

# A metodologia de Análise do Ciclo de Vida, apoiada pelo Software Umberto, como ferramenta de gestão na perspectiva da sustentabilidade: um estudo de caso

Gabriela Delgado  
Ibrahim Saraiva

José Augusto Teixeira  
de Lima Junior

Leydervan de Souza  
Xavier

José Antonio Assunção  
Peixoto

Universidade Severino Sombra - USS

## RESUMO

*Muitas empresas, que atuam nas mais diversas áreas, não dispõem, em geral, de elementos técnicos para incorporar às suas práticas uma conduta de desenvolvimento sustentável, ainda que seus gestores estejam comprometidos pessoalmente com este conceito. Por outro lado, a tendência da legislação ambiental é tornar as empresas cada vez mais envolvidas e responsáveis por todo o ciclo de vida dos seus produtos, e isso representa não só a preocupação com o extrativismo e os resíduos, mas também com o destino de seus produtos após o uso e as conseqüências geradas por eles no meio ambiente.*

*Como um movimento global, os consumidores atuais se envolveram na campanha por um mundo melhor, e houve um aumento da consciência ecológica dos clientes, que por sua vez, cobram das empresas comportamentos que reflitam essas preocupações.*

*A análise do ciclo de vida pressupõe a existência de um sistema em que ocorram processos de transformação com fluxos de entrada e de saída quantificáveis e se estende desde a aquisição de matéria-prima até a reciclagem ou último destino do produto final retirado do meio em que foi depositado após seu último uso.*

*Este trabalho, parte da construção de uma dissertação de mestrado, consiste na realização da análise do ciclo de vida de sacos plásticos produzidos a partir de grão reciclado, para avaliar os impactos ambientais causados por esta modalidade de produção, e busca comprovar a eficiência dessa metodologia como uma ferramenta de gestão, já que é uma poderosa ferramenta para gerar e interpretar dados ambientais, que proporcionam uma indicação da direção que a empresa deve seguir para melhorar sua produção, gestão, design, etc.*

*A orientação da pesquisa e estudo está baseada nas normas ISO 14.040 e a modelagem de dados realizada através da utilização do Software Umberto, um software de gestão ambiental, desenvolvido por instituições alemãs, com a finalidade de organizar os dados e possibilitar maior clareza na obtenção de resultados.*

Palavras-chave: Análise do Ciclo de Vida, Gestão, Impactos Ambientais, Saco plástico.

## 1. INTRODUÇÃO

A curta duração da vida dos produtos atualmente vem exigindo um extrativismo sem limites, que culmina com a degradação inconstante do meio ambiente e com o crescente despejo nesse mesmo meio ambiente dos resíduos de produção e descartes de embalagens, pois os produtos são descartados mais rapidamente, e com maior frequência, inundando a natureza de restos de produtos consumidos.

Segundo BRAGA et al (2006), o desenvolvimento das áreas urbanas e industriais ocorreu sem planejamento, desordenadamente, causando muita poluição e intensa degradação ambiental, que atingiram níveis tão elevados que começaram a causar impactos importantes como prejudicar a saúde humana e comprometer a qualidade do ar.

A humanidade chegou a um ponto em que todos os processos e ações precisam ser repensados.

Além disso, segundo BRAGA et al (2006), a taxa de crescimento populacional se aproxima de 1,13% ao ano. De acordo com esses autores, deve-se questionar até quando os recursos naturais da Terra serão suficientes para sustentar esse contingente populacional.

Para esses autores, o uso de tecnologia permitiu que se revertesse algumas situações críticas, e que fossem feitas estimativas antecipadas de impactos de situações futuras simuladas, utilizando-se modelos físicos e matemáticos. Dessa forma, verificou-se que existem limites, e que esses devem ser respeitados, sob pena do esgotamento dos recursos naturais.

Surgem conceitos importantes como o de desenvolvimento sustentável, que segundo BRAGA et al (2006), foi proposto pela Comissão Mundial do Desenvolvimento e Meio Ambiente, em 1987, que após realizarem vários estudos, definiram o conceito como sendo: “Atender às necessidades da geração presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades”.

Para atender às novas (porém antigas) necessidades ambientais, foram criados vários métodos e técnicas que pudessem atuar de forma preventiva ou corretiva sobre os impactos ambientais causados pela produção.

Uma dessas metodologias, a análise do ciclo de vida, ou ACV, é uma ferramenta capaz de fornecer para as empresas informações necessárias para identificar os impactos causados por seus produtos, e permitir a tomada de decisão sobre o que fazer para minorá-los.

O estudo da análise do ciclo de vida se estende desde a aquisição de matéria-prima até a reciclagem ou último destino do produto final retirado do meio em que foi depositado após seu último uso.

O recolhimento, tratamento e reciclagem de seus produtos e o fluxo de embalagens não são fenômenos novos, entretanto, têm aumentado de forma considerável nos últimos anos.

A utilização de material reciclável para a produção diminui o custo final do produto e, além disso, gera inúmeras oportunidades de emprego para pessoas socialmente excluídas, que iniciam a atividade de coleta de lixo e embalagem para fornecer para empresas de reciclagem.

Devido à relevância do tema, este trabalho objetiva realizar a análise do ciclo de vida dos produtos de uma empresa produtora de sacos plásticos, para verificar os impactos ambientais causados pela produção do saco plástico com material reciclado.

Como apoio para a realização desse estudo, foi utilizado o Software Umberto, que auxiliou na elaboração das redes de fluxo, na criação e comparação de cenários para otimização técnica dos processos, como redução de recursos materiais, de energia, reaproveitamento de resíduos do processo, entre outros.

## **2. O QUE É ANÁLISE DO CICLO DE VIDA?**

Segundo BERNARDES (2006) a avaliação do Ciclo de Vida - ACV (Life Cycle Assessment - LCA) é uma técnica que permite verificar e avaliar os aspectos ambientais e impactos potenciais relacionados a um produto ou serviço, englobando etapas que vão desde a retirada da natureza das matérias-primas (berço) até a disposição do produto final (túmulo).

Segundo a EPA (Environmental Protection Agency, dos Estados Unidos), a Avaliação de Ciclo de Vida é “uma ferramenta para avaliar, de forma holística, um produto ou uma atividade durante todo seu ciclo de vida”.

Para BERNARDES (2006), as relações cada vez mais complexas das empresas com o meio ambiente, geraram a necessidade de uma ferramenta como a Avaliação do Ciclo de Vida, atualmente padronizada pela série de normas ISO 14040, que possui justamente a capacidade de lidar com essas complexidades, de maneira eficiente, por descrever e avaliar os fluxos de material e energia retirados da natureza e depois retornados a ela.

A maior evolução está na forma como seus resultados são utilizados na gestão empresarial, pois permite gerar e interpretar dados ambientais, que proporcionam uma indicação da direção que a empresa deve seguir para melhorar sua produção, gestão, design, etc.

Como exemplo, podemos citar que a avaliação do impacto ambiental causado por um saco de lixo deve levar em consideração desde a obtenção de matéria prima, os possíveis danos causados por seu processo de fabricação pela energia que utiliza e outros insumos, até seu descarte no meio ambiente, considerando etapas do “berço à cova”, ou considerando-se seu reaproveitamento após o uso, do “berço ao berço”.

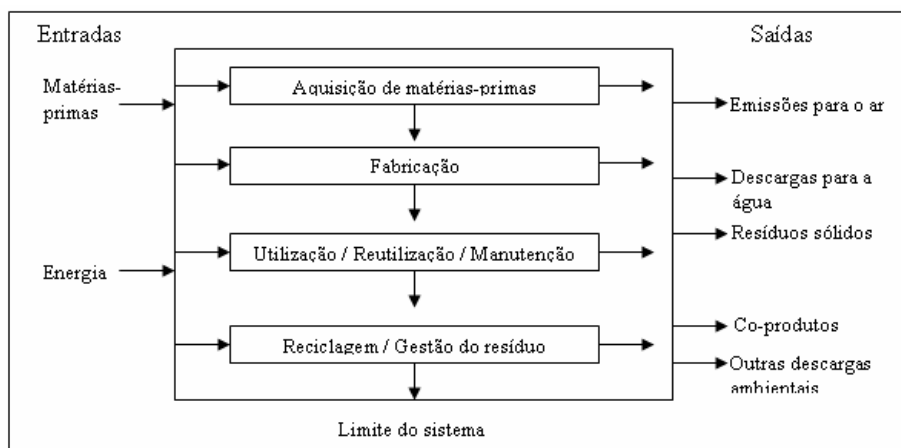


Figura 1 - Estágios do ciclo de vida do produto (Fonte: USEPA 2001)

O estudo da análise do ciclo de vida se divide nas seguintes fases:

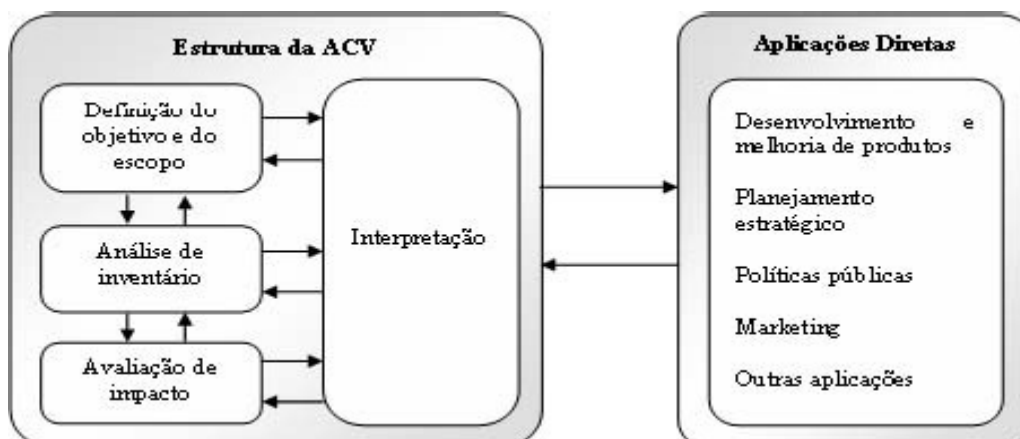


Figura 2 – Fases de uma ACV (Fonte: ISO 14040:1997)

Definição do objetivo e do escopo: Definição do produto ou processo a ser estudado, que deverá ser detalhadamente descrito, de forma não ambígua, estabelecimento do contexto das avaliações e identificação dos limites e efeitos ambientais que serão focalizados por esta avaliação, quais são as razões para a realização desse estudo, quais aplicações do resultado obtido, definição da metodologia de coleta de dados, abrangência geográfica do estudo, e unidades funcionais (massa, volume, etc).

Inventário: Essa fase é a base do estudo de ACV, quando se cria um inventário dos fluxos de entrada e saída do processo estudado, quantificando a energia, materiais e água utilizados no sistema analisado, e as liberações ambientais, como as emissões para o ar, resíduos sólidos e líquidos, entre outros. Faz-se a coleta de dados, e o resultado gerado é denominado, segundo BERNARDES (2006) Tabela de impactos.

Análise dos impactos ambientais: fase onde se identifica os impactos causados pelo produto estudado, identificando os efeitos sobre a humanidade e sobre o meio ambiente da utilização da água, energia, e materiais, classificando os dados do inventário baseando-se em impactos ambientais já conhecidos.

Interpretação: avaliação dos resultados, permitindo identificar e escolher os melhores processos e produtos, ou formas de melhorá-los.

### **3. O SOFTWARE UMBERTO**

Por ter sido desenvolvido pelo IfEU (Instituto de Pesquisa Ambiental e Energética da Universidade de Heidelberg) e pelo IfU (Instituto de Informática Ambiental da Universidade de Hamburgo) possui um caráter científico, sendo um dos requisitos para sua escolha.

O Umberto possui uma grande flexibilidade, possibilitando o desenvolvimento de qualquer tipo de sistema, além de permitir o desenvolvimento de cálculos específicos definidos pelo usuário para que o sistema seja fiel ao ambiente a que pertence.

O software permite uma análise de fluxo de materiais e energia, através de suas redes de fluxo, tornando possível uma análise tanto de aspectos ambientais (uma visão do intercâmbio do sistema com o meio ambiente) como de aspectos financeiros (custos) de todas as atividades componentes do sistema.

Nesse projeto o Umberto auxiliou na elaboração das redes de fluxo, na criação e comparação de cenários para otimização técnica dos processos, buscando descobrir pontos que necessitem e que possibilitem otimização, redução de recursos materiais, de energia, reaproveitamento de resíduos do processo e redução dos que forem poluentes e prejudiciais ao meio ambiente e na geração automática e comparação dos balanços dos aspectos ambientais que se deseja avaliar.

Como consequência disso, obtém-se uma redução de custos, poupando o meio ambiente e aumentando a lucratividade.

Todo o levantamento de dados foi realizado para alimentar as necessidades do software para gerar um balanço coerente com a realidade, gerando uma contribuição importante e real ao meio ambiente, e à melhora de produtividade da empresa avaliada.

Baseado nos resultados obtidos e nas ferramentas de avaliação disponibilizadas pelo sistema, é será possível comparar cenários alternativos, melhorando a eficiência técnica e financeira do atual processo, além de levantar os importantes aspectos ambientais.

O software estrutura seus dados em redes de fluxo, organizadas em projetos, cenários e períodos.

Os projetos podem conter um ou mais cenários, de forma que descrevam a realidade do processo que se deseja estudar. Os sub-processos são descritos dentro do cenário a que pertencem, vinculados a um período de tempo, que pode variar de um cenário para outro.

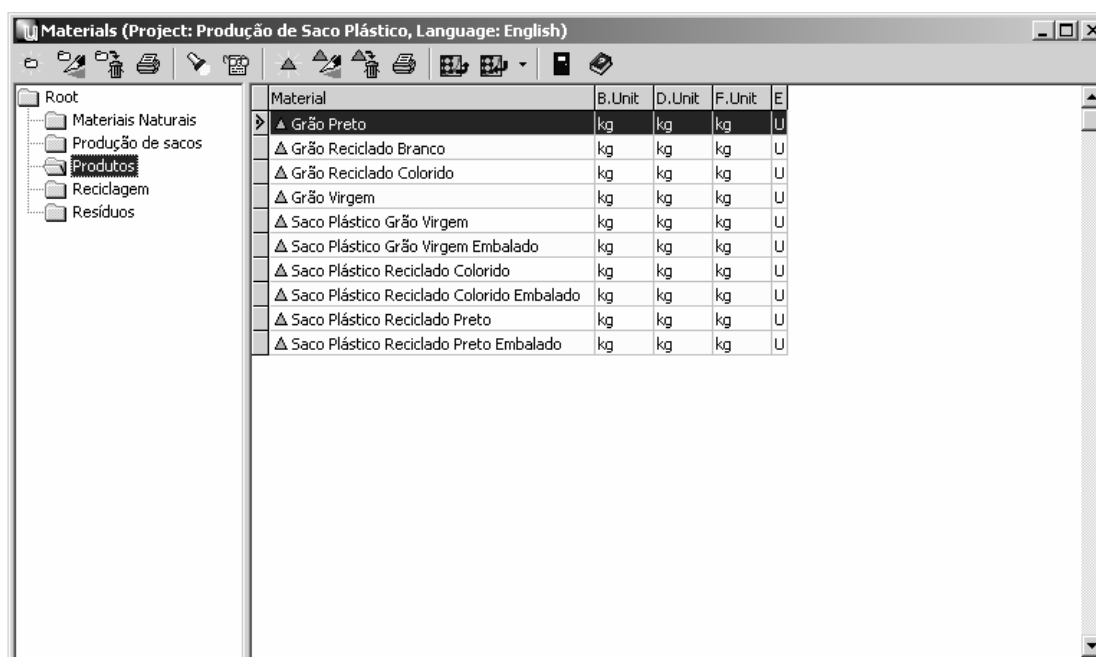
Para estruturar as redes de fluxo de materiais, o software utiliza a metodologia de redes de Petri, compostas por lugares (ou places), transições (ou transitions) e setas (arrows).

A conexão entre cada transição, que são os processos propriamente ditos, é feita através do uso das setas e dos lugares. Não podemos ter lugares conectados a lugares, assim como também não é possível conectar transições entre si.

Por ter essas características, o software permite modelar sistemas como fábricas, linhas de produção, serviços, e vários outros.

É importante descrever as relações entre os dados levantados e suas quantidades de entrada e saída, pois segundo a metodologia de ACV, todos os fluxos de entrada devem ter fluxos correspondentes de saída, mesmo que sejam decompostos em produtos essencialmente diferentes, e o Umberto baseia-se nessas definições para elaborar os balanços de forma a representar o que ocorre no processo.

Após realizar o cadastro de cada material que será utilizado, é possível realizar o início da modelagem das redes de fluxo.



Material	B.Unit	D.Unit	F.Unit	E
Grão Preto	kg	kg	kg	U
Grão Reciclado Branco	kg	kg	kg	U
Grão Reciclado Colorido	kg	kg	kg	U
Grão Virgem	kg	kg	kg	U
Saco Plástico Grão Virgem	kg	kg	kg	U
Saco Plástico Grão Virgem Embalado	kg	kg	kg	U
Saco Plástico Reciclado Colorido	kg	kg	kg	U
Saco Plástico Reciclado Colorido Embalado	kg	kg	kg	U
Saco Plástico Reciclado Preto	kg	kg	kg	U
Saco Plástico Reciclado Preto Embalado	kg	kg	kg	U

Figura 3 – Janela Materials – Software Umberto

A modelagem do processo, os fluxos de entrada e saída, os locais de onde eles vêm e a qualidade dos dados relacionados a eles são definidos nas transições, e pode ser através do uso de fórmulas matemáticas ou de associações numéricas.

O software permite avaliar separadamente a contribuição de cada material por processo, útil quando se deseja fazer uma avaliação individual por material.

#### 4. ESTUDO DE CASO: UMA EMPRESA PRODUTORA DE SACO PLÁSTICO

O estudo de caso é uma forma de pesquisa que tem o objetivo de investigar um fenômeno atual, no seu contexto da vida real, permitindo a análise de conseqüências e a busca de melhorias.

Foi escolhida uma empresa situada no interior do estado do Rio de Janeiro, que realiza a reciclagem de resíduos plásticos gerando o grão reciclado, que serve de matéria-prima para a segunda atividade da empresa, que é a produção de saco plástico produzido com esse grão.

Como palco dos estudos propostos, a empresa se coloca em uma posição de contribuinte, oferecendo material para que a pesquisa seja realizada, permitindo que seja gerada uma colaboração que tem a intenção de beneficiar toda a sociedade.

O recorte utilizado para a elaboração do estudo teve como ponto inicial a matéria prima dentro da fábrica, excluindo-se todo o processo de acondicionamento anterior, coleta, transporte, pessoas envolvidas, possíveis impactos nesses processos, entre outros. O limite final do estudo é a mercadoria (o saco plástico) pronto e embalado, excluindo-se do estudo sua venda, distribuição, uso e descarte, e os possíveis impactos causados por esses processos. Também estão excluídos desse estudo qualquer análise de custo ou lucro, qualquer informação que se refira a valores financeiros. Essas etapas excluídas são de grande importância, e deverão ser analisadas minuciosamente em outros estudos posteriores.

Dessa forma, o estudo dividiu-se em dois macro-processos: a reciclagem do material comprado, gerando o grão reciclado como matéria prima para a produção do saco plástico, e a utilização desse grão produzido e sua transformação em saco plástico.

A reciclagem é do tipo mecânica, na qual os resíduos plásticos são transformados em grãos, que servem de matéria prima para novos produtos. Esses grãos são obtidos através de processos físicos.

Segundo informações obtidas no site da Plastivida, esse tipo de reciclagem é a mais utilizada no Brasil, por ser mais barata e conseguir manter a qualidade do produto, que depende diretamente da qualidade do material que será reciclado.

Os processos da empresa a partir do ponto inicial definido foram mapeados e lançados no software Umberto, que auxiliou na geração de balanços ambientais.

O produto considerado no trabalho foi a produção de 5.000 kg de saco plástico, independente de seu formato, espessura ou cor.

Foram selecionados os processos de lavagem, moagem, secagem, aglutinação, extrusão de fio e picotagem para o processo de reciclagem, e de extrusão de balão e corte solda para o processo de fabricação do produto final.

Os dados foram obtidos na empresa através de entrevistas com o gerente operacional da fábrica de reciclagem, em várias visitas à fábrica, que disponibilizou todos os documentos necessários e todas as informações solicitadas. Também foi utilizado um formulário para obtenção de dados técnicos e detalhados, conforme figura a seguir.

Processo:					
Descrição do processo:					
Responsável pelo preenchimento:				Data:	
Material Entrada	Quantidade	Unidade	Material Saída	Quantidade	Unidade

Observações:

Figura 4- Modelo de ficha de coleta de dados

O escopo e objetivo do estudo consistem em avaliar, de forma prática e aplicada, sob o ponto de vista ambiental a produção de grão reciclado e de sacos plásticos produzidos a partir destes grãos reciclados.

Este estudo destina-se a profissionais atuantes nas indústrias de plásticos, estudantes, e potenciais interessados no estudo de ACV.

Definição do sistema: O sistema a ser estudado consiste em dois macro-processos: Reciclagem e Produção de Saco Plástico Reciclado, sendo o ponto inicial do estudo a matéria prima dentro da fábrica, e o ponto final o produto pronto e embalado, excluindo-se do estudo todos os processos situados anteriormente e posteriormente a esses pontos na cadeia produtiva, e todos os impactos provocados por esses processos.

Objeto do estudo: Grãos reciclados e sacos plásticos produzidos com grãos reciclados.

Unidade funcional: produção da fábrica de 5000 kg de grão reciclado

Âmbito do estudo: Processos do macro-processo RECICLAGEM e processos do macro-processo PRODUÇÃO DE SACOS PLÁSTICOS.

Localização geográfica: Interior do Estado do Rio de Janeiro – RJ – Brasil.

Tipo de dados (específicos ou genéricos) – dados específicos obtidos junto à planta de produção, considerados dados primários.

Fonte dos dados – obtidos na empresa, através de entrevistas e formulários.

Qualidade dos dados – qualidade garantida por conferência feita por amostragem.

Período de tempo – 1 ano para os dados obtidos na empresa.

Limitações: Curto período de tempo, fronteiras do estudo limitadas.

Impactos avaliados: Saúde Humana (Efeitos respiratórios inorgânicos) e Qualidade do Ecossistema (Ecotoxicidade e Eutrofização).

Metodologia de análise dos impactos: Eco-Indicador 99

Relatórios utilizados: Folha de coleta de dados, baseado em Folha de dados ambientais, proposta por FERREIRA (2004), gráficos de resultados gerados pelo software Umberto.

Após esse primeiro passo, a metodologia de ACV determina que seja feita a análise do inventário, onde se faz necessário traçar um fluxograma dos processos estudados. Esse fluxograma foi traçado no formato de redes de fluxo, através do software Umberto, que, após definir o caminho das matérias primas e resultados de processo, gera automaticamente um balanço dos materiais na rede, a partir do lançamento das quantidades iniciais e das fórmulas de transformação dos processos.

As figuras 5 e 6 a seguir ilustram as redes de fluxo dos macro-processos estudados, demonstrando cada processo, suas entradas e saídas.

Após a montagem dessas redes de fluxo, contabilizando as quantidades, foram gerados vários relatórios utilizando o Umberto, que demonstram os vários aspectos que se deseja estudar.

Também foi possível gerar o LCI (Life Cycle Inventory) – Inventário do Ciclo de Vida, através do Umberto, demonstrando os resultados necessários para a análise do inventário do ciclo de vida.

As figuras 7 e 8 ilustram os relatórios prévios de inventário e as figuras 9, 10, 11 e 12 ilustram os resultados do Inventário de Análise do Ciclo de Vida.

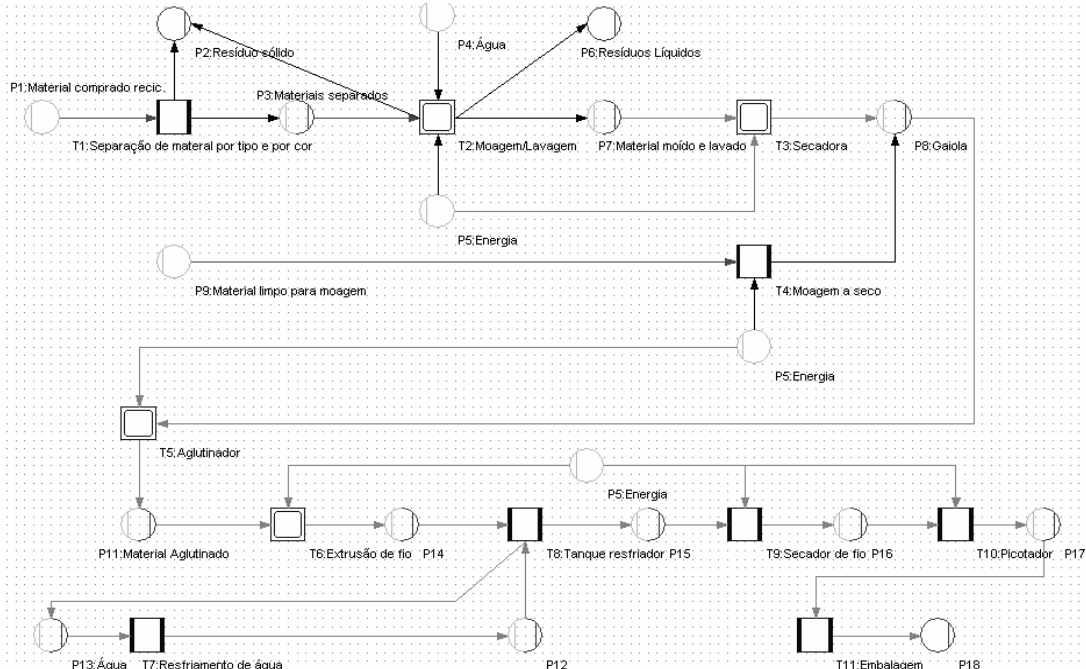


Figura 5 – Rede de Fluxo do Macro-processo Reciclagem – Software Umberto

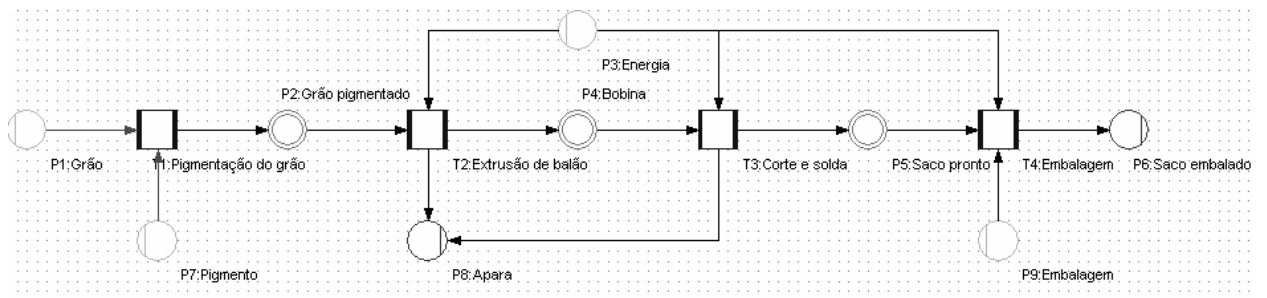


Figura 6 – Rede de Fluxo do Macro-processo Produção do Saco Plástico Reciclado – Software Umberto



Input:			Output:		
Item	Quantity	U..	Item	Quantity	U..
☐ Materiais Naturais			☐ Reciclagem		
△ Água	2400	kg	△ Grão Branco Reciclado Embalado	2934.28544	kg
△ Energia	45957.456	kJ	△ Grão Colorido Reciclado Embalado	1876.01856	kg
☐ Reciclagem			☐ Resíduos		
△ Material Limpo	1000	kg	△ Água Suja	2400	kg
△ Material para Reciclagem Total	4000	kg	△ Papelão	2.304	kg
			△ Resíduo sólido	187.392	kg
Sum			Sum		
kJ	45957.456	kJ	kg	7400	kg
kg	7400	kg			

Figura 7–Tabela Prévia de Inventário do Fluxo de Materiais – Macro-processo RECICLAGEM

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
☐ Materiais Naturais			☐ Produção de sacos		
△ Energia	27455.2052	kJ	△ Apara	313.6	kg
☐ Produção de sacos			☐ Produtos		
△ Embalagem	45.864	kg	△ Saco Plástico Reciclado Branco Embalado	2825.68104	kg
△ Grão reciclado total	4750	kg	△ Saco Plástico Reciclado Colorido Embalado	1806.58296	kg
△ Pigmento	150	kg			
Sum			Sum		
kJ	27455.2052	kJ	kg	4945.864	kg
kg	4945.864	kg			

Figura 8–Tabela Prévia de Inventário do Fluxo de Materiais – Macro-processo PRODUÇÃO DE SACO PLÁSTICO RECICLADO

Balance Sheet Preview

Materials

Input/Output | Stocks | LCIs | Variable Costs | Fixed Costs | Selected Elements | Parameters | Information

Grão Branco Reciclado Embalado (Output, A35) 2934.28544 kg

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
<input type="checkbox"/> Materiais Naturais <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Água 1464 kg</li> <li>▲ Energia 18283.80816 kJ</li> </ul>			<input type="checkbox"/> Reciclagem <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Grão Branco Reciclado Embalado 2934.28544 kg</li> </ul>		
<input type="checkbox"/> Reciclagem <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Material Limpo 610 kg</li> <li>▲ Material para Reciclagem Total 2440 kg</li> </ul>			<input type="checkbox"/> Resíduos <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Água Suja 1464 kg</li> <li>▲ Resíduo sólido 114.30912 kg</li> </ul>		
<b>Sum</b>			<b>Sum</b>		
kJ	18283.80816	kJ	kg	4512.59456	kg
kg		4514	kg		

Figura 9 – LCI (Life Cycle Inventory) ou Inventário do ciclo de vida  
 Produto: Grão branco reciclado  
 Macro-processo RECICLAGEM

Balance Sheet Preview

Materials

Input/Output | Stocks | LCIs | Variable Costs | Fixed Costs | Selected Elements | Parameters | Information

Grão Colorido Reciclado Embalado (Output, A35) 1876.01856 kg

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
<input type="checkbox"/> Materiais Naturais <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Água 936 kg</li> <li>▲ Energia 11689.64784 kJ</li> </ul>			<input type="checkbox"/> Reciclagem <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Grão Colorido Reciclado Embalado 1876.01856 kg</li> </ul>		
<input type="checkbox"/> Reciclagem <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Material Limpo 390 kg</li> <li>▲ Material para Reciclagem Total 1560 kg</li> </ul>			<input type="checkbox"/> Resíduos <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Água Suja 936 kg</li> <li>▲ Resíduo sólido 73.08288 kg</li> </ul>		
<b>Sum</b>			<b>Sum</b>		
kJ	11689.64784	kJ	kg	2885.10144	kg
kg		2886	kg		

Figura 10 – LCI (Life Cycle Inventory) ou Inventário do ciclo de vida  
 Produto: Grão colorido reciclado  
 Macro-processo RECICLAGEM

Balanced Sheet Preview

Materials

Input/Output | Stocks | LCIs | Variable Costs | Fixed Costs | Selected Elements | Parameters | Information

Saco Plástico Reciclado Branco Embalado (Output, A8) 2825.68104 kg

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
☐ Materiais Naturais			☐ Produtos		
△ Energia	16747.675172	kJ	△ Saco Plástico Reciclado Branco Embalado	2825.68104	kg
☐ Produção de sacos					
△ Grão reciclado total	2897.5	kg			
△ Pigmento	91.5	kg			
Sum			Sum		
kJ	16747.675172	kJ	kg	2825.68104	kg
kg		2989			

Figura 11 – LCI (Life Cycle Inventory) ou Inventário do ciclo de vida  
 Produto: Saco plástico reciclado branco embalado  
 Macro-processo PRODUÇÃO DE SACO PLÁSTICO RECICLADO

Balanced Sheet Preview

Materials

Input/Output | Stocks | LCIs | Variable Costs | Fixed Costs | Selected Elements | Parameters | Information

Saco Plástico Reciclado Colorido Embalado (Output, A8) 1806.58296 kg

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
☐ Materiais Naturais			☐ Produtos		
△ Energia	10707.530028	kJ	△ Saco Plástico Reciclado Colorido Embalado	1806.58296	kg
☐ Produção de sacos					
△ Grão reciclado total	1852.5	kg			
△ Pigmento	58.5	kg			
Sum			Sum		
kJ	10707.530028	kJ	kg	1806.58296	kg
kg		1911			

Figura 12 – LCI (Life Cycle Inventory) ou Inventário do ciclo de vida  
 Produto: Saco plástico reciclado colorido embalado  
 Macro-processo PRODUÇÃO DE SACO PLÁSTICO RECICLADO

Para a geração dos fluxos que saem de um processo e entram no seguinte, o software permite a criação de fórmulas matemáticas, conforme mencionado anteriormente, ajustando o resultado à realidade do processo.

Para a análise de impacto foi escolhido o Eco-indicador 99, por ser amplamente utilizado pela comunidade científica e estar presente na estrutura de cálculos do Umberto.

Com o intuito de organizar os dados para melhor identificar os impactos, a análise de impacto foi feita baseada no modelo proposto pela ISO14042:2000, e foram selecionadas duas categorias de danos que fazem parte do Eco-indicador 99: Saúde humana e Qualidade do ecossistema.

Na primeira categoria de dano, Saúde humana, considerou-se a seguinte fonte de problema: Doenças respiratórias e câncer, causadas por substâncias químicas no ar, na água ou em alimentos, sendo a categoria de impacto selecionada a de Efeitos respiratórios inorgânicos.

Entretanto, devido à quantidade muito pequena de emissão de gases presentes no processo de Extrusão de Fio, do macro-processo RECICLAGEM, que poderiam ser avaliados entre tóxicos e não-tóxicos à saúde humana, e sua existência não gerar alteração de massa no processo, esse dado não participou do modelo gerado pelo software Umberto.

Foi obtido um relatório, solicitado pela própria empresa, para avaliação dos componentes da fumaça emitida no processo citado acima, e os resultados ficaram bem abaixo dos mínimos exigidos pelas normas internacionais, que foi o parâmetro utilizado, já que não se possui padrão nacional definido para comparações, constatando-se que não há qualquer toxicidade ou influência mínima que seja na saúde do indivíduo que está em contato direto com a substância analisada.

Na segunda categoria de dano, Qualidade do Ecossistema, selecionou-se as categorias de impacto de Ecotoxicidade e Eutrofização.

A forma de tratamento de resíduos utilizada pela empresa estudada não gera poluição ambiental e nem de corpos d'água, pois ela mantém um contrato com a CTR de Nova Iguaçu, conforme mencionado anteriormente, que é receptadora dos resíduos sólidos provenientes da lavagem e moagem dos materiais plásticos obtidos de empresas e pessoas especializadas na coleta desses materiais recicláveis. A água utilizada na lavagem é reaproveitada várias vezes, passando por uma estação de tratamento, onde ela permanece imóvel para decantar os resíduos sólidos, que são retirados, e volta para o processo produtivo. Quando essa água é finalmente descartada para o meio ambiente, não contém poluentes, pois o material para reciclagem obtido não é proveniente de lixos contaminados, é apenas sujo pela ação ambiental a que estavam submetidos.

Dessa forma, não houve constatação de nenhuma agressão ambiental no processo de produção dos sacos plásticos reciclados, excluindo-se o gasto de energia, que não foi identificado como impacto por não fazer parte do estudo o seu processo de obtenção.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O estudo da ACV incentiva o setor produtivo a considerar todas as questões ambientais relacionadas com o seu sistema de produção, incluindo os insumos, matérias-primas, manufatura, distribuição, uso, reuso, e reciclagem, auxiliando na identificação de oportunidades e preservação ambiental.

A empresa selecionada desenvolve, ainda que sob outra designação e formas de documentação não padronizadas, um sistema de gestão ambiental, onde realiza o tratamento

dos resíduos sólidos e líquidos, e preocupa-se com os impactos na saúde humana, determinando o uso obrigatório, pelos funcionários, de equipamentos como luvas, botas, máscaras e protetores de ouvido durante o período de trabalho.

Baseado em gráficos gerados pelo software Umberto, é possível fazer a avaliação do consumo de energia dos processos.

Verificou-se, baseado na figura 13, que no macro-processo Reciclagem, o processo que mais consome energia é o de Resfriamento do fio, seguido pelo processo de Extrusão de fio. Considerando-se a função e execução de cada processo, é possível identificar uma necessidade de buscar uma alternativa viável que substitua o atual processo de resfriamento do fio, identificado como um ponto fraco do processo, que necessita otimização.

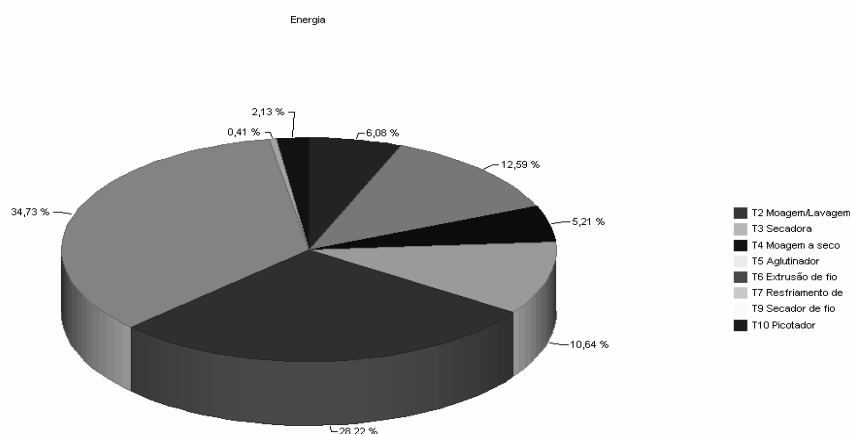


Figura 13–Energia - Reciclagem

É considerado material limpo aquele adquirido de empresas que obtém o plástico limpo, proveniente de restos de processos de beneficiamento, ou seja, o material que não passou pelo lixo, e como consequência, não necessita lavagem. Sua moagem é feita a seco.

O processo de produção de saco plástico também gera aparas, que são reaproveitadas na reciclagem como material limpo.

Esse material, conforme verifica-se na figura 17 abaixo, elimina o uso de água quase que totalmente, e proporciona, se somente ele for utilizado na linha de produção, uma economia de energia de 23,88%, considerando-se a energia gasta nos processos que esse material dispensa. É um material com custo inferior, e a mesma qualidade de beneficiamento.

O uso desse material pode ser considerado um ponto forte na cadeia produtiva do saco plástico reciclado.

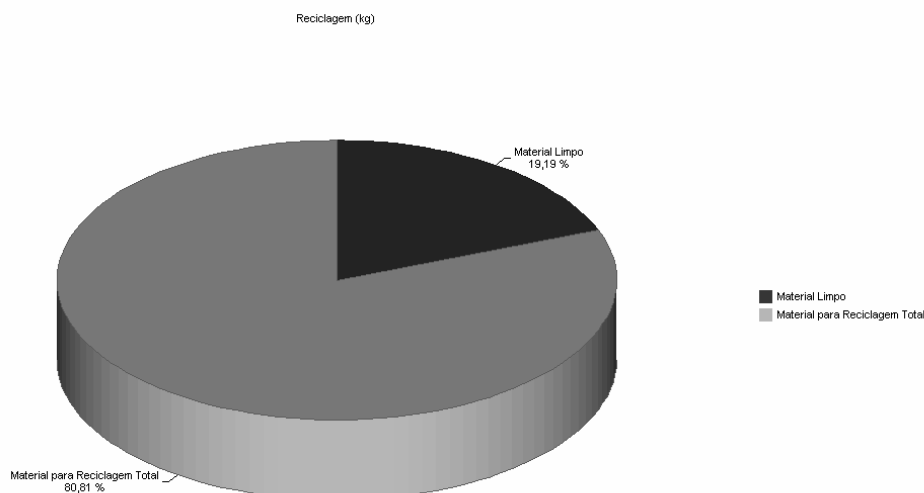


Figura 14 – Material total para reciclagem

Os gráficos gerados pelo software permitiram essas e muitas outras avaliações do desempenho do processo produtivo do saco plástico, identificando pontos fracos e fortes da produção, pontos que aceitam melhorias, e os impactos ambientais.

## 6. CONCLUSÃO

A realização da Avaliação do Ciclo de Vida de um produto representa uma grande responsabilidade, e a dificuldade de obtenção de dados com precisão pode gerar uma série de diferenças entre estudos de empresas com foco no mesmo produto, o que não quer dizer que o estudo seja inválido, ou incorreto. Segundo FILHO e ZIMMERMAN (2004), é necessário padronizar os vários critérios utilizados, como o escopo do projeto, os detalhes na coleta das informações e a forma de especificação dos cálculos dos processos realizados pelo software utilizado. Para esses autores, há uma grande necessidade de gerar um banco de dados nacional para a realização desse tipo de estudo, o que já está sendo viabilizado no Brasil, através de uma iniciativa do governo em parceria com as universidades.

A contabilização ambiental, que procura identificar o que se retira da natureza em termos de matérias-primas e energia, e o que se devolve para ela, avaliando os impactos potenciais, provocados pelas entradas e saídas do sistema em questão dificilmente poderão ser fielmente avaliados em um primeiro e único estudo.

De acordo com BERNARDES (2006), uma Avaliação de Ciclo de Vida simplificada pode tornar-se uma Avaliação de Ciclo de Vida completa, enriquecida com a entrada de mais e mais dados. Por isso, não se considera esgotada e definitiva uma análise de ciclo de vida baseada em um primeiro e único estudo.

A fábrica de reciclagem retira do meio ambiente uma boa parte de resíduos plásticos que levariam mais de 300 anos para serem degradados, além de gerar uma grande quantidade de empregos diretos e indiretos. A responsabilidade ambiental e social da empresa é grande, e, além de haver o interesse comercial, a empresa contribui para um melhor equilíbrio ecológico e econômico na região em que atua.

Uma ferramenta como a ACV, apesar do estudo limitado, demonstrou o real impacto ambiental dos processos de produção deste produto, e baseado nesses resultados, é possível buscar uma direção que traga benefícios futuros em larga escala para todos os setores envolvidos com a reciclagem de plástico.

É urgente então, o desenvolvimento de políticas educacionais ambientais agressivas, que tornem a população consciente de fato de que a ação de cada um é importante, e que gera resultado, e paralelo a isso, é necessário também o desenvolvimento de coletas seletivas de lixo que funcionem efetivamente, a criação de padrões de coleta que sejam efetivamente implementados, tanto nos grandes centros quanto nas cidades do interior, para que a população, educada, possa colocar em prática o que aprendeu e o que sabe ser o certo a fazer.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\_\_\_\_\_. Jornal do Meio Ambiente. Disponível em [http://www.jornaldomeioambiente.com.br/legislacao\\_ambiental/17\\_leis.asp](http://www.jornaldomeioambiente.com.br/legislacao_ambiental/17_leis.asp). Acesso em 20/07/2007.

\_\_\_\_\_. CTR Nova Iguaçu. Disponível em <http://www.ctrnovaiguacu.com.br/portug/index.asp>. Acesso em 25/03/2007.

\_\_\_\_\_. Ficha Técnica Plástico Rígido. Disponível em: < <http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em: 13 Out. 2006.

\_\_\_\_\_. Industry averages. Plastic Europe. Disponível em <http://www.plasticseurope.org/Content/>. Acesso em 16/06/2007.

\_\_\_\_\_. Conheça Umberto. Disponível em <http://www.umberto.de/en/home/language/portuguese/index.htm>. Acesso em 13 Out 2006.

\_\_\_\_\_. Mapeamento Identifica Obstáculos Para Reciclar. Revista Plástico Moderno. Disponível em <http://www.plastico.com.br/revista/pm317/transformacao4.htm>. Acesso em 02/07/2007. 2001.

ABIQUIM. Associação Brasileira de Indústria Química. Disponível em <http://www.abiquim.org.br/>. Acesso em 01/04/2007.

BERNARDES, M. A. dos S. Breve introdução à metodologia Avaliação do Ciclo de Vida. CEFET MG. Belo Horizonte, 2006.

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L., MIERZWA, J.C., de BARROS, M.T.L. SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N., EIGER, S. Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável. ed. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2006.

BRASIL, W. Sacolas plásticas e o marketing de varejo. Disponível em <http://www.webartigos.com/articles/823/1/Sacolas-de-Plastico-e-o-Marketing-de-Varejo>. Publicado em 03/01/2007. Acesso em 26/02/2007.

CAJAZEIRA, J., BARBIERI, J. A NOVA NORMA ISO 14.001: Atendendo à Demanda das Partes Interessadas. Fundação Getúlio Vargas. 2004.

CHAVES, G. de L. D. CHICARELLI, R. L. A. Logística reversa como atividade geradora de vantagem competitiva ao canal de distribuição de alimentos refrigerados. XII SIMPEP - Bauru, SP, Novembro. 2005.

FERREIRA, C. Logística Reversa : Aspectos Importantes para a Administração de Empresas. Disponível em <http://www.guiadelogistica.com.br/ARTIGO402.htm>. Acesso em 13 de Out 2006.

FERREIRA, J. V. R. Análise de Ciclo de Vida dos Produtos. Gestão Ambiental. Instituto Politécnico de Viseu. 2004.

FILHO, M. M., ZIMMERMAN, R.C., Balanços Ambientais suportados por computador: Gestão ambiental de produtos e processos pelo estabelecimento de seus indicadores de eco-eficiência. 2004.

GORNI, A.A. Introdução aos Plásticos. Disponível em <http://www.gorni.eng.br/intropol.html>. *Revista Plástico Industrial*. 2003. Acesso em 01/04/2007

UMBERTO – A software tool for Life Cycle Assessment and Material Flow Analysis – User Manual. Institut für Umweltinformatik: Hamburg; Institut für Energie und Umweltforschung: Heildelberg, 1998.

VALT, R. B. G. 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. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Área de Concentração em Engenharia de Processos Térmicos e Químicos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

XAVIER, J. H. V. Análise de Ciclo de Vida da Produção Agrícola Familiar em Unaí-MG: Resultados Econômicos e Impactos Ambientais. Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Dissertação de Mestrado. Dezembro. 2003. Brasília-DF.