

RAPHAEL LARAIA ROCHA DE BARROS COBRA

Elaboração de roteiros de aplicação de
métodos e ferramentas de ecodesign

Monografia apresentada ao
curso de graduação em
Engenharia Ambiental da
Escola de Engenharia de
São Carlos da Universidade
de São Paulo

Orientadora: Dra. Daniela
Cristina Antelmi Pigosso
Co-Orientadora: Profa. Dra.
Cláudia Echevengúá Teixeira

São Carlos, SP
2012

Dedico este trabalho às minhas orientadoras Daniela e Cláudia, ao meu pai Juvenil, a minha mãe Marialba, às minhas irmãs Christinne, Julianne e Danielle e aos meus amigos, em especial Eduardo.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora durante essa pesquisa, Daniela Antelmi Pigosso, por me abrir tantas portas, principalmente a da atuação na área do ecodesign. Por carinhosamente me acompanhar e dar suporte durante todo o trabalho.

À minha orientadora Cláudia Echevengúá Teixeira pelo grande apoio, carinho e acolhimento que me ajudou a direcionar e refinar o trabalho.

Ao meu orientador durante a iniciação científica, Henrique Rozenfeld, pelo resgate do propósito original do trabalho e principalmente pelos conselhos e exemplo.

Ao meu pai, Juvenil José de Barros Cobra, pela leitura carinhosa de tudo que já escrevi e ajuda na correção da ortografia desse trabalho.

À minha mãe pelo apoio moral e suporte em todos os momentos de minha caminhada.

À Fundação IPT pelo apoio financeiro e pela oportunidade de ter dois orientadores.

À Escola de Engenharia de São Carlos, pelo ensino de qualidade recebido por mim nessa casa.

Ao Colégio São José, pela minha formação anterior à universidade que me trouxe valores de cidadania e amor ao próximo.

Ao amigo Américo Guelere Filho, pelas lições, suporte e inspiração.

Aos amigos da vida toda Ricardo, Gabriele e Breno pelos bons momentos.

Ao amigo Eduardo Blanco, pela sempre grande amizade e companheirismo durante a elaboração desse trabalho.

À aqueles que contribuíram na avaliação dos roteiros.

Aos “persoras” Andressa, Ricardo, Eraldo, Marco, Tiago, Tais, Thais, José Augusto, Fernanda, Juliana J., Bianca e Juliana P. por serem tão especiais e trazerem tantas alegrias ao longo de toda a minha graduação em engenharia ambiental.

Ao Felipe “Santos” por toda a ajuda na reta final desse trabalho e sua impressão.

À amiga Mariana Murta Barbosa pela ajuda na avaliação dos roteiros e pela amizade através dos anos de graduação.

À minha irmã, Christinne, por sempre me acompanhar em todas as minhas conquistas.

As minhas irmãs Julianne e Danielle pelo carinho e amizade.

A todos que fizeram este trabalho possível.

RESUMO

Cobra, R. L. R. B. **Elaboração de roteiros de aplicação de métodos e ferramentas de ecodesign**. 2012. Trabalho de Graduação – Escola de Engenharia de São Carlos, 2012.

Por muito tempo prevaleceram as abordagens da gestão ambiental que observam impactos específicos, seja no ar, água ou consumo de energia. O século 21 clama por uma visão de meio ambiente que considere as interfaces entre meio e indústria, dois sistemas complexos fortemente inter-relacionados. Dessa forma há a necessidade de respostas sistemáticas e integradas como o ecodesign, abordagem proativa para minimização dos impactos ambientais no ciclo de vida dos produtos, que se mostra uma boa alternativa para as empresas frente aos desafios de gestão ambiental. Os métodos e ferramentas de ecodesign desenvolvidos a partir da década de 90 foram mais amplamente difundidos entre grandes empresas. Entretanto pequenas e médias empresas, maioria esmagadora das empresas brasileiras, e responsáveis por parcelas significativas do produto interno bruto (PIB) e dos empregos gerados, também se destacam na geração de impactos ambientais. Entretanto, as empresas desse porte não dispõem de recursos para aplicar ferramentas de ecodesign e praticarecoinovação no seu dia a dia. O presente trabalho primeiramente se dispôs a fazer um reconhecimento amplo do campo do conhecimento referente ao ecodesign através de uma revisão bibliográfica sistemática. Essa revisão contribuiu para a obtenção e sistematização de 76 métodos e ferramentas de ecodesign e forneceu referências para a elaboração de 3 roteiros de ferramentas selecionadas para atender os requisitos de pequenas e médias empresas brasileiras. Estes roteiros foram validados e disponibilizados ao público no Portal de Conhecimentos, uma página na internet destinada ao compartilhamento aberto, livre e gratuito de conhecimentos, com foco nos temas inovação, desenvolvimento de produtos, gestão do ciclo de vida de produtos e sustentabilidade.

Palavras-chave: ecodesign, design for environment, revisão bibliográfica sistemática, métodos e ferramentas, roteiros e pequenas e médias empresas.

ABSTRACT

Cobra, R. L. R. B. **Preparation of manuals for the implementation of ecodesign methods and tools**. 2012. Trabalho de Graduação – Escola de Engenharia de São Carlos, 2012.

For too long impact-specific approaches to environmental management prevailed such as, air emissions, water emissions or energy consumption. The 21st century calls for a vision of the environment which considers the interface between environment and industry, two strongly interrelated complex systems. Thus there is need for systematic and integrated responses like ecodesign, a proactive approach capable of minimizing the environmental impacts in product lifecycle, which is presented as a good alternative for companies facing the challenges of environmental management. The ecodesign methods and tools that were developed beginning in the 90's were more widely spread among large companies. However small and medium businesses, the overwhelming majority of Brazilian companies, and the responsible for significant portions of gross domestic product (GDP) and job creation, are also eminent in the environmental impacts generation. However, the companies of this size do not have the resources to implement ecodesign tools and practice eco-innovation in a daily basis. This monograph aim to make a broad recognition of the ecodesign field of knowledge through a systematic literature review. This review contributed to the collection and systematization of 76 ecodesign methods and tools and provided references for the preparation of 3 manuals of selected tools to meet the requirements of small and medium size companies. These manuals were validated and made publicly available in the website “Portal de Conhecimentos”, a website aimed at sharing knowledge openly and freely, focusing on themes of innovation, product development, products lifecycle management and sustainability.

Keywords: ecodesign, design for environment, systematic literature review, methods and tools, manuals and small and medium enterprises.

SUMÁRIO

1 Introdução	7
2 Objetivos	11
3 Revisão bibliográfica	13
3.1 Ecodesign	13
3.2 Pequenas e Médias Empresas	16
4 Metodologia.....	19
4.1 Revisão bibliográfica sistemática	19
4.2 Seleção de ferramentas de ecodesign para a elaboração de roteiros	20
4.3 Elaboração e avaliação dos Roteiros.....	21
5 Resultados e discussões.....	23
5.1 Revisão Bibliográfica Sistemática	23
5.1.1 Formulação do problema	23
5.1.2 Coleta de dados.....	25
5.1.3 Avaliação de dados.....	28
5.1.4 Análise e Interpretação dos dados	37
5.1.5 Conclusão e apresentação	53
5.2 Seleção de ferramentas para elaboração de roteiros	53
5.3 Elaboração e Avaliação dos Roteiros de aplicação dos métodos e ferramentas de ecodesign.....	57
5.3.1 Matriz Ecofuncional.....	58
5.3.2 Matriz de DfE	64
5.3.3 Análise de Efeito Ambiental	72
5.3.4 Avaliação dos roteiros.....	82
5.4 Publicação dos roteiros no Portal de Conhecimentos.....	83
6 Conclusão	87
Referências	89

Apêndice A: Resumo dos métodos/ferramentas.....	95
Apêndice B: Questionário para a Matriz Ecofuncional.....	122
Apêndice C: Dicas para análise das relações da matriz Ecofuncional	130
Apêndice D: Caso de aplicação da Matriz Ecofuncional.....	136
Apêndice E: Questionário para a Matriz de DfE	142
Apêndice F: Caso de aplicação da ferramenta Análise de Efeito Ambiental	152

1 INTRODUÇÃO

O termo desenvolvimento sustentável surgiu a partir do conceito de sustentabilidade. Enquanto a sustentabilidade se posiciona como fim, o desenvolvimento sustentável deve ser o caminho que leva até ela. Esse novo modelo de desenvolvimento teve sua primeira definição em 1987 na Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento) e é descrito como:.

“Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que atende as necessidades presentes sem comprometer a habilidade de as futuras gerações de atender as suas necessidades” (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 2002).

A incorporação desses conceitos nas estratégias empresariais, passando pelas esferas econômica, social e ambiental, foi denominada por Elkington (1997) como *triple botton line*, termo que se popularizou no mundo dos negócios, incluindo as empresas responsáveis pelos diferentes bens e serviços.

A convergência das relações econômicas se dá no mercado, que segundo Mankiw (2001) é onde acontecem as interações entre compradores e vendedores, no qual o primeiro imprime força sob a forma de demanda e o segundo sob a forma de oferta. Traduzindo as demandas do mercado para as empresas, encontra-se o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), que deve ser capaz de criar novos produtos atendendo às necessidades do mercado e aos requisitos da tecnologia e do ambiente institucional (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Dessa forma, retomando o tripé do desenvolvimento sustentável e lançando o foco sobre o desenvolvimento de produtos, a atuação das esferas econômicas e sociais apresentam-se claras, a primeira atuando por meio da mencionada regulação da produção pelo mercado e a segunda pela demanda impressa pela sociedade, consumidora final dos produtos. No entanto, mesmo sendo eminente a participação do ambiente como fonte de suprimentos e local de disposição dos resíduos resultantes do processo produtivo e fim de vida, por muito tempo prevaleceu a abordagem linear das empresas quanto à produção, especialmente de bens de consumo. Porém, o ciclo de vida¹ de um produto não acaba quando sua manufatura

¹ Ciclo de vida: Fases consecutivas e interligadas de um sistema de produto, desde a extração da matéria prima, através da produção de materiais e produtos intermediários, peças para produtos, passando pelo uso do produto ou operação de serviço até a reciclagem e/ou disposição final (EUROPEAN COMMISSION - JOINT RESEARCH CENTER, 2012).

ou venda é descontinuada (ROZENFELD *et al.*, 2006). Assim devem ser minimizados os impactos ambientais de todas as etapas do ciclo de vida. Já na extração das matérias primas e indústria de base acontecem os impactos ambientais dos fornecedores e cadeia de suprimentos. Em seguida, a manufatura em si possui um dado desempenho ambiental², e então quando o produto é transportado, distribuído e utilizado existem outras interações com o meio ambiente que devem ser observadas. Por último no fim de vida do produto, devem ser realizados esforços para fechamento do ciclo dos materiais através do uso de técnicas de remanufatura, reuso, reciclagem e desmontagem para aproveitamento de partes e materiais.

A inclusão sistemática das considerações ambientais ao processo de desenvolvimento de produto pode acontecer através do *ecodesign*³ (Comissão Européia, 2000), executando dessa forma uma abordagem proativa de gestão ambiental que visa à melhoria do desempenho ambiental dos produtos ao longo de todo o seu ciclo de vida (BHAMRA *et al.*, 1999; WEENEN, 1995). O que se justifica uma vez que os graus de liberdade diminuem à medida que o produto é desenvolvido, sendo, portanto, no início de seu processo de desenvolvimento que se encontram as maiores oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental dos produtos (VAN WEENEN, 1995; LUTTROP e LAGERSTEDT, 2006; NIELSEN e WENZEL, 2002).

Para alguns autores, a delimitação da motivação para aplicação do *ecodesign* não é clara por se posicionar junto à responsabilidade individual das empresas (BAUMANN, BOONS e BRAGD, 2002). Porém a mesma motivação pode ser proveniente da ideia de que o *ecodesign* renderá benefícios, em uma perspectiva de negócios (BAUMANN, BOONS e BRAGD, 2002; COMISSÃO EUROPÉIA, 2000), uma vez que a atividade empresarial só faz sentido se não coloca em risco sua própria existência (CABRERA, 2002). Deseja-se que o produto tenha o melhor desempenho ambiental possível, porém muito poucos estão preparados para pagar mais caro por bens com melhor desempenho ambiental (LUTTROP e LAGERSTEDT, 2006). Portanto, na concretização de um melhor desempenho ambiental, os impactos ambientais devem ser minimizados sem comprometer outros

² Desempenho ambiental: quando relacionado a produtos é determinado pela soma de todos os impactos ambientais através de todo o ciclo de vida dos produtos (NIELSEN e WENZEL, 2002).

³ *Ecodesign*: abordagem proativa de gestão ambiental que integra as questões ambientais no desenvolvimento de produtos afim de minimizar os impactos ambientais através do ciclo de vida dos matérias sem comprometer critérios essenciais como desempenho, funcionalidade, qualidade e custo (VAN WEENEN, 1995).

critérios essenciais como desempenho, funcionalidade, estética, qualidade e custo dos produtos (VAN WEENEN, 1995).

Essa dificuldade de articulação das empresas para a viabilização econômica do *ecodesign* acarreta uma aplicação restrita a algumas empresas que, individualmente, possuem condições favoráveis, ou seja, são grandes e flexíveis o suficiente para testar inovações e criar vantagens competitivas. As pequenas e médias empresas, por sua vez, encontram-se mais distantes dessa perspectiva tecnológica e raramente incluem o *ecodesign* nos objetivos estratégicos. Quando este é incluído, as empresas dificilmente chegam à prática, e quando esta é atingida, há predomínio de *re-design* em detrimento ao desenvolvimento de produtos inovadores com inclusão do *ecodesign* desde os primeiros estágios do processo de desenvolvimento de produtos (COMISSÃO EUROPÉIA, 2000).

Para essas pequenas e médias empresas que tem acesso à internet muita informação vem sendo disponibilizada. Entre outros problemas esse grupo encontra dificuldade em encontrar e selecionar aquelas informações sobre métodos de *ecodesign* que são relevantes e adequadas a seu contexto. Assim torna-se interessante a disponibilização de manuais que possam guiar essas empresas na aprendizagem do *ecodesign* (VAN WEENEN, 1999) (questão discutida em detalhes na seção 3.1)

Adicionalmente, a elaboração de materiais que guiam as empresas na aplicação do *ecodesign*, que podem ter a forma de roteiros ou manuais, mostra-se como uma atividade importante para satisfazer as necessidades do usuário (designer ou desenvolvedor de produto), possibilitando o acesso às explicações coerentes com as intenções do autor do método/ferramenta de *ecodesign*.

Os aspectos mais frágeis encontrados pela Comissão Europeia (2000) para a não ocorrência de ampla disseminação de ferramentas para o *ecodesign* foram de cunho cultural e linguístico, já que os manuais estão em geral nos idiomas dos países pioneiros na área, ou em inglês. Outras barreiras se encontram no ensino do *ecodesign*, ausente na maioria das vezes durante a formação dos *designers*, engenheiros e administradores, fazendo com que o contato com o assunto ocorra em treinamentos nas empresas e através de redes de conhecimento. Uma boa prática, identificada pelo mesmo relatório, referente à disseminação dos métodos e

ferramentas de *ecodesign*⁴, inclui o planejamento de atividades que levem à implementação das mesmas para a demonstração, aliadas ao fácil acesso às informações contando com meios como a internet.

Dentre as necessidades de melhoria do *ecodesign*, merece destaque o excesso de desenvolvimento de métodos e ferramentas em detrimento de sua avaliação e sistematização (BAUMANN, BOONS e BRAGD, 2002), situação que contribui para que se mantenha uma aplicação restrita.

Frente a um grande número de trabalhos em determinado assunto, uma saída para a sistematização e levantamento do estágio de aplicação, utilizada frequentemente em muitas áreas é a realização de uma revisão bibliográfica sistemática. Esse tipo de trabalho busca a adoção de um tratamento sistemático e formal para agregar e avaliar os conhecimentos pertencentes a um tema específico (BIOLCHINI *et al.*, 2005).

Na seção 2 serão detalhados os objetivos da pesquisa. Em seguida temos a revisão bibliográfica na seção 3, onde são revisitados e aprofundados os principais temas que embasaram a pesquisa. Na seção 4 encontra-se a metodologia com os registros dos métodos científicos utilizados na condução do trabalho. Os resultados obtidos das atividades de revisão bibliográfica e elaboração de roteiros de ferramentas de *ecodesign* e sua análise estão dispostos na seção 5. Finalmente as conclusões obtidas são apresentadas nas seção 6 seguidas pelas referências utilizadas. Também ao final do texto encontram-se os apêndices com informações adicionais produzidas.

⁴ Método e ferramenta de *ecodesign*: denominações equivalentes referentes à via operacional pela

2 OBJETIVOS

O objetivo principal desse trabalho é desenvolver e disponibilizar roteiros de aplicação de métodos e ferramentas de *ecodesign*, para que possam ser aplicados por pequenas e médias empresas brasileiras no desenvolvimento de produtos com melhor desempenho ambiental.

O objetivo principal da pesquisa pode ser desdobrado nos seguintes objetivos específicos:

1. Atualização da Revisão Bibliográfica Sistemática realizada por Pigosso (2008) para o levantamento, cadastro e sistematização de métodos e ferramentas de *ecodesign*;
2. Seleção dos métodos e ferramentas de *ecodesign* a terem roteiros de aplicação desenvolvidos;
3. Desenvolvimento e avaliação dos roteiros de aplicação dos métodos e ferramentas de *ecodesign*.
4. Publicação dos roteiros elaborados no “Portal de Conhecimentos” (<http://www.portaldeconhecimentos.org.br>), uma página na internet destinada ao compartilhamento de conhecimentos entre público em geral, acadêmico e empresas com foco nos temas inovação, desenvolvimento de produtos, gestão do ciclo de vida de produtos e sustentabilidade.

A publicação tem por objetivo permitir o acesso do conteúdo criado de forma livre, aberta e gratuita, em resposta às recomendações da Comissão Europeia (2000) de utilização do acesso a redes de conhecimento e o uso de internet para difundir os métodos/ferramentas de *ecodesign*. Adicionalmente, as empresas poderão complementar, com suas experiências, as informações disponibilizadas, fornecendo um retorno importante de como esses métodos e ferramentas podem ser aplicados na prática.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir é apresentada uma revisão dos temas que nortearam a pesquisa.

A seção 3.1 apresenta o tema ecodesign suas vantagens e dificuldades de aplicação tanto num panorama geral quanto com foco em pequenas e médias empresas, que é por sua vez o tema apresentado na seção 3.2, na qual discute-se a importância dessas pequenas e médias empresas e o papel dos métodos e ferramentas de ecodesign para esse grupo.

3.1 ECODESIGN

O ecodesign mais do que um meio de as empresas alcançarem benefícios ambientais (VAN HEMEL e CRAMER, 2002) é uma importante maneira de geração de ganhos financeiros para as empresas através de iniciativas de concretização do desenvolvimento sustentável (STEVELS, 2001).

É possível estabelecer correlações diretas entre ações de ecodesign, benefícios ambientais, benefícios financeiros para as empresas e redução de custo para o consumidor (STEVELS, 2001), com pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1 - Benefícios ambientais e financeiros por área focal do ecodesign (STEVELS, 2001)⁵

Área Focal	Ação de Ecodesign	Benefício Ambiental	Benefício financeiro para as empresas	Redução de custo para o consumidor
Energia	Uso de circuitos integrados poderosos	Menor consumo de energia	Menor quantidade de materiais usados	Menor valor na conta de energia
Materiais	Menos materiais	Menor consumo de recursos	Menor quantidade de materiais usados	Menor preço do produto
	Substituição de materiais	Menor carga ambiental	[não especificado]	[não especificado]
Embalagens e Transporte	Uso de materiais reciclados	Fechamento do ciclo dos materiais	Menor quantidade de materiais usados	Menor preço do produto
	Menos materiais nas embalagens	Menor consumo de recursos Menos descarte de materiais	Menor custo	Menor preço do produto
Conteúdo químico	Menor volume das embalagens	Menor emissões no transporte	Menor custo	[não especificado]
	Monomaterial	Melhor reciclabilidade	Desconto na compra do material	Menor preço do produto
Reciclabilidade e Fim de vida	Eliminação de inibidores de chama	Melhor reciclabilidade	Menor quantidade de materiais usados	Menor preço do produto
	Design para desmontagem	Melhor desempenho da reciclagem	Menor custo na montagem do produto	Menor gasto na disposição do produto

⁵ A tabela de (STEVELS, 2001) no contexto de seu artigo apresenta foco em eletro-eletrônicos.

No entanto a adoção do ecodesign permanece restrita. Os principais motivos identificados na literatura para o pouco uso de ferramentas de ecodesign são (O'HARE *et al.*, 2009):

- Falta de demanda: não há requisitos ambientais para o produto;
- Falta de tempo: as empresas não dispõem de tempo para acrescentar o ecodesign em mais um passo para desenvolver os produtos. Nesse contexto algumas ferramentas consomem muito tempo durante sua aplicação;
- Existência de muitas ferramentas: as empresas tem dificuldade de escolher as ferramentas em meio a uma grande quantidade e variedade disponível;
- Integração ineficaz das ferramentas de ecodesign: o uso das ferramentas de ecodesign se torna uma atividade à parte do fluxo normal de desenvolvimento de produtos;
- Ferramentas de ecodesign não adaptadas ao contexto das empresas: tanto o conteúdo quanto o momento de aplicação das ferramentas muitas vezes não são adequados para o uso no processo de desenvolvimento de produtos da empresa.
- Falta da aplicação sistemática: muitas vezes a escolha e uso da ferramenta são feitos através da consulta a especialistas, o que faz com que faltem análises sobre a capacidade da ferramenta de atender às necessidades da empresa.

Observando a questão dos estímulos e barreiras para implementação do ecodesign em pequenas e médias empresas contata-se que em grande parte elas compartilham das possibilidades gerais apresentadas, porém suas características peculiares não podem ser negligenciadas (VAN HEMEL, 2001). Além das vantagens competitivas e melhoria do desempenho ambiental comuns às empresas que adotam o ecodesign (COMISSÃO EUROPÉIA, 2000), pequenas e médias empresas buscam benefícios no ecodesign em relação à redução de custos, melhoria de imagem, participação em novos mercados, aumento da qualidade funcional do produto e resposta ao aumento de demandas e requisitos ambientais entre outros (VAN HEMEL e CRAMER, 2002). Essas mesmas empresas recebem estímulos externos para a adoção do ecodesign através, principalmente, de legislações,

organizações industriais e demandas de clientes e consumidores (VAN HEMEL e CRAMER, 2002).

Já as barreiras que inibem mais frequentemente a presença do ecodesign em pequenas e médias empresas são a “não percepção de benefícios ambientais”, a “não percepção de responsabilidade” e a “falta de alternativas disponíveis” (VAN HEMEL e CRAMER, 2002), é possível identificar sinergia com as razões para falta de uso de ferramentas de ecodesign apresentadas anteriormente) .

Dada a percepção dessas condições específicas que usualmente geram nas pequenas e médias empresas mais inércia em relação ao ecodesign (VAN HEMEL, 2001), alguns países vem tomando iniciativas para fornecer condições favoráveis a esse grupo. Exemplo de iniciativas precursoras (final da década de 90) para valorização do papel das pequenas e médias empresas na prática do ecodesign são as campanhas da UNEP IE/PAC (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – Meio Ambiente e Indústria/ Centro de Atividade do Programa), EUREKA-PREPARE e projetos de ecodesign em pequenas e médias empresas na Holanda e Suécia (VAN WEENEN, 1999).

Especialmente na Europa, o ecodesign encontra-se mais consolidado devido à presença de diretivas específicas que o colocam oficialmente como meio para cumprimento dos requisitos ou favorecem muito sua atuação, como :WEEE – Diretiva de resíduos de lixo eletrônico, RoHS- Diretiva de restrição de substâncias perigosas, EuP- Diretiva para produção de equipamentos consumidores de energia, entre outras (EUROPEAN COMMISSION, 2003; EUROPEAN COMMISSION, 2005; EUROPEAN COMMISSION, 2003).

Nesse contexto foi criada a iniciativa Metodologia para Ecodesign de Produtos Consumidores de Energia (MEErP) frente ao reconhecimento da necessidade de difusão do ecodesign por meio da disponibilização de ferramentas e manuais (COWI BELGIUM SPL e VAN HOLSTEIJN EN KEMNA, 2011). O material preparado nessa iniciativa é fornecido gratuitamente para *download* na página da Comissão Europeia e é composto uma nova ferramenta de ecodesign e seu manual.

No Brasil ainda não existem leis que colocam o ecodesign como requisito, porém a nova Política Nacional de Resíduos Sólidos estimula as empresas a buscá-lo como alternativa de aumento de seu desempenho ambiental. Contudo não existem campanhas específicas visando disponibilizar ferramentas e manuais que possam ser acessadas por pequenas e médias empresas

3.2 PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

Em todo o mundo, as pequenas e médias empresas são um grupo representativo, isto é, ao qual não se pode negligenciar o grande valor que representa para a sociedade. No Reino Unido, estas representam 99% do número total de empresas, que são responsáveis por 38% do Produto Interno Bruto (PIB) e 58% da geração de emprego. Já na Europa como um todo, estima-se que as pequenas e médias empresas sejam cerca de 90% do total de empresas, sendo responsáveis por 70% de toda movimentação econômica (HILLARY, 2000). No Brasil a situação se assemelha à do Reino Unido com exceção da participação no PIB: as pequenas e médias empresas representam 99% do total de empresas, são responsáveis por cerca de 20% do PIB e empregam cerca de 60% dos trabalhadores (SEBRAE, IBGE, MONAMPE, 2012).

Aspectos levantados na pesquisa de Tilley (2000) apontaram as seguintes conclusões:

- empresas menores são percebidas como carentes de recursos financeiros e tecnológicos suficientes;
- métodos pesquisados para empresas grandes não se encontram prontamente adaptados para empresas menores;
- mais informações estão acessíveis para empresas maiores;
- empresas maiores têm maior apelo ao público, o que gera mais interesse para pesquisa.

Nas pequenas e médias empresas esse quadro se alia a uma postura de descaso em relação aos benefícios da postura proativa na gestão ambiental e do uso de ferramentas que poderiam auxiliar no aumento do seu desempenho ambiental (HILLARY, 2000).

Os principais problemas relacionados especificamente com o uso de ferramentas de ecodesign nas pequenas e médias empresas são (HOLMBERG, LUNDQVIST e ROBÈRT, 2000).:

- ferramentas podem ser caras;
- alto consumo de tempo para aplicação de ferramentas de ecodesign;
- inaplicabilidade dessas ferramentas dentro da rotina de desenvolvimento de produtos

De modo geral as pequenas e médias empresas se beneficiariam muito de ferramentas de ecodesign que:

- Sejam simples
- Sejam baratas ou gratuitas
- Não consumam muito tempo na aplicação
- Se insiram bem no contexto da empresa
- Possam ser adaptadas

4 METODOLOGIA

A seguir são apresentadas as metodologias utilizadas para cumprimento dos objetivos propostos. A pesquisa tal qual realizada pode ser dividida em três momentos distintos: 1) Realização da revisão bibliográfica sistemática (seção 4.1); 2) Seleção de ferramentas de ecodesign para a elaboração de roteiros (seção 4.2); e 3) Elaboração e avaliação dos roteiros de métodos e ferramentas de ecodesign (seção 4.3).

4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

A revisão bibliográfica sistemática é uma metodologia desenvolvida para unificar e avaliar evidências em determinado tópico (BIOLCHINI *et al.*, 2005), sendo assim capaz de gerar paradigmas baseados em evidências (BRERETON *et al.*, 2007). As etapas de um Protocolo de Revisão Bibliográfica Sistemática são: formulação do problema, coleta de dados, avaliação dos dados, análise e interpretação dos dados e conclusão e apresentação. Essas etapas encontram-se ilustradas na figura1 :



Figura 1 - Processo de Realização da Revisão Bibliográfica Sistemática (PIGOSSO, 2008)

Os trabalhos que são geralmente utilizados em uma revisão sistemática de literatura são ditos estudos primários, pois, dentro dos limites individuais de suas pesquisas foram obtidas conclusões científicas. A revisão propriamente dita é considerada um estudo secundário, por se utilizar dos estudos primários a partir dos quais cria generalizações dentro de um domínio científico, bem como revela novas compreensões e identifica pontos em que o assunto deve ser esclarecido, renovado ou modificado por estudos primários futuros (BRERETON *et al.*, 2007).

Ignorar o surgimento de novas informações pertinentes enfraquece a validade das revisões bibliográficas sistemáticas, para tanto atualizações de revisões bibliográficas são necessárias (MOHER, 2006). Para que a tentativa de atualização não fracasse, gerando informações não coerentes com a revisão a que se refere, é preciso que o conceito de atualização seja bem definido e que predominem no trabalho esforços dirigidos à identificação de novas evidências. A mera replicação não pode ser considerada uma atualização. Para obter sucesso, deve ser adotada a mesma estratégia da pesquisa predecessora, estendendo o protocolo de maneira a acomodar os dados emergentes (MOHER, 2006). Sutton *et al.* (2009) em seu trabalho na área médica encoraja a realização de atualizações para as revisões sistemáticas, verificando que grande parte perde a validade em um período que vai de 1 a 2 anos.

Neste trabalho, é realizada uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de atualizar a revisão de Pigosso (2008), que identificou o estado da arte dos métodos e ferramentas de ecodesign. O protocolo da revisão sistemática e os resultados obtidos são apresentados na seção 5.1.

4.2 SELEÇÃO DE FERRAMENTAS DE ECODESIGN PARA A ELABORAÇÃO DE ROTEIROS

A escolha dos métodos e ferramentas a ter roteiros elaborados não é feita através da revisão bibliográfica sistemática como almejado inicialmente. Isso se deve ao fato de que a revisão bibliográfica incluiu um grande número de estudos o que causou um alto consumo de tempo durante a revisão sistemática e dificultou o cadastro dos estudos que tratavam de métodos e ferramentas de ecodesign.

Desta forma, para fazer a escolha das ferramentas é consultado o trabalho de Pigosso (2008) e Guelere Filho (2010), e selecionados alguns dos métodos que os

autores integraram ao modelo de referência para a gestão do processo de desenvolvimento de produtos.

Os critérios para definição dos métodos e ferramentas a terem roteiros elaborados são:

- a ferramenta tem grau de complexidade que exige um roteiro de aplicação;
- a ferramenta apresenta potencial para contribuir com o aumento do desempenho ambiental dos produtos desenvolvidos por pequenas e médias empresas.

O primeiro critério visa excluir ferramentas de uso simples como *guidelines* e *checklists*, que não necessitam de instruções de uso. O segundo critério por sua vez avalia a capacidade da ferramenta de atender a demanda das pequenas e médias empresas, que conforme apresentado na seção 3.3 incluem: baixo preço, praticidade e facilidade de integração à rotina de desenvolvimento de produtos.

As ferramentas selecionadas para a elaboração dos roteiros de aplicação são apresentadas na seção 5.2.

4.3 ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ROTEIROS

A estrutura em que se baseia a elaboração dos roteiros de uso e aplicação é adaptada da estrutura do material sobre *Quality Function Deployment* (QFD) presente no Portal de Conhecimentos, <http://www.portaldeconhecimentos.org.br/>.

Além de partir dessa estrutura, a elaboração de roteiros se baseia na literatura sobre elaboração de manuais para usuários. Nessa área destaca-se a importância de se antecipar às possíveis falhas com as expectativas dos usuários deixando claro quais são os objetivos, resultados e consequências possíveis (SHAND, 1994). Outro aspecto é que a interface com o usuário deve ser adaptada a diferentes níveis de habilidade e conhecimento, bem como à diferentes necessidades e contextos de aplicação (REEVES, 2004).

Assim, primeiramente são definidas as diferentes partes do roteiro. A partir dessa estrutura são buscados no banco de dados geral de métodos e ferramentas de ecodesign, trabalhos que tratam de cada ferramenta selecionada para a elaboração dos roteiros. Esse material fornece as informações para os roteiros e a criação dos materiais complementares.

A avaliação dos roteiros é feita em dois momentos:

1. Estudo piloto com alunos de engenharia.
 - Reunião dos alunos e proposição de uma situação fictícia de desenvolvimento de produto para aplicação dos roteiros;
 - Gravação da reunião e anotação das principais dificuldades.
2. Uso dos roteiros em um curso de ecodesign que aconteceu na USP em São Carlos.
 - Foi proposto no curso ministrado pela pesquisadora Daniela Pigosso o caso de um *re-design* de uma impressora existente;
 - Foram identificadas as principais áreas de melhoria e definido um perfil de desempenho ambiental através da aplicação dos roteiros;
 - A equipe comentou sobre a experiência com os roteiros dando sugestões de melhoria.

Ambas as etapas incluem a aplicação das ferramentas, que acontece em menor profundidade no primeiro momento, quando os roteiros ainda estão em elaboração e em maior profundidade no segundo momento com os roteiros mais refinados.

Os roteiros desenvolvidos nessa pesquisa são apresentados na seção 5.3.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa seção encontram-se os resultados da pesquisa realizada. Primeiramente são apresentados os resultados relacionados à revisão bibliográfica de literatura, na seção 5.1. A seção seguinte, 5.2, traz a seleção dos métodos e ferramentas de ecodesign. No item 5.3 são apresentados os roteiros elaborados e a avaliação feita. Em seguida a seção 5.4 traz a publicação dos roteiros no Portal de Conhecimentos.

5.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

A seguir são apresentados os resultados provenientes da realização da revisão bibliográfica sistemática segundo as 5 etapas presentes na metodologia, figura 1 .

O cumprimento de todas estas etapas se deu através da elaboração de um Protocolo de Revisão Sistemática, que funciona como um código de regras para uma revisão bibliográfica sistemática (BIOLCHINI *et al.*, 2005). Assim os diferentes trechos deste protocolo serão apresentados de acordo com as etapas definidas na metodologia.

5.1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A formulação do problema aconteceu no início da elaboração do protocolo de revisão sistemática e se constituiu de dois passos: determinação do foco da questão, que é a definição do resultado esperado e a qualidade e abrangência, que apresenta um cenário para a revisão sistemática.

PROCOLO DE REVISÃO SITEMÁTICA

1. Formulação da questão

Nesta seção os objetivos da revisão bibliográfica sistemática são definidos segundo as seguintes subseções:

1.1. Foco da questão:

- Atualização da revisão bibliográfica sistemática sobre os métodos e ferramentas de ecodesign existentes realizada por Pigosso (2008).
- Identificação de trabalhos emergentes na área e classificação dos métodos e ferramentas de ecodesign desenvolvidos.

1.2. Qualidade e abrangência

O contexto de aplicação da revisão e a questão que esta deve responder podem ser definidos por meio dos seguintes itens:

–Problema: Desde o início, a produção científica na área de estudo se concentrou no desenvolvimento de métodos e ferramentas de ecodesign em detrimento da sistematização e compilação destes, o que leva à baixa aplicação, especialmente em micro e pequenas empresas.

–Questão: Quais os métodos e ferramentas de ecodesign existentes e como sistematizá-los?

–Palavras-chave: As principais palavras-chave que compõem a questão da pesquisa são: clean design, design for environment, design for life cycle, design for life-cycle, design for the environment, DfE, eco design, ecodesign, eco-design, ecological design, environmental conscious design, environmental product design, environmental product development, environmentally conscious design, environmentally sensitive design, environmentally sound design, green design, green product design, green product development, life cycle design, life cycle engineering, life-cycle design, life-cycle engineering, sustainability driven design, sustainable design, sustainable product design, sustainable product development.

–Intervenção: Utilização de combinações de palavras-chave para buscar estudos que tratem de métodos e ferramentas de ecodesign e montagem de um cadastro de classificação para sua sistematização.

–Efeito esperado: Identificação de métodos e ferramentas de ecodesign presentes nos estudos abrangidos pela busca e sistematização dos mesmos em um cadastro.

–Aplicação dos resultados: A revisão bibliográfica sistemática produzirá resultados que poderão ser aplicados por pesquisadores e profissionais da área de desenvolvimento de produtos e gestão ambiental.

–Design experimental: Para avaliação dos resultados serão utilizadas análises descritivas para quantificação e avaliação dos resultados e métodos e ferramentas identificados.

5.1.2 COLETA DE DADOS

Os dados coletados pela revisão sistemática dependeram da seleção de bases de dados que por sua vez incluiu fatores importantes como critérios de seleção de bases de dados, a linguagem dos estudos que serão coletados, e a identificação das bases de dados.

2. Seleção de bases de dados de pesquisa

Os critérios para seleção das bases de dados de estudos para realização da revisão bibliográfica sistemática bem como o procedimento para sua identificação são descritos nos itens seguintes.

2.1 Critérios de seleção de bases de dados

Definição dos critérios usados para determinação das bases de dados adequadas à pesquisa:

- Ser de acesso livre ou assinadas pela Universidade de São Paulo através das redes CAPES ou Sibi/USP (órgãos que fornecem à USP acesso total ou parcial à bases de dados pagas de conteúdo científico. Suas redes podem ser acessadas respectivamente pelos sites: <http://www.capes.gov.br/> e <http://www.usp.br/sibi/>.)

2.2 Linguagem dos estudos

As bases de dados devem conter estudos em língua inglesa para que forneçam estudos apropriados para a pesquisa.

2.3 Identificação de bases de dados

A definição das bases de dados utilizadas na revisão bibliográfica e seu uso são descritos nos seguintes itens:

- Método de pesquisa de bases de dados:
 - As bases de dados foram pesquisadas nas listas de bases de dados assinadas pelas redes CAPES e Sibi/USP disponíveis em seus web-sites no período da pesquisa.
 - Campos pesquisados:
 - Resumo

- Título do documento
- Palavras-chave

Obs: Caso a base de dados não apresente opção de busca em todos os campos desejados a busca será realizada apenas nos campos desejados disponíveis e nos campos considerados equivalentes ou que produzam resultados relevantes.

– Palavras-chave pesquisadas:

Obs: as palavras-chave foram pesquisadas separadamente e não em *strings* de busca.

- Clean design
- Design for environment
- Design for life cycle
- Design for life-cycle
- Design for the environment
- DfE
- Eco design
- Ecodesign
- Eco-design
- Ecological design
- Environmental conscious design
- Environmental product design
- Environmental product development
- Environmentally conscious design
- Environmentally sensitive design
- Environmentally sound design
- Green design
- Green product design
- Green product development
- Life cycle design
- Life cycle engineering
- Life-cycle design
- Life-cycle engineering

- Sustainability driven design
 - Sustainable design
 - Sustainable product design
 - Sustainable product development
- Quando pesquisas forem realizadas simultaneamente nos diferentes campos o operador lógico utilizado será “OR” a fim de obter a união dos conjuntos de resultados.
 - Ex: A figura 2 abaixo representa a operação lógica: ecodesign (resumo) OR ecodesign (título do documento) OR ecodesign (palavras-chave). Assim cada intersecção apresentará apenas um registro, evitando repetições.

$(\text{Resumo}) \cup (\text{Título}) \cup (\text{Palavras-chave}) =$



Figura 2 - Exemplo de pesquisa de estudos utilizando diferentes campos de busca

- Lista de bases de dados

A identificação foi feita dentro das bases de dados assinadas (CAPES e Sibi/ USP) ou através de busca na internet por bases de dados de conteúdo total ou parcialmente gratuito. A seguir se encontra a lista resultante:

- CAS
(<http://csaweb115v.csa.com>);
- Engineering Village-Compendex
(<http://www.engineeringvillage.com>);
- Emerald
(<http://www.emeraldinsight.com>);
- Find Articles- Bnet
(<http://findarticles.com>);

- Hight wire press
(<http://highwire.stanford.edu>);
- IEEE Xplore
(<http://ieeexplore.ieee.org>);
- Ingentaconnect
(<http://www.ingentaconnect.com>);
- ISI Web of Knowledge
(www.webofknowledge.com);
- JSTOR
(<http://www.jstor.org>);
- Meta Press
(<http://www.metapress.com>);
- Pro Quest
(www.proquest.com);
- Scholar Google
(<http://scholar.google.com.br>);
- Science Direct
(www.sciencedirect.com);
- Scirus
(<http://www.scirus.com>);
- Scitopia
(<http://www.scitopia.org>);
- Scopus
(www.scopus.com);

5.1.3 AVALIAÇÃO DE DADOS

A avaliação dos dados coletados envolveu a aplicação de critérios para inclusão e exclusão, ajustes e revisão de forma a padronizar os estudos selecionados.

3. Seleção dos estudos

Os estudos são submetidos à seleção em dois estágios conforme a descrição do processo e critérios de seleção e avaliação apresentados a seguir.

3.1. Montagem do banco de dados de estudos

Com a finalidade de estabelecer um banco de dados abrangendo o grupo dos estudos válidos obtidos através da busca são estabelecidos critérios de inclusão e exclusão, além de possíveis ajustes, conforme descrito a seguir:

3.1.1. Definição dos Critérios de Inclusão e Exclusão

Os critérios de inclusão e exclusão referentes ao banco de dados de estudos obtidos nas buscas atuam como filtros para permitirem os estudos serem incluídos no banco de dados de estudos válidos.

- Para inclusão no banco de dados primário os estudos devem:
 - Estar em língua inglesa;
 - Apresentar arquivo completo para download;
 - Não ser parte do conteúdo de bases já pesquisadas via links de redirecionamento;

3.1.2. Ajustes

Em alguns casos especiais pode ser necessário ajuste do procedimento de pesquisa às condições da busca específica. Esse ajuste configura a inclusão de mais um passo na determinação dos resultados da busca, que pode ser definido para as seguintes condições:

- As buscas devem ser conduzidas de modo a evitar a repetição de arquivos no banco de dados. Isso pode ser feito, por exemplo, desmarcando uma base de dados já pesquisada dentro do rol de bases acessadas por uma base de dados abrangente;
- Sempre que possível a pesquisa será restrita a resultados contendo texto completo para *download*;
- Caso a base de dados possua grande intersecção de banco de dados com bases já pesquisadas será possível a utilização de filtros para refinamento dos resultados visando eliminação de réplicas;

- Caso o resultado da busca seja superior a 500 entradas ou quando haja indício de grande intersecção entre a base atual e um das bases já pesquisadas será possível o refinamento da busca. Esse procedimento tem o intuito de aumentar a relevância dos resultados e prezar pela extensão do banco de dados resultante e viabilidade de sua análise. Quando utilizado, tal procedimento deverá ser devidamente registrado;

3.1.3. Procedimento

- As combinações de palavras-chave devem ser pesquisadas nas bases de dados selecionadas e caso necessário aplicado um ajuste.
- Os resultados das pesquisas devem ser armazenados no banco de dados primário

3.2. Montagem do banco de dados relevantes

A partir do banco de dados primário serão extraídos estudos que formarão um novo banco de dados contendo apenas estudos relevantes de acordo com as informações que se deseja observar, para tanto critérios de inclusão e exclusão são estabelecidos.

3.2.1. Definição dos critérios de inclusão e exclusão

Para a seleção dos estudos dentre aqueles armazenados foram definidos critérios de inclusão e exclusão. Dessa forma são considerados como relevantes à pesquisa estudos que atendam a ambos os critérios:

- 1) O tema principal deve estar relacionado ao ecodesign e às áreas de estudo entendidas como equivalentes representados pela lista de combinações palavras-chave apresentada anteriormente.
- 2) É indispensável a presença de conteúdo relacionado a métodos ou ferramentas de “ecodesign”, “design for environment”, ou demais palavras-chave equivalentes.

3.2.2. Definição do tipo de estudos

- Os estudos serão incluídos no banco de dados relevantes sem discriminação do seu tipo, como artigos em periódicos, artigos em conferências, relatórios e monografias, isto é, serão inclusos estudos de todos os tipos, indiscriminadamente.

3.2.3. Procedimento

3.2.3.1. Estabelecimento de ciclos de triagem

A fim de se chegar ao grupo dos estudos relevantes à pesquisa, os critérios de inclusão e exclusão serão aplicados de diferentes maneiras nos ciclos de triagem representados na figura 3. Os ciclos estabelecidos devem ser aplicados na ordem apresentada, podendo haver aplicação iterativa, isto é repetindo a execução de um ciclo até o resultado desejado.

- Ciclo 1: Serão lidos os títulos e palavras-chave dos trabalhos contidos no banco de dados primário e eliminados os estudos que facilmente contrariam o critério de inclusão e exclusão 1 gerando ao final do ciclo o banco de dados secundário contendo apenas artigos relacionado ao tema ecodesign. A montagem deste banco de dados faz-se importante também pelo potencial de fomentar pesquisas subseqüentes. Neste ciclo caso haja dúvidas quando à relevância de dado trabalho, seu resumo poderá ser lido para ponderação.
- Ciclo 2: Serão lidos os títulos, palavras-chave e resumos dos trabalhos contidos no banco de dados secundário e aplicado o critério de inclusão e exclusão 2 gerando o banco de dados terciário, com artigos que apresentam métodos e ferramentas de ecodesign. Neste ciclo também serão verificados os estudos inclusos no banco de dados secundário.
- Ciclo 3: Serão lidos os títulos, palavras-chave, resumos e textos completos ou partes do texto completo, analisando com maior profundidade ambos os critérios de inclusão e exclusão gerando o banco de dados relevantes. Nesse ciclo a inclusão dos trabalhos deve ser consolidada, revendo o alinhamento aos critérios de inclusão e exclusão.



Figura 3 - ciclos de triagem dos estudos

A realização deste ciclo acontecerá simultaneamente à etapa de extração de informações durante a classificação dos métodos e ferramentas de ecodesign.

3.2.4. Revisão da seleção

- A verificação dos estudos selecionados ocorrerá na etapa de extração de informações durante a classificação conforme prevê o terceiro ciclo de triagem.

Conforme estabelecido no item “Definição dos Critérios de Inclusão e Exclusão” do protocolo de revisão sistemática (item 3.2.1 do protocolo) os critérios para inclusão e exclusão de artigos define que será selecionado o estudo com conteúdo relacionado a métodos e ferramentas de *ecodesign*. Esse critério foi aplicado no ciclo de triagem número 2 (definido no item 3.2.3.1 do protocolo), o qual é responsável pela definição de um banco de dados para armazenamento dos estudos que tratam de métodos e ferramentas de *ecodesign*. O número total de estudos cujo conteúdo aborda métodos e ferramentas de *ecodesign* é 902. A figura 4 mostra como foram divididos os estudos desde no início do trabalho.

A trajetória da pesquisa: acesso, armazenamento, separação dos estudos com tema *ecodesign* e separação dos estudos que tratam de métodos e ferramentas de *ecodesign* pode ser observada de forma numérica na tabela 2. Nessa mesma tabela são observados os estudos provenientes das diferentes bases de dados nas seguintes subdivisões:

Total Bruto: número de estudos que se adéquam às características requisitadas do mecanismo de pesquisa. Exemplo: a busca da palavra-chave *ecodesign* base IEEExplore no campo resumo resultou em 89 artigos .

Total acessado: Número de estudos que se verificou a presença de textos completos para *download*. Exemplo: Na base *Engineering Village* o resultado bruto para a busca da palavra-chave DfE foi de 2037 porém após aplicação de um ajuste retirando as bases já pesquisadas foi verificada a presença de texto completo para *download* em 173 estudos.

Total armazenado: Representa o número de textos completos que foram armazenados no banco de dados primário e citação bibliográfica e é o número principal de estudos, pois foi o número manipulado durante a revisão sistemática de literatura.

Ciclo 1: Diz respeito ao número de estudos com o tema *ecodesign* obtidos no ciclo 1 de triagem.

Ciclo 2: Diz respeito ao número de estudos que tratam de métodos e ferramentas de *ecodesign*.

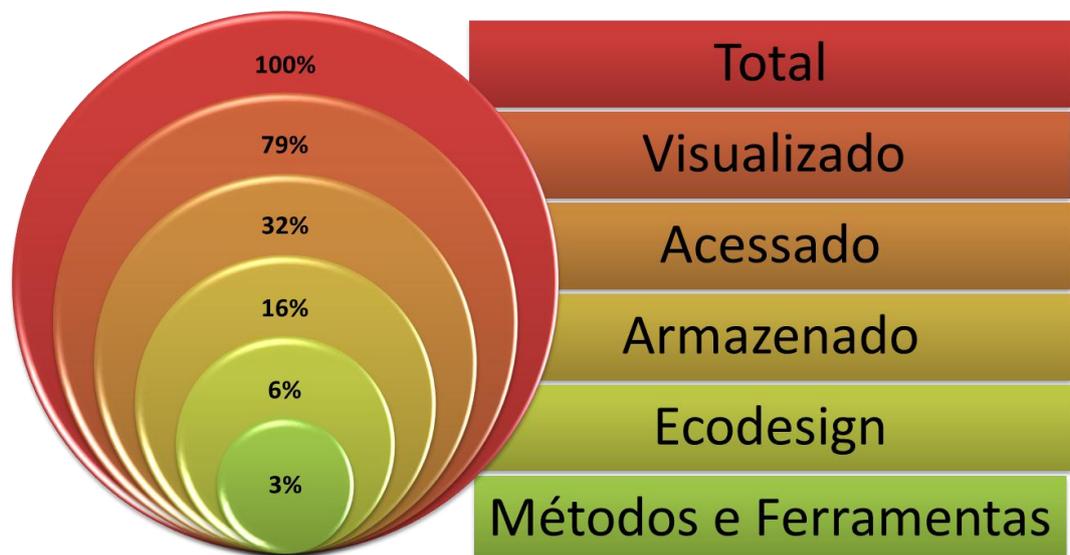


Figura 4- Divisão dos estudos

Tabela 2- Trajetória dos estudos de cada base de dados

BASES	Total	Total de estudos	Total	Total	Ciclo	Ciclo
	Bruto	Visualizados	Acessado	Armazenado	1	2
Science Direct	539	539	499	433	169	101
IEEEExplorer	4542	4542	2984	1656	748	458
ISI Web of Knowledge	5373	3314	3314	74	12	4
Scitopia	225	225	181	131	22	7
Eng. Village	4076	1973	186	154	90	38
Emerald	179	179	179	104	24	7
Google	6067	6067	578	551	242	85
Scirus	891	891	891	641	84	21
Ingentaconnect	701	701	1	1	0	0
Scopus	5312	2551	746	591	305	76
JSTOR	19	19	19	19	2	0
Meta Press	471	471	222	187	86	39
CAS	2837	2837	1	1	0	0
ProQuest	1201	1201	557	457	233	63
Highwire press	120	120	85	78	15	3
Total	32553	25630	10443	5078	2032	902

A situação a partir dos estudos de cada base de dados que foram armazenados e em seguida divididos em um bloco com os que abordavam o tema *ecodesign*, e a separação dentro desse bloco dos estudos que tratavam de métodos e ferramentas de *ecodesign* encontra-se ilustrada na figura 5.

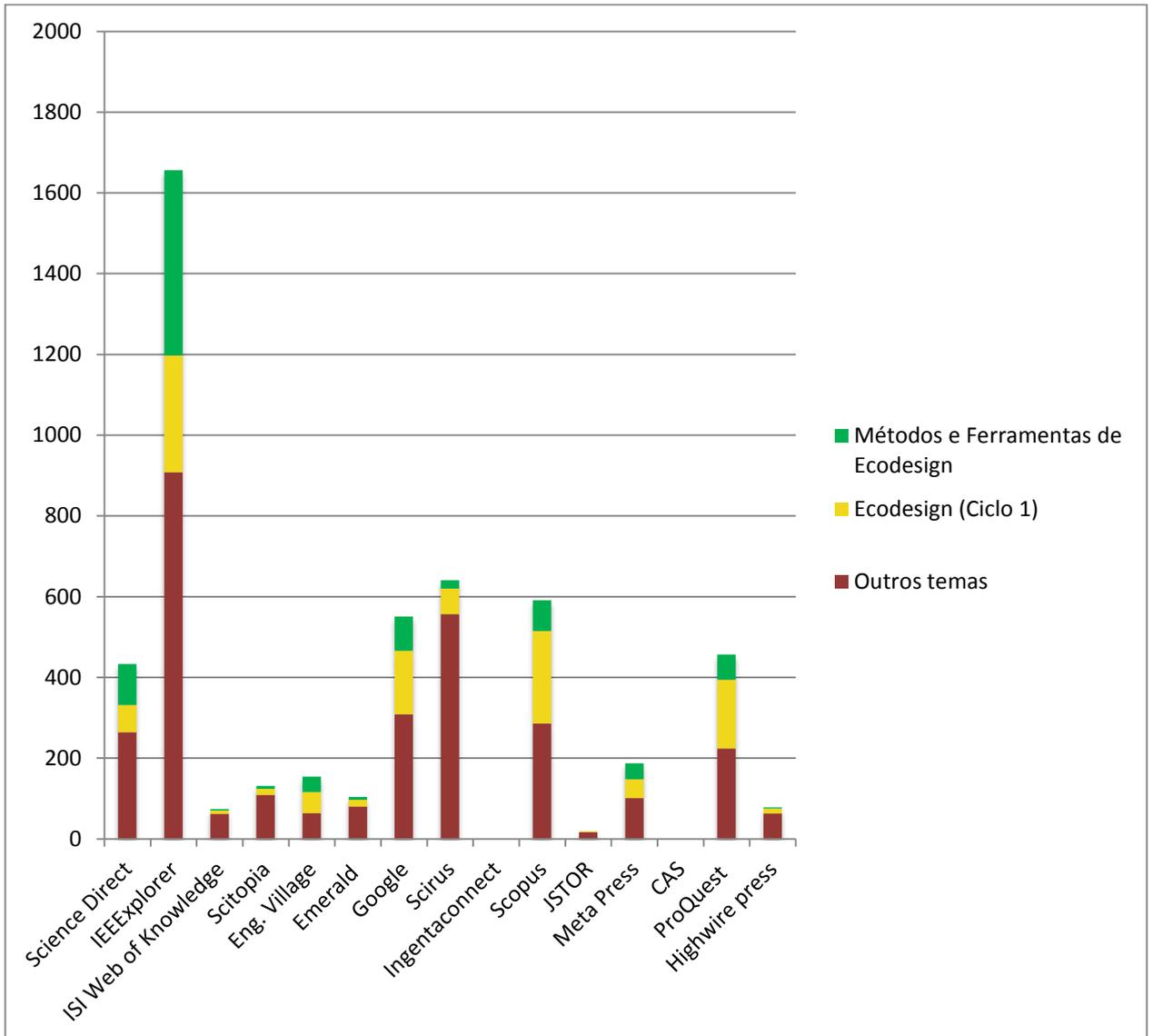


Figura 5- Divisão de estudos nas bases de dados (estudos versus bases de dados)

É possível observar na figura 5 que as bases de dados que forneceram a maior quantidade de estudos sobre ecodesign nesta pesquisa foram: *IEEE Explorer*, *Science Direct*, *Google*, *Scopus* e *ProQuest*. A maior quantidade de estudos de tema *ecodesign* e também de estudos abordando métodos/ferramentas de *ecodesign* encontra-se na base *IEEE Explorer* o que pode ser explicado pela maior disseminação desse tipo de abordagem de gestão na área de eletroeletrônicos especialmente motivada por diretivas tratando especificamente de aspectos do ciclo de vida de equipamentos eletroeletrônicos e consumidores de energia (diretivas europeias EUP, WEEE, RoHS). Outra possível explicação para o grande volume de resultados na base de dados *IEEE Explorer* é a grande quantidade de publicação em congressos e conferências presentes nessa base.

É importante ressaltar que existiu intersecção entre os grupos de estudos obtidos nas diferentes bases e esses estudos duplicados foram eliminados.

Avaliando as três bases de dados que mais geraram estudos contendo métodos e ferramentas de ecodesign os termos mais recorrentes para tratar do tema ecodesign são respectivamente: *design for environment*, *ecodesign* e *design for the environment*; de acordo com a figura 6. Como Observação o termo DfE está associado a muitas outras que não apenas o ecodesign e, por isso, não é sugerido como palavra-chave em novas pesquisas sobre ecodesign a serem realizadas.

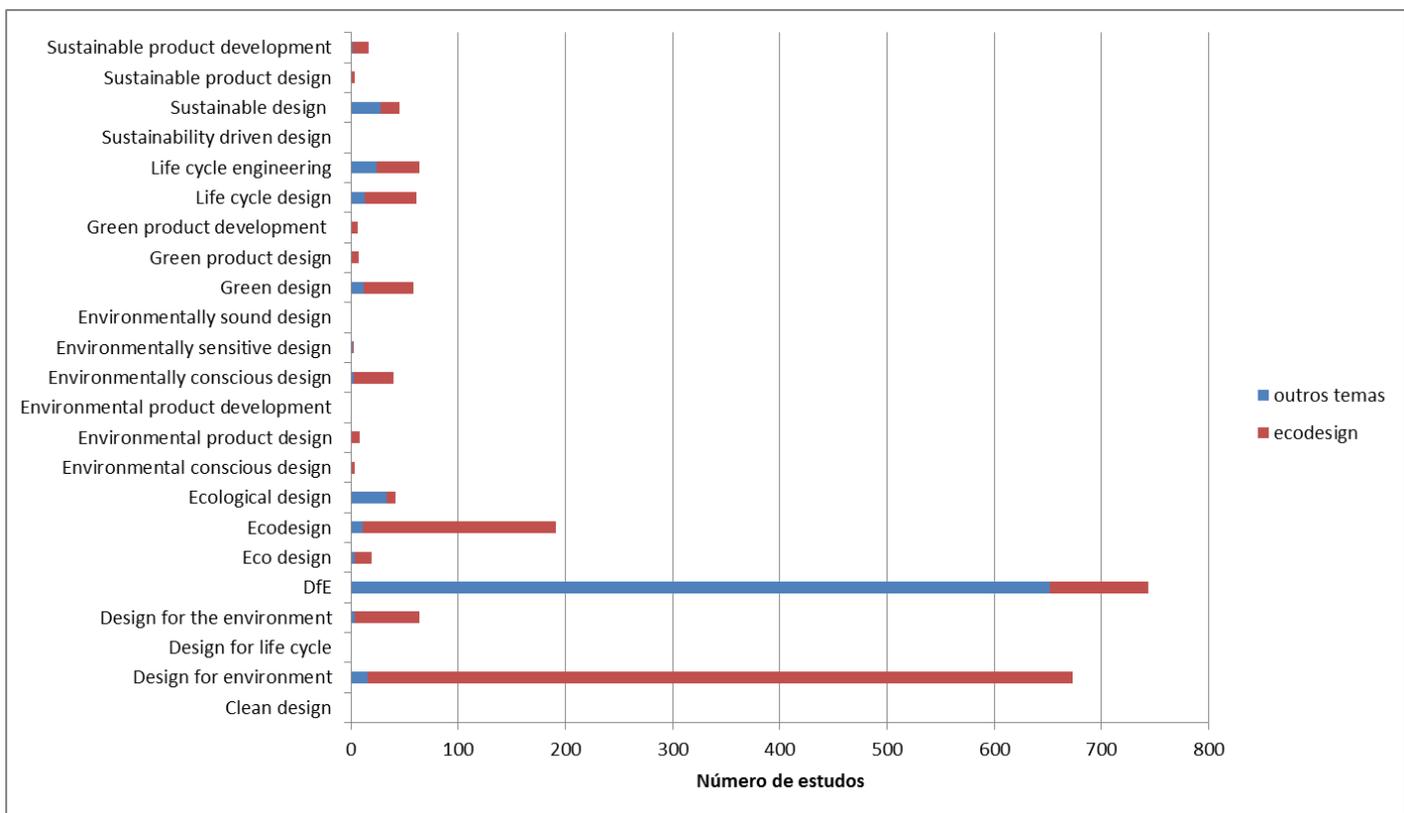


Figura 6- Termos mais usados para se referir a ecodesign em 3 bases de dados (palavras chave sinônimas de ecodesign versus ocorrências no campo palavras chave dos estudos que tratam de métodos e ferramentas de ecodesign)

A distribuição dos estudos que tratam de métodos/ferramentas de *ecodesign* nos principais periódicos e conferências é mostrada na figura 7, a partir da qual se observa que a base de dados que forneceu o maior número de estudos foi o *Journal of Cleaner Production*. Não apenas jornais têm grande representatividade, mas também anais de conferências como é o caso dos Anais da Instituição de Engenheiros Mecânicos (*Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*).

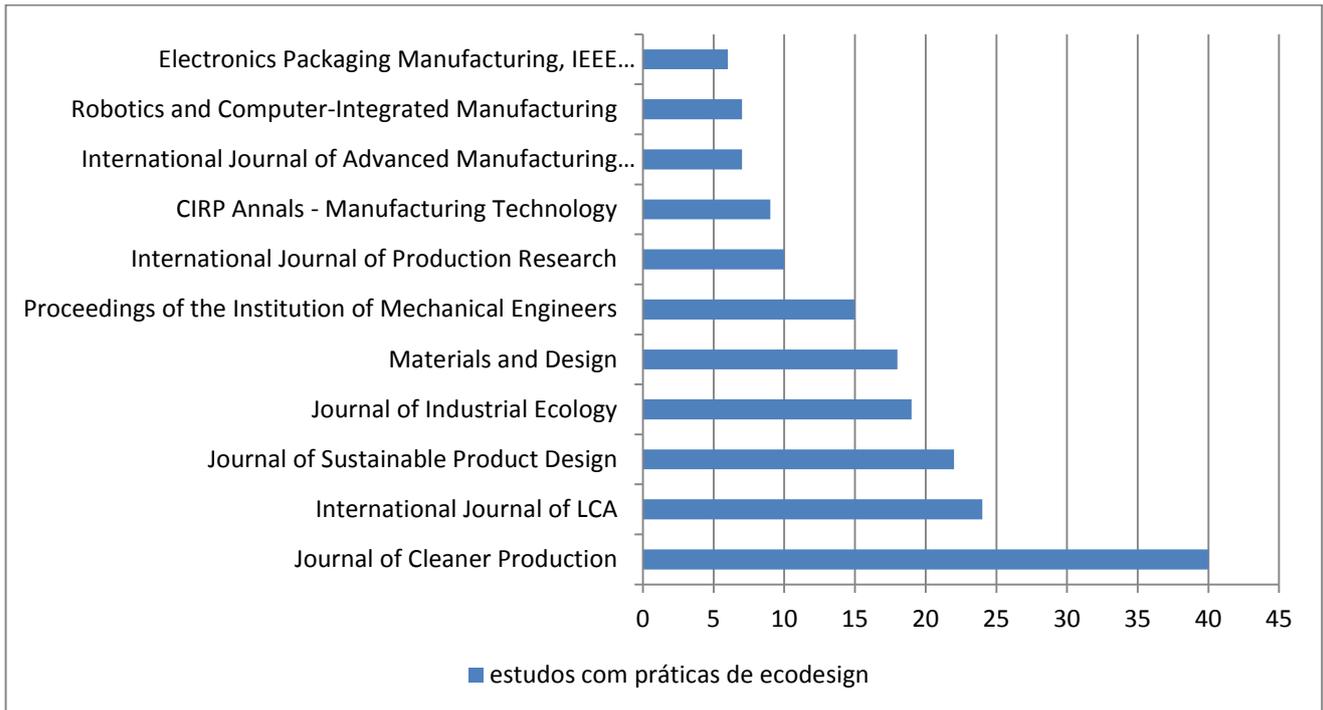


Figura 7-Principais periódicos e conferências de estudos com métodos/ferramentas de ecodesign (periódicos e conferências versus quantidade de estudos)

É necessário observar que a figura 7 trata apenas dos estudos cuja referência para citação fornecida pela base de dados de origem apresentava o campo “periódico” ou “conferência” preenchido.

5.1.4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A extração de informações, propriamente dita, aconteceu nessa etapa e envolveu o estabelecimento de critérios de classificação para que fossem obtidas as informações almejadas.

4. Extração de informações

Após a obtenção do banco de dados terciário acontece a extração de informações, ou seja, haverá o cadastro dos métodos e ferramentas de ecodesign de acordo com os critérios estabelecidos.

4.1. Definição do critério de extração de informações

As informações extraídas dos trabalhos relevantes devem caracterizar os métodos e ferramentas obtidos em relação a aspectos listados no formulário apresentado no item seguinte.

4.2. Estabelecimento de formulário de classificação

O formulário de cadastramento e classificação é estabelecido de modo coerente ao de Pigosso (2008) e alinhado ao propósito da presente pesquisa, dessa forma foram selecionados os seguintes critérios para classificação dos métodos e ferramentas do ecodesign:

- Natureza do objetivo principal do método/ferramenta (PIGOSSO, 2008)
 - Prescritiva: métodos/ferramentas que apresentam sugestões genéricas (oriundas de um conjunto pré-estabelecido de melhores práticas de redução de impactos ambientais) para a melhoria do desempenho ambiental de produtos considerando impactos ambientais recorrentes a produtos industriais;
 - Comparativa: métodos/ferramentas que visam comparar o desempenho ambiental de diferentes produtos, de diferentes conceitos ou de diferentes alternativas de projetos para um mesmo produto;
 - Analítica: métodos/ferramentas que visam identificar potenciais de melhorias no desempenho ambiental de produtos através da determinação de seus impactos ambientais. As categorias de impactos são pré-estabelecidas de acordo com o método/ferramenta.
- Formato de ferramenta utilizada pelo método/ferramenta (PIGOSSO, 2008)
 - Checklist: ferramenta utilizada para checar se um determinado parâmetro relacionado ao desempenho ambiental de um produto foi ou não considerado;
 - Guideline: ferramenta que oferece diretrizes gerais a serem seguidas durante o desenvolvimento de produtos para a melhoria de seu desempenho ambiental;
 - Matriz: ferramenta que contém uma escala pré-definida para a avaliação do desempenho ambiental de produtos através da relação entre dois aspectos relevantes;

- *Software*: ferramenta computacional utilizada para suportar a aplicação do método/ferramenta
 - Sistemas associados: sistemas que possam estar associados ao tipo de ferramenta *software*.
 - *Chart*: ferramenta que contém recursos gráficos para identificação de aspectos ambientais relevantes. Exemplo: diagrama para *brainstorming*.
 - Outro tipo: questão aberta para o caso de a prática apresentar mecanismo diferente das alternativas fornecidas
- Natureza do método/ferramenta: refere-se aos dados utilizados e produzidos pelos métodos/ferramentas.
- Quantitativa: com dados empíricos representados por valores numéricos. Exemplo: quantidade de alumínio utilizada no produto expressa em quilogramas (kg).
 - Qualitativa: com dados ou prescrições subjetivos.
 - Semi-quantitativa: com dados qualitativos expressos de forma quantitativa. Exemplo atribuição de valores referentes à importância de dado impacto ambiental. Esse dado corresponde na pesquisa de Pigosso (2008) a métodos/ferramentas de dados de entrada qualitativos e dados de saída quantitativos.
- Fases do ciclo de vida consideradas: questão de alternativas para identificação das fases do ciclo de vida do produto consideradas pelo método/ferramenta (PIGOSSO, 2008). As alternativas são:
- Extração da matéria-prima
 - Indústrias de base
 - Manufatura
 - Uso
 - Descarte
 - Reuso
 - Reciclagem

- Remanufatura
- Tratamento e disposição final
- Aspectos ambientais considerados: Elementos das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente (CONAMA, 2002).
 - Consumo de energia
 - Consumo de materiais
 - Resíduos sólidos
 - Emissões gasosas
 - Efluentes líquidos
 - Consumo de água
 - Substâncias tóxicas
 - Ruído
 - Vibração
 - Ondas eletromagnéticas
 - Odores
 - Gases do efeito estufa
 - Não especificado
 - Outros
- Nível de aplicação: critério que avalia o nível de maturidade do método/ferramenta em função do seu estado atual de aplicação (PIGOSSO, 2008):
 - Teórico: existem apenas estudos acadêmicos teóricos de desenvolvimento do método/ferramenta;
 - Experimental: o método/ferramenta foi aplicado em estudos de caso em caráter piloto em âmbito de pesquisa para validação do seu modelo teórico;
 - Consolidado: método/ferramenta já validado e aplicado regularmente no processo de desenvolvimento de produtos de empresas
- Questão “Possui método de avaliação de impacto ambiental?” de alternativas (PIGOSSO, 2008):
 - Sim;

- Não.
- Nível de detalhamento do método/ferramenta: nível de detalhamento obtido no estudo em questão (PIGOSSO, 2008):
 - Superficial: apenas informações gerais do método/ferramenta;
 - Sucinto: informações específicas do método/ferramentas, mas de maneira sucinta;
 - Completo: informações completas do método/ferramenta
- Objetivo do método/ferramenta: finalidade para qual foi desenvolvido o método/ferramenta no contexto de desenvolvimento de produtos.
- Setor: identifica o setor para o qual o método/ferramenta foi desenvolvido
 - EE (eletro-eletrônicos)
 - Todos
 - Não especificado
 - Automobilística/Automotiva
 - Outros

4.3. Execução da extração

Toda extração será feita com o auxílio de um formulário de classificação criado para este fim.

4.3.1. Extração de informações objetivas

Assumindo que as informações objetivas são aquelas que podem ser obtidas diretamente dos estudos, optou-se por dois tipos de informações objetivas para extração: informações de identificação de estudos e informações objetivas de classificação (BIOLCHINI *et al.*, 2005).

4.3.1.1 Informações objetivas de identificação de estudos

As informações de identificação dos métodos e ferramentas de ecodesign selecionados serão armazenadas no formato de citação bibliográfica utilizando um programa gerenciador de citações bibliográficas (JabRef).

- Nome do estudo: nome do estudo que cita informações sobre o referido método/ferramenta.
- Tag: Campo presente no cadastro do artigo no programa JabRef (formato bibtex) que é formado do ultimo sobrenome do primeiro autor mais o ano da publicação. Exemplo: Kobayashi2006.
- Nome da método/ferramenta: destinado ao nome do método/ferramenta.
- Sigla: Abreviatura do nome da método/ferramenta, caso ela possua.
- Link: adiciona *hiperlink* que direciona para o arquivo com o texto completo que contem o método/ferramenta.
- Resumo do método/ferramenta: campo destinado ao resumo do método/ferramenta tal qual entendido pelo pesquisador.

4.3.1.2 Informações objetivas de classificação

As informações objetivas usadas na classificação são os critérios utilizados para a classificação dos métodos e ferramentas de ecodesign: natureza do objetivo principal, tipo de ferramenta, natureza da ferramenta, fases do ciclo de vida consideradas, aspectos ambientais, nível de aplicação, presença de avaliação de impacto ambiental, nível de detalhamento, setor.

Os critérios apresentados no protocolo foram incorporados num formulário elaborado no Microsoft Access, mostrado na figura 8.

Formulário de classificação das práticas



Formulário de classificação dos métodos/ferramentas de ecodesign

Identificação:

Nome do artigo:

Tag:

Nome da prática:

Link: Sigla:

Resumo:

Natureza do objetivo principal:

Analítica Prescritiva Comparativa

Tipo de ferramenta utilizada:

Checklist Guideline Matriz Software Sistemas associados Chart Outro tipo:

Natureza da prática:

Qualitativa Quantitativa Semi-quantitativa

Fases do ciclo de vida consideradas:

Extração da matéria-prima Indústrias de base Reciclagem Manufatura Uso Reuso

Tratamento e disposição final Remanufatura Descarte Outros:

Aspectos ambientais considerados:

Consumo de energia Ondas eletromagnéticas Vibração Gases do efeito estufa Ruído

Consumo de materiais Emissões gasosas Efluentes líquidos Odores Calor

Consumo de água Substâncias tóxicas Resíduos sólidos Não especificado

Outros:

Nível de aplicação:

Teórico Experimental Consolidado

Possui método de avaliação de impacto ambiental?

Sim Não

Nível de detalhamento:

Superficial Sucinto Completo

Setor:

Todos EE (eletro-eletrônicos) Automobilística/Automotiva Não especificado

Outros:

Objetivo principal:

Referência a SMEs:

Figura 8-Formulário de revisão bibliográfica sistemática

Os dados cadastrados neste formulário foram exportados para uma planilha no Microsoft Excel e a partir desta construiu-se as análises dos dados cadastrados.

Foram identificadas 76 métodos/ferramentas de 106 cadastradas (considerando-se a repetição) a partir de 52 estudos. Os métodos/ferramentas e respectivas recorrências são mostrados na tabela 3 e um resumo de cada um é apresentado no apêndice A.

De acordo com a Tabela 3 é possível observar que a ferramenta de ecodesign mais recorrente é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (*Life Cycle Assessment*) que teve 20 ocorrências na classificação parcial dos métodos e ferramentas de ecodesign. É possível observar que além das 20 ocorrências o ACV está presente em outras ferramentas encontradas que são simplificações ou softwares como o caso da *LCA Inventory Tool*, um software de ACV. Muitas ferramentas são referenciadas por sua função por não terem recebido um nome específico.

Tabela 3- Métodos/Ferramentas classificadas e recorrências (em verde os já identificados por Pigozzo (2008))

ID	Métodos/Ferramentas	Recorrência
1	Life Cycle Assessment	20
2	Life Cycle Cost	5
3	The Ten Golden Rules	4
8	'Information/Inspiration'	2
4	Environmental design industrial template	2
5	LiDS wheel	2
6	Material, Energy and Toxicity matrix	2
9	"Checklists"	1
10	"Guidelines"	1
11	ABC-Analysis	1
12	ABCD-analysis	1
13	Assessment method for ecodesign improvement options using global warming and economic performance indicators	1
14	Bayesian decision networks to life cycle engineering (design and manufacturing)	1
15	Case based reasoning	1
16	Comparing tools Philips Fast Five Awareness	1
17	D4N	1
18	Design principles for ecological engineering	1
19	Disassemblability evaluation methodology	1
20	Disassembly precedence matrix	1
21	Disassembly sequence generation method	1
22	Dominance Matrix or Paired Comparison	1
23	Eco-compass	1
24	Ecodesign Checklist	1

25	Ecodesign Knowledge System	1
26	Eco-Design Tool	1
27	Eco-efficiency Parametric Screening	1
28	Eco-function matrix	1
29	Eco-indicator 95 method	1
30	Eco-innovative product design based on life cycle planning on life cycle planning	1
31	Econcept Spiderweb	1
32	Economical green product design based on simplified computer-aided product structure variation	1
33	ECO-optimal design of reuse and recycling network	1
34	Eco-roadmap	1
35	Emergy accounting	1
36	Emergy tool for Ecodesign	1
37	End Design Leading Sustainable Selection	1
38	End-of-Life Design Advisor	1
39	Environmental Design Industrial Template	1
40	Environmental design support tool	1
41	Environmental Objectives Deployment (EOD)	1
42	Environmentally Responsible Product Assessment Matrix	1
43	Factor-X	1
44	Funktionkosten	1
45	General methodology in Design for Environment based on entropy evaluation to generate a disassembly sequence	1
46	Ideal-eco-product approach	1
47	Integrated deteriorating inventory model with green-component life-cycle value design and remanufacturing	1
48	LCA inventory Tool®	1
49	Life cycle engineering methodology applied to material selection	1
50	Life cycle impact assessment method based on endpoint modeling	1
51	Life cycle planning	1
52	Material Flow Analysis	1
53	MECO	1
54	Method for sustainable product development based on a modular system of guiding questions	1
55	Method to assess the adaptability of products	1
56	Method to estimate recycling potential of materials from waste home appliances	1
57	Methodology of ecodesign for the development of more sustainable electro-electronic equipments	1
58	Morphological Box	1
59	Negotiation based collaborative tool for product design for component reuse	1

60	OneDFE	1
61	Philips STRETCH methodology	1
62	Prescribing tools Strategy List	1
63	producer and consumer-based eco-efficiencies for the identification of key ecodesign issues	1
64	Product Ideas Tree	1
65	Product life cycle planning	1
66	Product-based environmental management system	1
67	Quantitative Environmental Impact Analysis	1
68	Recovery Systems modeling & Indicators Calculation Leading to End-of-Life-conscious Design	1
69	RFM-based eco-efficiency analysis using Takagi-Sugeno fuzzy and AHP approach	1
70	Scatter search approach to the optimum disassembly sequence	1
71	Situation Based Approach	1
72	Systematic evaluation model based on analytical network process (ANP)	1
73	TRIZ	1
74	Volvo's Black List, Volvo's Grey List, Volvo's White List	1
75	Waste Input-Output hybrid LCA tool	1
76	Widget remanufacturing operation	1

O cadastro de métodos e ferramentas que ocorreu durante a revisão bibliográfica contem informações de 52 estudos da base Science Direct que foram em 76 métodos e ferramentas de ecodesign dos quais 15 já haviam sido identificados por Pigozzo (2008), estes se encontram destacados em verde na tabela 3. Essas informações podem ser sumarizadas nos critérios de classificação definidos no Protocolo de Revisão Sistemática conforme apresentado a seguir.

- Natureza do objetivo principal

As opções de natureza foram conforme descrito no Protocolo de Revisão Sistemática presente na seção 3.1, Analítica, Comparativa e Prescritiva, podendo ser escolhida mais de uma natureza por método/ferramenta, já que é possível que dado método/ferramenta ser não apenas analítico, mas também prescrever ações ou comparar alternativas. Na figura 9 as combinações de alternativas de natureza do objetivo principal são associadas a sua recorrência.

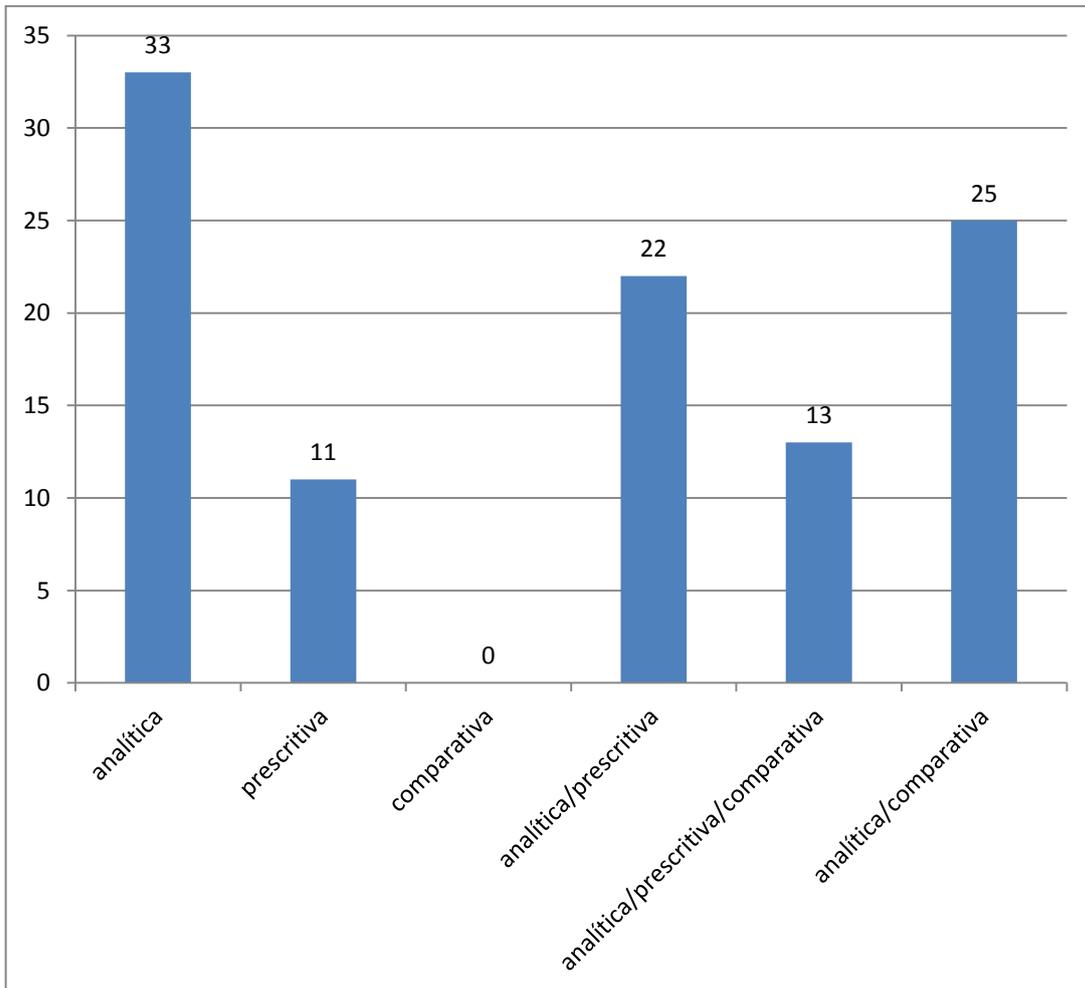


Figura 9- Natureza do objetivo principal

Os resultados presentes no gráfico mostram que as três maiores recorrências acontecem com a presença da natureza analítica. Portanto, nos métodos/ferramentas de *ecodesign* analisadas, predomina o foco na identificação de oportunidades de melhoria ambientais através de algum mecanismo de análise com dados quantitativos ou qualitativos de características do ciclo de vida de determinado produto. No trabalho de Pigosso (2008) 54% dos 120 métodos e ferramentas cadastrados apresentaram natureza do objetivo principal analítica enquanto o presente trabalho possui 88% dos estudos com natureza do objetivo principal analítica. A diferença possivelmente se encontra no fato de o banco de dados de estudos cadastrados ter origem em bases de dados diferentes daquelas do trabalho de Pigosso (2008) e ter se restringido a apenas uma base de dados no presente trabalho.

- Formato da ferramenta utilizada

Na figura 10, que mostra o formato de ferramenta por recorrência, há predomínio de matrizes (51%), e em segundo lugar de *guidelines* (21%). As proporções na pesquisa de Pigosso (2008) foram de 37% de matrizes (maior valor) e 32% de *guidelines* (segundo maior valor), o que mostra que mesmo as proporções tendo variado pela diferença na pesquisa realizada por cada autor é comum a predominância de matrizes e *guidelines*.

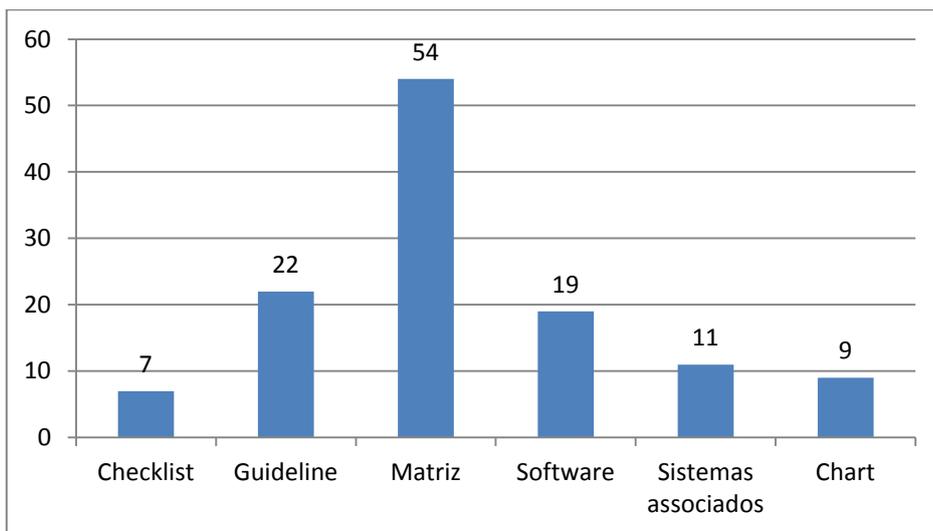


Figura 10-Formato de método/ferramenta

- Natureza do método/ferramenta

Esse critério, mostrado com sua recorrência na figura 11, indica o predomínio de natureza quantitativa dos métodos/ferramentas analisados. Na pesquisa de Pigosso (2008) foi feita a análise da natureza dos dados de entrada e saída de cada método/ferramenta, portanto a comparação dos resultados deve ser cuidadosa. Foi obtido pela autora predomínio de dados de saída quantitativos e equilíbrio entre os dados de entrada quantitativos e qualitativos. O referido predomínio de dados de saída quantitativos pode ser comparado à natureza mais quantitativa dos métodos/ferramentas obtidos neste trabalho, 46%.

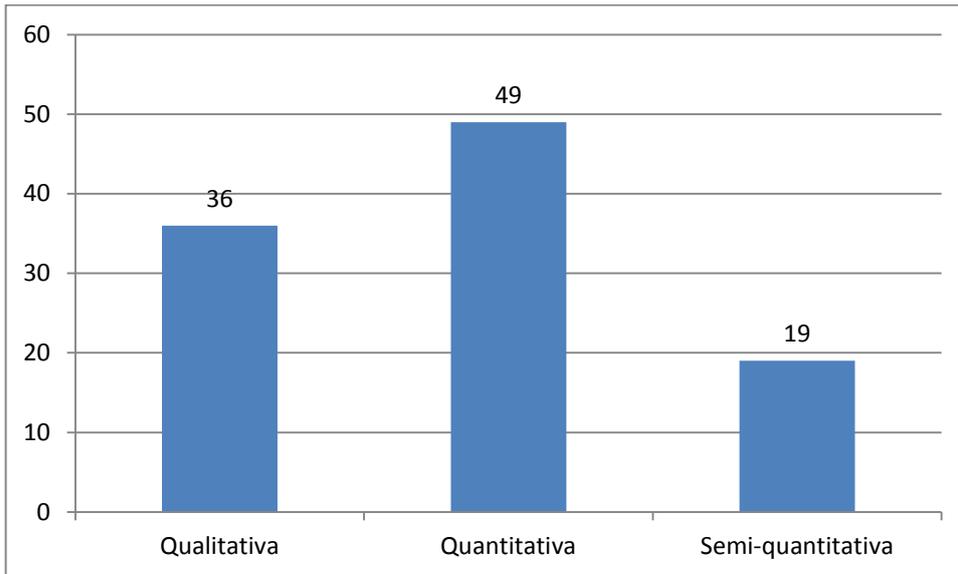


Figura 11-Natureza do método/ferramenta

- Fases do ciclo de vida consideradas

A distribuição da recorrência de abordagem das fases do ciclo de vida do produto está na figura 12.

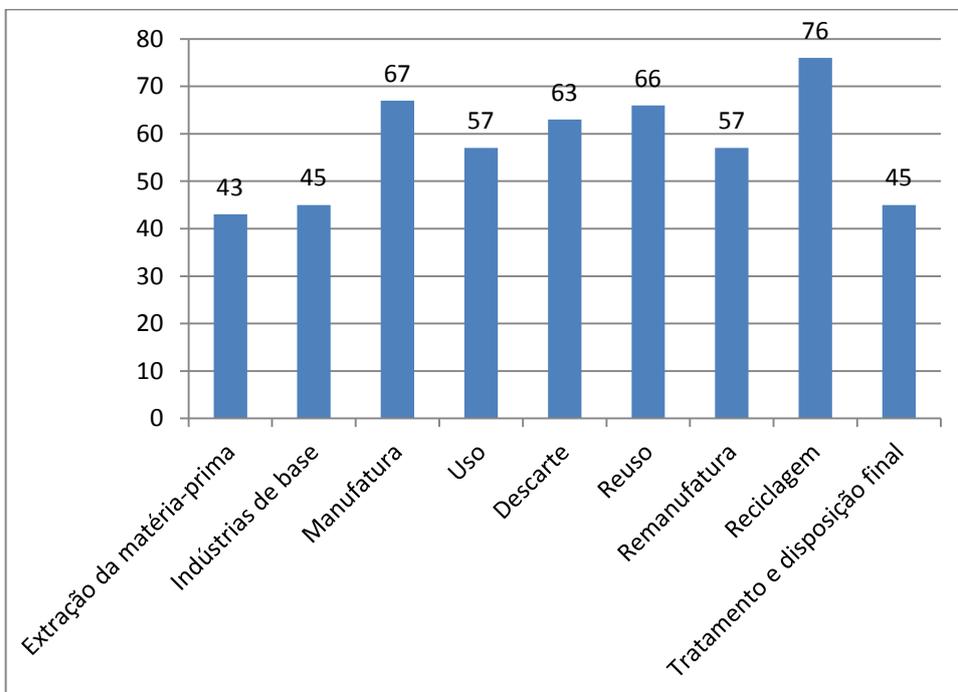


Figura 12-Fases do ciclo de vida

As maiores recorrências são de abordagem da fase de manufatura e das alternativas: reciclagem, reuso, descarte e remanufatura, o que sugere que os

métodos/ferramentas de *ecodesign* classificados apresentam foco predominante na manufatura e fim de vida dos produtos. Pigosso (2008) obteve maiores recorrências nas fases de uso (10%), fim de vida (15%) e “todas” (40%). Fim de vida pode ser traduzido em descarte, reciclagem, reuso e remanufatura fases que tiveram grande recorrência no atual trabalho. A fase do ciclo de vida “uso” também apresentou grande recorrência, porém não foi predominante, o que pode estar relacionado à diferença nas abrangências dos estudos classificados pelos dois trabalhos em relação às bases de dados que tiveram estudos classificados.

- Aspectos ambientais considerados

Os principais aspectos ambientais considerados pelos estudos que forneciam essa informação, segundo a figura 13, foram consumo de energia (34%), consumo de materiais (30%) e substâncias tóxicas (27%). No trabalho de Pigosso (2008) os aspectos ambientais mais recorrentes foram também consumo de materiais (62%) e energia (51%). A diferença dos valores pode ser justificada pela diferença no fornecimento de informações dos estudos cadastrados em cada trabalho.

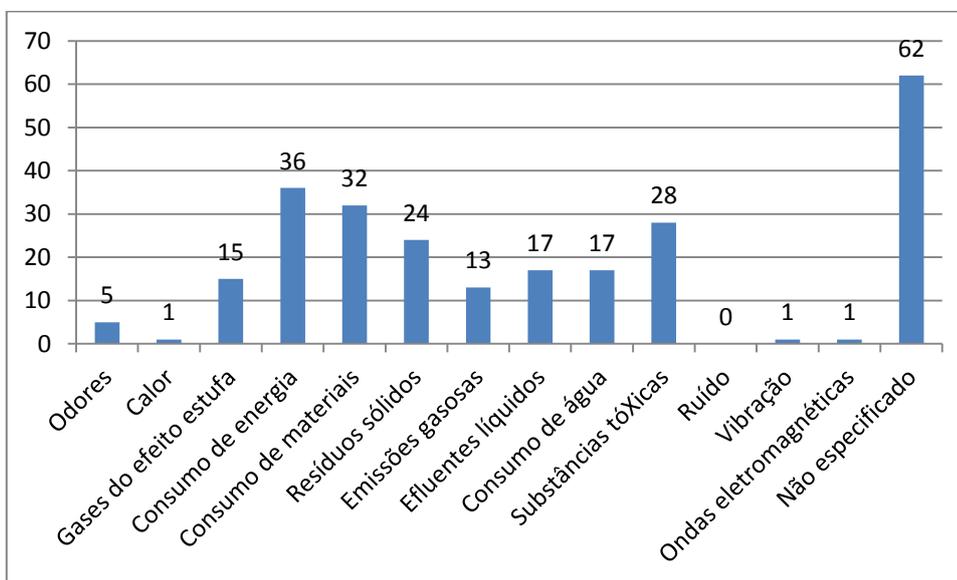


Figura 13-Aspectos ambientais considerados

- Nível de aplicação

Foi observado, através do gráfico da figura 14, um equilíbrio entre aplicações teóricas (40%) e experimentais (40%) dos métodos/ferramentas classificados. No

trabalho de Pigosso (2008), houve predomínio de aplicação teórica dos métodos/ferramentas, 51%.

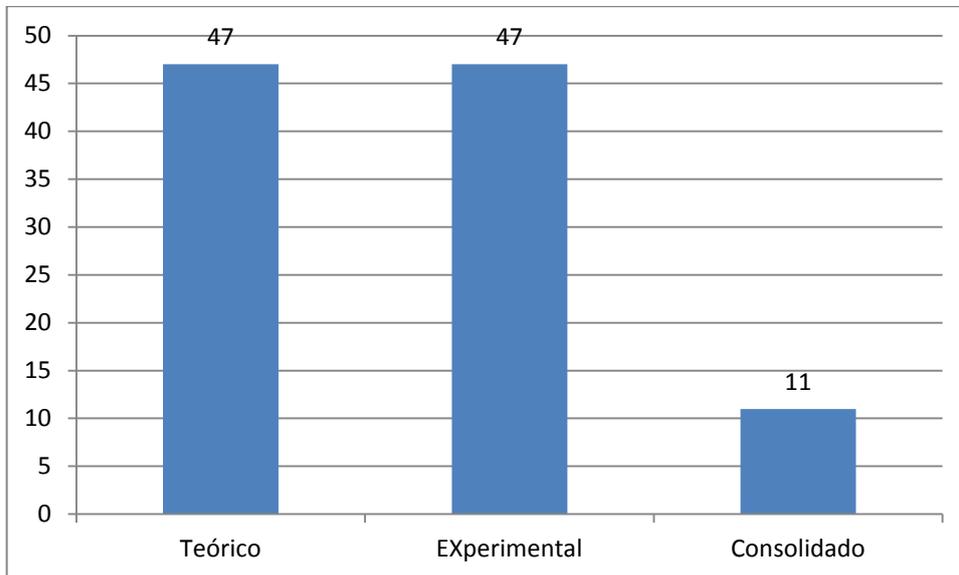


Figura 14-Nível de aplicação

- Questão “Possui método de avaliação de impacto ambiental?”

Através da figura 15 se observa o predomínio de métodos/ferramentas sem avaliação dos impactos ambientais o que também é verdade no trabalho de Pigosso (2008). Mesmo sendo a maioria dos métodos analíticos não é inclusa na análise a avaliação dos impactos ambientais.

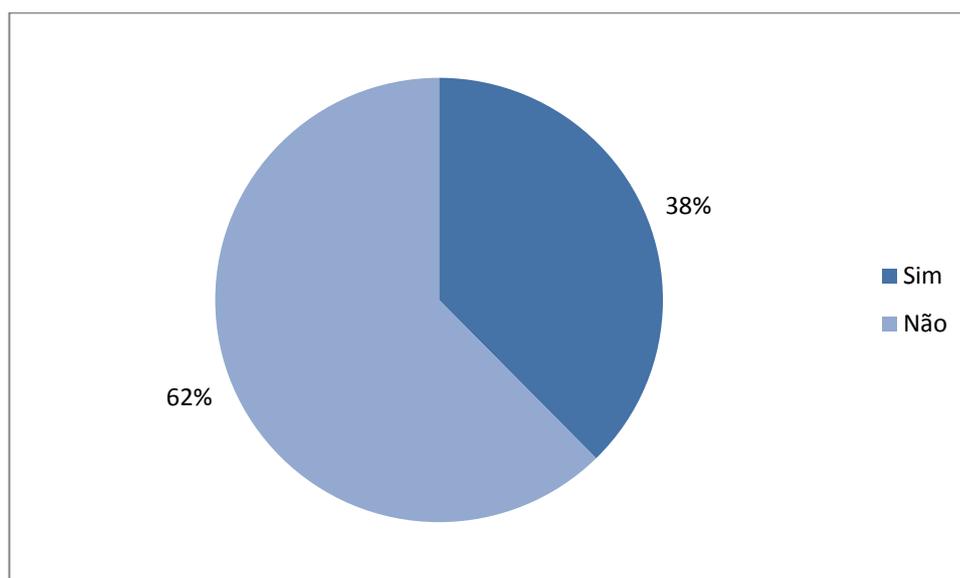


Figura 15-Questão "Possui método de avaliação de impacto ambiental?"

- Nível de detalhamento do método/ferramenta

Para o critério nível de detalhamento (figura 16) foi observado que 52% das ferramentas de *ecodesign* apresentaram detalhamento sucinto, como visto no gráfico, valor muito semelhante ao encontrado por Pigosso (2008), 50%. Os demais valores obtidos pela autora para esse critério de nível de detalhamento foram: 23% de superficial e 13% completo. A diferença pode ser justificada pelo fato de o presente trabalho não ter concluído a classificação das ferramentas provenientes das diferentes bases de dados.

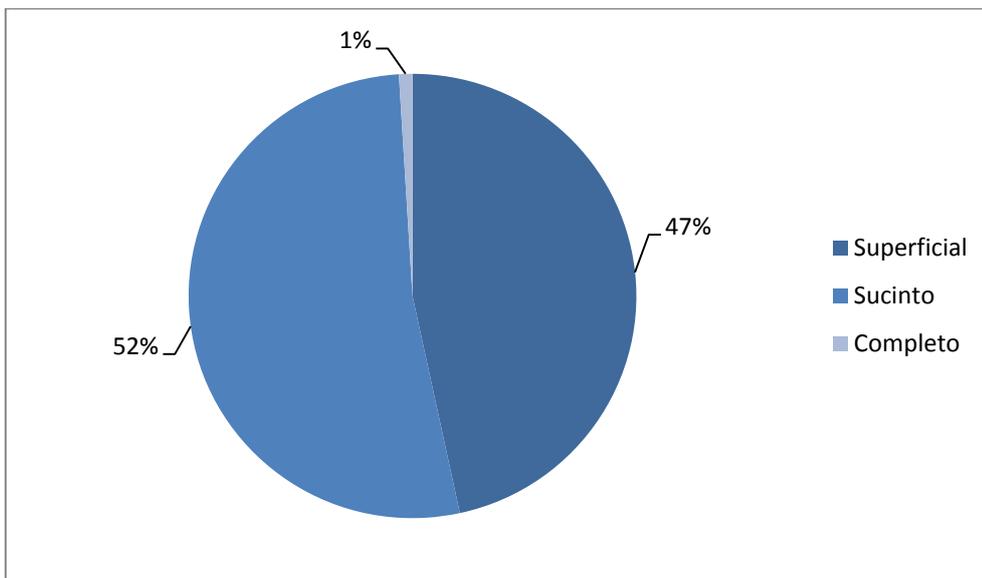


Figura 16-Nível de detalhamento do método/ferramenta

- Setor

Setor (figura 17) foi um critério obtido na classificação de Pigosso (2008) que por sugestão da autora foi transformado em questão de alternativas com eletroeletrônicos como uma das opções, uma vez que foi esse o setor que mais forneceu métodos/ferramentas segundo os dados de seu estudo. No presente trabalho os dois setores somam 29% dos estudos classificados, como visto no gráfico, o que representa 82% dos trabalhos que especificaram essa informação.

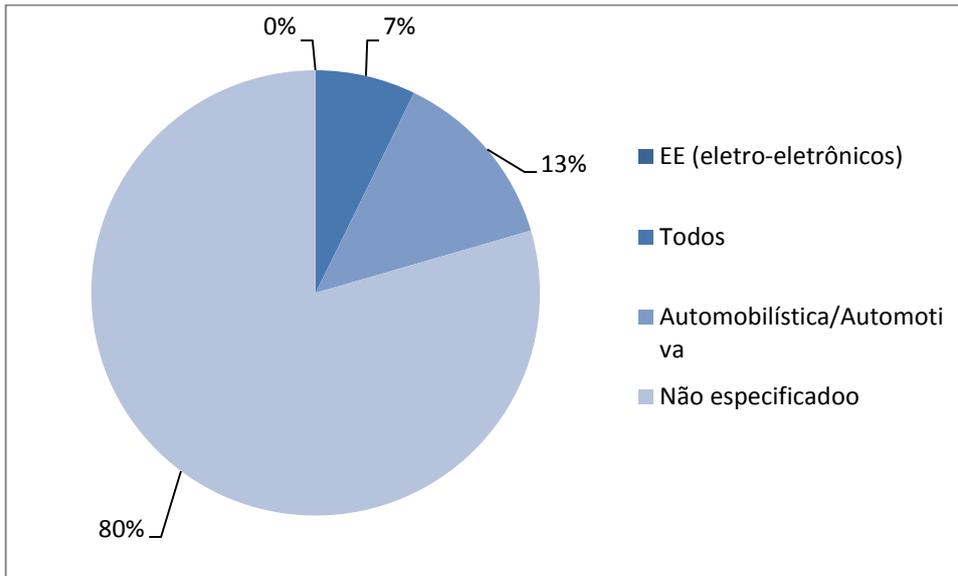


Figura 17-Setores de desenvolvimento dos métodos/ferramentas

5.1.5 CONCLUSÃO E APRESENTAÇÃO

A última etapa da revisão bibliográfica é endereçada pelo último item do Protocolo de Revisão sistemática mostrado a seguir.

5. Sumarização das informações

A sumarização deve se basear nas informações extraídas, e a disposição dos dados e respectivas análises devem ser feitas primeiramente visando atender ao foco da questão previamente estabelecido. E em seguida deve-se fornecer material científico à comunidade a qual os resultados da pesquisa se aplicam. Dessa forma, a disposição das informações e suas análises poderão acontecer por meio de tabelas, gráficos e textos analíticos.

5.2 SELEÇÃO DE FERRAMENTAS PARA ELABORAÇÃO DE ROTEIROS

Os métodos e ferramentas que tiveram seus roteiros elaborados foram escolhidos em conjunto com os orientadores com base no estudo de Pigosso (2008) e Guelere Filho (2009), que trataram da integração de métodos e ferramentas de ecodesign ao modelo de referência para desenvolvimento de produtos (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Os métodos que tiveram roteiros elaborados são parte do conjunto de métodos e ferramentas que foram integrados ao modelo de referência pelos autores e foram considerados apropriados para disseminação entre pequenas e médias empresas, segundo os critérios descritos na seção 4.2 da metodologia.

Dessa forma, foram selecionadas três ferramentas de ecodesign:

- Matriz Eco-funcional (Eco function Matrix) (LAGERSTEDT, 2003),
- Matriz de DfE (DfE Matrix) (YARWOOD e EAGAN) e
- Análise de Efeito Ambiental (Environmental Effect Analysis) (LINDAHL, 2001).

Tabela 4 - Classificação dos métodos/ferramentas selecionados em função dos critérios de classificação (PIGOSSO, 2008)

	DfE Matrix	AEA	LCA	QFDE	Ecobenchmarking	Eco-Function Matrix	Ten Golden Rules
Natureza do Objetivo Principal	Comparativa	Analítica	Analítica e Comparativa	Analítica e Comparativa	Prescritiva e Comparativa	Comparativa	Prescritiva
Tipo de Ferramenta	Matrizes e Guidelines	Matrizes e Guidelines	Matrizes e Softwares (uso opcional)	Matrizes	Matrizes e Guidelines	Checklists, Guidelines e Matrizes	Guidelines
Dados de Entrada	Qualitativo e Quantitativo	Qualitativo	Quantitativo	Qualitativo e Quantitativo	Qualitativo e Quantitativo	Qualitativo e Quantitativo	Qualitativo
Dados de Saída	Quantitativo	Qualitativo	Quantitativo	Qualitativo e Quantitativo	Qualitativo e Quantitativo	Quantitativo	Qualitativo
Tempo Demandado para Uso	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Alto	Alto	Baixo
Custo para Aplicação	Baixo	Baixo	Alto	Baixo	Baixo ou Alto	Baixo	Baixo
Grau de Especialização do Usuário	Baixo	Alta	Alto	Alto	Alto	Baixo	Baixo
Nível de Maturidade	Case	Teórico	Aplicação	Case	Case	Case	Aplicação
Nível de Detalhamento	Completo	Completo	Completo	Completo	Completo	Completo	Completo
Fases do Ciclo de Vida Consideradas	Todas	Todas	Todas	De acordo com o objetivo, nenhuma em especial	Não especificado	Todas	Produção, transporte, uso, fim de vida
Origem	Ecodesign	PDP	Ecodesign	PDP	PDP	Ecodesign	Ecodesign
Método de Avaliação Ambiental	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não

A tabela 4 mostra que as ferramentas escolhidas apresentam baixo custo, consideram todas as fases do ciclo de vida. Especialmente as duas matrizes requerem baixo nível de especialização do usuário e permitem a comparação entre produtos e alternativas de design. Além disso as três ferramentas também cumprem satisfatoriamente os requisitos das pequenas e médias empresas identificados na revisão bibliográfica seção 3.2.

É importante destacar que apenas a Matriz Ecofuncional entra-se na tabela 3 dos métodos cadastrados, pois foi a única das 3 ferramentas selecionadas que se encontrava nos 52 estudos cadastrados do total de 902. Porém todas as outras ferramentas possuíam estudos relacionados dentro do banco de dados de 2032 estudos sobre ecodesign.

As três ferramentas são usadas no início do desenvolvimento de produtos, podem ser preenchidas em equipe e apresentam de alguma forma um preenchimento numérico em seu interior. A estes números usados nas ferramentas chamamos de classificação semi-quantitativa do desempenho ambiental, porque parte-se de uma pergunta subjetiva e escolhe-se um valor, que funcionará como uma nota para o atributo analisado.

Ao se observar como as três ferramentas realizam a identificação dos impactos ambientais, constata-se que tanto a Matriz Ecofuncional quanto a Matriz de DfE fornecem questionários com opções previamente definidas, a partir das quais seus autores esperam padronizar as respostas dos usuários e de alguma forma prever o bom uso da ferramenta. Esse fato confere mais flexibilidade na aplicação da ferramenta no sentido de que o suporte dado ao usuário diminui a dependência de pesquisa e conhecimento específico sobre o meio ambiente. Em outras palavras os autores das matrizes fornecem seu conhecimento sobre impactos ambientais nas alternativas dos questionários diminuindo a necessidade de alto grau de conhecimento desse assunto pela equipe ou até mesmo dispensando a presença de um especialista em meio ambiente. Entretanto, a existência de questionário também pode ser vista como redução de flexibilidade tanto pelas alternativas quanto pelas questões não condizerem com a realidade da empresa, daí a necessidade de adaptação contextual da ferramenta apontada por seus autores (YARWOOD e EAGAN).

Na análise de efeito ambiental, por sua vez, todo o conhecimento sobre o meio ambiente é confiado ao “especialista do meio ambiente” escalado na equipe.

Nenhuma das ferramentas explicitamente descentraliza a responsabilidade pela análise do desempenho ambiental, porém após o preenchimento a equipe é convidada a interpretar e fazer uso dos resultados presentes nas três ferramentas, o que torna possível a discussão e a consideração dos diferentes pontos de vista e conhecimentos específicos.

É importante destacar que existe a oportunidade de uso combinado dessas três ferramentas no contexto do PDP já que cada uma se integra a momentos diferentes onde existem diferentes disponibilidades de informações (PIGOSSO, 2008). Uma combinação possível seria:

- Uso da ferramenta Matriz Ecofuncional para levantamento de áreas críticas de melhoria durante o projeto conceitual seguida pela aplicação da Matriz de DfE no projeto detalhado. Também seria possível um uso transversal da ferramenta Análise de Efeito Ambiental, ou seja, em várias etapas do desenvolvimento de produtos, no qual poderiam ser registradas e acompanhadas as ações em todas as fases do ciclo de vida e aspectos ambientais conforme previamente definidos durante a aplicação da Matriz de DfE.

A princípio as três ferramentas são vantajosas para pequenas e médias empresas, uma vez que são simples, não demandam dados de alta complexidade e podem ser aplicadas no início do desenvolvimento, prevenindo impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos, podendo inclusive gerar vantagens econômicas, por exemplo, se diminuem os gastos com o gerenciamento de resíduos.

Sendo o desenvolvimento de produtos nas médias e pequenas empresas mais informal, onde um funcionário desempenha várias funções existe a possibilidade de resposta bem ágil às necessidades de melhorias levantadas por uma ferramenta de ecodesign (LINDAHL *et al.*, 2003). No entanto muitas empresas com esse porte consideram que o uso de métodos e ferramentas de ecodesign aumentaria a burocracia do desenvolvimento de produtos. Dessa forma, a disponibilização de roteiros de ferramentas simples com pequena demanda de tempo e que utilizam dados de menor complexidade é uma tentativa de quebrar esse paradigma.

5.3 ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ROTEIROS DE APLICACAO DOS METODOS E FERRAMENTAS DE ECODESIGN

Esta seção apresenta os roteiros de aplicação elaborados para as ferramentas selecionadas. Os roteiros são acompanhados por materiais complementares presentes nos apêndices deste trabalho

Cada um dos roteiros é dividido nas seguintes partes:

- Resultados esperados: Esse campo descreve brevemente a ferramenta e o que o usuário pode obter com ela, desse modo é possível inferir se esta atende as necessidades da empresa.
- Informações e padrões necessários: Essa parte do roteiro agrega descrições dos elementos que compõem a ferramenta e visa dar uma noção básica sobre sua estrutura.
- Passo a passo: Ordena de forma lógica em uma sequência linear a estrutura para uso da ferramenta.
- Recomendações para aplicação: Depois de conhecidos os possíveis resultados, a ferramenta e o seu processo de aplicação, são feitas algumas recomendações gerais ou destinadas a um passo específico. Essas recomendações tem o objetivo de facilitar a aplicação da ferramenta e se antecipa a algumas possíveis dúvidas que possam surgir durante a leitura do roteiro.

Durante o desenvolvimento destes roteiros, buscou-se utilizar o conhecimento previamente acumulado na revisão sistemática para dar suporte à elaboração não apenas dos roteiros, mas também de todo o material complementar.

Dessa forma para cada uma das ferramentas que tiveram roteiros elaborados foi feita um busca no banco de dados de 902 estudos de métodos e ferramentas de ecodesign para rastrear toda a literatura a respeito das ferramentas.

Os tipos de material complementar elaborado são:

- Dicas: Material elaborado para uma das ferramentas especificamente para esclarecer dúvidas geradas na sua aplicação.
- Questionário: Traz as perguntas para uso das ferramentas. Para o caso da matriz Eco Funcional foram criadas dentro do questionário explicações das perguntas para auxiliar os usuários durante o seu preenchimento

- Caso de aplicação: Quando encontrado na literatura um caso de aplicação da ferramenta este foi traduzido e disponibilizado para que os usuários tivessem referências práticas e pudessem esclarecer dúvidas.

A seguir são apresentados todos os roteiros elaborados.

5.3.1 MATRIZ ECOFUNCIONAL

Através dessa ferramenta é possível relacionar o perfil ambiental do produto e suas características funcionais. A ferramenta utiliza questionários para permitir o preenchimento de uma matriz que mostrará ao fim do procedimento quais são as áreas mais frágeis do produto tanto do ponto de vista do desempenho ambiental quanto dos aspectos funcionais, como ergonomia. A ferramenta Matriz Ecofuncional foi desenvolvida na pesquisa de doutorado de Lagerstedt (2003). No banco de dados da revisão sistemática foi encontrado apenas um artigo da própria autora descrevendo a ferramenta e seu uso (LAGERSTEDT, LUTTROPP e LINDFORS, 2003).

A figura 18 mostra a matriz, que traz tanto nas linhas quanto nas colunas os mesmos itens, sendo os primeiros (A-H) relacionados ao perfil funcional, e os últimos (K-R) relacionados ao perfil ambiental. Em seguida o roteiro de uso da ferramenta é apresentado, porém de acordo com a avaliação feita foram necessários materiais complementares, descritos a seguir.

- Questionário para a Matriz Ecofuncional – Apêndice B: Foi adaptado de Lagerstedt (2003) e traz as perguntas para preenchimento da matriz. Foram adicionadas a este questionário explicações sobre as questões para auxílio dos usuários conforme sugerido na avaliação.
- Dicas para análise das relações da Matriz Ecofuncional – Apêndice C: Apresenta relações entre perfil ambiental e funcional para auxiliar o preenchimento do questionário. Este material foi adaptado da tese de Lagerstedt (2003).
- Caso de aplicação da Matriz Ecofuncional- Apêndice D: Também foi uma resposta a avaliação e traz um caso adaptado da tese de Lagerstedt (2003) para referência dos usuários durante a aplicação da ferramenta.

PRODUTO: (Nome) Usuário: (por quem o produto é manuseado?) Função: (que papel o produto exerce para o usuário?)	Respostas	A)Vida Útil	B)Tempo de uso	C)Confiabilidade	D)Segurança	E)Homem-máquina	F)Preço	G)Flexibilidade técnica	H)Demanda ambiental	K)Número de produtos	L)Massa	M)Número de materiais	N)Mistura de materiais	O)Materiais raros	P)Materiais tóxicos	Q)Consumo de energia	R)Fontes de energia
Respostas																	
A)Vida Útil		■															
B)Tempo de uso			■														
C)Confiabilidade				■													
D)Segurança					■												
E)Homem-máquina						■											
F)Preço							■										
G)Flexibilidade técnica								■									
H)Demanda ambiental									■								
K)Número de produtos										■							
L)Massa											■						
M)Número de materiais												■					
N)Mistura de materiais													■				
O)Materiais raros														■			
P)Materiais tóxicos															■		
Q)Consumo de energia																■	
R)Fontes de energia																	■

Figura 18- Matriz Eco-Funcional

Roteiro	<i>Matriz Ecofuncional - Ecofunctional matrix</i>	
---------	---	---

Resultados Esperados	Identificação das principais correlações entre aspectos funcionais (exemplo: vida útil e tempo de uso) e aspectos ambientais (Exemplo: número de materiais e materiais tóxicos) do produto em desenvolvimento para o estabelecimento de pontos de maior interesse para redução dos impactos ambientais dos produtos, mantendo a funcionalidade requerida.	
Atenção: Leia atentamente o roteiro antes de proceder ao preenchimento da matriz		
Informações e Padrões Necessários	Título	Descrição
	Questionário	Consiste de 16 questões: 8 para definição de um perfil ambiental, 8 para definição de um perfil funcional. As respostas são dadas atribuindo-se

	valores de 1 a 10, de acordo com uma escala pré-definida e explicada no questionário.
Matriz	<p>A matriz contém áreas, indicadas em amarelo, para o preenchimento dos valores atribuídos a cada questão dos perfis ambiental e funcional, que são, no interior da matriz, inter-relacionadas entre si para verificação de correlações, que através dos valores atribuídos a cada questão serão consideradas mínimas, significativas ou dominantes, direcionando a ação.</p> <p>Nesse momento abra o arquivo contendo a matriz para observação.</p>  <p>Cada correlação de aspectos estará contida em uma região específica da matriz, que pode ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Região 1: correlações de critérios do perfil funcional; - Região 2: correlação dos critérios do perfil funcional com o perfil ambiental; - Região 3: correlações de critérios do perfil ambiental.
<p>Antes de prosseguir com o estudo do roteiro leia atentamente o questionário para se familiarizar com seu conteúdo.</p>	
Passo a passo	1. Preenchimento do cabeçalho da matriz: Determinação de informações básicas sobre o produto que devem orientar o preenchimento do questionário.

	<p>1.1 No campo superior esquerdo da matriz, preencher o nome do produto.</p>
	<p>1.2 No mesmo campo da matriz, definir o usuário, indicando não quem irá adquirir o produto, mas sim quem irá solicitar o desempenho de sua função.</p>
	<p>1.3 Ainda no cabeçalho, definir a função do produto: finalidade para a qual o produto estudado se destina, ou seja, a característica de desempenho do produto (ABNT, 2004).</p>
	<p>2. Preenchimento do questionário.</p> <p>Cada questão deve ser respondida com um número inteiro de 0 a 10. Após o enunciado existe uma explicação do conteúdo da questão e orientação para decisão do valor a ser atribuído. A orientação visa esclarecer o significado da resposta a ser escolhida e é feita por faixas de valores (Exemplo: 0 a 3) ou em cada um dos 10 valores possíveis. A atribuição de notas tem a finalidade de estabelecer se o aspecto relacionado é mínimo (0 a 3), significante (4 a 6) ou dominante (7 a 10).</p>
	<p>3. Preenchimento da matriz.</p>
	<p>3.1 Na matriz escreva a pontuação referente à resposta escolhida para cada uma das questões nas regiões indicadas em amarelo. Assim os valores numéricos a serem relacionados poderão ser visualizados na matriz.</p>
	<p>3.2 Observando os campos em branco no interior da matriz, que relacionam dois critérios, responder “estes dois critérios são correlacionados?”. Caso a resposta seja afirmativa marcar um X no campo, indicando uma relação de primeira ordem. (Exemplo: uma garrafa de vidro não tem o aspecto peso relacionado ao número de materiais, porém para um carro essa relação é verdadeira)</p>
	<p>3.3 Deve-se substituir o X por C em dois casos: 1) os</p>

dois parâmetros relacionados pontuaram acima de 5; 2) A relação dos dois parâmetros é considerada muito relevante sem necessariamente os parâmetros terem pontuado acima de 5. Caso haja uma equipe essa decisão necessita de discussão e consenso. (Exemplo: em alguns eletroeletrônicos a grande mistura de matérias, pontuada acima de 5, pode ser relacionada fortemente com a demanda ambiental que nesses produtos nem sempre é alta, pontuada abaixo de 5)

3.4 Se dois pontos críticos (C), vizinhos ou não, forem correlacionados estes devem ser circulados para uma análise mais detalhada. A essas correlações de pontos críticos (C) chamamos de áreas críticas. Essas áreas funcionam como regiões que unem aspectos relacionados, ou pontos críticos (C). Nas áreas críticas características serão repetidas ou as características diferentes determinadas por dois pontos críticos serão claramente relacionadas,

(Exemplo1: em um caminhão de grande porte vários pontos críticos estarão relacionados com a característica massa gerando uma área crítica que liga massa a outros aspectos.

Exemplo2: também em um caminhão dois pontos críticos podem ser relacionados: C1= massa + eficiência energética; C2= eficiência energética + confiabilidade. Na relação de C1 e C2 temos: a massa de um caminhão é relacionada com a eficiência energética uma vez que mais combustível é gasto quanto

			X	
		C		
		C		
C			X	
			X	
			X	
X	X	X	X	X
			C	

mais pesado é o veículo; o transporte da carga é relacionado com o maior ou menor consumo de combustível. Por fim a relação “massa - gasto de combustível” se liga de várias maneiras à relação “transporte efetivo da carga – gasto de combustível”, como por exemplo, a maior massa promove maior

	gasto de combustível e altera a capacidade de transportar carga por maior ou menores distancias considerando o mesmo gasto de combustível.)	
	4. Análise das áreas críticas da matriz A matriz já preenchida permite a representação das relações do perfil ambiental e funcional de forma visual, permitindo o planejamento e a identificação de áreas para discussão durante as primeiras fases do desenvolvimento de produtos. A seguir são dados suporte para interpretação da matriz.	
	4.1	Ler o arquivo "Dicas para entendimento das áreas críticas".
	4.2	Para a área crítica focada, responda: "Quais as características recorrentes desse agrupado de marcações Cs vizinhas?" ou "Qual a característica de destaque para aquele agrupamento de Cs distantes?".
	4.3	Qual é o conjunto de características que podem ser atribuídas ao produto a partir das áreas críticas identificadas? (ex: grande mistura de materiais associada à curta vida útil e presença de materiais tóxicos).
Recomendações para a aplicação	Após a leitura da questão, assegure o completo entendimento da explicação que acompanha cada questão. No caso de persistência de dúvidas, consultar material de apoio e casos de aplicação.	Passo 1
	Selecione um produto para a aplicação, pois a matriz deve ser aplicada para um produto específico	Passo 1
	O perfil funcional deve ser respondido sem qualquer consideração de impactos ambientais.	Passo 2
	Nem todos os pontos críticos precisam ser correlacionados. Correlacionam-se em áreas críticas apenas aqueles cuja relação é julgada relevante para a finalidade da identificação e	Passo 3.4

	estudo das áreas de atuação para melhorias.	
--	---	--

5.3.2 MATRIZ DE DFE

A Matriz de DfE é uma versão aprimorada da DfE Toolkit (GRAEDEL *et al.*, 1996) por Yarwood e Eagan a pedido da *Minnesota Office of Environmental Assistance*. O material elaborado pelos autores teve por objetivo o fornecimento de uma ferramenta completa para as indústrias do estado de Minnesota nos EUA. No presente trabalho esse material foi utilizado como base para a elaboração do roteiro. O único caso de aplicação da ferramenta encontrado na literatura correspondia à sua versão anterior e adaptação feita por Yarwood e Eagan que sequer utiliza números no interior da matriz, usa ao invés, classificações simbólicas, por esse motivo não foi fornecido um caso de aplicação. Outras referências ao uso da ferramenta foram encontradas em outros estudos, que apenas mostravam as reduções de impacto ambiental alcançadas dando indicações de que a ferramenta trouxe benefícios tanto em relação à performance ambiental quanto à redução de custos da empresas que a aplicaram (MINNESOTA OFFICE OF ENVIRONMENTAL ASSISTENCE).

Essa ferramenta também parte de um questionário para preencher o interior de uma matriz. A matriz DfE, mostrada na figura 19, subdivide-se em fases do ciclo de vida (linhas) e aspectos ambientais (colunas). O cruzamento das linhas e colunas gera uma nota para cada fase do ciclo de vida e para cada aspecto ambiental⁶. Como resultado final, a ferramenta fornece uma pontuação (nota) geral para o produto.

Novamente a utilização somente do roteiro não basta para aplicação da ferramenta por isso no Apêndice E encontra-se o questionário adaptado de Yarwood e Eagan para possibilitar o preenchimento da matriz.

⁶ aspecto ambiental: elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente (CONAMA, 2002).

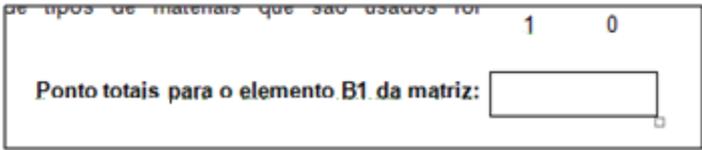
Estágio do ciclo de vida	Aspecto Ambiental					Total
	1 Materias	2 Consumo de Energia	3 Resíduos Sólidos	4 Resíduos Líquidos	5 Resíduos Gasosos	
A Pré-manufatura	(A.1)	(A.2)	(A.3)	(A.4)	(A.5)	
B Manufatura	(B.1)	(B.2)	(B.3)	(B.4)	(B.5)	
C Embalagem e Distribuição	(C.1)	(C.2)	(C.3)	(C.4)	(C.5)	
D Uso e Manutenção	(D.1)	(D.2)	(D.3)	(D.4)	(D.5)	
E Fim de Vida	(E.1)	(E.2)	(E.3)	(E.4)	(E.5)	
Total						

Figura 19- Matriz de DFE

Roteiro	<i>DfE Matrix</i>	
---------	-------------------	---

Resultados Esperados	<p>A ferramenta DfE matrix (Design for Environment Matrix), uma ferramenta simplificada para a avaliação do ciclo de vida, realiza uma estimativa semi-quantitativa dos impactos ambientais nas diversas fases do ciclo de vida do produto. A avaliação é realizada por meio da resposta de um questionário com pontuação pré-estabelecida que sumariza as melhores práticas para o desenvolvimento de produtos com melhor desempenho ambiental. Quanto maior o valor obtido pela DfE Matrix, melhor é o desempenho ambiental do produto. O resultado pode ser utilizado para comparar alternativas de projeto, conceitos de produto e diferentes produtos, além de identificar áreas com maior potencial de melhoria do desempenho ambiental.</p>
Atenção: Leia atentamente o roteiro antes de proceder ao preenchimento da matriz	

	Componente	Descrição																																																					
	Questionário	Encontra-se dividido em 5 itens (A,B,C, D e E) que correspondem às fases do ciclo de vida (pré-manufatura; manufatura; embalagem e transporte; uso e manutenção; fim de vida). Cada fase do ciclo de vida é avaliada considerando-se 5 aspectos ambientais (1, 2, 3, 4, 5) (materiais, consumo de energia, resíduos sólidos, resíduos líquidos e resíduos gasosos).																																																					
Informações e Padrões Necessários	Matriz	<p>A matriz possui 25 campos para indicação do valor correspondente à soma das respostas dentro de cada um dos 25 sub-itens (A1, A2...;B1,B2,..) do questionário. Os campos associam sempre uma fase do ciclo de vida e um aspecto ambiental. Cada aspecto ambiental e fase do ciclo de vida, por sua vez, possui um campo “total” associado, onde é feito somatório das respostas.</p> <p>Nesse momento abra o arquivo contendo a matriz para observação.</p>																																																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Estágio do ciclo de vida</th> <th colspan="5">Aspecto Ambiental</th> <th rowspan="2">Total</th> </tr> <tr> <th>1 Materias</th> <th>2 Consumo de Energia</th> <th>3 Resíduos Sólidos</th> <th>4 Resíduos Líquidos</th> <th>5 Resíduos Gasosos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A Pré-manufatura</td> <td>(A.1)</td> <td>(A.2)</td> <td>(A.3)</td> <td>(A.4)</td> <td>(A.5)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B Manufatura</td> <td>(B.1)</td> <td>(B.2)</td> <td>(B.3)</td> <td>(B.4)</td> <td>(B.5)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C Embalagem e Distribuição</td> <td>(C.1)</td> <td>(C.2)</td> <td>(C.3)</td> <td>(C.4)</td> <td>(C.5)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D Uso e Manutenção</td> <td>(D.1)</td> <td>(D.2)</td> <td>(D.3)</td> <td>(D.4)</td> <td>(D.5)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E Fim de Vida</td> <td>(E.1)</td> <td>(E.2)</td> <td>(E.3)</td> <td>(E.4)</td> <td>(E.5)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Estágio do ciclo de vida	Aspecto Ambiental					Total	1 Materias	2 Consumo de Energia	3 Resíduos Sólidos	4 Resíduos Líquidos	5 Resíduos Gasosos	A Pré-manufatura	(A.1)	(A.2)	(A.3)	(A.4)	(A.5)		B Manufatura	(B.1)	(B.2)	(B.3)	(B.4)	(B.5)		C Embalagem e Distribuição	(C.1)	(C.2)	(C.3)	(C.4)	(C.5)		D Uso e Manutenção	(D.1)	(D.2)	(D.3)	(D.4)	(D.5)		E Fim de Vida	(E.1)	(E.2)	(E.3)	(E.4)	(E.5)		Total					
Estágio do ciclo de vida	Aspecto Ambiental					Total																																																	
	1 Materias	2 Consumo de Energia	3 Resíduos Sólidos	4 Resíduos Líquidos	5 Resíduos Gasosos																																																		
A Pré-manufatura	(A.1)	(A.2)	(A.3)	(A.4)	(A.5)																																																		
B Manufatura	(B.1)	(B.2)	(B.3)	(B.4)	(B.5)																																																		
C Embalagem e Distribuição	(C.1)	(C.2)	(C.3)	(C.4)	(C.5)																																																		
D Uso e Manutenção	(D.1)	(D.2)	(D.3)	(D.4)	(D.5)																																																		
E Fim de Vida	(E.1)	(E.2)	(E.3)	(E.4)	(E.5)																																																		
Total																																																							
<p>Antes de prosseguir, leia atentamente o questionário para se familiarizar com seu conteúdo.</p>																																																							
Passo a passo	1. Preenchimento do questionário.																																																						
	1.1 Para responder as questões do item “A”, Pré-manufatura, são necessárias informações dos fornecedores de peças,																																																						

	<p>componentes e matérias primas. Assim, apresentam-se duas opções: 1) fazer uma pesquisa com os fornecedores ou 2) responder o questionário a partir do item “B”, Manufatura, desconsiderando, assim, o impacto da cadeia de fornecimento. Deve-se ressaltar que essa opção não é recomendada, pois o ecodesign pressupõe consideração dos impactos causados por todo o ciclo de vida do produto.</p>
	<p>1.2 Responda as questões dentro dos itens A, B, C, D e E. Se a resposta para dada questão for “sim” circule o número de pontos correspondentes na coluna “sim”. Caso a resposta seja “não” circule o zero em frente à questão na coluna “não. Se a pergunta não se aplicar ao produto, ou ele não exercer impacto na área abordada, responda “sim”.</p> <ul style="list-style-type: none"> Exemplo: A questão B.4 pergunta “Se solventes perigosos ou óleos são usados, foram testadas alternativas para evitar o uso dessas substâncias?”. Se seu processo não usar solventes ou óleos, então seu produto não possui impacto nessa área, e sua resposta deve ser “sim” uma vez que as questões foram escritas de maneira que a resposta “sim” estivesse associada a um impacto positivo.
	<p>1.3 Para cada sub-item (exemplo: A1, A2, A3...) devem ser somadas as respostas e o valor obtido deve se anotado no quadro correspondente.</p> 
	<p>2. Preenchimento da matriz.</p>
	<p>2.1 O item A está dividido em 5 sub itens os quais contém uma questão de 5 alternativas, cada uma associada a um número de pontos. Nesses subitens apenas uma alternativa deve ser escolhida e seu valor em pontos anotado no campo correspondente da matriz. Exemplo: na questão A.1 apenas 1% dos fornecedores da empresa possuem Sistema de Gestão Ambiental (SGA), então a alternativa a</p>

ser marcada é “a” que equivale a 2 pontos, que serão transcritos no campo A.1 da matriz.

Para cada um dos 20 subitens restantes do questionário existe um campo correspondente na matriz onde serão anotadas as somas das respostas que formam os pontos totais dos subitens. Exemplo: se no item B1 se foi respondido sim para as duas primeiras perguntas, então os pontos totais serão 3 e devem ser anotados no campo B1 da matriz (coluna 1 linha 2). Cada campo do interior da matriz se encontra nomeado com uma letra e um número que indicam o sub-item correspondente (B.1 correspondendo a sub-item B1)

A.1: Pré-manufatura X Materiais
Qual percentagem dos fornecedores da sua empresa responsáveis por este produto ou componente possui um Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA) em andamento?

a) 1 a 5% = 2 pontos
b) 6 a 25% = 3 pontos
c) 26 a 50% = 4 pontos
d) >50% = 5 pontos
e) 0% ou desconhecido = 0 pontos

B.1: Manufatura X Materiais
Para esse produto ou componente:

	Sim	Não
1. O uso de materiais recicláveis no seu produto é o maior possível?	1	0
2. Os materiais perigosos foram evitados ou minimizados?	2	0
3. A quantidade de material utilizado foi minimizada?	1	0
4. O número de tipos de materiais que são usados foi minimizado?	1	0
Ponto total para o elemento B1 da matriz:	2	

Estágio do ciclo de vida	A	
	1 Materias	2 Consumo de Energia
A Pré-manufatura	(A.1) 2	(A.2) 1
B Manufatura	(B.1) 2	(B.2) 4
C Embalagem e Distribuição	(C.1) 3	(C.2) 1

2.2 A planilha associado ao roteiro foi elaborada em Microsoft Excel e foi programada de modo que a linha e a coluna “Total” sejam automaticamente preenchidas. Caso a matriz esteja sendo usada sob a forma impressa, então os valores de cada linha e coluna devem ser somados e escritos no campo correspondente na coluna ou linha “Totais”.

2.3 No canto inferior direito da matriz, destacado em vermelho, fica a soma dos pontos totais da coluna ou linha totais, já que as duas somas apresentam sempre mesmo valor. Na matriz em Microsoft Excel esse valor é gerado automaticamente, e passa a dar uma pontuação para aquele produto ou alternativa de projeto. O máximo valor possível é 125 pontos caso todas as questões estejam preenchidas. Se o item A não for preenchido, o valor total possível cai

	para 100 pontos, 5 por sub-item (cada item possui 5 sub-itens).
	3. Resultados
	<p>3.1 Nota dada ao produto</p> <p>A nota obtida na matriz mede o desempenho ambiental do produto. Esse valor deve ser tomado como uma referência a ser utilizada para avaliar o impacto de mudanças no projeto do produto Também com esse resultado é possível comparar o desempenho de produtos diferentes ou alternativas de projeto, lançar linha de produtos com apelo ambiental e auxiliar na criação de um sistema rotulagem ambiental. A empresa pode estabelecer uma pontuação mínima desejada para a avaliação dos seus produtos e regular internamente a aplicação da ferramenta adaptando à suas características e estratégia.</p>
	<p>3.2 Comparação de alternativas de projeto</p> <p>Uma vez que muitos termos usados nas questões são subjetivos, um sistema de classificação que fosse consistente entre os fabricantes, e especialmente entre as diversas indústrias, é virtualmente impossível. À medida que os times de projeto adaptam a ferramenta para o contexto da empresa, os resultados da matriz passam a se tornar relevantes apenas no contexto da própria empresa. A nota obtida na matriz permite comparar o impacto ambiental de projetos alternativos. Por exemplo, um projeto de um produto em particular atingiu a nota 84 enquanto um projeto alternativo para o mesmo produto atingiu a nota 56. Claramente, a primeira opção de projeto é superior de ponto de vista ambiental. Quando as notas de duas alternativas se encontram muito próximas (por exemplo, 63 e 65) a subjetividade das questões exige que o time discuta as diferenças entre as duas alternativas, podendo se aprofundar na análise de impacto ambiental.</p>
	<p>3.3 Reconhecimento de áreas que necessitam de mudanças</p> <p>Ao se comparar as pontuações obtidas por linhas, pode-se inferir sobre quais as fases do ciclo de vida mais problemáticas sob o ponto de vista ambiental. De forma análoga, as pontuações das colunas permitem identificar quais são os aspectos ambientais mais</p>

	<p>significativos. O time de projeto deve determinar quais mudanças de projeto são mais ou menos possíveis, considerando realidade da empresa e de seus produtos, e se esforços para cada medida são razoáveis e possíveis de se executar.</p>	
	<p>3.4 Adaptação da ferramenta</p> <p>Sugere-se que seja estabelecida uma estratégia para se priorizar as células a serem consideradas para análises mais detalhadas. Como cada célula tem pontuação variando de 0 a 5 pontos, seria possível criar uma escala dentro desse faixa e associar diferentes níveis de desempenho ambiental, por exemplo, uma célula com pontuação máxima 1 poderia ser considerada de baixo desempenho, pontuação variando entre 2 e 3 como desempenho intermediário e aquelas cuja pontuação ficar entre 4 e 5 como satisfatórias. Para complementar essa proposta, seria possível associar uma estratégia de priorização focando, por exemplo: as células de baixo desempenho no curto prazo, as de desempenho intermediário no médio prazo e as de alto desempenho no longo prazo. Por fim, deve-se ressaltar que essa priorização norteará a busca por melhorias no projeto do produto (veja detalhes no item "Recomendações para aplicação").</p>	
<p>Recomendações para a aplicação</p>	<p>É útil ter em mãos durante o preenchimento do questionário, o conceito/projeto do produto, fluxogramas de manufatura e especificação dos materiais usados para auxiliar o time de desenvolvimento de produtos.</p>	<p>Passo 1</p>
	<p>O preenchimento da matriz deve ser feito por uma equipe cuja composição represente a de uma equipe que usualmente desenvolve produtos na empresa. Assim, profissionais de diferentes áreas de conhecimento e setores devem participar. A formação de uma equipe que não se assemelha às equipes de desenvolvimento de produtos comprometerá a consistência e utilidade dos</p>	<p>Geral</p>

	resultados obtidos.	
	<p>O preenchimento da parte A da matriz deve considerar a necessidade de diálogo com os fornecedores e respectivo tempo demandado. Dessa forma, sugere-se que essa parte do questionário seja avaliada previamente, por exemplo, junto aos profissionais da área de suprimentos e compras para se dimensionar o tempo necessário para se obter as respostas. Sem essas considerações iniciais, é provável que a obtenção das respostas dos fornecedores seja apenas concluída ao término de todo o projeto, podendo comprometer a identificação dos pontos críticos do produto em relação a impacto ambiental.</p>	Passo 2.1
	<p>Uma boa prática é definir responsáveis para as linhas da matriz (fases do ciclo de vida). Essa atribuição de tarefas deve levar em consideração a estrutura organizacional da empresa. Por exemplo, para a fase de manufatura, o ideal seria que um profissional ligado ao processo de fabricação seja o responsável pelo levantamento das informações pertinentes. Caso a empresa tenha certificação ABNT NBR ISO 14001, seria ainda mais apropriado que o auditor interno líder fosse o responsável por essa linha, pois além de conhecer o processo de fabricação, esse profissional estará apto a responder também sobre os respectivos aspectos e impactos ambientais associados ao processo produtivo. Ao criar essa governança, tanto o preenchimento da matriz como a relação com as outras “linhas” fica otimizada.</p>	Passo 2.1

	<p>A pontuação final das células deve ser feita em formato de workshops, pois assim todos os participantes têm a oportunidade de fazer suas considerações sobre as respostas dadas, o que gera resultados mais consolidados e evita eventuais retrabalhos.</p>	<p>Passo 2.1</p>
	<p>A equipe encarregada de utilizar a ferramenta deve se ocupar com a tarefa de customizar as perguntas para a sua empresa. Por exemplo, caso a empresa apresente uma lista de substâncias proibidas de serem utilizadas em seus produtos, as perguntas referentes a materiais perigosos devem ser entendidas à luz dessa lista em complemento às indicações sobre materiais feitas na própria ferramenta.</p>	<p>Passo 1</p>
	<p>Para que a equipe possa vislumbrar eventuais oportunidades de melhoria no projeto do produto, deve fazer o caminho contrário àquele seguido durante o preenchimento da matriz. Por exemplo, caso a célula C.1 tenha obtido uma pontuação fraca, a equipe poderia procurar oportunidade de melhorá-la analisando oportunidades de emprego de materiais reciclados e recicláveis na embalagem do produto, uma vez que as perguntas dessa célula abordam justamente essas questões. Também a abordagem "antes e depois" mostrando o perfil ambiental do produto antes e depois das melhorias sugeridas reforça as vantagens da ferramenta.</p>	<p>Análise dos resultados</p>

5.3.3 ANÁLISE DE EFEITO AMBIENTAL

Não por acaso a ferramenta Análise de Efeito Ambiental (AEA) era antes chamada de E-FMEA, esta é intimamente relacionada a ferramenta FMEA, Análise dos Modos

e Efeitos de Falhas⁷. Devido a essa origem a Análise de Efeito Ambiental tem um formato semelhante ao da ferramenta FMEA, porém considerando como sistema o ciclo de vida e como seus elementos os aspectos ambientais.

Foi encontrado um número grande de publicações de seu autor, Mattias Lindahl, que se referem a essa ferramenta em comparação à quantidade de estudos encontrados que se referem às outras duas ferramentas (LINDAHL, 2005; LINDAHL, 2006; LINDAHL, 1999; LINDAHL, 2001; LINDAHL *et al.*, 2003).

Uma das publicações do autor contém um caso de aplicação parcial da ferramenta que serve como referência para sua utilização (LINDAHL, 1999). Esse caso foi traduzido para referência dos usuários do roteiro e se encontra no apêndice F.

Outra questão relevante sobre a ferramenta é a sua grande adequação à pequenas e médias empresas destacada pelo autor (LINDAHL *et al.*, 2003).

O formato em que se apresenta a Análise de Efeito Ambiental é de tabela ou formulário (figura 20). A ferramenta se destina a avaliar e pontuar quanto aos impactos ambientais, as diversas atividades dentro das fases do ciclo de vida. Essa ferramenta também requer trabalho em equipe, atribuição de funções e a definição conjunta de alternativas para as atividades onde foram identificados os maiores impactos ambientais.

⁷ método de definição, identificação e eliminação de falhas conhecidas ou potenciais de um projeto de produto e/ou de seu processo de fabricação (LAURENTI, 2010).

Análise de efeito ambiental - AEA															
Nome da peça/componente		Número da peça/componente		Número do desenho			Função			Data		Versão			
Projeto		Fornecedor			Informações										
Líder do AEA		Participantes do AEA													
Inventário							Ações								
Ciclo de Vida		Características ambientais			Avaliação			Propostas de ação			Avaliação			Realização	
n°	Fase do ciclo de vida	Atividade	Aspecto ambiental	S	I	O	EPN/ F	Recomendações	Aspecto Ambiental	S	I	O	EPN/ F	Obs	Responsável

Figura 20- Análise de Efeito Ambeintal

	Especialista de meio ambiente	É necessária a presença de um especialista em meio ambiente durante o preenchimento do formulário tanto para suporte na identificação dos aspectos ambientais quanto para as recomendações para melhoria desses aspectos.
Antes de proceder ao preenchimento do formulário leia todo o conteúdo do roteiro		
Passo a passo	<p>1. Preenchimento do cabeçalho</p> <p>O cabeçalho proposto apresenta alguns campos destinados a identificar o produto e os membros de time de AEA, inclusive o líder. Há também campos que visam identificar o documento como: versão, data, projeto e informações. Caso algum desses dados não façam sentido no contexto da empresa, estes podem ser retirados e/ ou substituídos.</p>	
	O formulário deve ser preenchido linha a linha	
	<p>2. No formulário cada linha utilizada deve ser identificada por um número.</p>	
	<p>3. Identificação da fase do ciclo de vida:</p> <p>O próximo campo na linha qualquer “n”, deve-se identificar a fase do ciclo de vida estudada. As Fases do ciclo de vida podem de por exemplo: extração de matéria prima, indústria de base, manufatura, uso, descarte seguindo das estratégias de fim de vida que são reuso, reciclagem, remanufatura. e tratamento e disposição.</p> <p>Várias linhas receberão a mesma fase do ciclo de vida à medida que as atividades específicas vão sendo enumeradas, portanto basta escrever o nome da fase que está sendo estudada uma única vez.</p>	
<p>4. Identificação das atividades das fases do ciclo de vida:</p> <p>A atividade que terá o desempenho ambiental avaliado deve</p>		

ser indicada no campo seguinte no formulário.

Por exemplo, dentro da fase do ciclo de vida “fim de vida” uma possível atividade seria a “desmontagem” do produto. Por exemplo: Inicia-se o estudo da fase de manufatura do produto e deseja-se estudar seleção de matérias primas e partes, montagem e distribuição, dessa forma o formulário ficaria:

Inver		
Ciclo de Vida		Características am
nº	Fase do ciclo de vida	Atividade
	Manufatura	Escolha de partes e matéria primas
		Montagem
		Distribuição
	Uso	

5. Identificação dos aspectos ambientais relacionados a cada atividade:

Aspectos ambientais como emissão de gases de efeito estufa, e lançamento de resíduos em mananciais podem ser associados a cada atividade, sendo possível relacionar mais de um aspecto com cada atividade para o caso de haverem diferentes formas de interação com o meio ambiente. De forma análoga ao arranjo das fases do ciclo de vida e as atividades de cada fase, é possível listar mais de um aspecto ambiental por atividade escrevendo a atividade apenas uma vez e deixando o campo em branco nos aspectos ambientais identificados.

6. Avaliação dos aspectos ambientais do ciclo de vida

O aspecto ambiental associado a cada atividade das diversas fases do ciclo de vida do produto deve ser avaliado da seguinte forma: os critérios S (requisitos legais), I (imagem da empresa) e O (conseqüências para o meio ambiente) devem receber uma ponderação 1, 2 ou 3, sendo que o valor 1 representa a situação mais positiva e 3 a mais negativa. A coluna EPN/F deve conter a soma de S, I e O ($EPN=S+I+O$), além de uma pontuação para a possibilidade de melhoria (F) variando de 1 (nenhuma possibilidade de melhoria) até 9 (grande possibilidade de melhoria).

Por exemplo: o uso de metais pesados em determinado produto recebeu S= 1 (porque a legislação do país em que é fabricado não controla a quantidade usada de metais pesados nos produtos), I=2 (pois uso de metais pesados prejudica a imagem da empresa, porém não tem grande divulgação), O=3 (porque testes de lixiviação revelaram que o produto tem capacidade de gerar grande contaminação por metais pesados). Assim $EPN=1+2+3=6$. Substituir o metal pesado é muito difícil, pois prejudicaria o desempenho da função do produto, porém seria possível mudar o projeto do produto para que o metal pesado fosse retirado no fim de vida, assim F foi considerado 5. Então a última coluna da avaliação recebe a representação 6/5.

7. Recomendação de ações

Medidas possíveis para evitar a geração de maiores impactos ambientais através dos aspectos ambientais identificados são enumeradas no campo recomendações.

Por exemplo: na situação hipotética do passo 6, possíveis recomendações seriam: substituição do metal pesado por outro metal, substituição do metal pesado por outra substância, mudança do projeto do produto para permitir a retirada no metal no fim de vida.

	<p>8. Identificação dos aspectos ambientais relacionados à cada atividade</p> <p>A ação que visa reduzir o impacto ambiental deve ser avaliada quanto ao seu próprio impacto, podendo surgir outras interfaces com o meio ambiente. Continuando o exemplo anterior: supondo que tenha sido escolhida a opção de substituição de material, nesse caso os impactos do uso do novo material deveriam ser indicados, possibilitando a comparação com a situação anterior que usava metais pesados.</p>
	<p>9. Avaliação das recomendações</p> <p>A avaliação das recomendações é feita nos mesmos moldes da avaliação do aspectos ambientais do ciclo de vida, os critérios S, I e O recebem ponderação de 1 a 3, $ESPN = S+I+O$ e F vai de 1 a 9 e indica maior ou menor possibilidade de melhoria.</p> <p>Por exemplo: caso a recomendação escolhida fosse a mudança do projeto do produto para manter o uso do metal pesado e facilitar sua recuperação, S permaneceria igual a 1. Caso o novo projeto fosse capaz de permitir o reaproveitamento do metal pesado melhorasse a imagem do produto, I cairia para 1, assim, O poderia cair para 2, pois mesmo mantendo o uso do metal pesado, este agora poderia ser extraído do produto para reaproveitamento ou reciclagem.</p>
	<p>10. Observações</p> <p>Nesse campo pode ser indicada a conclusão sobre as recomendações ou mostrado qual foi considerada pelo time a mais adequada. No caso de haver apenas uma recomendação o campo pode conferir um status sobre a recomendação apontada, “aprovada” ou “reprovada”.</p>
	<p>11. Definição do responsável</p> <p>Caso uma recomendação for ser implantada deve-se definir um responsável para encaminhar a concretização da melhoria. É importante que esse responsável tenha suas funções na empresa</p>

	ligadas à área onde a melhoria será efetuada para facilitar o trabalho.	
Recomendações para a aplicação	<p>A diferenciação entre aspecto e impacto ambiental pode ser observada através de suas definições presentes na resolução CONAMA 306 de 2002:</p> <p>Aspecto ambiental: elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização.que pode interagir com o meio ambiente.</p> <p>Impacto ambiental: qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.</p> <p>Assim o aspecto ambiental é mais geral do que o impacto ambiental. Por exemplo um aspecto ambiental seria a qualidade da água ou a emissão de efluentes enquanto um possível impacto ambiental relacionado a estes aspectos seria a poluição dos corpos hídricos prejudicando os ecossistemas aquáticos, e assim por diante.</p>	Geral

	<p>Os aspectos EPN e F tem seu valor máximo igual a 9 para serem comparáveis. Em outras palavra o maior valor de EPN seria S=3,I=3,O=3 ; S+I+O=3+3+3=9; e F é escolhido de 0 a 9 de acordo com a possibilidade de alterar o aspecto ambiental identificado. Dessa forma pode-se perceber o quão concretizável é a melhoria perante a gravidade do impacto causado.</p> <p>Por exemplo: 5/9 representa um impacto moderado com alta possibilidade de ser revertido.</p>	Passo 6
	<p>É possível estabelecer faixas de valores para avaliar o campo EPN/F, por exemplo: 3 a 4 satisfatório, 4 a 6 necessita de melhorias, 7 a 9 crítico. Dessa forma também pode ser estabelecida prioridade aos pontos críticos levantados</p>	Passo 6
	<p>O fato de serem feitas duas análises de desempenho ambiental tem o objetivo de fornecer informações para uma fácil comparação da situação presente e a situação após a aplicação de melhorias, dentro do mesmo documento.</p>	Geral
	<p>As recomendações não são responsabilidade exclusiva do especialista do meio ambiente, toda a equipe deve auxiliar com conhecimentos específicos de suas áreas para levantar alternativas através de inovação, benchmarking e outras técnicas.</p>	Passo 5
	<p>Os formulários podem ser preenchidos em sessões de trabalho. em geral são feitas de 2 a 4 sessões durando de 3 a 4 horas cada uma</p>	Geral

5.3.4 AVALIAÇÃO DOS ROTEIROS

A primeira etapa de avaliação conforme definido na metodologia, seção 4.3, foi o estudo piloto com alunos de engenharia. Essa avaliação foi feita no dia 16/09/2010 e visou simular o uso das ferramentas por SMEs e gerar diretrizes para elaboração de roteiros mais claros e de fácil utilização.

A equipe foi formada por 5 alunos do quarto ano do curso de engenharia ambiental da EESC/USP e uma aluna do quarto ano de engenharia de produção da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Os principais resultados dessa reunião foram:

- Troca de X em negrito por Letra C na Ferramenta Matriz Ecofuncional para facilitar a identificação de pontos críticos;
- Criação de dicas para uso da ferramenta Matriz Ecofuncional;
- Criar uma pequena explicação para as questões da Matriz Ecofuncional;
- Criar um material de dicas para a Matriz Ecofuncional auxiliando o estabelecimento de correlações entre o perfil funcional e o perfil ambiental;
- Adição de casos de aplicação da ferramenta quando possível para referência para os usuários.

O passo seguinte foi o uso dos roteiros no curso de *Ecodesign* ministrado pela então doutoranda em engenharia de produção Daniela Pigosso. Nesse curso, os roteiros para as ferramentas Matriz Ecofuncional e Matriz de DfE foram usados por alunos de pós-graduação da EESC/USP.

Em resposta ao uso dos roteiros os participantes fizeram os seguintes comentários:

Matriz Ecofuncional

- É necessário dizer o momento de se preencher Matriz com maior clareza, pare que o usuário não inicie sem ter lido o roteiro;
- O conceito de áreas críticas não estava claro;
- É preciso especificar melhor quando por X e quando por C;
- O tempo de uso do produto é um conceito contraditório;
- Na matriz é preciso estabelecer a diferença entre tamanho e massa do produto para evitar confusão;
- O item “Economia” deveria ser substituído por “Preço” para facilitar o entendimento;
- O conceito de material escasso não é trivial;

Matriz de DfE

- Talvez as recomendações devessem ser um passo do roteiro
- Essa e as outras ferramentas podem ser acompanhadas por lista de materiais proibidos, restritos e recomendados como as *black*, *grey* e *white lists* da Volvo.

As considerações da avaliação das ferramentas foram incorporadas à versão dos roteiros as quais foram usadas no curso de Ecodesign. Os comentários feitos no curso de ecodesign geraram alteração dos roteiros produzindo as versões apresentadas neste trabalho.

É importante salientar que não foi avaliado o roteiro da ferramenta Análise de Efeito Ambiental devido ao fato de este roteiro ter sido finalizado após os dois momentos de avaliação, no entanto sua elaboração contou com o conhecimento adquirido no refinamento dos outros dois roteiros.

5.4 PUBLICAÇÃO DOS ROTEIROS NO PORTAL DE CONHECIMENTOS

As primeiras versões dos roteiros foram publicadas no Portal de Conhecimentos na seção destinada a procedimentos, instruções e roteiros. Até o início de julho de 2012 os roteiros haviam alcançado juntos 736 visualizações, tendo sido classificados entre 3 estrelas e meia e 5 estrelas, de acordo com os votos recebidos. Essas informações podem ser observadas na figura 21, extraída do Portal de Conhecimentos.

Os roteiros estão disponíveis nos endereços:

Matriz Ecofuncional:

<http://www.portaldeconhecimentos.org.br/index.php/por/Conteudo/Roteiro-para-aplicacao-da-Matriz-Ecofuncional-Ferramenta-de-Ecodesign>

Matriz de DfE:

<http://www.portaldeconhecimentos.org.br/index.php/por/Conteudo/Roteiro-para-aplicacao-da-Matriz-de-DfE-Ferramenta-de-Ecodesign>

Análise de Efeito Ambiental:

<http://www.portaldeconhecimentos.org.br/index.php/por/Conteudo/Roteiro-para-aplicacao-da-Analise-de-Efeito-Ambiental-Ferramenta-de-Ecodesign>

Portal de conhecimentos

Home Sobre o portal Conteúdo Melhores práticas

Sinônimos de tipos de conteúdo | Mais visitados |

Home » Conteúdo » Roteiro para aplicação da Matriz de D...

ROTEIRO PARA APLICAÇÃO DA MATRIZ DE DFE - FERRAMENTA DE ECODSIGN Inserir Conhecimento

Visitas: 46 ★★★★★ Nota: 5/5 (3 votos)

Apresentação

Roteiro para aplicação da Matriz de Dfe - Ferramenta de Ecodesign

Criado por [Raphael Laraia Rocha de Barros Cobra](#) (USP) em 04 de Julho de 2012 - 20:52.
Atualizado por [Raphael Laraia Rocha de Barros Cobra](#) (USP) em 09 de Julho de 2012 - 18:46.

Descrição:

Esse roteiro foi elaborado por Raphael Cobra no âmbito do projeto de iniciação científica financiado pelo FIPT (Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas) sob a orientação de Daniela Pigosso (USP) e Cláudia Echevengúá Teixeira.

O Arquivo contém o roteiro para a ferramenta de ecodesign e materiais complementares para sua utilização.

Download: [Matriz de Dfe - v01.xlsx](#) 237,64 kB

Portal de conhecimentos

Home Sobre o portal Conteúdo Melhores práticas

Sinônimos de tipos de conteúdo | Mais visitados |

Home » Conteúdo » Roteiro para aplicação da Matriz Ecof...

ROTEIRO PARA APLICAÇÃO DA MATRIZ ECOFUNCIONAL - FERRAMENTA DE ECODSIGN Inserir Conhecimento

Visitas: 390 ★★★★★ Nota: 3.5/5 (27 votos)

Procedimento, instrução ou roteiro

Roteiro para aplicação da Matriz Ecofuncional - Ferramenta de Ecodesign

Criado por [Raphael Laraia Rocha de Barros Cobra](#) (USP) em 11 de Agosto de 2011 - 18:52.
Atualizado por [Raphael Laraia Rocha de Barros Cobra](#) (USP) em 09 de Julho de 2012 - 18:45.

Descrição:

Esse roteiro foi elaborado por Raphael Cobra no âmbito do projeto de iniciação científica financiado pela FIPT (Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas) sob a orientação de Daniela Pigosso (USP) e Cláudia Echevengúá Teixeira (IPT).

O Arquivo contém o roteiro para a ferramenta de ecodesign e materiais complementares para sua utilização.

Download: [Matriz Ecofuncional - v02.xlsx](#) 341,48 kB

Portal de conhecimentos

Home Sobre o portal Conteúdo Melhores práticas

Sinônimos de tipos de conteúdo | Mais visitados |

Home » Conteúdo » Roteiro para aplicação da Matriz de D...

ROTEIRO PARA APLICAÇÃO DA MATRIZ DE DFE - FERRAMENTA DE ECODSIGN Inserir Conhecimento

Visitas: 46 ★★★★★ Nota: 5/5 (3 votos)

Apresentação

Roteiro para aplicação da Matriz de Dfe - Ferramenta de Ecodesign

Criado por [Raphael Laraia Rocha de Barros Cobra](#) (USP) em 04 de Julho de 2012 - 20:52.
Atualizado por [Raphael Laraia Rocha de Barros Cobra](#) (USP) em 09 de Julho de 2012 - 18:46.

Descrição:

Esse roteiro foi elaborado por Raphael Cobra no âmbito do projeto de iniciação científica financiado pelo FIPT (Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas) sob a orientação de Daniela Pigosso (USP) e Cláudia Echevengúá Teixeira.

O Arquivo contém o roteiro para a ferramenta de ecodesign e materiais complementares para sua utilização.

Download: [Matriz de Dfe - v01.xlsx](#) 237,64 kB

Figura 21- Imagem capturada das páginas de publicação dos roteiros de ecodesign

O uso efetivo dos roteiros não pode ser observado através dos acessos e avaliações dos roteiros. Uma possível forma de verificar o uso dos roteiros seria através de comentários deixados por usuários do Portal de Conhecimentos, porém até o momento nenhum comentário foi recebido.

6 CONCLUSÃO

Como conclusões do presente trabalho, os resultados da revisão bibliográfica sistemática mostram que o número de trabalhos que podem ser encontrados associados ao termo ecodesign e seus sinônimos é expressivo atualmente, e grande parte desse montante trata de métodos e ferramentas de ecodesign (aproximadamente 1/5 dos trabalhos armazenados e analisados).

A maioria desses estudos que tratam de métodos e ferramentas de ecodesign foram encontrados nos periódicos *Journal of Cleaner Production*, *International Journal of LCA* e *Journal of Sustainable Product Design* e as bases que forneceram a maioria dos estudos sobre ecodesign foram *IEEE Explorer*, *Science Direct* e *Scopus*. Nesse contexto a grande presença de conteúdo de ecodesign na base de dados IEEE, voltada a eletroeletrônicos, confirma maior utilização de ecodesign por esse setor conforme a literatura afirma recorrentemente. Ademais os termos mais utilizados para se referir ao ecodesign nas 3 principais bases de dados foram: *design for environment*, *ecodesign* e *design for the environment*.

No cadastro parcial dos métodos e ferramentas de ecodesign a maioria das ferramentas foi considerada analítica e dentre essas houve maior presença de ferramentas quantitativas, e o tipos de ferramentas que se destacaram foram matriz seguido por *guidelines* e *softwares*. A maioria das ferramentas analisadas tinha foco maior na reciclagem, manufatura e reuso, nessa ordem. Também a maioria das ferramentas não especificou os aspectos ambientais avaliados, das que especificam houve predomínio de consideração do consumo de energia, consumo de materiais e emissão de substâncias tóxicas, em ordem crescente. Ocorreu um equilíbrio do nível de aplicação teórico e experimental em detrimento de um baixo número de ferramentas consolidadas. Cerca de 3/5 das ferramentas cadastradas não avalia impacto ambiental e a maioria das descrições das ferramentas era sucinta e superficial em contraste com apenas 1% de detalhamento completo.

Todo o banco de dados produzido durante a revisão sistemática forneceu informações para elaboração de roteiros de 3 ferramentas semi-quantitativas matriciais selecionadas dentro do conjunto de ferramentas integradas por Pigosso (2008) e Guelere Filho (2009) no modelo de referência para desenvolvimento de produtos (ROZENFELD *et al.*, 2006).

O material preparado compreende um roteiro, questionário para preenchimento das matrizes Ecofuncional e de DfE, além de caso de aplicação, exceto para Matriz de DfE. A elaboração desse material recebeu contribuições externas em dois momentos que ajudou a refinar seu conteúdo e facilitar o entendimento para os futuros usuários.

Os roteiros foram publicados e atualizados no Portal de Conhecimentos e já receberam mais de 1500 acessos. Hoje permanecem no site, disponíveis gratuitamente para o público, incluindo pequenas e médias empresas de todo o Brasil, podendo contribuir para a redução de impactos ambientais no ciclo de vida dos produtos brasileiros desenvolvidos com sua utilização.

É importante destacar as limitações apresentadas pela pesquisa.

- Não foram cadastrados todos os estudos que tratavam de métodos e ferramentas, mas apenas parte daqueles encontrados na base de dados Science Direct. Isso devido ao grande consumo de tempo para a realização das primeiras etapas da revisão sistemática que chegou a envolver mais de 32 mil resultados nas buscas.
- Os roteiros não foram aplicados em pequenas e médias empresas para teste.
- As ferramentas presentes nos roteiros podem não se aplicar a todos os segmentos da indústria sem adaptação prévia.
- Não foram fornecidas instruções para adaptação dos roteiros.

Algumas recomendações para trabalhos futuros incluem:

- Avaliar as aplicações e tentativas de uso dos roteiros produzidos neste trabalho;
- Elaborar roteiros de outras ferramentas de ecodesign, diferentes daquelas presentes neste trabalho;
- Estudar a adaptação para o contexto específico de aplicação das ferramentas presentes nos roteiros;
- Utilizar a etapa 1 da revisão bibliográfica, formulação da questão, para refinar seu escopo, o que na prática implicaria na eliminação de bases de dados e termos pouco relevantes.

REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR ISO 14041 - Avaliação do ciclo de vida- Definições do objetivo e escopo e análise de inventário, p. 25, Maio 2004.
- ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. [S.l.]: Nova Fronteira.
- BAUMANN, H.; BOONS, F.; BRAGD, A. Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. **Journal of Cleaner Production**, 10, 2002. 409--425.
- BHAMRA, T. A. et al. **Integrating environmental decisions into the product development process. I. The early stages**. [S.l.]: [s.n.]. 1999. p. 329-333.
- BIOLCHINI, J. et al. Systematic review in software engineering. **Departamento de engenharia de sistemas e ciência da computação COPPE/UFRJ**, 2005.
- BOKS, C. The soft side of ecodesign. **Journal of Cleaner Production**, 2006. 1346-1356.
- BOKS, C. The soft side of ecodesign. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, p. 1346-1356, 2006.
- BRERETON, P. et al. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. **The Journal of Systems and Software**, 2007. 571–583.
- CABRERA, R. A. **A legislação ambiental aplicada às organizações industriais e os possíveis descompassos com o desenvolvimento sustentável**. Escola de Engenharia de São Carlos. [S.l.]. 2002.
- CALUWE, N. D. **Business benefits from applied EcoDesign**. [S.l.]: [s.n.]. 2004. p. 200-205.
- COMISSÃO EUROPÉIA. **Ecodesign - European State of Art**. Comissão Européia. Bruxelas. 2000.
- CONAMA. **Resolução CONAMA nº 306, de 5 de julho de 2002**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. [S.l.], p. 75-76. 2002.
- COWI BELGIUM SPL VAN HOLSTEIJN EN KEMNA B. V. **Methodology for Ecodesign of Energy-related Products - Part 1**. Comissão Européia. Bruxelas. 2011.
- ELKINGTON, J. **Canibals with forks: the triple bottom line of the 21 st century business**. [S.l.]: Capstone, 1997.

- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA at 40: Bringing Environmental Protection into the 21st Century. **Environ. Sci. Technol.**, v. 43, p. 8716–8720, 2009.
- EUROPEAN COMMISSION - JOINT RESEARCH CENTER. **Life Cycle Definition**. <http://ict.jrc.ec.europa.eu/glossary/life-cycle>. acessado em 14/06/2012. 2012.
- GOVERNO FEDERAL BRASILEIRO. **LEI Nº 12.305 - Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília. 2010.
- GRAEDEL, T. E. et al. Applying the DfE Toolkit to an Electronic Switch. **IEEE conferences**, 1996.
- GUELERE FILHO, A. **Integração do Ecodesign ao Modelo Unificado para a Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos: estudo de caso em uma grande empresa de linha branca**. Universidade de São Paulo - Tese de Doutorado. São Carlos. 2009.
- HILLARY, R. **Small an Medium-Sized Enterprises and the Environment**. Shieffield: Greenleaf Publishing Limited, 2000.
- HOLMBERG, J.; LUNDQVIST, U.; ROBERT, K.-H. An aoriach to sustainable product development relevant to small and medium sized enterprises. In: HILLARY, R. **Small an Medium-Sized Enterprises and the Environment**. Shieffield: Greenleaf Publishing Limited, 2000.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14001**. Geneva. 2004.
- KARLSSON, R.; LUTTROPP, C. EcoDesign: what's happening? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, p. 1291-1298, 2006.
- KLEEF, N. J. V. Developing capabilities and competence for sustainable business management as innovation: a research agenda. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, p. 38-51, 2007.
- LAGERSTEDT, J. **Functional and environmental factors in early phases of product development - Eco functional matrix**. KTH. Estocolmo. 2003.
- LAGERSTEDT, J.; LUTTROPP, C.; LINDFORS, L.-G. Functional Priorities in LCA and Design for Environment. **Intenational Journal of LCA**, Landsberg, 2003. 160-166.
- LAURENTI, R. **Sistematização de problemas e práticas da análise de falhas potenciais no processo de desenvolvimento de produtos**. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo - Tese de Mestrado. São Carlos. 2010.

- LINDAHL, M. et al. **Use and perception of Design for Environment (DfE) in Small and Medium Sized Enterprises in Sweden**. Third international Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing. Tokyo: [s.n.]. 2003.
- LINDAHL, M. E-FMEA - A new Promising Tool for Efficient Design for Environment. **IEEE Explorer conferences**, 1999.
- LINDAHL, M. **Environmental Effect Analysis - How does the method stand in relation to lessons learned from the use of other design for environment methods**. IEEE conferences. [S.l.]: [s.n.]. 2001.
- LINDAHL, M. **Designers' Utilization of and Requirements on Design for Environment (DfE) Methods and Tools**. IEEE conferences. [S.l.]: [s.n.]. 2005.
- LINDAHL, M. Engineering designers' experience of design for environment methods and tools e Requirement definitions from an interview study. **Journal of Cleaner Production**, n. 14, p. 487e496, 2006.
- LINDAHL, M. et al. **Use and perception of Design for Environment in Small and Medium Sized Enterprises in Sweden**. Thlrđ International Sympslum on Envimmnenta h, Consclocls Deslgn ana Inverse Manufacturing. Tokyo: IEEE. 2003. p. 8-11.
- LUTTROP, C.; LAGERSTEDT, J. EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. **Journal of Cleaner Production**, 14, 2006. 1396--1408.
- MANKIW, N. G. **Introdução a Economia - Princípios de Micro e Macroeconomia**. [S.l.]: [s.n.], 2001.
- MARK, D. B. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. **The Journal of Systems and Software**, p. 571–583, 2007.
- MAXWELL, D.; VAN DER VORST, R. Developing sustainable products and services. **Journal of Cleaner Production**, 2003.
- MINNESOTA OFFICE OF ENVIRONMENTAL ASSISTANCE (MOEA). **Design for Environment- A competitive edge for the future**. Minnesota Pollution Control Agency (MPCA). [S.l.].
- MINNESOTA OFFICE OF ENVIRONMENTAL ASSISTENCE. **General Mills Inc. Chanassen Bakeries and Foodservice Plant: A case of study**. Design for the Environment Guide. Minneapolis.

MINNESOTA OFFICE OF ENVIRONMENTAL ASSISTENCE. **Medtronic: A case of Study**. Design for the Environment Guide. Minneapolis.

MOHER, D. A. Systematic reviews: when is an update an update? **The Lancet**, v. 367, p. 881-883, 2006.

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**, 2002. 247--257.

O'HARE, J. et al. **Adapting eco-innovation tool to the needs of the company: a case of study**. International Conference on Engineering Design. Stanford: [s.n.]. 2009.

PIGOSSO, D. C. A. **Integração de métodos e ferramentas do ecodesign ao processo de desenvolvimento de produtos**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. [S.I.]. 2008.

PIGOSSO, D.; GUELERE, A. **Proposta de roteiros para a sistematização do uso de métodos e ferramentas do ecodesign**. [S.I.]. 2007.

POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: [s.n.], 1975.

REEVES, L. M. **Guidelines for multimodal user interface design**. Communication of the ACM. [S.I.]. 2004.

RITZÉ, S.; LINDAHL, M. **Selection and implementation - Key activities to successful use of EcoDesign tools**. [S.I.]: IEEE. 2001.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**. [S.I.]: Saraiva, 2006.

SANTANA, N. B. **Responsabilidade socioambiental e valor da empresa: uma análise por envoltória de dados em empresas distribuidoras de energia elétrica**. EESC. [S.I.]. 2008.

SEBRAE, IBGE, MONAMPE. Mapa da Micro, Pequenas e Médias empresas no Brasil. <http://www.brasil.gov.br/empreendedor/empreendedorismo-hoje/o-mapa-das-micro-e-pequenas-empresas>, 01 Junho 2012.

SHAND, R. M. **User Manuals as Project Management Tools**. TRANSACTIONS ON PROFESSIONAL COMMUNICATION. [S.I.]: IEEE. 1994.

SOPHIE, E. B. Handling trade-offs in Ecodesign tools for sustainable product development and procurement. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, p. 1420-1430, 2006.

- STARKEY, R. Environmental management tools. In: HILLARY, R. **Small and Medium-Sized Enterprises and the Environment**. Sheffield: Greenleaf Publishing Limited, 2000.
- STEVENS, A. Five ways to be green and profitable. **The Journal of Sustainable Product Design**, v. 1, p. 81-89, 2001.
- SUTTON, A. J. et al. An encouraging assessment of methods to inform priorities for updating systematic reviews. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 62, p. 241-251, 2009.
- TILLEY, F. Small firms environmental ethics. In: HILLARY, R. **Small and Medium-Sized Enterprises and the Environment**. Sheffield: Greenleaf Publishing Limited, 2000. Cap. 2, p. 35-48.
- TIMMONS, D. M. **Building an eco-design toolkit at Kodak**. [S.l.]: IEEE. 1999.
- VAN HEMEL, C. G. **Design for Environment in Practice; Three Dutch industrial approaches compared**. NTVA Seminar Trondheim. [S.l.]: [s.n.]. 2001.
- VAN HEMEL, C.; CRAMER, J. Barriers and stimuli for ecodesign in SMEs, v. 10, p. 439-453, 2002.
- VAN WEENEN, H. **Design for Sustainable Development Practical Examples of SMEs**. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. Dublin. 1999.
- VAN WEENEN, J. C. Towards sustainable product development. **Journal of Cleaner Production**, v. 3, p. 95-100, 1995.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Sustainable Development: understanding the green debates**. [S.l.]: Blackwell Science, 2002.
- YARWOOD, J. M.; EAGAN, P. D. **Design for Environment Toolkit**. Minnesota Office of Environmental Assistance. Minneapolis.

APÊNDICE A: RESUMO DOS MÉTODOS/FERRAMENTAS

Este apêndice traz o resumo das ferramentas cadastradas durante a revisão sistemática de literatura.

Nome do método/ferramenta	Resumo
<p>A general methodology in Design for Environment based on entropy evaluation to generate a disassembly sequence</p>	<p>Foi desenvolvida uma metodologia genérica de ecodesign que apresenta considerações específicas para redução de entropia. A avaliação da entropia gera por sua vez uma sequência de desmontagem na qual eficiência e valor do material são altos e a responsabilidade por danos ambientais pequena. A metodologia também leva ao estabelecimento de métricas e diretrizes operacionais.</p>
<p>A scatter search approach to the optimum disassembly sequence</p>	<p>A ferramenta descrita é usada especificamente para determinação da sequência ótima de desmontagem de produtos complexos. Tem uma base metaheurística que permite economia de tempo e esforço computacional e se mostra vantajosa no contexto industrial onde é preferida uma solução boa e rápida do que uma ótima e lenta. O algoritmo desenvolvido foi testado com produtos fictícios.</p>
<p>A systematic evaluation model based on analytical network process (ANP)</p>	<p>É uma ferramenta para modelar decisões internas complexas para geração de poderosas forças externas. Seu foco central é no impacto de várias alternativas organizacionais nas principais práticas de negócio ambientalmente consciente incluindo: "design for environment", análise do ciclo de vida, gestão ambiental de qualidade total, gerenciamento verde de cadeia de suprimentos, e ISO 14000. Dessa forma é fornecida uma estrutura de análise estratégica compreensiva.</p>

ABC-Analysis	<p>Pode ser usada para análise de um produto. O produto é avaliado em 11 diferentes critérios e classificado em uma das seguintes notas: A= problemático, requer ação, B= médio, a ser observado e melhorado, C= inofensivo, não requer ação. Atua da perspectiva do ciclo de vida, de modo qualitativo fazendo prescrições concretas.</p>
ABCD-analysis	<p>Método tratado como framework pra desenvolvimento sustentável estratégico fomentando a inclusão no planejamento estratégico da companhia princípios da sustentabilidade. Os passos se desenvolvem da seguinte maneira: A, o grupo estuda as informações e instruções; B, uma análise da situação atual é realizada; C, possíveis soluções são listadas; D, as ações são priorizadas.</p>
Assessment method for ecodesign improvement options using global warming and economic performance indicators	<p>A ferramenta busca incluir o aspecto ambiental do ecodesign no design e, afim de superar a distância entre o designer e a equipe ambiental da empresa apresenta um formato monetário, mesclando custos externos da ocorrência do aquecimento como os custos do ciclo de vida do produto (LCC). Dessa forma é fornecido um indicador de valor único.</p>
Bayesian decision networks to life cycle engineering (design and manufacturing)	<p>O estudo desenvolve uma aplicação de uma rede de decisão Bayesiana para engenharia do ciclo de vida. Na estrutura para análise integrada do ciclo de vida estão envolvidas identificação de alternativas de design, descrição, alternativas para a manufatura, alternativas para manutenção, reciclagem e disposição. As variáveis de entrada no algoritmo são: 1)design, manufatura fim de vida e outras escolhas, 2)Medidas relativas de performance, 3)conveniência dos produtos em termos das medidas de performance, 4) Considerações econômicas.</p>

Case based reasoning	No primeiro estágio da metodologia busca-se escolher a estratégia de fim de vida a partir de um índice de casos. O segundo estágio visa estimar custos e benefícios da estratégia escolhida, dessa forma divide-se em dois passos no primeiro é traçada sequência de desmontagem e investigados os detalhes das operações, no segundo passo são feitas a estimativas de custo e benefícios baseadas no detalhamento obtido no passo anterior, além de prever ações como retalhamento, separação, recuperação de material e tratamento e disposição de resíduos.
Checklist baseada na ISSO 14062	Disposição de fatores ambientais chave na forma de questões, nas diversas fases do ciclo de vida. Elaborar no contexto do estudo da caso proposto são a primeira maneira de introdução do ecodesign para a equipe de design.
Comparing tools Philips Fast Five Awareness	A ferramenta é usada para julgar e comparar diferentes conceitos de produtos e relação a um produto referência. Cinco critérios são escolhidos: energia, potencial para reciclagem, resíduos perigosos, durabilidade/ potencial de reparo/ valor, alternativa para realizar serviço. Atua da perspectiva do ciclo de vida, de modo qualitativo fazendo prescrições concretas.
cycle value design and remanufacturing	

D4N	<p>O software D4N fornece uma análise do ciclo de vida integrada a todas as questões do fim de vida do produto, verificando os fatores econômicos e ecológicos nas alternativas de design. Integra-se a ferramenta CAD para extração dos dados para determinação de uma seqüência de desmontagem, removendo rapidamente os componentes mais importantes. A interação com o CAD permite a determinação dos relacionamentos e geração de um gráfico de relacionamentos. Os dados de design fornecidos pelo usuário são complementados por bases de dados contendo informações dos materiais, impactos ambientais, tratamentos de fim de vida e custos. Através dos gráficos e <i>guidelines</i> fornecidos pelo software o usuário pode escolher o design com a melhor seqüência de desmontagem.</p>
Design principles for ecological engineering	<p>A partir do trabalho de outros autores que estabeleceram princípios dentro do tema engenharia ecológica, foram propostos 5 princípios gerais para guiar aqueles que participam desse contexto. Os princípios são combinações de axiomas, heurística e sugestões (descritos em detalhe no estudo, podendo haver contradição): 1 faça um design consistente com os princípios ecológicos; 2 faça o design para um contexto local específico; 3 mantenha a independência do design dos requerimentos funcionais; 4 faça design para eficiência energética e de informação; 5 reconheça o valor e propostas que motivam o design.</p>
Disassemblability evaluation methodology	<p>Uma metodologia compreensiva de viabilizar a desmontagem é apresentada afim de possibilitar a incorporação de considerações de desmontagem durante o desenvolvimento dos produtos e permitir a avaliação quantitativa de parâmetros de design. Ao final da apresentação da ferramenta é feita uma simulação de uso para validação de sua funcionalidade.</p>

<p>Disassembly precedence matrix</p>	<p>Uma matriz que caracteriza os relacionamentos espaciais dos componentes para fins de desmontagem. Utiliza-se das seguintes premissas: uma parte não pode ser girada durante a desmontagem; uma parte só pode ser retirada em uma única direção; uma parte não pode ser deformada durante a desmontagem; a posição do restante das partes permanecem o mesmo enquanto uma parte é retirada; apenas uma parte é retirada por vez; uma parte só pode ser separada das demais se todas as condições anteriores forem satisfeitas. A partir desses primeiramente é determinada a direção de separação do componente, em seguida é feita a matriz de relacionamentos espaciais a partir da qual é gerada a sequência de desmontagem e por fim é criada a função de custo de desmontagem.</p>
<p>Disassembly sequence generation method</p>	<p>O método apresentados consiste de um algoritmo de programação linear que pode ser usado por sistemas maiores para realização de "disassembly". Sua criação baseia-se em desmontagem sequencial que divide o produto em subunidades e pode ser fomentada por diversos motivos como: manutenção e reparo, disponibilidade das subunidades para produção de novos produtos, remoção de partes para acesso a outras partes, disponibilidade de partes no reuso, remoção de contaminantes, cumprimento de regulamentos que requerem a remoção de partes ou substâncias, diminuição da quantidade de resíduo perigoso.</p>

Dominance Matrix or Paired Comparison	O propósito dessa ferramenta é estabelecer uma hierarquia de critérios e soluções em competição, demandas e um produto em competição ou requerimentos ecológicos em competição através de uma comparação sistemática entre as alternativas. Cada alternativa individualmente é comparada qualitativamente com todas as outras alternativas. Não atua da perspectiva de ciclo de vida, de aspecto qualitativo, não fazendo prescrições concretas.
Eco-compass	A ferramenta possibilita visualização de mapas que comparam os méritos ambientais do novo produto com o design original. Também fornecem pontos de partida para seções de "brainstorm"
EcoDesign Checklist	As listagens (checklists) ajudam a identificar os principais problemas ambientais ao longo do ciclo de vida de um produto. O usuário precisa avaliar se as soluções nas diretrizes são boas, indiferentes, ruins ou irrelevantes. Não está presente a perspectiva de ciclo de vida. A atuação é qualitativa e de prescrição não concretas.
Ecodesign Knowledge System	A ferramenta EKS procura promover a recuperação de informações mais relevantes para realização do ecodesign. São estabelecidos 3 domínios de conhecimento: domínio de produto, que aborda características genéricas ou específicas dos produtos; domínio de requerimentos, seção devotada as melhorias ambientais desejadas no ciclo de vida do produto; domínio de processo, aquele que agrega as ações a serem tomadas para conversão dos requerimentos em características de produto.
Ecodesign Knowledge System	

Eco-Design Tool	<p>A ferramenta é um software associado ao CAD que primeiramente levanta os aspectos de eco-eficiência desejados em seguida são encontra os aspectos de engenharia correspondente depois faz a aplicação do TRIZ para resolução das contradições formadas. Por fim são obtidos os princípios de inovação favoráveis.</p>
Eco-efficiency Parametric Screening	<p>A ferramenta Eco-PaS parte de parâmetros funcionais que são traduzidos a parâmetros técnicos para gerar ao fim aumento de eco-eficiência. No núcleo do sistema Eco-Pas encontra-se o E-CER's (<i>Eco-cost Estimating Relationships</i>) que e tem a função de realizar a avaliação da ecoeficiência durante o levantamento dos parâmetros técnicos. E-CER's estabelece eXpressões climáticas tendo o "eco-cost" como variável dependente de variáveis mais independentes de agentes que modificam o "eco-cost". O custo nesse conteXto não é representado necessariamente por valores monetários, mas também através de indicadores como: Ecoindicator, Category Indicator Score, Environmental Performace indicator.</p>
Eco-function matrix	<p>A ferramenta consiste de um relacionamento de um perfil de parâmetros ambientais correlacionado com um perfil funcional. Leva em consideração já nos primeiros estágios do design a complexa demanda ambiental, a realidade econômica e as possibilidades técnicas. O estrutura da matriz muda continuamente fornecendo contínuo "feedback" de onde o design se mantém ecológica e funcionalmente aos desenvolvedores de produto.</p>

Eco-indicator 95 method	<p>O Eco-indicator 95 foi o método aplicado para a etapa de análise de impacto ambiental da Análise do ciclo de vida (AVC/ LCA). Foi desenvolvido para ponderação de ACV para o desenvolvimento de produto. Sua função é agregar os resultados de AVC de maneira fácil inteligível e com números unidades amigáveis ao usuário.</p>
Eco-innovative product design based on life cycle planning	<p>É apresentada uma metodologia inovadora de ecodesign baseada no planejamento do ciclo de vida (LCP). Seu passo 1 consiste no planejamento do ciclo de vida (LCP), que se subdivide em 7 etapas: o plano mestre de produção e o planejamento de coleta de informações, especificação do alvo (QFD-I & eco-specification), estimativa preliminar de Fator X, geração de ideias a nível de produto usando TRIZ, avaliação de conceito a nível de produto, geração de ideias no nível de componente usando gráficos de opções de ciclo de vida, avaliação de conceito a nível de componente. O passo 2 consiste da encarnação dos conceitos e desenvolvimento dos detalhes, no passo 3 é efetivado o cálculo da avaliação do ciclo de vida (LCA), e por fim no passo 4 é calculado o Factor-X. Obs: semi-quantitativa, porém possui LCA que é quantitativo.</p>
Econcept Spiderweb	<p>Econcept Spiderweb pode ser usado para uma estimativa para decisão entre alternativas de design. O usuário define um conjunto de critérios apropriados para serem usado na estimativa . Para cada solução uma avaliação qualitativa dos critérios é feita e por fim fornecido um perfil ambiental para cada situação. Não está presente a perspectiva de ciclo de vida. A atuação é qualitativa e de prescrição não concretas.</p>

<p>Economical green product design based on simplified computer-aided product structure variation</p>	<p>Trata-se de um algoritmo para variação da estrutura do produto desenvolvido para associação com o software CAD. A variação automática da estrutura do produto acontece através da mudança da combinação de partes, da escolha de um método e sequência de montagem. Através de um algoritmo genético é desenvolvida uma abordagem metaheurística que permite a estimativa e avaliação dos custos de montagem e desmontagem. A prática inclui um mecanismo <i>Disassembly</i> precedência matriz (DPM) que permite o estabelecimento de uma via ótima de desmontagem.</p>
<p>ECO-optimal design of reuse and recycling network</p>	<p>A ferramenta foi desenvolvida para estabelecimento de reuso de frações líquidas dos processos gerando um ganho de efetividade no uso dos recursos. São abordados tanto o aspecto ambiental quanto o aspecto econômico através de uma rede de reuso e reciclagem. A ponderação ambiental é realizada pela aplicação de duas fases da análise do ciclo de vida (ACV/ LCA), o inventário e a avaliação de impacto.</p>
<p>Eco-roadmap</p>	<p>Ferramenta de representação gráfica que no contexto do PBEMS tem a finalidade de capturar requerimentos ambientais legais e de consumidores no curto e longo prazo. Através dessa ferramenta são priorizados os diversos motivadores do ecodesign e planejada a evolução do produto em relação aos requerimentos ambientais.</p>

Emergy accouting	<p>Ferramenta que se propõe a introduzir preocupações ambientais nas metodologias de ecodesign. Conta com bases científicas específicas e oferece índices que podem fornecer informações adicionais a respeito das cargas ambientais de um sistema e sua sustentabilidade. A contabilidade da emergia satisfaz a necessidade de inclusão a contribuição de ecossistemas, dado relativo ao trabalho humano e implementação de processos. Para completar a análise um investimento adicional de emergia é requerido pela biosfera para reparar danos, dispersar ou mitigar poluentes.</p>
Emergy tool for Ecodesign	<p>A ferramenta apresentada busca facilitar a integração e análise de demandas econômicas e ambientais. Baseia-se na contabilidade da emergia para assistir os designers facilitando a seleção de materiais e processos. A Emergia quantifica a quantidade de energia solar para a obtenção de um produto, ou seja , é a memória de toda energia solar consumidas durante todos os processos necessário para a produção de um produto . Para contabilidade da emergia são utilizados inventários de massa e energia previamente desenvolvidos para usuários de Análise do Ciclo de Vida (ACV/LCA).</p>

End Design Leading Sustainable Selection	<p>O software ENDLESS se propões a dar suporte aos tomadores de decisão e aos designer de produtos na escolha de alternativas com maior potencial de reciclagem. O modelo inserido no software utiliza um método de tomada de decisão e permite o cálculo do GRI Índice Global de Reciclagem que é obtido através da ponderação de três sub-índices: de Energia e Ambiente, Econômico e Tecnológico. A metodologia é especialmente é considerado pelos criadores capaz de atender bem especialmente as necessidades de pequenas e médias empresas.</p>
End-of-Life Design Advisor	<p>Primeiramente é pedido que o usuário avalie 6 características do produto baseadas no próprio produto e também no ambiente tecnológico. A partir das avaliações é sugerida a melhor estratégia de fim de vida que é posteriormente comparada à estratégia de fim de vida atual. Auxilia o redesign e fornece guidelines ao usuário.</p>
Enviromental Design Industrial Template	<p>A ferramenta elaborada para a fase de inventário da Análise do Ciclos de Vida. A fase do ciclo de vida dos produtos abordada pelo mecanismo do software é o aposento ou fim de vida. Seu mecanismo é auxiliado por um diagrama de árvore de montagem, que representa a coleção dos materiais e partes unidos nos processos produzindo partes mais complexas. São recebidos como dados de entrada pelo programa dados sobre as partes e processos. A partir do banco de dados gerado é possível o estabelecimento de inventário de fim de vida e definição de uma desmontagem de melhor desempenho econômico.</p>

Environmental design industrial template	<p>A ferramenta software, EDIT, considera fatores econômicos e de design para determinas fatores de fim de vida do produto. No programa o usuário fornece como dado de entrada um design e solicita uma análise dos efeitos das estratégias de fim de vida do produto. Partindo dos dados fornecidos é determinada uma sequência ótima de desmontagem. É possível simular alternativas de design e observar as alterações nos resultados no fim de vida do produto como as quantidades de material destinadas ao reuso, reciclagem, remanufatura ou disposição.</p>
Environmental design support tool	<p>EDST é uma ferramenta que da suporte às primeiras fases do design. A ferramenta é baseada em um modelo de desmontagem e um sistema de tomada de decisão e gerenciamento de banco de dados. O EDST consiste em extração do modelo de desmontagem, análise da capacidade de desmontagem do design em questão, avaliação de materiais e sugestões, e por fim a análise do potencial de reciclagem. A alternativa de design é avaliada em termos da sustentabilidade, que compreende seleção de materiais, potencia de reciclagem e análise de desmontagem (para a qual é calculado um indicador). Outro atributo do software é o calculo do consumo de tempo nas atividades de fim de vida.</p>
Environmental Objectives Deployment (EOD)	<p>O propósito da ferramenta é apresentar um relação entre a descrição técnica do produto (material, potencial de reparo, eficiência energética) e consideração ambientais (uso de materiais, redução no peso, uso de materiais recicláveis). Às considerações ambientais são conferidos pesos especificados pelo usuário. Não está presente a perspectiva de ciclo de vida. A atuação é qualitativa e de prescrições não concretas.</p>

Factor-X	<p>Metodologia Fator X é aplicada no estudo em questão através da plotagem de gráfico a partir do software LCPlanner com a finalidade de estimar o nível de inovação, atuando como razão de aumento da eco-eficiência.</p>
Funktionkosten	<p>A ferramenta Funktionkosten identifica alternativas de produtos com custo eficiente para desenvolvimento ou para estimativa de mudanças no custo como resultado da implementação de princípios ecológicos de design. As funções de produção gerais são descritas a para cada uma o custo é calculado para cada solução alternativa. Não atua da perspectiva do ciclo de vida, de modo quantitativo não fazendo prescrições concretas.</p>
Guidelines baseada na ISO 14062	<p>As diretrizes usadas no estudo de caso foram uma combinação de elementos encontrado na ISO/TR 14062, procedimento de design para manufatura, montagem, desmontagem e fim de vida (MADE), legislação de eletroeletrônicos, guia de ecodesign Smiths Group.</p>
Integrated deteriorating inventory model with green-component life-	<p>Foi desenvolvida uma política de inventário de produção considerando o valor do ciclo de vida de um componente-verde. O sistema de inventário ótimo foi desenvolvido para compreender a importância de fatores relacionados na política estabelecendo a influencia do custo dos componentes em uma cadeia de suprimentos verde semi-fechada. A análise de sensibilidade do modelo proposto tem o objetivo de ilustrar o efeito do "green design" e dos parâmetros-chave.</p>

LCA inventory Tool®	<p>A ferramenta computacional de inventário de avaliação do ciclo de vida (ACV/LCA) é usada para calcular a perfil carga ambiental do sistema de ciclo de vida de um produto de acordo com o conceito de avaliação do ciclo de vida. O programa teve início em 1992 no programa sueco de produtos e ecologia (PEP) dando suporte às indústrias suecas na avaliação do ciclo de vida. O software busca ser uma base de dados de LCA (biblioteca).</p>
LiDS-wheel	<p>A ferramenta fornece ao designer uma visão geral a respeito do potencial de melhoria ambiental. Oito estratégias de melhorias ambientais são utilizadas na ferramenta: seleção de matérias de baixo impacto, redução no uso de materiais, otimizar as técnicas de produção, otimização no sistema de distribuição, redução no impacto durante o uso, otimização do tempo de vida inicial, otimização do sistema de fim de vida e desenvolvimento de novos conceitos. Dados de um produto referência entram no diagrama e de acordo com as oito estratégias, opções de melhorias para o produto são identificadas. Atua da perspectiva do ciclo de vida, de modo qualitativo fazendo prescrições concretas.</p>
Life Cycle Assessment	<p>A Análise do ciclo de vida (ACV/LCA) permite a identificação de impactos ambientais por toda a cadeia de produção, e calcular a carga ambiental do ciclo de vida dos produtos, como emissão de gases estufa ou redução da camada de ozônio. Os dados da ACV ficam disponíveis apenas após o design detalhado, portanto se torna difícil quantificar o impacto ambiental dos produtos e processo antes desse estágio. Há também um grande número de maneiras conferir importância nos ACVs que tratam de materiais.</p>

<p>Life Cycle Cost</p>	<p>A análise do custo do ciclo de vida é avaliada os requerimentos ambientais num contexto de negócio. Os custo obtido é uma associação entre os tradicionais custos de manufatura e os custos para o consumidor e gerenciamento do fim de vida do produto. No estudo de caso apresentado não foram acrescentados custos implícitos ou pouco tangíveis. A análise foi realizada a partir de dois cenários, um nos EUA e outro na Alemanha, variando principalmente gastos para combustível e disposição de resíduos.</p>
<p>Life cycle engineering methodology applied to material selection</p>	<p>São utilizadas três dimensões para avaliação das alternativas de materiais no contexto da ferramenta apresentada, dimensão técnica, dimensão econômica e dimensão ambiental. Para cada material e para cada dimensão é calculado um índice de valor único. O indicador ambiental é derivado de uma análise do ciclo de vida (ACV/LCA), o indicador econômico de uma análise do custo do ciclo de vida (indo além do valor de mercado do produto e incorporando custos ambientais no uso e descarte) e o indicador técnico é calculado por um método convencional de matriz de decisão. Ao final do calculo dos índices o resultado é disposto em um diagrama ternário (contando com a três dimensões) e possibilitando a comparação das alternativas de materiais.</p>
<p>Life cycle impact assessment method based on endpoint modeling</p>	<p>O LIME é utilizado na análise do ciclo de vida (ACV/LCA) como método de avaliação de impacto. O método foi desenvolvido no Japão e mostrou possível uma análise com alto grau de transparência. Envolve as seguintes etapas: caracterização, onde cada categoria de impacto recebe um indicador; avaliação de dano, união dos indicadores em temas; ponderação, atribuição de pesos para cada área temática de impactos e calculo de um índice de valor único.</p>

Life cycle planning	<p>É uma metodologia realizado em nos primeiros estágios do desenvolvimento de produto que considera a qualidade o custo e aspectos ambientais simultaneamente. Consiste das seguintes etapas: o plano mestre de produção e o planejamento de coleta de informações, especificação do alvo (QFD-I & eco-specification), estimativa preliminar de Fator X, geração de ideias em nível de produto usando TRIZ, avaliação de conceito a nível de produto, geração de ideias no nível de componente usando gráficos de opções de ciclo de vida, avaliação de conceito a nível de componente. O uso de gráficos de análise de ciclos de vida é uma característica importante.</p>
Material Flow Analysis	<p>Método que aplica conceitos de ecologia industrial para estudar como fluxo de materiais e energia dentro, através e fora do sistema. É capaz de avaliar danos ambientais associados com a extração e derivação dos recursos a partir de seus ecossistemas naturais. Fatores de intensidade de materiais são multiplicados por cada entrada, respectivamente, acrescentando na quantidade total de fatores abióticos como água ou biótico como madeira. São utilizadas unidades físicas para descrever a quantidade de materiais que resultam da extração, produção, transformação, consumo, reciclagem, e disposição.</p>
Material, Energy and ToXicity matrix	<p>A proposta da ferramenta é encontrar os problemas ambientais mais importantes durante o ciclo de vida de um produto, e pode ser usada para definir diferentes estratégias para melhoria. Os problemas ambientais devem ser classificados nas categorias de ciclo de materiais (M), uso de energia (E) e emissões tóxicas (T).Atua da perspectiva do ciclo de vida, de modo qualitativo e qualitativo não fazendo prescrições concretas.</p>

MECO	<p>Uma estimativa do impacto ambiental de cada estágio do ciclo de vida (suprimento de materiais, manufatura, uso, disposição e transporte) é feita por cálculos e estimativas das quantidades de materiais, energia e compostos químicos. Materiais e energia são calculados como consumo de recursos. Impactos ambientais que não se encaixam nas categorias são colocados na categoria "outros". Atua da perspectiva do ciclo de vida, de modo qualitativo e qualitativo fazendo prescrições concretas.</p>
<p>Method for sustainable product development based on a modular system of guiding questions</p>	<p>O método visa a integração de aspectos sociais e ecológicos da sustentabilidade com uma perspectiva estratégica de negócio no desenvolvimento de produtos. Uma framework incluindo princípios ambientais, <i>ABCD analysis</i>, é combinada com um modelo padrão de processo de desenvolvimento de engenharia concorrentes. O método é constituído de : manual, modelo de desenvolvimento de produtos (PDP), uma matriz SPA (Sustainable Product Assessment) que gera questões-guia para identificação de substâncias e atividade críticas e gerar propostas de melhorias, uma matriz de priorização para dar suporte a avaliação e escolha das propostas.</p>

<p>Method to assess the adaptability of products</p>	<p>O método é avaliado a conformidade de um produto nos processos de montagem, manutenção, reparo, atualização e remanufatura. Também é possível identificar áreas com potencial de melhorias no design do produto. A representação da conformidade é feita por um indicador (métrica) que quanto mais próximo de 1, melhor a adaptação do design, e quanto mais próximo de 0, pior o design. A conformidade é composta por subíndices (submétricas) de remanufatura, manutenção, reparo e atualização. As submétricas são, por sua vez, subdivididas em subcritérios: partes, conectores, espacial, remanufatura, manutenção, reparos e atualização. Ao fim são fornecidas diretrizes para implementação das melhorias.</p>
<p>Method to estimate recycling potential of materials from waste home appliances</p>	<p>O método apresentado visa calcular o potencial de reciclagem de materiais de produtos de aplicação doméstica na Coreia. O resultado é apresentado sob a forma de um índice de valor único composto pela soma da nota ambiental e uma nota econômica, sendo essas notas previamente multiplicadas por pesos. A nota ambiental é calculada baseada na avaliação do ciclo de vida (ACV/ LCA) da reciclagem. O método foi aplicado experimentalmente a TV, refrigerador e máquina de lavar e ar condicionado.</p>

<p>Methodology of ecodesign for the development of more sustainable electro-electronic equipments</p>	<p>A proposta da ferramenta é desenvolver produtos eletroeletrônicos sustentáveis, levando os fatores ambientais em consideração desde etapa de geração de ideias até o produto final. São inclusos conceitos de design para manutenção (DfM), design para montagem (DfA) e design para desmontagem (DfD). A aplicação da ferramenta não é motivada pelo recebimento de incentivos fiscais mas também pela redução de impactos ambientais durante a extração de matérias primas e redução de materiais e componentes. Minimizando, assim, os custos de produção e reduzindo o preço final. O método é composto por quatro fases: (1) Fase de instrução, quando acontece a inserção das variáveis ambientais com definição dos requisitos e restrições; (2) Fase de desenvolvimento, fase analítica onde acontece o levantamento do estado da arte para acumulação de conhecimento a cerca dos pontos importantes; (3) Fase de projeção, tem o objetivo de sintetizar a informação adquirida e fazer os estabelecimento dos parâmetros de projeto; (4) Fase de comunicação, consiste da compilação dados adquiridos e produzidos.</p>
<p>Negotiation based collaborative tool for product design for component reuse</p>	<p>A ferramenta apresentada é um sistema de suporte de negociação voltado a design para reuso de componentes. Tendo em vista o ciclo de vida das tecnologias, o trabalho propõe que o reuso de componente não ocorra apenas entre produtos semelhantes visto que a tecnologia desses será inevitavelmente superada e substituída levando ao fim a possibilidade de reuso e perda dos componentes. É modelado em Java um sistema de decisão baseado em análise de utilidade e feita uma aplicação hipotética.</p>
<p>on life cycle planning</p>	

OneDFE	<p>OneDFE é a ferramenta de ecodesign usada o PBEMS para aplicar os conceitos de engenharia e minimizar os impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Através de suas diretrizes e checklists a ferramenta facilita a inovação assegurando que os princípios de ecodesign foram considerados. Fornece também um registro da aplicação dos conceitos que serve de base para audição do PBEMS.</p>
Philips STRETCH methodology	<p>Dá suporte a eco-inovação através de uma metodologia de 5 passos identificando as maiores oportunidades ambientais. O principal objetivo da ferramenta é incorporar aspectos ambientais na estratégia de negócio da empresa além de antecipar futuras oportunidades e ameaças. Prescreve em seu mecanismos várias seções de "<i>brainstorm</i>" em vários estágios do desenvolvimento de produto.</p>
Prescribing tools Strategy List	<p>Esta ferramenta pode ser usada para melhorar a performance ambiental de um conceito de um produto ou comparar diferentes conceitos de produtos. A ferramenta consiste de uma lista de sugestões para cada fase do ciclo de vida (manufatura, uso, reciclagem, disposição, distribuição) para melhorar a performance ambiental. As sugestões são baseadas nos critérios: otimizar entrada de material, otimizar uso de energia, reduzir a quantidade de terra ocupada, aumentar o potencial de serviço, reduzir poluentes, reduzir desperdício, reduzir emissões, reduzir riscos aos ambiente e à saúde. Atua da perspectiva de ciclo de vida de forma qualitativa fazendo prescrições concretas.</p>

<p>producer and consumer-based eco-efficiencies for the identification of key ecodesign issues</p>	<p>O método apresentado utiliza-se de cálculo da ecoeficiência para identificar questões-chave além dos aspectos ambientais. Para tanto são desenvolvidos dois índices ecoeficiência baseada no produto (PBEE), e ecoeficiência baseada no consumidor (CBEE). Por dados relacionados aos valores do produto para o produtor e para o consumidor são avaliados através da ferramenta (DEA), enquanto a quantificação dos impactos ambientais é quantificada pela análise do ciclo de vida (ACV/LCA). Para cálculo específico da fase do ACV, avaliação de impactos, é utilizada a ferramenta japonesa LIME.</p>
<p>Product Ideas Tree</p>	<p>A ferramenta dá apoio aos primeiros estágios da eco-inovação fornecendo um diagrama para disposição ideias originadas durante o processo caótico de geração de ideias. Sua proposta é a superação dos problemas de comunicação entre os diferentes atores durante o processo de desenvolvimento de produto. O diagrama desenvolvido posiciona as idéias de maneira hierárquicas possibilitando a partir da visualização geração estruturada de ideias.</p>
<p>Product life cycle planning</p>	<p>O programa estabelece uma maneira sistemática de satisfazer os requerimentos ambientais e dos consumidores com foco no aperfeiçoamento, manutenção, extensão da vida do produto, reuso de componentes e reciclagem de materiais. A inclusão dos requerimentos ambientais é feita pela análise do ciclo de vida (ACV/LCA) e a voz do consumidor é analisada pela ferramenta QFD.</p>

<p>Product-based environmental management system</p>	<p>Gerenciamento ambiental baseado no produto, PBEMS, é um método de ecodesign desenvolvido pela Lucent Technologies, empresa do ramo de hardwares de comunicação wireless. São aplicadas outras ferramentas de ecodesign, como eco-roadmapping, life cycle assessment e OpenDFE a fim de verificar cada geração dos produtos existentes em relação a seus predecessores em relação aos requerimentos ambientais. O método se devota ao atendimento dos requerimentos legais e de mercado além de visar estabelecer conformidade com a ISSO 14001.</p>
<p>Quantitative Environmental Impact Analysis</p>	<p>A ferramenta apresentada tem o formato computacional de funcionamento e estima de forma quantitativa um índice relacionado aos impactos de processo químicos. O programa desenvolvido calcula um índice geral e mostra o restante das informações em sete outros planos em um diagrama de árvore. A estrutura de cálculo é baseada numa combinação de um balanço de massa com um sistema de classificação por notas.</p>
<p>Recovery Systems modelling & Indicators Calculation Leading to End-of-Life-conscious Design</p>	<p>O método apresentado é uma maneira de estabelecer o potencial de recuperação, por reuso ou reciclagem, de produtos complexos (produzidos pelo setor automobilístico ou de eletroeletrônicos), possibilitando uma maneira de adequação a pressão legislativa de diretivas como a WEEE. Análises quantitativas científicas, diretrizes concretas são fornecidas respeitando a criatividade do time de designers. A análise é conduzida numa abordagem multicritério e multicenário, para simulação da recuperação de materiais.</p>

<p>RFM-based eco-efficiency analysis using Takagi-Sugeno fuzzy and AHP approach</p>	<p>A fim de quantificar a ecoeficiência no ecodesign com foco na fase de uso do produto são utilizados a análise RFM e um método de resposta do cliente. Nesse caso o R mede quanto tempo desde o uso de um produto-verde, F mede a frequência de uso do produto-verde e M o valor monetário gasto com o produto. Duas outras ferramentas integradas na prática é a AHP que tem função de comparar alternativas e tomada de decisão em análise, o sistema Takagi-Sugeno utilizado para análises não lineares gerando subsistemas lineares.</p>
<p>Ten Golden Rules</p>	<p>A partir da experiência como professor de um curso de pós-graduação em ecodesign Conrad Lutropp elaborou as diretrizes de senso-comum 'As dez regras de ouro'. O conjunto de regras mostra-se geral e deve ser adaptado ao contexto de aplicação. As regras são: 1: Não utilize substâncias tóxicas e, quando necessário, utilize ciclos fechados para as tóxicas; 2: Minimize o consumo de energia e recursos na fase de produção e transporte através de housekeeping; 3: Use características estruturais e materiais de alta qualidade para minimizar o peso dos produtos desde que não haja interferência na flexibilidade, resistência a impactos ou outras prioridades funcionais; 4: Minimize o consumo de energia e recursos na fase de uso, especialmente para produtos com os aspectos ambientais mais significativos nessa fase; 5: Promova reparos e atualizações, especialmente para produtos dependentes de sistemas, como celulares, computadores e Cd players; 6: Promova vida longa, especialmente para produtos com impactos ambientais significantes fora da sua fase de uso; 7: Invista em melhores materiais, tratamentos de superfície ou arranjos estruturais para proteger o produto de sujeira, corrosão e desgaste, assegurando, dessa forma, maior vida útil ao produto; 8: Organize atualizações, reparos e reciclagem através do acesso à habilidade, rotulagem, módulos, pontos de ruptura e manuais; 9: Promova a</p>

	<p>atualização, reparo e reciclagem através do uso de poucos, simples, reciclados, materiais não misturados e ligas; e 10: Use a menor quantidade possível de elementos de junção e use parafusos, adesivos, soldas, parafusos de pressão, travas geométricas, etc., de acordo com o cenário de ciclo de vida.</p>
<p>The Environmentally Responsible Product Assessment Matrix</p>	<p>A matriz é usada para estimar o potencia de melhoria da performance ambiental de um produto. Cada estágio do ciclo de vida (prémanufatura, manufatura, transporte, uso, reuso/reciclagem/disposição) é avaliado em relação a cinco critérios (escolha de material, uso de energia, resíduos sólidos, resíduos líquidos, resíduos gasosos). O impacto ambiental para cada um dos estágios do ciclo de vida é estimado classificando de 0 (maior impacto) a 4 (menor impacto). São usadas <i>checklists</i> para classificar os critérios. Atua da perspectiva do ciclo de vida, fazendo prescrições concretas.</p>

The ideal-eco-product approach	<p>O método baseia-se nas necessidades do usuário e parte da premissa que a avaliação do ciclo de vida (ACV/ LCA) não é suficiente para designar as melhorias ambientais de um produto. É dividido em duas fases, na primeira, 'versões extremas', o produtos dever satisfazer a critérios específicos como o estabelecimento das característica ideais para remanufatura. Na segunda fase as versões extremas contendo as características de cada requerimento específico deve ser unificada em um produto ideal que serve de guia na escolha das características do produto real.</p>
The Morphological BoX	<p>Não é considerada uma típica ferramenta de ecodesign, mas pode ser usada para encontrar soluções criativas. As soluções existentes são abertas em elementos, partes do produto. Para cada elemento propostas são descritas. As soluções alternativas par ao produto são criadas através da combinação de propostas para cada elemento. Não está presente a perspectiva de ciclo de vida. A atuação é qualitativa e de prescrição não concretas.</p>
The Situation Based Approach	<p>A partir das diretivas e normas ambientais é possível identificar a melhor estratégia de fim de vida. A ferramenta faz uso do desenho de cenários de fim de vida a partir dos quais traça os objetivos e gera informações que facilitarão as etapas de design conceitual, embodiment design e design de detalhes.</p>
TRIZ	<p>A metodologia TRIZ foi aplicada através da matriz de contradição com a finalidade de resolver contradições técnicas representadas pelos <i>trade-offs</i>. No caso do artigo em questão a matriz de contradições foi alimentada pelas contradições obtidas através do uso de QFD-I.</p>

Volvo's Black List, Volvo's Grey List, Volvo's White List	<p>O propósito é listar substância químicas que não deveriam ser usadas (<i>black list</i>), deveriam ser limitadas (<i>grey list</i>), no processo de produção da Volvo, ou substância químicas que podem ser críticas de um ponto de vista de saúde ou ambiental (<i>white list</i>). A "white list" também sugere alternativas, que de acordo com experiências de análises feitas na Volvo são menos danosas. Não está presente a perspectiva de ciclo de vida. A atuação é qualitativa e de prescrição concretas.</p>
Waste Input-Output hybrid LCA tool	<p>É utilizado o modelo de preço da ferramenta híbrida de Avaliação do Ciclo de Vida, WIO. A ferramenta tem uma identidade que equivale o valor das saídas ao custo total. Em seu modelo as cinco categorias de custo total estão presentes: custo dos bens de entrada; custo do descarte; custo de entrada do descarte de matérias; o rendimento da venda de materiais descartados; custo de entrada de fatores primários.</p>

APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO PARA A MATRIZ ECOFUNCIONAL

Esse apêndice contém o questionário adaptado de Lagerstedt (2003) que é necessário para uso da ferramenta Matriz Ecofuncional apresentada na seção 5.3.1.

Instrução

Para cada questão atribua um valor inteiro de 0 a 10 cujo significado é explicado em cada questão por faixas de valores (ex: 0 a 3).

Perfil funcional

A)Tempo de vida útil do produto – Qual é o tempo de vida útil esperado para o produto?

Explicação: A vida útil indica o tempo que o produto cumpre sua função principal, sem passar por reciclagem ou manutenção/reparo.

0 a 3: tempo de vida útil curto, geralmente produtos descartáveis;

4 a 6: tempo de vida útil significativo, inclui os bens de consumo;

7 a 10: tempo de vida útil dominante, incluindo produtos q podem sofrer atualização.

B)Tempo de uso do produto – Qual é o tempo de uso esperado para o produto?

Explicação: Tempo de duração da interação entre o usuário e o produto.

0 a 3: produtos usados por pouco tempo;

4 a 6: produtos com tempo de uso significante;

7 a 10: produtos com tempo de uso expressivo.

C)Confiabilidade do produto – Quão importante é para o produto que a sua função seja satisfeita completamente?

Explicação: Verificação do quão importante é o fato do produto atender à sua função, definida no cabeçalho da matriz. Para diferenciar Confiabilidade de segurança (item a seguir) observe o exemplo: um rádio de comunicação de bombeiros deve ter confiabilidade alta, pois vidas dependem do cumprimento de sua função enquanto a segurança não precisa ser tão alta uma vez que não oferece grandes riscos ao usuário.

0 a 3: não há grande importância se a função do produto não for atingida prontamente;

4 a 6: a confiabilidade do produto é importante, mas não crucial;

7 a 10: é essencial para o usuário e para a sociedade que a função principal do produto seja atingida quando necessário.

D) Segurança – Quão importante é a segurança do produto?

Explicação: Essa categoria envolve a segurança à saúde individual e pública envolvidas no cumprimento da função do produto. Por exemplo, o uso de materiais tóxicos eleva o risco à saúde pública e do usuário.

0 a 3: produtos que não são perigosos para o homem;

4 a 6: a segurança do produto é importante, mas não crucial;

7 a 10: a quebra ou o mau-funcionamento do produto pode levar à morte do usuário ou acidentes graves.

E) Interação Homem/Máquina – Qual é a interação homem/máquina esperada para o produto?

Explicação: Nessa questão é relacionada à importância da estética, ergonomia e entendimento da operação, que são importâncias sub-funcionais, isto é, não diretamente ligadas à função. Por exemplo, para uma cadeira a relação homem/máquina deve receber valor alto devido ao envolvimento da ergonomia e estética, já um semáforo não receberia um alto valor para o mesmo parâmetro, uma vez que estética e ergonomia não são características importantes. Em caso de dúvida quanto ao “homem” referencial para a questão adotar o usuário estabelecido no cabeçalho da matriz.

0 a 3: a interação homem/máquina é de baixa importância;

4 a 6: há interação do produto o usuário;

7 a 10: o produto existe principalmente pela sua estética e ergonomia.

F) Preço – Qual é a sensibilidade da venda do produto em relação ao seu preço?

Explicação: Medição do quão sensível é o mercado consumidor ao aumento do preço do produto.

0 a 3: a venda do produto é independente do preço;

4 a 6: a venda do produto é dependente do seu preço;

7 a 10: a venda do produto é extremamente sensível ao seu preço.

G) Flexibilidade Técnica – Quão fortes são as demandas de flexibilidade técnica do produto?

Explicação: Questão relacionada à atualização, reparo e manutenção do produto.

0 a 3: o produto não é dependente de manutenção ou atualização;

4 a 6: a manutenção e atualização são importantes para o produto;

7 a 10: a manutenção e a atualização do produto são muito importantes.

H) Demanda Ambiental - Quão fortes são as demandas ambientais do produto?

Explicação: Relaciona os interesses da sociedade, ONGs e legislações nos aspectos ambientais do produto. Para melhor classificar o produto, fazer a medição de sua demanda ambiental perante todos os demais produtos existentes.

0 a 3: as demandas ambientais são nulas ou muito baixas;

4 a 6: as demandas ambientais são importantes;

7 a 10: as demandas ambientais são tão importantes que caracterizam o produto.

Perfil ambiental

K) Número de produtos produzidos por ano – Qual é a produção esperada de produtos por ano?

Explicação: É verificada a quantidade de produtos que se espera produzir, o que mede indiretamente impactos do ciclo de vida do produto.

- 0: menos de 10 unidades;
- 1: 10 a 100 unidades;
- 2: 100 a 1000 unidades;
- 3: 1.000 a 5.000 unidades;
- 4: 5.000 a 10.000 unidades;
- 5: 10.000 a 50.000 unidades;
- 6: 50.000 a 100.000 unidades;
- 7: 100.000 a 500.000 unidades;
- 8: 500.000 a 1 milhão de unidades;
- 9: 1 a 5 milhões de unidades;
- 10: mais de 5 milhões de unidades.

L) Massa – Qual é a massa do produto?

Explicação: A massa do produto oferece medida indireta de impactos causados no consumo de matéria prima, transporte e quantidade de resíduos gerados com disposição no fim de vida.

- 0: menos que 1g;
- 1: 1 a 10g;
- 2: 10g a 1kg;
- 3: 1 a 5 kg;
- 4: 5 a 20 kg;
- 5: 20 a 100 kg;
- 6: 100 a 500 kg;
- 7: 500 kg a 1,5 ton.;

8: 1,5 a 20 ton;

9: 20 a 100 ton;

10: mais que 100 ton.

M)Número de materiais diferentes – Qual é o número esperado de diferentes materiais no produto?

Explicação: A maior quantidade de materiais dificulta a reciclagem, portanto é um aspecto importante no perfil ambiental de um produto.

0: 1 material único;

1: 2 materiais diferentes;

2: 3 materiais diferentes;

3: 4 materiais diferentes;

4: 5 materiais diferentes, sendo a maioria de fácil identificação;

5: 5 a 10 materiais diferentes, sendo a maioria de fácil identificação e alguns não;

6: 10 a 15 materiais diferentes, sendo a maioria de fácil identificação e alguns não;

7: 15 a 20 materiais diferentes, sendo a maior parte não facilmente identificável;

8: 20 a 25 materiais diferentes, sendo a maior parte não facilmente identificável;

9: mais de 25 materiais diferentes, sendo a maior parte não facilmente identificável.

N)Mistura de materiais – Qual é a mistura de materiais esperada no produto?

Explicação: Outro fator que dificulta a reciclagem é a mistura de materiais que com alto grau de mistura, mesmo em pequena diversidade, prejudicam a separação, desmontagem e reaproveitamento.

0: Produtos de material único que não precisa ser separado;

1: materiais são facilmente separáveis;

2: materiais ainda são puros e de fácil separação, mas pode precisar de instruções de desmontagem;

3: materiais de fácil separação, mas demandam tempo e necessitam de informações para desmontagem;

- 4: a desmontagem não é realizada facilmente, algumas ferramentas ou informações extras são necessárias;
- 5: a separação do material requer ferramentas e informações extras;
- 6: conhecimentos sobre a desmontagem do produto e ferramentas são necessários;
- 7: bons conhecimentos sobre a desmontagem do produto, diferentes informações, informações adicionais e ferramentas são necessários;
- 8: a desmontagem e separação do material requerem empresas certificadas;
- 9: a desmontagem e a separação requerem grande conhecimento da tecnologia de separação;
- 10: pode não ser possível desmontar o material e muitos materiais não podem ser separados.

O) Materiais Escassos – Quão raros são os materiais utilizados no produto?

Explicação: Materiais escassos devem ser observados para medição no uso dos recursos naturais, exemplos elementos escassos são ouro (Au), cádmio (Cd), cobalto (Co), gálio (Ga), germânio (Ge), índio (In), lítio (Li), níquel (Ni), rutênio (Ru), selênio (Se), telúrio (Te) e vanádio (V), outro exemplo muito importante de material escasso são os metais de terras raras presentes nas placas de e capacitores de eletrônicos como o Scandium (Sc), Yttrium (Y), Lanthanum (La), Cerium (Ce), Praseodymium (Pr), Neodymium (Nd), Promethium (Pm), Samarium (Sm), Europium (Eu), Gadolinium (Gd), Terbium (Tb), Dysprosium, (Dy), Holmium (Ho), Erbium (Er), Thulium (Tm), Ytterbium (Yb), Lutetium (Lu). Lembrando que eletroeletrônicos possuem quase todos os componentes da tabela periódica.

- 0: materiais escassos não são usados;
- 1 a 3: poucos materiais escassos são usados, mas nenhum deles é extremamente raro;
- 4 a 5: um material corresponde a menos de 4ppm na crosta terrestre é usado como elemento traço;
- 6 a 7: alguns (2 a 3) materiais raros são usados como elementos traço e os seus efeitos no ambiente e na saúde não são completamente conhecidos;
- 8 a 9: alguns (3 a 5) materiais raros são usados e o produto pode conter outros materiais raros;

10: muitos materiais extremamente raros são usados, e eles são de difícil contagem; a toxicidade desses materiais ainda não é conhecida.

P)Material Tóxico – Quantos materiais tóxicos diferentes serão utilizados?

Explicação: São considerados materiais tóxicos aqueles que possuem alta toxicidade para o ambiente e para o homem. Referências quanto à toxicidade de materiais podem ser encontradas em pesquisas, relatórios de órgãos públicos, entre outros. Tendo acesso a essas informações é comum às empresas reuni-las a todos os outros requisitos, como os legais e os mercadológicos, e elaborarem um posicionamento interno. Um exemplo são as listas de materiais proibidos, restritos e recomendados elaboradas pela Volvo, cujos links são mostrados a seguir.

<http://www.tech.volvo.com/std/docs/100-0004.pdf>

<http://www.tech.volvo.com/std/docs/100-0003.pdf>

<http://www.tech.volvo.com/std/docs/100-0002.pdf>

0: materiais tóxicos não são utilizados (não fazem parte das listas negras e cinzas);

1 a 3: alguns materiais da lista cinza são utilizados;

4 a 5: pelo menos um material da lista negra é utilizado e alguns da lista cinza;

6 a 7: materiais da lista negra são utilizados e alguns da lista cinza;

8 a 9: pelo menos um material muito tóxico para a saúde e para o meio ambiente é utilizado;

10: muitos materiais muito tóxicos para a saúde e para o meio ambiente são utilizados.

Q)Consumo de Energia na fase de uso – Qual é o consumo de energia pelo produto esperado em um ano?

Explicação: O produto deve ter seu consumo de energia avaliado para que seja verificado seus impactos nas fontes geradoras de energia durante o uso.

0: menos de 1Wh/ano;

1: 1 a 10 Wh/ano;

2: 10 a 100 Wh/ano;

3: 100 a 1000 Wh/ano;

- 4: 1 a 100 kWh/ano;
- 5: 100 a 1000 kWh/ano;
- 6: 1 a 10 MWh/ano;
- 7: 10 a 100 MWh/ano;
- 8: 100 a 1000 MWh/ano;
- 9: 1 GWh/ano a 1 TWh/ano;
- 10: mais de 1TWh/ano.

R) Impacto Ambiental da Fonte de Energia – Quão impactantes são as fontes de energia utilizadas durante o uso do produto?

Explicação: A energia elétrica pode ser proveniente de fontes mais ou menos poluentes, portanto deve ser considerada.

- 0 a 2: produtos que não consomem energia ou utilizam fontes de energia renováveis;
- 3 a 5: a fonte de energia utilizada para a fase de uso causa um impacto ambiental significativo;
- 6 a 10: a fonte de energia utilizada na fase de uso é não renovável e causa um impacto ambiental dominante.

APÊNDICE C: DICAS PARA ANÁLISE DAS RELAÇÕES DA MATRIZ ECOFUNCIONAL - Material adaptado (LAGERSTEDT, 2003)

Este apêndice complementa a ferramenta Matriz Ecofuncional (seção 5.3.1) e o apêndice B, Questionário para a Matriz Ecofuncional. O mesmo apêndice foi formulado em resposta às dúvidas geradas na aplicação piloto do roteiro relacionado, com alunos de engenharia. Seu objetivo é esclarecer possíveis dúvidas no preenchimento do questionário e, por conseguinte da matriz.

Todo o conteúdo apresentado foi adaptado da tese de doutorado de Lagerstedt (2003), na qual além da ferramenta Matriz Ecofuncional é possível encontrar a discussão de algumas relações entre os tópicos do perfil funcional e perfil ambiental, facilitando ao usuário a aplicação da matriz. A seguir é apresentada uma adaptação dessas discussões.

Vida útil (A) x Tempo de uso (B)

Existe uma forte ligação entre o tempo de uso e a vida útil. As expressões tempo de uso e vida útil podem ser confundidas. Produtos com vida útil dominante (muito longa) e tempo de uso mínimo, são produtos que não mantêm o interesse do consumidor, apesar da permanência do produto em boas condições de funcionamento.

A combinação de vida útil e tempo de uso dominantes, significa que o produto é usado até quebrar, após um longo tempo. Por exemplo, relógios de pulso valiosos, passados de geração em geração em uma família, seriam classificados com 10 em vida útil e tempo de uso.

A combinação de vida útil mínima (muito curta) e tempo de uso mínimo indica que o produto possui uma vida curta e um uso mais curto ainda. No entanto, um produto de vida curta é frequentemente usado durante toda a vida útil e às vezes mais, o que seria indicado pela combinação de mínima vida útil e mínimo tempo de uso, porém com grande valor econômico para o tempo de uso. Por exemplo, uma escova de dentes descartável, é frequentemente usada mais do que uma vez.

O maior benefício para o meio ambiente (uso racional dos recursos, mais economicamente vantajoso) é alcançado quando a vida útil e o tempo de uso são os

mesmos, fazendo com que os dois possuam a mesma extensão, recebendo, portanto, o mesmo valor.

Confiabilidade (C) x Segurança (D)

Segurança é similar com confiança, ambas as categorias possuem o componente vida humana, porém não precisamente com o mesmo significado. Por exemplo, produtos que apresentam grande prioridade na confiança como o rádio de comunicação de bombeiros precisam ser seguros para o usuário, porém uma falha do produto em si não prejudicaria muito o usuário. Desde que vidas de pessoas dependam deste produto, alta confiabilidade é crucial para sua existência. Em outras palavras, fracasso da função principal implica em perigo, mas a falha do produto em si não é perigosa para o usuário. Pode-se dizer, portanto, que a categoria confiabilidade (ou confiança) corresponde à segurança relacionada à função e que a categoria de segurança corresponde a segurança relacionada aos produtos.

A obtenção dos níveis "desejados" de confiabilidade e segurança depende do entendimento do que é aceitável, confiável e seguro para o cliente e a sociedade.

Outro exemplo é uma ambulância e um carro para transporte. A ambulância, que pode ser considerado como um produto de salvamento. Desta forma precisa ter uma alta confiabilidade em termos de segurança. Ao mesmo tempo tem que ser segura, pode-se por outro lado, esperar que os motoristas de ambulância sejam qualificados; ilustrando por um valor médio de segurança. Ao carro, pelo contrário, deve ser atribuído um valor muito inferior na confiabilidade e um alto valor à segurança, pois as consequências de uma falha do produto ou de um acidente está relacionado a segurança do produto e não a função principal. Em partes e alguns componentes do carro, por exemplo, freios e suspensão da roda exigem alta confiabilidade para garantir a segurança do carro.

Interação homem-máquina (E)

Interação homem-máquina é uma categoria que nem sempre é analisada com cuidado pelo cliente, especialmente a ergonomia e a semiótica, mesmo que ele possa acreditar que essas características sejam muito importantes. Por exemplo, ao se perguntar aos clientes se o design ergonômico é uma funcionalidade importante para painéis, a resposta é geralmente afirmativa, entretanto provavelmente a

ergonomia não seria considerada como um fator importante quando estes clientes realmente compram painéis. Portanto, à ergonomia poderia ser atribuída um valor baixo para painéis.

Preço(F)

O preço de mercado aproximado não deixa de ser importante, embora possa ser difícil de analisar e avaliar nas fases iniciais de concepção de um produto novo, sem um mercado já estabelecido ou competição.

Flexibilidade técnica (G)

A flexibilidade técnica é prestação de serviços de reparo de manutenção e pode envolver a assinatura de contratos o que se relaciona ao aspecto econômico. Esse aspecto é fortemente relacionado à vida útil de muitos produtos.

Demanda ambiental (H)

Mesmo que essa categoria possa não vir a contribuir para a funcionalidade e a venda do produto, ela certamente contribui para seu apelo ao consumidor. Caso esse aspecto se relacione com a funcionalidade e capacidade de venda do produto isso significa que existe uma demanda para que o produto seja reciclado e/ou sua tecnologia seja adaptada ao meio ambiente.

Número de produtos produzidos por ano (K)

Identificar o número de produtos produzidos por ano é muito importante para esclarecer a responsabilidade da companhia relacionada a seus fornecedores e sub fornecedores. Um problema comum é que as companhias não são inteiramente responsáveis pela cadeia produtiva (usando matérias partes e peças produzidas em outras companhias) sendo fácil para a companhia afirmar que determinado aspecto não é sua responsabilidade.

Massa (L)

Essa categoria é fortemente relacionada ao número de produtos produzidos anualmente, uma vez que é a combinação entre número de produtos e tamanho do produto que reflete o verdadeiro consumo material da produção. Uma possibilidade

seria multiplicar o valor da categoria K pelo da categoria L para ter uma indicação do recurso material usado.

Número de materiais (M)

Finalmente é possível combinar o impacto ambiental do número de produtos produzido anualmente, a massa do produto e o número de materiais usados, significando a intensidade material do produto (o recurso material usado). Além disso, o número de diferentes materiais é fortemente relacionado ao grau de mistura dos materiais N.

Mistura de materiais (N)

Juntos o número de materiais e seu grau de mistura, informam sobre a distribuição dos materiais no produto.

A estrutura do produto é importante para possibilitar as atividades desmontagem e reciclagem. Características essenciais são os diferentes impactos ambientais dos materiais (Mas como este conceito aborda a avaliação dos primeiros estágios do desenvolvimento do produto e a situação do designer é delicada, uma abordagem mais simples foi selecionada na EcoFunction matrix, identificando o número de materiais diferentes sem a necessidade de conhecimento ambiental específico. Informações mais detalhadas sobre as diferentes influências ambientais dos materiais podem ser contabilizadas nas fases posteriores do processo de desenvolvimento do produto. Esta categoria é especialmente importante se o produto inclui materiais raros (O) ou tóxicos (P), que devem ser reciclados.

Materiais raros (O)

Materiais escassos, muitas vezes são tóxicos também, mas não necessariamente. Esta categoria também, em muitos casos, está relacionada ao número de unidades produzidas por ano.

Materiais tóxicos (P)

Na ausência de uma lista de materiais completa e pertinente, as listas branca, cinza e preta da Volvo serão adotadas.

Energia (Q)

O consumo de energia pode ter forte vínculo com o número de produtos produzidos anualmente, uma vez que a combinação entre número de produtos produzidos e consumo de energia reflete o total de energia que será consumida na fase de uso dos produtos. No caso do consumo material total é possível multiplicar o valor da categoria (K) com o valor da categoria (Q) para obter uma indicação do total da energia utilizada. Além disso, o consumo de energia não está apenas relacionado ao impacto ambiental, mas também tem uma forte ligação ao preço, uma vez que o consumo de energia é um importante custo de produção.

Impacto ambiental da fonte de energia (R)

Esta é uma questão fortemente influenciada pela política do país estando em constante debate, e, portanto, necessita de atualização regular de pesquisas, leis e regulamentos relacionados. Muitas vezes pode ser difícil determinar qual fonte(s) de energia é usada(s). Por exemplo, se um produto consome energia elétrica na fase de uso, não é claro qual é a fonte de energia que está sendo usada (ou a combinação de diferentes fontes de energia), pois depende da matriz de energia elétrica do país (por exemplo, as parcelas de energias eólica, hídrica, energia nuclear, entre outras). Além disso, existem produtos que utilizam um conjunto combinado de fontes de energia, por exemplo, carros híbridos utilizando tanto a gasolina quanto eletricidade.

APÊNDICE D: CASO DE APLICAÇÃO DA MATRIZ ECOFUNCIONAL

Durante a avaliação do roteiro da Matriz Ecofuncional foi levantada a necessidade de um exemplo de aplicação da ferramenta que pudesse sanar dúvidas e dar diretrizes de uso. Para tanto foi feita adaptação de um caso de aplicação da ferramenta apresentado pela autora em sua tese de doutorado complementando o roteiro na seção 5.3.1 e os apêndices B e C.

A seguir é apresentada a aplicação da Matriz Ecofuncional para um equipamento de rádio comunicação para bombeiros (LAGERSTEDT, 2003).

Primeiramente foi respondido o perfil funcional do produto:

1)Tempo de vida útil do produto – Qual é o tempo de vida útil esperado para o produto?

Resposta: 8

Comentário: A vida útil do produto é de cerca de 30 anos

2)Tempo de uso do produto – Qual é o tempo de uso esperado para o produto?

Resposta: 10

Comentário: O equipamento sofre uso contínuo até se quebrar.

3)Confiabilidade do produto – Quão importante é para o produto que a sua função seja satisfeita completamente?

Resposta: 10

Comentário: É muito importante que o equipamento seja confiável, pois vidas dependem do cumprimento de sua função.

4)Segurança – Quão importante é a segurança do produto?

Resposta: 2

Comentário: Caso o equipamento falhe no cumprimento de sua função, não ferirá o usuário.

5)Interação Homem/Máquina – Qual é a interação homem/máquina esperada para o produto?

Resposta: 4

Comentário: Ergonomia é importante, porém a estética não é importante.

6) Preço – Qual é a sensibilidade da venda do produto em relação ao seu preço?

Resposta:0

Comentário: É um equipamento que é adquirido normalmente por governos e não deixa de ser comprado.

7) Flexibilidade Técnica – Quão fortes são as demandas de flexibilidade técnica do produto?

Resposta:7

Comentário: Manutenção é muito importante, com reparo rápido.

8) Demanda Ambiental - Quão fortes são as demandas ambientais do produto?

Resposta:3

Comentário: No presente a responsabilidade entendida do produtor é baixa.

O perfil funcional apresentado demonstra que o rádio é usado continuamente até que esteja já gasto, sua vida útil é longa, está sujeito a uso muito freqüente ao longo do dia. Ergonomia e fácil entendimento da operação são características importantes, mas a estética não é relevante. A capacidade de manutenção e reparo deve ser alta durante a fase de uso do produto. Suas demandas ambientais são baixas no presente, retratada pela pouca prática da logística reversa no Brasil. O preço do produto tem pequena importância, e ele nunca é deixado de comprar em função de seu preço. A segurança do produto não é muito importante pois o não cumprimento da função não feriria o usuário, porém a confiabilidade deve ser alta uma vez que vidas dependem do bom funcionamento do equipamento.

A seguir será respondido o perfil ambiental do produto, para tanto foi utilizada como base a lista negra de matérias do governo suíço e as listas negra, cinza e branca da Volvo.

9) Número de produtos produzidos por ano – Qual é a produção esperada de produtos por ano?

Resposta: 4

Comentário: 10.000 unidades produzidos por ano na Europa.

10) Massa – Qual é a massa do produto?

Resposta: 1

Comentário: 0,5kg

11) Número de materiais diferentes – Qual é o número esperado de diferentes materiais no produto?

Resposta: 7

Comentário: Principalmente grande número de metais.

12) Mistura de materiais – Qual é a mistura de materiais esperada no produto?

Resposta: 7

Comentário: Alto grau de mistura de materiais.

13) Materiais Escassos – Qual a raridade dos materiais utilizados no produto?

Resposta: 6

Comentário: alguns materiais escassos são usados nos componentes eletrônicos.

14) Material Tóxico – Quantos materiais tóxicos diferentes serão utilizados?

Resposta: 3

Comentário: Níquel e cádmio estão presentes nas baterias. No equipamento são encontradas ligas de cobre, além de retardantes de chama bromados.

15) Consumo de Energia na fase de uso – Qual é o consumo de energia pelo produto esperado em um ano?

Resposta: 3

Comentário: O equipamento quando está carregando as baterias usa aproximadamente 300Wh/ano.

16) Impacto Ambiental da Fonte de Energia – Quão impactantes são as fontes de energia utilizadas durante o uso do produto?

Resposta: 4

Comentário: Usa baterias recarregáveis de níquel e cádmio.

O perfil ambiental indica que o a quantidade de material e energia gasta por produto é baixa, devido ao produto ser leve e ter um volume pequeno, relacionados a uma produção anual de 10 mil unidades. Porém o rádio contém vários tipos de materiais que estão muito misturados o que faz a reciclagem mais difícil. Além disso, alguns metais escassos são usados nas unidades eletrônicas e alguns metais estão na lista negra da Volvo. O consumo de energia pode ser dito baixo, uma vez que o uso de energia da bateria é baixo, e mesmo considerando o período de recarga esse consumo pode ser dito baixo.

PRODUTO: rádio comunicador de bombeiros Usuário: bombeiro Função: receber chamadas de pedidos de socorro e fazer comunicação entre as unidades de resgate e a central.	Respostas	A) Vida Útil	B) Tempo de uso	C) Confiabilidade	D) Segurança	E) Homem-máquina	F) Economia	G) Flexibilidade técnica	H) Demanda ambiental	K) Número de produtos	L) Tamanho	M) Número de materiais	N) Mistura de materiais	O) Materiais raros	P) Materiais tóxicos	Q) Consumo de energia	R) Fontes de energia
Respostas	8	10	10	2	4	0	7	3	4	1	7	7	6	3	3	4	
A) Vida Útil	8																
B) Tempo de uso	10	C															
C) Confiabilidade	10																
D) Segurança	2			X													
E) Homem-máquina	4			X													
F) Economia	0	X				X											
G) Flexibilidade técnica	7	C	C	C	X		X										
H) Demanda ambiental	3		X				X	X									
K) Número de produtos	4	X	X			X	X										
L) Tamanho	1					X	X										
M) Número de materiais	7					X	X				X						
N) Mistura de materiais	7	C	C	C		X	X	C	X	X	X						
O) Materiais raros	6	C		C			X	C	X		X						
P) Materiais tóxicos	3	X		X			X		X								
Q) Consumo de energia	3	X	X				X		X								
R) Fontes de energia	4						X		X		X	X	X		X	X	

Essa matriz revela os seguintes pontos críticos:

- Grande mistura de metais com um grande número de unidades eletrônicas, causando o impacto ambiental mais significativo.
- Vida útil longa com longos períodos de uso com confiabilidade e capacidade de manutenção como requisitos.

Através dessas informações é possível afirmar que existem oportunidades para melhorar a performance ambiental do produto através de práticas que reduzam o impacto ambiental do produto relacionado às os pontos críticos levantados:

- Redução do número de materiais e/ou grua de mistura, com oportunidades de facilitar sua separação no fim de vida. Possibilidade de aplicação de design para desmontagem
- Identificação dos possíveis impactos da manutenção uma vez que o produto tenha vida útil longa como esperado. Garantia de fornecimento de peças para que a vida-útil não seja descontinuada.

APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO PARA A MATRIZ DE DFE

O apêndice traz o questionário adaptado de Yarwood e Eagan para a ferramenta Matriz de DfE presente na seção 5.3.2.

A – Pré-manufatura

Responda as questões de A1 a A5 escolhendo uma das 5 alternativas (a,b,c,d ou e)

A.1: Pré-manufatura X Materiais

Qual porcentagem dos fornecedores da sua empresa responsáveis por este produto ou componente possui um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em andamento?

- a) 1 a 5% = 2 pontos
- b) 6 a 25% = 3 pontos
- c) 26 a 50% = 4 pontos
- d) >50% = 5 pontos
- e) 0% ou desconhecido = 0 pontos

Pontos totais para o elemento A1 da matriz:

A.2: Pré-manufatura X Consumo de Energia

Qual porcentagem dos fornecedores da sua empresa responsáveis por este produto ou componente possui práticas de conservação de energia formais em andamento?

- a) 1 a 5% = 2 pontos
- b) 6 a 25% = 3 pontos
- c) 26 a 50% = 4 pontos
- d) >50% = 5 pontos
- e) 0% ou desconhecido = 0 pontos

Pontos totais para o elemento A2 da matriz:

A.3: Pré-manufatura X Resíduos Sólidos

Qual porcentagem dos fornecedores da sua empresa responsáveis por este produto ou componente possui ISO 9000 ou ISO 14000 em andamento ou regularmente publicam relatórios ambientais da empresa?

- a) 1 a 5% = 2 pontos
- b) 6 a 25% = 3 pontos
- c) 26 a 50% = 4 pontos
- d) >50% = 5 pontos
- e) 0% ou desconhecido = 0 pontos

Pontos totais para o elemento A3 da matriz:

A.4: Pré-manufatura X Efluentes Líquidos

Qual porcentagem dos fornecedores da sua empresa para este produto ou componente possui um programa de conservação da água?

- a) 1 a 5% = 2 pontos
- b) 6 a 25% = 3 pontos
- c) 26 a 50% = 4 pontos
- d) >50% = 5 pontos
- e) 0% ou desconhecido = 0 pontos

Pontos totais para o elemento A4 da matriz:

A.5: Pré-manufatura X Emissões Gasosas

Qual porcentagem dos fornecedores da sua empresa para este produto ou componente possui um programa formal em andamento para a minimização das emissões gasosas?

- a) 1 a 5% = 2 pontos
- b) 6 a 25% = 3 pontos
- c) 26 a 50% = 4 pontos
- d) >50% = 5 pontos
- e) 0% ou desconhecido = 0 pontos

Pontos totais para o elemento A5 da matriz:

B – Manufatura

B.1: Manufatura X Materiais

Para esse produto ou componente:

	Sim	Não
1. O uso de materiais recicláveis no seu produto é o maior possível?	1	0
2. Os materiais perigosos foram evitados ou minimizados?	2	0
3. A quantidade de material utilizado foi minimizada?	1	0
4. O número de diferentes tipos de materiais que são usados foi minimizado?	1	0

Pontos totais para o elemento B1 da matriz:

B.2: Manufatura X Consumo de Energia

Para esse produto ou componente:

	Sim	Não
1. O processo de manufatura minimiza o uso intensivo de energia dos processos?	2	0
2. Os processos de manufatura usam co-geração, troca de calor ou outras técnicas para utilizar a energia que seria desperdiçada?	2	0
3. O transporte entre a manufatura e os pontos de montagem foi minimizado?	1	0

Pontos totais para o elemento B.2 da matriz:

B.3: Manufatura X Resíduos Sólidos

Para esse produto ou componente:

Sim Não

- | | | |
|---|---|---|
| 1. A perda de materiais foi minimizada e o reuso otimizado ao máximo durante a manufatura? | 1 | 0 |
| 2. Os fornecedores de matéria-prima e componentes foram contatados para encorajá-los a minimizar as quantidades e tipos de embalagem dos seus produtos? | 1 | 0 |
| 3. Sua empresa maximizou as oportunidades de reusar e reduzir os resíduos de embalagens quando os componentes são transportados entre as instalações? | 1 | 0 |
| 4. A introdução intencional de todo chumbo, cádmio, mercúrio e cromo hexavalente foi evitada? | 2 | 0 |

Pontos totais para o elemento B.3 da matriz:

B.4: Manufatura X Efluentes Líquidos

Para esse produto ou componente:

- | | Sim | Não |
|--|-----|-----|
| 1. Foram investigadas alternativas para o uso de solventes e óleos tóxicos? | 2 | 0 |
| 2. As oportunidades para captura e reuso dos subprodutos líquidos gerados durante o processo de manufatura foram investigadas? | 1 | 0 |
| 3. A geração de poluentes da água foram evitadas ou minimizadas? | 2 | 0 |

Pontos totais para o elemento B.4 da matriz:

B.5: Manufatura X Emissões Gasosas

Para esse produto ou componente:

- | | Sim | Não |
|--|-----|-----|
| 1. A geração de gases que causam o aquecimento global e a destruição da camada de ozônio foram evitados? | 2 | 0 |
| 2. A geração de poluentes do ar perigosos foi evitada durante o processo de manufatura? | 2 | 0 |

3. O uso de solventes, tintas e adesivos com altas taxas de evaporação de compostos orgânicos voláteis foi eliminado ou minimizado?

1 0

Pontos totais para o elemento B.5 da matriz:

C – Distribuição e Embalagem

C.1: Distribuição e Embalagem X Materiais

Para esse produto ou componente:

- | | Sim | Não |
|--|-----|-----|
| 1. As opções de embalagens reusáveis foram exploradas para a distribuição entre as instalações da empresa? | 1 | 0 |
| 2. As opções de embalagens reusáveis foram exploradas para a distribuição entre a empresa e seus fornecedores? | 1 | 0 |
| 3. Materiais reciclados são usados nas embalagens utilizadas para transporte e entrega do produto? | 1 | 0 |
| 4. Materiais recicláveis são usados nas embalagens para transporte e entrega do produto? | 1 | 0 |
| 5. O número de diferentes tipos de materiais usados nas embalagens foi minimizado? | 1 | 0 |

Pontos totais para o elemento C.1 da matriz:

C.2: Distribuição e Embalagem X Consumo de Energia

Para esse produto ou componente:

- | | Sim | Não |
|--|-----|-----|
| 1. O material usado para embalagem é ao massa possível, mantendo as funções de transporte e embalagem final? | 5 | 0 |

Pontos totais para o elemento C.2 da matriz:

C.3: Distribuição e Embalagem X Resíduos Sólidos

Para esse produto ou componente:

	Sim	Não
1. A embalagem foi desenvolvida para fácil separação entre os materiais possibilitando o reuso e a reciclagem?	1	0
2. Os tipos de embalagem comumente usadas são recicladas?	2	0
3. Os materiais da embalagem são claramente marcados e facilmente identificados por tipo de material?	2	0

Pontos totais para o elemento C.3 da matriz:

C.4: Distribuição e Embalagem X Efluentes Líquidos

Para esse produto ou componente:

	Sim	Não
1. A máxima prevenção quanto ao vazamento de líquidos perigosos durante o transporte foi tomada?	5	0

Pontos totais para o elemento C.4 da matriz:

C.5: Distribuição e Embalagem X Emissões Gasosas

Para esse produto ou componente:

	Sim	Não
1. As embalagens para transporte e consumo não contém polímeros clorados ou plásticos que possam produzir emissões gasosas perigosas caso incinerados a baixas temperaturas?	3	0
2. As embalagens para transporte e consumo não contém inibidores de chamas bromados que possam produzir emissões se incinerados a baixas temperaturas?	2	0

Pontos totais para o elemento C.5 da matriz:

D – Uso do Produto e Manutenção

D.1: Uso do Produto e Manutenção X Materiais

Para esse produto ou componente:

	Sim	Não
1. O produto ou componente é facilmente desmontado para atualização, reparo ou reuso?	1	0
2. As partes deste produto ou componente estão prontamente disponíveis para reparo?	1	0
3. As barreiras potenciais para a reciclagem, como uso de aditivos, tratamentos metálicos em plásticos, aplicação de pinturas no plástico ou o uso de materiais de composição desconhecidas foram evitadas?	2	0
4. Os plásticos utilizados estão claramente identificados por tipo de resina?	1	0

Pontos totais para o elemento D.1 da matriz:

D.2: Uso do Produto e Manutenção X Consumo de Energia

Para esse produto ou componente:

	Sim	Não
1. O projeto do produto possibilita o mínimo consumo de energia durante o uso do produto?	2	0
2. Esse produto ou componente pode ter um ajuste de energia baseada na intensidade de atividade?	3	0

Pontos totais para o elemento D.2 da matriz:

D.3: Uso do Produto e Manutenção X Resíduos Sólidos

Para esse produto ou componente:

	Sim	Não
1. O projeto do produto evita o uso de componentes descartáveis como baterias e cartuchos?	1	0
2. Os elementos de ligação utilizados, como parafusos e prendedores por adesão, possuem o mesmo tipo de	2	0

cabeça? O uso de adesivos e soldas foi evitado para partes unidas de forma a facilitar a desmontagem, reparo e reciclagem?

3. O produto foi desenvolvido de forma a ser facilmente reparado e/ou atualizado preferencialmente à substituição total?
- | | | |
|--|---|---|
| | 2 | 0 |
|--|---|---|

Pontos totais para o elemento D.3 da matriz:

D.4: Uso do Produto e Manutenção X Efluentes Líquidos

Para esse produto ou componente:

- | | Sim | Não |
|--|-----|-----|
| 1. O uso dos produtos evita a liberação de substâncias conhecidas por serem poluentes da água? | 5 | 0 |

Pontos totais para o elemento D.4 da matriz:

D.5: Uso do Produto e Manutenção X Emissões Gasosas

Para esse produto ou componente:

- | | Sim | Não |
|---|-----|-----|
| 1. A emissão de poluentes atmosféricos perigosos foi evitada durante o uso e manutenção do produto? | 2 | 0 |
| 2. A emissão de gases que causam aquecimento global e a destruição da camada de ozônio foi evitada durante o uso e a manutenção do produto? | 3 | 0 |

Pontos totais para o elemento D.5 da matriz:

E – Fim de Vida

E.1: Fim de Vida X Materiais

Para esse produto ou componente:

	Sim	Não
1. Os materiais são facilmente reusados ou comumente reciclados?	1	0
2. Os materiais são de fácil separação e identificação por tipo?	1	0
3. Algum dos materiais utilizados precisam ser disposto como resíduo perigoso ?	1	0
4. A introdução de chumbo, cádmio, mercúrio e cromo hexavalente nos materiais do produto foram evitadas ?	2	0
Pontos totais para o elemento E.1 da matriz:		

E.2: Fim de Vida X Consumo de Energia

Para esse produto ou componente:

	Sim	Não
1. As partes de plástico e fibras podem ser seguramente utilizadas para geração de energia, como na incineração?	2	0
2. Existem materiais que precisam ser transportados como resíduos perigosos para aterros industriais?(i.e. energia adicional é requerida para transportar materiais de manejo especial)	3	0
Pontos totais para o elemento E.2 da matriz:		

E.3: Fim de Vida X Resíduos Sólidos

Para esse produto ou componente:

	Sim	Não
1. Existe infra-estrutura interna ou externa à empresa para recuperar/reciclar os resíduos sólidos?	2	0
2. O projeto do produto evita a ligação entre diferentes materiais que possa dificultar a sua separação?	3	0

Pontos totais para o elemento E.3 da matriz:

E.4: Fim de Vida X Efluentes Líquidos

Para esse produto ou componente:

	Sim	Não
1. O produto foi desenvolvido de forma a recuperar líquidos perigosos durante a sua desmontagem?	5	0

Ponto totais para o elemento E.4 da matriz:

E.5: Fim de Vida X Emissões Gasosas

Para esse produto ou componente:

	Sim	Não
1. A liberação de substâncias que causam a destruição da camada de ozônio e/ou aquecimento global foi evitada durante a disposição final do produto ou componente?	2	0
2. Os gases contidos no produto podem ser recuperados durante a desmontagem para que não sejam perdidos?	1	0
3. A liberação de poluentes atmosféricos foi evitada durante a disposição final deste produto ou componente?	2	0

Pontos totais para o elemento E.5 da matriz:

APÊNDICE F: CASO DE APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ANÁLISE DE EFEITO AMBIENTAL

O apêndice traz um caso de aplicação da ferramenta apresentado por Lindahl (1999) e complementa o roteiro da Análise de Efeito Ambiental presente na seção 5.3.3.

O caso apresentado mostra como pode ser preenchido o formulário da ferramenta, especialmente nos campos: fases do ciclo de vida, atividade, aspectos ambientais e pontuação dos aspectos ambientais.

O caso trata-se da aplicação da Análise de Efeito Ambiental para uma máquina de lavar roupas. O autor opta por fazer o preenchimento do formulário para apenas 3 etapas do ciclo de vida: Essas fases foram desdobradas em atividades que por sua vez são relacionadas a aspectos ambientais que de forma alguma são todos os aspectos possíveis, porém poderiam ser por exemplo o quais a empresa deseja considerar estrategicamente. A partir daí esses aspectos ambientais foram avaliados e foram feitas propostas de alternativas para os aspectos avaliados como importantes na coluna Recomendações.

No exemplo, conforme a referência, não está preenchida a coluna de avaliação das ações para a aba melhorias, porém esta é feita de forma análoga ao inventário.

Não são apresentadas dicas para aplicação desta ferramenta pelo suporte encontrado na literatura não ter sido considerado suficiente e não ter havido aplicações bastantes para a elaboração de dicas de uso da ferramenta. Entretanto esta ferramenta é considerada de aplicação menos intuitiva se comparada àquelas dos demais roteiros.

		Uso de detergentes	Efluentes das lavagens	1	2	1	4/3									
		Bombeamento da água e movimentação do tambor	Uso de recurso: eletricidade	2	2	2	6/4	Desenvolver um sistema eletrônico para regular o gasto de energia								
	Fim de vida	Desmontagem de componentes plásticos	Uso de materiais: polímeros	2	1	1	4/4									
			Emissão para a atmosfera	3	2	2	7/5	As emissões contém substancias tóxicas que podem ser retidas?								
		Desmontagem de componentes eletrônicos	Contaminação com metais tóxicos. Exemplo: cádmio	3	2	2	7/8	Existe a possibilidade de substituir componente tóxicos?								

