estudo pela falta de dados devido a diversidade de sistemas de produção. As empresas dificultam também a coleta de dados secundários, não fornecendo dados de todos os processos e muitas vezes não divulgando dados reais e sim globais.

Além da incerteza durante um processo decisório pela falta de um banco de dados nacional, outro fator é a falta de incorporação e consideração de demais informações vinculadas ao ciclo de vida do produto, tais como: valores monetários, custos, variáveis de processos, valores e retorno de investimentos para adequações de processos, etc., visto que um processo decisório leva em considerações demais aspectos além da esfera ambiental. Principalmente quando se trata de uma ACV aplicada em uma empresa que trabalha em sua política corporativa sob a égide do triplo resultado (econômico, social e ambiental).

A falta de conhecimento e capacitação técnica para aplicação da ACV, vem a ser um fator preocupante, pois os dados gerados em um estudo necessitam ser confiáveis para que possam trazer resultados futuros no setor de aplicação, em estudos comparativos e para o ICV.

No Brasil ainda existe uma série de desafios para que se construa uma base de dados de ACV com as características das tecnologias brasileiras. Portanto, os resultados obtidos em estudos que aplicaram a ACV em diferentes setores, estão contribuindo de maneira eficaz para que isso ocorra. Mas é importante que o governo induza, estimule e apoie o uso da ACV, tanto na área industrial como acadêmica.

5. COSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de identificar as limitações observadas na implantação da ACV no setor produtivo brasileiro, sob a ótica das pesquisas acadêmicas. Para atingir esse objetivo foram identificados os grupos que pesquisam sobre a temática ACV no Brasil e possíveis vínculos com empresas, mapearam-se estudos de ACV realizados no Brasil e suas especificidades, diagnosticou-se o potencial da ACV como contribuição para a geração de inovação através de estudos de ACV aplicados e por fim analisaram-se as dificuldades da implantação desta metodologia no país.

Ao analisar as dificuldades e limitações da ACV, pode-se perceber que ainda existe uma série de desafios para a consolidação desta metodologia no país, principalmente para que se construa uma base de dados de ACV com as características das tecnologias brasileiras.

Embora existam muitos inventários disponíveis, a maioria não atende a necessidade de dados representativos de materiais e processos, a falta de um conjunto de dados localmente apropriados tem provado ser o estado mais restritivo a ser resolvido pelos praticantes da ACV, principalmente em estudos realizados no Brasil.

Tendo em vista certas peculiaridades do país, como por exemplo uma predominância de energia de origem hidrelétrica, ou a supremacia do transporte de insumos e de bens por meio da via rodoviária, a utilização de banco de dados internacionais pode prejudicar as conclusões obtidas para estudos realizados com produtos fabricados no país.

Portanto, os resultados obtidos em estudos que aplicaram a ACV em diferentes setores, estão contribuindo de maneira eficaz para que isso ocorra. Mas é importante que o governo induza, estimule e apoie o uso da ACV, tanto na área industrial como acadêmica. Visto que, antecipação a um problema futuro é a marca da inovação, e as vantagens decorrentes de tal adiantamento a uma tendência global são imensas.

Conclui-se através da pesquisa realizada, que há um grande interesse em estudos de ACV na área acadêmica, entretanto, existe uma grande dificuldade para concretizar parceria com empresas para a aplicação desta metodologia. Essas barreiras dificultam sua aplicação e conseqüentemente afetam o potencial da ACV como contribuição para a geração de inovação na indústria. O fator mais relevante em relação as limitações que a ACV enfrenta no Brasil é a falta da construção de banco de dados genuinamente brasileiros, que faria da ACV um instrumento bastante efetivo para a introdução definitiva da variável ambiental no processo gerencial de tomada de decisão da indústria nacional.

Além disso, a pesquisa contribui para o conhecimento sobre o direcionamento dos estudos de ACV no Brasil, bem como, suas aplicações e abordagens. Servindo de suporte para decisões de trabalhos através desta metodologia.

Futuros estudos poderão analisar ações para reduzir as limitações abordadas neste trabalho, como:

- Realização de inventários para a construção de um banco de dados;
- Criação de uma proposta para facilitar a utilização da ACV por parte das empresas;
- Criação de uma metodologia de ACV voltada para geração de inovação.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. N.; NETO, J. A. A.; PIRES, M. M. Avaliação de ferramentas computacionais para análise de ciclo de vida. In: Seminário de iniciação científica, 11., 2005, Santa Catarina. **Anais...** Santa Catarina: UESC, 2005. IN: RODRIGUES, S. C. **Análise do processo de fabricação do compósito ecowood**: estudo de caso de reciclagem. 2009. 111f. Dissertação. (Mestrado em Tecnologia) - Centro Federal de Educação Tecnológica CEFET/RJ - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Rio de Janeiro, 2009. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14040**: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14044**: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e Orientações. Brasil, 2009b.
- ALVARENGA, R. A. F. **Avaliação de métodos de AICV**: Um estudo de caso de quatro cenários de ração para frangos de corte. 2010. 158 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- ATHENA SUSTAINABLE MATERIALS INSTITUTE. **A Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment of Canadian Medium Density Fiberboard (MDF)**. Ottawa, On, 2009.
- AZAPAGIC, Adisa. Life cycle assessment and its application to process selection, design and optimisation. **Chemical Engineering Journal**, n.73, p. 1-21, 1999.
- BARE, J. C. et al. The Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts. **Journal of Industrial Ecology**, v. 6, n. 3-4, 2003.
- BAUMANN, H.; TILMANN, A. M. **The Hitch Hiker's guide to LCA - An orientation in life cycle assessment methodology and application**. Studentlitteratur, 2004, 543p.
- BARE, J. C. et al. Midpoints versus Endpoints: The Sacrifices and Benefits. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.5, n.6, p.319-326. 2000.
- BESSA, V. M. T. **Contribuição à metodologia de avaliação das emissões de dióxido de carbono no ciclo de vida das fachadas de edifícios de escritórios**. 2010. 286 f. Tese (doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana). Escola Politécnica, universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- BRAND, G. et al. **Bewertung in Oekobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit Oekofaktoren 1997**. BUWAL Schriftenreihe Umwelt Nr. 297. BUWAL, Bern, 1998.

BONEZZI, C. B.; PIRES, A. C.; BRASIL JUNIOR, A. C. P. **Avaliação do ciclo de vida e a competitividade ambiental da siderurgia no Brasil**. 2004. Disponível em: <<http://www.bibliociencias.cu>>. Acesso em: 14 mar. 2013.

BORCHARDT, M. et al. Avaliação da presença de práticas do Design for Environment (DfE) no desenvolvimento de produto de uma empresa da indústria química. **Produção**, vol.22, n.1, p. 58-69, 2012.

BOTOLIN, A. R. **Avaliação do ciclo de vida: principais métodos e estudo comparativo entre o cesto de plástico e de inox de uma lavadora de roupa**. 2009. 147p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) –Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BURGESS, A. A.; BRENNAN, D.J. Application of life cycle assessment to chemical processes. **Chemical Engineering Science**, v. 56, p. 2589-2604, 2001.

CAMBRIA, D.; PIERANGELI, D. Application of a life cycle assessment to walnut tree high quality wood production: a case study in southern Italy. **Journal of Cleaner Production**, v. 23, n.1, p. 37- 46, 2012.

CAMARGO, André Moreira de. **Inventário do ciclo de vida do metanol para as condições brasileiras**. 2007. 132 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CARMINATI, JÚNIOR, R. **Análise do ciclo de vida energético de projeto de habitação de interesse social concebido em light steel framing**. 2012. 161p. Dissertação em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

CARVALHO, P. S. G. **Estudo aplicado de ACV a sistema de refrigeração por absorção e por compressão de vapor de amônia**. 2010. 351 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica de Energia de Flúidos) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CAVALCANTI, E. (2010). **Programa brasileiro de avaliação do ciclo de vida. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**. Workshop Mercosul. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1283451608.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2013.

CAVALETT, O. et al. A. Environmental and economic assessment of sugarcane first generation biorefineries in Brazil. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 14, p.399-410, 2012.

CCI. **ILCD Handbook: analysis of existing environmental impact assessment methodologies for use in life cycle assessment**, 2010. Disponível em: <<http://ict.jrc.ec.europa.eu/pdf-directory/ILCD-Handbook-LCIA-Background-analysis-online-12March2010.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2012.

CHAUHAN, Manich K. et al. Life cycle assessment of sugar industry: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.15, n.7, p. 3445-3453, abr. 2011.

CHEHEBE, J. R. B. **Análise do ciclo de vida de produtos**: ferramenta gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

CHERUBINI, F.; STROMMAN, A. H. Life cycle assessment of bioenergy systems: state of the art and future challenges. **Bioresource Technology**. v. 102, p. 437- 451, 2011.

CHIOU, T. Y. et al. The influence of greening the suppliers and green innovation on environmental performance and competitive advantage in Taiwan. **Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review**, 47, n. 6, p. 822-836, 2011.

CNPQ, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil. Disponível em: <<http://dgp.cnpq.br/buscaoperacional/>>. Acesso em 6 mar. 2013.

COSTA, M. S. V. **O enfoque de ciclo de vida como estratégia para a gestão sustentável: um estudo de caso sobre pneus**. 2007. 158f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

COLTRO, L. **Avaliação de Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão**. Campinas: CETEA/ITAL, 2007.

CRAMER J. M; TUKKER , A. Product innovation and eco-efficiency in theory. Product innovation and eco-efficiency. Dordrecht/Boston/London: **Kluwer Academic Publishers**. p. 3-30, 2006.

CURRAN, M. A. (ED.). **Environmental life cycle assessment**. New York: McGraw – Hill, 432p 1996.

DAMASCENO, S. M. B. et al. Sustentabilidade no Foco da Inovação. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 8, n. 1, p.120-134, 25 set. 2011.

DMITRIJEVAS, C. **Análise de ecoeficiência de técnicas para tratamento e disposição de resíduos sólidos urbanos**. 2010. 131 p. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Materiais) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

ECOINVENT. **Ammonium sulphate, as N, at regional storehouse [RER]**. Software Umberto and Ecoinvent, v.2.2. Database for life cycle assessment. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf, 2010.

EPLCA – EUROPEAN PLATFORM ON LIFE CYCLE ASSESSMENT, list of tools. Disponível em: < <http://ec.europa.eu/environment/ipp/lca.htm> >. Acesso em 15 de jan. 2013.

- FERREIRA, J. V. R. **Análise de ciclo de vida dos produtos**. Gestão Ambiental. Instituto Politécnico de Viseu. 2004. Disponível em:<
<http://www.estv.ipv.pt/paginaspessoais/jvf/gest%C3%A3o%20ambiental%20-%20an%C3%A1lise%20de%20ciclo%20de%20vida.pdf> >. Acesso em: 19 jun. 2013.
- FIGUEIRÊDO, Maria C. B. et al. Métodos de avaliação do desempenho ambiental de inovações tecnológicas agroindustriais. **Revista Espacios**. v. 31, n.4, 2010.
- GARRAIN,D. et al. Análisis del Ciclo de Vida de los Procesos de Recubrimiento Metálico de Termoplásticos. **Información Tecnológica**, v. 2, n.2, p. 59-64, 2010.
- QUEIROZ, A.G.; França, L.; PONTE, M.X. The life cycle assessment of biodiesel from palm oil (“dendê”) in the Amazon. **Biomass and Bioenergy**, v.36, p. 50-59, 2012.
- GOEDKOOOP, M. et al. **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.
- GUINÉE, J. B. et al. Life Cycle Assessment: past, present, and future. **Environmental Science and Technology**. v. 45, n.1, p.90-96, 2011.
- GUINÉE J. B. et al. **Life cycle assessment: An operational guide to the ISO standards - Characterisation and Normalisation Factors**. Holanda: Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (VROM) and Centre of Environmental Science (CML), 2001a.
- GUINÉE, J. B. et al. **Life Cycle Assessment Operational Guide to the ISO Standards**. Publisher: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001b.
- GUINÉE, J. B. et al. **Life cycle assessment: An operational guide to the ISO standards - Parts 1 and 2**. Holanda: Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (VROM) and Centre of Environmental Science (CML), 2001c.
- GUZIANA ,B. Is the Swedish environmental technology sector ‘green’? **Journal of Cleaner Production**, v.19, n.18, p.827- 835, 2011.
- HAUSCHILD, M. Z.; POTTING, J. **Spatial differentiation in life cycle impact assessment – The EDIP 2003 methodology**. Guidelines from the danish environmental protection agency. Environmental News, n. 80, Copenhagen, Dinamarca, 2005.
- HAUSCHILD, M.; et al. Building a Consensus Model for Life Cycle Impact Assessment of Chemicals: the Search for Harmony and Parsimony. **Environmental Science Technology**, v.42, n.19, 2008.

HEGEDUS, C. E. N. **A introdução de novos produtos e o processo de difusão das inovações na estratégia das empresas: uma análise de bens duráveis.** 2006. 225 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

HUIJBREGTS, M. A. J. et al. Human population intake fractions and environmental fate factors of toxic pollutants in Life Cycle Impact Assessment. **Chemosphere**, v.61, n.10, p.1495-1504, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 14040:** Environmental Management –Life Cycle Assessment – Principles and Framework. Geneva (Switzerland): European Standard, 2006a.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 14044:** Environmental management – life cycle assessment – Requirements and Guidelines. Geneva (Switzerland): European Standard, 2006b.

ITSUBO, N. et al. Weighting Across Safeguard Subjects for LCIA through the Application of Conjoint Analysis. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.9, n.3, 2004.

IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Disponível em: < <http://www.ibict.br/> >, acesso em: 10 de mar. de 2013.

JEFFERIES, D. et al. Water Footprint and Life Cycle Assessment as approaches to assess potential impacts of products on water consumption: Key learning points from pilot studies on tea and margarine. **Journal of Cleaner Production**, v. 33, p.155-166, 2012.

JIJAKLI, K. et al. How green solar desalination really is? Environmental assessment using life-cycle analysis (LCA) approach. **Desalination**, v. 287, n.15, p. 123-131, fev. 2012.

JOLLIET, O. et al. IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.8, n.6, p.324-330, 2003.

KEMNA, R. et al. **MEEuP – The methodology Report.** EC, Brussels, 2005.

KEMP, R., SMITH, K., BECHER, G. How should we study the relationship between environmental regulations and innovation?. **Final report.** Seville, 1999.

KLEMANN, Liliane. **Verificação e utilização de dados de relatórios ambientais na elaboração de Inventários do Ciclo de Vida.** 2012. 89p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

KROZER, Yoram. Life cycle costing for innovations in product chains. **Journal of Cleaner Production**, v.16, n.3, p. 310-320, 2008.

LIMA, Ângela Maria Ferreira. **Avaliação do ciclo de vida no Brasil – inserção e perspectivas**. 2007. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

LIM, Rin; PARK, Jong, M. Environmental indicators for communication of life cycle impact assessment results and their applications. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 11, p. 3305-3312, ago. 2009.

LÖFGREN, Birger; TILLMAN, Anne-marie; RINDE, Björn. Manufacturing actor's LCA. **Journal Of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 19, p.2025-2033, 2011.

LOBO, Y. R. O. **Proposta e metodologias de concepção e projeto do produto considerando os aspectos ambientais no ciclo de vida**. 2000. 191p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

LUZ, L. M et al. **Desenvolvimento acadêmico brasileiro em Análise do Ciclo de Vida: tendências e perspectivas**. In: XV Congresso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica - ALTEC 2013, Porto, 2013.

LUZ, L. M. **Proposta de modelo para avaliar a contribuição dos indicadores obtidos na análise do ciclo de vida sobre a geração de inovação na indústria**. 2011. 165 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

MARINOSKY, A. K. 2010. 157p. **Método para avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

MENDES, N. C. **Métodos e modelos de caracterização para a Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida: análise e subsídios para a aplicação no Brasil**. 2013. 147p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MYLLYVIITA, Tanja et al. Assessing environmental impacts of biomass production chains: application of life cycle assessment (LCA) and multi-criteria decision analysis (MCDA). **Journal Of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 29-30, p.238-245, 2012.

NUNES, J. **Avaliação integrada da produção de electricidade com base em biomassa lenho-celulósica em Portugal: emissões de GEE, análise tecnológica e energética do ciclo de vida**. 151p. Dissertação (mestrado), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2008.

OOTEGHEM, Kevin Van; XU, Lei. The life-cycle assessment of a single-storey retail building in Canada. **Building And Environment**, London, v. 49, p.212-226, 2012.

OMETTO, A. R. (2005). **Avaliação do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, energia e exergia**. 209p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

OLSEN, S. I. et al. Life cycle impact assessment and risk assessment of chemicals - a methodological comparison. **Environmental Impact Assessment Review**. v.21, n.4, p. 385-404, 2001.

PASSUELO, A. C. B. **Aplicação da Avaliação do ciclo de vida em embalagens descartáveis para frutas**: estudo de caso. 2007. 148p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

PRADO, T. G. F. **Externalidades do ciclo produtivo da cana-de-açúcar com ênfase na produção de energia elétrica**. 2007. 252p. Dissertação (Mestrado em energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PE INTERNATIONAL. Gabi software Disponível em < <http://www.gabi-software.com/brazil/software/gabi-software/> >. Acesso em: 10 de novembro de 2013.

PIRES, A. C.; PAULA, M. C. S., VILLAS BOAS, R.C.(org). **Avaliação do ciclo de vida: ISSO 14040 na América Latina**. Brasília: Abipti, 307 p., 2005.

PIERAGOSTINI, Carla; MUSSATI Miguel C.; AGUIRRE, Pío. On process optimization considering LCA methodology. **Journal of Environmental Management**, v. 96, n. 1, p. 43-54, 15 Abr. 2012.

PIEKARSKI, C. M. **Proposta de melhoria do desempenho ambiental associado ao ciclo de vida da produção do painel de madeira MDF**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de produção), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

PIEKARSKI, C. M. et al. Métodos de Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida: Uma discussão para a adoção de métodos nas especificidades brasileiras. **Revista Gestão Industrial**, v. 08, n.3, p.222-240, 2012.

PENNINGTON, D. W. et al. Life Cycle Assessment (Part 2): Current impact assessment practice. **Environmental International**, v. 5, n. 30, p. 721-739, 2004.

PIZZOL, M. et al. Eco-toxicological impact of “metals” on the aquatic and terrestrial ecosystem: a comparison between eight different methodologies for life cycle impact assessment (LCIA). **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p.687–698, 2011.

RIBEIRO, Paulo Henrique. **Contribuição ao banco de dados brasileiro para apoio a avaliação do ciclo de vida: fertilizantes nitrogenados**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ROSENBAUM, R. K. et al. USEtox - the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. **International Journal of Life Cycle Assessment**, Heidelberg, v. 13, 2008.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. **Gestão do ciclo de vida de produtos inovadores e sustentáveis**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/27/SD04_Gestão_do_Ciclo.pdf>. Acesso em: 14 jan 2013.

RICE, Gareth, CLIFT, Roland, BURNS Richard. LCA Software review. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.2, n.1, p. 53-59, 1997.

SANTOS, L. M. C. **Avaliação do ciclo de vida e custeio do ciclo de vida de evaporadores para usinas de açúcar**. 2007. 225p. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SARTORI, L. **Avaliação comparativa de desempenho de duas caixas de semi-reboque bitrem graneleiro: compósito natural versus compósito sintético**. 2007. 60p. Dissertação (Mestrado em Materiais) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2007.

STRANDESEN, M. et al. Fate and distribution modelling of metals in life cycle impact assessment. **Ecological Modelling**, v. 203, n.3-4, p. 327-338, mai. 2007.

SEPPALA, J.; BASSON, L.; NORRIS, G. A. Decision analysis frameworks for life-cycle impact assessment. **Journal of Industrial Ecology**, v.5, p. 45 - 68, 2002.

SHERWANIA, A. F.; USMANIB, J. A.; VARUN, C. 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.

SEYE, O. 2003. 167p. **Análise de ciclo de vida aplicada ao processo produtivo de cerâmica estrutural tendo como insumo energético capim elefante (Pennisetum Purpureum Schaum)**. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Campinas, 2003.

SILVA, Diogo Aparecido Lopes. **Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SILVA, André Luiz Ribeiro Tachard da. **Desenvolvimento de fatores de normalização de impactos ambientais regionais para avaliação do ciclo de vida de produtos no Estado de São Paulo**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SILVA, G. A. da; KULAY, L. A. **Avaliação do ciclo de vida**. In: VILELA JUNIO, A.; DEMAJOROVIC, J. **Modelos de ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. São Paulo: Editora Senac, 2006.

TAKEDA, A. **Levantamento de métodos de avaliação de impacto de ciclo de vida (AICV) e análise comparativa dos métodos mais utilizados**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

TSENG, M.L.; DIVINAGRACIA, R.; DIVINAGRACIA, L. Evaluating firm's sustainable production indicators in uncertainty. **Computers & Industrial Engineering**, v.57, n. 4, p.1393-1403, 2009.

TIDD, J.; BESSANT, J. R.; PAVITT, K. **Gestão da inovação**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

TOFFOLETTO, C.; BULLE, J.; GODIN, C.; REID L.; DESCHÊNES. LUCAS – A New LCIA Method Used for a Canadian-Specific Context. **International Journal of Life Cycle Assessment**, Heidelberg, v.12, n.2, 2007.

UGAYA, C. M. **Análise de ciclo de vida : estudo de caso para materiais e componentes automotivos no Brasil**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Campinas, 2001.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Life Cycle assessment: principles and practice**. Asientific Applications International Corporation (SAIC), 2006. Disponível em: <http://www.epa.gov/nrmrl/lcaccess/pdfs/chapter1_frontmatter_lca101.pdf>. Acesso em 15 de abr. de 2013.

VALLE, C. E. do. **Qualidade ambiental: ISO 14000**. São Paulo: Editora Senac, 2004.

ZOCCHÉ, L.; FRANCISCO, A.C. **Diagnóstico do cenário da ACV no Brasil**. XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO . A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos , Salvador, BA, Brasil, 2013.

ZHOU, Jin; Victor W. C.; CHANG; FANE, Anthony G. Environmental life cycle assessment of reverse osmosis desalination: The influence of different life cycle impact assessment methods on the characterization results. **Desalination**, v. 283, p. 227–236, dez. 2011.

WACKERNAGEL, M. et al. **National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method**. Global Footprint Network, Oakland, California, USA, 2005.

WENZEL, H.; HAUSCHILD, M. Z.; ALTING, A. **Environmental assessment of products: Methodology, tools and case studies in product development**. Dordrecht: Kluwer Academic, v.1, 1997.

WIPO. **Word Intellectual Property Organization**. Disponível em: <<http://www.wipo.int/portal/index.html.en>>. Acesso em: 11 de mar. de 2013.

WONGLIMPIYARAT, J. Does complexity affect the speed of innovation? **Technovation**, v.25, n.8, p.865-882, 2005.

YAN, M. J., HUMPHREYS, J., HOLDEN, N. M. An evaluation of life cycle assessment of European milk production. **Jounal Environmental Management**, v.92, n.3, p372-379, 2011.

YUNG, W.K.C. et al. A life cycle assessment for eco-redesign of a consumer electronic product: a case study. **Journal Engineering Design**, v.22, n.2, p.69-85, 2011.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

Questionário sobre Avaliação do Ciclo de Vida - ACV

Prezados,

Esta pesquisa é parte integrante do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e do Grupo de Pesquisa LESP - Laboratório de Estudos em Sistemas de Produção Sustentáveis da UTFPR, e tem por objetivo geral: Propor ações para minimizar as barreiras enfrentadas na aplicação da ACV no Brasil, tendo em vista o cenário atual de pesquisas na área. Ressaltamos que as informações fornecidas são de caráter estritamente científico e, desde já, nos comprometemos com o anonimato do entrevistado, pois as informações serão analisadas de forma geral. As perguntas serão breves e tem como objetivo verificar o vínculo das instituições junto as empresas.

***Obrigatório**

Há uma parceria entre a instituição e empresas para a realização de estudos de ACV? *

- Sim
 Não

Se houver, qual é o tipo de parceria existente entre a empresa e instituições?

Quais são as empresas vinculadas nos trabalhos de ACV junto a instituição?

Quais são as principais limitações impostas pelas empresas que impedem ou dificultam o desenvolvimento de estudos de ACV? *

Nunca envie senhas em formulários do Google.

Powered by
 Google Drive

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

[Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Termos Adicionais](#)

**APÊNDICE B - ESTUDOS ACADÊMICOS APLICADOS EM ACV NO BRASIL
REFERENTES AO QUADRO 5 E 6.**

Autor	Título	Instituição	Ano	Observação
Diogo Aparecido Lopes Silva	Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil	Universidade de São Paulo	2012	Dissertação
Helena Cisotto Sartori	Situação da Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos em Campo Grande	Univ. para Desenvol. do Estado e da Região do Pantanal	2002	Dissertação
Thiago José Millani	Subsídios à avaliação do ciclo de vida do pescado: avaliação ambiental das atividades de piscicultura e pesque-pague, estudo de caso na bacia hidrográfica de Mogi-Guaçu	Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos	2007	Dissertação
Luzia Bouzan Oliveira Costa	Avaliação do ciclo de vida da produção de biogás via estação de tratamento de esgoto e uso em célula a combustível de óxido sólido	Universidade de São Paulo	2012	Dissertação
Simone Pereira de Souza	Produção integrada de biocombustíveis: uma proposta para reduzir o uso de combustível fóssil no ciclo de vida do etanol de cana-de-açúcar	Universidade de São Paulo	2010	Dissertação
Fernanda Cristina Vianna	Análise de ecoeficiência: avaliação do desempenho econômico-ambiental do biodiesel e do petrodiesel	Universidade de São Paulo	2006	Dissertação
Juliana de Carvalho	Análise de Ciclo de Vida Ambiental aplicada à construção civil – estudo de caso: comparação entre cimentos Portland com adição de resíduos.	Universidade de São Paulo	2005	Dissertação
Paulo Sérgio Germano Carvalho	Estudo aplicado de ACV a sistema de refrigeração por absorção e por compressão de vapor de amônia	Universidade de São Paulo	2010	Tese

Sandra Harumi Fukurozaki	Avaliação do ciclo de vida de potenciais rotas de produção de hidrogênio: estudo dos sistemas de gaseificação da biomassa e de energia solar fotovoltaica	Universidade de São Paulo	2011	Tese
Aldo Roberto Ometto	Avaliação do Ciclo de Vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, Exergia e Emergia	Universidade Federal de São Carlos	2005	Tese
Lino José Cardoso Santos	Avaliação do ciclo de vida e custeio do ciclo de vida de evaporadores para usinas de açúcar	Universidade de São Paulo	2007	Tese
Vanessa Montoro Taborianski Bessa	Contribuição à metodologia de avaliação das emissões de dióxido de carbono no ciclo de vida das fachadas de edifícios de escritórios	Universidade de São Paulo	2010	Tese
Sibeli Warmling	Análise ambiental do processo produtivo de pisos cerâmicos. Aplicação da avaliação do ciclo de vida	Universidade Federal de Santa Catarina	2004	Dissertação
Bruno Menezes Galindro	Análise técnica e avaliação do ciclo de vida de culturas de produção de microalgas para biodiesel	Universidade Federal do rio Grande do Sul	2012	Dissertação
Ana Kelly, Marinowski	Método para avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial	Universidade Federal de santa Catarina	2010	Dissertação
Anna Freitas Portela de Souza	A Sustentabilidade no uso da madeira de floresta plantada na construção civil	Universidade Federal de santa Catarina	2010	Dissertação
J. A. C., Sá	Análise de valor e avaliação do ciclo de vida : bases para um modelo de apoio à decisão para aproveitar rejeitos de pedreiras	Universidade Federal de santa Catarina	2004	Dissertação
Vamilson Prudêncio	Effects of intensity and scale of production on	Universidade Federal de	2011	Tese

da Silva Júnior	environmental impacts of poultry meat production chains	santa Catarina		
Andreza Kalbusch	Método para avaliação do impacto ambiental da substituição de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água a partir da avaliação do ciclo de vida	Universidade Federal de santa Catarina	2011	Tese
Danielle Maia de Souza	Proposta de um modelo de caracterização de impactos do uso da terra, segundo indicadores de biodiversidade, em AICV	Universidade Federal de santa Catarina	2010	Tese
Marcelle Rodrigues de Souza	Avaliação do ciclo de vida dos constituintes dos fluidos de perfuração de poços de petróleo	Universidade Federal do Rio de Janeiro	2012	Dissertação
Ana Carolina Badalotti Passuelo	Aplicação da avaliação do ciclo de vida em embalagens descartáveis para frutas : estudo de caso	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	2007	Dissertação
Rogério Rodrigues Sallaberry	Emprego da avaliação do ciclo de vida para levantamento dos desempenhos ambientais do biodiesel de girassol e do óleo diesel	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	2009	Dissertação
André Silva Oliveira	Análise ambiental da viabilidade de seleção de produtos da construção civil através da ACV e do software BEES 3.0	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	2007	Dissertação
Carlos Vicente John dos Santos	Tecnologias de produção mais limpas e análise de ciclo de vida na indústria da construção civil - estudos de casos	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	2000	Dissertação
Anderson Ricardo Botolin	Avaliação do ciclo de vida: principais métodos e estudo comparativo entre o cesto de plástico e de	Universidade Federal de santa Catarina	2009	Tese

	inox de uma lavadora de roupa			
Marcelo Costa Almeida	Estudo do Ciclo de Vida do pneu automotivo e oportunidades para a disposição final de pneus	Universidade Federal de São Carlos	2002	Dissertação
Malis Maria Liebl Keil	Avaliação do ciclo de vida (ACV) do mobiliário de madeira e derivados de madeira produzido na Região do Planalto Norte Catarinense	Universidade Federal do Paraná	2012	Dissertação
Renata Bachmann Guimarães Valt	Análise do ciclo de vida de embalagens de pet, de alumínio e de vidro para refrigerantes no Brasil variando a taxa de reciclagem dos materiais	Universidade Federal do Paraná	2004	Dissertação
Sérgio Takahashi	Avaliação ambiental do setor de transporte de cargas: comparação de métodos	Universidade Federal do Paraná	2008	Dissertação
Rafael Justus Barreto	Incorporação da avaliação do ciclo de vida ao projeto do produto	Universidade Federal do Paraná	2007	Dissertação
José Humberto Valadares Xavier	Análise De Ciclo De Vida (ACV) da produção agrícola familiar em unai-mg: Resultados econômicos e impactos ambientais	Universidade de Brasília	2003	Dissertação
Larissa Oliveira Arantes	Avaliação comparativa do ciclo de vida entre sistemas de aquecimento solar de água utilizados em habitações de interesse social	Universidade Federal de Uberlândia	2008	Dissertação
Rosane Rodrigues Pagno	ACV (Análise Ddo Ciclo de Vida) como ferramenta de decisão para diminuir o passivo ambiental numa indústria moveleira	Universidade Federal de Santa Maria	2003	Dissertação
Katlen Allganer	Emissões de co2 como parâmetro da avaliação do ciclo de vida do amido de milho plastificado com	Universidade Estadual de Campinas	2010	Dissertação

	glicerol destinado à compostagem			
Omar Seye	Análise de ciclo de vida aplicada ao processo de cerâmica tendo como insumo energético capim elefante	Universidade Estadual de Campinas	2003	Tese
George Luiz Bleyer Ferreira	Utilização da ACV (Avaliação Do Ciclo De Vida) e do DFE (Design for Environment) como subsídio em processos decisórios na avaliação da melhor opção de projeto do produto objetivando a redução dos custos ambientais nas empresas	Universidade Regional De Blumenau	1999	Dissertação
Gabriela Delgado Ibrahim Saraiva	Aplicação da metodologia de ACV como apoio para avaliação do desempenho operacional na produção de sacos plásticos usando material reciclado: um estudo de caso	Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro	2007	Dissertação
Luiz Alexandre Kulay	Uso da Análise de Ciclo de Vida para a Comparação do Desempenho Ambiental das Rotas Úmida e Térmica de Produção de Fertilizantes Fosfatados	Universidade de São Paulo	2004	Tese
Fernanda Cristina Milanin Bido	Aplicação da metodologia de avaliação do ciclo de vida no setor farmoquímico: comparação dos processos produtivos da heparina de origem suína e bovina	Instituto De Pesquisas Tecnológicas Do Estado De São Paulo	2007	Dissertação
Fabiana de Araújo Ribeiro	Avaliação do ciclo de Vida na indústria calçadista do Rio Grande Do Sul	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)	2009	Dissertação
Lino José	Avaliação do ciclo de	Universidade	2007	Tese

Cardoso Santos	vida e custeio do ciclo de vida de evaporadores para usinas de açúcar	de São Paulo		
Eduardo Toshio Sugawara	Comparação dos desempenhos ambientais do B5 etílico de soja e do óleo diesel, por meio da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)	Universidade de São Paulo	2012	Dissertação
Elbert Muller Nigri	Análise comparativa do ciclo de vida de produtos alimentícios industriais e artesanais da culinária mineira	Universidade Federal de Minas Gerais	2012	Dissertação
Guilherme Fernandes Marques	Análise do ciclo de vida na construção civil: um estudo comparativo entre vedações estruturais em painéis pré-moldados e alvenaria em blocos de concreto	Universidade Federal de Minas Gerais	2012	Dissertação
Fernando Mendes de Almeida	Fluxo de emissões em atividades do Poder Executivo Federal : o caso do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior	Universidade de Brasília	2012	Dissertação
Mariana Maia de Miranda	Fator de emissão de gases de efeito estufa da geração de energia elétrica no Brasil: implicações da aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida	Universidade de São Paulo	2012	Dissertação
Priscila Pasti Barbosa	Análise dos impactos ambientais da cadeia têxtil do algodão no espaço urbano-industrial: uma aplicação da avaliação do ciclo de vida	Universidade Estadual de Maringá	2012	Dissertação
Sidinei Silvério Da Silva	Avaliação do ciclo de vida do etanol combustível: uma análise econômica, social e ambiental	Universidade Estadual de Londrina	2012	Dissertação
Cássia Maria Lie Ugaya	Análise de ciclo de vida : estudo de caso para materiais e componentes	Universidade estadual de Campinas	2001	Tese

	automotivos no Brasil			
Jorge de Matos Casaca	Policultivos de peixes integrados a produção vegetal: avaliação econômica e socio ambiental (peixe verde)	Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho"	2008	Tese
Maria Luiza Grillo Renó	Avaliação do balanço energético e dos impactos ambientais do processo de produção do metanol a partir do bagaço de cana de açúcar, utilizando a ACV	Universidade Federal De Itajubá	2011	Tese
Giancarlo Alfonso Lovón Canchumani	Óleos Lubrificantes Usados : um Estudo de Caso de Avaliação de Ciclo de Vida do Sistema de Rerrefino no Brasil	Universidade Federal do rio de Janeiro	2013	Tese
David Alves Castelo Branco	Avaliação do real potencial de redução das emissões de CO2 equivalente com uso da captura em uma UTE a carvão	Universidade Federal do rio de Janeiro	2012	Tese
Alex Rodrigues Nogueira	Modelagem de sistemas de produtos em estudos de Avaliação do Ciclo de Vida - ACV	Universidade de São Paulo	2012	Dissertação
Bruno Menezes Galindro	Análise técnica e avaliação do ciclo de vida de culturas de produção de microalgas para biodiesel	Universidade Federal De Santa Catarina	2012	Dissertação
Francieli Tatiana Olszensvski	Avaliação do ciclo de vida da produção de leite em sistema semi extensivo e intensivo estudo aplicado	Universidade Federal De Santa Catarina	2011	Dissertação
Marcelo Real Prado	Análise de fluxos de materiais e energia do ciclo de vida de embalagens para a indústria de refrigerantes no Brasil	Universidade Federal do Paraná	2007	Tese
Vitor Miranda de Souza	Desenvolvimento de ferramenta para avaliação de projeto de produto com fim de vida sustentável baseada em modelo	Universidade Federal do Paraná	2012	Tese

	stage-gate aperfeiçoado com abordagem set-based			
Luiza Carla Girard Machado	Análise de ciclo de vida aplicada ao gerenciamento de resíduos : o caso da ETA Bolonha - RMB	Universidade Federal do Pará	2003	Tese
Valdélis Fernandes de Andrade	Análise do ciclo de vida das embalagens de cerveja em Portugal	Instituto De Pesq.Tecnológicas do Estado De São Paulo	2007	Dissertação
Sérgio Luiz Puff	Avaliação de ciclo de vida de produtos metalúrgicos	Universidade Regional de Blumenau	2003	Dissertação
Margareth Lafin	Aplicação da avaliação do ciclo de vida do produto pelas organizações com sistema de gestão ambiental certificado	Universidade Federal Fluminense	2004	Dissertação
Cassiano Moro Piekarski	Proposta de melhoria do desempenho ambiental associado ao ciclo de vida da produção do painel de madeira MDF	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	2013	Dissertação
Hussein H. C. Hussein	Análise de Ciclo de Vida na fabricação de reservatórios de água de fibra de vidro	Universidade Federal de Santa Maria	2004	Dissertação
Cibele Dmitrijevas	Análise de ecoeficiência de técnicas para tratamento e disposição de resíduos sólidos urbanos	Universidade de São Paulo	2010	Dissertação
Thiago Guilherme Ferreira Prado	Externalidades do ciclo produtivo da cana-de-açúcar com ênfase na produção de energia elétrica	2007	Universidade de São Paulo	Dissertação
Fernando Mendes de Almeida	Fluxo de emissões em atividades do poder executivo federal: o caso do ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior	2012	Universidade de Brasília	Dissertação
Mateus Henrique Rocha	Uso da análise do ciclo de vida para a comparação do	2009	Universidade Federal de Itajubá	Dissertação

	desempenho ambiental de quatro alternativas para tratamento da vinhaça			
Luiz Alexandre Kulay	Desenvolvimento de modelo de análise de ciclo de vida adequado às condições brasileiras: aplicação ao caso do superfosfato simples	2000	Universidade de São Paulo	Dissertação
Sibeli Warmling Pereira	Análise ambiental do processo produtivo de pisos cerâmicos. Aplicação de avaliação do ciclo de vida	2004	Universidade Federal de Santa Caratina	Dissertação
Murilo Alves Do Amaral	Avaliação do desempenho ambiental de equipamentos do sistema elétrico de potência brasileiro (SEP) : uma estratégia de remanufatura	2010	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Dissertação
Silvia Palma Rojas	Contribuição do Enfoque de Ciclo de Vida da Ecologia Industrial na Economia do Meio Ambiente: Estudo de caso: Etanol Derivado do Bagaço da Cana-de-Açúcar	2012	Universidade de Brasília	Tese
Renata Patricia Soares Grisoli	Comparação das emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida do etanol de cana-de-açúcar e os critérios da diretiva europeia para energias renováveis	2012	Universidade de São Paulo	Dissertação
Felipe Moreton Chohfi	Balanço, análise de emissão e seqüestro de CO2 na geração de eletricidade excedente no setor sucro-alcooleiro.	2004	Universidade Federal de Itajubá	Dissertação
Alexander Rudolph Sablowski	Balanço de massa na gestão ambiental da cadeia produtiva do carvão vegetal para a produção do ferro gusa em Minas Gerais	Universidade de Brasília	2008	Tese

Lícia Trajano	Avaliação do ciclo de vida dos produtos derivados do Cimento para habitações de interesse social	Universidade de Pernambuco	2010	Dissertação
Giovanno Pretto	Técnica de Análise do Ciclo de Vida para gerenciamento ambiental de propriedades produtoras de suínos.	Universidade Federal de Viçosa	2003	Dissertação
Marcus Vinicius Pereira Remédio	Avaliação de Ciclo de Vida de garrafas PET: materiais, energia e emissões	Universidade Federal de São Carlos	2003	Tese
Ittana de Oliveira Lina	Avaliação energética e ambiental da produção de óleo de dendê para biodiesel na região do baixo sul, Bahia	Universidade Estadual de Santa Cruz	2009	Dissertação
Júlia Hallack Sansão	Análise ambiental de alvenarias em blocos: uma discussão baseada na avaliação do ciclo de vida e no desempenho térmico de envoltórias	Universidade Federal de Minas Gerais	2011	Dissertação
Mauro Pereira Hill	Uso de energia em transporte: análise comparativa da Eficiência energética entre os ciclos de vida do gás natural Veicular comprimido e da energia termelétrica a gás para Uso final em automóveis leves	Universidade Federal do Rio de Janeiro	2010	Dissertação
Maria Fernanda Nóbrega dos Santos	Análise dos impactos na construção civil: avaliação do ciclo de vida em chapas de partículas para forro	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"	2010	Dissertação