

Avaliação do ciclo de vida para o desenvolvimento de produtos sustentáveis

Leila Mendes da Luz (UTFPR) leila.mendesdaluz@gmail.com
Antonio Carlos de Francisco (UTFPR) acfrancisco@utfpr.edu.br

Resumo:

No ambiente altamente competitivo em que as empresas estão inseridas o movimento em direção a produtos mais sustentáveis é um aspecto importante para a competitividade. No entanto estes aspectos têm sido muitas vezes negligenciados no processo de desenvolvimento de produtos. Neste aspecto a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), pode ser aplicada para facilitar a gestão do ciclo de vida do produto e inserir aspectos ambientais nas fases iniciais do processo. Devido a atualidade do tema ACV, o número de estudos desenvolvidos na área é crescente. Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar a utilização da ACV no desenvolvimento de produto na área acadêmica brasileira. Para isso, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e qualitativa, onde foram analisados estudos desenvolvidos na área acadêmica brasileira levantados no banco de teses e dissertações da CAPES e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. Ao todo foram analisados 129 trabalhos. No entanto apenas 3 apresentaram a abordagem da ACV no desenvolvimento de produtos. Com isso, pode-se perceber que apesar dos estudos de ACV no país estarem crescendo e, apesar de na literatura ser encontrados vários autores relatando que a ACV pode ser aplicada no desenvolvimento de produtos, esta é uma área que ainda necessita ser explorada pela área acadêmica brasileira de modo geral. Pois, a incorporação da ACV no processo de desenvolvimento de produto pode otimizar e aperfeiçoar os resultados obtidos pelas organizações no que diz respeito aos benefícios obtidos por meio do desenvolvimento sustentável de produtos.

Palavras chave: Avaliação do Ciclo de vida, Desenvolvimento de Produto, Competitividade.

Life cycle assessment for the development of sustainable products

Abstract

In the highly competitive environment in which companies operate the move toward more sustainable products is an important aspect of competitiveness. However, these aspects have often been overlooked in the process of product development. In this respect the Life Cycle Assessment (LCA), can be applied to facilitate the management of the product life cycle and insert environmental aspects in the early process of doing. Due to the current ACV theme, the number of studies conducted in the area is growing. Thus, this study aims to evaluate the use of LCA in product development in the Brazilian academic field. For this, there was a literature and qualitative research, which developed studies were analyzed in the Brazilian academic raised the bank of theses and dissertations from the CAPES and the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations. Altogether 129 works were analyzed. However only 3 presented the approach of LCA in product development. With this, one can see that despite the LCA studies in the country are growing and, although in the literature to be found several authors reporting that LCA can be applied in product development, this is an area that still needs to be explored by area Brazilian academic in general. For the incorporation of LCA in product development process can optimize and improve the results achieved by organizations with regard to the benefits obtained through sustainable product development.

Key-words: Life Cycle Assessment (LCA). Product development, Competitiveness.

1. Introdução

O ambiente altamente competitivo em que as empresas estão inseridas, bem como a busca por um diferencial em relação aos seus concorrentes torna-se cada vez mais importante para as organizações buscarem ou manterem uma posição no mercado. Este diferencial pode ser alcançado, dentre outras coisas, através da adoção de práticas que contribuam para o desenvolvimento sustentável.

Um aspecto importante da sustentabilidade é o movimento em direção a produtos mais sustentáveis (MORENO et al., 2011). Nesta perspectiva, produtos com características sustentáveis podem fazer parte dos elementos que contribuem para a vantagem competitiva no mercado (MAXWELL e VORST, 2003). Atualmente, clientes exigem produtos sustentáveis (PEDRAZZOLI, 2014; BAPTISTA 2014) e restrições governamentais em direção a produtos com características sustentáveis aumentam continuamente (GMELIN e SEURING, 2014). Diante disso, a pressão sobre a indústria para desenvolver produtos sustentáveis é cada vez maior (MAXWELL e VORST, 2003).

As empresas são então, estimuladas a projetar, fabricar e entregar produtos que forneçam valor para o cliente e sejam sustentáveis (GMELIN e SEURING, 2014). No entanto, o desenvolvimento de produtos sustentáveis tem sido percebido como uma questão desafiadora na academia e na indústria por várias décadas e representa um dos principais desafios enfrentados pela indústria do século 21 (MAXWELL e VORST, 2003; GMELIN e SEURING, 2014).

De acordo com Gmelin e Seuring (2014) os aspectos da sustentabilidade têm sido muitas vezes negligenciados no desenvolvimento de produtos embora, o desenvolvimento de produtos permita abordar características sustentáveis iniciais do ciclo de vida do produto. Atualmente algumas técnicas vêm sendo empregadas para auxiliar na avaliação dos impactos causados pelos produtos e pelas atividades industriais. Dentre elas cita-se a Análise do Ciclo de Vida (ACV), que neste sentido, pode ser aplicada para facilitar a gestão do ciclo de vida do produto.

A ACV é uma ferramenta utilizada para compreender e enfrentar os impactos causados pelos produtos ao longo do seu ciclo de vida (UNEP/SETAC, 2009). Pode ser aplicada tendo em vista objetivos para tomada de decisões em diferentes situações, como para a avaliação do impacto ambiental da empresa em termos de melhorias de produtos e desenvolvimento de produto ou inovações (GUINÉE, 2001).

Por envolver todo o ciclo de vida do produto, a ACV permite obter uma visão global do sistema do produto, proporcionando um melhor entendimento da interação existente entre a atividade industrial e o meio ambiente, auxiliando na tomada de decisão e no planejamento estratégico da organização. Podendo assim, ser utilizada, entre outras coisas, no processo de desenvolvimento de produto, visando a melhoria dos impactos causados pelos mesmos.

Devido a atualidade do tema ACV, o número de estudos desenvolvidos na área é crescente. Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar a utilização da ACV no desenvolvimento de produto na área acadêmica brasileira. Para isso, este trabalho apresenta estudos de ACV relacionados a perspectiva de sua aplicação no desenvolvimento de produto.

2. Avaliação do ciclo de vida

De acordo com a ISO 14040 a ACV é uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto, mediante a compilação de um inventário de entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto, a avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a essas entradas e saídas, a interpretação dos resultados das fases de análise de inventário e, de avaliação de impactos em relação aos objetivos dos estudos (ABNT, 2009a).

Guinée et al. (2001) complementa este conceito mencionando que a ACV é uma ferramenta para a análise do impacto ambiental dos produtos em todas as fases do seu ciclo de vida, desde a extração de recursos, através da produção de materiais, componentes do produto, o produto em si e gestão do produto depois que ele é descartado, seja por meio da reutilização, reciclagem ou disposição final.

De acordo com Barbieri (2004, p. 146) a ACV também “é conhecida pela expressão do berço ao túmulo (*cradle to grave*), berço indicando o nascedouro dos insumos primários mediante a extração dos recursos naturais e túmulo, o destino final dos resíduos que não serão reusados ou reciclados”. Com isso a utilização do enfoque da ACV permite à empresa entender melhor os efeitos ambientais totais de seus produtos e processos (FUNDACIÓN..., 1999).

As principais aplicações da ACV de acordo com Guinée et al. (2001) está em: analisar as origens dos problemas relacionados a um determinado produto; possibilitar melhorias por meio da comparação de variantes de um determinado produto; promover a concepção de novos produtos; possibilitar a escolha entre uma série de produtos comparáveis.

A metodologia da ACV é normatizada pela Organização Internacional para Normatização (ISO – em inglês, *International Organization for Standardization*). Sua estrutura é reconhecida internacionalmente e foi desenvolvida e revista ao longo do tempo para orientar estudos em Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (MATTHEWS, HENDRICKSON e MATTHEWS, 2014).

A metodologia da ACV sugerida pelas normas ISO inclui quatro fases definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação:

- Definição do objetivo e escopo: o objetivo de um estudo ACV deve declarar inequivocamente a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público-alvo ISO 14040 (ABNT, 2009). Já o escopo compreende a abrangência do estudo. De acordo com os autores, Sherwani, Usmani, Varun (2010); Pieragostini, Mussat, Aguirre (2012); Zhou, Chang, Fane (2011) e Roy et al. (2009), devem ser demonstrados claramente no escopo o sistema de produto a ser estudado, as fronteiras do sistema, a unidade funcional e os limites do sistema.
- Análise do inventário (ICV): envolve um extenso banco de dados de materiais envolvidos no produto ou sistema incluindo o levantamento, a coleta e a análise dos dados necessários para a ACV (JIJAKLI, 2012; OLSEN et al., 2001 e GUINNÉ et al., 2011).
- Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV): consiste em estudar a significância dos impactos ambientais, a partir dos dados do inventário. Ao final da avaliação de impacto do ciclo de vida, tem-se como resultado final um perfil ambiental do sistema de produto em estudo, conforme definido no objetivo e escopo. Esses resultados serão interpretados na última fase da estrutura metodológica da avaliação do ciclo de vida (BENEDETTO e KLEMES, 2009).
- Avaliação do ciclo de vida: compreende a interpretação. Nesta fase são avaliadas as informações da análise de inventário e avaliação do impacto do sistema e propor conclusões

de acordo com os objetivos traçados na primeira fase do estudo (BENEDETTO e KLEMES, 2009, JIJAKLI, 2012 e ISO 1440, 2009).

O desenvolvimento de um estudo de ACV é um processo iterativo, onde as quatro fases apresentam inter-relações (Matthews, Hendrickson e Matthews, 2014). Isso quer dizer que, “à medida que dados e informações são coletados, vários aspectos do escopo podem exigir modificações visando a atender ao objetivo original do estudo” (ABNT, 2009a, p.12). Desta forma, de acordo com Matthews, Hendrickson e Matthews (2014), o objetivo e escopo podem ser ajustados durante ou após a coleta dos dados do inventário caso algumas limitações sejam encontradas; as fases anteriores a interpretação dos dados podem ser revisadas se os dados coletados não responderem as questões do estudo, ou ainda, pode ser necessário a adição de novas categorias de impacto para facilitar a tomada de decisão após a obtenção dos resultados. Assim, nenhuma das fases é verdadeiramente completa até que todo o estudo esteja.

3. Desenvolvimento de produto

Devido às características do mercado, atualmente, o desenvolvimento de produto é um processo de negócio cada vez mais importante para as empresas se manterem competitivas no mercado. Isso ocorre principalmente devido a crescente internacionalização dos mercados, aumento da variedade de produtos e redução do ciclo de vida destes no mercado (ROZENFELD et al. 2006).

De acordo com Rozenfeld et al. (2006, p.3), desenvolver produtos consiste em um conjunto de atividades por meio das quais busca-se, definir as especificações de projeto de um produto bem como de seu processo de produção, considerando as possibilidades e restrições tecnológicas, as necessidades do mercado e as estratégias competitivas e de produto da empresa.

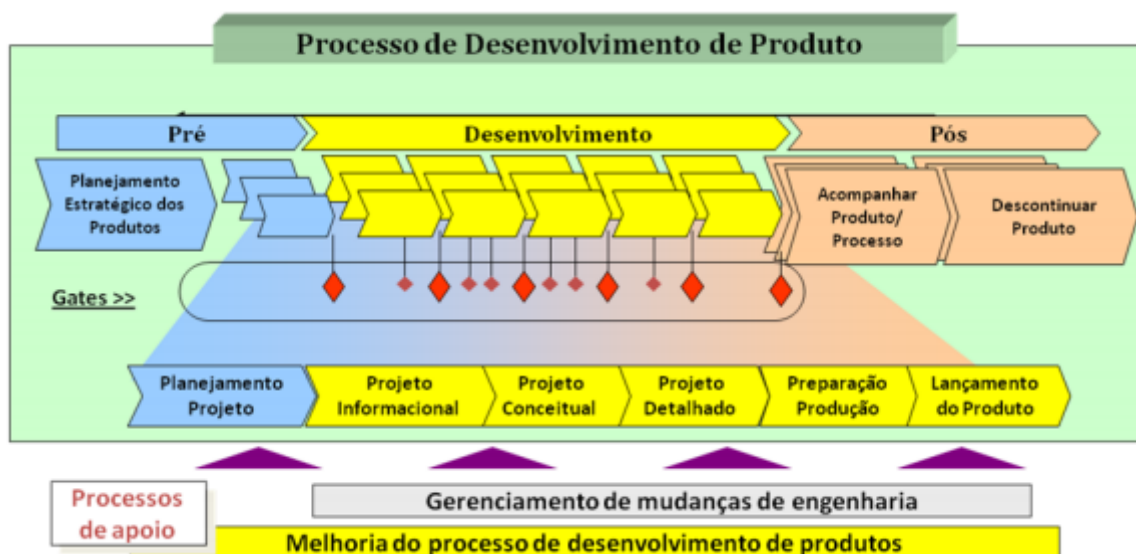
Outra definição de desenvolvimento de produto é apresentada pela ISO 14062, que o define como sendo um “processo de elaboração de uma ideia, desde o planejamento até o lançamento comercial e análise crítica do produto, no qual estratégias do negócio, considerações de marketing, métodos de pesquisa e aspectos do projeto são usados para conduzir o produto até sua utilização prática. Isto inclui melhorias ou modificações nos processos e produtos existentes” (ABNT, 2004, p.2).

Atualmente, existem na literatura várias estruturas de modelos que foram desenvolvidos para auxiliar o processo de desenvolvimento de produtos, no entanto um modelo considerado abrangente e de fácil adaptação a realidade das empresas é o modelo de referencia, conhecido como modelo unificado, proposto por Rozenfeld et al. (2006). Este modelo vem sendo utilizado em diversas pesquisas, como nos estudos desenvolvidos por Honda (2014), Varandas (2014), Brunes, Carvalho e Zancul (2014) e Ruy (2011).

Um ponto levado em consideração na escolha por este modelo é o fato deste abordar todas as fases do ciclo de vida do produto, incluindo as fases de pré e pós-desenvolvimento. Além disso, de acordo com Ruy (2011) este modelo é um dos mais recentes e sintetiza e amplia muitas questões tratadas pelos diversos modelos existentes. Outro ponto importante para a escolha deste modelo é o fato que ele inclui explicações de gerenciamento de projetos e recomendações para profissionais e acadêmicos baseadas nos princípios e diretrizes do reconhecido *Project Management Institute* (PMI) (BRUNES, CARVALHO e ZANCUL, 2014).

De modo geral, este modelo é composto por três macrofases pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento, conforme pode ser visualizado na Figura 1. Estas três macrofases englobam nove fases: planejamento estratégico dos produtos, planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação da

produção do produto, lançamento do produto, acompanhar produto/processo e descontinuar o produto do mercado.



Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

Figura 1 – Modelo unificado

A conclusão de cada fase é determinada pela entrega de um conjunto de resultados que determinam um novo patamar de evolução do PDP. A transição de fase (*gate*) é um processo de revisão ampla e minuciosa das saídas da fase que avalia a qualidade dos resultados obtidos, a situação do projeto diante do planejamento, o impacto dos problemas encontrado e a relevância do projeto diante do portfólio completo (HONDA, 2014).

A macrofase de pré-desenvolvimento diz respeito ao planejamento estratégico de produto e de projetos de produtos, e leva em consideração os objetivos da empresa. Esta fase tem como principais objetivos: garantir uma decisão adequada sobre o portfólio de produtos e projetos, levando em conta a estratégia da empresa, restrições e tendências de mercado e, garantir uma definição e um consenso sobre o fim do projeto. O fim do pré-desenvolvimento consiste numa lista de projetos a serem desenvolvidos (RUY, 2011).

De acordo com Ruy (2011), a macrofase de desenvolvimento dá destaque aos aspectos tecnológicos correspondentes à definição do produto em si, suas características e seu modo de produção. Envolvendo, portanto, as atividades dos projetos definidos e aprovados na fase anterior. Neste momento cada produto é gerenciado como um projeto, obtendo-se no final os documentos de especificações do produto, que depois de preparados são aprovados.

Na macrofase de pós-desenvolvimento é feito uma avaliação de todo o ciclo de vida do produto no mercado, bem como o acompanhamento do produto na produção e no mercado e a retirada sistemática do produto do mercado. Nesta macrofase as experiências contrapostas ao que foi planejado anteriormente servem de referencia para futuros desenvolvimentos (RUY, 2011).

Cada modelo para o desenvolvimento de produtos encontrado na literatura apresentam estruturas e características diferentes, podendo se assemelhar em alguns casos. No entanto todos têm como principal objetivo auxiliar as empresas a criar produtos mais competitivos e em menor tempo, para estas poderem permanecer competitivas no mercado.

4. Aplicação da avaliação do ciclo de vida no desenvolvimento de produtos sustentáveis

Produtos e serviços provocam impactos sobre o meio ambiente, que podem acontecer durante todos os estágios dos seus ciclos de vida: extração e produção das matérias primas, transporte, energia necessária, fabricação, distribuição, uso e disposição final (PNUMA, 2013). A ISO 14062 (ABNT, 2004) aponta que a meta da integração dos aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produto é a redução dos impactos ambientais adversos do produto por todo o seu ciclo de vida.

Com a integração dos aspectos ambientais no desenvolvimento de produtos e serviços, vários benefícios ambientais e econômicos podem ser alcançados (PNUMA, 2013). De acordo com a ISO 14062 os potenciais benefícios obtidos pela organização, incluem: redução de custos, pela otimização do uso de materiais e energia, processos mais eficientes, redução da disposição de resíduos; estímulo a inovação e criatividade; identificação de novos produtos; atingir ou superar as expectativas dos clientes; melhoria da imagem da organização e/ou marca; incremento do conhecimento sobre o produto; redução de riscos, melhoria das relações com agências reguladoras, melhoria das comunicações internas e externas.

A abordagem do ciclo de vida constitui-se como uma premissa para que um produto seja considerado sustentável, uma vez que a dimensão ambiental só pode ser alcançada com a redução significativa dos impactos causados pela extração, transformação, utilização e reutilização dos materiais (RUY, 2011). Evans et al. (2007) enfatizam que a oportunidade de influenciar as características sustentáveis de um produto é predominantemente na fase de desenvolvimento.

De acordo com PNUMA (2013), existem várias possibilidades para fazer a integração dos aspectos ambientais. De forma quantitativa pode ser feito usando a ACV, de forma quantitativa simplificada, mas menos precisa, pode ser feita usando indicadores ambientais desenvolvidos para este fim e, de forma qualitativa pode ser feita usando as diretrizes: use o mínimo de material possível; facilite a reciclagem dos produtos; use materiais reciclados sempre que possível; não subestime a energia consumida durante a vida útil do produto; aumente a vida útil do produto; pergunte sempre por que, e não aceite as respostas do tipo “sempre foi feito assim e está dando certo”.

Destas possibilidades a ACV é amplamente aceita a nível internacional e industrial como ferramenta para quantificar os impactos ambientais causados pelos produtos (Khan et al., 2002). Isso se deve pelo fato de a ACV considerar todas as influências relevantes durante o ciclo de vida do produto, em vez de se concentrar apenas na variação de volume de material e energia (CHANG, LEE e CHEN, 2014).

Algumas das decisões mais importantes no que diz respeito às propriedades ambientais de um produto são tomadas durante o desenvolvimento do produto. Assim, significativas melhorias ambientais podem muitas vezes ser alcançadas através da integração de propriedades ambientais como um parâmetro de otimização durante o desenvolvimento de produtos em conjunto com os parâmetros tais como função, os custos de produção, estética, ergonomia etc. (NIELSEN e WENZEL, 2002).

De acordo com Khan et al. (2002) a ACV pode ser utilizada em qualquer fase do desenvolvimento de produto, mas o maior potencial de utilização existe na fase de projeto conceitual e projeto detalhado. Chang, Lee e Chen, também relatam que a ACV é aplicada com mais frequência na fase de projeto conceitual.

A consciência dos aspectos ambientais no desenvolvimento de produtos tem crescido ao longo da última década e uma tendência na literatura sobre esse assunto tem sido uma crescente integração da LCA no processo de desenvolvimento de produtos (NIELSEN e

WENZEL, 2002). Deste modo, a seguir é apresentado um levantamento realizado sobre a ACV na abordagem do desenvolvimento de produto na área acadêmica brasileira.

5. Utilização da ACV no desenvolvimento de produto na área acadêmica brasileira

Para atingir o objetivo de avaliar a utilização da ACV no desenvolvimento de produto na área acadêmica brasileira realizou-se uma pesquisa bibliográfica, qualitativa e exploratória. Onde foram analisados estudos desenvolvidos na área acadêmica brasileira.

A seleção dos trabalhos para estudo foi feita mediante consulta do termo “Avaliação do Ciclo de Vida” e “Desenvolvimento de Produto” no banco de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) mantida pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) em agosto de 2015. Foram selecionados para análise teses e dissertações que apresentaram o termo ou a sigla no título, resumo ou palavras-chave. Não foi delimitado um período de tempo para busca.

O banco de teses e dissertações da CAPES e a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações foram escolhidas como base de pesquisa por ser considerada uma base de caráter nacional, por conter teses e dissertações defendidas em todo o País e por brasileiros no exterior e por abranger programas de pós-graduação das diferentes áreas de pesquisa, de modo a envolver o maior número possível de estudos.

Ao todo foram encontradas 34 Teses e 95 Dissertações, totalizando 129 trabalhos. Após a leitura do título e resumo foram excluídos os trabalhos que, apesar de possuir os termos pesquisados não se referiam propriamente a um estudo que tratasse da ACV no desenvolvimento de produto. Após esta seleção, restaram apenas 3 trabalhos para estudo.

Lobo (2000) propôs uma metodologia de concepção e projeto do produto considerando os aspectos ambientais no ciclo da vida. No entanto a aplicação da ACV no desenvolvimento de produto não é apresentada de forma clara. O autor utiliza a abordagem de custeio do ciclo de vida e utiliza abordagem da metodologia do projeto axiomático para desenvolvimento de produto.

Honda (2014) propõe meios de aplicação do *ecodesign* por meio do uso da ACV no processo de desenvolvimento de produtos. O autor utiliza a ACV como ferramenta do *ecodesign* e a abordagem do modelo unificado proposto por Rozenfeld (2006).

Souza (2012) propõe uma ferramenta para avaliação de projeto de produto com fim de vida sustentável baseada em modelo stage-gate. No entanto a ACV é utilizada apenas no final do processo como forma de verificar a eficiência da ferramenta em atingir o objetivo de obter um produto mais sustentável, estabelecendo uma comparação entre um banco existente e as alternativas resultantes do desenvolvimento utilizando a ferramenta.

Os demais estudos que foram encontrados na busca tratavam de outros aspectos relacionados ao tema ACV, como aplicação da ACV em produtos, análise de Inventário de Ciclo de Vida (AICV), apoio a tomada de decisão, pegada de carbono e avaliação do nível de desempenho ambiental, sempre considerando a ACV no fim do processo.

5. Considerações finais

Este estudo teve como objetivo avaliar a utilização da ACV no desenvolvimento de produto na área acadêmica brasileira, assim pode-se perceber que apesar dos estudos de ACV no país estarem crescendo e, apesar de na literatura ser encontrados vários autores relatando que a ACV pode ser aplicada no desenvolvimento de produtos, esta é uma área que ainda necessita

ser explorada pela área acadêmica brasileira de modo geral, identificou-se assim, uma lacuna de pesquisa que pode ser considerada em trabalhos futuros.

Embora ainda exista a necessidade de aprofundamento e ampliação dos estudos para a ACV se consolidar efetivamente no Brasil, nota-se uma tendência que a ACV passe com o tempo a ser uma ferramenta importante de gestão ambiental para as organizações. Com isso, a incorporação da ACV no processo de desenvolvimento de produto pode otimizar e aperfeiçoar os resultados obtidos pelas organizações no que diz respeito aos benefícios obtidos por meio do desenvolvimento sustentável de produtos.

Referências

- ABNT.** ISO/RT 14062: *Gestão ambiental – Integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento do produto*. Rio de Janeiro: ABNT, 26p., 2004.
- MORENO, A.; CAPPELLARO, F.; MASONI, P.; AMATO, A.** *Application of Product Data Technology Standards to LCA Data*. Journal of Industrial Ecology, v 15, n4, 2011.
- BAPTISTA, J.A.** The ideology Associação Brasileira de Normas Técnicas of sustainability and the globalization of a future. Time & Society, v. 23, n.3, 2014.
- MAXWELL, D.; VORST R.V.D.** *Developing sustainable products and services*. Journal of Cleaner Production, v. 11, n.8, 2003.
- PEDRAZZOLI, P.; CAVADINI, F. A.; CORTI, D.; BARNI, A.; LUVINI, T.** *An Innovative Production Paradigm to Offer Customized and Sustainable Wood Furniture Solutions Exploiting the Mini-Factory Concept*. In: Advances in Production Management Systems. Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World. Springer, 2014. Disponível em: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-44736-9_57#. Acesso em 13 de set. 2014.
- GMELIN, H.; SEURING, S.** *Determinants of a sustainable new product development*. Journal of Cleaner Production, v. 69, 2014.
- ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.** *Gestão do ciclo de vida de produtos inovadores e sustentáveis*. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/27/SD04_Gestao_do_Ciclo.pdf>. Acesso em: 04 out. 2009.
- UNEP/SETAC.** *Life Cycle Management: How business uses it to decrease footprint, create opportunities and make value chains more sustainable*. UNEP/SETAC, 2009.
- GUINÉE, J. B; GORÉE, M; HUPPES, R. H. G.; KLEIJN. R.; KONING, A.; SLEESWIJK, L. O. A. W.; SUH, S.; HAES, H. A. U.** *Handbook on Life Cycle Assessment Operational Guide to the ISO Standards*. Publisher: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001
- ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A ; AMARAL, D.C ; TOLEDO, J.C; SILVA, S.L; ALLIPRANDINI, D.H; SCALICE, R.K .** *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referencia para melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva, 2006.
- VARANDAS JUNIOR, A.** *Uma proposta para integração de aspectos ambientais do ecodesign no processo de desenvolvimento de novos produtos*. 2014. 291f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Carlos, São Carlos, 2014.
- RUY, M.** *Método de avaliação ambiental de conceitos de produtos baseado nas estratégias do DFE e no AHP*. 2011. 247f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.
- HONDA, A. N.** *O ecodesign por meio da avaliação do ciclo de vida no processo de desenvolvimento de produto: uma proposta baseada em estudo de caso*. 2014, 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Carlos, São Carlos, 2014.
- BRONES, F.; CARVALHO, M.M.; ZANCUL, E.S.** *Ecodesign in project management: a missing link for the integration of sustainability in product development?*. Journal of Cleaner Production, v. 80, 1 October, 2014.
- PNUMA.** Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. *As Normas ISO 14000*. Instituto Brasil PNUMA, 2013. Disponível em: <<http://www.brasilpnuma.org.br/saibamais/iso14000.html>>. Acesso em: 20 de set. 2015.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009a.

BARBIERI, C. J. *Gestão ambiental empresarial.* São Paulo: Saraiva, 2004.

FUNDACIÓN COTEC PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA. *Pautas metodológicas en gestión de La tecnología y innovación para empresas.* Módulo II: Herramientas de gestión de la tecnología. Madrid: Gráficas Arias Montano, 1999.

MATTHEWS, H. S.; HENDRICKSON, C.T.; MATTHEWS, D. H. *Life Cycle Assessment: Quantitative Approaches for Decisions That Matter.* 2014. Disponível em: <www.lcatextbook.com>. Acesso em: 10 set. 2015.

SHERWANI, A. F.; USMANIB, J. A.; VARUN, C. *Life cycle assessment of solar PV based electricity generation systems: A review.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 14, n. 1, p. 540–544, 2010.

PIERAGOSTINI, C.; MUSSATI, M. C.; AGUIRRE, P. *On process optimization considering LCA methodology.* Journal of Environmental Management, v. 96, n.1, p. 43- 54, 2012.

ZHOU, J., CHANG, V. W.C., FANE, A. G. *Environmental life cycle assessment of reverse osmosis desalination: The influence of different lifecycle impact assessment methods on the characterization results.* Desalination, 283(1), 227–236, 2011.

ROY, P.; NEI, D.; ORIKASA, T.; XU, Q.; OKADOME, H.; NAKAMURA, N.; SHIINA, T. *A review of life cycle assessment (LCA) on some food products.* Journal of Food Engineering, v. 90, n.1, p.1-10, 2009.

JIAKLI, K.; ARAFAT, H.; KENNEDY, S.; MANDE, P. *How green solar desalination really is? Environmental assessment using life-cycle analysis (LCA) approach.* Desalination, v.287, n.15, p.123-131, 2012.

OLSEN, S. I.; CHRISTENSEN, F. M.; HAUSCHILD, M.; PEDERSEN, F.; LARSEN, H. F.; TORSLOV, J. *Life cycle impact assessment and risk assessment of chemicals - a methodological comparison.* Environmental Impact Assessment Review, v.21, n.4, p. 385- 404, 2001.

GUINÉE, J. B., REINOUT, H., GJALT, H., ZAMAGNI, A., MASONI, P., BUONAMICI, R., EKVALL, T., RYDBERG, T. *Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future.* Environmental Science & Technology, v. 45, n.1, p. 90-96, 2011.

BENETTO, E.; BECKER, M.; WELFRING, J. *Life Cycle Assessment of Oriented Strand Boards (OSB): from Process Innovation to Ecodesign.* Environmental Science & Technology, v.43, n.15, p. 6003-6009, 2009.

CHANG, D.; LEE, C.K.M.; CHEN, C.H. *Review of life cycle assessment towards sustainable product development.* Journal of Cleaner Production, v.83, 2014.

NIELSEN, P.H.; WENZEL, H. *Integration of environmental aspects in product development: a stepwise procedure based on quantitative life cycle assessment.* Journal of Cleaner Production, V. 10, n. 3, 2002.

KHANA, F.I.; RAVEENDER, V.; HUSAINA, T. *Effective environmental management through life cycle assessment.* Journal of Loss Prevention in the Process Industries, v. 15, n.6, 2002.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009a.

BARBIERI, C. J. *Gestão ambiental empresarial.* São Paulo: Saraiva, 2004.

FUNDACIÓN COTEC PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA. *Pautas metodológicas en gestión de La tecnología y innovación para empresas.* Módulo II: Herramientas de gestión de la tecnología. Madrid: Gráficas Arias Montano, 1999.

MATTHEWS, H. S.; HENDRICKSON, C.T.; MATTHEWS, D. H. *Life Cycle Assessment: Quantitative Approaches for Decisions That Matter.* 2014. Disponível em: <www.lcatextbook.com>. Acesso em: 10 set. 2015.

SHERWANI, A. F.; USMANIB, J. A.; VARUN, C. *Life cycle assessment of solar PV based electricity generation systems: A review.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 14, n. 1, p. 540–544, 2010.

PIERAGOSTINI, C.; MUSSATI, M. C.; AGUIRRE, P. *On process optimization considering LCA methodology.* Journal of Environmental Management, v. 96, n.1, p. 43- 54, 2012.

ZHOU, J., CHANG, V. W.C., FANE, A. G. *Environmental life cycle assessment of reverse osmosis desalination: The influence of different lifecycle impact assessment methods on the characterization results.* Desalination, 283(1), 227–236, 2011.

ROY, P.; NEI, D.; ORIKASA, T.; XU, Q.; OKADOME, H.; NAKAMURA, N.; SHIINA, T. *A review of life cycle assessment (LCA) on some food products.* Journal of Food Engineering, v. 90, n.1, p.1-10, 2009.

JIJAKLI, K.; ARAFAT, H.; KENNEDY, S.; MANDE, P. *How green solar desalination really is? Environmental assessment using life-cycle analysis (LCA) approach.* Desalination, v.287, n.15, p.123-131, 2012.

OLSEN, S. I.; CHRISTENSEN, F. M.; HAUSCHILD, M.; PEDERSEN, F.; LARSEN, H. F.; TORSLOV, J. *Life cycle impact assessment and risk assessment of chemicals - a methodological comparison.* Environmental Impact Assessment Review, v.21, n.4, p. 385- 404, 2001.

GUINÉE, J. B., REINOUT, H., GJALT, H., ZAMAGNI, A., MASONI, P., BUONAMICI, R., EKVALL, T., RYDBERG, T. *Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future.* Environmental Science & Technology, v. 45, n.1, p. 90-96, 2011.

BENETTO, E.; BECKER, M.; WELFRING, J. *Life Cycle Assessment of Oriented Strand Boards (OSB): from Process Innovation to Ecodesign.* Environmental Science & Technology, v.43, n.15, p. 6003-6009, 2009.

CHANG, D.; LEE, C.K.M.; CHEN, C.H. *Review of life cycle assessment towards sustainable product development.* Journal of Cleaner Production, v.83, 2014.

NIELSEN, P.H.; WENZEL, H. *Integration of environmental aspects in product development: a stepwise procedure based on quantitative life cycle assessment.* Journal of Cleaner Production, V. 10, n. 3, 2002.

KHANA, F.I.; RAVEENDER, V.; HUSAINA, T. *Effective environmental management through life cycle assessment.* Journal of Loss Prevention in the Process Industries, v. 15, n.6, 2002.

VARANDAS JUNIOR, A. *Uma proposta para integração de aspectos ambientais do ecodesign no processo de desenvolvimento de novos produtos.* 2014. 291f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Carlos, São Carlos, 2014.

LOBO, Y.R.O. *Proposta de metodologias de concepção e projeto do produto considerando os aspectos ambientais no ciclo da vida.* 2000. 191f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, 2000.

SOUZA, V.M. *Desenvolvimento de ferramenta para avaliação de projeto de produto com fim de vida sustentável baseada em modelo stagegate aperfeiçoado com abordagem set-based.* 2012. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

Agradecimentos

Os autores agradecem a **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** pelo apoio para a realização desta pesquisa e a **Fundação Araucária** de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná.