

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**VII CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO INDUSTRIAL**  
**PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO**

**FABIANE MAZUR**

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO: UMA**  
**FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**PONTA GROSSA**

**2011**

**FABIANE MAZUR**

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO: UMA  
FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL**

Trabalho de Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Industrial: Produção e Manutenção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco

**PONTA GROSSA**

**2011**



Ministério da Educação  
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**CAMPUS PONTA GROSSA**  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

Título da Monografia

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO: UMA FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL**

por

**Fabiane Mazur**

Esta monografia foi apresentada no dia 10 de dezembro de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM GESTÃO INDUSTRIAL: PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Guataçara dos Santos Junior**  
(UTFPR)

**Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson**  
(UTFPR)

**Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco**  
(UTFPR)  
Orientador

Visto do Coordenador:

---

**Prof. Dr. Guataçara dos Santos Junior**  
Coordenador ESPGI-PM  
UTFPR – Campus Ponta Grossa

**A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Secretaria**

Dedico este trabalho à minha família e em especial à minha prima Denise (*in memoriam*).

## **AGRADECIMENTOS**

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco, pela compreensão e sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de curso, pela amizade e companheirismo.

Aos meus colegas de trabalho, pela atenção e compreensão.

A todos os professores do curso, pelo conhecimento compartilhado e disposição.

Gostaria de agradecer também, minha família, por estarem presentes em mais uma etapa da minha vida.

Enfim, a todos, mesmo que distante contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

MAZUR, Fabiane. **Avaliação do Ciclo de Vida do Produto**: uma ferramenta de gestão ambiental. 2011. 36p. Monografia (Especialização em Gestão Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

O crescimento da preocupação em relação aos impactos ambientais tem induzido o desenvolvimento de novas ferramentas e métodos de avaliação e controle desses impactos. A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma dessas ferramentas, pois considera a avaliação durante todo o ciclo do produto: desde a extração de matéria-prima até a disposição final. A ACV é considerada uma das ferramentas mais apropriadas para esse tipo de análise, pois inclui todas as etapas do ciclo de vida do produto ou processo, desde: a extração e processamento de matérias-primas, fabricação, embalagem, transporte, distribuição, uso, reciclagem e disposição final.

Esta avaliação surgiu da necessidade de uma metodologia para facilitar a análise de impactos ambientais das empresas e/ou processos. Um dos objetivos dos estudos de ACV é estabelecer uma sistemática confiável a fim de possibilitar a decisão entre atividades, a qual terá um menor impacto ambiental. A ACV estuda a interação entre um produto e o ambiente, utilizando a avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados ao ciclo de vida do produto. A Avaliação do Ciclo de Vida é uma metodologia utilizada para avaliar os possíveis impactos ambientais potenciais gerados por produtos, processos e atividades durante o seu ciclo de vida completo (berço ao túmulo); quantificando fluxos de energia e materiais, emissões gasosas, efluentes e resíduos, fornecendo uma visão global do sistema e servindo como ferramenta de auxílio à tomada de decisões referente à questão ambiental. Este trabalho é de caráter exploratório sobre o método Análise do Ciclo de Vida.

**Palavras-chave:** Análise do Ciclo de Vida. ACV. Berço ao túmulo. Impactos ambientais. Análise ambiental.

## ABSTRACT

MAZUR, Fabiane. **Life Cycle Assessment of the product:** an environmental management tool. 2011. 36p. Monograph (Specialization in Industrial Management) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2011.

The growing concern for environmental impacts has led the development of new tools and methods of evaluation and control of these impacts. The Life Cycle Analysis (LCA) is one such tool, considering the evaluation throughout the product life cycle: from raw material extraction to final disposal. LCA is considered one of the most appropriate tools for this type of analysis because it includes all stages of the life cycle of the product or process, including: extracting and processing raw materials, manufacturing, packaging, transportation, distribution, use, recycling and final disposal. This assessment arose from the need for a methodology to facilitate the analysis of environmental impacts of companies and/or processes. One of the goals of LCA studies is to establish a system to enable reliable decision between activities, which have a lower environmental impact. LCA studies the interaction between a product and the environment, using the evaluation of environmental aspects and potential impacts associated with the life cycle of the product. The Life Cycle Assessment is a methodology used to evaluate the potential environmental impacts generated by products, processes and activities during the entire life cycle (cradle to grave); quantifying energy and material flows, gas emissions, effluents and waste providing an overview of the system and serving as a tool to aid decision-making regarding environmental issues. This exploratory work is about the method of Life Cycle Analysis.

**Keywords:** Life Cycle Assessment. LCA. Cradle to grave. Environmental impacts. Environmental analysis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fases de uma ACV .....	17
Figura 2 - Dimensões da ACV.....	18
Figura 3 - Relação entre os elementos da fase de interpretação com as outras fases da ACV .....	20
Quadro 1 - Ferramentas auxiliares.....	27

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCV	Associação Brasileira de Ciclo de Vida
ACV	Análise do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida
GANA	Grupo de Apoio à Normalização
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
ICV	Análise de Inventário do Ciclo de Vida
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\text{CFC}_{11}$	Triclorofluormetano
$\text{CFC}_{12}$	Diclodiflurmetano
$\text{CH}_4$	Metano
$\text{CO}_2$	Gás Carbônico
$\text{N}_2\text{O}$	Óxido de Nitroso

## LISTA DE ACRÔNIMOS

ISO	<i>International Standard Organization</i>
SETAC	<i>Society of Environmental Toxicology and Chemistry</i>
EPA	Environmental Protection Agency

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	12
1.2 OBJETIVO .....	13
1.3 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA .....	13
1.4 METODOLOGIA .....	13
<b>2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....</b>	<b>14</b>
2.1 CONCEITOS GERAIS .....	15
2.2 FASES DA ACV.....	16
2.2.1 Definição do Objetivo e Escopo.....	16
2.2.2 Análise do Inventário .....	19
2.2.3 Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV).....	21
2.2.4 Interpretação do Ciclo de Vida.....	24
2.3 SOFTWARES E INSTRUMENTOS AUXILIARES .....	26
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O crescimento da preocupação da sociedade em relação à redução dos recursos naturais, proteção ambiental e aos impactos ambientais nas últimas décadas tem despertado o interesse na avaliação e controle desses impactos.

Esses impactos são associados aos produtos, sua fabricação, consumo e disposição final.

O crescimento dessa consciência ecológica, bem como a preocupação com a qualidade do meio ambiente, proveniente da legislação ou da própria conscientização, novas técnicas estão surgindo para o auxílio às empresas na construção de um modelo de produção ambientalmente correto e viável economicamente, tornando cada vez mais importante a questão do desempenho ambiental no meio industrial (IBICT, 2005).

A ideia de que a preservação da natureza pode reduzir despesas operacionais contribui para uma evolução de atitude em relação à administração de negócios das corporações. Podemos observar uma alteração de atitudes desde a segunda metade da década de 1980, sendo estas de característica pró-ativa quanto à ocorrência dos impactos, as quais são caracterizadas por ações de prevenção, ou seja, ao invés de tratar os rejeitos gerados pelos processos de transformação com o objetivo de não somente atender aos requisitos legais estabelecidos, pretende-se a não geração desses rejeitos, ou, o não descarte dos mesmos no ambiente, através do reaproveitamento desses rejeitos de diferentes formas (SEO e KULAY, 2006).

A avaliação dos impactos ambientais dos processos industriais requer uma avaliação holística, daí a necessidade de uma avaliação completa do ciclo de vida dos produtos além os limites do processo produtivo.

Uma das técnicas em desenvolvimento com esse objetivo é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) que avalia o produto desde a extração da matéria prima até seu descarte ou reuso. A ACV tem como foco os aspectos ambientais e os potenciais impactos ambientais, como por exemplo, o uso de recursos naturais e suas conseqüentes liberações para o meio ambiente durante todo o ciclo de vida de um

produto, ou seja, desde a obtenção das matérias-primas, produção, uso, tratamento pós-uso, reciclagem e disposição final, ou seja, do berço ao túmulo (ABNT, 2009).

## 1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo realizar uma pesquisa exploratória sobre a ferramenta de gestão ambiental, Análise do Ciclo de Vida (ACV), como fundamentação para trabalhos posteriores.

## 1.3 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Fundamentação teórica para aplicação do método para trabalhos futuros.

## 1.4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada consistiu em uma revisão bibliográfica, com o objetivo de fundamentar conceitos e métodos da Avaliação do Ciclo de Vida. Foi realizada a partir de buscas em periódicos, livros técnicos, artigos publicados em anais de congressos e em *sites* institucionais como os da Sociedade Internacional de Química e Toxicologia Ambiental (Setac), Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) e o portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), onde se encontram teses e dissertações defendidas junto aos programas de pós-graduação do país.

## 2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

A origem da Análise do Ciclo de Vida teve início durante a primeira crise do petróleo, provocando uma busca impertinente por fontes alternativas de energia, despertando o mundo para uma melhor utilização dos recursos naturais. Apesar do foco desses estudos ser a questão energética, houveram algumas considerações com relação à questão ambiental incluindo emissões sólidas, gasosas ou líquidas (CHEHEBE, 1997).

Em 1965, um estudo requisitado pela Coca-Cola com o objetivo de comparar diferentes tipos de embalagens para refrigerantes com a determinação de qual apresentava menores índices de emissão para o meio ambiente e melhor desempenho referente à preservação ambiental e que posteriormente, em 1974, seria aprimorado pelo MRI (Midwest Research Institute) é considerado o marco do surgimento da Análise do Ciclo de Vida (CHEHEBE, 1997).

No Brasil, a ACV é formalmente iniciada em 1993 com a criação de um subcomitê do Grupo de Apoio à Normalização (GANNA) dedicado especialmente à Avaliação do Ciclo de Vida. Em 1998 as atividades passam a ser regidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que regulamenta o método através da série de normas ISO 14000.

As normas da série ISO 14040 foram estruturadas como segue:

- ABNT NBR ISO 14040 – Análise do Ciclo de Vida – Princípios e Práticas Gerais
- ABNT NBR ISO 14041 – Análise do Ciclo de Vida – Definição do objetivo e escopo e Análise do Inventário
- ABNT NBR ISO 14042 – Análise do Ciclo de Vida – Avaliação dos Impactos
- ABNT NBR ISO 14043 – Análise do Ciclo de Vida – Interpretação dos Resultados

Atualmente essas Normas foram substituídas pelas Normas:

- ABNT NBR ISO 14040:2009 (Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura) e
- ABNT NBR ISO 14044:2009 (Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e orientações).

## 2.1 CONCEITOS GERAIS

De acordo com Chehebe (1997), “Todo produto, não importa de que material seja feito, madeira, vidro, plástico, metal ou qualquer outro elemento, provoca um impacto no meio ambiente, seja em função de seu processo produtivo, das matérias-primas que consome, ou devido ao seu uso ou disposição final”.

A ACV é uma ferramenta técnica que pode auxiliar na identificação de oportunidades de melhorias com relação aos impactos ambientais, consumo de energia e emissões, comparar entradas e saídas do sistema e ainda ser utilizada nas estratégias de marketing.

Para Chehebe (1997), a análise do ciclo de vida é uma técnica que avalia os aspectos ambientais e os potenciais impactos referentes a um produto, avaliando desde a retirada das matérias-primas da natureza até a disposição final do produto.

A SETAC (The Society of Environmental Toxicology and Chemistry) diz que a ACV é “um processo com objetivo de avaliar a carga ambiental associada a um produto ou atividade identificando e quantificando energia e materiais usados e rejeitos deixados no meio ambiente” (SETAC, 1991).

De acordo com Seo e Kulay (2006) essa técnica pode ser aplicada para atividades estratégicas das organizações como, por exemplo, o projeto de novos produtos e produtos já em produção, devido ao fato de a ACV ser uma técnica eficaz para a construção de diagnósticos ambientais.

Para Giannetti e Almeida (2006) o objetivo da Avaliação do Ciclo de Vida é identificar as fontes de geração de resíduos e poluentes, esta análise deve conter a análise do processo, para que haja a compreensão da empresa das interações tanto espacial quanto temporal com o meio ambiente.

Segundo Chehebe (1997) o enfoque gerencial da ACV de produtos dentro das organizações tenta integrar a Qualidade Tecnológica do produto, a Qualidade Ambiental e o Valor Agregado para a sociedade e o consumidor. Para um enfoque externo, uma potencial aplicação é o marketing.

A Avaliação do Ciclo de Vida permite também a identificação dos estágios que mais contribuem significativamente para o impacto ambiental durante o processo (COLTRO, 2007).

A aplicação da ACV visualiza a entrada de matérias-primas, o processamento ou preparo destas, o processo e produção, embalagem, logística, gestão de resíduos e subprodutos (BARRETO et al. 2007).

Chehebe (1997) resume a ACV como sendo uma ferramenta para obter-se um melhor entendimento acerca de todo o sistema produtivo podendo assim aprimorá-lo.

A solicitação de um estudo de ACV pode ser por vários motivos ou setores, como, por exemplo, o departamento de vendas de uma empresa, para comparar produtos disponíveis no mercado (com a mesma função) e escolher o com menor carga ambiental. Pode ser empregado para mostrar os principais impactos ambientais ao fabricante de um produto compreendendo todo o estágio de seu ciclo de vida, possibilitando a minimização da carga ambiental total do produto, e ainda, pode ser usado por autoridades para um entendimento da importância referente às diferentes etapas do ciclo de vida de um produto (SANTOS, 2002).

## 2.2 FASES DA ACV

A ISO 14040 estabelece que a Avaliação do Ciclo de Vida deve ser composta de quatro fases: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação dos resultados. A iteração entre essas fases pode ser observada na Figura 1.

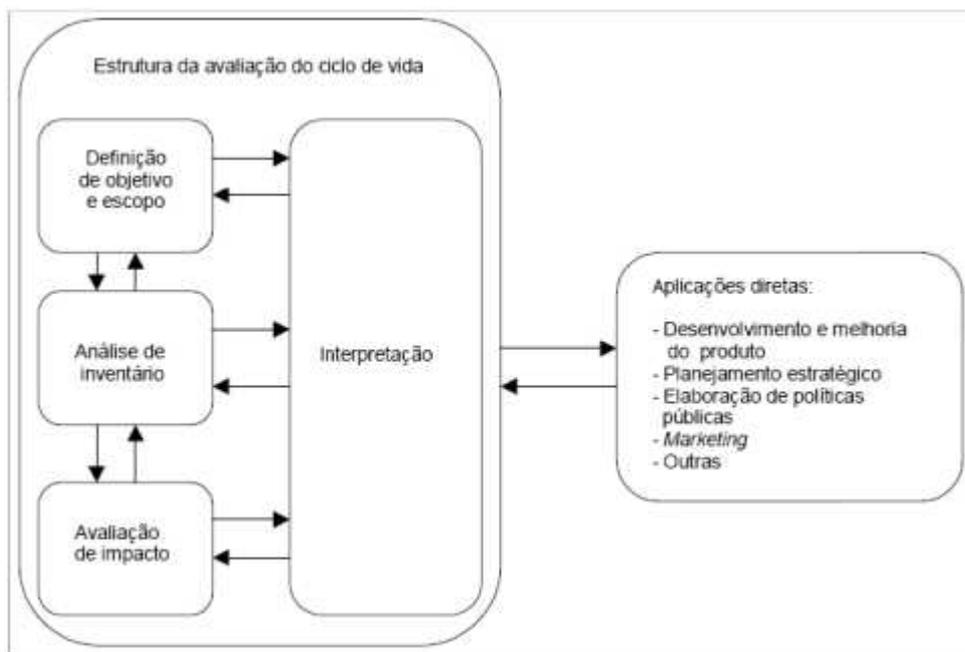
### 2.2.1 Definição do Objetivo e Escopo

O objetivo e escopo de uma ACV devem incluir a razão do estudo, a abrangência e a fronteira do sistema (limites), a unidade funcional, os procedimentos e metodologia aplicados.

A Norma ISO 14040 estabelece que, o conteúdo mínimo do escopo deve fazer referência à largura (subsistemas incluídos), profundidade (detalhes do estudo) e extensão (onde iniciar e parar o estudo) devendo ser compatível e atender o estabelecido no objetivo (CHEHEBE, 1997). A Figura 02 ilustra essas dimensões.

A definição do objetivo deve, de forma clara, incluir a aplicação pretendida, a razão pela qual o estudo está sendo realizado, o público-alvo e todos os aspectos

importantes para direcionar as ações pretendidas. Deve ser declarado também, caso exista a intenção, a utilização de forma comparativa e publicação do estudo.



**Figura 1 - Fases de uma ACV**  
 Fonte: ABNT (2001)

O estabelecimento da unidade funcional tem como objetivo fornecer uma referência em relação aos dados de entrada e saída, as quais são normalizadas matematicamente devendo ser mensurável e definida de acordo com o objetivo e escopo.

Após a definição da unidade funcional, um fluxograma do processo deve ser representado de forma gráfica incluindo todos os processos envolvidos no ciclo de vida do sistema para auxiliar na visão global identificando os pontos mais importantes, devendo-se incluir produtos secundários que apesar de não serem de interesse ao estudo contribuem para a carga ambiental total do sistema. A técnica de alocação pode ser utilizada para particionar as cargas dos co-produtos.

A determinação dos limites do sistema depende de alguns fatores do tipo:

- Aplicação pretendida do estudo;
- Hipóteses levantadas;
- Exclusão de estágios;
- Restrições de dados e custo; e
- Público alvo



**Figura 2 - Dimensões da ACV**  
**Fonte: CHEHEBE (1997)**

De acordo com Chehebe (1997), as unidades de processo, o nível de detalhamento destas unidades e quais as emissões para o ambiente devem ser avaliadas, bem como o nível de detalhes da avaliação são decisões que devem ser tomadas com cuidado.

Em alguns casos o sistema pode ser reavaliado conforme os resultados obtidos, processo iterativo.

A Norma ABNT ISO 14044 diz que é conveniente modelar as entradas e saídas de fluxos elementares e de produtos visando definir o início do processo elementar, com relação à entrada de matérias-primas ou produtos intermediários, a natureza das operações e transformações do processo elementar, e o término deste processo, ou seja, o destino dos produtos finais ou intermediários.

Chehebe (1997) exemplifica algumas unidades de processo e fluxos considerados para o estudo:

- Fluxo de energia;
- Fluxo de materiais;
- Transporte;
- Uso de combustíveis, eletricidade e calor;
- Uso dos produtos;
- Disposição dos resíduos;

- Reciclagem, reuso e recuperação de energia;
- Operações de manutenção (iluminação, aquecimento);
- E outros relacionados ao impacto.

O que deve ou não ser incluído definirá a dimensão do estudo.

Os dados coletados podem ter origem nos locais de produção, respeitando a fronteira do sistema, ou obtidos ou calculados a partir de outras fontes (ABNT).

O escopo pode sofrer reformulação e/ou reajustes enquanto o estudo está sendo realizado devido à sua característica iterativa, limitações imprevistas, restrições ou adição de informações.

A qualidade dos dados é definida por alguns requisitos envolvendo a relação ao tempo (idade dos dados, período mínimo de coleta dos dados), cobertura geográfica (área geográfica da coleta dos dados), cobertura tecnológica, precisão (medida da variabilidade dos valores), integridade (porcentagem de dados medidos), representatividade (avaliação qualitativa do grau de interesse), consistência (avaliação qualitativa quanto à aplicação), reprodutibilidade (avaliação qualitativa da extensão). Devem ser consideradas também as fontes dos dados e a incerteza da informação.

### 2.2.2 Análise do Inventário

O Inventário do Ciclo de Vida de um produto é a fase em que os dados, sejam eles coletados, medidos, calculados ou estimados, servem para quantificar as entradas e saídas de um processo, servindo como base para a avaliação de impacto do ciclo de vida do produto (ABNT, 2009).

Esta fase deve relacionar os dados coletados à unidade funcional definida no escopo. Os critérios de seleção são variados e se adaptam ao estudo.

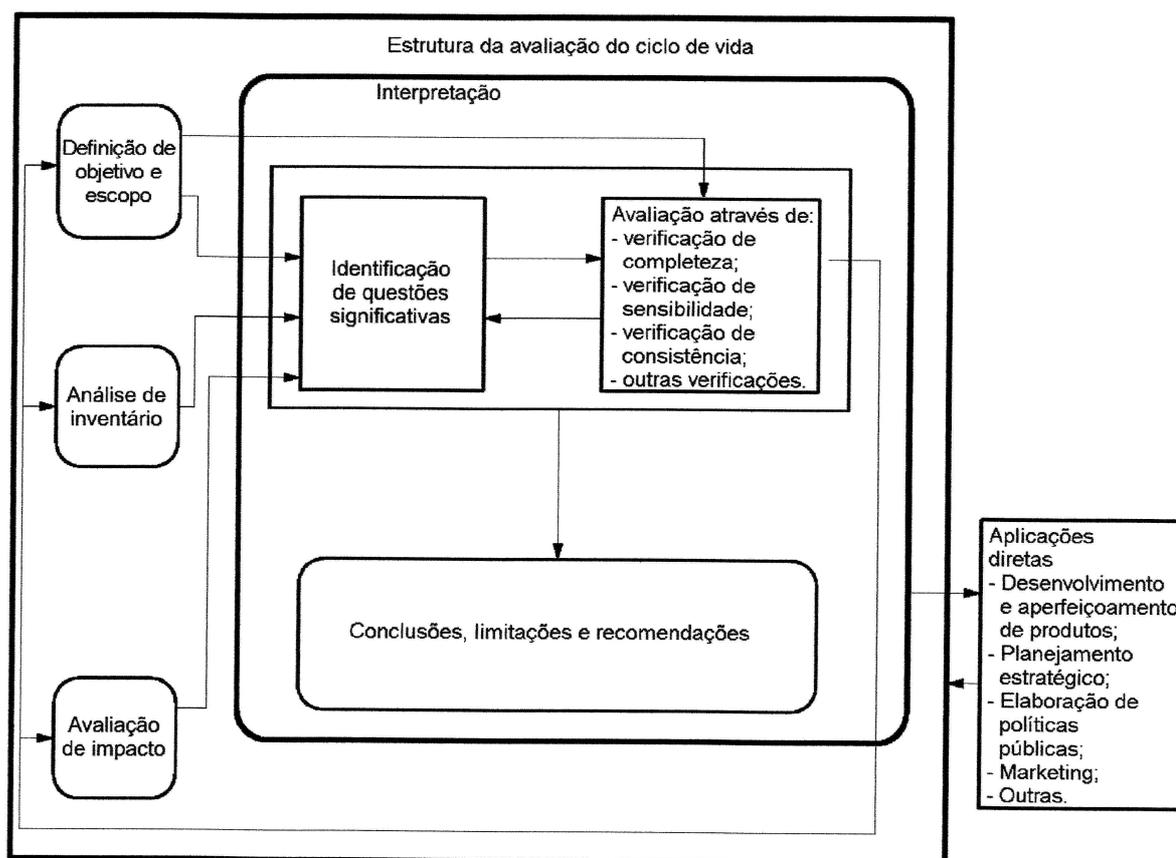
A Norma ABNT ISO 14044 (2009) diz em relação aos dados que “o processo de coleta, a época em que foram coletados e informações adicionais sobre os respectivos indicadores de qualidade devem ser detalhados para aqueles dados que podem ser significativos para as conclusões do estudo”.

O conteúdo do inventário do ciclo de vida é o volume de energia e materiais consumidos e as quantidades de emissões poluentes ao meio ambiente que podem

ser agrupados por processo, por fases do ciclo de vida, por consumo ou tipo de emissão, ou então a combinação destes (PEREIRA, 2008).

Esses dados podem ser organizados em energia, matérias-primas, materiais auxiliares, produtos, emissões para o ar, emissões para a água, emissões para a terra, e outras emissões ou entradas físicas (CHEHEBE, 1997).

A figura 3 ilustra os passos a serem seguidos para análise do ciclo de vida.



**Figura 3 - Relação entre os elementos da fase de interpretação com as outras fases da ACV**  
**Fonte: ABNT (2009)**

Para a coleta dos dados na prática procura-se identificar quais as variáveis devem ser consideradas até a natureza (berço), de forma iterativa, isso torna o estudo viável. As decisões de quais variáveis deverão fazer parte do estudo são baseadas em balanço de massa, bálano energético e importância para o meio ambiente (CHEHEBE, 1997).

Para dados calculados alguns passos operacionais são necessários:

Validação dos dados: verificação da validade dos dados para evidenciar o atendimento dos requisitos de qualidade.

Correlação dos dados: deve-se determinar um fluxo para o processo elementar e a partir deste realiza-se os cálculos necessários.

Refinamento da fronteira do sistema: análise de sensibilidade para determinar a significância das decisões.

Alocação: divisão adequada dos aspectos ambientais entre a unidade funcional e os subprodutos do sistema.

### 2.2.3 Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

É a etapa que identifica, caracteriza e avalia os impactos potenciais da etapa de análise de inventário, tanto quantitativa quanto qualitativamente (CHEHEBE, 1997).

A avaliação de impacto do ciclo de vida define a intensidade que os aspectos ambientais atingem o meio ambiente durante o ciclo de vida do produto, são conseqüências provindas do fluxo de entrada e saída do sistema (NIGRI et. AL, 2009).

Segundo a Norma ISO 14044 (2009), A AICV é composta de elementos obrigatórios e opcionais. Como elementos obrigatórios são incluídos as categorias de impactos, indicadores de categoria e caracterização, correlação dos resultados (classificação) e o cálculo dos resultados dos indicadores de categoria (caracterização).

a) Seleção de categorias de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização

De acordo com Chehebe (1997) é onde se realiza a identificação das categorias e indicadores levando-se em conta a preocupação ambiental, o conhecimento científico dos processos e mecanismos ambientais.

As questões ambientais referentes ao processo e/ou produto estudado devem ser consistentes com o objetivo e escopo.

Chehebe (1997) cita alguns exemplos de categorias ambientais:

- Esgotamento de recursos não renováveis: extração de minerais, minérios, combustíveis fósseis, etc.
- Aquecimento global: emissão de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, aerossóis e outros gases.

- Redução da camada de ozônio: redução na camada de ozônio causada por alguns gases halocarbonados (CFC11, CFC12).
- Toxicidade humana: existência de problemas à saúde humana causada pela exposição às substâncias tóxicas através do ar, água ou solo.
- Ecotoxicidade: danos que a fauna e a flora sofrem devido a substâncias tóxicas.
- Acidificação: mudanças da acidez da água e do solo resultante da emissão de óxidos de nitrogênio e enxofre podendo causar danos também a flora e fauna.
- Nutrificação: é o aumento da produção de biomassa com a adição de nutrientes à água ou ao solo. Na água pode ocorrer uma redução na quantidade de oxigênio afetando outros organismos, e tanto no solo quanto na água podem ocorrer problemas de biodiversidade.
- Oxidantes fotoquímicos: é a reação entre as substâncias orgânicas voláteis e óxidos de nitrogênio sob influência dos raios ultravioletas causando o nevoeiro.

#### b) Classificação

O objetivo desta etapa é a classificação das entradas e saídas do sistema atribuindo os dados levantados no inventário a cada categoria selecionada e identificada de acordo com o tipo de problema para o qual contribuem, causando impacto sobre o meio ambiente (CHEHEBE, 1997).

Segundo a Norma ISO 14044 é conveniente que se considere o seguinte com relação à correlação dos resultados:

- A correlação dos resultados do inventário deve ser exclusiva a apenas uma categoria de impacto;
- A identificação dos resultados do inventário que sofrem correlação, devem incluir: distinção entre mecanismos paralelos (quando os efeitos são dependentes uns dos outros) e correlação a mecanismos seriais (quando os efeitos são independentes)

### c) Caracterização

Na caracterização, os efeitos de cada item da categoria para o impacto ambiental são quantificados e os resultados, convertidos para unidades comuns, chamadas de fatores de equivalência ou fatores de caracterização.

“Os fatores de caracterização indicam quanto uma determinada substância contribui para um determinado problema ambiental comparada a uma substância de referência” (CHEHEBE, 1997).

Segundo o mesmo autor, podem existir efeitos indiretos positivos ou negativos quando os compostos reagem individualmente na atmosfera, esses efeitos podem modificar os resultados de alguns compostos, por isso não são incluídos nos cálculos, por não terem um resultado científico destes efeitos. Logo, os fatores de caracterização calculam os efeitos diretos do composto original que é emitido ao meio ambiente.

### d) Normalização

É onde se calcula a grandeza dos resultados dos indicadores de categoria em relação a uma referência. A normalização transforma um resultado de indicador dividindo este por um valor de referência que podem ser: entradas e saídas totais de uma área tanto global, nacional ou regional; entradas e saídas totais de uma área em base *per capita*; e entradas e saídas de uma linha-base, ou seja, um sistema alternativo de produto. O objetivo desta fase é compreender a importância relativa a cada resultado do sistema em estudo (ABNT, 2009).

Segundo Baumann e Tillman (2004) ela permite também estabelecer referências de grandeza para cada categoria considerada, tornando possível a visualização de quais impactos são significativos ou desprezíveis se comparados ao impacto da área de referência.

A normalização de dados para uma análise multicritérios, incluindo a ambiental, é uma etapa fundamental. Dependendo do método escolhido para a análise, somente a normalização pode uniformizar os dados para as próximas etapas (SOUZA, 2008).

### e) Agrupamento

De acordo com a Norma ISO 14044 (2009) o agrupamento é a reunião das categorias de impactos em um ou mais conjuntos e uma possível hierarquização destas categorias. Podendo ser agrupadas em uma base nominal, tais como,

emissões e recursos ou escalas espaciais (globais, regionais e locais) ou classificá-las de acordo com uma hierarquia, por exemplo, prioridade alta, média ou baixa).

f) Ponderação

A Norma ISO 14044 (2009) considera a ponderação um processo que converte os resultados dos indicadores das categorias de impacto utilizando fatores numéricos fundamentados em certos valores. Esta possui dois procedimentos: conversão dos resultados dos indicadores ou valores normalizados baseados em fatores de ponderação selecionados ou agregação desses resultados convertidos ou normalizados entre diferentes categorias de impacto.

São ponderados entre si diferentes impactos tendo como resultado final apenas um valor representante do impacto ambiental total do sistema estudado (COLTRO, 2007).

g) Análise da qualidade dos dados

Pode haver a necessidade de uma melhor compreensão da significância, incerteza e sensibilidade dos resultados da avaliação de impacto para ajudar a distinguir se há diferenças nos resultados, para identificar resultados não significativos ou orientar o processo iterativo da AICV (ABNT, 2009). Esse mesmo órgão descreve algumas técnicas de análise da qualidade:

- Análise de contribuição: procedimento estatístico para identificar dados com maior contribuição para o resultado.
- Análise de incerteza: procedimento que determina como as incertezas afetam a confiabilidade dos resultados.
- Análise de sensibilidade: procedimento que determina como mudanças nos dados e métodos podem afetar os resultados.

#### 2.2.4 Interpretação do Ciclo de Vida

Esta é a última fase da ACV, para finalizar este estudo, realiza-se a análise e interpretação das informações e resultados do ICV e/ou da AICV relacionando-os com o objetivo e escopo definidos, possibilitando chegar a conclusões e recomendações direcionando estes às pessoas ou grupos de interesse (SOUZA, 2008).

Segundo Chehebe (1997), a interpretação dos resultados também evidencia as limitações que tornam os objetivos iniciais inatingíveis ou inexecutáveis.

Esta fase consiste de três etapas (ABNT, 2009):

- Identificação das questões ambientais mais significativas de acordo com os resultados de ICV e AICV da análise;
- Avaliação do estudo, que pode incluir elementos como verificação da integridade, sensibilidade e consistência;
- Conclusões, recomendações, limitações e relatório sobre as questões mais significativas.

#### a) Identificação

No processo de identificação deve-se considerar o objetivo e escopo do estudo de forma iterativa juntamente com a etapa de avaliação, estruturando os dados em acordo com as questões ambientais identificadas, mais significativas (CHEHEBE, 1997).

#### b) Avaliação do estudo

Avalia-se nesta etapa a consistência, sensibilidade e integridade das informações.

A checagem da consistência avalia o grau e confiança dos resultados, determinando se as entradas, saídas e impactos ambientais mais relevantes, representam de uma forma aceitável os resultados da análise de inventário e da avaliação de impacto (CHEHEBE, 1997).

Segundo o mesmo autor, na análise de sensibilidade, avalia-se a confiabilidade dos resultados, identificando a influência de mudanças nos dados no resultado final.

Na verificação da integridade do estudo são assegurados que os dados de entrada e saída e impactos potenciais são representados adequadamente as informações mais relevantes para o estudo (Chehebe, 1997).

#### c) Conclusões, recomendações e relatório

O objetivo desta fase é “chegar a conclusões, identificar limitações e fazer recomendações para o público-alvo da ACV” (ABNT, 2009).

Devem constar na apresentação dos resultados do estudo a transparência dos resultados, dados, métodos, hipóteses e limitações permitindo ao leitor, de forma detalhada, a completa compreensão do estudo e para facilitar a interpretação destes resultados, realiza-se uma desagregação dos dados (CHEHEBE, 1997).

Quando o objetivo do estudo é encontrar melhorias ambientais no processo ou produto, a interpretação é considerada uma fase independente. Durante essa avaliação o perfil ambiental do sistema é usado para melhorar sua produção ou realizar alterações com relação ao seu uso. As conclusões neste caso devem ser definidas onde se considera a variabilidade dos dados (SOUZA, 2008).

### 2.3 SOFTWARES E INSTRUMENTOS AUXILIARES

Segundo Luz (2011), um estudo de ACV necessita e gera uma imensa quantidade de dados, algumas ferramentas foram desenvolvidas para auxiliar a realização da Avaliação do Ciclo de Vida.

Estes *softwares* auxiliam o estudo principalmente com relação a análise de inventário do ciclo de vida, pois permite que o processamento de dados ocorra de maneira mais fácil, rápida e imparcial, garantindo maior confiança nos cálculos e originando relatórios consistentes (RODRIGUES, 2008).

Esses instrumentos consistem em banco de dados, sistemas de cálculo e módulos para construção do relatório final e podem se dividir em *softwares* de ACV, bases de dados e ferramentas especializadas (SOUZA, 2008). Podemos verificar no Quadro 1 alguns exemplos dessas ferramentas que a autora menciona.

Devido ao grande número de ferramentas disponíveis para estes estudos, cada *software* desenvolvido para a ACV possui uma característica diferente que de acordo com Luz (2011), um ponto relevante para a escolha segundo o EPA (2006) é a verificação do cumprimento do objetivo instituído visando atender ao nível de análise estabelecido.

De acordo com Luz (2011), destas ferramentas algumas são comumente utilizadas em trabalhos acadêmicos, são elas: SimaPro, Umberto, Gabi e Ecoinvent. A autora faz um detalhamento desses *softwares*:

- a) SimaPro: desenvolvido por uma empresa holandesa (*PréConsultants*) para analisar, identificar e comparar impactos ambientais de produtos diferentes, sendo apresentado por uma base de inventário e uma de avaliação e que são organizadas em categorias (materiais, energia, transportes, processos, utilizações, condicionamento e processamento de resíduos).

<p><b>Softwares de ICV</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Boustead Model 5.0:</b> Boustead Consulting Ltda (Reino Unido). &lt; <a href="http://www.boustead-consulting.co.uk">http://www.boustead-consulting.co.uk</a> &gt;</li> <li>• <b>Euklid 4.6:</b> Fraunhofer-Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung (Alemanha). &lt; <a href="http://www.fraunhofer.de">http://www.fraunhofer.de</a> &gt;</li> <li>• <b>JEM-LCA:</b> Ecology-Based Systems Research Laboratory, NEC Corporation (Japão). &lt; <a href="http://www.nec.com">http://www.nec.com</a> &gt;</li> </ul>
<p><b>Bases de Dados</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>BUWAL 250:</b> Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft e Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (Suíça). &lt; <a href="http://www.bafu.admin.ch">http://www.bafu.admin.ch</a> &gt;</li> <li>• <b>IDEMAT 2001:</b> Faculty of Design, Engineering and Production, Delft University of Technology (Holanda). &lt; <a href="http://www.io.tudelft.nl">http://www.io.tudelft.nl</a> &gt;</li> <li>• <b>ECOINVENT 2.01:</b> Swiss Centre for Life Cycle Inventories (Suíça). &lt; <a href="http://www.ecoinvent.org">http://www.ecoinvent.org</a> &gt;</li> </ul>
<p><b>Softwares de ACV completa</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CMLCA 4.2</b> (Chain Management by Life Cycle Assessment): Institute of Environmental Sciences, Leiden University (Holanda). &lt; <a href="http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/software/cmlca/index.html">http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/software/cmlca/index.html</a> &gt;</li> <li>• <b>EDIP</b> (Environmental Design of Industrial Products): Institute for Product Development, Danmarks Tekniske Universitet (Dinamarca). &lt; <a href="http://www.dtu.dk/ipu">http://www.dtu.dk/ipu</a> &gt;</li> <li>• <b>GaBi 4</b> (Ganzheitliche Bilanzierung): Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde &amp; Product Engineering GmbH, Universität Stuttgart / PE International (Alemanha). &lt; <a href="http://www.gabi-software.com">http://www.gabi-software.com</a> &gt;</li> <li>• <b>LCAIT:</b> Stiftelsen Chalmers Industriteknik (Suécia). &lt; <a href="http://www.lcait.com">http://www.lcait.com</a> &gt;</li> <li>• <b>SimaPro 7.1</b> (System for Integrated Environmental Assessment of Products): PRé Consultants (Holanda). &lt; <a href="http://www.pre.nl/simapro">http://www.pre.nl/simapro</a> &gt;</li> <li>• <b>TEAM 4.0</b> (Tool for Environmental Analysis and Management): Ecobilan (Reino Unido). &lt; <a href="http://www.ecobalance.com">http://www.ecobalance.com</a> &gt;</li> <li>• <b>Umberto:</b> Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH (Alemanha). &lt; <a href="http://www.umberto.de">http://www.umberto.de</a> &gt;</li> </ul>
<p><b>Ferramentas Especializadas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ECO-it:</b> ferramenta para DfE (Design for Environment). PRé Consultants (Holanda). &lt; <a href="http://www.pre.nl/eco-it">http://www.pre.nl/eco-it</a> &gt;</li> <li>• <b>KCL-ECO 4.0:</b> focado na indústria de papel. KCL (Finlândia). &lt; <a href="http://www.kcl.fi">http://www.kcl.fi</a> &gt;</li> <li>• <b>Repaq:</b> focado na indústria de embalagem. Franklin Associates Ltda (Estados Unidos). &lt; <a href="http://www.fal.com">http://www.fal.com</a> &gt;</li> </ul>

**Quadro 1 - Ferramentas auxiliares**

**Fonte: Souza (2008)**

- b) Gabi: desenvolvido pela Universidade de Stuttgart e pela empresa PE Europe, apresenta dados de análise de impacto, inventário e modelos de ponderação separadamente, em que se permite trabalhar em módulos e estruturadamente dividido em fluxos, processos, planos e balanços.

- c) Umberto: desenvolvido pela *ifuInstitutfürUmweltinformatik Hamburg GmbH* (Instituto de Informática Ambiental Hamburg Lda), uma instituição alemã, para modelagem, cálculo e avaliação de fluxos de energia e materiais, possibilitando a análise e otimização de processos de produção.
- d) Ecoinvent: é uma base de dados internacional na qual encontra-se ICV das áreas de agricultura, transporte, produtos químicos, materiais, processamentos, etc. São dados industriais compilados por institutos de pesquisa e consultores da ACV.

Para Rodrigues (2008), deve-se considerar alguns aspectos em relação ao programas de *softwares* para ACV:

- Importância dos pressupostos assumidos explícita ou implicitamente no estudo;
- Base de dados dos componentes e adaptabilidade da situação estudada;
- Operacionalidade e resultados.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ACV é uma metodologia que oferece suporte para a tomada de decisão quanto a aspectos e impactos ambientais. Permite a identificação de oportunidades de melhorias no desempenho ambiental de um produto podendo representar ganhos na produtividade do sistema.

Para a ABCV (Associação Brasileira de Ciclo de Vida) (2008), a ACV causa uma quebra de paradigma, já que abre abrange todas as preocupações ambientais antes restritas e todas as ligações do processo produtivo na intenção de buscar a sustentabilidade para a sociedade globalizada.

A ACV auxilia na identificação de oportunidades de melhoria nos aspectos ambientais dos produtos as várias fases do seu ciclo de vida, na tomada de decisões na indústria e organizações, na seleção de indicadores de desempenho ambiental e ainda pode colaborar para o marketing como, por exemplo: declaração ambiental e rotulagem ecológica (RIBEIRO, 2007).

Minimizar o uso de produtos tóxicos, reduzir o consumo de água e energia, diminuir a geração de resíduos e encontrar soluções para utilizá-los como subprodutos, avaliar a utilização de máquinas e equipamentos e ainda gerenciar outras atividades ambientais referentes ao processo industrial são algumas decisões que podem ser tomadas a partir no estudo de ACV (ALMEIDA et. al., 2005).

Segundo Machado e Cavenaghi (2009) “A literatura recente sobre a ACV a define como um instrumento de gestão multifuncional que traz benefícios como: proporcionar uma análise criteriosa de toda a cadeia; identificar os pontos fracos do processo produtivo; viabilizar a gestão ambiental atrelando-a a estratégia corporativa, enfim, se tornando apoio para tomadas de decisão e para definição de desenho operacional; permitir comparações para decisões assertivas e que garantam menor impacto ambiental ou social.”

Uma forma simplificada da Análise do Ciclo de Vida pode ser utilizada sem que haja perdas nas informações importantes desde que esteja em acordo com o objetivo proposto. Este tipo de método não inclui o ciclo de vida inteiro do produto ou processo sendo utilizados como pré-estruturas de uma ACV de foco quantitativo ou uma avaliação paralela podendo ser úteis em desenvolvimento de produtos, identificação de aspectos críticos no ciclo do produto e novas aquisições, entre outros (HOCHSCHORNER e FINNVEDEN, 2003).

Porém, uma das maiores dificuldades dos estudos de ACV é a necessidade de grandes quantidades de dados necessários para o estudo, já que abrange um conjunto de inventário de todos os sistemas e subsistemas (RODRIGUES et. al., 2008). Para Almeida (2003), é necessário uma base de dados regionalizados, contendo inventário de ciclo de vida dos principais produtos usados para que a ACV possa ser utilizada de modo confiável e amplo. Ou seja, os dados devem ser coletados e validados para cada argumento geopolítico, tecnológico e social onde o estudo será aplicado (CALDEIRA-PIRES, 2004).

Para isso foi criada em 2002 a Associação Brasileira de Ciclo de Vida (ABCV), uma sociedade sem fins lucrativos com o intuito de criar recursos humanos qualificados, intercâmbio de informações e base para o desenvolvimento de laboratórios, bancos de dados, normas técnicas e pesquisa, ou seja, uma base tecnológica para ajudar na aplicação da ACV nos principais processos produtivos brasileiros (ANDRADE, 2008).

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040:** Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Brasil, 2009.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044:** Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Brasil, 2009.

ALMEIDA, C. M. V. B.; GIANETTI, B. F.; RIBEIRO, C. M. **Avaliação do ciclo de vida (ACV):** uma ferramenta importante da ecologia industrial. Hottopos. Disponível em :<[HTTP://www.hottopos.com/regeq12/ar4.htm](http://www.hottopos.com/regeq12/ar4.htm)>. Acesso em: 15 nov. 2011.

ANDRADE, H. **Avaliação do ciclo de vida de produtos:** transparência na gestão ambiental das empresas. Disponível em: <<http://www.ecoviagem.com.br/fique-por-dentro/artigos/meio-ambiente/avaliacao-do-ciclo-de-vida-de-produtos-transparencia-na-gestao-ambiental-das-empresas-402.asp>>. Acesso em: 25 out. 2011.

BARRETO, A. P. L.; COELHO, E.; MELO, H. S.; CASTELO, L. A.; ALCANTARA, S. S. **Ciclo de vida dos produtos:** certificação e rotulagem ambiental. Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007.

BAUMANN, H.; TILLMAN, A. M. **The Hitch Hiker's guide to LCA:** an orientation in life cycle assessment methodology and application. Lund: Studentlitteratur, 2004.

BLOTTNITZ, H. V.; CURRAN, M. A. **A review of assessment conducted on bio-ethanol as a transportation fuel from a net energy, greenhouse gas, and environmental life cycle perspective.** Journal of Cleaner Production, v. 15, p: 607-619, 2007.

CALDEIRA-PIRES, A. **Ecodesign news.** Brasília, ago. 2004, n. 14, ano 2. Disponível em: <[http://www.gestaoct.org.br/eletronico/econews/ed14/ecodesign\\_news14.htm](http://www.gestaoct.org.br/eletronico/econews/ed14/ecodesign_news14.htm)>. Acesso em: 10 out. 2011.

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

CLAUZADE, C.; OSSET, P.; HUGREL, C.; CHAPPERT, A; DURANDE, M; PALLUAU, M. **Life cycle assessment of nine recovery methods for end-of-life tyres.** International Journal of Life Cycle Assessment, v. 15, p: 883-892, 2010.

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

DIAS, S. L. F. G. **Há vida após a morte: um (re)pensar estratégico para o fim da vida das embalagens.** Gestão & Produção, v. 13, n. 3, p.: 463-474, 2006.

FABI, A. R. **Comparação do consumo de energia e emissão de CO<sub>2</sub> entre garrafas de PET e de vidro, utilizando análise ambiental de ciclo de vida.** Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas, 2004, 143.

FONSECA, C. G. P. **Ecodesign e a Reutilização de Computadores.** Dissertação (Mestrado em Design Industrial) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007, 131p.

GATTI, T. H. **Do berço ao berço: agregação de valor e de desempenho socioambiental para a produção de papéis especiais com resíduos da agricultura.** Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, 2008, 210p.

GIANNETTI, E.; BIAGIO, F.; ALMEIDA, C. **Ecologia Industrial: Conceitos, Ferramentas e Aplicações.** São Paulo, Editora Edgard Blücher, 2006.

HERRCHEN, M.; KLEIN, W. **Use of life-cycle assessment (LCA) toolbox for an environmental evaluation of production processes.** Pure Apply Chemical, Vol. 72, No. 7, p: 1247-1252, 2000.

HINZ, R. T. P.; VALENTINA, L. V. D.; FRANCO, A. C. **Monitorando o Desempenho Ambiental das Organizações através da Produção mais Limpa ou pela Avaliação do Ciclo de Vida.** Produção on Line. Vol. 7, Num. 3, 2007.

HOCHSCHORNER, E.; FINNVEDEN, G. **LCA Methodology: Evaluation of two simplified Life Cycle Assessment Methods.** The International of Life Cycle Assessment 2003, 8(3), 119-128P, 2003.

IBICT – INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Avaliação do ciclo de vida**. Disponível em: <<http://acv.ibict.br/>>. Acesso em 15 nov. 2011.

KAYO, E. K.; KIMURA, H.; MARTIN, D. M. L.; NEKAMURA, W. T. **Ativos Intangíveis, Ciclo de Vida e Criação de Valor**. Administração Contemporânea, v. 10, n.3, p: 73-90, 2006.

LANKEY, R. L.; ANASTAS, P. T. **Life-Cycle Approaches for Assessing Green Chemistry Technologies**. Industry Engineering Chemical Resource, v. 41, p: 4498-4502, 2002.

LOBO, Y. R. O. **Proposta de Metodologia de Concepção e Projeto do Produto considerando os Aspectos Ambientais no Ciclo de Vida**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, 2000, 191p.

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. 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011.

MACHADO, C. G.; CAVENAGHI, V. **A relevância do uso da Avaliação do Ciclo de Vida para a manufatura sustentável: análise e tendências**. ENEGEP, 2009.

MIYAMARU, E. S.; KULAY, L. A. **Avaliação do Ciclo de Vida: ferramenta gerencial para tomada de decisão**. Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente, Vol. 1, n. 1, 2006.

NIGRI, E. M.; ROMEIRO, F. E.; ROCHA, S. D. F. **Cimento tipo Portland: uma aplicação da análise do ciclo de vida simplificada**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009.

PEREIRA, C. L. F. **Avaliação da Sustentabilidade Ampliada de Produtos Agroindustriais: estudo de caso suco de laranja e etanol**. 2008. 290f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

PEREIRA, S.W. 2006. **Análise ambiental do processo produtivo de pisos cerâmicos. Aplicação de Avaliação de Ciclo de Vida.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. 121p.

PESSOA, E.; MARTINS, M. **Revisitando a teoria do Ciclo do Produto.** Economia Contemporânea, v. 11, n. 2. P: 307-329, 2007.

RAMIREZ, P. K. S. **Análise de Métodos de Alocação utilizados em Avaliação do Ciclo de Vida.** 2009. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

RODRIGUES, C. R. B.; ZOLDAN, M. A.; LEITE, M. L. G.; OLIVEIRA, I. L. **Sistemas computacionais de apoio a ferramenta Análise do Ciclo de Vida do Produto (ACV).** Enegep, 2008.

SABLOWSKI, A. R. M. **Balanço de Materiais na Gestão Ambiental da Cadeia Produtiva do Carvão Vegetal para Produção de Ferro Gusa em Minas Gerais.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, 2008, 202p.

SANTOS, L. M. M. **Avaliação ambiental de processos industriais.** Ouro Preto: ETOP, 2002.

SEO, E. S. M.; KULAY, L.A. **Avaliação do ciclo de vida: Ferramenta gerencial para tomada de decisão.** 2006. Interfacehs – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente – São Paulo, v. 1, n. 1, Art. 4, ago. 2006.

SETAC – SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY. **Guidelines for Life-Cycle Assessment: A “Code of Practice”.** SETAC, Brussels, 1993.

SOUZA, S. R. **Normalização de critérios ambientais aplicados à avaliação do ciclo de vida.** 2008. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

UGAYA, C. M. L. **Análise de Ciclo de Vida: estudo de caso para materiais e componentes automotivos no Brasil.** Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, 2001, 221p.

**VALT, R. B. G. Análise do Ciclo de Vida de embalagens PET, de alumínio e de vidro para refrigerantes no Brasil variando a taxa de reciclagem dos materiais.** Dissertação (Mestrado em Concentração em Engenharia de Processos Térmicos e Químicos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004, 208p.

**XAVIER, J. H. V.; PIRES, A. C. Uso Potencial da Metodologia de Análise de Ciclo de Vida (ACV) para a caracterização de impactos ambientais na agricultura.** Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 21, n. 2, p: 311-341, 2004.