

## SISTEMAS COMPUTACIONAIS DE APOIO A FERRAMENTA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DO PRODUTO (ACV)

**Carla Regina Blanski Rodrigues (UTFPR)**

carlarbr@hotmail.com

**Marcos Aurelio Zoldan (UTFPR)**

marcoszoldan@gmail.com

**Magda Lauri Gomes Leite (UTFPR)**

magda@utfpr.edu.br

**ivanir Luiz de Oliveira (UTFPR)**

ivanir@utfpr.edu.br



*A crescente conscientização sobre a importância da questão ambiental e dos possíveis impactos associados a produtos e serviços tem aumentado o interesse no desenvolvimento de ferramentas para melhor compreender e diminuir esses impactos. Uma das técnicas em desenvolvimento com este propósito é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que compreende a compilação e avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ou processo ao longo do seu ciclo de vida. Uma dificuldade importante nos estudos de ACV é o grande número de dados necessário para análise, pois envolve a manipulação de um grande volume de informações, sendo necessário o uso de ferramentas computacionais. Vários softwares têm sido desenvolvidos, para atender às diversas necessidades em que a ACV pode ser empregada como ferramenta de avaliação ambiental, e que pode acarretar em dúvidas, por parte dos usuários, sobre qual software adquirir. Este trabalho procurou identificar, através de uma pesquisa bibliográfica, os bancos de dados para análise de inventário de ciclo de vida e descrever os principais softwares disponíveis no mercado utilizados para ACV, tendo como foco a sua aplicação em análises econômica e ambiental. Apesar de algumas diferenças existentes, que podem ser interessante para alguns e desvantagens para outros, percebe-se uma grande similaridade entre as funções dos softwares e uma proximidade em termos de desempenho e qualidade.*

*Palavras-chaves: Análise de ciclo de vida, gestão ambiental, tecnologia da informação*

## 1 Introdução

A preocupação da sociedade com a crescente redução dos recursos naturais e com a degradação do meio ambiente vem aumentando significativamente nas últimas décadas. Neste contexto, várias empresas têm respondido a essas preocupações elaborando produtos e utilizando processos cada vez mais “ecologicamente corretos”.

Com o crescimento dessa consciência ecológica e preocupação com a qualidade do meio ambiente, seja por força da legislação ou pela própria conscientização, novas técnicas tem surgido para auxiliar as empresas a participarem ativamente da construção de um modelo de produção ambientalmente sustentável e economicamente viável. Assim, o desempenho ambiental dos produtos e processos tem se tornado uma questão importante (IBICT, 2005).

Por essa razão, as empresas vêm incrementando esforços para a pesquisa de novas formas de reduzir seus impactos sobre o meio ambiente. Várias organizações têm identificado nesse processo grandes vantagens econômicas e têm ido além das exigências legais ou daquelas estabelecidas nas normas de sistemas de gestão ambiental, como a NBR ISO 14001.

Em cada uma das etapas do ciclo de vida de um produto pode ocorrer consumo de energia e de recursos naturais, e também proporcionar liberação de emissões, efluentes e geração de resíduos, podendo atingir níveis de danos ambientais.

Segundo Chehebe (1998), 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 e disposição final.

A avaliação total e consistente da ecoeficiência de um produto ou serviço exige que os impactos ambientais em todas as etapas de seu ciclo de vida sejam devidamente analisados. A ferramenta que permite o desenvolvimento de forma sistemática desse tipo de análise é denominada Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (STANO, 2008).

Segundo SETAC (1993), a ACV inclui o ciclo de vida completo do produto, processo ou atividade, ou seja, a extração e o processamento de matérias-primas, a fabricação, o transporte e a distribuição; o uso, o reemprego, a manutenção; a reciclagem, a reutilização e a disposição final.

Assim, a abordagem de todo o ciclo de vida do produto permite a identificação e avaliação das fases críticas, relacionando o processo industrial ou do produto ou serviço e seus impactos ambientais.

Para que a ACV produza resultados confiáveis, replicáveis e, acima de tudo, comparáveis, é necessário que os impactos ambientais associados sejam avaliados através de metodologias e procedimentos sistemáticos padronizados (STANO, 2008).

Contudo, para a realização de uma ACV é necessário o levantamento de dados sobre impactos ambientais em etapas do ciclo de vida que não estão sobre controle. Isto é, para avaliar o ciclo de vida de um determinado produto precisa, por exemplo, obter dados e informações sobre impactos

na etapa de produção das matérias-primas ou energia utilizada, processos estes, normalmente conduzidos por fornecedores externos.

Neste contexto, para a realização dessa análise envolve a manipulação de um grande volume de informações, sendo necessário o uso de ferramentas computacionais. Vários softwares têm sido desenvolvidos, principalmente na Europa e Estados Unidos, para atender às diversas necessidades em que a ACV pode ser empregada como ferramenta de avaliação ambiental.

Porém, segundo Stano (2008) “dois dos maiores problemas que os países em desenvolvimento vêm enfrentando para o incremento da utilização da ferramenta são: falta de pessoal adequadamente capacitado e disponibilidade de bancos de dados contendo informações sobre a ACV de insumos industriais básicos [...]”.

Neste trabalho buscou-se identificar, através de uma pesquisa bibliográfica, os bancos de dados para análise de inventário de ciclo de vida e descrever os principais *softwares* disponíveis no mercado utilizados para ACV, tendo como foco a sua aplicação em análises econômica e ambiental.

## 2 Análise do Ciclo de Vida

Os impactos ambientais geram novos valores na sociedade, os quais são convertidos em legislações mais rigorosas, sistema de produção padronizado ambientalmente, mercados com exigências ambientais e novas áreas de atuação.

Durante as décadas de 70 e 80, as soluções ambientais industriais eram focadas nas tecnologias de “fim de tubo”, porém a partir da década de 90, novas técnicas de prevenção à poluição no processo de fabricação foram desenvolvidas (OMETTO, 2006).

Atualmente, uma abordagem eficaz pode ser realizada pelo ciclo de vida do produto, o qual abrange desde a fase de desenvolvimento do produto, extração da matéria-prima até seu destino final ou reciclagem.

A ACV dos produtos está discriminada conforme a Figura 1, abaixo:

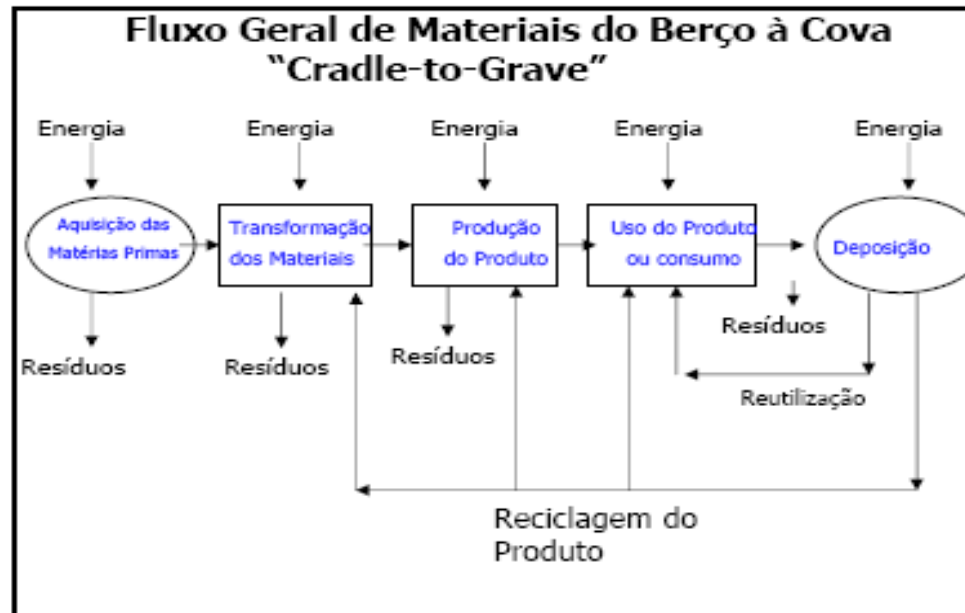


Figura 1 - Ciclo de vida ambiental do produto  
Fonte: Caldeira-Pires (2006)

A ACV também conhecida na sua forma inglesa como *Life Cycle Assessment (LCA)*, é um processo objetivo para avaliar os impactos ao meio ambiente e à saúde, associados a um produto, processo, serviço ou outra atividade econômica, em todo o seu ciclo de vida (SETAC, 1993).

A importância adquirida pela ACV nos contextos da Gestão Ambiental e da Prevenção da Poluição fez com que a estrutura metodológica que a constitui acabasse por ser padronizada pela *International Organization for Standardization (ISO)*, respectivamente na família 14040 da série ISO 14000.

Foram lançadas até o ano de 2005 as seguintes normas técnicas dessa coleção:

- NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura (1997);
- NBR ISO 14041: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Definição de Objetivo e escopo e Análise do Inventário (1998);
- NBR ISO 14042: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (2000);
- NBR ISO 14043 Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Interpretação do Ciclo de Vida (2000);

De acordo com a ISO 14040 a ACV considera os impactos ambientais ao longo da vida do produto “do berço ao túmulo” desde a extração de matérias-primas até a produção, uso e

disposição final. Os aspectos gerais de impactos ambientais a considerar incluem: a redução de recursos naturais, a saúde humana e as conseqüências ecológicas.

Analisando a produção de qualquer produto dentro desta estrutura pode-se desenvolver um conjunto de fases que poderão compor a ACV. Essas fases são:

- a) Análise da entrada de matérias primas em um processo de produção;
- b) Análise do processamento ou preparo das matérias primas para o uso em um processo;
- c) Análise do processo de produção;
- d) Análise do processo de embalagem;
- e) Análise do processo de transporte e distribuição;
- f) Análise da recuperação de resíduos e produtos secundários;
- g) Análise de administração de resíduos.

Ainda, conforme a ISO 14040 (figura 2), de modo geral, o estudo da Avaliação do Ciclo de Vida de um produto ou serviço consiste na seguinte estrutura:

- a) **Objetivo e escopo** – Fase inicial do planejamento para aplicação da ACV e definição clara do objetivo do estudo;
- b) **Análise do inventário** – Período de coleta de dados e de cálculos para análise do inventário do ciclo de vida (ICV) do estudo. Dados de um ICV são informações que descrevem os fluxos de entrada e saída de um determinado modelo de um sistema técnico, que sejam ambientalmente relevantes.
- c) **Avaliações do impacto ambiental** – Nesta etapa, verificam-se os resultados obtidos do ICV de um sistema de produto, avaliando a intensidade e o significado das alterações potenciais sobre o meio ambiente associado aos recursos naturais, energia e emissões relacionadas ao produto estudado;
- d) **Interpretação** – Levanta-se os resultados da análise de inventário e da avaliação de impacto, relacionando o objetivo e escopo para chegar às conclusões e recomendações. Considerando que os resultados da análise do ICV são baseados em uma abordagem relativa, que indica efeitos ambientais potenciais e que não prevê impactos reais sobre pontos finais de categoria, a extrapolação de limites e de margens de segurança ou riscos.

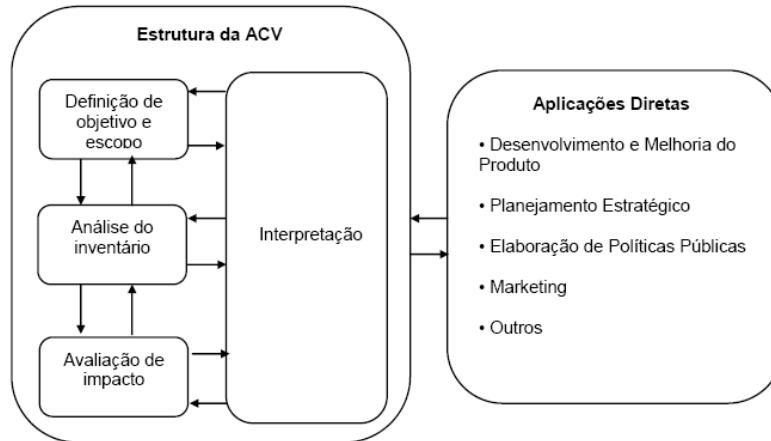


Figura 2 – Fases de uma ACV  
 Fonte: ISO 14040 (2001)

Sistemas técnicos estudados por uma ACV podem ser desde trechos de uma linha de produção, unidades industriais inteiras, rotas de transporte, até o limite de sistemas de produção complexos de um determinado produto. Portanto, o produto é avaliado desde a extração da matéria-prima até a sua disposição ao fim da sua vida útil (IBICT, 2005).

Segundo a Associação Brasileira de Ciclo de Vida (ABCV) (2008) a ACV promove uma quebra de paradigma, pois amplia o foco das preocupações ambientais restrito originalmente, e na grande maioria dos casos, aos limites de cada organização, para todos os elos da cadeia produtiva no intuito de buscar a sustentabilidade para a sociedade globalizada.

Segundo Ribeiro *et al.* (2007) a ACV pode auxiliar:

- a) na identificação de oportunidades para melhorar aspectos ambientais dos produtos em vários pontos do seu ciclo de vida, conforme tabela 1;
- b) na tomada de decisões na indústria, organizações governamentais e não-governamentais;
- c) na seleção de indicadores pertinentes de desempenho ambiental, incluindo técnicas de medição;
- d) no marketing, por exemplo, uma declaração ambiental, um programa de rotulagem ecológica ou uma declaração ambiental de produto.

Assim, muitas empresas poderiam usar esta ferramenta para o desenvolvimento ambiental nos seus respectivos países. Para Sonnemman & Leeuw (2006) requerer exigências ambientais na cadeia de suplementos em escala cada vez maior, leva o setor privado a contribuir significativamente com o meio ambiente, à redução de custo e a encontrar novos mercados para produtos e serviços sustentáveis em vários países.

Categorias relacionadas às saídas ( <i>outputs</i> )	Categorias relacionadas às entradas ( <i>inputs</i> )	Categorias de impacto independentes dos fluxos
--	---	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquecimento global</li> <li>• Redução da camada de ozônio</li> <li>• Impactos toxicológicos na saúde humana</li> <li>• Impactos ecotóxicos</li> <li>• Formação de fotooxidantes</li> <li>• Acidificação</li> <li>• Eutrofização</li> <li>• Incômodos, incluindo odores, barulho, vibrações e impactos visuais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de recursos energéticos</li> <li>• Redução (perda) de recursos, incluindo recursos genéticos, culturais e aqueles relativos à paisagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bem-estar das pessoas, incluindo acidentes e aspectos relacionados à saúde ocupacional</li> <li>• Bem-estar social</li> <li>• Bem-estar de animais domésticos ou de laboratórios</li> </ul>
--	--	--

Fonte: Weidema *apud* Ferreira (2004)

Tabela 1 - Categorias de impactos ambientais relacionadas a estudos de ACV.

### 3 Banco de dados para ACV

A ACV é uma ferramenta abrangente para a avaliação quantitativa de um grande número de variáveis de impactos no ciclo de vida de materiais. A base de uma ACV é o Inventário do Ciclo de Vida (ICV), uma aferição quantitativa de todas as cargas ambientais ao longo do ciclo de vida de um produto (M. JOHN *et al.*, 2008).

Assim, uma dificuldade básica nos estudos de ACV é a grande quantidade de dados necessários para o processamento da análise, pois, um inventário de ciclo de vida compreende um complexo conjunto de inventários dos ciclos de vida dos diversos sistemas e subsistemas técnicos. Segundo Haes e Rooijen (2005), isso ocorre por se tratar de uma técnica recente que demonstra ainda certas limitações de ordem operacional, dentre as quais, como já citado, a elevada quantidade de dados necessários à sua execução.

Ao mesmo tempo, para na realização de uma ACV em uma empresa, faz-se necessário ter acesso a informações sobre impactos ambientais em etapas do ciclo de vida que não estão sobre o seu controle.

O fabricante que deseja avaliar o ciclo de vida de um determinado produto precisa, por exemplo, obter dados e informações sobre impactos na etapa de produção das matérias-primas ou energias utilizadas, processos normalmente conduzidos por fornecedores externos.

Além disso, para que a ACV possa ser utilizada de modo amplo e confiável é preciso que se desenvolvam base de dados regionalizados, contendo inventário de ciclo de vida dos principais insumos usados (RIBEIRO, 2003).

Relativamente poucos países desenvolvidos e, provavelmente, nenhum em desenvolvimento têm um banco de dados de ICV abrangente e confiável. Portanto, o uso prático da ACV é limitado, porque há uma tendência de usar dados gerados para países estrangeiros os quais foram estabelecidos a partir das realidades geográficas, climatológicas, hídricas e de relevo das referidas regiões. Esta solução deve ser evitada porque irá, quase certamente, gerar erros, como pode ser



claramente visto na Figura 3, que exemplifica as diferenças significativas nas emissões de CO<sub>2</sub> para a produção de cimento *portland* (M. JOHN et al., 2008).

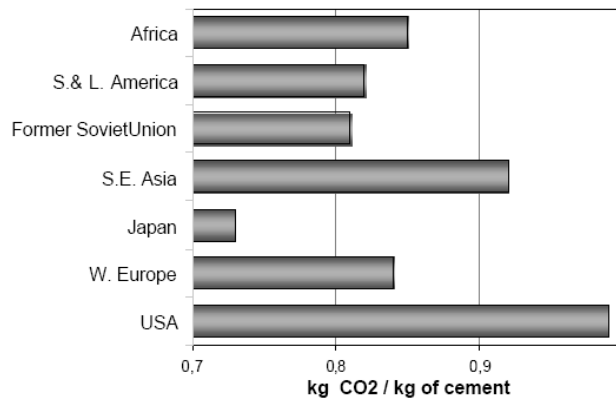


Figura 3 - Emissões médias de CO<sub>2</sub> na produção de 1 kg de cimento *Portland* em diferentes regiões  
 Fonte: M. John *et al.*, 2008.

Essas diferenças podem vir a ocorrer principalmente devido as diferentes fontes de energia que poderão ser utilizados durante o processo.

Conseqüentemente, os dados devem ser coletados e validados para cada contexto geopolítico, tecnológico, social onde serão aplicados. Ou seja, não adianta em nada o emprego de *softwares* específicos com dados europeus para a avaliação de impacto ambiental de casos brasileiros (CALDEIRA-PIRES, 2004a). Assim, faz-se necessário haver o desenvolvimento de um grande inventário brasileiro de dados.

Atualmente, muitos centros de pesquisas por todo o mundo trabalham com a ACV, contribuindo de forma significativa para o desenvolvimento da metodologia e a disponibilização de seu banco de dados.

A Alemanha tem um inventário do ciclo de vida próprio, assim como a Suécia. O inventário atualmente utilizado pelo software alemão exigiu 140 homens-ano de trabalho e mais de dez anos de aprimoramento.

A Dinamarca contratou uma consultoria para desenvolver a metodologia para construção de seu inventário.

Os Estados Unidos estão atrasados, de acordo com Caldeira-Pires (2004) o projeto *Lyfe Cycle Inventory Database Project*, começou há cinco anos, porém, inicialmente não houve uma adesão muito grande dos atores da sociedade norte-americana em alimentar o banco de dados do *site*.

Segundo a UNICAMP (2008), na Suíça, as empresas começaram a utilizar a Avaliação do Ciclo de Vida nos anos 80. Em meados da década de 90, este país resolveu organizar a atividade, começando pela montagem de um banco de dados único para o inventário, pois havia várias instituições com diferentes bancos. Surge aí o *Ecoinvent*, o inventário pronto foi divulgado em



2003. O investimento total foi de 1,15 milhão de euros, a maior parte vinda do setor público, governo e suas instituições e agências. O acesso ao banco de dados do inventário é pago. O inventário foi atualizado em 2006, com inclusão de novos setores e ênfase em eletricidade e produtos plásticos.

No Japão, que também começou as discussões sobre ACV no começo dos anos 90, o projeto nacional iniciou-se em 1998, com o desenvolvimento de metodologias em ACV. Foram investidos US\$ 10 milhões em cinco anos de projeto, verba do governo federal. Os dados do inventário foram divulgados em 2004. O acesso, como o da Suécia, também é pago.

Em 2002, foi criada a Associação Brasileira de Ciclo de Vida (ABCV), sociedade sem fins lucrativos que tem por objetivos a formação de recursos humanos qualificados, o intercâmbio de informações e o apoio necessário para o desenvolvimento de laboratórios, pesquisa, bancos de dados, e normas técnicas, o que consiste a base tecnológica para facilitar a implantação da ACV das principais cadeias produtivas brasileiras (ANDRADE, 2008).

Segundo o IBICT (2008) a ontologia no âmbito do projeto de Inventário do Ciclo de Vida para a Competitividade Ambiental da Industrial Brasileira está na fase de validação dos termos que irão compor e padronizar os seus relativos conceitos. A expectativa é que a metodologia brasileira de ACV esteja pronta até julho de 2008.

#### 4 Softwares para o auxílio da ACV

Para apoiar a condução de estudos ambientais de Análise de Ciclo de Vida, programas de computador têm sido desenvolvidos (tabela 2).

Software	Produtor	Licenças	Database modulares
GaBi 4.0	IKP PE	220	2500
Team 4.0	Ecobilan	90	7000
Umberto 6.1	Ifu Hamburg GmH	120	200
SimaPro 6.0	Pré consultant	300	300
LCA it	Ekologiks	100	106

Fonte: Adaptado de Andrade (2003)

Tabela 2 – Comparação de diferentes Softwares para ACV, licenças vendidas (estimadas) e módulos.

Os *softwares* para ACV auxiliam na execução do estudo, principalmente na análise do inventário de ciclo de vida, permitindo o processamento dos dados ocorrerem de forma mais fácil, mais imparcial e mais rápida, além de garantir cálculos de maior confiança, originando relatórios finais de maior consistência.

Dessa forma, facilitam o gerenciamento dos dados envolvidos no estudo, pois disponibilizam bancos de dados, o que minimiza o tempo com relação à coleta dos mesmos. Também realizam avaliação de impacto e interpretação.

Essas ferramentas são atualizadas regularmente acompanhando o desenvolvimento dos aspectos gerais da ACV e apresentam os resultados de uma forma facilitada, através de gráficos e tabelas.

Assim sendo, torna-se imprescindível a utilização de um software para a condução de uma ACV (MARIOTONI *et al.*, 2007).

De acordo com Frühbrodt (2007), existem cerca de 54 ferramentas de ACV mencionadas na literatura, sendo que apenas algumas são adequadas para aplicações complexas. E, segundo Jönbrink, *et al.* (2000) as empresas podem precisar de ajuda para encontrar qual o melhor *software* para seus propósitos.

Aspectos a considerar nos programas de softwares para ACV, incluem:

- a) Importância dos pressupostos assumidos implícita ou explicitamente na abordagem;
- b) Bases de dados dos componentes e adaptabilidade da situação em causa;
- c) Resultados e operacionalidade.

As atuais versões dos *softwares* analisados são, em sua maioria, resultantes de atualizações relativamente recentes, sendo que o SimaPro 7.0 e o GaBi4 foram atualizados no ano de 2006. O Umberto5 passou por uma atualização maior em 2005, tendo sofrido outra grande atualização em 2007, o KCL-ECO 4.0 foi atualizado em 2004 e, a informação obtida com relação ao TEAM é que foi atualizado em 2006 (MARIOTONI *et al.*, 2007).

## 5 Metodologia

A seleção dos *softwares* se deu pela facilidade desses serem encontrados na Internet através de um *site* de busca e por se tratarem dos mais citados na literatura, ou seja, de grande escala de utilização.

A partir de uma busca no *Google* utilizando palavras-chave da ACV em português e inglês, foram identificados diversos endereços eletrônicos com conteúdo referente a *softwares* utilizados na ACV.

Sendo assim, com base no estágio de desenvolvimento e nos objetivos propostos da pesquisa, foram selecionadas sete ferramentas computacionais dentre os vários encontrados, descritas a seguir.

## 6 Descrição dos *softwares* destinados para ACV

### 6.1 GaBi 4.0 (<http://www.gabi-software.com/software.html>)

O sistema de *software* GaBi4 é uma ferramenta para construir balanços de ciclo de vida. Segundo Ferreira (2004), esse sistema suporta a manipulação com grande quantidade de dados e com modelação do ciclo de vida do produto. Calculando balanços de diferentes tipos, ajudando a agregar os resultados. As suas principais características são:

- a) é baseado num conceito modular. Isto significa que planos, processos, fluxos e suas funcionalidades estabelecem unidades modulares;
- b) dados de análise de impacto, inventário e modelos de ponderação estão separados pelo que os módulos são facilmente manuseados e depois interligados para o cálculo ACV;
- c) várias fases do ciclo de vida, como produção, utilização e deposição, podem ser capturados em módulos e depois modificados separadamente;

d) outra característica da estrutura modular é que o software e a base de dados são unidades independentes. Dentro da base de dados toda a informação é guardada, por exemplo, modelos de produto e perfis ecológicos.

As bases de dados GaBi4 são sempre construídas com uma estrutura básica definida. O próprio *software* disponibiliza ao utilizador a interface para a base de dados. Via interface do utilizador, os dados armazenados podem ser lidos e modificados. No caso do GaBi4, a interface com o usuário está disponível em alemão, inglês, japonês, holandês, tailandês, português, espanhol, chinês e italiano.

Desde que foi introduzido em 1990, este software tem sido um dos mais utilizado para análise ambiental dos produtos com vista a uma tomada de decisão no desenvolvimento de produtos e política de produto (FERREIRA, 2004).

Com relação à segurança e à proteção quanto ao uso com *login* e senha dos projetos criados no *software*, as ferramentas, segundo estudos de Andrade *et al.* (2005) GaBi4 e Team 4.0 são considerados os mais seguros, por controlarem o acesso a projetos através de *login* e senha de usuário.

Esse *software* é uma ferramenta para ACV de produtos que dispõe de vários campos para uma análise bem estruturada e complexa. No entanto aparecem problemas de ordem técnica com a praticidade de operacionalização, necessitando um grupo de especialista para realizar um estudo completo e atendendo todos os pontos exigidos pela ferramenta (MORAES, 2005).

### 6.2 SimaPro 7.1(<http://www.pre.nl>)

SimaPro é uma ferramenta comercial de ACV que permite recolher, analisar e monitorizar o desempenho ambiental de produtos e serviços. O utilizador pode modelar e analisar ciclos de vida complexos de produtos e serviços, de forma sistemática e transparente, de acordo com os princípios da norma ISSO 14040. Para iniciar o seu ACV, o SimaPro vem com um inventário completo na forma de bases de dados de materiais e processos, acoplados com ferramentas de cálculo de impactes (SCHISCHKE, 2005).

Segundo Ferreira (2004), desde que foi introduzido em 1990, este "software" tem sido um dos mais utilizado para análise ambiental dos produtos com vista a uma tomada de decisão no desenvolvimento de produtos e política de produto.

### 6.3 LCA it (<http://www.lcait.com>)

Esta ferramenta possibilita uma interface agradável do utilizador. Os dados ACV são documentados de acordo com o formato SPINE permitindo comunicar a informação a outras partes eletronicamente e de forma transparente.

Os dados, incluindo a documentação, podem ser exportados para ou importados de outro *software*. Os fluxos do processo e fatores de análise de impacto podem ser importados de qualquer folha de cálculo ou programa de processamento de texto. O seu fabricante, *Ekologiks* oferece uma base de dados de análise de impacto incluindo fatores de caracterização e de ponderação (FERREIRA, 2004).

Com simples *click* do mouse podem definir-se as fases do ciclo de vida (p.ex.: fase de produção, utilização, gestão de resíduo, produção de energia e transporte). Esta característica funcional é utilizada para apresentação dos resultados. Os resultados de diferentes sistemas ACV dentro do mesmo diagrama podem ser facilmente comparados e não existe limite do número de sistemas que podem ser comparados ao mesmo tempo.

#### **6.4 eVerdEE** (<http://www.ecosmes.net>)

A eVerdEE é uma ferramenta *on-line* de avaliação de ciclo de vida para pequenas e médias empresas europeias. A sua principal característica reside na adaptação dos requisitos da norma ISO14040, oferecendo funções de fácil utilização, com bases científicas sólidas. Um curso introdutório acessível na página dá uma descrição da ferramenta e uma aprendizagem passo a passo para os utilizadores.

Este projeto também disponibiliza treino em ACV para as pequenas e médias empresas. É recomendado para os designers de produto e para os estrategas ambientais, tendo resultado do projeto europeu CASCADE. O documento "*LCA course for users of LCA data and results*" foi desenvolvido pela *Industrial Environmental Informatics, Chalmers University of Technology*. Já foi utilizado como base para o curso *on line*, com algumas simplificações efetuadas pela FEBE *EcoLogic* de modo a tornar a linguagem e o conteúdo mais adequados para principiantes, nomeadamente na área das pequenas e médias empresas (SCHISCHKE, 2005).

#### **6.5 Umberto** (<http://www.umberto.de/em>)

Umberto é uma ferramenta de software, comercializada para modelar, calcular e visualizar material e sistemas de fluxo de energia.

É utilizado para analisar o processamento de sistemas, quer em planta quer em companhias, ou, ao longo do ciclo de vida dos produtos. Os resultados podem ser alcançados acedendo aos indicadores económicos e ambientais (SCHISCHKE, 2005).

Informação de custeio de materiais e processos pode ser integrada para apoio das decisões de gestão.

Facilidade no manuseio e qualidade das ferramentas de apresentação dos resultados na forma relatórios, gráficos, diagramas, tabelas, etc. (ANDRADE *et al.*, 2005).

#### **6.6 Idemat 2005** (<http://www2.io.tudelft.nl/research/dfs/idemat/index.htm>)

Esta é uma base de dados para *designers*, desenvolvida pela secção de Desenvolvimento Ambiental de Produtos da Faculdade de Engenharia e Design Industrial, da *Delft University of Technology*.

Disponibiliza informação técnica sobre materiais e processos em palavras, números e gráficos, destacando a informação relevante para o ambiente. O programa foi desenvolvido para ser utilizado por estudantes de áreas tecnológicas em disciplinas de Engenharia e Design Industrial, Engenharia Civil, Engenharia de Materiais e Aeronáutica (CALDEIRA-PIRES, 2006b).

#### **6.7 Eco-Indicator 99** (<http://www.pre.nl/eco-indicator99/default.htm>)

O Eco-indicator 99 é uma ferramenta avançada de avaliação dos impactos ambientais do ciclo de vida. O método é à base do cálculo dos valores de impacto de materiais e processos. Estes podem ser usados como ferramenta de apoio ao trabalho de designers e gestores de produtos. A metodologia de avaliação de impactos ambientais é largamente usada por especialistas nesta área (SCHISCHKE, 2005).

## 7 Considerações finais

As informações adquiridas no contexto da área conceitual da ACV permitem avaliar os feitos ambientais oriundos da cadeia produtiva inteira e das ações operacionais executadas, enquanto quantificam as repercussões tanto para trás como para frente na cadeia produtiva.

Neste contexto, uma restrição básica nos estudos de ACV é a coleta de grande quantidade de dados que se mostram necessários. Mesmo havendo bases de dados que descrevam o inventário dos ciclos de vida (ICV) dos *commodities* básicos como energia, transporte, matérias-primas básicas, os processos de produção são particulares a cada caso.

Sendo assim, os ICV existem em diferentes bases de dados, o que pode caracterizar uma inconsistência entre a modelagem e o formato dos dados, e frequentemente pode ocorrer falhas na informação existente o que afeta diretamente a confiabilidade dos resultados de uma ACV.

A metodologia ACV não resolve problemas, mas oferece suporte a tomada de decisão. Quanto aos aspectos e impactos ambientais, estando associado a um *software* reforça as análises para uma solução mais pontual.

Apesar de suas limitações, a ACV é, de longe, a ferramenta mais abrangente para a seleção de materiais, baseadas em características de sustentabilidade. Com a evolução na disponibilidade de dados, sua precisão será aprimorada e seus custos irão reduzir. Se a declaração ambiental de produtos passar a ser um padrão da indústria, a ACV será uma ferramenta muito forte.

É importante ressaltar que este trabalho consiste em uma breve descrição dos *softwares*, tratando-se de uma análise superficial, uma vez que é baseada apenas em teorias. Além disso, as informações no presente artigo relatadas podem ser consideradas desatualizadas a partir do lançamento de novas versões das ferramentas analisadas. Portanto, estudos neste foco devem ser constantemente atualizados para se constituírem como análises reais.

Mesmo assim, apesar de algumas diferenças existentes, que podem ser interessante para alguns e desvantagens para outros, percebe-se uma grande similaridade entre as funções dos *softwares* e uma proximidade em termos de desempenho e qualidade. Com relação ao banco de dados, alguns se destacam por disponibilizarem um banco de dados maior e mais abrangente.

Por outro lado, deve-se ponderar a relação custo/benefício e, também, o motivo da aquisição do *software* para que a escolha alcance as necessidades da empresa, considerando que dependendo da aplicação pretendida, não é necessária a compra do *software* mais poderoso em certos aspectos ou o detentor do maior banco de dados.

Deve-se, também, ressaltar a grande desvantagem do Brasil em relação à ausência de um banco de dados nacional, que reflita a situação brasileira e otimize a aplicação da ACV para aqueles que trabalham ou que desejam trabalhar com esta ferramenta.

Com o término da elaboração de um banco de dados brasileiro pressupõe-se que as aplicações da ACV no país aumentem e, desta forma, estimulem a elaboração de *softwares* nacionais para ACV.

## Bibliografia

ANDRADE, J. N. de, et al. *Avaliação de Ferramentas Computacionais para Análise do Ciclo de Vida*. In: XI Seminário de Iniciação Científica da UESC, 2005, Ilhéus. Anais do XI, Seminário de Iniciação.

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: 03/03/2008.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040. *Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e estrutura*. Rio de Janeiro, 2001. 10 p.

ABCV. Associação Brasileira de Ciclo de Vida. Disponível em: <http://www.abcvbrasil.org.br/cilca2007/index.php?lingua=br>. Acesso em: 10/04/2008.

CALDEIRA-PIRES, A. *Ecodesign news*. Brasília, agosto de 2004a, n.14, ano 2. Disponível em: [www. http://www.gestaoct.org.br/eletronico/econews/ed14/ecodesign\\_news14.htm](http://www.gestaoct.org.br/eletronico/econews/ed14/ecodesign_news14.htm). Acesso em 25/02/2008b.

CALDEIRA-PIRES, A. *Princípios do GaBi 4 para Estudos de ACV*. Curso de Especialização em “Gerenciamento de Tecnologias Ambientais para a Produção Limpa. Departamento de Engenharia Ambiental – UFES, 2006.

CHEHEBE, J.R. *Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000*. Qualitymark/CNI, 1998.

IBICT. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. *Inventário do ciclo de vida para competitividade ambiental da indústria brasileira*. Brasília: jun.2005.

FERREIRA, J. V. R. *Gestão ambiental – Análise de ciclo de vida dos produtos*. Instituto Politécnico de Viseu. 2004.

FRÜHBRODT, E. *LCA Software review*. Disponível em: <http://www.eco-shop.org/resources/lcasoftwarereview.pdf>. Acesso em: 07/12/ 2007.

HAES, H. A.; ROOIJEN, M. V. *Life cycle approaches: The road from analysis to practice*. França: United Nations Environment Programme/Life Cycle initiative, 2005.

HORVATH, E.

JÖNBRINK, A. K. et al. *LCA Software survey*. Disponível em: <http://www.ivl.se/rapporter/pdf/B130.pdf>. Acesso em: 07/12/ 2007.

MARIOTONI, C. A. et al. *Uma discussão de Diferentes software visando a aplicação da técnica avaliação do ciclo de vida (CV) em indústrias*. Conferência Internacional ciclo de vida. São Paulo, 2007.

M. JOHN, V.; OLIVEIRA, D. P.; AGOPYAN, V. *Critérios de sustentabilidade para a seleção de materiais e componentes – uma perspectiva de países em desenvolvimento*. Dept. de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Disponível em: [http://pcc2540.pcc.usp.br/Material%202006/VMJOHN\\_AGOPYAN\\_OLIVEIRA\\_05\\_v4\\_TRADU\\_O.pdf](http://pcc2540.pcc.usp.br/Material%202006/VMJOHN_AGOPYAN_OLIVEIRA_05_v4_TRADU_O.pdf). Acesso em: 20/02/2008.

MORAES, R. B. *O designer e a avaliação de ciclo de vida dos produtos: Análise do uso das ferramentas*. Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Jun. 2005.

SCHISCHKE. *Guia de Ferramentas de EcoDesign*. Disponível em: <http://www.google.com.br/search?hl=pt-BR&q=guia+de+ferramentas+de+ecodesign&meta=>. Acesso em: 10/03/2008.



SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry. *Guidelines for Life-Cycle Assessment: A 'Code of Practice'*. SETAC, Brussels, 1993.

SONNEMMAN, G.; LEEUW, B. de. *Life Cycle Management in Developing Countries: State of the Art and Outlook*. Rev. Life Cycle Assessment, vol.11 n.1, 2006.

STANO, L. C. *Avaliação do ciclo de vida: uma ferramenta que merece ser mais conhecida*. Disponível em: [www.brasilpnuma.org.br/pordentro/artigos](http://www.brasilpnuma.org.br/pordentro/artigos). Acesso: 04/03/2008.

OMETTO, A. R. *Engenharia do ciclo de vida*. USP. Disponível em: <http://sistemas1.usp.br:8080/fenixweb/fexDisciplina?sgldis=SEP5798>. Acesso em: 04/05/2007.

RIBEIRO, F. DE M. *Inventário de ciclo de vida da geração hidrelétrica no Brasil-Usina de Itaipu: primeira aproximação*. Dissertação, Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2003.

RIBEIRO, C. M.; GIANNETI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. *Avaliação do ciclo de vida: uma ferramenta importante da ecologia industrial*. Disponível em: [www.hottopos.com/regep12/art4.htm](http://www.hottopos.com/regep12/art4.htm). Acesso em: 04/02/2007. UNICAMP. *Boletim eletrônico dedicados à inovação tecnológica*. Disponível em: <http://www.inovacao.unicamp.br/report/news-acv2.shtml>. Acesso em: 01/04/2008.