

DOSSIÊ TÉCNICO

Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos

Lucas Gomes Rocha

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais /
CETEC

dezembro
2011

Sumário

1 INTRODUÇÃO	3
2 OBJETIVO.....	4
3 CONCEITO DE CICLO DE VIDA	4
4 OBJETIVOS DE UMA ACV	5
5 APLICAÇÕES DA ACV	5
6 METODOLOGIA DA ACV	6
6.1 Definição de objetivos e escopo	7
6.2 Análise do inventário	8
6.3 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV).....	11
6.3.1 Elementos obrigatórios da fase de AICV.....	12
6.3.2 Elementos opcionais da fase de AICV	12
6.4 Interpretação dos resultados	13
7 SOFTWARES PARA APOIO À ACV	14
8 NORMAS TÉCNICAS RELACIONADAS À ACV	15
9 ACV E A INOVAÇÃO AMBIENTAL.....	15
10 ACV E ROTULAGEM AMBIENTAL.....	16
11 LIMITAÇÕES DA ACV.....	16
Conclusões e recomendações	17
Referências	18

	<h1>DOSSIÊ TÉCNICO</h1>	
---	-------------------------	---

Título

Avaliação do ciclo de vida em produtos

Resumo

Este Dossiê apresenta a ferramenta Avaliação do Ciclo de Vida – ACV de um produto explicando os conceitos, objetivos, aplicações e metodologia desta ferramenta. Apresenta também os *softwares* para apoio à ACV e as normas técnicas nacionais e internacionais relacionadas.

Palavras-chave

ACV; Avaliação do Ciclo de Vida; gestão ambiental; impacto ambiental; meio ambiente; processo de produção

Assunto

Testes e análises técnicas

Conteúdo

1 INTRODUÇÃO

Tendo em vista que o grande consumo dos recursos naturais acarreta uma previsível escassez de água potável, perda da biodiversidade e o aumento da poluição, um número cada vez maior de empresas vem incorporando em suas estratégias o conceito da sustentabilidade (HINZ; VALENTINA; FRANCO, 2007).

Segundo Chehebe (1997) *apud* Frazão Junior et al. (2008), 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 razão de seu processo produtivo, das matérias-primas que consome ou de seu uso e disposição final.

Nesse contexto, torna-se importante a utilização de instrumentos que analisem a contribuição de uma tecnologia para a sustentabilidade e avaliem seus impactos ambientais (FIGUEIREDO et al., 2007). No entanto, para que essa evolução venha a ser bem-sucedida, é necessário que as ferramentas gerenciais sejam apropriadas (FRAZÃO JUNIOR et al., 2008).

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica para avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados a um produto, compreendendo as etapas que vão desde a retirada da natureza das matérias-primas elementares que entram no processo produtivo até a disposição do produto final (ASSIS, 2009).

A ACV aborda parâmetros como: produção de energia, fluxograma das atividades, transporte, consumo de energia não renovável, impactos relacionados com o uso ou aproveitamento de subprodutos, reuso do produto e questões relacionadas à disposição, recuperação ou reciclagem de resíduos e embalagens (ASSIS, 2009).

2 OBJETIVO

Este dossiê tem como objetivo apresentar a ferramenta Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de um produto. Esta ferramenta permite analisar como o produto pode interferir no meio ambiente, seja durante seu processo de fabricação, seja durante seu uso ou até mesmo seu descarte e disposição final. Essa ferramenta auxilia o Sistema de Gestão Ambiental, e permite identificar oportunidades de melhoria em qualquer fase do produto, desde a extração de suas matérias-primas até o descarte, promovendo o controle dos aspectos ambientais, e melhorando seu conceito frente aos consumidores e à sociedade em geral.

3 CONCEITO DE CICLO DE VIDA

O conceito de ciclo de vida (*Life Cycle Thinking*) interliga um determinado produto a um fluxo de processos executados ao longo de uma cadeia produtiva e além dela, abrangendo o consumo e o pós-consumo (FIGUEIREDO, 2010).

Esse conceito instiga a análise das questões ambientais relacionadas a um produto nesse fluxo (Figura 1), ou seja, ao longo do seu ciclo de vida, sendo adotado por pesquisadores, empresários e instituições governamentais e não governamentais com o intuito de auxiliar a tomada de decisões sobre pesquisa, desenvolvimento, comercialização e disposição final de produtos e serviços, permitindo a expansão dos horizontes da avaliação de desempenho ambiental (FIGUEIREDO, 2010).

Para Ribeiro et. al. (2003) *apud* Ferreira (2009) há cinco estágios do ciclo de vida de um produto: O primeiro estágio é a extração de recursos naturais; o segundo, a transformação e manufatura de produtos sob o controle das indústrias. O terceiro, o acondicionamento e a expedição que estão geralmente sob o controle do fabricante; o quarto estágio, o da utilização pelo consumidor, é influenciado pelo projeto do produto e pelo grau de interação contínua do fabricante. Por último, o quinto estágio, um produto já obsoleto ou defeituoso é descartado ou revisado.

Segundo Janssen e Remmen (2006) *apud* (FIGUEIREDO, 2010), o principal objetivo do conceito de ciclo de vida é reduzir as emissões e o consumo de insumos relacionados aos vários estágios de produção de um produto, além de fomentar o desempenho socioeconômico em cada estágio.

Para tanto, essa avaliação requer o uso de um método que facilite a integração de aspectos ambientais nessa perspectiva ampla de avaliação.

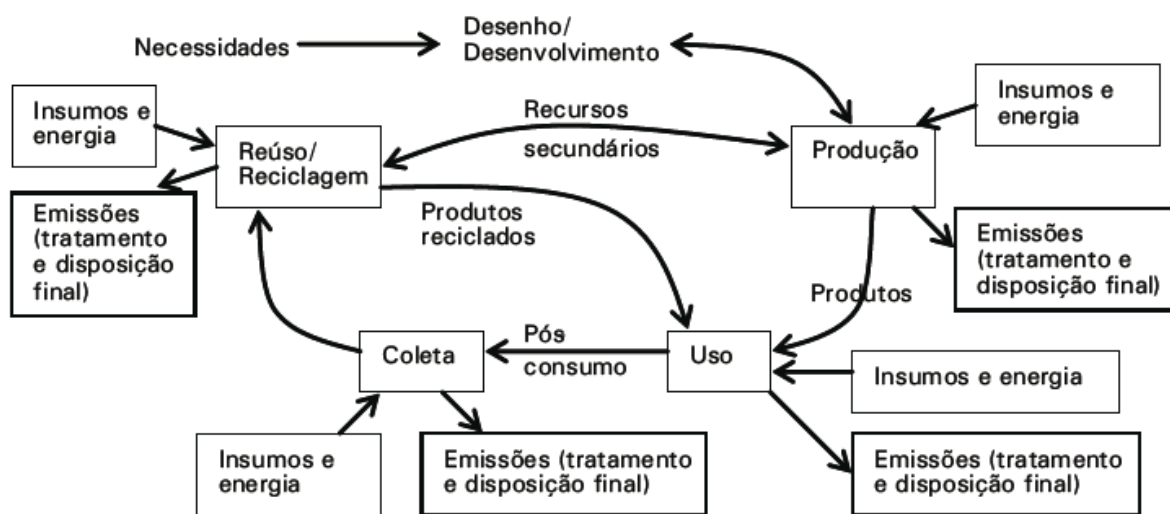


Figura 1 – Etapas do ciclo de vida de um produto
Fonte: (FIGUEIREDO, 2010)

Segundo Lemos e Barros (2008), pensar no conceito de Ciclo de Vida de produtos nas micro e pequenas empresas (MPEs) expande o conceito de Produção Mais Limpa (P+L), incluindo todo o sistema do produto e a sua sustentabilidade.

A redução dos desperdícios na fonte, máxima da P+L, na perspectiva do ciclo de vida de um produto é equivalente a concepção de sustentabilidade dos 6Rs (LEMOS; BARROS, 2008):

- RE**-pensar os produtos e suas funções
- RE**-parar os produtos facilmente
- RE**-tirar as substâncias tóxicas
- RE**-usar o todo ou parte
- RE**-duzir o consumo de energia, matérias-primas e impactos
- RE**-ciclar

4 OBJETIVOS DE UMA ACV

Segundo Ometto (2009), os principais objetivos de uma Avaliação de ciclo de vida de produtos são:

- Subsidiar a identificação de oportunidades de melhoria dos aspectos ambientais de produtos em vários pontos de seu ciclo de vida;
- Auxiliar a tomada de decisões na indústria, governo e ONGs no planejamento estratégico, na definição de prioridades e no desenvolvimento de projetos de processos e produtos;
- Subsidiar a seleção de indicadores de desempenho ambiental, incluindo técnicas de quantificação;
- Facilitar a comparação de produtos e a elaboração de rótulos e declarações ambientais.

5 APLICAÇÕES DA ACV

Segundo o *site* da Associação Brasileira de Ciclo de Vida – ABCV (2010), os usuários primários da ACV são:

- indústria e outras empresas comerciais;
- governos nacionais e locais, órgãos reguladores nacionais e intergovernamentais;
- organizações não governamentais; e
- consumidores, incluindo departamentos de compras.

De acordo com o IBICT (2006) *apud* Assis (2009) as empresas podem utilizar a ferramenta ACV para as seguintes aplicações:

- Desenvolvimento de uma avaliação sistemática das consequências ambientais relacionadas a um determinado produto;
- Análise das trocas ambientais associadas com um ou mais produtos ou processos específicos para obter dos tomadores de decisão (estado, comunidade e outros) aprovação para alguma ação planejada;
- Quantificação das emissões de poluentes para o ar, água e terra durante cada estágio do ciclo de vida ou ao processo que mais contribui para essas emissões;
- Avaliação dos efeitos do consumo de materiais e das emissões de poluentes sobre o meio ambiente e sobre o homem;

- Identificação de áreas de oportunidade para atingir uma maior eficiência econômica na concepção e desenvolvimento de produtos.

Segundo Lima et al. (2007), atualmente, verifica-se que a Avaliação de Ciclo de Vida vem sendo implantada nos mais variados setores industriais como, por exemplo, construção civil, automobilístico, embalagens, energia, agropecuário, mineração, químico, etc.

Como aplicações possíveis de serem utilizadas por órgão governamentais, a ABCV (2010) destaca:

- subsídios e taxações em prol da produção mais limpa;
- políticas gerais como determinação de combustíveis para geração de eletricidade e meios de transporte;
- rotulagem ambiental.

Alem dessas aplicações, ABCV (2010) ressalta que ONGs podem utilizar as ACV's para gerar informações aos consumidores e para buscar uma base técnica de apoio às discussões públicas e debates.

Segundo o IBICT (2006) *apud* Assis (2009), "a ACV facilita o gerenciamento ambiental nas empresas, uma vez que sistematiza as questões associadas ao sistema de produção, melhora a compreensão do processo de produção e facilita a identificação de prioridades para tomadas de decisão".

Guinée et al. (2001) *apud* ABCV (2010), afirmam que a ACV é útil na gestão ambiental tanto pública como privada, por permitir comparações ambientais de produtos existentes (com finalidades de certificação e/ou aquisição) e gerar informações ao desenvolvimento de novos produtos. A ACV também pode ser aplicada em usos mais complexos como estratégias de mercado ou políticas ambientais do governo relacionadas à mudança do padrão de consumo.

6 METODOLOGIA DA ACV

Pires et al. (2005) *apud* Ferreira (2009) conceitua a metodologia de ACV como um processo objetivo, a qual avalia 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.

A longo prazo, a adoção da ACV pode prover as mudanças tecnológicas fundamentais na produção e nos produtos, em parte devido ao efeito multiplicador ao longo da cadeia de produção, inclusive no uso otimizado de energia e de materiais, através do uso de processos de reciclagem e de reuso (FERREIRA, 2009).

Na ACV há três grupos principais de métodos: o europeu, o norte-americano e o japonês. No geral, todos estes grupos agregam os dados da população e os valores da caracterização específicos às suas circunstâncias ambientais. Outras metodologias, como a utilizada na África do Sul, comprovam a necessidade de métodos mais regionalizados (FRAZÃO JUNIOR et al., 2008).

Ainda que haja certa diversidade entre as metodologias de aplicação da ACV, a sistemática padronizada internacionalmente pela ISO, plasmada no texto da norma ISO 14040 é, seguramente, aquela com maior frequência de uso (SEO; KULAY, 2006).

O Brasil ainda enfrenta sérios problemas quanto ao desenvolvimento de uma metodologia adaptada à nossa realidade, pelo fato de a ACV ser muito dependente das circunstâncias regionais; por esse motivo, muitos estudos utilizam como base a norma NBR ISO 14040 (FRAZÃO JUNIOR et al., 2008).

A metodologia de execução da ACV, de acordo com os critérios da norma ABNT NBR ISO 14040 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2009a), estabelece que o estudo dessa ferramenta deve incluir as seguintes fases:

- Definição de objetivos e escopo;
- Análise do inventário;
- Avaliação dos impactos ambientais;
- Interpretação dos resultados.

Todos esses estágios estão inter-relacionados, demonstrando assim o caráter iterativo da metodologia, como pode ser observado no esquema apresentado, na Figura 2, pelas setas de pontas duplas.

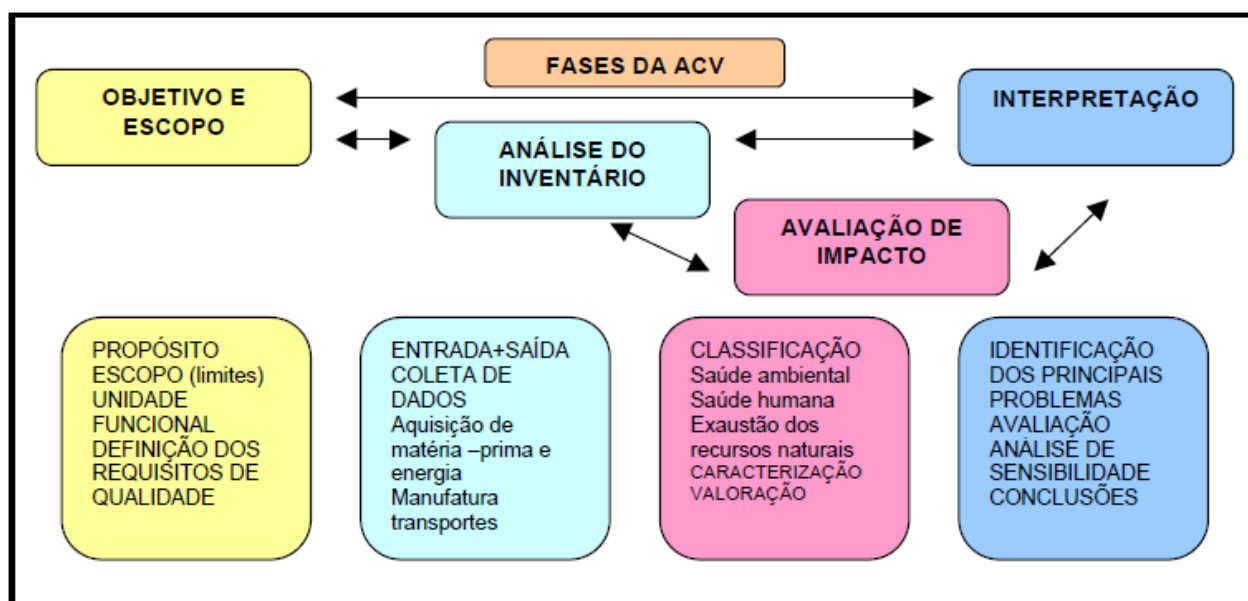


Figura 2 – Fases da ACV
Fonte: (FUKUROZAKI, S.; SEO, 2004)

6.1 Definição de objetivos e escopo

Na etapa de definição de objetivos são estabelecidos a razão principal para a condução do estudo, sua abrangência e o público-alvo a que os resultados se destinam (SEO; KULAY, 2006). Ao se definir o escopo de uma ACV, os seguintes itens devem ser considerados e descritos de forma clara (ABNT, 2009b):

- o sistema de produto a ser estudado;
- as funções do sistema de produto ou, no caso de estudos comparativos, dos sistemas;
- a unidade funcional;
- a fronteira do sistema;
- procedimentos de alocação;
- metodologia de AICV e tipos de impactos;
- interpretação a ser utilizada;
- requisitos de dados;
- pressupostos;
- escolha de valores e elementos opcionais;
- limitações;
- requisitos de qualidade dos dados;
- tipo de revisão crítica, se aplicável;
- tipo e formato do relatório requerido para o estudo.

Segundo Piotto (2003), “a unidade funcional é um dos mais importantes balizadores da ACV e pode ser definida como a medida do desempenho das saídas funcionais do sistema de produto. O propósito principal da unidade funcional é fornecer uma referência para assegurar a comparabilidade dos resultados da ACV. Por exemplo, a unidade funcional para um sistema de pintura pode ser a área protegida por um período de tempo específico”

Por ocasião do estabelecimento do escopo, é importante que sejam considerados aspectos geográficos, temporais e tecnológicos do sistema de produto – ou seja, a porção do espaço sobre a qual se dará a aplicação da metodologia – para efeito de refino das fronteiras e seleção de informações a serem utilizadas posteriormente no inventário (SEO; KULAY, 2006).

De acordo com Ribeiro (2009), para que seja dada seqüência ao estudo após o inventário, é necessário definir as categorias de impacto, os indicadores de categoria e a metodologia para a avaliação dos impactos ambientais.

Categoria de impacto é a classe que representa as questões ambientais relevantes às quais os resultados da análise do inventário podem ser associados. Sua definição deve ser particular para cada estudo e de acordo com seu propósito específico (RIBEIRO, 2009).

De acordo com SILVA; KULAY (2006) *apud* Ribeiro (2009) as categorias de impacto usualmente selecionadas são as seguintes: aquecimento global (também conhecido por efeito estufa, é provocado pelo acúmulo de gases, na atmosfera, que retêm parte da radiação solar); acidificação (aumento do teor de acidez do solo, do ar ou da água); eutrofização (provocada pelo acúmulo dos nutrientes nitrogênio e fósforo nos corpos d'água e nos solos); toxicidade (resultante da disposição de rejeitos tóxicos no meio ambiente); consumo de recursos naturais (materiais e energéticos); redução da camada de ozônio (redução da quantidade de ozônio presente na estratosfera); e formação fotoquímica de ozônio (formação de ozônio nas camadas baixas da atmosfera).

Segundo Chehebe (1998) *apud* Piotto (2003), pode-se visualizar melhor a etapa do escopo quando esta é associada às três dimensões, que devem ser definidas de forma a atender ao estabelecido nos objetivos do estudo:

- Primeira (Extensão)- Onde iniciar e parar o estudo;
- Segunda (Largura) - Quantos e quais subsistemas incluir;
- Terceira (Profundidade) – Nível de detalhes do estudo.

Em alguns casos, o objetivo e o escopo do estudo podem ser revisados devido a limitações não previstas, restrições ou como resultado de informações adicionais. Convém que tais modificações, em conjunto com suas justificativas, sejam documentadas (ABNT, 2009b).

6.2 Análise do inventário

A segunda etapa da ACV é a análise do inventário, quando são efetuadas a coleta e a quantificação de todas as variáveis envolvidas durante o ciclo de vida do produto, processo ou atividade (VALT, 2004). Esta etapa também é responsável por relacionar os dados coletados à unidade funcional adotada.

A definição de objetivo e escopo de um estudo provê o plano inicial para a condução da fase de inventário do ciclo de vida de uma ACV. Convém que, durante a execução do plano para a análise de inventário do ciclo de vida, sejam seguidos os passos operacionais delineados na Figura 3 (ABNT, 2009b).

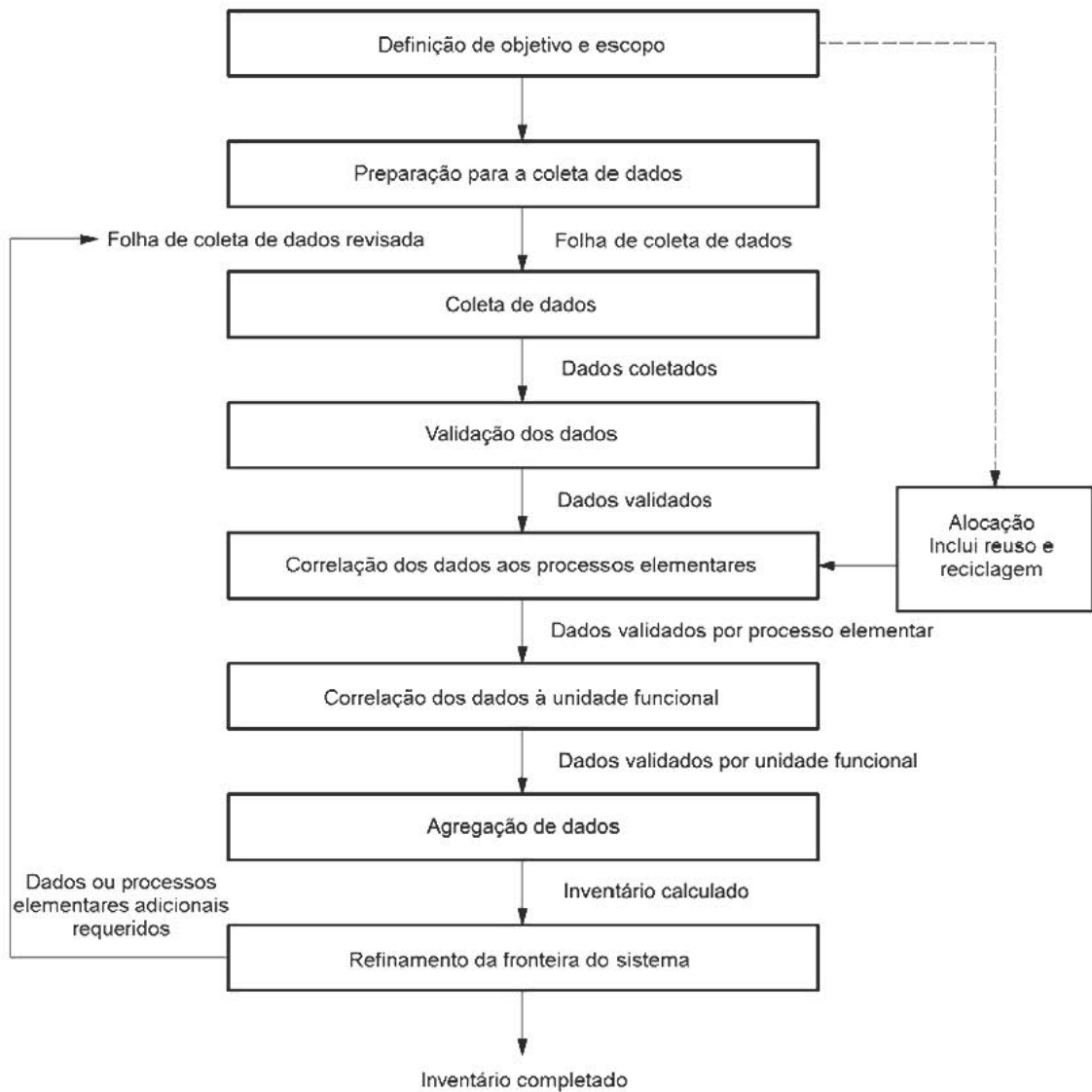


Figura 3 – Fluxograma dos procedimentos para a análise de inventário
Fonte: (ABNT, 2009b)

Segundo ABNT (2009b), os dados para cada processo elementar dentro da fronteira do sistema podem ser classificados sob títulos gerais, incluindo:

- entradas de energia, entradas de matéria-prima, entradas auxiliares, outras entradas físicas,
- produtos, co-produtos e resíduos,
- emissões atmosféricas, descargas para a água e solo, e
- outros aspectos ambientais.

6.2.1 Coleta dos dados

Segundo Ribeiro (2009) a coleta de dados é a tarefa que mais apresenta dificuldades para o estudo, devido ao elevado consumo de tempo e custo necessários para obtenção das informações e à possível indisponibilidade de fontes de informações específicas e confiáveis.

Este problema, no entanto pode ser minimizado, principalmente através da criação de banco de dados com os resultados de estudos já realizados. A adoção desta prática leva, progressivamente, à redução do tempo e custo de obtenção das informações necessárias (RIBEIRO, 2009).

De acordo com Ribeiro (2009), o formulário de coleta de dados (FIG. 4) é um recurso utilizado para que o registro das informações levantadas ocorra de maneira organizada. No formulário serão listados e quantificados os aspectos ambientais de cada processo elementar, na forma de correntes de entrada e saída e incluindo suas unidades.

As correntes de entrada compreendem recursos materiais e energéticos, enquanto que as correntes de saída são compostas pelo produto, por subprodutos e pelos rejeitos gerados no sistema (RIBEIRO, 2009).

PROCESSO:		DATA:	
BALANÇO DE MASSA			
ENTRADA DE MATÉRIAS-PRIMAS		SAÍDAS	
OUTRAS ENTRADAS		Comentários:	
ENTRADA DE ENERGIA			
FONTES ENERGÉTICAS			
TRANSPORTES			
ATIVIDADES DE TRANSPORTES	MEIO DE TRANSPORTE	DISTÂNCIA	CARGA
DADOS AMBIENTAIS			
EMISSÕES ATMOSFÉRICAS			
EFLUENTES LÍQUIDOS			
RESÍDUOS SÓLIDOS			

Figura 4 - Exemplo de formulário de coleta de dados
Fonte: (RIBEIRO, 2009)

6.2.2 Tratamento dos dados

Após coletar os dados é necessário que sejam feitos cálculos, com o intuito de adequar os dados obtidos aos processos unitários e à unidade funcional e avaliar sua qualidade. O tratamento dos dados envolve os itens a seguir:

a) *validação dos dados*: envolve verificações do tipo de balanços de massa e energia, análises comparativas, etc. A intenção destes procedimentos é detectar ainda numa fase inicial quaisquer irregularidades existentes. Deve-se também determinar o que será feito na ausência do dado desejado (RIBEIRO, 2009).

Segundo Valt (2004), vários procedimentos de checagem são utilizados para aumentar o nível de confiabilidade da validação dos dados. Estes procedimentos podem ser divididos em duas categorias: comparação dos dados de monitoramento com outros publicados em literatura especializada e a comparação dos dados mensurados ou estimados com dados teóricos. Além disso, quanto mais representativo da população for o grupo de dados, mas confiáveis e precisos serão os resultados obtidos.

b) *adequação dos dados aos processos elementares*: significa transpor os dados obtidos na coleta à base unitária do processo, fazendo tanto as necessárias alocações como a conversão de unidades (RIBEIRO, 2009).

c) *alocação*: repartição dos fluxos de entrada ou saída de um processo ou sistema de produto entre o sistema de produto em estudo e outro(s) sistema(s) de produto (ABNT 2009b)

Segundo a norma ABNT (2009b), os princípios e procedimentos de alocação também se aplicam as situações de reuso e reciclagem. De acordo com esta norma o reuso e a reciclagem podem, em alguns casos, implicar o compartilhamento das entradas e saídas associadas aos processos elementares e podem alterar, em usos subsequentes, as propriedades dos materiais. Assim, convém que cuidados específicos sejam tomados ao se definir a fronteira do sistema no que diz respeito a processos de recuperação.

d) *adequação dos dados à unidade funcional e agregação*: para que se possa realizar cálculos sobre todo o sistema deve-se transformar os valores obtidos para cada processo, já transformados para a base unitária, a uma mesma base de cálculo referente ao fluxo de referência, o que é feito pela sua conversão à unidade funcional. Além disso, deve-se agregar os dados obtidos, sendo o nível de agregação dependente da meta do estudo (RIBEIRO, 2009).

6.2.3 Refinamento das fronteiras do sistema

Tendo em vista a natureza iterativa da ACV, segundo ABNT (2009b) as decisões com relação aos dados a serem incluídos devem ser baseadas em uma análise de sensibilidade para determinar sua significância, verificando dessa forma a análise inicial delineada no escopo.

A análise de sensibilidade pode resultar em (ABNT, 2009b):

- exclusão de estágios do ciclo de vida ou de processos elementares caracterizados como não significativos pela análise de sensibilidade
- exclusão de entradas e saídas não significativas para os resultados do estudo, ou
- inclusão de novos processos elementares, entradas e saídas caracterizados como significativos pela análise de sensibilidade.

6.3 Avaliação do impacto do Ciclo de Vida (AICV)

A Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV) representa um processo tanto qualitativo como quantitativo. É usado no entendimento e avaliação da magnitude e significância dos impactos ambientais, que se baseia nos resultados obtidos na análise do inventário, levando em conta os efeitos que podem ser causados ao meio ambiente e à saúde do homem (SEO; KULAY, 2006).

Os níveis de detalhe, escolha dos impactos a serem avaliados e a metodologia utilizada dependem do objetivo e do escopo do estudo. A análise do impacto converte os resultados do inventário para um grupo selecionado de impactos, tais como efeito estufa, mortalidade, destruição da camada de ozônio, eutrofização, formação fotoquímica de ozônio, toxicidade, ocupação de área, entre outros (SEO; KULAY, 2006).

A Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida consiste em elementos obrigatórios e opcionais (FIG. 5):

6.3.1 Elementos obrigatórios da fase de AICV

- *Seleção das categorias de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização*

É onde são identificadas as preocupações ambientais, as categorias e os indicadores que o estudo utilizará. As categorias devem ser definidas com base no conhecimento científico dos processos e mecanismos ambientais (SEO; KULAY, 2006).

Como isso nem sempre é possível, admite-se que em alguns casos muito específicos o julgamento de valores possa substituir parte do conhecimento científico (SEO; KULAY, 2006).

- *Correlação dos resultados do ICV as categorias de impacto selecionadas (classificação)*

É onde os dados do inventário são classificados e agrupados nas diversas categorias selecionadas (como aquecimento global, destruição da camada de ozônio, acidificação, toxicidade humana, exaustão dos recursos naturais, etc.) (SEO; KULAY, 2006).

A atribuição adequada de aspectos ambientais às suas categorias de influência é condição essencial para conferir relevância e validade à avaliação de impacto (SEO; KULAY, 2006).

- *Cálculo dos resultados dos indicadores de categoria (caracterização)*

O cálculo dos resultados dos indicadores (caracterização) envolve a conversão dos resultados do ICV para unidades comuns e a agregação dos resultados convertidos dentro da mesma categoria de impacto. Essa conversão utiliza fatores de caracterização. O resultado do cálculo é um resultado numérico do indicador (ABNT, 2009b).

O método de cálculo dos resultados dos indicadores deve ser identificado e documentado, incluindo a escolha de valores e pressupostos utilizados. Se os resultados do ICV não estiverem disponíveis ou se a qualidade dos dados não for suficiente para que a AICV satisfaça o objetivo e escopo do estudo, uma coleta de dados iterativa ou um ajuste do objetivo e escopo será necessário (ABNT, 2009b).

6.3.2 Elementos opcionais da fase de AICV

Segundo a norma ABNT NBR ISO 14044, além dos elementos obrigatórios da AICV, elementos opcionais, como os listados abaixo, são passíveis de serem utilizados dependendo do objetivo e escopo da ACV:

- *Normalização*: cálculo da magnitude dos resultados dos indicadores de categoria com relação a informações de referência;
- *Agrupamento*: agregação e possível hierarquização das categorias de impacto;
- *Ponderação*: conversão e possível agregação dos resultados dos indicadores entre as diferentes categorias de impacto utilizando fatores numéricos baseados em escolha de valores; convém que os dados anteriores a ponderação permaneçam disponíveis;
- *Análise da qualidade dos dados*: melhor entendimento da confiabilidade da coleção de resultados dos indicadores, o perfil da AICV.

Os elementos opcionais da AICV podem utilizar informações externas à estrutura da AICV. Convém que o uso de tais informações seja explicado e a explicação seja reportada (ABNT, 2009b).

A aplicação e o uso dos métodos de normalização, agrupamento e ponderação devem ser consistentes com o objetivo e escopo da ACV e devem ser totalmente transparentes.

Todos os métodos e cálculos utilizados devem ser documentados para promover a transparência. (ABNT, 2009b).

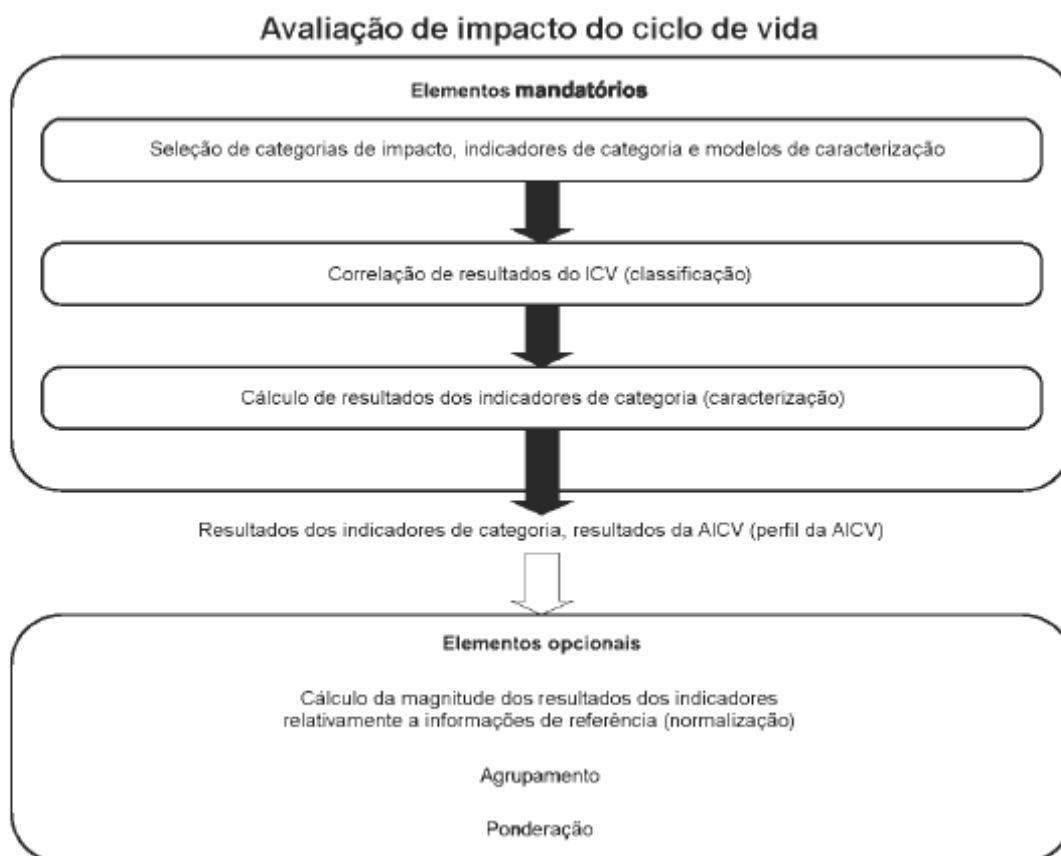


Figura 5 – Elementos da fase de AICV
Fonte: (ABNT, 2009a)

Segundo a ABNT (2009b), a AICV é diferente de outras técnicas, tais como avaliação de desempenho ambiental, avaliação de impacto ambiental e avaliação de risco, uma vez que se trata de uma abordagem relativa baseada em uma unidade funcional. A AICV pode utilizar informações coletadas por essas outras técnicas.

6.4 Interpretação dos resultados

Nesta última etapa da ACV os resultados obtidos nas fases de inventário e avaliação de impacto são analisados de acordo com o objetivo e o escopo previamente definidos para o estudo (VALT, 2004).

As conclusões obtidas após a análise dos resultados possibilitam a identificação de pontos críticos do ciclo de vida do produto que necessitam de melhorias, permitindo a implementação de estratégias de produção, como a substituição e recuperação de materiais e a reformulação ou substituição de processos, visando a preservação ambiental (VALT, 2004).

A fase de interpretação de uma ACV compreende as três etapas seguintes (ABNT 2009b):

- identificação das questões significativas com base nos resultados das fases de ICV e AICV da ACV;
- uma avaliação do estudo, considerando verificações de completude, sensibilidade e consistência;
- conclusões, limitações e recomendações.

O relacionamento da fase de interpretação com outras fases da ACV é representado na Figura 6. As fases de definição do objetivo e escopo e de interpretação da avaliação do ciclo de vida enquadram o estudo, enquanto que as outras fases da ACV (ICV e AICV) produzem informações sobre o sistema de produto (ABNT, 2009b):

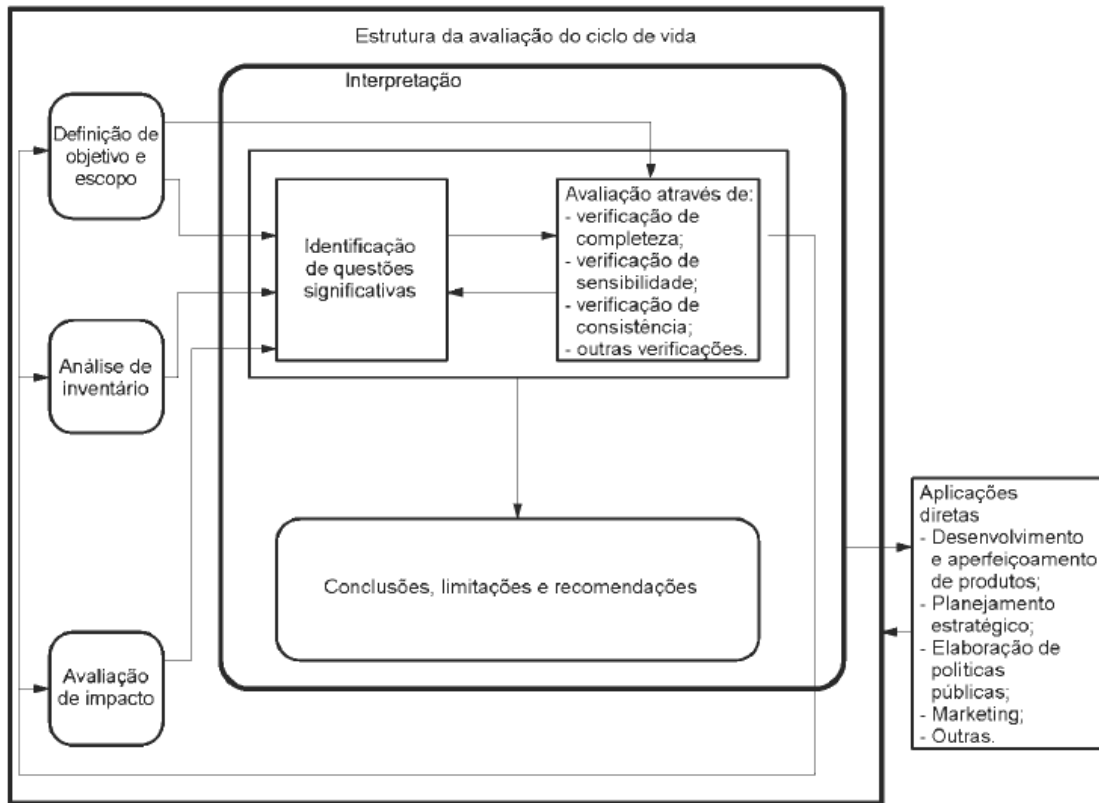


Figura 6 - Relação dos elementos da fase de interpretação com as outras fases da ACV
 Fonte: (ABNT 2009b)

7 SOFTWARES PARA APOIO À ACV

A ACV é uma ferramenta complexa que requer o envolvimento de um número elevado de dados, bem como um alto consumo de tempo e recursos.

No entanto, segundo Ribeiro (2009) existe uma grande variedade de *softwares* para auxiliar na condução dos estudos de ACV, os tornando possíveis de serem realizados e garantindo cálculos e conclusões de maior confiança.

Mariotoni; Cunha; Baptistela (2007) *apud* Ribeiro (2009) comentam que os *softwares* são ferramentas computacionais que facilitam o gerenciamento dos dados envolvidos nos estudos das seguintes formas:

- disponibilizam bancos de dados que reduzem consideravelmente o tempo necessário para a coleta das informações;
- realizam avaliação de impactos e interpretação;
- são atualizados regularmente acompanhando o desenvolvimento da técnica da ACV; e
- apresentam os resultados de uma forma facilitada através de gráficos e tabelas.

Segundo BENJAMIN (2001) *apud* Ribeiro (2009) aspectos como os financeiros, atualizações previstas da ferramenta, suporte técnico, compatibilidade com outras ferramentas, idioma, tamanho do banco de dados, possibilidade de edição dos dados originais e inclusão e documentação de novos dados devem ser considerados na escolha do *software* adequado.

8 NORMAS TÉCNICAS RELACIONADAS À ACV

Segundo a Resolução n. 3 do Conselho Nacional De Metrologia, Normalização E Qualidade Industrial – CONMETRO (2010) a Avaliação do Ciclo de Vida é tratada pela ISO (*International Organization for Standardization*) no âmbito do TC 207 / SC 5 - *Life cycle assessment*. As normas da ISO que tratam sobre o tema são as seguintes:

- ISO 14040:2006 – *Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework*
- ISO 14044:2006 – *Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines*.

Sobre ACV existe, ainda, mais uma norma, em processo de desenvolvimento, e outros três documentos da ISO em vigor, na forma de relatórios e especificações técnicas (CONMETRO, 2010).

- ISO/WD 14045 - *Environmental management -- Eco-efficiency assessment of product systems -- principles requirements and guidelines*;
- ISO/TR 14047:2003 - *Environmental management -- Life cycle impact assessment -- Examples of application of ISO 14042*;
- ISO/TS 14048:2002 - *Environmental management -- Life cycle assessment -- Data documentation format*;
- ISO/TR 14049:2000 - *Environmental management -- Life cycle assessment -- Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis*.

No Brasil, as duas normas publicadas pela ABNT, em vigor, que dispõem sobre ACV, são as seguintes (CONMETRO, 2010):

- ABNT NBR ISO 14040:2009 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura
- ABNT NBR ISO 14044:2009 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações.

9 ACV E A INOVAÇÃO AMBIENTAL

A relação entre a gestão e a inovação ambiental engloba vários problemas, especificamente relacionados à melhoria do desempenho ambiental da companhia, o impacto da aplicação da legislação ambiental nas inovações tecnológicas, e como as empresas podem participar num procedimento de eco-gestão por pressão dos clientes (CONMETRO, 2010).

Neste contexto, a ACV se apresenta como uma ferramenta de avaliação do impacto ambiental, capaz de reconhecer o caráter multifacetado da inovação ambiental considerando os fatores internos e externos no desenvolvimento de uma inovação (CONMETRO, 2010):

- As inovações ambientais consistem em inovações tecnológicas ambientais e em inovações orgânicas ambientais (mudanças internas às estruturas/instituições).

- As tecnologias ambientais são produtos e processos que foram projetados para reduzir os impactos ambientais negativos.
- As inovações orgânicas ambientais são diretivas que identificam e executam mudanças internas, para caracterizar problemas ambientais associados com os produtos e processos existentes, e estimulam a criação de estruturas, programas e procedimentos inovadores para resolver estes problemas (CONMETRO, 2010).

Segundo o CONMETRO (2010), em longo prazo, a ACV pode provocar um efeito potencial para a inovação tecnológica na mudança do padrão de comportamento a favor do ambiente, pressionando a cadeia produtiva e impactando na inovação dos produtos, porque os clientes passarão a exigir, cada vez mais, produtos ambientalmente amigáveis.

10 ACV E ROTULAGEM AMBIENTAL

A rotulagem ambiental é um notável mecanismo de comunicação com o mercado. A atenção que as empresas dispõem aos aspectos ambientais torna os seus produtos diferenciados dos produtos da concorrência. Ela pode se materializar por meio de símbolos, marcas, textos ou gráficos (CONMETRO, 2010).

A ACV é a metodologia recomendada pela ISO para a obtenção dos rótulos ambientais Tipo I, II e III, conforme estabelecido na:

- ISO 14024:1999 (*Environmental labels and declarations -- Type I environmental labelling -- Principles and procedures*):
- ISO 14021:1999 – (*Environmental labels and declarations -- Self-declared environmental claims - Type II environmental labelling*) e;
- ISO 14025:2006 (*Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedures*) (CONMETRO, 2010).

Rotulagem Tipo I: NBR ISO 14024 – Esta Norma relaciona os princípios e procedimentos para o desenvolvimento de programas de rotulagem ambiental, incluindo: seleção de categorias, critérios ambientais e características funcionais dos produtos, para avaliar e demonstrar sua conformidade. Relaciona também os procedimentos de certificação para a concessão do rótulo (BARRETO et al., 2007).

Rotulagem Tipo II: NBR ISO 14021 – Esta Norma especifica os requisitos para autodeclarações ambientais, incluindo textos, símbolos e gráficos, no que se refere aos produtos. Descreve, ainda, termos selecionados usados comumente em declarações ambientais e fornece qualificações para seu uso. Apresenta uma metodologia de avaliação e verificação geral para autodeclarações ambientais (BARRETO et al., 2007).

Rotulagem Tipo III: NBR ISO 14025 – Esta Norma informa sobre dados ambientais de produtos, qualificados de acordo com os conjuntos de parâmetros previamente selecionados e baseados na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), são rótulos concedidos e licenciados por organizações externas independentes (BARRETO et al., 2007).

11 LIMITAÇÕES DA ACV

Segundo SEO e KULAY (2006), por se tratar de uma técnica recente, a ACV demonstra ainda certas limitações de ordem operacional, dentre as quais deve merecer destaque a elevada quantidade de dados necessários à sua execução.

A AICV enfoca também somente as questões ambientais que estão definidas no objetivo e

escopo. Portanto, a AICV não é uma avaliação completa de todas as questões ambientais do sistema de produto sob estudo (ABNT 2009a).

A AICV nem sempre pode demonstrar diferenças significativas entre categorias de impacto e os respectivos resultados dos indicadores para sistemas de produto alternativos (ABNT 2009a).

Além disso, a ausência de uma metodologia unificada para a aplicação da técnica constitui problema para efeito de interpretação dos resultados obtidos a partir de estudos dessa natureza. Além da ISO, a Setac e algumas outras instituições respeitadas no âmbito de seus países propuseram estruturas conceituais para a condução de estudos de ACV (SEO; KULAY, 2006).

No entanto, segundo Piotto (2003), mesmo com grandes desafios a vencer, principalmente metodológicos, a sua utilização tende a aumentar como ferramenta estratégica de gestão e no desenvolvimento de produtos, devido à maior demanda da sociedade.

Para contornar as limitações apresentadas pela ACV, Ribeiro (2009) propõe as seguintes ações fundamentais:

- padronização da metodologia e estabelecimento de critérios rígidos que disciplinem a forma como estudos dessa natureza devem ser conduzidos e levados ao conhecimento público;
- desenvolvimento de bancos de dados e de métodos de AICV regionais e confiáveis, bem como suas incorporações em *softwares*; e
- divulgação da técnica de ACV como ferramenta de gestão ambiental mostrando sua importância, usos e aplicações com o intuito de atrair e incentivar empresas, associações e governo a coletarem e disponibilizarem informações ambientais sobre produtos e serviços.

Conclusões e recomendações

A ACV vem se tornando cada vez mais uma importante ferramenta da Gestão Ambiental, talvez pelo fato de ser a única de sua classe que permite segundo um foco de abordagem sistêmica, tanto a identificação de oportunidades de melhoria do desempenho ambiental de um produto quanto a comparação ambiental de produtos que desempenhem a mesma função (SEO; KULAY, 2006).

A adoção da ACV em uma empresa pode representar uma mudança estratégica importante, que pode auxiliar tanto no Sistema de Gestão Ambiental da empresa quanto no ganho de produtividade do sistema, garantindo os princípios da sustentabilidade (FRAZÃO JUNIOR et al. 2008).

No âmbito da rotulagem ambiental, as pequenas e médias empresas (PMEs) podem ganhar vantagem competitiva a longo prazo, pois ganham a credibilidade necessária para competir no mercado mundial, que valoriza produtos ecologicamente responsáveis.

Isto requer não somente uma integração verticalizada dentro das PMEs, mas também a integração com a cadeia produtiva, tais como fornecedores, distribuidores e clientes (BARRETO et al., 2007). Adotar uma abordagem ambiental responsável é uma excelente estratégia para empresas dos mais variados segmentos e tamanhos.

Seo e Kulay (2006) destacam que apesar do potencial que representa para os tomadores de decisão, a ACV demonstra ainda certas limitações, que devem ser transpostas de forma a consolidar sua contribuição à sustentabilidade no planeta.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CICLO DE VIDA. **Aplicações da ACV**. [S.l.], 2010. Disponível em: <<http://www.abcvbrasil.org.br/aplicacoes.php>>. Acesso em: 01 dez. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009a. 21p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009b. 46p.
- ASSIS, B. **Avaliação do ciclo de vida do produto como ferramenta para o desenvolvimento sustentável**. 2009. 53p. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2009/08/tcc_jul2009_brunobastos.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2011.
- BARRETO, A.; COELHO, E.; MELO, H.; CASTELO, L.; ALCANTARA, S. Ciclo de vida dos produtos: certificação e rotulagem ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 27., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2007. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR650479_9289.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2011.
- CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – CONMETRO. Resolução n. 03, de 22 de abril de 2010. Dispõe sobre a Aprovação do Termo de Referência do Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 04 jan. 2011. Seção 1. Disponível em: <http://www.idsust.com.br/emailmkt/Res_N_04_CONMETRO_15_12_2010.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2011.
- FERREIRA, S. **O pensamento do ciclo de vida como suporte à gestão dos resíduos sólidos da construção e demolição**: exemplo no Distrito Federal e estudos de casos de sucessos no Brasil e no exterior. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: <<http://164.41.2.88/publicacoes/sanderferreira.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2011.
- FIGUEIREDO, M.; MOTA, S.; RODRIGUES, G.; PIRES, A.; ROSA, M. Metodologia de avaliação dos impactos ambientais de inovações tecnológicas agroindustriais, com base no ciclo de vida. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL CICLO DE VIDA – CILCA. 2., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Análise de Ciclo de Vida, 2007.
- FIGUEIREDO, M.; ROSA, M.; MATTOS, A.; MOTA, S. Avaliação do Desempenho Ambiental de Inovações Tecnológicas Agroindustriais: Conceitos e Métodos. **Documentos**. Fortaleza : EMBRAPA-CNPAT, 2010. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/877881/1/DO10001.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2011.
- FRAZÃO JUNIOR, et al. Conceitos e aplicações de Análise do Ciclo Vida (ACV) no Brasil. **Revista Gerenciais**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 39-44, 2008. Disponível em: <<http://revistaiberoamericana.org/index.php/ibero/article/viewFile/972/1280>>. Acesso em: 05 dez. 2011.
- FUKUROZAKI, S.; SEO, E. Metodologia da Análise de Ciclo de Vida: Importância na inserção da Tecnologia de Célula a Combustível do Tipo PEMFC. In: WORKSHOP INTERNACIONAL EM CÉLULAS A COMBUSTÍVEL. 2., 2004, Campinas. **Anais...** Campinas, 2004. Disponível em: <<http://pintassilgo2.ipen.br/biblioteca/2004/eventos/10916.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2011.

HINZ, R.; VALENTINA, L.; FRANCO, A. Monitorando o desempenho ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela avaliação do ciclo de vida. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 7, n. 3, 2007. Disponível em: <<http://www.producaoonline.org.br/index.php/rpo/article/download/66/66>>. Acesso em: 21 dez. 2011.

HINZ, R.; VALENTINA, L.; FRANCO, A. Sustentabilidade ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela avaliação do ciclo de vida. **Estudos tecnológicos**, v.2, n.2, 2006. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Romanelli/leb244/Artigos_Seminarios/producao_mais_limpa_e_ACV.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2011.

LEMOS, H.; BARROS, R. **Gestão do Ciclo de Vida dos Produtos & Rotulagem Ambiental**: Guia de Negócios para as Micro e Pequenas Empresas Brasileiras. Rio de Janeiro: Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, SEBRAE, 2008. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/1527AD118B63226D83257483004AF650/\\$File/NT00038B02.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/1527AD118B63226D83257483004AF650/$File/NT00038B02.pdf)>. Acesso em: 02 dez. 2011.

LIMA, A.; CALDEIRA-PIRES, A; KIPERSTOK, A. Evolução dos trabalhos de avaliação do ciclo de vida nas instituições acadêmicas brasileiras. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL CICLO DE VIDA. 2., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art25.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2011.

OMETTO, A. Avaliação do Ciclo de Vida. In: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS. 1., 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 2009. Disponível em: <http://www.eesc.usp.br/shs/neper/isimposio/palestras/03122009-tarde/ALDO_OMETTO-AvaliacaoDeCicloDeVida.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2011.

RIBEIRO, P. **Contribuição ao banco de dados brasileiro para apoio à avaliação do ciclo de vida: fertilizantes nitrogenados**. 2009. 341p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-31032010-114700/publico/TESE_Paulo_3602337.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2011.

PIOTTO, Z. **Eco-eficiência na Indústria de Celulose e Papel** - Estudo de Caso. 2003. 379p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/teses/tese_zeila_c_piotto.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2011.

SEO, E.; KULAY, L. Avaliação do ciclo de vida: ferramenta gerencial para tomada de decisão. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**. v.1, n.1, 2006. Disponível em: <<http://pintassilgo2.ipen.br/biblioteca/2006/15451.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2011.

VALT, R. **Análise do ciclo de vida de embalagens de pet, de alumínio e de vidro para refrigerantes no Brasil variando a taxa de reciclagem dos materiais**. 2004. 193p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em: <<http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/069.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2011.

Nome do técnico responsável

Lucas Gomes Rocha

Nome da instituição do SBRT responsável

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC

Data de finalização

22 dez. 2011