

# Introdução da análise do ciclo de vida no ensino de design

MARQUES, André C.; UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos  
andrecm@unisinobr

## Súmula

A atividade de projeto de produto vem agregando ferramentas com enfoque na sustentabilidade para contribuir com a metodologia de projeto tradicional. Uma destas ferramentas é a análise do ciclo de vida (ACV) onde se encontram diversas alternativas de softwares e diferentes métodos de análise. A análise do ciclo de vida desempenha um papel muito importante para se entender as melhores alternativas de materiais e processos a selecionar em um produto. No presente artigo busca-se refletir sobre a seleção de materiais no ciclo de vida do produto. Explora-se a ferramenta de análise de ciclo de vida em dois tipos de produtos de baixa complexidade tecnológica, *squeeze* e luminária. Por meio de exercícios em disciplinas de sustentabilidade em cursos de design mostram-se diferentes análises para um mesmo tipo de produto, refletindo sobre a escolha dos materiais e processos destes. Os resultados evidenciam a complexidade e a importância da seleção de materiais e processos para a sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Análise do ciclo de vida; Sustentabilidade; Educação.

## Abstract

The activity of industrial design is adding tools focused on sustainability to contribute to traditional design methodology. One such tool is the life cycle assessment (LCA) which are several software alternatives and different methods of analysis. The life cycle assessment plays a very important role to understand the best alternatives of materials and processes in selecting a product. In this article we try to reflect on the material selection in product life cycle. It explores the analysis tool life cycle in two types of products with low technological complexity, *squeeze* and lamp. Through exercises in disciplines of sustainability in design courses show up different analyzes for the same type of product, reflecting on the choice of materials and processes these. The results show the complexity and importance of the selection of materials and processes for sustainability.

**Keywords:** *Life cycle assessment; Sustainability; Education.*

## 1. Introdução

Com a crescente inovação, têm-se hoje, cada vez mais, a produção de produtos que, acabam gerando resíduos e aumentando enormemente o volume dos lixões e aterros sanitários. Soma-se a isso o fato de que os produtos estão, cada vez mais, com uma vida útil reduzida. Assim, muitos estudiosos (ASHBY, 1999; KARLSSON, 2006; KINDLEIN, 2006; LJUNGBERG, 2007; MANZINI, 2002; NAVARRO, 2001; PLATCHEK, 2007; SILVA, 2005) estudam alternativas para o descarte de produtos que não prejudiquem o meio ambiente.

Bons projetos dependem, entre outros fatores, de informações precisas sobre materiais, processos de fabricação e aferição do impacto ambiental causado. A seleção do material adequado é fundamental no desenvolvimento do projeto. Na concepção de Ashby (1999), Design é o processo de



traduzir uma ideia nova ou uma necessidade de mercado numa informação detalhada de que um produto pode ser manufaturado. Cada um de seus estágios requer decisões sobre os materiais de que o produto deve ser feito e o processo de fazê-lo. Dependendo do material selecionado, o impacto ambiental pode-se tornar significativo, devido ao uso dado ao mesmo, bem como pelo tamanho e quantidade utilizados.

Conforme Andrae (2010), existe um grande número de métodos e ferramentas ligadas para a avaliação ambiental, tais como a avaliação do ciclo de vida (ACV) e a pegada ecológica, todas com a intenção de indicar qual alternativa é melhor em comparação a outras. Manzini (2002) considera que o produto deve ser projetado, respeitando, em todas as suas fases, o conceito de ciclo de vida. Considera-se o produto desde a extração dos recursos necessários para a produção dos materiais que o compõem (“berço”) até o último tratamento (“túmulo”) após o uso do produto. A partir de tal análise é possível determinar que material é o mais viável ao longo do processo e como o material e a manufatura afetam o ambiente.

Na busca de evoluir nas técnicas de seleção de materiais e suas interpretações ou comparações entre diversos existentes, Ashby (1999) criou os “mapas de propriedades”, que deram origem ao software de Seleção de Materiais, nomeado de Cambridge Engineering Selector® - CES, com o apoio dos desenvolvedores da Granta Design® (CAMBRIDGE ENGINEERING SELECTOR, 2011). Este software permite separar os materiais mais adequados ao projeto proposto, limitando-os a poucas unidades para aplicação, após várias etapas de restrições. Na versão do software de 2011, outras aplicações foram introduzidas, uma delas a Eco Audit permitindo a comparação de materiais, contabilizando todas as etapas do ciclo de vida dos materiais, figura 1. Este software foi o escolhido a ser utilizado para a análise de ciclo de vida.

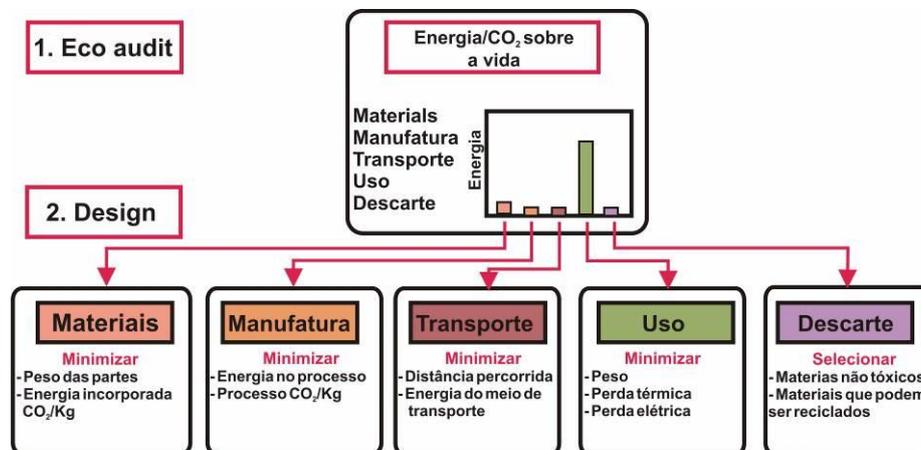


Figura 1: Software CES Edupack 2011 integrando a ferramenta de análise de ciclo de vida. Adaptada de Ashby (2011).

## 2. Objetivos

Este trabalho teve como objetivo apresentar alguns trabalhos desenvolvidos na universidade UNISINOS, no curso de bacharelado em Design e no curso tecnólogo em Design de Produto, demonstrando o desenvolvimento de análises de ciclos de vida de dois tipos de produtos, na disciplina de design e sustentabilidade. Busca-se relacionar teoria e prática, promovendo a integração do aluno com conceitos e ferramentas aplicadas à sustentabilidade e assim compreender, já no início do curso de design, todas as fases envolvidas em um ciclo de vida de produto.



### 3. Métodos

A metodologia utilizada no presente trabalho foi dividida em três fases:

#### Fase 1: Desmontagem e coleta de dados:

- Desmontagem e separação dos componentes dos produtos;
- Identificação dos diferentes componentes e seus respectivos materiais;
- Identificação dos diferentes processos ligados a cada componente;
- Pesagem com uma balança digital dos diferentes componentes;
- Pesquisa das informações de materiais no site do fabricante caso não tenha uma identificação nos produtos;
- Pesquisa sobre a reciclagem dos diferentes materiais para colocação dos dados no software;
- Foram utilizadas as seguintes ferramentas nesta fase: Chaves de fenda de diferentes tamanhos, chave philips, alicates e balança digital.

#### Fase 2: Alimentação dos dados no software:

- Inserção da quantidade de componentes, o material de cada um, o percentual de reciclagem (0-100%), o peso, o processo primário e o destino final do componente (aterro, incineração, *downcycle*, reuso, remanufatura, reciclagem);
- Colocação dos diversos tipos de transportes e a respectiva distância para cada fase do ciclo de vida que se utiliza transporte;
- Colocação dos gastos de energia envolvidos na fase de uso do produto. No caso do *squeeze* o gasto em refrigeração prevendo sua utilização e o gasto da lâmpada no caso da luminária;
- Os produtos analisados foram: 3 *Squeezes* existentes, 1 luminária de mesa existente e 4 projetos de alunos, figura 2;
- Nessa fase foi utilizado o software CES Edupack 2011 o recurso Eco Audit para análise do ciclo de vida, figura 3.

			
Squeeze A	Squeeze B	Squeeze C	Luminária existente
			
Aluno Filipe	Aluno Pietro	Aluno Rodrigo	Aluna Stephanie

Figura 2: *Squeezes* e luminárias analisadas. Fonte: Autor.

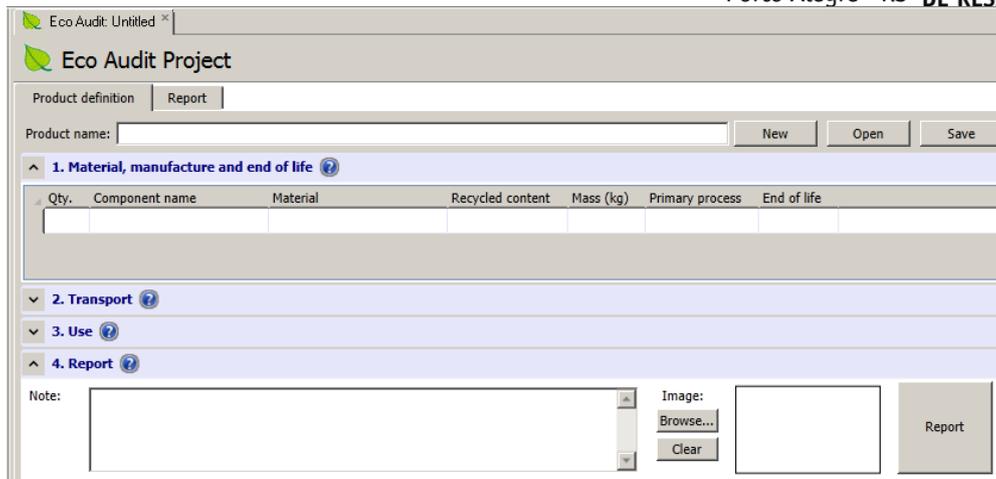


Figura 3: Tela inicial do Eco Audit presente no software CES Edupack 2011. Fonte: Autor.

### Fase 3: Análise dos dados:

- Análise quanto aos gastos de energia em cada uma das fases;
- Análise quanto à geração de CO<sub>2</sub> em cada uma das fases;
- Comparação das diferentes amostras de cada produto;
- Sugestão de melhorias para cada produto caso fosse feito um redesign ou uma escolha de novos materiais para o produto.

## 4. Resultados

Apresentam-se trabalhos desenvolvidos na universidade UNISINOS, no curso de bacharelado em Design e no curso tecnológico em Design de Produto. O primeiro apresenta um estudo comparativo entre três tipos de *squeezes* presentes no mercado e o segundo trabalho apresenta estudo comparativo entre 4 tipos de projetos de luminárias de alunos com uma luminária existente. No primeiro momento os alunos realizarem a desmontagem de produtos, com o intuito de perceber na prática a dificuldade desse processo, a identificação dos componentes e materiais existentes de um produto. Nesta fase também foi realizada uma síntese de cada produto analisado representando através de um mapa mental (figura 4).

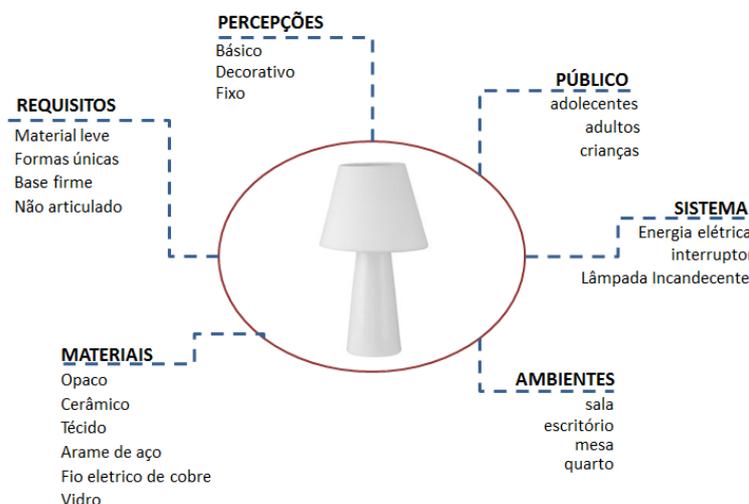


Figura 4: Análise inicial do produto, aluno Rodrigo Pozza, 2012. Fonte: autor.



- Estudo de caso *squeezes*

Neste estudo de caso foram analisados 3 diferentes squeezes com o intuito de avaliar em todo o ciclo de vida do produto os gastos de energia e de geração de CO<sub>2</sub>. Na tabelas 1 e na figura 5 mostram-se os três squeezes analisados.

Tabela 1: Comparação da energia gasta e do CO<sub>2</sub> gerado dos 3 produtos analisados. Fonte: Autor.

	Squeeze A		Squeeze B		Squeeze C	
Estimativa de vida	8 anos		5 anos		2 anos	
Fase	Energia (MJ)	Energia (%)	Energia (MJ)	Energia (%)	Energia (MJ)	Energia (%)
<b>Material</b>	21.4	31.2	20.2	21.3	5.1	26.7
<b>Manufatura</b>	2.17	3.2	5.3	5.6	1.23	6.4
<b>Transporte</b>	0.0636	0.1	21.7	23.0	0.183	1.0
<b>Uso</b>	44.7	65.3	47.2	49.9	12.6	65.7
<b>Descarte</b>	0.175	0.3	0.154	0.2	0.0434	0.2
Total (para primeira vida)	<b>68.6</b>	<b>100</b>	<b>94.5</b>	<b>100</b>	<b>19.1</b>	<b>100</b>
Potencial no final de vida	-11.9		-10.1		-2.36	
Fase	CO <sub>2</sub> (kg)	CO <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (kg)	CO <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (kg)	CO <sub>2</sub> (%)
<b>Material</b>	1.31	57.6	0.771	22.2	0.217	39.8
<b>Manufatura</b>	0.163	7.2	0.402	11.6	0.0922	16.9
<b>Transporte</b>	0.00451	0.2	1.46	42.0	0.013	2.4
<b>Uso</b>	0.783	34.4	0.826	23.8	0.22	40.3
<b>Descarte</b>	0.0123	0.5	0.0107	0.3	0.00304	0.6
Total (para primeira vida)	<b>2.27</b>	<b>100</b>	<b>3.47</b>	<b>100</b>	<b>0.546</b>	<b>100</b>
Potencial no final de vida	-0.562		0.0211		-0.00152	

Nota-se na tabela 1 o grande gasto de energia e por consequência do CO<sub>2</sub> do squeeze B. O squeeze A tendo uma estimativa de vida de 8 anos absorve este impacto ambiental melhor do que o squeeze B. Quanto ao potencial no final de vida de retorno destes gastos de energia e geração de CO<sub>2</sub>, o squeeze A apresenta melhores resultados por ter seu corpo realizado em metal, ao contrário do squeeze B, que teria elementos não reciclados, sendo destinados ao aterro, o que impossibilita a recuperação de energia gasta em todas as fases. Ainda sobre o squeeze B a produção ser em outro país refletiu no gasto energético e geração de CO<sub>2</sub> na fase de transporte deste produto. Quanto ao squeeze C, tendo uma estimativa de vida curta, de 2 anos, tem um menor gasto energético e de geração de CO<sub>2</sub>, porém tem um potencial no final de vida muito pequeno. Somando ao fato que tem uma vida curta torna-se vital o projeto deste produto repensando a seleção de materiais possibilitando materiais mais fáceis de serem reciclados ou diminuindo ainda mais os gastos de energia e geração de CO<sub>2</sub>. Das fases do ciclo de vida, mostra-se que para este projeto a fase de uso como sendo de grande gasto energético e geração de CO<sub>2</sub>.

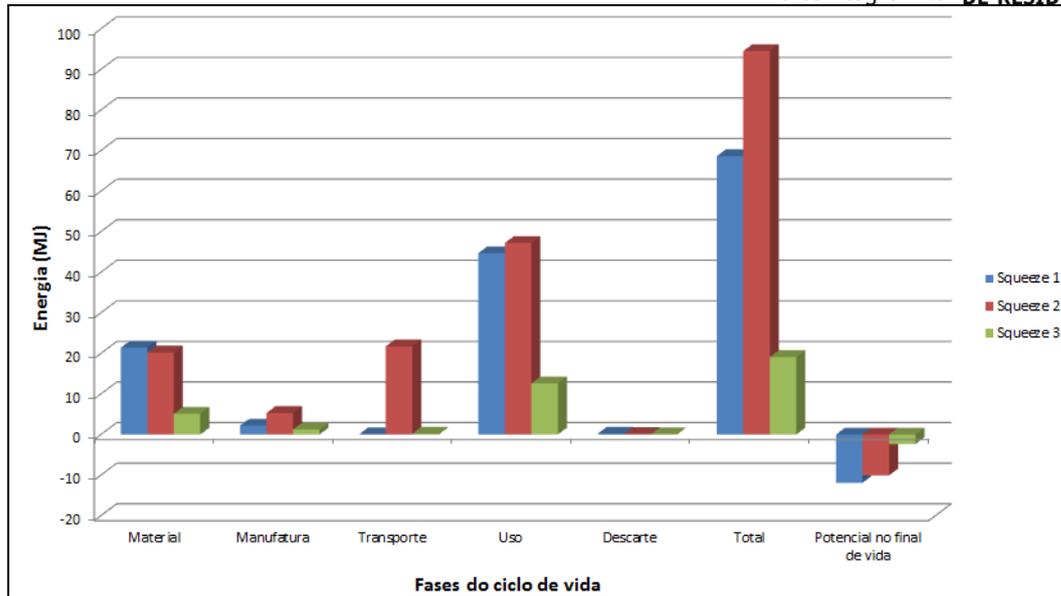


Figura 5: Gráfico comparativo dos 3 produtos analisados em relação a energia gasta. Fonte: Autor.

### - Estudo de caso luminária

Neste estudo foram analisadas luminárias de mesa. O objetivo deste foi analisar um produto existente comparando com projetos dos alunos que estes realizaram. Depois das fases de desmontagem, coleta de dados e inserção dos dados no software, foram gerados os gráficos mostrando os gastos de energia e a geração de CO<sub>2</sub> em todas as fases do produto, apresentados na tabela 2 e na figura 6.

Tabela 2: Comparação da energia gasta e do CO<sub>2</sub> gerado dos produtos analisados. Fonte: Autor.

	Produto existente		Filipe		Pietro		Rodrigo		Stephanie	
Estimativa de vida	3 anos		5 anos		3 anos		10 anos		3 anos	
Fase	Energia (MJ)	Energia (%)								
<b>Material</b>	111	63.1	131	61.2	219	80.0	792	97.5	99	68.1
<b>Manufatura</b>	5.29	3.0	4.48	2.1	25.5	9.3	2.64	0.3	22.4	15.4
<b>Transporte</b>	0.351	0.2	0.167	0.1	0.494	0.2	0.276	0.0	0.229	0.2
<b>Uso</b>	58.8	33.6	78.4	36.6	28.2	10.3	17.1	2.1	23.5	16.2
<b>Descarte</b>	0.135	0.1	0.145	0.1	0.53	0.2	0.18	0.0	0.218	0.1
<b>Total (para primeira vida)</b>	<b>175</b>	<b>100</b>	<b>214</b>	<b>100</b>	<b>273</b>	<b>100</b>	<b>812</b>	<b>100</b>	<b>145</b>	<b>100</b>
<b>Potencial no final de vida</b>	-7.25		-126		-41.2		-367		-18.9	
Fase	CO <sub>2</sub> (kg)	CO <sub>2</sub> (%)								
<b>Material</b>	6.29	79.3	7.52	79.9	12.9	80.2	48.2	98.9	5.18	74.9
<b>Manufatura</b>	0.584	7.4	0.501	5.3	2.62	16.3	0.198	0.4	1.29	18.7



<b>Transporte</b>	0.0249	0.3	0.0118	0.1	0.035	0.2	0.0196	0.0	0.0163	0.2
<b>Uso</b>	1.03	13.0	1.37	14.6	0.494	3.1	0.299	0.6	0.411	5.9
<b>Descarte</b>	0.00942	0.1	0.0102	0.1	0.0371	0.2	0.0126	0.0	0.0152	0.2
Total (para primeira vida)	<b>7.94</b>	<b>100</b>	<b>9.41</b>	<b>100</b>	<b>16.1</b>	<b>100</b>	<b>48.8</b>	<b>100</b>	<b>6.92</b>	<b>100</b>
<b>Potencial no final de vida</b>	-0.431		-7.14		-2.36		-27.3		-1.06	

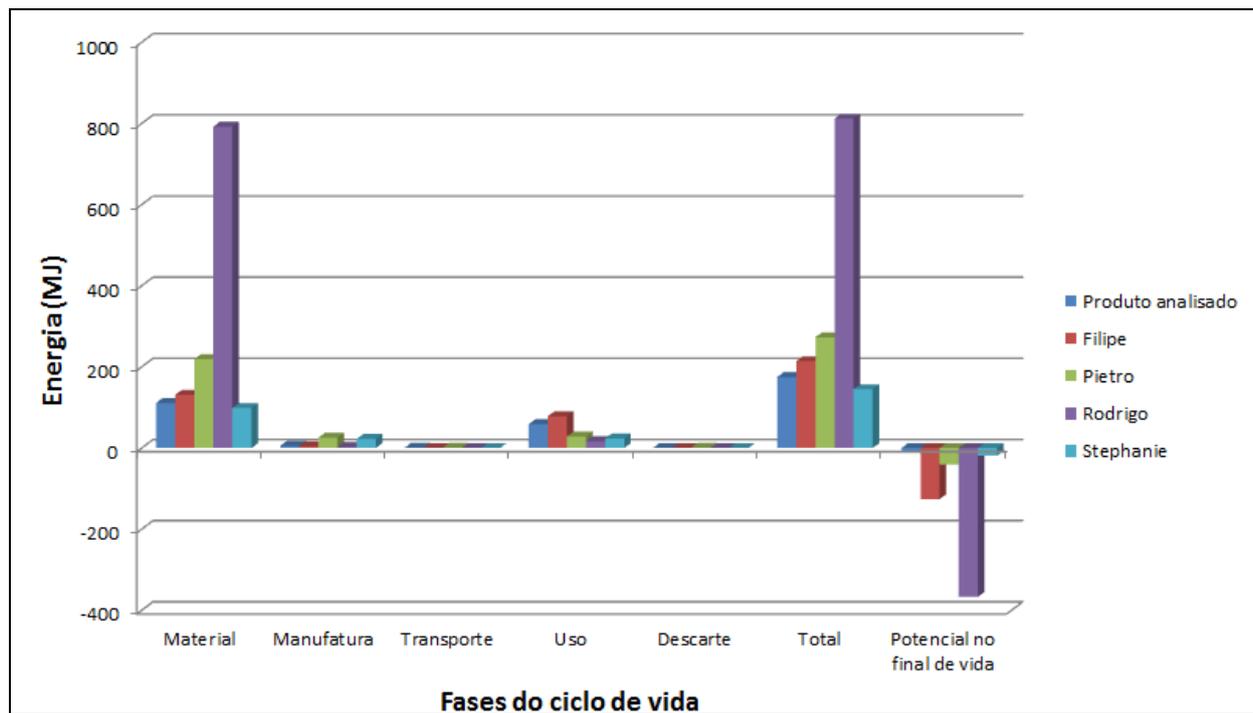


Figura 6: Gráfico comparativo dos 3 produtos analisados em relação a energia gasta. Fonte: Autor.

Por ser um produto que utiliza energia elétrica com frequência durante o uso, esperava-se a fase de uso como sendo a mais impactante, porém os resultados mostraram que a produção dos materiais foi a mais impactante. Isto se deve a escolha de materiais eletrônicos na constituição desta, como a lâmpada LED, tendo um baixo consumo de energia, mas um alto custo energético na produção destes materiais e por consequência de geração de CO<sub>2</sub>. Isto fica muito evidente quanto à luminária do estudante Rodrigo que tem a maior estimativa de vida e isto não refletiu na maior fase de uso. Das luminárias analisadas que tem a mesma estimativa de vida, de 3 anos, a da estudante Stephanie representou a melhor seleção de materiais, porém com baixo potencial no final de vida de retorno dos gastos energéticos. Analisando as luminárias propostas pelos estudantes comparando com a luminária existente, nota-se que os alunos selecionaram muitos materiais para um público-alvo determinado e como resultado um impacto na escolha deste material.

#### 4. Conclusão

As preocupações e a responsabilidade com o impacto ambiental fizeram emergir novos desafios para os designers e projetistas. Enquanto os recursos da natureza diminuem e a poluição ambiental aumenta, a reciclagem, a deposição dos resíduos e os projetos sustentáveis devem ser estudados mais seriamente. Concordando com isso, propõe-se que um designer deva estar ciente das mudanças e continuamente procure soluções novas, principalmente em relação aos aspectos relacionados a questões ambientais.

As técnicas aplicadas para a sustentabilidade possibilitam que designers e projetistas possam projetar levando em conta as questões ambientais. Permite a utilização de materiais com menor impacto ambiental e contribui com o desenvolvimento sustentável por meio da aplicação das metodologias propostas. Aplicar os novos métodos aplicados ao projeto, estudando e analisando o ciclo de vida de um produto, beneficia o ambiente e as futuras gerações.

A análise de produtos, contemplando todas as fases do ciclo de vida desses produtos permitiu aos estudantes visualizar mais claramente como é preciso ter uma visão sistêmica de todo o ciclo de vida deste produto. Por meio de exemplos práticos realizados em aula mostra-se o que está sendo realizado na universidade, incentivando os estudantes desde o primeiro semestre a pensarem todo o ciclo de vida do produto. Foi importante para os alunos analisar os diferentes produtos possibilitando a percepção da importância da seleção dos materiais e a influência no impacto ambiental. Os alunos tornaram-se estimulados a estudar com mais detalhamento a correta seleção de materiais na fase de projeto, tornando-se vital ter uma visão sistêmica de todo o projeto.

Assim, determinar e selecionar o material mais adequado depende de diversos fatores, tendo a fase de projeto um ponto crucial, pois estimar a vida útil deste produto passa a ser determinante na melhor seleção dos materiais. Demonstra-se assim um dos pontos cruciais para a sustentabilidade que os projetistas devem estar atentos e utilizar estas ferramentas em conjunto com as ferramentas de projeto. Analisando os produtos, torna-se evidente que os objetivos de projeto e o público-alvo, projetando assim o tempo de vida útil para o produto torna-se extremamente necessário estes aspectos para uma correta seleção de materiais.

O desenvolvimento de projetos sustentáveis é possível, basta iniciativa e comprometimento, tanto por parte das empresas e responsáveis técnicos quanto por parte da sociedade. Outra responsabilidade está diretamente ligada ao designer do produto, que deve atuar orientado para uma preocupação ambiental, promovendo a interligação entre os demais setores. Agregar ferramentas de design para a sustentabilidade desde as primeiras etapas de projeto garante a realização final de produtos ambientalmente corretos.

#### Referências bibliográficas

ANDRAE, Anders S. G. **Global Life Cycle Impact Assessments of Material Shifts: The example of a Lead-free Electronics Industry.** Springer. Hardcover. 2010. 183 p.

ASHBY, Michael F. **Materials Selection in Mechanical Design.** Butterworth-Heinemann, Oxford, 2nd ed, 1999, 502 p.

ASHBY, Michael F. **Materials and the Environment: Eco-Informed Material Choice.** Butterworth-Heinemann, 2009.



22 a 24 de julho de 2013 **4** FORUM INTERNACIONAL  
Porto Alegre - RS **DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

ASHBY, Mike; COULTER, Patrick; BALL, Nick; BREAM, Charlie. **The CES EduPack Eco Audit Tool** - A White Paper. Granta Design Ltd. Cambridge, UK . Version 2. 2011.

CAMBRIDGE ENGINEERING SELECTOR. CES - EDUPACK 2011 (software), Reino Unido: **GrantaDesign**, 2011.

FERRANTE, Maurício. **Seleção de Materiais**. Editora da UFSCar, São Carlos – SP, 1º ed. 1996.

KARLSSON, Reine e LUTTROPP, Conrad. EcoDesign: what's happening? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue. **Journal of Cleaner Production**, 14, 2006.

KINDLEIN, Wilson Jr.; NGASSA, Armand; DESHAYES, Phillipe. Eco Conception et developpement: Intelligence pour la planète et nouvelles intelligences methodologiques. In: Ecole Centrale de Paris. (Org.). **Intelligence et Innovation en Conception de Produits et Services**. 1 ed. Paris: L'Harmattan, 2006, v. , p. 359-382.

LJUNGBERG, Lennart Y. Materials selection and design for development of sustainable products. **Materials & Design**, Volume 28, pg. 466–479, 2007.

MANZINI, Ezio e VEZZOLI, Carlo. O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

NAVARRO, Rômulo Feitosa. **Materiais e Ambiente**. João Pessoa: Editora universitária, UFPB, 2001.

PLATCHECK, Elizabeth Regina; Schaeffer, L.; KINDLEIN, Wilson Jr.; CÂNDIDO, L. H. A. Methodology of ecodesign for the development of more sustainable electro-electronic equipments. **Journal of Cleaner Production**. 2007.

SILVA, Everton Sidnei Amaral da. **Um sistema Informacional e perceptivo de Seleção de Materiais com enfoque no Design de Calçados**. Porto Alegre, 2005. Mestrado Profissionalizante em Engenharia ênfase: Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas.