

Comparação do impacto ambiental de capas de laptop utilizando a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida

Environmental impact comparison of laptop covers using Life Cycle Assessment methodology

Luisa Pereira Basile, Graduanda Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná

luisa.p.basile@gmail.com

Marcell Mariano Corrêa Maceno, Professor do Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná

marcell.maceno@gmail.com

Adriana de Paula Lacerda Santos, Professora do Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná

adrianapls1@gmail.com

Resumo

Avaliar o impacto ambiental de produtos do dia-a-dia é importante para analisar o quanto sustentáveis eles são. O presente artigo objetivou comparar o impacto ambiental de uma capa de laptop, produzida parcialmente com materiais reciclados, por integrantes de projetos sociais da Fundação de Ação Social da Prefeitura Municipal de Curitiba (FAS), com outras duas capas de laptop comerciais (corino e neoprene), através da utilização da metodologia de avaliação do ciclo de vida de produtos. Para o desenvolvimento da ACV foram adotadas as recomendações das normas ISO 14040. Os dados foram trabalhados no software SimaPro v. 8.0.5, com modelagem em relação aos impactos ambientais. Foi utilizada a base de dados do inventário Ecoinvent v.3, para definição do inventário do ciclo de vida do produto, e o método de avaliação IMPACT 2002+ para identificação dos impactos ambientais. Após aplicação da metodologia ACV concluiu-se que as capas de laptop que não utilizavam matéria-prima reciclada geraram menor impacto ambiental.

Palavras-chave: Impacto ambiental; Avaliação do Ciclo de Vida (ACV); Sustentabilidade

Abstract

Assessing the environmental impact of day-to-day products is important to analyze how sustainable they are. The present article aimed to compare the environmental impact of a laptop cover, which was partially produced with materials reused by members of social projects of the Curitiba Social Action Foundation (FAS), with two commercial laptop covers (artificial leather and neoprene), through the use life cycle assessment. The ISO 14040 standards were adopted for the LCA development. The data were analysed on the software SimaPro v. 8.0.5, modeling in relation to environmental impacts. The Ecoinvent v.3 inventory database was used to define the product life cycle inventory and the IMPACT 2002+ assessment method for identifying environmental impacts. After applying the LCA methodology it was concluded that laptop covers that did not use reused material generated less environmental impact.

Keywords: *Environmental impact; Life-cycle assessment; Sustainability*

1. Introdução

O aumento de discussões sobre a gestão ambiental no século XXI tornou indispensável a toda corporação o debate sobre sustentabilidade. As esferas econômica, ambiental e social, também chamadas *triple bottom line*, passaram a ser consideradas como condição para se atingir uma produção sustentável (GMELIN E SEURING, 2014).

Ou seja, as empresas necessitam crescer, se adaptar ao mercado consumidor, atender as necessidades e satisfação dos clientes. Junto a isso, além da agilidade, produtividade e alta qualidade, a preocupação com o meio ambiente passou a ser fator importante para o sucesso de uma organização.

Assim, de acordo com Herzog (2004), produtos que visam a sustentabilidade são mais propensos a ter mais saída no mercado consumidor, pelos investidores e pelos governos. Portanto, a sustentabilidade hoje, é uma meta a ser buscada, dado que, a preocupação em atingir e demonstrar um comportamento ambientalmente adequado reflete na imagem do fabricante ante a sociedade, aumentando a lucratividade e competitividade dele em seu mercado de atuação (CENTRO SEBRAE DE SUSTENTABILIDADE, 2013).

Nesse contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) passa a ser uma ferramenta essencial, auxiliando a análise, comparação e a tomada de decisão sobre produtos de modo a avaliar a melhoria ou não de seu desempenho ambiental (GMELIN E SEURING, 2014).

Nos casos de novos produtos advindos de reuso, reaproveitamento ou reciclagem de materiais, como os produtos fabricados e comercializados por associações cooperativas, como por exemplo certos Arranjos Produtivos Locais (APLs), espera-se de forma concreta a diminuição de resíduos e a prevenção a extração de recursos naturais (GUTBERLET, 2015), possivelmente reduzindo o impacto ambiental deste tipo de produtos.

Desta forma, este artigo objetivou comparar o produto capa de laptop fabricado por uma APL ligada a Fundação de Ação Social de Curitiba com outros dois modelos industrializados presentes no mercado.

2. Sustentabilidade

A revolução industrial e a revolução tecnológica, ocorridas durante os últimos três séculos, permitiram o surgimento de novas técnicas produtivas, necessárias para aumentar a capacidade de produção num mundo em crescente crescimento demográfico. Entretanto, esse aumento produtivo trouxe consigo efeitos colaterais, que provocaram questionamentos sobre a capacidade de sobrevivência humana (OLIVEIRA ET AL, 2012).

Esses questionamentos deram origem a diversas correntes de pensamento, assim como estudos e pesquisas, que buscavam chegar a um modelo de desenvolvimento que permitisse a interação das necessidades humanas com o meio ambiente e com outros seres vivos.

Dessas discussões, surgiu o termo “sustentabilidade”, que foi apresentado oficialmente na reunião da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), da Organização das Nações Unidas (ONU), ocorrida em 1988. Sustentabilidade foi definida como “[...] a capacidade de satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades” (CMMAD, 1988, p. 9).

Conforme coloca Mikhailova, “É provável que, nos anos recentes, nenhum conceito tenha sido citado tantas vezes, discutido e empregado em tantas pesquisas, como o conceito de desenvolvimento sustentável e de sustentabilidade” (MIKHAILOVA, 2004, p.1).

Dentro desta discussão, entende-se que a sustentabilidade é composta de três dimensões, que se relacionam: econômica, ambiental e social. Essas dimensões são também conhecidas como *triple bottom line* (OLIVEIRA ET AL, 2012); conceito que teve origem em estudo realizado por Elkington (1994) sendo também conhecido como 3P (People, Planet e Profit). Em português, 3P é traduzido como PPL (Pessoas, Planeta e Lucro). Dessa maneira, uma produção sustentável seria aquela que apresenta as três dimensões: 1) econômica, que implica na criação de empreendimentos viáveis e atraentes para os investidores; 2) ambiental, que exige que os processos tenham interação com o meio ambiente, sem causar danos permanentes e 3) social, que supõe o estabelecimento de ações justas para trabalhadores, parceiros e sociedade. Essas dimensões estão ilustradas na figura 1.



Figura 1: As três dimensões da sustentabilidade. Fonte: BIOSETA (2014)

Na atualidade, o debate sobre aquecimento global vem colocando o tema da sustentabilidade, principalmente ambiental, como prioridade das grandes empresas. Conforme colocam Arruda e Quelhas (2010), isso tem feito com que lideranças mundiais venham se mobilizando, na tentativa de alinhar as práticas empresariais com valores socioambientais mais justos. Arruda e Quelhas (2010) citam empresas que apresentam na internet relatórios e políticas de sustentabilidade baseadas no mapeamento/gerenciamento de riscos ambientais; bom relacionamento com clientes, fornecedores e comunidade e incorporação de processos de inovação tecnológica voltados para uma produção eficiente. Assim sendo, muitas empresas para manterem a sustentabilidade ambiental já adotam medidas no projeto do produto. De acordo com Assis (2009), é importante aliar a sustentabilidade a Gestão de Produtos, principalmente no projeto do produto, evitando características que possam gerar riscos ao meio ambiente e não acordo com normas ambientais.

3. Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)

De acordo com Freitas et al. (2014), as inovações dentro das empresas podem ser alcançadas a partir do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), que seria um processo de negócio, ou seja, seu foco é resultar em produtos que tenham valor para os clientes da empresa. O PDP deve ser estruturado segundo um modelo de referência, que integre atividades, recursos, informações e boas práticas e é classificado em três etapas: Pré-desenvolvimento, Desenvolvimento e Pós-desenvolvimento.

De acordo com Faria et al. (2008), o Pré-desenvolvimento, também chamado de planejamento do produto, é a fase na qual é definido o produto a ser desenvolvido; ou seja, o escopo do projeto, além da avaliação econômica, avaliações de capacidade de risco, definição de indicadores para monitoramento e definição de planos de negócio do projeto. A fase de Desenvolvimento contém diversas etapas, como a Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado, a fim de estruturar totalmente o produto e poder enfim realizar o seu lançamento no mercado. Na fase de Pós-desenvolvimento é feito o planejamento de como o produto será acompanhado e retirado do mercado. Conforme Rosenfeld et al. (2006) o Desenvolvimento de produto também envolve o acompanhamento do mesmo após o lançamento, bem como o planejamento da descontinuidade do produto no mercado, incorporando estes conceitos na especificação do projeto, atendendo assim, todas as necessidades do produto ao longo do seu ciclo de vida (ROSENFELD et al., 2006).

Acompanhando a discussão sobre sustentabilidade, Manzini e Vezzoli (2002) afirmam que o PDP deveria ser repensado, para que as dimensões da sustentabilidade possam ser obedecidas desde a concepção até o fim da vida do produto, tendo em vista que qualquer produção tende a provocar algum impacto ambiental.

4. Avaliação do Ciclo de Vida

De acordo com Jensen e Rernnen (2006), adotar o conceito de Avaliação do Ciclo de Vida na produção significa identificar os impactos que ocorrem desde a concepção até o fim da vida de um produto ou material. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) ou Life Cycle Assessment (LCA) é uma ferramenta que visa abordar os aspectos ambientais de um produto e os impactos potenciais ao longo do ciclo de vida (UNEP/SETAC, 2009).

Para orientar a ACV, foram estabelecidas normas ISO (ISO 14040 - 14043), publicadas desde 1997 até o ano de 2000, as quais foram substituídas em 2006 pelas normas ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006). Estas normas descrevem os requisitos e elementos recomendados para a ACV.

Associado ao conceito de ACV, está o de Gestão do Ciclo de Vida (Life Cycle Management – LCM), onde se busca identificar oportunidades para atender às novas demandas das empresas, direcionando competências e capacidades para soluções economicamente viáveis e ambientalmente compatíveis (SAUR, 2003).

5. Etapas da pesquisa

A pesquisa desenvolvida utilizou-se da metodologia ACV (Avaliação do Ciclo de Vida), para a qual, de acordo com a ISO 14040, são fundamentais quatro fases: 1) Definição de objetivo e escopo; 2) Análise do inventário; 3) Avaliação do impacto e 4) Interpretação. A figura 2 mostra a relação entre essas fases.

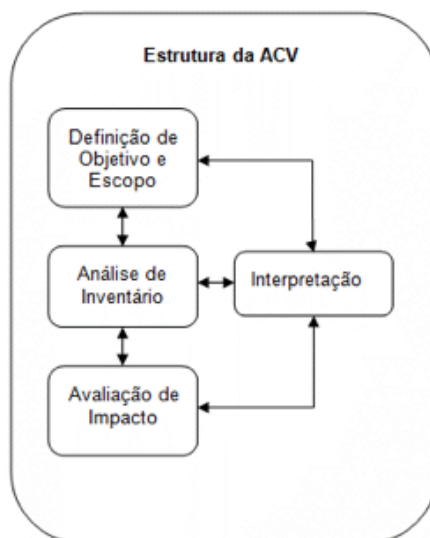


Figura 2: Fases da Avaliação do Ciclo de Vida. Fonte: ABNT (2009). Adaptado pelos autores.

Para Definição do objetivo e escopo da pesquisa (Fase 1) levou-se em consideração a motivação e no que a pesquisa pode ser aplicada, assim como seu público alvo. O sistema

do produto, suas funções, sua unidade funcional, fronteira e fluxo de referência, o método de avaliação de impacto e as limitações foram considerados para a síntese do escopo.

Na fase 2, Análise do inventário, foi realizada uma coleta de dados, identificando-se as matérias-primas das três capas de laptop estudadas. Assim, foram levantados as matérias-primas e suas respectivas quantidades da capa produzida artesanalmente pela Fundação de Ação Social da Prefeitura Municipal de Curitiba (FAS) e também de duas capas produzidas industrialmente.

Os materiais da capa artesanal considerados pela pesquisa foram apenas aqueles não reaproveitados, visto que a finalidade inicial dos materiais reciclados não era o produto objeto da análise. Neste contexto, a pesquisa poderia abranger o impacto da logística do local descartado até a FAS, mas na ausência de dados, esses materiais não foram considerados. Para a medição da quantidade de cada material da capa produzida pela FAS foi utilizada a balança de precisão “Mettler Toledo”, modelo AL 204. Para as capas industrializadas, as informações sobre seus materiais foram encontradas em sites da Internet, sendo que foi considerado duas capas hipotéticas, uma feita de corino e outra de neoprene, com materiais similares ao da capa artesanal.

Na sequência, efetuou-se a busca desses materiais na biblioteca de inventário do software SimaPro, versão 8.0.5. A base de dados de inventário priorizada dentro do Software foi a Ecoinvent v.3.

Para a Avaliação do impacto (Fase 3), foi realizada no software SimaPro uma comparação entre os três modelos de capa, utilizando o método IMPACT 2002+. O software gerou gráficos, que serviram como base para a posterior análise.

Em cada uma das fases apresentadas foi realizada uma Interpretação dos dados (Fase 4), visando revisá-los, comprovando sua sensibilidade e consistência.

O método ACV aplicado pode ser considerado simplificado, uma vez que a pesquisa foi realizada de forma parcial, tendo em vista as limitações dos estágios do ciclo de vida, decorrentes das restrições da fonte de dados e tempo necessário. Entretanto, entende-se que a simplificação efetuada não comprometeu o alcance dos objetivos propostos.

6. Resultados e discussão

O objetivo da Avaliação do Ciclo de Vida da capa de laptop foi determinar quais dos três modelos de capa geram o maior impacto ambiental. O público alvo desta pesquisa foram os fabricantes da capa de laptop envolvidos nos Arranjos Produtivos Locais, apoiados pela FAS, e também do mercado em geral, além de interessados na metodologia ACV, estudantes e profissionais do meio acadêmico.

Visando realizar a etapa da ACV do processo de desenvolvimento do produto capa de laptop, o sistema do produto considerado foi a própria capa. Na realização dessa pesquisa foram considerados apenas os materiais utilizados para a fabricação de cada capa para laptop, sendo este o limite do sistema.

Para a definição de escopo foi necessário estabelecer a função, unidade funcional e fluxo de referência de toda a avaliação de ciclo de vida. A função serve para determinar qual o principal objetivo do produto analisado e a unidade funcional é a base de referência do estudo, à qual todas as entradas e saídas do sistema estarão relacionadas. Já o fluxo de referência é definido como a medida das saídas dos processos do sistema, necessária para o cumprimento da função expressa na unidade funcional. No Quadro 01 são apresentados esses dados.

Função	Proteger o laptop
Unidade Funcional	Proteger 1 laptop contra danos mecânicos
Fluxo de Referência	1 capa de laptop

Quadro 1 - Definição da função, unidade funcional e fluxo de referência da ACV. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para realização do inventário do ciclo de vida, todas as quantificações de entradas dos processos unitários das capas de laptop foram retiradas de duas bases de dados, a Ecoinvent v.3 e a Industry data 2.0. Essas bibliotecas estão disponíveis dentro do programa SimaPro, versão 8.0.5. As tabelas 1, 2 e 3 mostram os materiais, processos e quantidades utilizados para a análise de cada capa.

Capa	Material	Processo	Componente	Nomenclatura SimaPro	Massa (g)	Massa Total (g)	
Capa artesanal produzida pela FAS	Barbante	Spinning, bast fibre {RoW} processing Conseq, U	Algodão	Cotton fibre {RoW} cotton production Conseq, U	103,74	103,74	
	Zipper	Dentes	Injection moulding {RoW} processing Conseq, U	Polioximetileno	Polyoxymethylene (POM)/EU-27	12,05	25,5
		Fita de Tecido	Weaving, bast fibre {RoW} processing Conseq, U	Poliéster	Polyester resin, unsaturated {RoW} production Conseq, U	9,7	
		Puxador	Casting, brass {RoW} processing Conseq, U	Zinco	Zinc {GLO} primary production from concentrate Conseq, U	3,75	
		Fio de costura	Spinning, bast fibre {RoW} processing Conseq, U	Poliéster	Polyester resin, unsaturated {RoW} production Conseq, U	0,104	0,104
		Malha	Tecelagem, Weaving, bast fibre	Viscose	Viscose fibre {GLO} viscose production Conseq, U	124,13	129,3

		{RoW} processing Conseq, U	Lycra	Polyol {RoW} production Conseq, U	5,172	
--	--	-------------------------------------	-------	--	-------	--

Tabela 1: Processos e quantidades da capa de laptop artesanal. Fonte: Elaborado pelos autores

Capa	Material		Processo	Componente	Nomenclatura SimaPro	Massa (g)	Massa Total (g)
Capa Neoprene	Neoprene		-	Cloroprene	3,4DCB de1,4	122	200
					Sodium hydroxide (50% NaOH), production mix/RER Mass	78	
	Zíper	Dentes	Injection moulding {RoW} processing Conseq, U	Polioximetileno	Polyoxymethylene (POM)/EU-27	12,05	25,5
		Fita de Tecido	Weaving, bast fibre {RoW} processing Conseq, U	Poliéster	Polyester resin, unsaturated {RoW} production Conseq, U	9,7	
		Puxador	Casting, brass {RoW} processing Conseq, U	Zinco	Zinc {GLO} primary production from concentrate Conseq, U	3,75	
	Fio de costura		Spinning, bast fibre {RoW} processing Conseq, U	Poliéster	Polyester resin, unsaturated {RoW} production Conseq, U	0,104	0,104

Tabela 2: Processos e quantidades da capa de laptop neoprene. Fonte: Elaborado pelos autores

Capa	Material	Processo	Componente	Nomenclatura SimaPro	Massa (g)	Massa Total (g)
	Corino	-	Polivinilclorido	Polyvinylchloride, emulsion polymerised {RoW} polyvinylchloride production,	101,64	127,05

Capa Corino				emulsion polymerisation Conseq, U			
				Poliéster	Polyester resin, unsaturated {RoW} production Conseq, U	25,41	
	Zíper	Dentes	Injection moulding {RoW} processing Conseq, U	Polioximetileno	Polyoxymethyle ne (POM)/EU- 27	12,05	25,5
		Fita de Tecido	Weaving, bast fibre {RoW} processing Conseq, U	Poliéster	Polyester resin, unsaturated {RoW} production Conseq, U	9,7	
		Puxador	Casting, brass {RoW} processing Conseq, U	Zinco	Zinc {GLO} primary production from concentrate Conseq, U	3,75	
		Fio de costura	Spinning, bast fibre {RoW} processing Conseq, U	Poliéster	Polyester resin, unsaturated {RoW} production Conseq, U	0,104	0,104
	Espuma	-	Poliuretano	Polyurethane, flexible foam {RoW} production Conseq, U	103,2	103,2	

Tabela 3: Processos e quantidades da capa de laptop corino. Fonte: Elaborado pelos autores

A extensão portão-portão foi utilizada como limite do sistema, sendo também necessárias algumas considerações nos materiais, já que as bases de dados não continham todas as informações para o estudo. Para a interpretação dos dados relativos à ACV utilizou-se o método IMPACT 2002+.

Comparando-se os materiais das três capas de laptop utilizando a unidade de medida de impacto ambiental μPt pôde-se verificar que a capa com maior impacto ambiental foi a capa artesanal, com impacto avaliado em 573 μPt , mais que o dobro que a capa de neoprene (225 μPt). A capa de corino ficou em segundo lugar na avaliação, com impacto de 369 μPt , como mostra a Figura 3.

O principal fator de impacto na capa artesanal foi saúde humana, devido principalmente à respiração de inorgânicos, relacionada à emissão de particulados e óxido de nitrogênio no ar. A produção de eletricidade e produção da fibra de algodão presentes no material barbante também foram fatores críticos no impacto ambiental geral da capa artesanal. Nas outras duas capas o maior impacto foi na categoria recursos, principalmente devido à matéria-prima gás natural e óleo cru.

Analisando apenas a capa artesanal no SimaPro foi visto que o material que mais interfere na saúde humana foi a malha, seguido pelo barbante. Entretanto, em relação ao impacto em todas as categorias de dano, o material mais crítico foi o barbante.

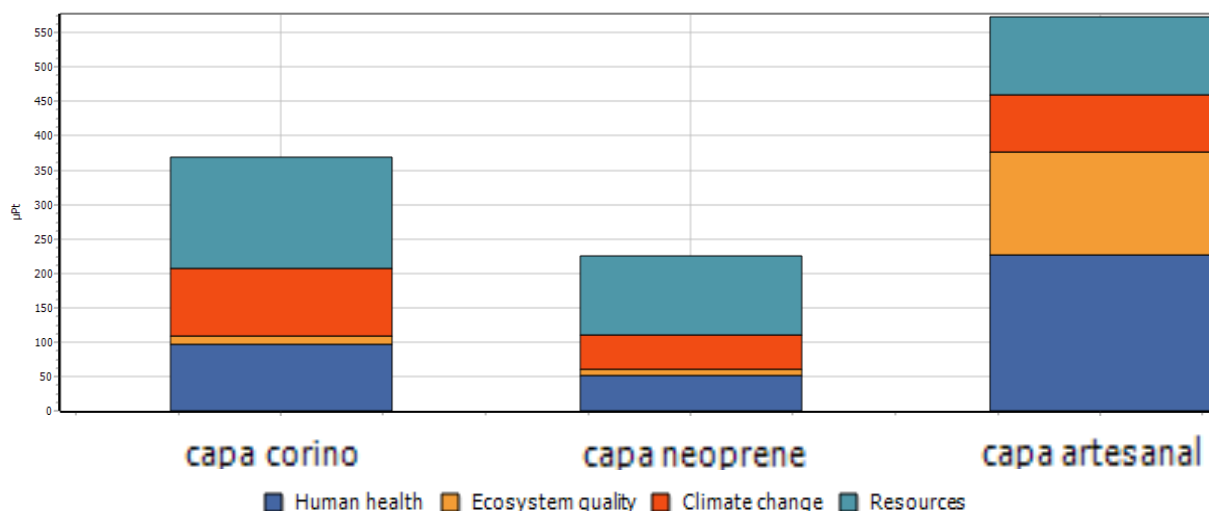


Figura 3- Impacto ambiental capa de laptop. Fonte: SimaPro®, com dados dos autores (2017).

7. Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo principal apresentar os resultados da Avaliação do Ciclo de Vida de uma capa de laptop, comparando três modelos, um deles fabricado com materiais reciclados, dentro de do programa de APLs, vinculado à FAS, Prefeitura de Curitiba, e outros dois modelos confeccionados com produtos industrializados, comuns no mercado.

Foi realizada uma análise ACV simplificada, na qual foi considerado apenas o aspecto ambiental da sustentabilidade. Após o estudo, concluiu-se que a capa com maior impacto ambiental foi a capa artesanal desenvolvida pela FAS. Ou seja, apesar de possuir alguns materiais reciclados, esta capa não foi mais sustentável ambientalmente do que outros modelos presentes no mercado. Isso se deve principalmente ao uso de alguns materiais (barbante e malha) que geraram impacto maior que outros materiais, presentes nas capas industrializadas. Preliminarmente, seria possível imaginar que o produto artesanal geraria menor impacto ambiental, entretanto, uma análise criteriosa demonstrou que as capas industrializadas foram mais sustentáveis sob o ponto de vista ambiental.

Referências

ARRUDA, Luis Arruda; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves. **Sustentabilidade: um longo processo histórico de reavaliação crítica da relação existente entre a sociedade e o meio ambiente.** B. Téc. Senac: a R. Educ. Prof., Rio de Janeiro, v. 36, n.3, set./dez. 2010.

ASSIS, B. B. **Avaliação do ciclo de vida do produto como ferramenta para o desenvolvimento sustentável, 2009.** Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040.** Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009.

BIOSETA. Sustentabilidade, compromisso com o amanhã. **Grupo Bioseta**, outubro, 2014. Disponível em: <http://www.bioseta.com.br/sustentabilidade-compromisso-com-amanha/>. Acesso em: 01 de Março 2016.

CENTRO SEBRAE DE SUSTENTABILIDADE. **Gestão Sustentável nas Empresas.** Disponível em: <http://www.sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Cartilhas/Gest%C3%A3oSustent%C3%A1vel-nas-Empresas>>. Acesso em: 09 de Junho 2015.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - CMMAD. **Nosso Futuro Comum.** Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988

ELKINGTON, J. **Triple bottom line revolution: reporting for the third millennium.** Australian CPA, v. 69, p. 75, 1994.

FARIA, A. F.; PINTO, C. A.; RIBEIRO, N.M.; CARDOSO T. S.; RIBEIRO, J. P. C. **Processo De Desenvolvimento De Novos Produtos: Uma Experiência Didática,** 2008.

FREITAS, F.L.; FERREIRA, M.P.; MATSUO, T.K.; FORCELLINI, F.A.; Rodrigues, M. A. **Processo de desenvolvimento de produto: aplicação em um projeto de p&d dentro do programa aneel,** 2014.

GMELIN, H., SEURING, S. **Determinants of a sustainable new product development.** Journal of Cleaner Production 69 (2014) 1-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.053>. Acesso em: 29 de Novembro 2017.

GUTBERLET, J. **Cooperative urban mining in Brazil: Collective practices in selective household waste collection and recycling.** Waste Management 45 (2015) 22–31. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.023>. Acesso em: 29 de Novembro 2017.

HERZOG, A. L. É politicamente correto e dá mais dinheiro. **Exame**, São Paulo, Edição especial.p.14-17, dez. 2004.

JENSEN, A.A., REMMEN, A., 2006, "**Background Report for a UNEP Guide to Life Cycle Management**", UNEPDTIE. Disponível em: www.uneptie.org/pc/sustain/lcinitiative/home.htm, Acessado em: Dezembro de 2016.

In: CHUM, Julio C. **Gestão do processo de desenvolvimento de produtos e a gestão do ciclo de vida: proposta de um modelo para o desenvolvimento de produtos sustentáveis**. Dissertação de mestrado, COPPE/ UFRJ, 2010.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MIKHAILOVA, Irina. **Sustentabilidade: Evolução dos Conceitos Teóricos e os Problemas da Mensuração Prática**. In: Revista Economia e Desenvolvimento, n° 16, 2004.

OLIVEIRA, L.R.; MEDEIROS, R. M.; TERRAC, P. B.; QUELHAS, O.L.G. **Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações**. Produção, v. 22, n. 1, p. 70-82, jan./fev. 2012

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SAUR, K., DONATO, G., FLORES, E.C., FRANKL, P., JENSEN, A.A., KITUYI, E., LEE, K.M., SWARR, T., TAWFIC, M., TUKKER, A, 2003, **Draft Final Report of the LCM Definition Study**, UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. Disponível em: <http://www.lcinitiative.unep.fr>. Acessado em: março de 2016. In: CHUM, Julio C. **Gestão do processo de desenvolvimento de produtos e a gestão do ciclo de vida: proposta de um modelo para o desenvolvimento de produtos sustentáveis**. Dissertação de mestrado, COPPE/ UFRJ, 2010.

SIMAPRO Software. Versão 8.0.5. Amersfoort: Pré Consultants, 2015.

UNEP/SETAC, 2009, "**Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products**", Disponível em: <http://lcinitiative.unep.fr>. Acessado em: Fevereiro de 2016. In: CHUM, Julio C. **Gestão do processo de desenvolvimento de produtos e a gestão do ciclo de vida: proposta de um modelo para o desenvolvimento de produtos sustentáveis**. Dissertação de mestrado, COPPE/ UFRJ, 2010.