

## **A utilização da avaliação do ciclo de vida em sistemas de gestão ambiental: Modelos de aplicação**

**Sabrina Rodrigues Sousa (EESC/USP) <sabrina.sousa@gmail.com>**

**Roberta Sanches (EESC/USP) <admrosanches@yahoo.com.br>**

**Aldo Roberto Ometto (EESC/USP) <aometto@sc.usp.br>**

**Sergio Almeida Pacca (EACH-USP) <spacca@usp.br>**

*Resumo: A utilização de sistemas de gestão ambiental (SGAs) pode ser vista como uma forma de reduzir a interferência das ações antrópicas sobre o meio ao internalizar práticas ambientalmente adequadas. A ACV é uma ferramenta analítica utilizada para estudar as cargas ambientais associadas aos diversos estágios de um sistema de produto, pelo levantamento, quantificação da energia e dos materiais necessários (entradas), e dos produtos, resíduos e emissões liberados ao meio ambiente (saídas). Como um instrumento de gestão, a ACV permite ao responsável pela decisão escolher uma alternativa considerando seus aspectos técnicos e seu desempenho ambiental, além de auxiliar na identificação de oportunidades de melhoria no ciclo de vida em estudo. Como a ACV e o SGA apresentam características complementares, uma vez que o foco de uma extrapola o da outra, este artigo investiga, por meio de revisão bibliográfica sistemática, quais modelos, focados na aplicação conjunta dessas ferramentas, estão em desenvolvimento nos grandes centros de pesquisa relacionados à temática abordada. Como resultado, lança-se bases para futuras discussões sobre outras formas possíveis de utilização da ACV em SGAs. Dessa forma, conclui-se que estudos práticos futuros são necessários para fundamentar, de forma mais realista, as potencialidades e limitações do uso da ACV em SGAs.*

*Palavras-chave: Ferramentas de gestão ambiental, ISO 14000, ISO 14040.*

### **1. Introdução**

O desafio de melhorar seu desempenho ambiental, e conseqüentemente de manter sua competitividade no mercado, tem levado as empresas a olhar além de suas fronteiras, buscando oportunidades de melhoria dentro e fora de suas etapas industriais. Este fato remete à necessidade de utilização de instrumentos eficientes para a compreensão e avaliação de aspectos tecnológicos e ambientais, fornecendo informações relevantes que nortearão os processos de tomada de decisão. Em uma visão global, pode-se dizer que é latente a busca por novas técnicas e ferramentas de certificação que devem ser fortemente vinculadas às políticas ambientais, sendo que estas ferramentas precisam ser integradas para que seja possível explorar suas combinações.

Conforme apresentado por Höjer et al. (2008), muitas são as ferramentas disponíveis para análise de sistemas ambientais. O Sistema de Gestão Ambiental (SGA), assim como o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), são classificadas por estes autores como ferramentas processuais, focadas em procedimentos e conexões com os contextos social e de tomada de decisão; outras ferramentas como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e Análise do Fluxo de Materiais (AFM), por sua vez, são identificadas como analíticas, por estarem diretamente associadas aos aspectos técnicos da análise, podendo ser integradas à estrutura de uma ferramenta processual. A combinação de ferramentas, segundo (Finnveden & Moberg, 2005), é justificada quando existem diferenças entre elas com respeito a alguns critérios como, por exemplo, grau de quantificação, limites

do sistema e impactos incluídos etc., pois assim adicionarão partes complementares aos resultados da análise.

Existem dois padrões certificáveis para sistemas de gestão ambiental, sendo eles: EMAS (*Eco Management and Audit Scheme*) e ISO 14001. No entanto, como a proposta deste artigo é verificar a sinergia existente entre duas normas da série ISO 14000, o conteúdo da norma EMAS não faz parte deste escopo; outra justificativa é o fato de a maior parte dos SGAs no Brasil serem estruturados conforme os requisitos estabelecidos pela ISO.

Desta forma, este artigo objetiva investigar a possibilidade de incorporar o caráter analítico da ACV em sistemas de gestão ambiental, e como tal processo pode ocorrer. Esta averiguação foi realizada por meio do levantamento de modelos que objetivam esta unificação e que estão em desenvolvimento nos grandes centros de pesquisa relacionados. A bibliografia sobre o tema deste artigo foi levantada por meio de revisão sistemática.

## 2. Sistema de Gestão Ambiental (SGA)

Fundada em 1947, a *International Organization for Standardization* (ISO) é uma federação mundial, não-governamental, com sede em Genebra, na Suíça. Formada por representantes de aproximadamente 100 países membros e objetiva a proposição de normas que representem o consenso de diversos países, padronizando métodos, medidas, materiais e seus usos, em todos os setores, com exceção das atividades da área de eletroeletrônica, que é normatizada pela *International Electrotechnical Commission* (IEC) (Moreira, 2006).

A ISO é organizada em comitês técnicos (*technical committee* – TC), aos quais são delegadas responsabilidades específicas relacionadas a um determinado tema para o qual se busca a padronização. Visando a estruturação de normas para a gestão ambiental, foi criado, em 1993, o comitê técnico ISO/TC 207, cujo trabalho resultou na elaboração da série de normas ISO 14000, contando com a participação de 56 países. O Brasil foi representado pelo Grupo de Apoio à Normalização Ambiental (GANA), uma divisão especial da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que posteriormente deu origem ao comitê brasileiro 38 (CB-38), em 1999.

A série de normas ISO 14000 é desmembrada em dois grupos em função de seu objetivo, sendo um voltado para a avaliação das considerações ambientais nas organizações e o outro nos produtos (FIGURA 1). Em 2002, a norma ISO 14010 foi unificada à ISO 10011, originado a ISO 19011, que apresenta as diretrizes para auditorias de sistema de gestão da qualidade e/ou ambiental.



FIGURA 1 – Normas da série ISO 14000. Fonte: Elaboração própria (2009).

A ISO 14001, norma que especifica os requisitos para a implementação de sistemas de gestão ambiental, foi baseada na norma britânica BS 7750, que por sua vez foi influenciada pela regulamentação ambiental da Comissão Européia, a *Eco Management and Audit Scheme* (EMAS) (Moreira, 2006). De toda a série, a ISO 14001 é a única norma passível de auditoria, concedendo um certificado de qualidade ambiental às organizações. Ressalta-se, no entanto, que a implantação e certificação conforme os requisitos estabelecidos por esta norma são de caráter voluntário, e estão voltadas à certificação de processos, e não de produtos.

As quinze cláusulas desta norma estão agrupadas em seis requisitos, como demonstra o QUADRO 1. Cada cláusula foi escrita para ser aplicada a uma vasta diversidade de organizações, não sendo, portanto, específica ou prescritiva.

Requisitos	Cláusulas
4.1 Requisitos gerais	---
4.2 Política ambiental	---
4.3 Planejamento	4.3.1 Aspectos ambientais
	4.3.2 Requisitos legais e outros
	4.3.3 Objetivos, metas e programa(s)
4.4 Implementação e operação	4.4.1 Recursos, funções, responsabilidades e autoridades
	4.4.2 Competência, treinamento e conscientização
	4.4.3 Comunicação
	4.4.4 Documentação
	4.4.5 Controle de documentos
	4.4.6 Controle operacional
	4.4.7 Preparação e resposta à emergências
4.5 Verificação	4.5.1 Monitoramento e medição
	4.5.2 Avaliação do atendimento a requisitos legais e outros
	4.5.3 Não-conformidade, ação corretiva e ação preventiva
	4.5.4 Controle de registros
	4.5.5 Auditoria interna
4.6 Análise pela administração	---

QUADRO 1 – Requisitos do sistema de gestão ambiental (ABNT, 2004).

### 3. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

A subsérie de normas ISO 14040 compreende duas normas (ISO, 2006a; 2006b), dois relatórios técnicos (ISO, 2000; 2003) e uma especificação técnica (ISO, 2002), que especificam a estrutura geral, princípios e requisitos para a condução de estudos de avaliação

do ciclo de vida, apresentam exemplos de aplicação, e trazem considerações quanto ao formato de apresentação dos resultados, respectivamente.

A ACV é definida pela norma ISO 14040 (ISO, 2006a) como uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto, ao longo de seu ciclo de vida. O termo produto é utilizado de maneira mais ampla, representando também os serviços, e não apenas os bens físicos. Ela engloba todos os estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, que vão desde a obtenção das matérias-primas e energia necessárias, a manufatura, o uso e a distribuição, até a disposição final do produto, podendo incluir a reciclagem de materiais e componentes, além de outros tratamentos pós-consumo. Os fluxos de materiais, produtos e energia que entram e saem de cada unidade de processo são coletados em relação a uma unidade funcional, que representa o desempenho quantificado de um sistema de produto, e alocados entre os produtos, co-produtos e subprodutos oriundos do sistema em investigação. Sua estrutura metodológica é composta por quatro fases principais, a saber: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação do impacto e interpretação dos resultados (FIGURA 2).



FIGURA 2 – Fases de uma ACV (adaptado de ISO, 2006a).

O escopo, os limites do sistema e o nível de detalhamento das informações de uma ACV dependem do assunto abordado e do uso pretendido dos resultados; as dimensões do estudo podem diferir consideravelmente dependendo do objetivo de cada avaliação (ISO, 2006a). Os resultados de um estudo de ACV podem ser empregados para a tomada de decisão, para o aprendizado e a exploração do sistema e para realizar comunicações diversas (Baumann & Tillman, 2004). Neste primeiro, a ACV pode ajudar a fundamentar as escolhas realizadas durante o desenho e desenvolvimento do produto e de processos, as atividades de compra e prestar suporte no atendimento de medidas regulamentares e instrumentos políticos. Auxilia também na identificação de oportunidades de melhorias e na seleção de indicadores de desempenho ambiental, bem como na comunicação de declarações acerca do produto e na elaboração de rótulos baseados no ciclo de vida.

#### 4. Experiências na aplicação da ACV em SGAs

As principais obras sobre o tema deste artigo foram identificadas por meio de uma revisão sistemática. O processo de condução da pesquisa em uma revisão sistemática segue uma seqüência bem definida de cinco passos metodológicos, a saber: formulação do problema, coleta de dados, avaliação dos dados, análise e interpretação dos dados e conclusão e apresentação, conforme estabelecido por Biolchini et al. (2005). As questões centrais que motivaram esta revisão sistemática foram “a ACV pode ser aplicada em SGA?” e “como esta

aplicação pode ser conduzida?”. Foram utilizadas as palavras-chave *life cycle assessment*, *environmental management system*, *avaliação do ciclo de vida* e *sistema de gestão ambiental*, e algumas variações como *lifecycle*, *life-cycle*, *analysis*, *systems*, *ISO 14000*, *ISO 14001*, *LCA*, *EMS*, *gerenciamento*, *ACV* e *SGA*, num total de 90 combinações (*strings*), nos idiomas inglês e português. O resultado esperado foi identificar metodologias de aplicação da ACV vem SGA.

As bases de dados consultadas para o levantamento da revisão foram *ISI Web of Knowledge*, *Science Direct*, *IEEE Explore*, *Scirus*, *Emerald*, *Compendex*, *Scopus* e *Google Scholar*, resultando na identificação de 492 artigos, sendo que 100 deles estavam em duplicidade. A análise inicial do conteúdo dos 392 artigos encontrados foi realizada por meio da leitura dos resumos e da aplicação dos critérios de inclusão, tais como a data do artigo ser posterior a data de publicação da primeira versão da norma ISO 14001, ou seja, 1996, palavras-chave do artigo relacionadas a busca proposta inicialmente, e o desenvolvimento de modelos de gestão que integrassem a ACV ao SGA. Os artigos que atenderam a estes critérios foram catalogados em uma planilha do Microsoft Excel, de acordo com as seguintes informações: autor(es), título, palavras-chave, ano da publicação, resumo, tipo de publicação, fonte (instituição), origem (país do autor principal), citações e referências. Foram excluídos os artigos que não atenderam aos critérios acima citados ou não estavam disponíveis em versão completa. O refinamento da busca resultou em 45 artigos, sendo que apenas 6 atenderam aos requisitos estabelecidos, relacionando a ACV ao SGA, e cujo conteúdo é abordado a seguir. Os demais artigos apenas citavam as palavras-chaves ou mencionavam as duas ferramentas, mas não fazendo uma correlação entre elas.

Um dos seis artigos propõe o emprego da ACV na etapa de identificação de aspectos e avaliação de impactos ambientais – requisito 4.3 “Planejamento” de ABNT (2004). Desenvolvido por um grupo de suíços (Zobel *et al.*, 2002), este método ressalta a importância da identificação de aspectos ambientais significativos para o controle dos objetivos ambientais, e conseqüente melhoria do desempenho de programas de gestão. A assimilação desses aspectos, segundo os autores, é essencial para identificar e controlar os impactos potenciais significativos que possam ser causados pelas atividades industriais, prevenindo, por meio de monitoramento, o acontecimento de danos ambientais.

O método apresentado por pesquisadora inglesa utiliza a ACV orientada para SGAs visando a seleção, a otimização e o *design* de processos (Azapagic, 1999). A seleção consiste na escolha da melhor técnica disponível para a produção de determinado bem, considerando o ambiente como um todo, e não apenas a organização. A otimização integra a maximização dos benefícios econômicos com a melhoria do desempenho ambiental das organizações. Recentemente, as empresas começaram a incorporar o pensamento de ciclo de vida no processo de concepção e melhoria de procedimentos, estabelecendo assim uma ligação entre os impactos ambientais, operação e economia do processo. O *design* de processos é aplicado na concepção do produto, ou seja, as considerações ambientais são incorporadas na fase inicial do projeto, juntamente com as tecnologias, materiais, consumo, legislação, desempenho do produto e critérios econômicos. Isto permite uma comparação quantitativa das diferentes rotas tecnológicas para a produção do mesmo conjunto de produtos utilizando as mesmas matérias-primas, bem como uma avaliação das diferentes matérias-primas.

O método *Product-Oriented Environmental Management Systems* (POEMSs) (Andriola *et al.*, 2009) foi desenvolvido por um grupo italiano, e está sendo utilizado como uma simplificação, técnica e operacional, da aplicação da norma ISO 14001. O POEMSs busca identificar, por meio da ACV, os aspectos ambientais mais relevantes associados a um

produto. Após essa identificação, no ciclo de vida do produto, dos aspectos e potenciais impactos ambientais, implementa-se o SGA. É gerado um relatório ambiental que embasa a certificação do produto conforme o POEMSs. O método vem sendo desenvolvido em escala piloto em países europeus, como Holanda, Alemanha, França, sendo financiados por setores industriais e os governos locais.

Instituído pelo governo holandês, por meio da política ambiental nacional, o *Product-oriented Environmental Management Systems* (P-EMS) tem como objetivo promover iniciativas de gestão para que as empresas implementem melhorias ambientais em seus produtos considerando uma abordagem de ciclo de vida (Berkel *et al.*, 1999). Assim como a norma ISO 14001, o P-EMS é baseado no ciclo PDCA de Deming (*Plan-Do-Check-Act*), sendo considerado como uma extensão das funções e dos sistemas de gestão ambiental já existentes, incentivando a troca de informações entre os diferentes atores da cadeia produtiva, para que, de forma paralela, medidas sejam tomadas para reduzir o impacto ambiental de seus respectivos produtos. O sucesso obtido com sua implementação tem sido atribuído ao foco nos parceiros, que tem um forte incentivo para agir, e em melhorias com retorno em curto prazo.

Iniciativas dentro do setor privado também estão sendo elaboradas na tentativa de incorporação de quesitos ambientais nos produtos. O *Product-Based Environmental Management System* (PBEMS) foi desenvolvido pela empresa francesa Lucent Technologies para controlar os aspectos ambientais significativos dos produtos de *hardware*, de uma de suas unidades de negócio (Donnelly *et al.*, 2006). Em vez de contemplar meramente os processos produtivos e controlar os problemas ambientais que eles causam, o PBEMS direciona para a inserção de princípios de sustentabilidade nos processos tradicionais de desenvolvimento de produto através do *ecodesign*. Os autores ressaltam ainda que a integração da variável ambiental no projeto e desenvolvimento do produto deve envolver o estudo de uma variedade de impactos potenciais, a fim de garantir que a minimização de um impacto negativo não resulte no aumento de outro.

O último artigo levantado, escrito por suíços, realiza uma revisão e caracterização de 18 ferramentas de avaliação de impacto disponíveis, entre elas a ACV e o SGA, visando um melhor entendimento de suas relações e aplicação (Finnveden & Moberg, 2005). As comparações realizadas objetivaram averiguar se estas ferramentas eram analíticas ou processuais, quais os tipos de impactos envolvidos, o objeto do estudo e se os estudos têm caráter descritivo ou orientador de mudanças. Por terem focos diferentes, a função de uma ferramenta não é capaz de substituir a outra. No entanto, elas podem ser combinadas, de forma a otimizar o resultado da avaliação.

## **5. Considerações Finais**

De acordo com os resultados obtidos na revisão bibliográfica sistemática, existem muitas pesquisas acerca de ferramentas ambientais, incluindo ACV e SGA. Essas ferramentas impulsionam a produtividade e a competitividade de empresas que buscam inovação e minimização de custos, permitindo a entrega de produtos e serviços de melhor qualidade aos clientes. Embora ambas foquem o estudo dos impactos aos recursos naturais, a ACV é tradicionalmente utilizada para produtos, enquanto o SGA é implementado para direcionar ambientalmente os processos em longo termo.

Mesmo sendo empregada na avaliação ambiental de sistemas de produtos, a ACV possibilita a identificação de etapas do processo industrial passíveis de aprimoramento. De modo geral, devido à sua natureza, ou seja, dependendo das características de seus processos de fabricação, de sua posição no mercado e de seu(s) produto(s) manufaturado(s) ou

comercializado(s), por exemplo, algumas empresas tem maior potencial para implementar melhorias ambientais orientadas para o produto do que outras, que podem e devem continuar trabalhando na otimização de seus processos.

As iniciativas de sistemas de gestão ambiental orientados para a cadeia do produto encontradas atualmente estão ocorrendo, em sua maioria, em países europeus, de forma isolada e em caráter voluntário. Identifica-se, desta forma, a necessidade de incentivo para aumentar a adesão a esta prática de forma regulamentada e preferencialmente estabelecidas por normas internacionais específicas.

Recomenda-se, para continuidade deste trabalho, um estudo detalhado sobre a integração das particularidades da ACV em outros requisitos do SGA especificados pela norma ISO 14001, e não apenas voltada para a identificação dos aspectos e avaliação dos impactos (item 4.3.1 “aspectos ambientais), como tem sido empregada nos modelos atuais. Uma prévia desta integração é apresentada no quadro 2. Entretanto, estudos práticos futuros são sugeridos para fundamentar, de forma mais realista, as potencialidades e limitações do uso da ACV em SGAs.

Requisitos	Cláusulas	Inserção da ACV
4.1 Requisitos gerais	---	---
4.2 Política ambiental	---	A política ambiental deve apontar o comprometimento com o desempenho ambiental de seus produtos, bem como processos.
4.3 Planejamento	4.3.1 Aspectos ambientais	4.3.1 O levantamento dos aspectos ambientais e impactos potenciais significativos deve ser conduzido de forma a contemplar todo o ciclo de vida do produto.
	4.3.2 Requisitos legais e outros	4.3.2 Todos os atores da cadeia devem demonstrar atendimento aos requisitos legais específicos à suas atividades.
	4.3.3 Objetivos, metas e programa(s)	4.3.3 Devem ser estabelecidos objetivos, metas e programas que englobem o escopo da ACV.
4.4 Implementação e operação	4.4.1 Recursos, funções, responsabilidades e autoridades	4.4.1 Deve haver recursos assegurados para a aplicação da ACV em todas as unidades de processo, assim como a definição dos responsáveis e suas atividades relacionadas à
	4.4.2 Competência, treinamento e conscientização	

		ACV.
		4.4.2 Deve haver interação entre os responsáveis pelos dados nas unidades de processo, para garantir que a coleta siga os mesmos critérios ao longo da cadeia.
	4.4.3 Comunicação	4.4.3 As informações ambientais referentes ao produto devem ser disponibilizadas a todos os atores da cadeia, ajudando na busca de melhorias.
	4.4.4 Documentação	
	4.4.5 Controle de documentos	
	4.4.6 Controle operacional	
	4.4.7 Preparação e resposta à emergências	4.4.4 / 4.4.5 O relatório contendo os resultados do estudo de ACV devem armazenados junto com os demais documentos do SGA e ser passível de auditoria.
		4.4.6 Ações conjuntas devem ser tomadas para a solução de itens significativos identificados no ciclo de vida do produto.
	4.5.1 Monitoramento e medição	
4.5 Verificação	4.5.2 Avaliação do atendimento a requisitos legais e outros	---
	4.5.3 Não-conformidade, ação corretiva e ação preventiva	
	4.5.4 Controle de registros	
	4.5.5 Auditoria interna	
4.6 Análise pela administração	---	Assim como o SGA, o relatório final do estudo de ACV deve ser analisado criticamente pela alta administração, que, se necessário, pode solicitar as devidas alterações.

QUADRO 2 – Inserção da ACV nos requisitos da norma ISO 14001. Fonte: Elaboração própria da ABNT (2004) e ISO (2006a e 2006b)

**Referências**

Andriola L, Buonamici R, Caropreso G, Luciani R, Masoni P & Romani R. 2009. *Advances in Life Cycle Assessment and Environmental Management Systems: An Integrated-Approach Case Study for the Wood-Furniture Industry*. <http://www.ex-elca2.bologna.enea.it/cm/retreiveATT?idAtt=3226>.



- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). 2004. *NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso*. ABNT, 2 ed, Rio de Janeiro, Brasil: 27 p.
- Azapagic A. 1999. Life Cycle Assessment and its application to process selection, design and optimization. *Chemical Engineering Journal*, 73: 1-21.
- Baumann H, Tillman AM. 2004. *The Hitch Hiker's Guide to LCA: an orientation in life cycle assessment – methodology and application*. Studentlitteratur AB, Lund, Suécia: 543 p.
- Berkel RV, Kampen MV, Kortman J. 1999. Opportunities and constraints for Product-oriented Environmental Management Systems (P-EMS). *Journal of Cleaner Production*, 7: 447-455.
- Biolchini J, Mian, PG, Natali, ACC & Travassos, GH. 2005. *Systematic Review in Software Engineering*. Technical Report RT – ES 679/05. Systems Engineering and Computer Science Department, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: 30 p.
- Donnelly K, Beckett-Furnell Z, Traeger S, Okrasinski T & Holman S. 2006. Eco-design implemented through a product-based environmental management system. *Journal of Cleaner Production*, 14: 1357-1367.
- Finnveden G, Moberg Å. 2005. Environmental systems analysis tools: an overview. *Journal of Cleaner Production*, 13: 1165-1173.
- Höjer M, Ahlroth S, Dreborg KH, Ekvall T, Finnveden G, Hjelm O, Hochschorner E, Nilsson M & Palm V. 2008. Scenarios in selected tools for environmental systems analysis. *Journal of Cleaner Production*, 16: 1958-1970.
- ISO (International Organization for Standardization). 2000. *ISO/TR 14049: Environmental management – Life cycle assessment – Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis* (Technical Report). ISO copyright office, Genebra, Suíça, 43 p.
- ISO (International Organization for Standardization). 2002. *ISO/TS 14048: Environmental management – Life cycle assessment – Data documentation format* (Technical Specification). ISO copyright office, Genebra, Suíça, 41 p.
- ISO (International Organization for Standardization). 2003. *ISO/TR 14047: Environmental management – Life cycle impact assessment – Examples of application of ISO 14042* (Technical Report). ISO copyright office, Genebra, Suíça, 94 p.
- ISO (International Organization for Standardization). 2006a. *ISO 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*. ISO copyright office, Genebra, Suíça, 21 p.
- ISO (International Organization for Standardization). 2006b. *ISO 14044: Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*. ISO copyright office, Genebra, Suíça, 47 p.
- Moreira MS. 2006. *Estratégia e Implantação do Sistema de Gestão Ambiental Modelo ISO 14000*. INDG Tecnologia e Serviços Ltda, Nova Lima. INDG, 2 ed, São Paulo, Brasil: 320 p.
- Zobel T, Almroth C, Bresky J & Burman JO. 2002. Identification and assessment of environmental aspects in an EMS context: an approach to a new reproducible method based on LCA methodology. *Journal of Cleaner Production*, 10: 381-396.