

Análise do ciclo de vida: um estudo sobre a metodologia, benefícios e limitações

Luciana Maichaki Marçal (UTFPR) lu.marcal@hotmail.com
Bárbara Caroline Turra Kuchiniski (UTFPR) bahturra@hotmail.com
Antônio Carlos de Francisco (UTFPR) acfrancisco@utfpr.edu.br
Leila Mendes da Luz (UTFPR) leila.mendesdaluz@gmail.com
Cassiano Moro Piekarski (UTFPR) cassianopiekarski@gmail.com

Resumo:

Este estudo teve como objetivo descrever a metodologia empregada para a aplicação da ACV, bem como os benefícios alcançados e as limitações encontradas em sua aplicação. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, documental, qualitativa e exploratória. Foram abordados conceitos referente a ACV incluindo a metodologia, os *softwares* utilizados para sua aplicação, os benefícios e limitações. Com este estudo pode-se perceber que, apesar da ACV apresentar certa complexidade de aplicação e algumas limitações, pode contribuir para a redução dos impactos causados pelas atividades industriais e resultar em benefícios para a empresa.

Palavras chave: Análise de Ciclo de vida; pesquisa bibliográfica; meio ambiente.

Life cycle assessment: a study on the methodology, benefits and limitations.

Abstract

This study aimed to describe the methodology used for the application of LCA, as well as the benefits achieved and benefits encountered in implementation. For this, was performed a bibliographic researches, documentary, qualitative and exploratory. Were discussed including concepts regarding the LCA methodology, the software used for its implementation, benefits and limitations. With this study we can see that, despite the present LCA certain complexity of application and limitations, can help reduce the impacts caused by industrial activities and result in benefits for the company.

Key-words: Life Cycle Assessment; bibliographic researches; environment.

1. Introdução

O meio ambiente vem sendo afetado de maneira preocupante nos últimos anos. Sendo assim, a redução dos impactos causados pelos produtos e processos pode fazer parte da busca por um diferencial para as organizações. Devido a essa preocupação com a questão ambiental vem sendo desenvolvidas algumas ferramentas para auxiliar na minimização destes impactos, como a Análise do Ciclo de Vida (ACV).

A ACV é uma ferramenta utilizada na avaliação dos impactos ambientais potenciais que cada produto ou processo causa sobre o meio ambiente durante todo o seu ciclo de vida. Por meio da ACV, pode ser avaliada a implantação de melhorias ou alternativas para reduzir os impactos ambientais, dependendo do objetivo que há em vista do processo ou do produto analisado (COLTRO, 2007).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo descrever a metodologia empregada para a aplicação da ACV, bem como os benefícios alcançados e as limitações encontradas em sua aplicação. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, documental, qualitativa e exploratória, onde foram abordados conceitos referentes ACV incluindo as quatro fases da metodologia apresentada pela ISO 14040, os softwares utilizados para sua aplicação, os benefícios e limitações deste tipo de estudo. Sendo assim, o tópico a seguir apresenta algumas considerações vinculadas com a revisão de literatura existente sobre o tema em estudo.

2. Análise do Ciclo de Vida

Segundo Hunt e Franklin (1996), o primeiro estudo de Análise do Ciclo de Vida (AVC), em inglês "*Life Cycle Assessment*" (LCA), foi designado para a companhia Coca-Cola, em 1969, com a necessidade de observar as emissões e resíduos originados pelas embalagens de suas bebidas. O estudo apontou um resultado interessante, onde se constatou que as garrafas de plásticos não causavam os piores riscos ambientais, quando comparada com as de vidro. Esta pesquisa foi conduzida pelo "*Midwest Research Institute*" (MRI).

De acordo com o autor, o MRI também conduziu um estudo para embalagens de cervejas e sumos, no final do ano de 1972. A "*U.S. Environmental Protection Agency*" (USEPA), que encomendou o estudo, tinha o intuito de examinar os menores riscos ambientais com a utilização de garrafas reutilizáveis ao invés de latas e garrafas descartáveis. Nesse estudo foram envolvidas as indústrias de aço, vidro, alumínio, plástico e papel. O resultado obtido foi o favorecimento ao uso de garrafas reutilizáveis.

Em 1984 o Laboratório Federal Suíço para Teste e Investigação de Materiais (EMPA) obteve um relatório publicado com a finalidade de obter um banco de dados dos principais materiais: vidro, plástico, alumínio, chapas de latas e papel (FINK, 1997). Este relatório também teve o objetivo de relatar os impactos ambientais, para normaliza-los, com relação ao "volume crítico do ar" e ao "volume crítico da água".

Em 1990, houve um crescente aumento na procura por estudos de ACV, principalmente na Europa e Estados Unidos. Nesta década começam os "*workshops*" e fóruns a respeito de ACV, começando também a serem propostas mudanças e melhorias na metodologia utilizada (FAVA, 1991). A Figura 1 mostra a evolução de citações em artigos referentes à ACV.

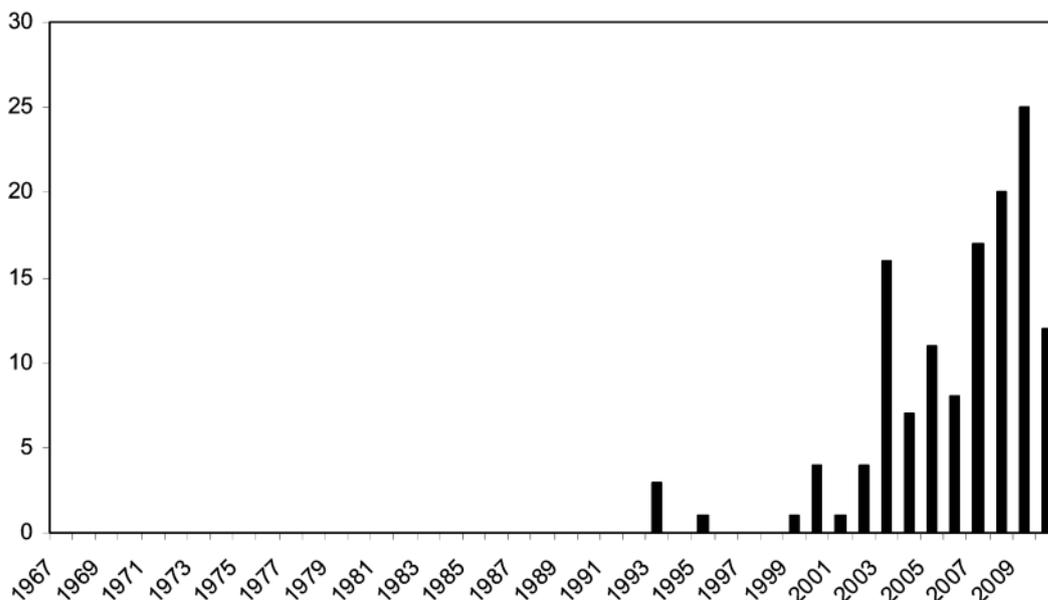


Figura 1 - Evolução de citações de ACV.

Fonte: Guinée et al (2010)

Segundo Ferreira (2004), em 1992 foi formada a Sociedade para a Promoção do Desenvolvimento de Ciclo de Vida (SPOLD), com o objetivo de colaborar na melhoria da metodologia da ACV. Neste mesmo ano, de acordo com Tibor e Feldman (1996), houve a padronização da metodologia da aplicação da ACV pela Organização Internacional para a Normalização (ISO). As normas da série ISO 14040 desenvolvidas pela ISO foram estruturadas da seguinte maneira:

- ISO 14040: 1997 *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*
- ISO 14041: 1998 *Environmental management – Life cycle assessment – Goal and scope definition and inventory analysis*
- ISO 14042: 2000 *Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle impact assessment*
- ISO 14043: 2000 *Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle interpretation*
- ISO/TR 14049: 2000 *Environmental management – Life cycle assessment – Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis*
- ISO/TS 14048: 2002 *Environmental management – Life cycle assessment – Data documentation format*
- ISO/TR 14047: 2003 *Environmental management – Life cycle impact assessment – Examples of application of ISO 14042*

Atualmente, no Brasil utilizam-se apenas duas normas da ISO, que foi alterada em 2009, para melhor compreensão da ACV, sendo:

- ISO 14040: 2009 *Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura*
- ISO 14044: 2009 *Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e Orientação*

Com o aumento do número de pesquisas na área e melhorias desenvolvidas na metodologia da ACV, nota-se que existe uma grande expectativa da ACV, em contribuir para o futuro, tanto para as empresas, como para todas as dimensões, incluindo o planeta de forma geral (GUINEÉ et al, 2010). Tendo isso em vista, a seguir é apresentada uma descrição da metodologia empregada para aplicação da ACV.

3. Metodologia da ACV

A metodologia da ACV, segundo Chauhan (2011), baseia-se em um processo para avaliar os efeitos ambientais associados a um produto ao longo de todo o seu ciclo de vida, e é definida pelo autor como reunir e avaliar as entradas, as saídas e os impactos ambientais. De acordo com Coltro (2007) a ACV é uma metodologia importante, pois trata as questões ambientais complexas, gerando números que permitem a tomada de decisões em bases ao seu objetivo.

A ACV é normatizada no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e possui quatro fases conforme apresentado na Figura 2 (ABNT, 2009a).

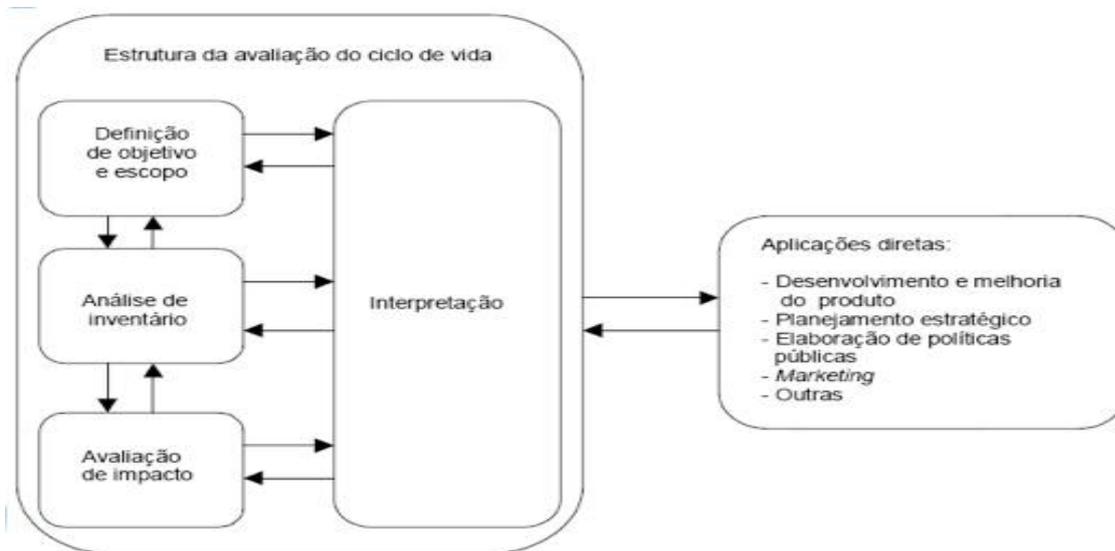


Figura 2 - Fases de uma ACV
Fonte: ABNT (2009a)

Segundo Coltro (2007), na primeira fase Definição do Objetivo e Escopo, são definidos os propósitos do estudo e sua amplitude, na segunda fase de Análise de Inventário, é feita a busca de informações sobre o sistema do produto, onde são levantadas as entradas e saídas relevantes para o sistema onde são quantificadas.

Já na terceira fase da Avaliação de Impacto, de acordo com a autora, os dados e as informações geradas da Análise de Inventário são associados a impactos ambientais específicos, de modo que o significado destes impactos potenciais possa ser avaliado. E, na última fase de Interpretação, os resultados obtidos na segunda e terceira fase são combinados e interpretados de acordo com os objetivos definidos previamente no estudo (COLTRO, 2007).

3.1. Fase 1 - Definição de objetivo e escopo

A fase de definição de objetivo e escopo, segundo Wagner (2011), inclui a descrição do objetivo do estudo e os limites do sistema. De acordo com a ABNT (2009b), são necessários alguns itens para se definir o objetivo de uma ACV, os itens utilizados são: qual o tipo de

produto estudado; os objetivos para realizar o estudo; saber quem é o público-alvo; saber se o resultado do estudo será divulgado publicamente para utilizar os resultados como afirmações comparativas.

O escopo estabelece os limites e a abrangência do estudo, identificando as funções do sistema de produtos, devendo fixar os limites do sistema. Também inclui os parâmetros ambientais e os métodos de determinação e interpretação dos impactos ocorrentes. Tendo objetivo de identificar as informações essenciais para o estudo, obter a avaliação do produto, interpretar a utilização, requisitos de dados, descrever o tipo e o formato do relatório requerido para o estudo, podendo ser adaptado durante o estudo (XAVIER, 2004).

3.2. Fase 2 - Análise de inventário

A segunda fase da ACV é a análise de inventário do ciclo de vida (ICV). De acordo com Prado (2005), nesta fase são quantificadas todas as entradas e saídas de um determinado sistema em termos de energia, recursos naturais e emissões para o meio ambiente, considerando as categorias de impactos e as fronteiras já definidas, com resultados ponderados pela unidade funcional.

Os tipos e fontes de dados utilizados dependem do objetivo e o escopo do estudo, os dados podem ser qualitativos e quantitativos, e podem ser coletadas nos locais de produção associados aos processos elementares dentro da fronteira do sistema, devendo ser identificadas todas as entradas e saídas de cada unidade do processo (ABNT, 2009b).

A coleta de dados é separada, segundo ABNT (2009b), sob títulos gerais, onde incluem todas as entradas que o processo possui, como as entradas de energia, de matéria-prima, as auxiliares; os produtos, os co-produtos e resíduos que foram utilizados; as emissões atmosféricas, descartadas para o meio ambiente. Devendo também ser registrada uma descrição de cada processo elementar, para reduzir o risco de erro na fase de interpretação. Para o estudo convém que apareçam todos os processos, incluindo as inter-relações, a descrição de cada processo com os fatores que influenciam entradas e saídas, listas de fluxos e de dados relevantes para as condições de operação associadas.

Na Figura 3, mostrando o procedimento simplificado para a análise do inventário:

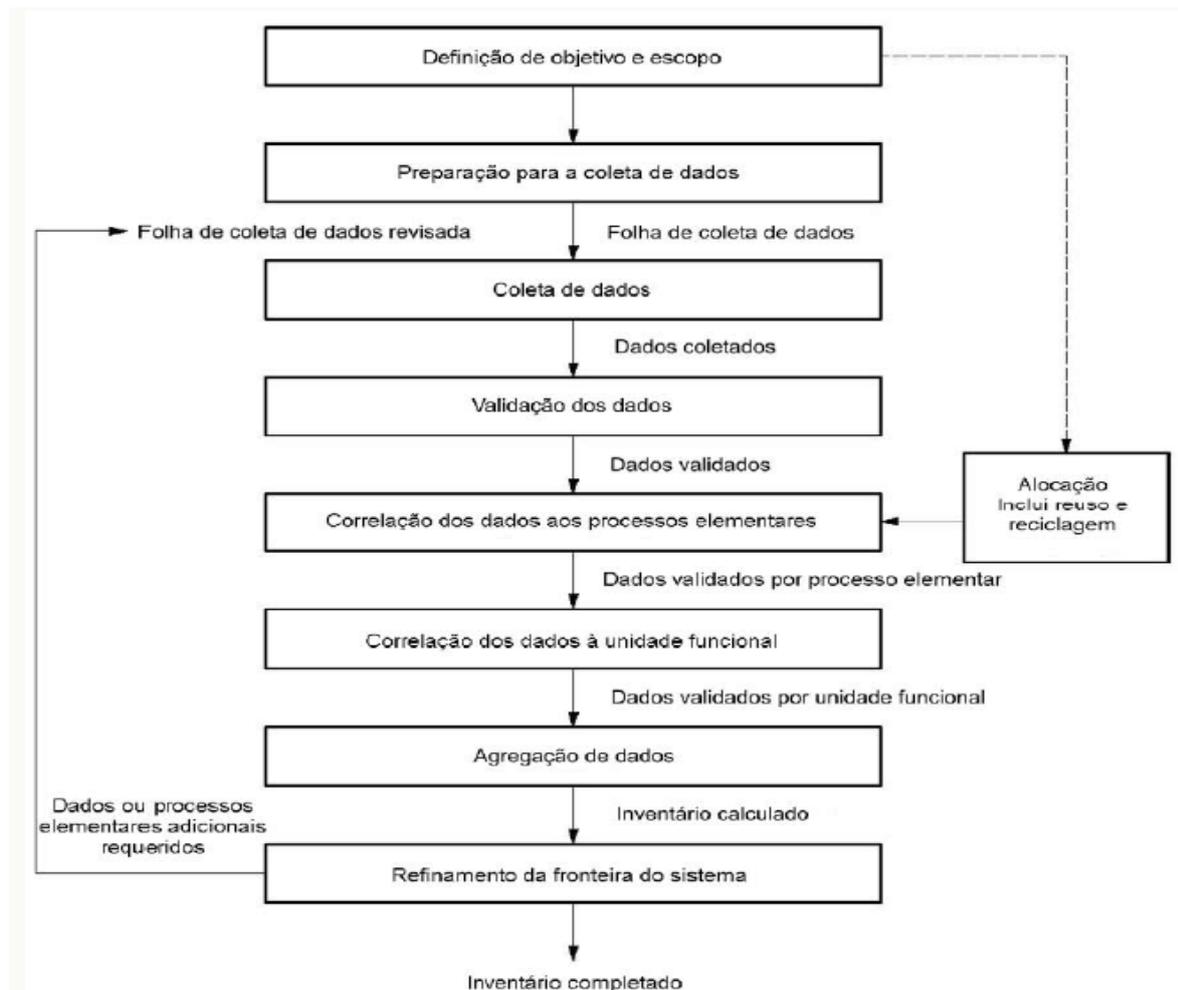


Figura 3 – Procedimentos simplificados para análise de inventário (Fonte: ABNT (2009b))

Posteriormente ocorre o procedimento de cálculos dos dados, segundo ABNT (2009a), inclui a confirmação dos dados coletados; a correlação dos dados aos processos elementares e os dados aos fluxos de referência. A unidade funcional é utilizada para gerar os resultados do inventário do sistema definido para cada processo, referidos à unidade colocada para o sistema de produto a ser modelado, tendo que levar em conta os diferentes combustíveis e fontes de energia elétrica utilizada, a eficácia de conversão e a distribuição do fluxo de energia, assim como as entradas e saídas associadas à geração e uso do fluxo de energia.

O resultado dos cálculos, segundo Xavier (2004), é uma lista de intervenções ambientais para cada sistema. Essas listas podem ser comparadas, utilizadas para identificar os sistemas de produção com baixos impactos ambientais.

O processo final é a alocação, segundo Coltro (2007) divide-se as cargas ambientais entre diversos co-produtos, podendo ser a alocação física, onde todas as alterações quantitativas nos produtos ou funções que são correlacionadas com mudanças nos fluxos de entrada e saída do sistema. Ou a alocação econômica, onde a divisão baseia-se no valor econômico dos produtos obtidos como reflexo de seus preços relativos, ou seja, a soma de todas as entradas e saídas de um processo elementar deve ser igual a soma de todas as entradas e saídas antes da alocação.

3.3. Fase 3 – Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

Nesta fase são utilizados os dados obtidos na fase do ICV para avaliar a significância dos impactos ambientais potenciais associados ao sistema do produto em estudo. De acordo com a Fava (1991), este poderá ser um processo quantitativo ou qualitativo.

A AICV deve ser planejada detalhadamente, para poder obter resultados satisfatórios em relação ao objetivo e o escopo definido para o estudo. Como a ACV é um estudo iterativo, quando necessário, as fases anteriores podem ser revisadas para melhor qualidade da avaliação de impacto. Segundo a ABNT (2009b), a AICV consiste em elementos obrigatórios e opcionais, conforme ilustrado na Figura 4.

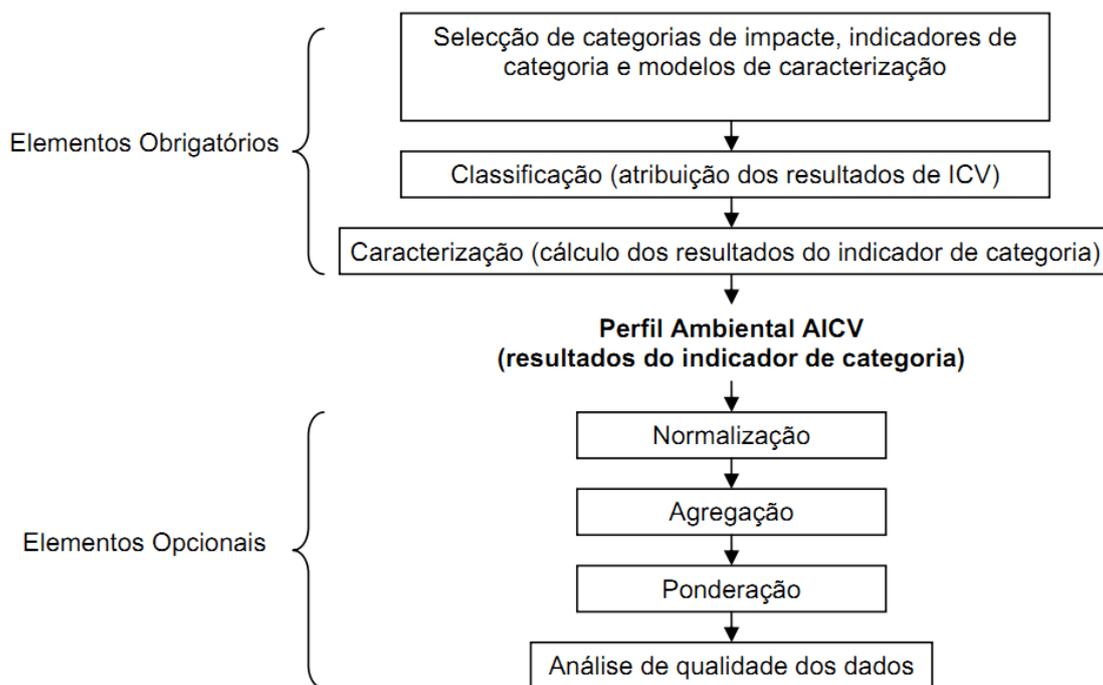


Figura 4 - Elementos da fase AICV (Fonte: ABNT, 2009b)

Os elementos obrigatórios convertem os resultados do ICV em resultados de indicador de categoria (perfil ambiental) para as diferentes categorias de impacto e os elementos opcionais servem para normalizar, agrupar ou pesar os resultados do indicador e técnicas de análise de qualidade dos dados (FERREIRA, 2004 p. 27).

Das categorias de impacto incluídas no estudo, existem as já definidas, mas em alguns casos não são suficientes, então é necessário adicionar novas categorias de impactos, para então satisfazer o objetivo e o escopo. A Figura 5 mostra um exemplo das categorias de impacto, sendo que cada categoria tem sua estrutura ambiental própria (ABNT, 2009b).

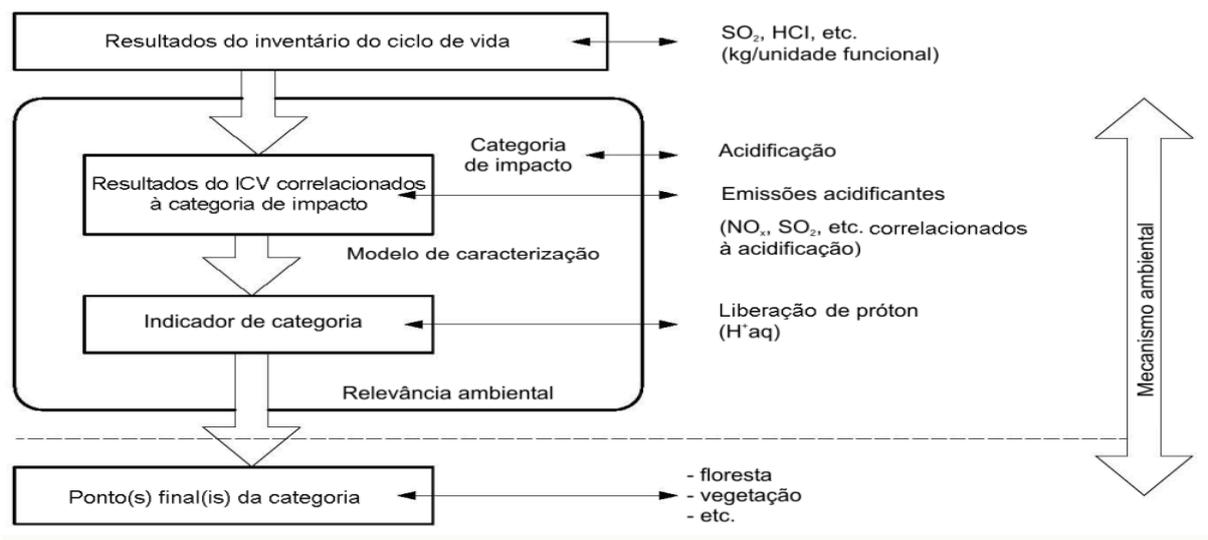


Figura 5 - Conceito de indicadores de categoria (Fonte: ABNT, 2009b)

Os impactos causados ao meio ambiente podem ter influência global ou local de acordo com diversas categorias, influenciando até no bem estar do ser humano. A Figura 6 a seguir apresenta a influência exercida por alguns destes impactos (UNEP, 2003).

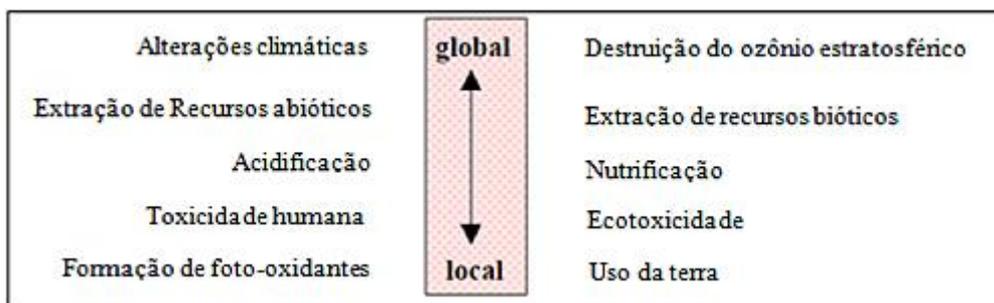


Figura 6 – Abrangência do impacto ambiental (Fonte: UNEP, 2003)

Portanto, a primeira etapa para se começar a análise de impacto é a seleção das categorias de impacto que serão consideradas no estudo. Esta seleção é, realizada juntamente com a primeira fase da ACV. Segundo CML (2001) existe um padrão das categorias e subcategorias principais, divididos em três grupos: Grupo A, B e C. Categorias de impacto base, categorias de impacto específicas de um estudo e outras categorias de impacto, respectivamente.

Deste modo, a avaliação de impacto é subdividida em etapas a serem seguidas, primeiramente a classificação, onde os dados adquiridos são indicados em suas devidas categorias. Pode haver dados que preencham apenas uma categoria e outros que satisfaçam mais de uma categoria, neste caso utiliza-se a seguinte regra (ABNT, 2009b):

- Mecanismos paralelos: quando os dados são dependentes uns dos outros;
- Mecanismos seriais: quando os dados não são dependentes;

A caracterização é a próxima etapa descrita na AICV. Onde é feita a transformação dos dados resultados para unidades comuns e sua devida associação, envolvendo dados de uma mesma categoria de impacto. Tem-se como resultado um número do indicador, fazendo essa transformação utilizando os devidos fatores de caracterização.

Por fim a ponderação é utilizada, como consta na ABNT (2009b p.28): “A ponderação é o processo de conversão dos resultados de indicadores de diferentes categorias de impacto pela utilização de fatores numéricos baseados em escolha de valores. Pode incluir a agregação dos resultados ponderados de indicadores”.

3.4. Fase 4 – Interpretação da Análise de Ciclo de Vida

A última etapa da Análise de Ciclo de Vida é a interpretação, tendo como seu principal objetivo o aumento da confiança da análise realizada (FERREIRA, 2004). Nessa etapa, é possível perceber as limitações e conclusões, utilizando como base os resultados obtidos nas etapas anteriores. Sabendo que o estudo de ACV tem relação entre suas fases, com isso pode ocorrer mudanças necessárias nas etapas anteriores.

Segundo Ferreira (2004) existe três etapas na fase de interpretação:

- Identificar todos os pontos significativos com base nos resultados obtidos nas fases anteriores;
- Verificar os dados, se estão completos e disponíveis. Avaliar, também, a confiança dos resultados obtidos;
- Fazer conclusões e verificar se estão consistentes, se não tiverem retornar as fases anteriores;

As conclusões e informações obtidas no estudo da ACV podem então ser utilizadas para tomada de decisão, podendo trazer alguns benefícios para a organização. No entanto, devido a complexidade deste tipo de estudo podem ser encontradas algumas limitações durante sua aplicação (LUZ et al, 2011). Alguns destes benefícios e limitações serão discutidos a seguir.

4. Benefícios da ACV

Os benefícios dos estudos da ACV, segundo a ABNT (2009b), estão relacionados ao fato dos resultados obtidos poderem ser utilizados para: observar os processos ao longo de todo o seu ciclo de vida; obter uma decisão ambiental mais precisa sobre os processos ou produtos a escolher, possuindo diversas comparações de processos de fabricação para o mesmo produto. O estudo da ACV possibilita buscar alternativas para aprimorar os processos voltados à diminuição de impactos ambientais, redução da matéria prima, dos recursos naturais e da energia.

A elaboração de estudos de ACV, baseados pelas normas ISO 14040 e ISO 14044 (ABNT, 2009b; ABNT, 2009a), propiciam a avaliação dos impactos ambientais associadas a um produto, analisando os ganhos e perdas ambientais, bem como, identificar o balanço de massa e energia vinculados ao ciclo de vida do produto. Pode-se também, comparar tais impactos em diferentes categorias específicas (ambientais, saúde humana, uso de recursos) entre dois ou mais produtos similares.

Em um exemplo prático, os benefícios gerados pela ACV aplicada em uma empresa de produção e reciclagem de sacolas plásticas, segundo Queiroz e Garcia (2010), foram utilizados para conhecimento dos parâmetros relevantes e os respectivos impactos ambientais nas diversas etapas de seu ciclo de vida. A ACV possibilitou melhorias nos sistemas de produção e disponibilizou uma estrutura de referência para comparações futuras. Os dados fornecidos pelo estudo ACV embasaram processos de obtenção de rótulos ambientais dos produtos, e avaliaram os benefícios da reciclagem pós-consumo de polietileno.

Dentre os benefícios que podem ser gerados pela aplicação da ACV, existem alguns requisitos quanto à abrangência dos dados que, segundo a ABNT (2009b), possibilitam um melhor resultado final da ACV realizada. Os requisitos a serem considerados são: a cobertura

temporal; a cobertura geográfica; a cobertura tecnológica; a precisão; a completeza; a representatividade; a consistência; a reprodutibilidade; as fontes dos dados e a incerteza da informação. Entretanto, a ACV também possui suas limitações.

5. Limitações da aplicação da ACV

A aplicação da ACV apresenta algumas limitações, devido seu grau de complexidade. Para realizar um estudo deste tipo são necessários vários recursos, como uma ampla base de dados, recursos financeiros e sendo necessário também disponibilizar tempo para a realização (SANTIAGO, 2005). Se houver alguma falha ou falta nos recursos necessários, pode ocorrer de o resultado não ser satisfatório.

De acordo com a ISO 14040 a aplicação da ACV é composta por quatro fases. As mesmas são interligadas, sendo que cada fase adicionada deve ser revista a anterior, se caso houver mudanças, é necessário documentar e justificar quais mudanças fora feitas. O processo iterativo pode, por exemplo, modificar a definição de objetivo e escopo do estudo durante sua última fase (Interpretação).

Devido a grande quantidade de dados que a ACV necessita, a qualidade dos mesmos pode ser outra limitação do estudo, implicando na confiabilidade final do estudo. Para facilitar o armazenamento e visualização de dados, é possível fazer o uso de *softwares*, minimizando possíveis falhas.

6. Softwares utilizados na ACV

Para auxiliar os estudos da ACV, tem sido desenvolvidos alguns programas de computador para atender diversas necessidades, que auxilia nas análises que envolvem o uso de muitas informações. No estudo realizado por Rodrigues et al (2008), os autores citam cinco softwares que são mais utilizados para o auxílio do estudo, são eles, GaBi, Team, Umberto, SimaPro e LCA. Com o auxílio de *softwares* a visualização do processo é clara e fácil, pode-se mudar e aprimorar, dando cálculos de confiança e relatórios com maior precisão.

Os softwares auxiliam no estudo, segundo Rodrigues et al. (2008), principalmente na análise do inventário de ciclo de vida, permitindo o processamento dos dados de forma mais fácil, imparcial e rápida, obtendo uma rápida visualização em todos os processos, além de garantir cálculos sem erros, originando relatórios finais de confiança, disponibilizando também banco de dados, que minimiza o tempo com relação à coleta dos mesmos produtos e processos.

7. Considerações Finais

O estudo da Análise do Ciclo de Vida consiste em uma metodologia para identificação e quantificação dos aspectos e impactos observados ao longo do ciclo de vida de um produto ou processo. A aplicação da ferramenta pode gerar alguns benefícios, em diferentes aspectos, como: alternativas de aprimoramento da diminuição dos impactos ambientais, redução de matéria prima dos produtos ou processos, visualizando também na comparação do desempenho ambiental dos produtos, entre outros.

Para o auxílio do estudo ACV, são utilizados *softwares* onde ocorre a coleta dos dados e a visualização de todo o processo de estudo da ACV, obtendo cálculos de confiança e relatórios com maior precisão. Além do software, são necessários outros recursos para melhor qualidade do resultado, minimizando as limitações do estudo ACV.

Foi possível concluir que a utilização do estudo da Análise do Ciclo de Vida pode contribuir de maneira positiva tanto para o meio ambiente como no processo de tomada de decisão em organizações, gerando vantagem competitiva para as mesmas.

Referências

- 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.
- CHAUHAN, M. K.; VARUN; CHAUDHARY, S.; KUMAR S.; SAMAR.** *Life cycle assessment of sugar industry: A review.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 15, n. 7, 2011.
- CML.** *An operational guide to the ISO-standards - Part 3: Scientific background.* (Final report, May 2001). Disponível em: <www.leidenuniv.nl/cml/ssp/projects/lca2/lca2.html#gb>. Acesso em: 11 de set. 2012.
- COLTRO, L.** *Avaliação de Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão,* 2007. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/42837176/ACV-Como-to-de-Gestao-CETEA>>. Acesso em: 10 de set. 2012.
- FERREIRA, J.** *Análise de Ciclo de Vida dos Produtos,* 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: 15 de set. 2012.
- FINK, P.** *The Roots of LCA in Switzerland: Continuous Learning by Doing.* International Journal of Life Cycle Assessment, v. 2, n.3, 1997.
- FAVA, J., DENISON, R., JONES, B., CURRAN, M., VIGON, B., SELKE, S. e BAMUM, J.** *A Technical Framework for Life-Cycle Assessment.* SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 1991.
- GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; ZAMAGNI, A.; MASONI, P.; BUONAMICI, R.; EKVALL, T.; RYDBERG, T.** *Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future.* Environmental Science e Technology, v.45, n. 1, 2010.
- HUNT, R.; FRANKLIN, E.** *LCA - How it Came About. Personal Reflections on the Origin and the Development of LCA in the USA.* International Journal of Life Cycle Assessment , v.1 n.1, 1996.
- LUZ, L.; FRANCISCO, A.; KOVALESKI, J.; GAIA, S.** *Aplicação e utilização da Análise do Ciclo de Vida na Indústria.* Espacios, v.32, n. 4, 2011.
- QUEIROZ, G. C.; GARCIA, E. E. C.** *Reciclagem de sacolas plásticas de polietileno em termos de inventário de ciclo de vida.* Instituto de Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia de Embalagens, Campinas, SP, Brasil, 2010.
- PRADO, M. R.; KASKANTZIS NETO, G.** *A Análise do Ciclo de Vida como Ferramenta de Otimização de Processos e Gestão Ambiental.* Revista Eletrônica Polidisciplinar Voos, v.1, n. 1, 2005.
- RODRIGUES, C. R. B.; ZOLDAN, M. A.; LEITE, M. L. G.; OLIVEIRA, I. L. de.** *Sistemas Computacionais de apoio à ferramenta, Análise de Ciclo de Vida do Produto (ACV).* In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.
- SANTIAGO, L.** *Projeto Brasileiro de Inventário do Ciclo de Vida para a competitividade da indústria brasileira,* 2005. Disponível em : <http://acv.ibict.br/fases/limitacoes.htm/document_view>. Acesso em: 14 de set. 2012.
- SANTOS, M., BATTISTELLE, R., HORI, C., JULIOTI, P.** *Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil.* Revista Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v.6, n. 2, 2011.
- TIBOR, T.; FELDMAN, I.** *ISO 14000: A Guide to the New Environmental Management Standards.* USA: Times Mirror Higher Education Group, 1996.
- UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME.** *Evaluation of Environmental Impacts in Life Cycle Assessment,* 2003.
- WAGNER, H. J.; BAACK C.; EICKELKAMP, T.; EPE, A.; LOHMANN, J.; TROY, J. S. T.** *Life cycle assessment of the offshore wind farm alpha ventus.* Energy, v. 36, n. 5, 2011.
- XAVIER, J. H. V.; PIRES, A. C.** *Uso Potencial da Metodologia da Análise de Ciclo de Vida (ACV) para a Caracterização de Impactos Ambientais na Agricultura.* Cadernos de Ciência e Tecnologia, v. 21, n. 2, 2004.