

ACV para designers e arquitetos: experiências de modelamento do inventário do ciclo de vida

Andréa Franco Pereira

Avaliação do ciclo de vida

A avaliação do ciclo de vida (ACV) é o estudo dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais ao longo da vida de um produto, desde a aquisição da matéria-prima, passando pela produção, uso e disposição.

A International Organization for Standardization apresenta a série de Normas ISO 14040 (ABNT, 2009), que descreve os princípios de realização de uma ACV, comportando certas exigências mínimas. As normas visam a aspectos ecológicos (os danos causados à água, ao ar e ao solo), mas também a certos aspectos relativos ao mal-estar humano (a ecotoxicologia e o ruído). Não existe um método único de ACV, mas eles devem seguir algumas fases elementares determinadas pela Norma:

- Definição dos objetivos, escopo e campo de estudo: devem ser apresentados os propósitos pretendidos e os aspectos considerados relevantes para se direcionar as ações que serão realizadas; aplicabilidade geográfica, técnica e histórica do estudo (quais as fontes dos dados, como atualizar o estudo, como a informação será manipulada, onde serão aplicados os resultados).
- Análise do inventário dos fluxos de matéria, de energia e de resíduo: o inventário, mapeando o fluxo de matéria, de energia e de resíduo, deve ser feito a partir de critérios de seleção de dados, que devem ser apresentados e justificados no relatório final.
- Avaliação do impacto do ciclo de vida: os dados do inventário devem ser classificados e agrupados em categorias (saúde ambiental – aquecimento global, acidificação etc.; saúde humana; exaustão de recursos naturais); os da-

dos atribuídos a uma determinada categoria são modelados de maneira que os resultados possam ser expressos na forma de um indicador numérico.

- Interpretação do ciclo de vida: deve-se avaliar a integridade (verificar se os dados de entrada e saída estão corretos e se há necessidade de complementação) e a sensibilidade (avaliar a confiabilidade dos dados e a influência do acúmulo de incertezas, podendo resultar em, por exemplo, exclusão de estágios do ciclo de vida, exclusão de fluxos de material ou inclusão de unidades de processo).

A aplicação da ACV contribui, portanto, para a identificação das possibilidades de melhoria dos produtos e processos, ajudando nas tomadas de decisão e na escolha de indicadores pertinentes. Sua aplicação é feita, usualmente, após a finalização do projeto, servindo para validar quantitativamente uma decisão tomada e podendo ser empregada para justificar a manutenção de um fluxo de produção ou a fabricação de um determinado produto a partir de análise comparativa.

ACV no âmbito do ecodesign

É crescente a demanda por informações ambientais quantificadas e com base no conhecimento científico que sejam capazes de servir como referência para a verificação do desempenho ambiental de produtos e serviços. Novos cenários vêm impondo às empresas a adequação dos produtos fabricados e da produção (incluindo a construção de edifícios) e a consideração de questões ambientais como política empresarial para uma nova orientação sustentável de desenvolvimento. Nesse sentido, a ACV apresenta-se como método apropriado para auxiliar na implantação de melhores práticas ambientais no setor produtivo.

Embora o método ainda seja aplicado de maneira mais ou menos independente do processo de design do produto ou de projeto arquitetônico – em razão das dificuldades apresentadas para sua utilização, tais como necessidade de precisão dos dados quantitativos e a complexidade da coleta dos dados –, no decorrer das duas últimas décadas aprimoramentos vêm facilitando, sobremaneira, a aplicação da ACV.

É bem verdade que, desde o surgimento das ideias de ecodesign nos anos 1980, o conceito de Ciclo de Vida foi tido como base dos debates. Conceito este em que devam ser consideradas as fases consecutivas e interligadas de um sistema de produto, desde a aquisição de matéria-prima e exploração de recursos naturais até a disposição final do produto (ISO, 2002). Esse pensamento baseia-se no método “Resource and Environmental Profile Analysis”, idealizado pelo Midwest Research Institute (HUNT et al., 1974), que avaliava o equilíbrio quantitativo dos fluxos de matéria e energia trocadas com o ambiente em um sistema de produção ao longo do seu ciclo de vida, levando em conta matéria-prima, energia, consumo

de água, quantidade de poluentes e de resíduos aquosos e gasosos produzidos durante os processos de industrialização.

Verdade também é que o conceito de ecodesign vem mudando nas últimas décadas (absorveu novas nomenclaturas: “design para o meio ambiente”, “design sustentável” etc.), com vistas a adotar novas perspectivas cada vez mais aderentes aos princípios da sustentabilidade, tais como a integração de pessoas, planeta e lucro (considerados na ideia de *triple bottom line*). Mas, certamente, isso não desconsidera a redução do impacto na cadeia produtiva do produto e durante todo o seu ciclo de vida. Bhamra e Lofthouse (2007, p. 39) citam que design para a sustentabilidade “considera o meio ambiente (por exemplo, o uso de recursos e impactos de fim-de-vida) e o impacto social de um produto (por exemplo, usabilidade e uso responsável)”.

Não obstante, o conceito de ciclo de vida jamais deixou de ser incluído nas considerações ambientais relacionadas ao design de produto. Em 2002, a ISO publicou o Relatório Técnico ISO/TR 14062 trazendo recomendações para todos os envolvidos no projeto e desenvolvimento de produtos (bens ou serviços), independentemente do tipo de organização, tamanho, localização e complexidade. O Relatório Técnico indica ações a serem tomadas relacionadas com a integração dos aspectos ambientais nas etapas metodológicas do processo de design e desenvolvimento de produtos (ISO, 2002, p.15). As fases incluem:

- **Planejamento:** quando surgem as ideias e as ações de design. Diz respeito à consideração dos aspectos ambientais sob o conceito de ciclo de vida, momento em que se devem formular exigências ambientais, analisar fatores externos e escolher abordagens de ecodesign adequadas.
- **Projeto conceitual:** quando são realizadas análises orientadas ao ciclo de vida: devem-se formular metas mensuráveis, desenvolver conceitos de design, atender aos requisitos ambientais.
- **Projeto detalhado:** quando soluções de design são definidas: devem-se finalizar as especificações do produto, incluindo considerações sobre o ciclo de vida.
- **Testes/protótipo:** quando as especificações são verificadas: as considerações sobre o ciclo de vida devem ser revistas para o protótipo.
- **Lançamento no mercado:** quando são divulgados os materiais e aspectos ambientais.
- **Revisão do produto:** quando são avaliadas as experiências, os aspectos e os impactos ambientais.

Em 2007, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) publicou um guia para a Gestão do Ciclo de Vida, propondo que “um sistema de gerenciamento de produtos tem o objetivo de minimizar os danos ambientais e socioeconômicos associados à carteira de produtos ou produto de uma organização

durante toda a sua cadeia de valor no ciclo de vida” (REMMEN; JENSEN; FRYDENDAL, 2007, p. 18). A perspectiva é expandir a ideia para se chegar a princípios de sustentabilidade, em sua *triple bottom line* (pessoas, planeta e lucro), bem como sob a “filosofia 6 RE” (REMMEN; JENSEN; FRYDENDAL, 2007, p. 13):

1. REpensar o produto e suas funções: o produto pode ser utilizado de forma mais eficiente.
2. REparar: tornar o produto fácil de reparar, por exemplo, através de módulos que podem ser facilmente alterados.
3. RElocar (*replace*): substituir substâncias nocivas por alternativas mais seguras.
4. REutilizar: projetar para a desmontagem, permitindo que as peças possam ser reutilizadas.
5. REduzir: energia, material e os impactos socioeconômicos.
6. REciclar: selecionar materiais que podem ser reciclados.

Integrar esses princípios nas políticas de desenvolvimento do produto e em seu ciclo de vida implica incluir fornecedores e subcontratados, o que significa abrir a perspectiva para os demais atores (internos e externos) da organização, expandindo os limites da empresa. Comunicação, colaboração e troca de informações são essenciais para controlar e gerenciar os impactos ambientais.

No âmbito da organização, diferentes departamentos podem contribuir para um programa de Gestão do Ciclo de Vida, tais como: departamento de Economia e Finanças, de Vendas e Marketing, de Produção e Distribuição, de Licitação (que promovam compras sustentáveis), de Relacionamento com atores, bem como de Desenvolvimento de Produto (PATALA et al., 2014). A comunicação é importante para promover a colaboração, além de adquirir informações (por exemplo, a partir da cadeia de fornecedores) sobre os impactos causados e sobre os dados de ciclo de vida e responsabilidade social, para além das informações técnicas fornecidas na Ficha de informação de segurança de produtos químicos (FISPQ), obrigatória para fornecedores e normalizada pela Norma ABNT-NBR 14725 (ABNT, 2010).

Do ponto de vista do design de produto, os indicadores estão relacionados com o desempenho operacional e podem ser encontrados junto aos fornecedores de insumos, nos próprios insumos (como materiais, energia e serviços), nas saídas (como produtos, serviços, resíduos e emissões), na distribuição e também na operação e manutenção das instalações físicas e equipamentos da empresa.

Wimmer, Zust e Lee (2004) propõem um conjunto de critérios ambientais de apoio à equipe de design na coleta de todas as informações ambientais relevantes e dados para uma análise do ciclo de vida do produto. Trata-se de um quadro em que podem ser incluídas informações gerais sobre os produtos (nome, peso, volume, o desempenho ambiental dos fornecedores, tempo de vida e funcionalidade), o uso de matéria-prima (materiais utilizados e materiais problemáticos), a fabrica-

ção (tecnologia de produção e produção de resíduos), a distribuição (embalagem e transporte), o uso do produto (usabilidade e consumo de água e energia), os resíduos gerados, ruído e vibração, emissões, manutenção, reparação e fim-de-vida (encaixes e articulações, o tempo para a desmontagem, a taxa de reutilização e de reciclagem), as informações de outros cenários realistas e informações adicionais (dados de negócio e vendas atuais por ano).

Do ponto de vista ambiental, pensar no ciclo de vida do produto é importante em busca da redução dos impactos causados. Nesse sentido, parâmetros quantitativos são úteis para comparar e ajudar quanto às decisões a serem tomadas. Iniciativas que forneçam referências ambientais quantitativas (e também qualitativas) podem ajudar designers e arquitetos em suas tarefas (SOUSA; WALLACE, 2006; CHANG et al., 2014).

Um *checklist* para ecodesign é proposto pelo Eco-Innovation Observatory e o Centre for Sustainable Design (EIO; CfSD, 2013), ajudando as pequenas e médias empresas (PME) e os técnicos (*coaches*) de negócios na busca deecoinovação. Os pontos a serem considerados estão relacionados às necessidades de atendimento aos clientes em termos de desmaterialização, uso compartilhado, integração de funções, otimização funcional de componentes; questões ligadas à produção e fornecimento de materiais e componentes em termos de energia limpa/renovável/baixa, materiais reciclados/recicláveis, menor produção de resíduos; questões ligadas à distribuição do produto para o cliente, relacionadas com a redução de peso e volume, embalagem menor/limpa/reutilizável e modo de transporte e logística eficiente em termos de energia; questões ligadas ao uso, operação, manutenção e reparo do produto, e questões sobre a valorização do resíduo e a eliminação do produto.

Para o Parlamento Europeu, ecodesign está relacionado a limites quantitativos de consumo, estabelecendo a Diretiva 2009/125 (EU, 2009), que define requisitos relacionados ao uso de energia para ecodesign de diversos produtos.

Observa-se que, também para requisitos sociais, é possível dispor de parâmetros quantificáveis que indiquem limites a serem atingidos. Fatores sociais são detalhados (CRUL; DIEHL; RYAN, 2009) como a redução do desemprego urbano e minoritário, a redução da desigualdade de renda, do analfabetismo e do crescimento da população, a melhoria das condições de trabalho, segurança e bem-estar e *status* das mulheres, de incremento de número de trabalhadores qualificados, de oportunidades sociais e interação com a comunidade, a aceitação e a integração das minorias, a prestação de serviços básicos de saúde e de água potável, a abolição do trabalho infantil, bem como a diminuição de deslocamento em grande escala de pessoas e a adoção de padrões internacionais de emprego.

Em resumo, atualmente, e cada vez mais, estudos mostram que o processo de ecodesign necessita de parâmetros, que se configurem como metas ambientais

a serem atingidas (SOUSA; WALLACE, 2006; HOUE; GRABOT, 2009; CHANG et al., 2014; SANYÉ-MENGUAL et al., 2014).

A avaliação quantitativa apresentada pelos resultados da ACV é, portanto, importante para uma análise mais completa quanto aos impactos ambientais provocados pelo sistema do produto analisado e pode contribuir para a tomada de decisão quanto à melhor alternativa a ser adotada para se atingir metas ambientais.

Inventário do ciclo de vida

A construção do inventário do ciclo de vida é etapa essencial para a aplicação de uma ACV. De acordo com a Norma ISO 14040 (ABNT, 2009), trata-se da fase de avaliação do ciclo de vida envolvendo a coleta de dados, a compilação e a quantificação de entradas e saídas (material – matéria-prima e produtos secundários –, energia e resíduo) para um determinado sistema de produto. As entradas e saídas podem incluir o uso de recursos e liberações no ar, na água e no solo.

O inventário dos fluxos de matéria, energia e de resíduo deve ser feito, como dito, a partir de critérios de seleção de dados, que devem ser apresentados e justificados no relatório final. Para tanto devem ser considerados:

- aquisição de dados por meio de coleta, medição, cálculo ou estimativa (na ausência de dados que se aproximem da realidade);
- importância da qualidade dos dados de entrada;
- utilização de dados o mais atualizados possível;
- definição das entradas e saídas de recursos;
- categorias de dados: i) energia; matérias-primas; materiais auxiliares; outras entradas físicas; ii) produtos; iii) emissões para o ar; água, solo; outras emissões advindas da poluição.

Entende-se que o inventário do ciclo de vida deva ser visto como um modelo de representação da realidade do sistema estudado, já que sua construção depende de quem interpreta e desenha o mapeamento dos processos e do fluxo de entradas e saídas no sistema.

O processo de condução de uma análise do inventário é iterativo. Na medida em que os dados são coletados e é conhecido mais sobre o sistema, podem ser identificados novos requisitos ou limitações para os dados que requeiram uma mudança nos procedimentos de coleta de dados, de forma que os objetivos do estudo ainda sejam alcançados. Às vezes, podem ser identificadas questões que requeiram revisões de objetivo ou do escopo do estudo (ABNT, 2009, p. 7).

Nessa perspectiva, o modelamento conceitual é abordagem adequada para tornar sistemas complexos analisáveis, a fim de se compreender as diferentes situações de interdependência entre as variáveis e as interações dinâmicas entre os processos.

Isto implica a visualização das etapas da cadeia produtiva e a compreensão dos dados do fluxo inerentes a cada unidade de processo, bem como os dados advindos dos materiais e dos processos de outros insumos incluídos dentro das fronteiras do sistema.

A visualização gráfica do sistema é elementar, face à complexidade e à quantidade de dados a serem considerados em um inventário do ciclo de vida. Para profissionais de projeto, designers e arquitetos, essa visualização é não somente necessária, permitindo que processos essenciais não sejam esquecidos, mas também muito mais confortável, visto que a representação gráfica é linguagem corrente na prática profissional de projetistas (PEREIRA, 2012).

Alguns exercícios de aplicação

Alguns exercícios serão apresentados a seguir, mostrando experiências didáticas, cujo objetivo tem sido o de permitir que estudantes, e profissionais que atuam no mercado, possam experimentar as dificuldades e, sobretudo, as potencialidades da adoção de um raciocínio de ciclo de vida em seus projetos.

Os exercícios realizados a partir da elaboração do modelo do ciclo de vida do produto, do qual estejam estudando, permitem-lhes a visualização do todo, levando-os a uma melhor compreensão sobre a extensão de suas decisões de projeto e dos possíveis impactos ambientais a serem evitados.

Na graduação, os exercícios vêm sendo conduzidos tendo-se como base a nomenclatura visual do software Umberto (IFU, 2005). Umberto é um programa que permite a análise de fluxo de materiais e cálculo de inventários de ciclo de vida. Baseado no conceito de redes de fluxos de materiais (*Material Flow Networks*), Umberto permite modelar sistemas, como fábricas e linhas de produção, a partir de editor gráfico (*network editor*) que se presta a um modelamento rápido e fácil.

As Figuras 1 e 2 a seguir mostram modelos de inventário construídos por estudantes do Curso de Design da UFMG. O objetivo do trabalho foi o de permitir que os estudantes compreendessem a complexidade dos impactos causados pelo setor produtivo, visualizando em detalhe cada processo de um sistema de produção, determinado por eles próprios. O trabalho consistia na elaboração do inventário do ciclo de vida, a partir de pesquisa sobre um sistema escolhido, contendo a identificação dos processos de produção e modelamento conceitual (representação gráfica) da cadeia produtiva, bem como a construção do inventário com o detalhamento dos insumos de entrada e saída.

A Figura 1 mostra o exercício de modelagem do inventário do ciclo de vida de um sistema de produção de cabides, de fábrica localizada em Belo Horizonte, MG, feitos a partir de polímero polipropileno (PP) reciclado. Os limites do sistema envolvem a compra da sucata de PP triturado, a pigmentação e primeira moldagem em tubos, a trituração e injeção final do cabide, a embalagem e distribuição. A legenda apresentada é baseada na nomenclatura visual no software Umberto.

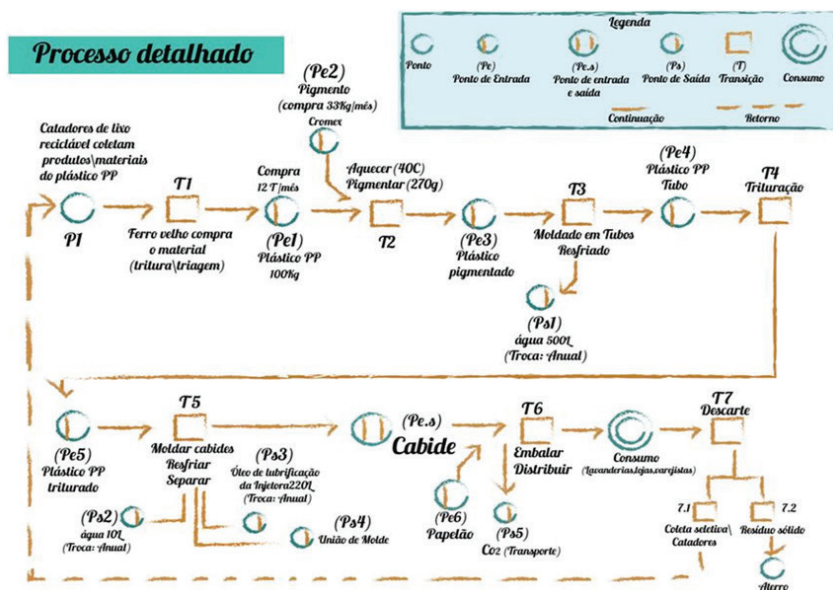


Figura 1 Modelo de inventário do ciclo de vida de sistema de produção de cabides.

Fonte: adaptada de trabalho da disciplina Ecodesign e Meio Ambiente, UFMG.¹

A Figura 2 apresenta o exercício de modelagem do inventário do ciclo de vida de um sistema de produção de embalagens cartonadas longa vida. Sua principal vantagem é evitar o contato dos alimentos com microrganismos, oxigênio e luz, favorecendo a sua preservação por períodos prolongados sem a necessidade de refrigeração. Para tanto, a produção inclui polímero polietileno (PE), papel e alumínio, laminados em seis camadas alternadas. O limite do sistema contempla a obtenção dos três materiais, a impressão do rótulo, bem como as possíveis destinações do produto no fim de vida. A legenda apresentada é baseada na nomenclatura visual no software Umberto.

1 Autoras: Bruna Aparecida Lima, Cristhiane Rodrigues de Sousa, Cynthia Luiza Damasceno Andrade, Danielly Muracchini Mello e Débora Cristina Meira da Silva Barbosa. Disciplina Ecodesign e Meio Ambiente, UFMG, primeiro semestre de 2015.

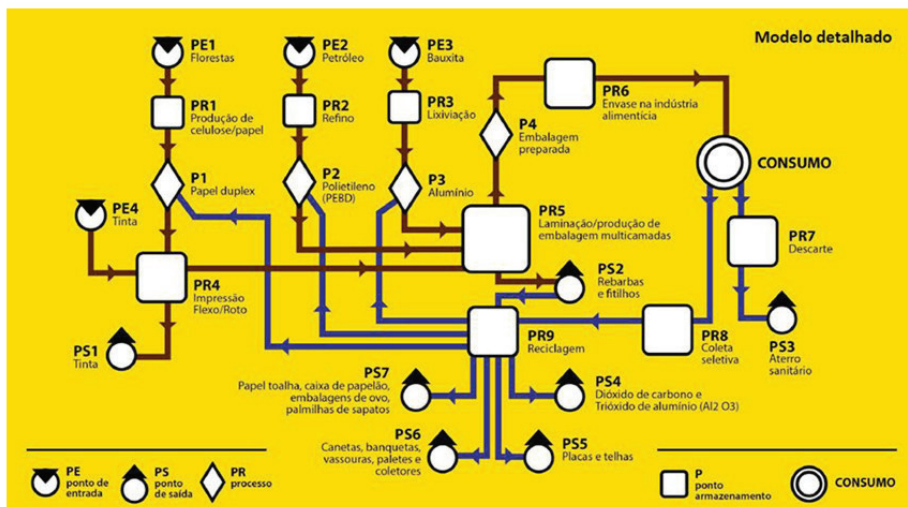


Figura 2 Modelo de inventário do ciclo de vida de sistema de produção de embalagens cartonadas.

Fonte: adaptada de trabalho da disciplina Ecodesign e Meio Ambiente, UFMG.²

A Figura 3 mostra um modelo conceitual de representação do inventário de ciclo de vida (PEREIRA, 2012) que vem sendo aplicado no ensino da ACV para o curso de Pós-Graduação *lato sensu* em Sustentabilidade da UFMG. Seu objetivo centra-se na tentativa de facilitar a compreensão quanto à avaliação do impacto ambiental no ciclo de vida do produto, favorecendo a adoção da ACV por profissionais de projeto.

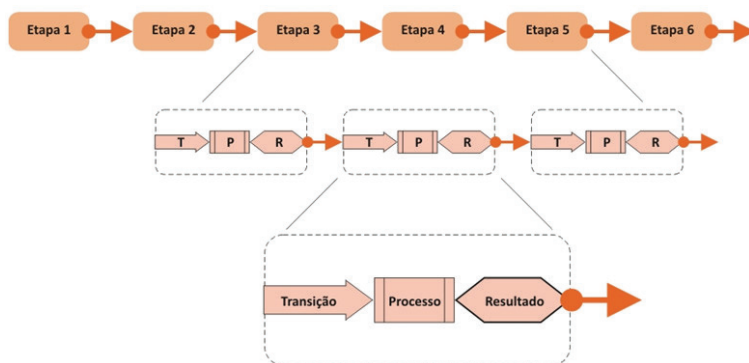


Figura 3 Modelo do sistema geral de inventário do ciclo de vida.

Fonte: Pereira (2012).

- 2 Autores: Aline Aparecida Neves, Allan Gomes Mariano de Souza, Amanda Arantes Bastos e Ana Paula Resende. Disciplina Ecodesign e Meio Ambiente, UFMG, primeiro semestre de 2015.

A Figura 4 apresenta o modelo do inventário do ciclo de vida de um sistema de assentamento e concretagem de laje, mostrando os processos compreendidos no limite do sistema. O escopo e objetivo definiram o estudo da execução de laje pré-fabricada em uma área de 24 m², em habitação unifamiliar, tendo como limitação as atividades envolvidas dentro do canteiro de obra.

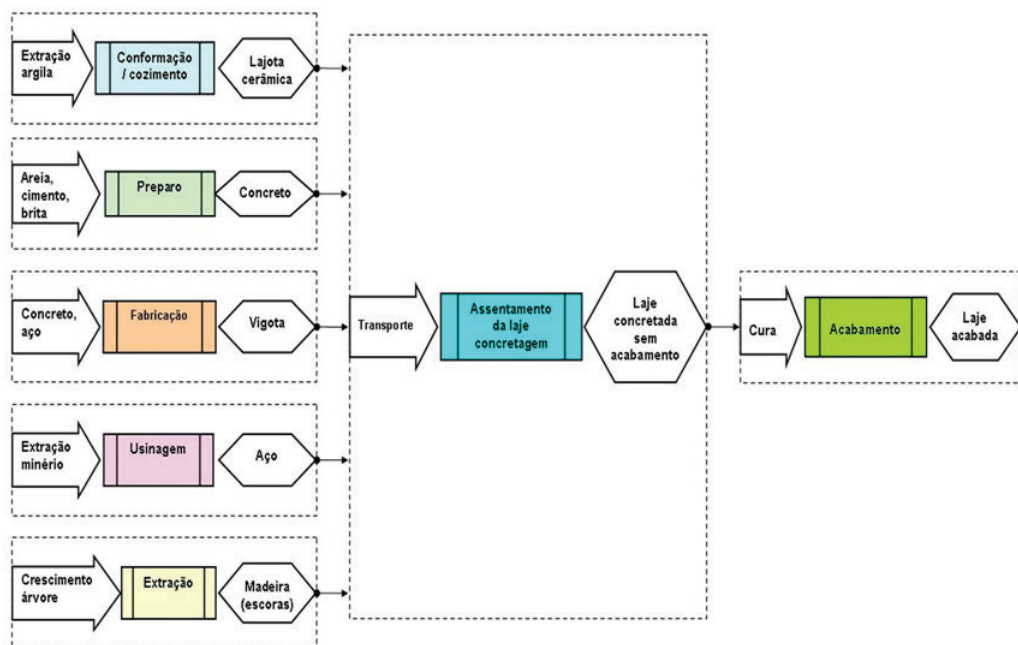


Figura 4 Modelo de inventário do ciclo de vida de sistema de assentamento de laje e concretagem.

Fonte: adaptada de trabalho de disciplina da Pós-Graduação em Sustentabilidade, UFMG.³

As Figuras 5a-c apresentam o modelo do inventário do ciclo de vida de um sistema de placa de gesso acartonado para acabamento interno de alvenaria. O escopo e objetivo do estudo visaram levantar as diferentes etapas do ciclo de vida do gesso acartonado, considerando, para análise quantitativa, o revestimento interno de uma parede em alvenaria convencional com 3,5 m de largura por 2,8 m de altura (aproximadamente 10 m²), localizada em uma residência no município de Lagoa Santa, MG.

3 Autores: Amanda Bramusse Torres, Juliana Reis Silva, Rogério Vilela Lages e Tatiana Fernandes Pedrosa. Disciplina Análise do Ciclo de Vida e Ecodesign, UFMG, segundo semestre de 2014.

O limite do sistema compreendeu três processos principais (Figuras 5a, 5b e 5c): a) a fabricação da placa de gesso acartonado, b) a instalação da parede acabada e c) o reúso do resíduo após a demolição.

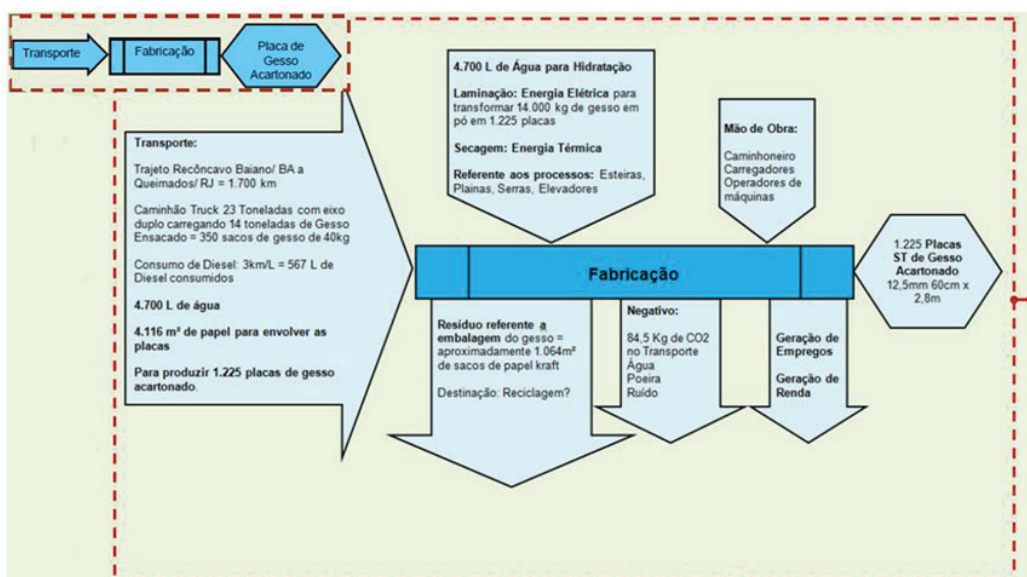


Figura 5a Modelo de inventário do ciclo de vida de sistema de placa de gesso acartonado para acabamento interno de alvenaria: processo de fabricação da placa de gesso acartonado.

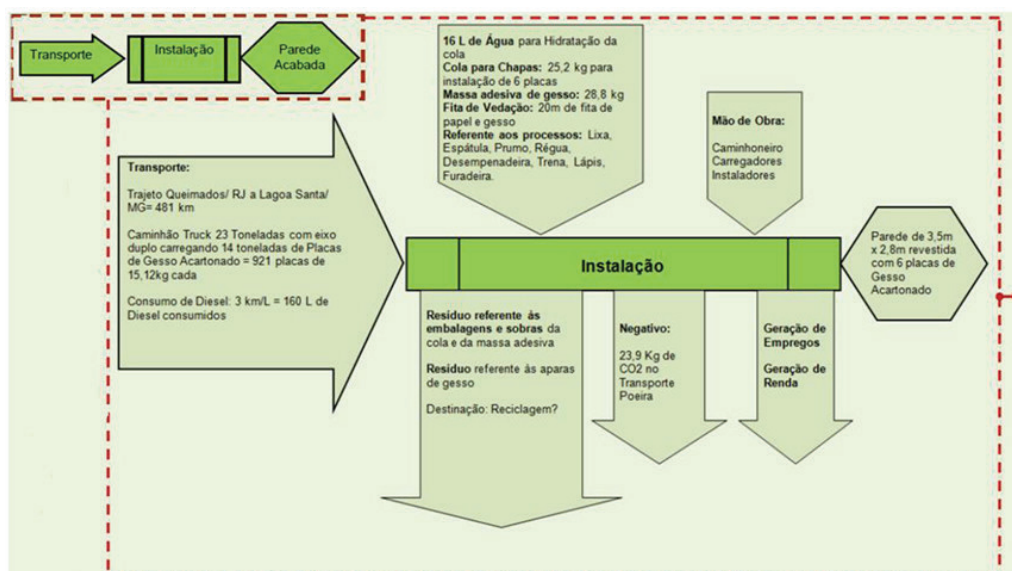


Figura 5b Modelo de inventário do ciclo de vida de sistema de placa de gesso acartonado para acabamento interno de alvenaria: processo de instalação da parede acabada.

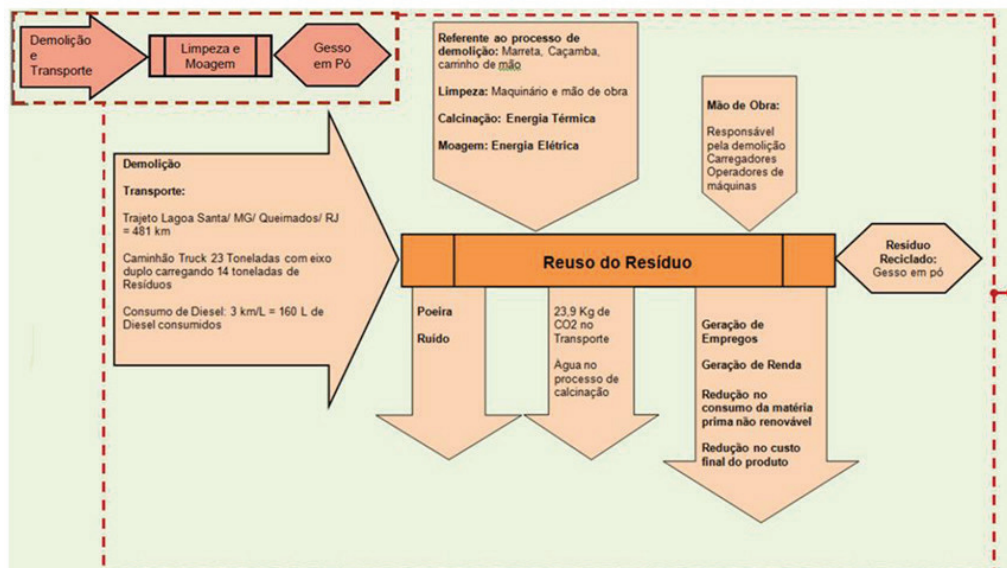


Figura 5c Modelo de inventário do ciclo de vida de sistema de placa de gesso acartonado para acabamento interno de alvenaria: processo de reuso do resíduo após demolição.

Fonte: adaptada de trabalho de disciplina da Pós-Graduação em Sustentabilidade, UFMG.⁴

Relevância da visualização do inventário do ciclo de vida

O texto apresenta resultados da experiência adquirida pela autora, desde 2009, no ensino da análise e Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para projetistas e futuros projetistas (designers e arquitetos), no curso de Graduação em Design e na Pós-Graduação *lato sensu* em Sustentabilidade da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A importância da visualização e construção do inventário do ciclo de vida é ressaltada junto aos estudantes, para que estejam aptos a dialogar com especialistas de ACV, mais do que se tornarem *experts* na execução de uma ACV, favorecendo, assim, maior interdisciplinaridade na prática profissional e ampliação de sua visão do projeto.

A experiência de ensino da ACV para estudantes e profissionais de design e arquitetura tem demonstrado a eficácia da atenção dada ao modelamento do inventário do ciclo de vida para facilitar a compreensão quanto à ACV e seus procedimentos de aplicação.

4 Autores: Augusto Campos Noll, Camila Kissi Candido da Silva, Juliana Ferreira Quick, Marco Túlio Nóbrega Cesarino Mattos Santos e Mariana Lazarini Prado Generoso. Disciplina Análise do Ciclo de Vida e Ecodesign, UFMG, segundo semestre de 2014.

O destaque dado à fase de construção do inventário, etapa essencial na ACV, permite a compreensão sobre os processos envolvidos no sistema do produto analisado: as matérias-primas e secundárias, os produtos e os serviços associados, e também a energia gasta e o resíduo produzido em todo o ciclo de vida do produto. Permite, igualmente, melhor compreensão quanto aos dados do fluxo de entrada e saída de materiais, energia e resíduos inerentes a cada unidade de processo, como também dos processos de outros insumos incluídos na fronteira do sistema.

A visualização gráfica desse sistema é fundamental e mostrou-se adequada para profissionais de projeto, face à complexidade e quantidade de dados a serem considerados em um inventário do ciclo de vida. A partir da representação gráfica conceitual, a cadeia produtiva é visualizada, permitindo que sejam delimitados os parâmetros para a coleta quantitativa dos dados.

A proposta de exercícios de modelamento do inventário do ciclo de vida tem auxiliado na transmissão do conhecimento, ajudando os estudantes na compreensão do todo a partir de um raciocínio de ciclo de vida. Isto tem lhes permitido um melhor entendimento sobre a extensão das decisões de projeto, sobre os impactos ambientais causados pelos processos produtivos, bem como sobre sua responsabilidade com vistas à redução de tais impactos.

Agradecimentos

Aos estudantes da disciplina Ecodesign e Meio Ambiente do Curso de Graduação em Design e da disciplina Análise do Ciclo de Vida e Ecodesign do Curso de Pós-Graduação *lato sensu* em Sustentabilidade, ambos da UFMG, por aceitarem o desafio dos trabalhos.

Às agências de fomento à pesquisa Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelos recursos financeiros concedidos, que permitiram a aquisição dos softwares de ACV e seus estudos de aplicação.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. ISO NBR:14040.

Gestão Ambiental e Avaliação do Ciclo de Vida e Princípios e Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. NBR 14725 – Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Parte 4: Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ). Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

- BHAMRA, T.; LOFTHOUSE, V. **Design for Sustainability: A practical approach**. Farnham: Gower Publishing, 2007.
- CHANG, D.; LEE, C. K. M.; CHEN, C.-H. Review of life cycle assessment towards sustainable product development. **Journal of Cleaner Production**, v. 83, n. 15, p. 48-60, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.050>
- CRUL, M.; DIEHL, J. C.; RYAN, C. (Eds.). **Design for Sustainability. A Step-by-Step Approach**. Paris: United Nations Environment Programme, 2009.
- ECO-INNOVATION OBSERVATORY; THE CENTRE FOR SUSTAINABLE DESIGN – EIO; CfSD. **Eco-innovate! A guide to eco-innovation for SMEs and business coaches**. Bruxelas, 2013. Disponível em: <<http://cfsd.org.uk/site-pdfs/eco-innovate-sme-guide.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2014).
- EUROPEAN UNION – EU. **Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009**. EU, 2009.
- HOUE, R.; GRABOT, B. Assessing the compliance of a product with an eco-label: From standards to constraints. **International Journal of Production Economics**, v. 121, p. 21-38, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.03.014>
- HUNT, R. G.; FRANKLIN, W. E.; WELCH, R. O.; CROSS, J. A.; WOODAL, A. E. **Resource and environmental profile analysis of nine beverage container alternatives**. Midwest Research Institute (USA), Environmental Protection Agency, 1974.
- INSTITUT FÜR UMWELTINFORMATIK – IFU. **Umberto: A Software Tool for Life Cycle Assessment and Material Flow Analysis. User Manual**. Hamburg: IFU, 2005.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO/TR 14062: Environmental management – Integrating environmental aspects into product design and development**. Genebra: ISO, 2002.
- PATALA, S.; HÄMÄLÄINEN, S.; JALKALA, A.; PESONEN, H.-L. Towards a broader perspective on the forms of eco-industrial networks. **Journal of Cleaner Production**, v. 82, n. 1, p. 166-179, 2014.
- PEREIRA, A. F. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) no ambiente construído: importância da modelagem do inventário do ciclo de vida para projeto de pro-

duto e arquitetônico. In: RESENDE, M. A. P. (Org.). **Tecnologia do Ambiente Construído e Interdisciplinaridade**. Belo Horizonte: Instituto de Estudos do Desenvolvimento Sustentável, 2012.

REMMEN, A.; JENSEN, A. A.; FRYDENDAL, J. **Life Cycle Management: A Business Guide to Sustainability**. Paris: United Nations Environment Programme, 2007.

SANYÉ-MENGUAL, E.; PÉREZ-LÓPEZ, P.; GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; LOZANO, R. G.; FEIJOO, G.; MOREIRA, M. T. et al. Eco-Designing the Use Phase of Products in Sustainable Manufacturing. The Importance of Maintenance and Communication-to-User Strategies. **Journal of Industrial Ecology**, v. 18, n. 4, 2014.

SOUSA, I.; WALLACE, D. Product classification to support approximate life-cycle assessment of design concepts. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 73, n. 3, p. 228-249, 2006.

WIMMER, W.; ZÜST, R.; LEE, K.-M. **ECODESIGN Implementation – A Systematic Guidance on Integrating Environmental Considerations into Product Development**. New York: Springer, 2004.

Seção 4
Design e Artesanato

