

# Avaliação do Ciclo de Vida: uma comparação de embalagens de papel e plástico para chocolates

*Life Cycle Assessment: a comparison of a plastic and paper packaging for chocolates*

Marla Josefa Mujovo; Simone Sartori; Cristiano Roos; Alexandra Rodrigues Finotti; Lucila Maria de Souza Campos; Sebastião Roberto Soares

**Palavras-Chave:** Avaliação do Ciclo de Vida; Critérios Ambientais; Embalagem de papel; Embalagem de plástico.

**Keywords:** Life Cycle Assessment; Environmental Criteria; Paper Packaging; Plastic Packaging.

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo a Avaliação do Ciclo de Vida referente à comparação do desempenho ambiental de uma embalagem de plástico e uma embalagem de papel. As embalagens de chocolates foram analisadas por meio de uma abordagem sistemática para quantificar os fluxos de energia e de materiais no ciclo de vida do produto. Na avaliação realizada de forma individual para as duas embalagens, destaca-se que a etapa da embalagem primária é a maior geradora de impacto ambiental para o critério de combustíveis fósseis, seguida da etapa da embalagem terciária e disposição final dos resíduos. Quanto aos danos causados pelos produtos ou processos, destacam-se o uso de combustíveis fósseis e o uso da terra. Conforme análises realizadas, recomenda-se o uso da embalagem de plástico uma vez que apresenta menores impactos para o meio ambiente e a sociedade.

## ABSTRACT

This proposal work aims to Life Cycle Assessment regarding the comparison of the environmental performance of a plastic and paper packaging. The packaging of chocolates was analyzed by means of a systematic approach to quantify the flows of energy and materials in the product life cycle. In the evaluation performed individually for the two packages, it is emphasized that the stage of primary packaging is the largest generator of environmental impact criteria for fossil fuels, then the stage of tertiary packaging and disposal of waste. As for damage caused by products or processes, we highlight the use of fossil fuels and land use. As analyzes, we recommend the use of plastic packaging since it has less impact on the environment and society.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, os problemas ambientais e políticas ambientais incentivam as empresas para adoção de uma postura racional em relação às suas interações com o meio para superar a abordagem meramente técnica ou econômica. As auditorias e avaliações ambientais fazem parte das funções empresariais como instrumentos de gestão, permitindo identificar os impactos ambientais, a melhor forma de controle e sua minimização (Barbieri, 2007).

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta ambiental que compara o desempenho dos produtos e analisa quais as opções são viáveis ou não para o seu desempenho funcional associado aos custos ambientais (ISO, 2006). A ACV abrange todas as etapas 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. As entradas e saídas são avaliadas por seus impactos adversos sobre a sustentabilidade ao considerar os recursos renováveis e não renováveis, a saúde humana, a biodiversidade, entre outros, ao longo do tempo. Uma vez que estes são conhecidos, podem ser tomadas medidas para atenuar o impacto das saídas (ou estoques) no ambiente (Lee e Xu, 2005). Neste contexto, a ACV fornece visão geral do real impacto causado pela fabricação e uso de certo produto, determinando as etapas críticas da produção que proporcionam altas cargas ambientais ou que consumam grandes quantidades de recursos naturais. Com isso, pode-se

determinar o desempenho ambiental, comparando mais de um produto ou processo e avaliar qual será a melhor opção (Nigri et al. 2009).

Atualmente, é crescente o interesse das indústrias, dos especialistas ambientais, autoridades, associações de consumidores, organizações ambientais e pesquisadores pelo método da ACV como forma de conhecer a qualidade ambiental dos processos de produção e dos produtos. No âmbito governamental e industrial, a ACV encoraja as empresas para a adoção de técnicas de reciclagem e estratégias de reutilização de forma a amenizar o consumo de recursos e os resíduos gerados.

Num sistema de fabricação de um produto, a embalagem é um integrante que não pode ser desconsiderada ou prejudicada, mas ao mesmo tempo é importante observar as suas cargas ambientais (Paine, 1996). A embalagem possui um ciclo de vida próprio, inclui as fases de pré-produção, produção, distribuição, uso e descarte, além de desempenhar funções específicas, e, portanto, geram trocas com o meio ambiente e impactos ambientais (Manzini e Vezzoli, 2008).

De forma a contribuir no campo teórico e prático da avaliação ambiental, o presente estudo tem por objetivo aplicar a Avaliação do Ciclo de Vida, conforme as definições constantes na NBR 14040/2009 e 14044/2006, para comparar o desempenho ambiental de embalagens de plástico e de papel com o intuito de subsidiar a tomada de decisão sobre qual a embalagem que trará menores impactos ambientais. Foi considerado o caso de embalagens de chocolates. Os impactos desses produtos foram avaliados em todo o seu ciclo de vida: (i) aquisição das matérias primas; (ii) fabricação das embalagens; (iii) processo de embalar o produto; (iv) transporte e distribuição do produto embalado; (v) uso; e, (vi) transporte para reciclagem e disposição final.

### 1.1 APLICAÇÕES DA ACV

A ACV é utilizada em uma grande variedade de propósitos e baseia-se nos seguintes objetivos (EPA, 1993): (i) estabelecimento de uma base de dados sobre o consumo de recursos e os rejeitos gerados pelo sistema de produto; (ii) identificação de etapas do ciclo de vida de um produto ou processo, onde as reduções do consumo de recursos e da geração de rejeitos possam ser alcançadas; (iii) comparação dos impactos ambientais, associados a produtos, processos ou atividades, que apresentam a mesma função; e, (iv) auxílio no desenvolvimento de novos produtos, processos ou atividades, permitindo melhorias em seu desempenho ambiental.

Em vários tipos de atividades encontram-se aplicações difundidas, como em automóveis, construção, eletrônicos, produtos químicos, têxteis, embalagens e uma série de outros setores (Lee e Xu, 2005). Na indústria de embalagens, vários estudos têm sido feitos para comparar os pacotes usados em diferentes aplicações (Ross e Evans, 2003; Huang e Ma, 2004; Siracusa et al., 2011) e as embalagens de alimentos é um deles. A função básica da embalagem é proteger e preservar os alimentos naturais ou fabricados artificialmente e, simultaneamente, dar uma apelação na prateleira por meio da estética.

Em se tratando do desempenho de diferentes conjuntos de embalagem usando ACV, Borschiver, Mendes e Antunes (2002) estudaram a cadeia produtiva de embalagens plásticas para alimentos. Almeida et al. (2010) estudaram a seleção de materiais para embalagens de bebidas. Madi (1999) analisou o ciclo de vida de embalagens com ênfase na detecção dos pontos críticos dos processos de produção e disposição final da embalagem.

Zabaniotou e Kassidi (2003) compararam embalagens de ovos feitas a partir de reciclagem de papel e de poliestireno. Como resultado, os autores concluíram que as embalagens de papel reciclado são menos impactantes que as embalagens de poliestireno. Ross e Evans (2003) estudaram os efeitos ambientais do reuso e reciclagem de um sistema de embalagem com base no plástico. Os autores concluíram que o reuso e a reciclagem diminuem significativamente os resíduos para a deposição final, e conseqüentemente o impacto na fase de extração da matéria prima para a fabricação.

Valt (2004) usou ACV para comparar as embalagens PET de alumínio e de vidro para refrigerantes, variando a taxa de reciclagem dos materiais. Wang e Hua (2006) demonstraram nos seus estudos que a reciclagem de papel aumentou o consumo de combustíveis fósseis e as emissões de efeito estufa e gases acidificantes.

Xie et al. (2011) compararam os impactos causados entre duas embalagens de leite, a primeira na base de papel laminado, polietileno e alumínio, e a segunda embalagem na base de polietileno. Os resultados indicaram que a embalagem de polietileno apresentou menor impacto ambiental em relação à outra.

Projetar embalagens sustentáveis em termos ambientais tem sido uma preocupação recorrente: durante todas as fases do projeto devem ser consideradas as possíveis implicações ambientais ligadas às fases do próprio ciclo de vida do produto (pré-produção, produção, distribuição, uso e descarte) buscando, assim, minimizar todos os efeitos negativos possíveis.

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa é composta de quatro etapas principais: (i) Definição da unidade funcional; (ii) Métodos de Análise; (iii) O sistema de produto a ser estudado; e, (iv) A análise do inventário do ciclo de vida; (v) Interpretação.

### 2.1 UNIDADE FUNCIONAL

A unidade funcional deve se referir com base na função que o produto se propõe a cumprir. Ela é estabelecida para fornecer uma base de referência em relação à qual os dados de entrada e saída inventariados são normalizados num sentido matemático, sendo essencial que a mesma seja mensurável (ISO, 2006). Dada que a função do sistema é o uso do produto, o que determina também a sua unidade funcional, o sistema estudado tem por função principal embalar chocolates, bem como transportar e proteger os chocolates.

Como função principal do produto, destaca-se a quantidade de papel e de plástico necessária para embalar chocolate. Assim, a unidade funcional deste estudo foi definida como: número de embalagens para kg de chocolate embalado em relação aos dados de entrada e saída do sistema.

Definida a unidade funcional também se deve estabelecer um fluxo de referência, o qual mede a quantidade do produto necessário para cumprir com a função expressa pela unidade funcional. Assim, o fluxo de referência para o sistema atual é de 7,7 embalagens de plástico e 7,94 embalagens de papel, o que assegura a comparabilidade dos resultados. Esse fluxo de referência se deve a seguinte situação: (i) um envelope individual em polipropileno (PP), inserido em uma caixa de papelão (18 envelopes por caixa), uma folha de papelão ondulado é utilizado como reforço e um filme de polipropileno (PP) recobrimdo tudo. A embalagem permite que o tamanho das barras de chocolate seja de 7g de chocolate.

### 2.2 MÉTODOS DE ANÁLISE

Dado os vários métodos de análise de impacto do ciclo de vida disponíveis na literatura, foram usados o método CML 2000 com base no ano 1995

(Tabela 1) e o método ECO INDICATOR 99 endpoint H/H (tabela 2). O primeiro método (CML 2000) foi escolhido devido a sua aplicabilidade nas categorias de impacto e da sua abordagem orientada para o problema. O segundo método foi escolhido pelo fato da sua abordagem ser voltada aos danos causados por produtos ou processos e não a diversas categorias de impacto.

Tabela 1:

Categorias de impacto utilizadas no método CML 2000	
Categoria de impacto	Unidade
Depleção dos recursos abióticos	Kg equivalente antimônio/kg de extração
Aquecimento Global	Kg equivalentes CO <sub>2</sub> /kg de emissão
Depleção da camada de ozônio	kg equivalentes CFC 11/kg de emissão
Toxicidade humana	Equivalentes 1,4 DB/kg de emissão
Eco toxicidade aquática água doce	Equivalente 1,4 DB kg de emissão
Eco toxicidade aquática água marinha	Equivalente 1,4 DB kg de emissão
Eco toxicidade terrestre	Equivalente 1,4 DB kg de emissão
Formação do ozônio fotoquímico	kg equivalente C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> / kg de emissão
Acidificação	Kg equivalente So <sub>2</sub> / kg de emissão
Eutrofização	Kg equivalentes PO <sub>4</sub> / kg de emissão

Tabela 2: Categorias de impacto utilizadas no método Eco-Indicator 99

Categoria de impacto	Unidade
Saúde humana	DALLY
Qualidade do ecossistema	PDF
Recursos	MJ de energia adicional

### 2.3 O SISTEMA DE PRODUTO A SER ESTUDADO

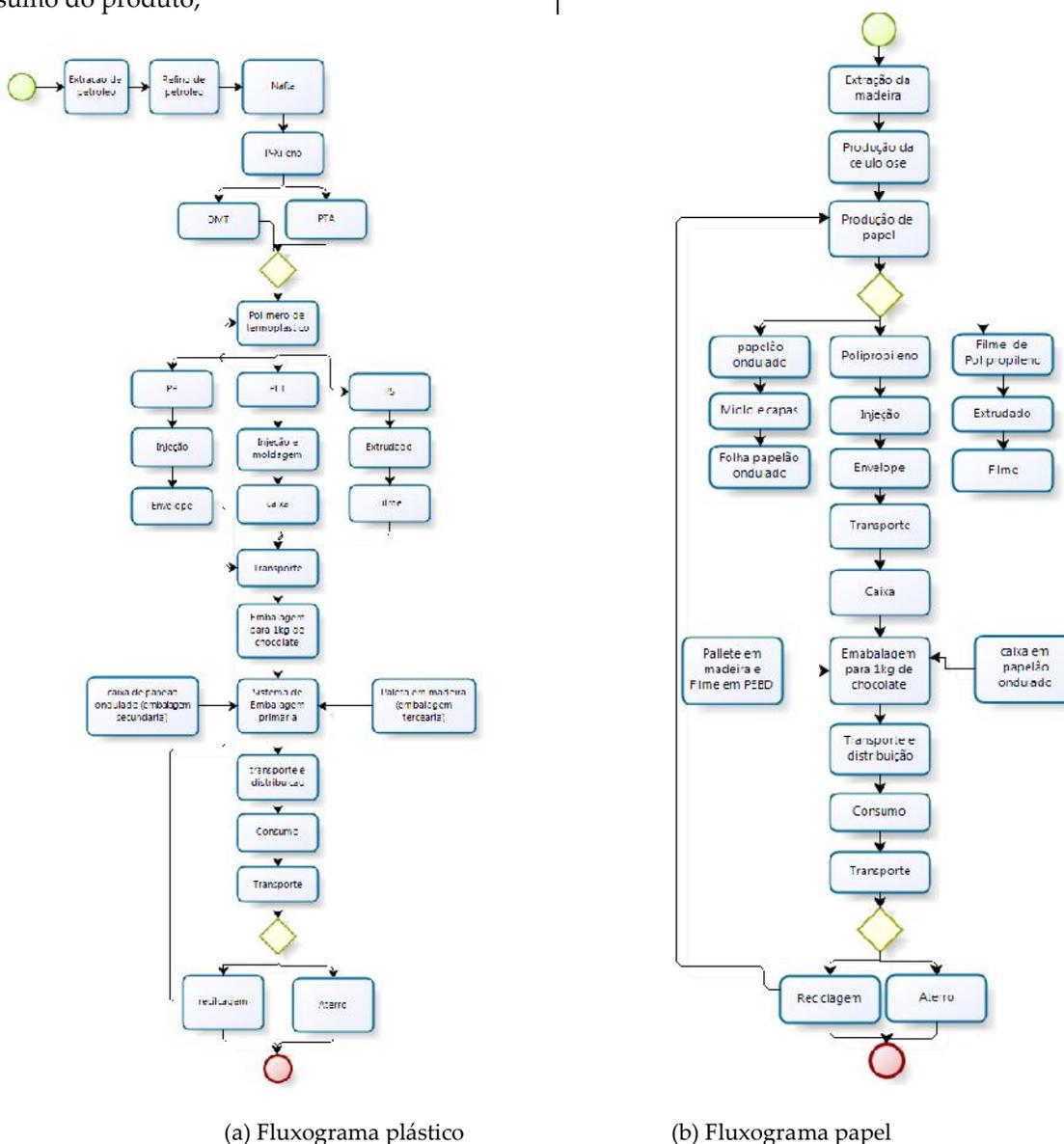
Um sistema embalagem é um conjunto de operações e materiais necessários para movimentar produtos de um ponto de origem até o ponto final de consumo, incluindo-se máquinas, equipamentos e vínculos para o seu embarque. Com isso, abrange não apenas elementos físicos, mas organizacionais e estruturais.

Assim, a análise de uma embalagem de chocolate abrange os seguintes processos elementares:

- i. Matéria-prima básica, no qual se encontram provenientes de polietileno, poliestireno, polietileno-terafitalato para o plástico, e o cartão e o papelão oriundo da celulose para o papel;
- ii. Operações que conformam os materiais em embalagens por meio do uso de embaladeiras, o uso de energia elétrica, cola industrial/adesivos e iluminação;
- iii. Distribuição e transporte usando palletes para acomodação dos produtos e uso de caminhões;
- iv. Esvaziamento da embalagem por meio do consumo do produto;

v. Transporte das embalagens para aterro ou reciclagem da embalagem.

A fronteira adotada para o sistema compreende: i) a aquisição das matérias-primas; ii) a fabricação das embalagens; iii) o processo de embalar o produto; iv) o transporte e a distribuição do produto embalado; v) o uso; e vi) o transporte para reciclagem e a disposição final. As fronteiras podem ser vistas na Figura 1, nos quadrantes pontilhados: fluxograma do ciclo de vida do sistema plástico e do sistema papel.



(a) Fluxograma plástico

(b) Fluxograma papel

Figura 1: Ciclo de vida do Sistema plástico e do Sistema papel

Os valores referentes aos dados de entrada foram pesquisados para os anos entre 2010-2012, no qual pertencem aos projetos ELCD e Ecoivent processes. Para análise dos dados usou-se o software SimaPro.

#### 2.4 ANÁLISE DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA

A análise do inventário foi realizada de acordo com a divisão das atividades do ciclo de vida das embalagens nas unidades de processo. O objetivo do inventário é obter informações ambientalmente relevantes para as unidades de processo, de acordo com a definição do escopo, expresso como as trocas ambientais dos processos envolvidos no sistema do produto.

Para a realização do Inventário do Ciclo de Vida (ICV), usou-se de três procedimentos:

I. Sequência principal de produção: decorre do fornecimento do material (derivados de petróleo) para a fabricação do polipropileno (PP), inserido em uma base de poliestireno (PS) (20 envelopes/base), colocados em uma caixa de polietileno-terafitalato (PET) na produção das embalagens para o plástico; para as embalagens de papel, decorrem as funções de fornecimento de material (derivados da celulose) para a fabricação de um envelope individual em polipropileno (PP), inserido em uma caixa de papelão (18 envelopes/caixa), uma folha de papelão ondulado

utilizado como reforço e um filme de polipropileno (PP) recobrimdo tudo.

II. Uso de materiais auxiliares: usou-se da maquinaria necessária para embalar o processo principal, sendo considerado o gasto de energia desta embaladora.

III. Uso de transporte: considerou-se o caminhão para o transporte dos materiais, posteriormente o transporte da embalagem até o consumidor e a sua disposição final (aterro ou reciclagem). No transporte, considerou-se o pallette, e este foi construído com base na literatura, a etapa de uso do pallette em madeira, o qual é reutilizado em outros transportes por dez (10) vezes.

Nos três grupos de operações, as entradas de material são matérias-primas do ambiente e, portanto, as operações necessárias para extrair estes materiais do ambiente não foram incluídas dentro dos limites do sistema.

As Tabelas 3 e 4 apresentam a constituição inicial do material usado para as embalagens de papel e plástico. As figuras 3 e 4 mostram a produção de embalagem de plástico e papel, apresentando a quantidade de insumos na produção de uma embalagem para chocolate. A coleta de dados foi desenvolvida a partir de uma revisão bibliográfica sobre os temas envolvidos: coleta de dados dos processos de fabricação das caixas de papel e plástico e o banco de dados do Ecoivent e ELCD.

Tabela 3: Insumos do Sistema plástico

Sistema Plástico		Peso	Transporte caminhão
<b>Embalagem primária</b>	Envelope individual em PP (extrudado, filme)	0,0069	2500km
	Base em OS (injetado) (20envelopes/Base)	0,04	900km
	Caixa em PET 50%virgem/50% reciclado (filme)	0,036	800km
<b>Embalagem secundária</b>	Caixa em papelão ondulado - 10 caixas/caixa	0,14	150km
<b>Embalagem terciária</b>	Pallette em madeira (reutilizado em outros sistemas de produtos 112 caixas/pallette)	16kg	100km
	Filme em PEBD	0,02	100km
<b>Montagem</b>	Energia elétrica	1,2 Kw/h	
<b>Distribuição</b>	Caminhão - produto final e embalado	250km	
Aterro	Transporte	Reciclagem	Transporte
75%	PET (embalagem primária)	25%	100km
100%	PS e PP (embalagem primária)	0%	100km
0%	Papelão ondulado (embalagem secundária)	100%	100km
100%	Filme em PEBD (embalagem terciária)	0%	100km

Tabela 4: Insumos do Sistema papel

Sistema Papel		Peso	Transporte caminhão
Embalagem primária	Envelope individual em PP (extrudado)	0,054	2500km
	Caixa em papelão (18 envelopes/caixa)	0,05	3000km
	Folha de papelão ondulado	0,01kg	50km
	Filme em PP (extrudado)	0,0085	100km
Embalagem secundária	Caixa em papelão ondulado - 6 caixas/caixa	0,1	150km
Embalagem terciária	Pallete em madeira (reutilizado em outros sistemas de produtos 270 caixas/pallete)	16kg	100km
	Filme em PEBD	0,25kg	100km
Montagem	Energia elétrica		1,2 Kw/h
Distribuição	Caminhão - produto final e embalado		250km
Aterro	Transporte	Reciclagem	Transporte
40%	Papelão branco e papelão ondulado (embalagem primária)	60%	100km

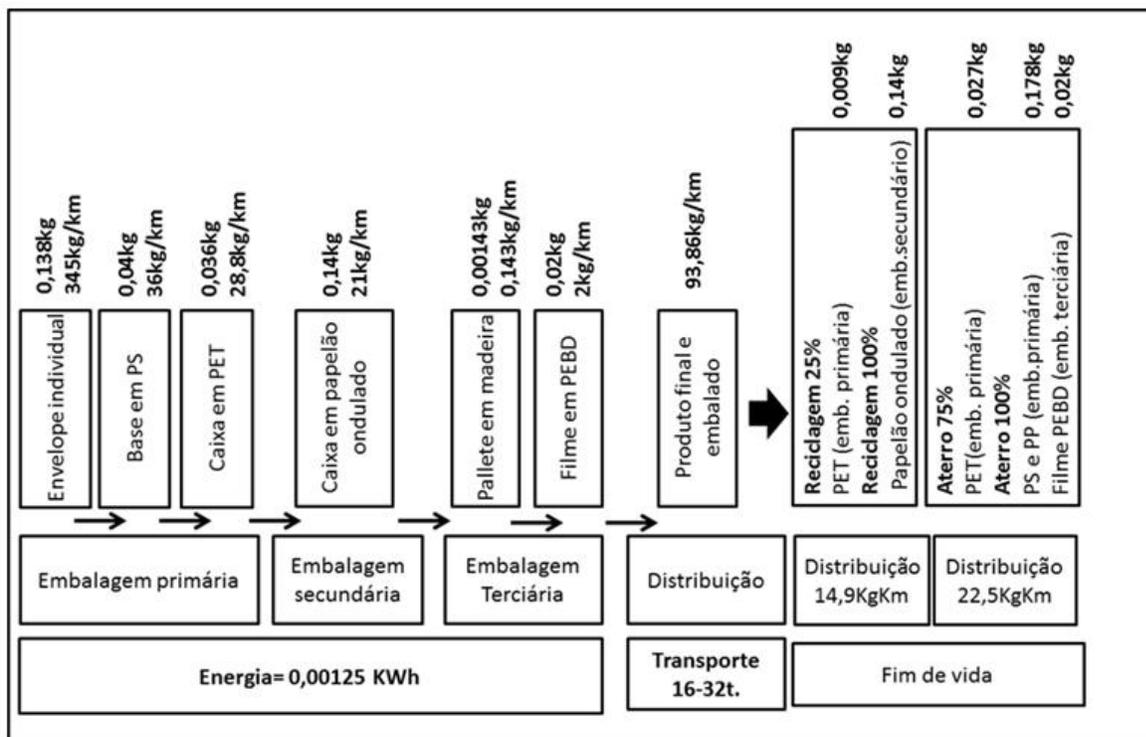


Figura 3: Insumos utilizados na produção de uma embalagem de plástico

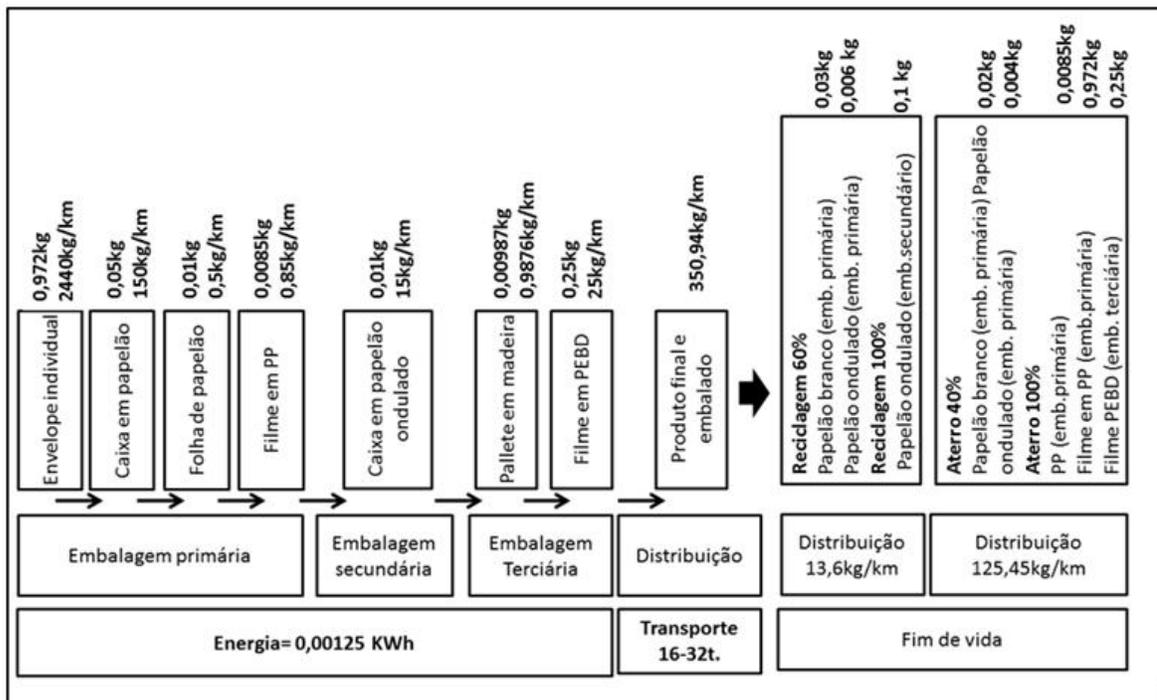


Figura 4: Insumos utilizados na produção de uma embalagem de papel

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 AVALIAÇÕES DOS IMPACTOS DO CICLO DE VIDA

A análise do Impacto do Ciclo de Vida (AICV) é um processo técnico, quantitativo e qualitativo para caracterizar e avaliar os efeitos das cargas ambientais identificadas na componente inventário. Portanto, conforme a ISO 14040 (2009), apresentam-se as categorias de impacto e o critério do indicador único de avaliação de danos.

A Figura 5 apresenta os impactos ambientais das embalagens de papel e de plástico, conforme Modelo CML 2000. Na caracterização da embalagem de papel, gráfico do lado esquerdo da Figura 5, observa-se que a embalagem primária

contribui em todas as categorias de impacto, e principalmente com 70% na depleção de recursos abióticos, 60% na acidificação e aquecimento global e 62% na categoria de Smog fotoquímico.

Na caracterização da embalagem de plástico, gráfico do lado direito da Figura 5, a embalagem secundária contribui em todas as categorias de impacto, mas principalmente na eutrofização, toxicidade humana e eco toxicidade aquática marinha. Isso se deve às emissões realizadas no processo de água como (DBO, DCO) escolhido no banco de dados SimaPro. Além disso, a embalagem primária possui fortes impactos na depleção abiótica (72%), oxidação fotoquímica (65%), na acidificação (61%) e em outras categorias com impacto muito menor quando comparado aos três maiores.

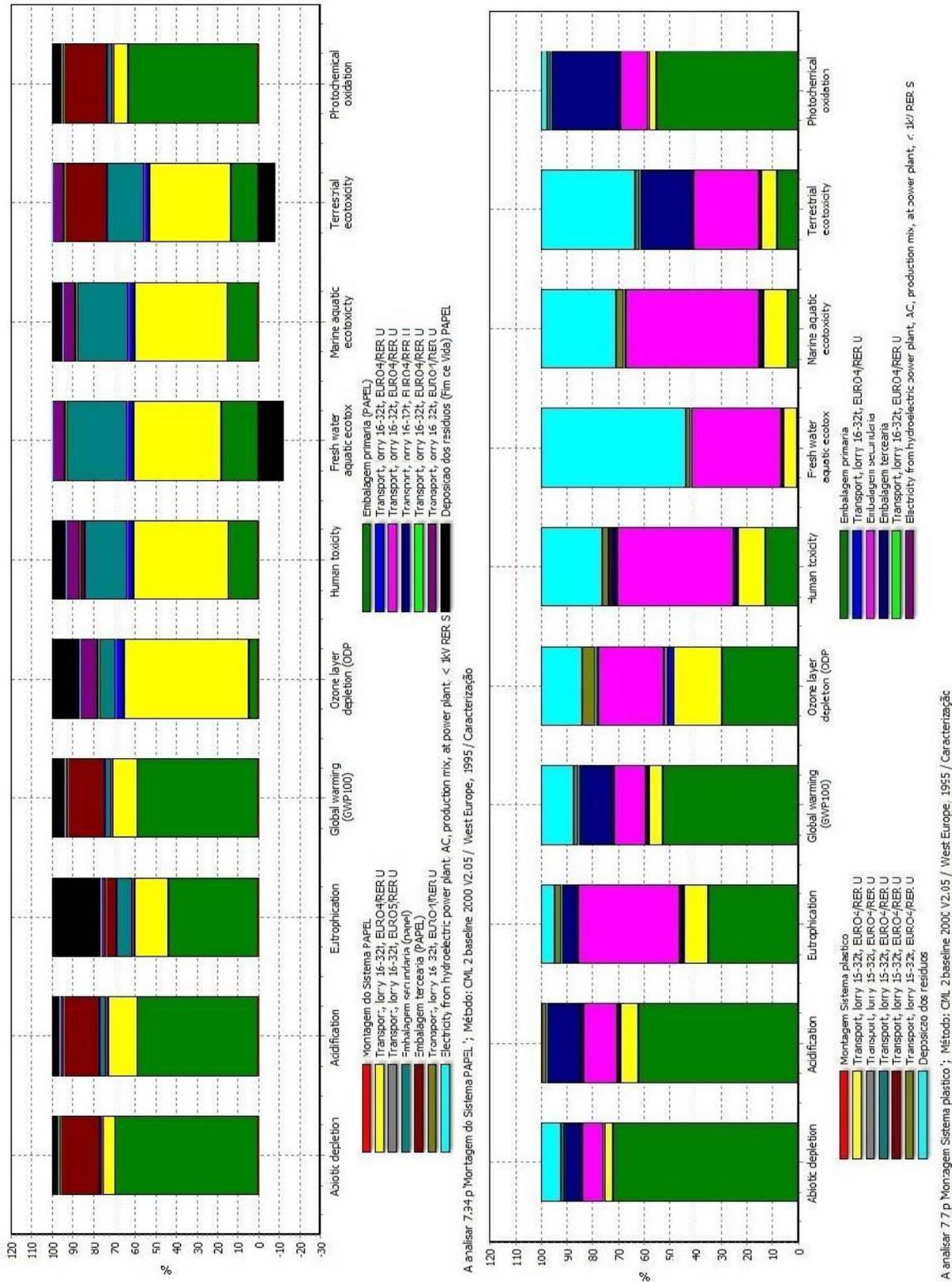


Figura 5. Impactos ambientais gerados no ciclo de vida da embalagem de papel e plástico pelo critério de caracterização - Modelo CML 2000.



A Figura 7 apresenta a comparação dos impactos ambientais gerados pelo ciclo de vida das embalagens de plástico e papel por meio do Modelo CML 2000 e Eco-Indicador 99 (H).

No gráfico do lado esquerdo da Figura 7, os impactos ambientais gerados pela embalagem de papel são superiores aos gerados pela embalagem de plástico em todas as categorias de impacto, sendo que a depleção abiótica possui maior discrepância na comparação. Esse resultado se deve, principalmente, às diferenças no uso dos recursos e produção. Os aspectos transporte, embalagem terciária e processamento de final de vida têm uma influência mínima no desempenho ambiental. A categoria de depleção dos recursos abióticos é a responsável pela maior parte do impacto ambiental

gerado pelo ciclo de vida da embalagem de papel seguida pela categoria de eco toxicidade aquática e marinha. Para tanto, a embalagem de papel deve ser usada 5 vezes ou mais para que seu potencial de aquecimento global seja inferior ao da embalagem de plástico. Entretanto, é improvável que a embalagem de papel possa ser regularmente reutilizada devido à sua baixa durabilidade.

No gráfico do lado direito da Figura 7 verifica-se que os impactos ambientais gerados pela embalagem de papel também são superiores em relação à embalagem do plástico, com exceção do critério do uso da terra. Considerando os impactos referentes ao uso da terra, a embalagem de plástico causa maior impacto devido ao tempo para se decompor quando não reciclado.



Figura 7: Comparação dos impactos ambientais da embalagem de plástico e embalagem de papel - Modelo CML 2000 e Eco-Indicador 99 (H).

Os resultados apresentados confirma que a embalagem de papel apresenta maior impacto ambiental no seu ciclo de vida quando comparado à embalagem de plástico. Esse resultado se deve principalmente a diferença entre o material constituído nas embalagens primárias.

No processo da montagem da embalagem primária para o sistema de embalagem de papel, os constituintes são formados com em polímero de termoplásticos (extração de petróleo) e pela celulose (extração de madeira), além disso, o transporte usado também apresenta um valor significativo.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por produtos e processos ambientalmente e economicamente sustentáveis vem ganhando importância, de modo que o sucesso econômico das empresas depende cada vez mais da extensão em que as mesmas conseguem atender as demandas da sustentabilidade. A ACV faz parte de uma das ferramentas de gestão ambiental, que por meio da compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais de um sistema de produtos, fornece subsídios necessários de modo a encontrar a melhor resposta nas questões dos impactos ambientais causados por um produto. Contribuindo para as análises das questões ambientais, esse estudo usou da Avaliação do Ciclo de Vida para a avaliação das consequências ambientais associadas às embalagens de plástico e papel, possibilitando analisar os balanços (ganhos/perdas) ambientais associados a esses produtos.

Os resultados expostos correspondem à fase da extração da matéria-prima requerida para compor tanto a embalagem de plástico como a de papel, a distribuição do produto embalado e o fim de vida. Destaca-se que a embalagem plástica apresenta menor impacto ambiental quando comparado à embalagem papel. A etapa constituída pela embalagem primária, no sistema papel, foi a

Na avaliação feita de forma individual para os dois sistemas (plástico e papel) a etapa da embalagem primária foi considerada como a maior geradora de impacto ambiental para o critério de combustíveis fósseis nos dois sistemas, seguido da etapa da embalagem terciária e da disposição final. As demais etapas não apresentam impactos significativos quando comparadas as três citadas. Quanto aos danos causados pelos produtos ou processos, destacam-se o uso de combustíveis fósseis e o uso da terra.

principal responsável pela diferença de impacto ambiental nos dois sistemas analisados.

As limitações do estudo se devem aos dados fornecidos pelo Software SimaPro versão demo, que por algumas vezes, optou-se pela substituição de alguns processos, como ocorrido na etapa "fim de vida". Bem como, a fase do consumo não foi considerada devido às limitações do programa.

O estudo mostra como a ACV pode subsidiar a tomada de decisão sobre escolha de produtos e processos baseado no seu desempenho ambiental se constituindo como uma poderosa ferramenta para a gestão ambiental.

Recomenda-se, para estudos futuros, a análise da qualidade dos dados conforme sugerido pela ISO/TR 14047:2003, bem como, as ferramentas de qualidade dos dados mencionadas na ISO 14042: análise de gravidade (importância), análise de incerteza e análise de sensibilidade. Recomenda-se também complementar o estudo com ACV que envolva a fase do consumo e com uma base de dados completa.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

## REFERENCIAS

- Almeida, C.M., Rodrigues, A.J.M., Bonilla, S.H., e Giannettiet, B.F. (2010). Emery as a tool for Ecodesign: evaluating materials selection for beverage packages in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 18(1), 32-43.
- Barbieri, J.C. (2007). *Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. 2ª Ed. São Paulo: Saraiva.
- Borschiver, S.; Mendes, C.D.S., e Antunes, A.M.S. (2002). Estudo prospectivo da cadeia produtiva de embalagens plásticas para alimentos. *Revista Inteligência Empresarial*, 12, 66-71.
- Coltro, L. (2007). *Avaliação do ciclo de vida como instrumento de gestão*. Campinas: CETEAL/ITAL.
- EPA (1993) *Life-cycle assessment: Inventory guide lines and principles*. Washington.
- Huang, C.C., e Ma, H.W. (2004). A multidimensional environmental evaluation of packaging materials. *Science of the Total Environment*, 324(1), 161-172.
- International Organization for Standardization (2006). *ISO 14.040: Environmental management – life cycle assessment – principles and framework*. Geneva.
- International Organization for Standardization (2003). *ISO/TR 14.047: Environmental management – life cycle impact assessment – examples of application of ISO 14042*. Geneva.
- Lee, S.G., e Xu, X. (2005). *Design for the environment: life cycle assessment and sustainable packaging issues*. *International Journal Environmental Technology and Management*, 5(1), 14-41.
- Madi, L.F.C (1999). *Análise do ciclo de vida de embalagens para o mercado brasileiro*. Instituto de tecnologia de alimentos (ITAL). Projetos PITE-FAPESP.
- Manzini, E., e Vezzoli, C. (2008). *O desenvolvimento de produtos sustentáveis*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- Nigri, E.M., Romeiro Filho, E., e Rocha, S.D.F. (2009). Cimento tipo Portland: uma aplicação da análise do ciclo de vida simplificada. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador – Bahia.
- Ross, S., e Evans, D (2003). The environmental effect of reusing and recycling a plastic-based packaging system. *Journal of cleaner production*, 11 (5), 561-571.
- Siracusa, V., Rosa, M.D., Romani, S., Rocculi, P., e Tylewicz, U. (2011). Life Cycle Assessment of multilayer polymer film used on food packaging field. *Procedia Food Science*, 1, 235-239.
- Paine, F.A. (2006). *The packaging user's handbook*. London: Chapman & Hall. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=nkBPWe-AA0YC&lpq=PP1&hl=pt-PT&pg=PA3#v=onepage&q&f=false>. Acesso: 05 dez. 2012.
- Valt, R.B. (2004). *Análise de ciclo de vida das embalagens PET de alumínio e de vidro para refrigerantes no Brasil variando a taxa de reciclagem dos materiais*. Dissertação de mestrado, Curitiba, Brasil.
- Wang, X.W., e Hua, B. (2006). Global scope assessment: a novel method and its application to the Chinese paper industry. *Energy Policy*, 35(3), 1610-1615.
- Xie, M., Li, L., Qiao, Q., Sun, Q., e Sun, T.(2011) A comparative study on milk packaging using life cycle assessment: from pa-pe-al laminate and polyethylene in China. *Journal of Cleaner Production*, 19(17), 2100-2106.
- Zabaniotou, A., e Kassidi, E. (2003). Life cycle assessment applied to egg packaging made from polystyrene and recycled paper. *Journal of Cleaner Production*, 11(5), p. 549-559.

**Autores**

**Marla Josefa Mujovo.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

E-mail: [marlamjv59@gmail.com](mailto:marlamjv59@gmail.com)

**Simone Sartori.** Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

E-mail: [simone.sartori@posgrad.ufsc.br](mailto:simone.sartori@posgrad.ufsc.br)

**Cristiano Roos.** Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

E-mail: [cristiano.roos@gmail.com](mailto:cristiano.roos@gmail.com)

**Alexandra Rodrigues Finotti.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

E-mail: [finotti@ens.ufsc.br](mailto:finotti@ens.ufsc.br)

**Lucila Maria de Souza Campos.** Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

E-mail: [lucila.campos@ufsc.br](mailto:lucila.campos@ufsc.br)

**Sebastião Roberto Soares.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

E-mail: [soares@ens.ufsc.br](mailto:soares@ens.ufsc.br)

**Recibido:** 06/09/2013

**Aceptado:** 16/12/2013