

## **O *ecodesign* e a geração de resíduos sólidos: uma abordagem sobre os eletroeletrônicos**

### ***Ecodesign and the generation of solid waste: an approach on the electronics***

**Tamires Augustin da Silveira, Mestranda em Engenharia Civil, Engenheira Ambiental, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)**

tamires\_augustin@hotmail.com

**Carlos Alberto Mendes Moraes, Professor Doutor Engenheiro Metalúrgico, Programas de Pós Graduação em Engenharia Civil e Mecânica (UNISINOS)**

cmoraes@unisinis.br

#### **Resumo**

Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos estão entre os mais complexos devido ao fato de conterem muitos materiais na sua composição, como metais, polímeros, cerâmicos e compósitos, sendo que os diversos metais contidos nesses equipamentos podem causar impactos ambientais e de saúde negativos. O resíduo tecnológico é o tipo de resíduo que mais cresce mundialmente e no Brasil, com previsões de que esse aumento continue ocorrendo devido a fatores como o *design* mais inovador dos equipamentos que ocorre constantemente. Dentro desse contexto, se os produtos fossem projetados com base em diretrizes como os da ferramenta *ecodesign*, os equipamentos seriam menos impactantes ao longo de sua vida, uma vez que a referida ferramenta considera todas as etapas do ciclo de vida do produto, ou seja, desde a concepção do conceito do mesmo, a escolha dos materiais a serem utilizados na fabricação, até o fim da sua vida útil como a reciclagem.

Palavras-chave: *Ecodesign*; Resíduo sólido; *Design* verde; Resíduo eletroeletrônico.

#### **Abstract**

*Waste electrical and electronic equipment (WEEE) are among the most complex due to the fact they contain many materials in their composition, such as metals, polymers, ceramics and composites, and the various metals contained in such equipment may cause negative health and environmental impacts. The WEEE is the fastest growing waste type worldwide and in Brazil, with predictions that this continue occurring due to factors such as the most innovative equipment design that occurs constantly. Within this context, if the products were designed based on guidelines such as the *ecodesign* tool, the equipments would be less impactful throughout your life, since this tool considers all the stages of the life cycle of the product, it means, since the inception of the concept, the choice of materials to be used in manufacturing, to the end of your life as recycling.*

*Keywords: Ecodesign; Solid waste; Green design; Electronic waste.*

## 1. Introdução

Dados divulgados pela Organização das Nações Unidas (ONU) revelaram que foram geradas 41,8 milhões de toneladas de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) no mundo em 2014, o que significa uma geração de 5,9 kg de REEE por habitante a nível mundial. As previsões são ainda mais alarmantes: para 2018 estima-se que seja atingida a marca de 50 milhões de toneladas. O Brasil lidera o *hanking* dos países da América Latina que mais geraram e irão gerar REEE entre os anos de 2009 e 2018 (GSMA, 2015).

O lançamento de novos modelos de Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE) no mercado pode contribuir significativamente para a parcela de resíduos eletrônicos e tem o potencial de gerar impactos ambientais. EEE podem conter materiais tóxicos, raros e preciosos. Assim, esses aparelhos em fim de vida podem impactar a disponibilidade de recursos - devido à extração de recursos naturais não renováveis, a saúde humana - por conta do contato de metais tóxicos no ambiente com a população, e os ecossistemas - em virtude da disposição inadequada dos REEE em cenários sem controle algum. Dessa forma, os resíduos eletroeletrônicos devem ser geridos de maneira adequada, eficaz e preventiva, a fim de evitar possíveis impactos de ordem social, ambiental e econômica (MEJAME et al., 2016).

O resíduo eletrônico é o resíduo sólido que mais cresce no Brasil e no mundo atualmente, devido às suas características únicas, como obsolescência programada, alta tecnologia e exponencial consumo no mercado (NICOLAI, 2016). O tempo médio de utilização de um telefone móvel é menor que 3 anos nos países em desenvolvimento e menor que 2 anos em países desenvolvidos, o que acarreta em um descarte muito frequente desses aparelhos (SARATH et al., 2015).

A obsolescência dos equipamentos eletroeletrônicos causa a geração de REEE, e essa se dá em função de alguns fatores, como: o *design* inovador, novas funcionalidades proporcionadas por tecnologias recentes, consumo desenfreado e maior capacidade e/ou velocidade para execução de tarefas, por exemplo. A vida útil cada vez mais curta desses equipamentos se traduz, por consequência, em um aumento na geração de resíduos (SENA, 2012).

Portanto, diante do exposto, são necessárias novas formas de projetar que permitam uma recuperação rentável dos materiais que fazem parte da composição dos produtos, por exemplo, como visam às ferramentas *Ecodesign*, *Design for Assembly and Disassembly* (DFA), *Design for Recycling* (DFR) e *Design for Environment* (DFE), as quais consideram todo o ciclo de vida do produto, desde a seleção dos materiais até a escolha de técnicas de desmontagem, a fim de que o produto seja sustentável, ou seja, considere os aspectos ambientais, econômicos e técnicos.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi abordar a ferramenta ambiental *Ecodesign* voltada aos resíduos eletroeletrônicos.

## 2 O *Design* e a sustentabilidade

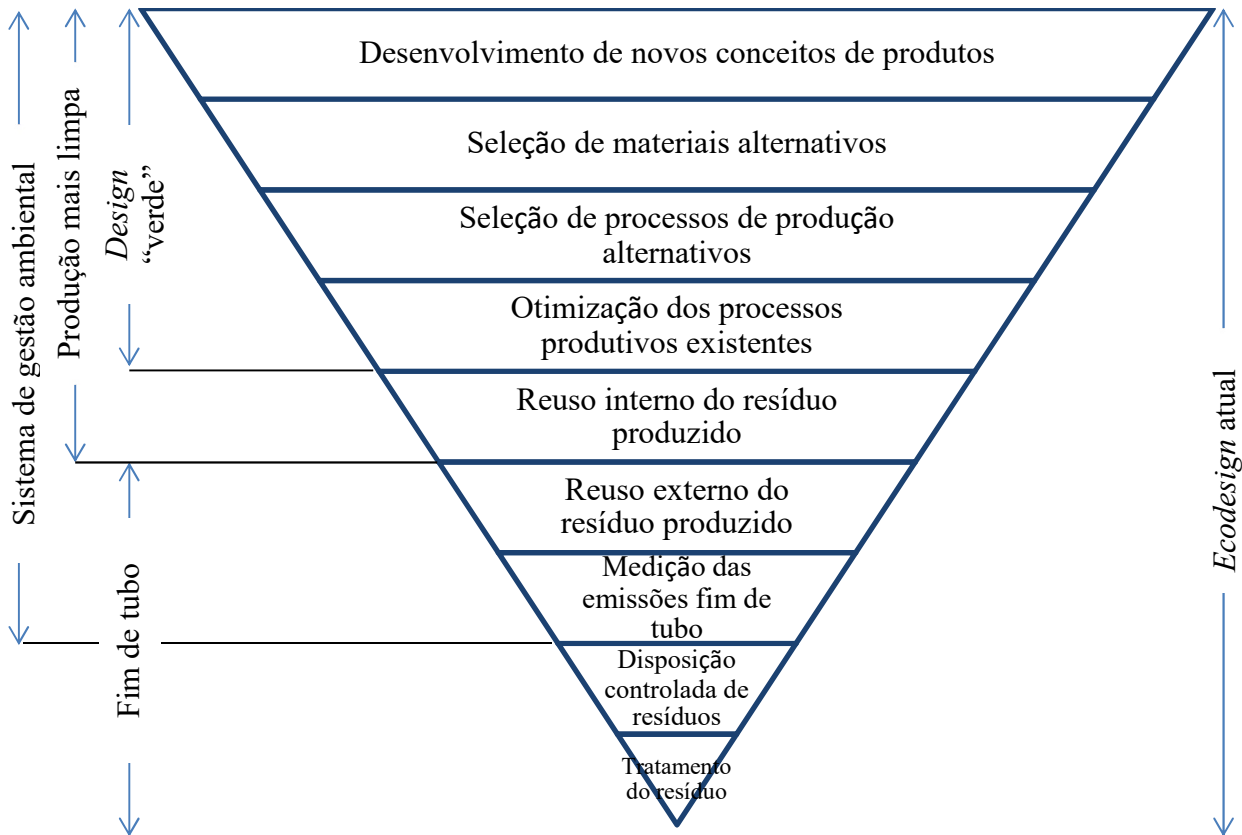
Devido à possibilidade de esgotamento de recursos naturais não renováveis, associados à extração de matérias primas em um ritmo acelerado, o desenvolvimento sustentável tem assumido um papel importante no contexto mundial. Dessa forma, o desenvolvimento de produtos com base em princípios do *ecodesign* possibilitam a geração de impacto ambiental mínimo durante o ciclo de vida dos produtos, isto é, desde a extração das matérias primas até o fim de vida da mercadoria (PLATCHECK, 2003).

Ao desenvolver um novo produto, as escolhas dos projetistas vão determinar os impactos ambientais de todas as etapas do ciclo de vida desse, ou seja, desde a seleção e aquisição das matérias primas, os impactos associados aos processos de fabricação, uso, reutilização (quando houver) e descarte final (NAVEIRO et al., 2005).

Para Chaves (2010), o *design* para a sustentabilidade ambiental é algo já consolidado, de forma geral, porém na maioria das vezes é utilizado de forma global, sem se observar as especificidades de cada setor, processo e produto. Para serem utilizadas, as ferramentas precisam ser interpretadas e adaptadas para que se tenham resultados eficazes em termos de sustentabilidade ambiental.

Segundo Li et al. (2015), o *ecodesign* está focado em três aspectos fundamentais: a economia de recursos de materiais (e energia, de forma indireta), a redução de emissões de energia associados à produção e ao consumo, e a eliminação da toxicidade dos materiais nos produtos.

O *ecodesign* visa melhorar o desempenho ambiental do produto, minimizando o impacto ambiental ao longo de seu ciclo de vida, para que ele possa ser visto como uma forma de desenvolvimento de produtos em conformidade com o conceito de desenvolvimento capaz de sustentar o ciclo de vida. A ferramenta atual evoluiu do antigo *ecodesign*, que cobria apenas a fase de concepção do produto. Os escopos de *design* verde, produção mais limpa, sistema de gestão ambiental, fim de tubo e *ecodesign* estão ilustrados na figura 1.



**Figura 1: Escopos do *green design*, produção mais limpa, sistema de gestão ambiental, fim de tubo e *ecodesign*. Fonte: Adaptado de Li et al. (2015)**

Como pode ser observado na figura 1, o *design* verde continua em seu escopo somente as etapas de desenvolvimento do conceito do produto, a seleção de materiais e processos alternativos, e a otimização dos processos existentes. Já o *ecodesign* como existe hoje abrange, além dessas etapas, outras intermediárias como o reuso interno e externo dos resíduos gerados nos processos, e no final de vida do produto, a disposição controlada de resíduos e o tratamento desses.

O *Ecodesign*, conhecido também como *Design for Environment* (DfE) – *design* sustentável ou *design* para o meio ambiente é uma metodologia que tem como objetivo prever os impactos ambientais ainda na fase de desenvolvimento do projeto. A avaliação dos aspectos e impactos adversos ao longo da vida dos produtos deve acontecer na fase de concepção do produto, a fim de assegurar que os efeitos ambientais do produto sejam considerados antes da fase de fabricação (GUERATO, 2010; TAHO, 2015). Assim, se verificado que este acarreta em muitos impactos, o projeto pode ser repensado de maneira diferente, por exemplo, utilizando componentes livres de substâncias perigosas como chumbo, cádmio, mercúrio, dentre outros proibidos pela diretiva europeia “Restrição de Certas Substâncias Perigosas” (*RoHS*). A partir de 2006 a indústria eletrônica europeia teve que se adequar e fabricar produtos livres de substâncias como as mencionadas anteriormente, gerando desafios na substituição desses elementos por outros não perigosos, mas que desempenhem a mesma função (UNIÃO EUROPEIA, 2012).

Para o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2017), o *ecodesign* é todo o processo que contempla os aspectos ambientais onde o objetivo principal é projetar ambientes, desenvolver produtos e executar serviços que de alguma maneira irão reduzir o uso dos recursos não-renováveis ou ainda minimizar o impacto ambiental dos mesmos durante seu ciclo de vida. Isto significa reduzir a geração de resíduo e economizar custos de disposição final.

*Ecodesign* é uma ferramenta de competitividade utilizada por empresas nas áreas de arquitetura, engenharia e *design* atendendo novos modelos de produção e consumo, contribuindo para o desenvolvimento sustentável através da substituição de produtos e processos por outros menos impactantes ao meio ambiente (MMA, 2017).

Segundo o MMA (2017), alguns princípios do *ecodesign* já estão sendo incorporados pela indústria, como:

- Escolha de materiais de baixo impacto ambiental: materiais menos poluentes, não tóxicos, de produção sustentável ou reciclados, ou ainda que requeiram menos energia na fabricação;
- Eficiência energética: minimização do consumo de energia para os processos de fabricação;
- Qualidade e durabilidade: produtos mais duráveis e que funcionem melhor, a fim de gerar menos resíduos;
- Modularidade: objetos com peças intercambiáveis, que possam ser trocadas em caso de defeito, evitando a troca de todo o produto, o que também gera menos resíduos;
- Reutilização/Reaproveitamento: projetar produtos para sobreviver ao seu ciclo de vida, podendo ser reutilizados ou reaproveitados para outras funções após seu primeiro uso.

Para Kutz (2007) e Hauschild et al. (2013) (*apud* Taho, 2015), as “Dez Regras de Ouro” que resumem as diretrizes para a abordagem do *Design for Environment* durante projetos de novos produtos são muito semelhantes aos princípios dados pelo MMA (2017):

1. Não utilizar substâncias tóxicas, mas adotar circuitos fechados quando for necessário utilizá-las;
2. Minimizar o consumo de energia e de recursos na produção e no transporte, procurando assegurar a eficiência desses;
3. Minimizar o consumo de energia e de recursos na fase de utilização, especialmente para produtos com aspectos ambientais mais significativos na fase de utilização;
4. Promover a manutenção e a modernização – manutenção para os produtos;
5. Promover a durabilidade para produtos com aspectos ambientais significativos quando fora da fase de utilização;
6. Usar características estruturais e materiais de alta qualidade, a minimizar a quantidade de material que precisa ser utilizada. Estas não devem interferir a flexibilidade, resistência ao impacto ou propriedades funcionais;

7. Usar materiais melhores e tratamentos de superfície ou estrutural para proteger os produtos de sujeira, corrosão e desgaste;
8. Organizar com antecedência para atualização, reparação e reciclagem, através de bons acessos, rotulagem, módulos e pontos de interrupção, e fornecer bons manuais;
9. Promover a modernização, reparação e reciclagem de produtos pouco usados, reciclados, e usar materiais simples e em estado puro;
10. Priorizar o uso de parafusos, adesivos, soldadura, encaixe, bloqueio geométrico, etc. de acordo com as diretrizes do ciclo de vida.

### 3 A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o *Ecodesign*

A Lei 12.305, sancionada em 2010,

Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Por meio dessa lei foram estabelecidos novos instrumentos e novas diretrizes que relacionam-se com o *ecodesign*, conforme levantados por Taho (2015) no quadro 1.

Lei 12.305/2010 Art. 7º Objetivos	Diretrizes e Estratégias do <i>Design for Environment</i>
II – Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos	Redução da geração de resíduos com a utilização de materiais recicláveis, reutilizar aqueles que passíveis de recuperação
III – Estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços	Minimizar o consumo de energia e de recursos na produção e transporte, procurando assegurar a eficiência
IV – Adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais	Otimização energética em todas as etapas do processo produtivo, distribuição, utilização, reciclagem e disposição final
V – Redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos	Não utilizar substâncias tóxicas, mas adotar circuitos fechados quando necessário a utilização

**Quadro 1: Relação entre objetivos da PNRS (Lei 12.305/2010) e de diretrizes e estratégias do DfE.**  
Fonte: Taho (2015).

Ainda, em seu artigo 33, a PNRS obriga os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor (BRASIL, 2010). Conforme o artigo 3º, logística reversa é o



instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Estimulada pela PNRS, no ano de 2013 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) lançou a primeira edição da norma brasileira (NBR) 16156: Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para atividade de manufatura reversa. A norma é aplicável a “organizações que realizam atividades de manufatura reversa de resíduos eletroeletrônicos como atividade fim”. A mesma “estabelece requisitos para proteção ao meio ambiente e para o controle dos riscos de segurança e saúde no trabalho na atividade de manufatura reversa de resíduos eletroeletrônicos” (ABNT, 2013).

Segundo o Portal Brasil (2013), o objetivo dessa norma é assegurar a qualidade dos processos, sem afetar a saúde dos trabalhadores, garantindo a propriedade intelectual dos equipamentos, ou seja, a segurança dos dados. De acordo com a mesma notícia, a norma estabelece requisitos para a proteção ao meio ambiente e para o controle dos riscos de segurança e saúde dos trabalhadores na atividade de manufatura reversa de resíduos eletroeletrônicos. Além disso, instaura requisitos específicos relacionados à responsabilidade por substâncias perigosas; à rastreabilidade dos resíduos recebidos; e ao balanço de massa até a disposição (PORTAL BRASIL, 2013).

Em pesquisa realizada, no entanto, não foram encontrados resultados quanto a alguma empresa que realize suas atividades conforme o disposto nessa norma.

#### **4 Estudo de caso - *Design* para remanufatura na China: estudo de caso de equipamentos elétricos e eletrônicos**

O estudo publicado por Hatcher et al. (2013) fez parte de um projeto entre diversos Institutos da União Europeia e a China. Parte do programa envolveu o estudo do *status* de remanufatura e resíduos eletrônicos nas duas localizações, sendo que neste artigo o foco foi o *status* do *design* para remanufatura. A pesquisa abordou mais do que uma questão, mas para esse trabalho se trouxe a de maior interesse, sendo ela: “quão adequados são os produtos elétricos e eletrônicos para o processo de remanufatura em relação ao projeto de produto?”. Essas informações foram coletadas durante visitas a três empresas localizadas em Beijing, Shanghai e Qingdao, regiões da China. As três empresas são recicladoras de REEE e não estão envolvidas em atividades de remanufatura, revenda ou reparo. O Quadro 2, abaixo, traz uma breve descrição das três empresas estudadas.

Empresa 1	É uma das maiores instalações de tratamento de REEE em Shanghai. Está envolvida na coleta, classificação, tratamento, reciclagem e eliminação segura de uma variedade de EEE, como televisores, cartuchos de tinta, dentre outros.
Empresa 2	É uma empresa global de reciclagem de REEE com diversas instalações na China, Beijing, Shanghai - onde se encontra um centro de reciclagem. A empresa trata todos os tipos de resíduos eletrônicos. Na planta visitada o foco da entrevista foi a reciclagem de placas de circuito impresso para a extração de

	metais preciosos, como ouro e cobre.
Empresa 3	Opera um grande “parque ecoindustrial”, o qual se tornou um solucionador de problemas para diversos tipos de resíduos, que variam desde tratamento de resíduos perigosos, hospitalares, remediação de solo, entre outros. As operações de reciclagem de REEE da empresa incluem produtos como geladeiras, televisores, condicionadores de ar, máquinas de lavar e equipamentos de informática.

**Quadro 2: Descrição das empresas estudadas. Fonte: Hatcher et al. (2013)**

As perguntas realizadas nas empresas, a fim de obter informações sobre a adequação de REEE para remanufatura e o *design* para remanufatura, foram as seguintes:

- a) qual é conexão/relação do reciclador com os *fabricantes de equipamento original* (OEM) do seu REEE?
- b) que problemas relacionados ao *design* do produto e barreiras atualmente enfrentam?
- c) quais outros problemas e desafios estão enfrentando atualmente?

### *Resultados*

As empresas do estudo de caso tinham muitos parceiros OEMs na China, incluindo a Panasonic (Osaka, Japão), Sony (Tóquio, Japão), Kodak (Nova Iorque, EUA) e a Lenovo (Carolina do Norte, EUA).

A relação entre os recicladores e os OEMs é dita como complexa: em muitos aspectos, o OEM é o fornecedor de REEE, mas também é cliente do reciclador, pois o OEM depende do reciclador para se certificar de que a legislação ambiental é cumprida.

A comunicação entre o reciclador e os OEMs de REEE vem em primeiro lugar no momento da coleta e, também, durante processos de auditoria conforme especificado pelo OEM. No entanto, se o reciclador está enfrentando dificuldades na reciclagem de um determinado produto, eles poderão consultar o OEM para esclarecerem dúvidas. Uma das empresas entrevistadas afirmou que os OEMs às vezes fornecem detalhes dos resíduos perigosos contidos em seus produtos, como uma lista de materiais utilizados na sua produção. No entanto, mesmo que haja algum tipo de comunicação relacionada ao *design* com os OEMs, nunca é fornecida qualquer informação de *design* dos REEE recolhidos para os recicladores devido a preocupações de propriedade intelectual.

### *Barreiras e desafios no design de produto*

Com relação às barreiras e desafio no *design* dos produtos, foi levantado pelas empresas que um problema no *design* que cria problemas em alguns processos de remanufatura é a desmontagem de componentes contendo resíduos perigosos. Quase toda desmontagem para remanufatura é manual. Portanto, a remoção segura desses componentes, de forma a não impactar na saúde, às vezes pode fornecer um desafio aos trabalhadores, embora quase todas as empresas de reciclagem formais utilizem processos automatizados para essa etapa de desmontagem.



### *Outros desafios*

Embora a reciclagem informal não tenha sido abordada nesse artigo, a China tem uma parcela muito grande de trabalhadores ligada a essas atividades, nas quais os mesmos desempenham suas atividades sem segurança alguma e sem considerar impactos ambientais que podem se originar com a desmontagem de REEE, como a emissão de gases tóxicos com a queima de cabos e placas de circuitos impressos e a geração de efluentes oriunda de banhos ácidos para a recuperação de cobre e ouro.

### *Considerações finais*

De acordo com os resultados levantados pelos autores do estudo de caso, as empresas recicladoras têm tido maior interesse na recuperação de elementos valiosos e na separação de materiais recicláveis. Dessa forma, preocupam-se em desmontar rapidamente os produtos pelos meios mais fáceis possíveis, o que pode envolver a ruptura de componentes, muitas vezes perigosos.

Ao mesmo tempo, muitos dos OEMs que trabalham com os recicladores envolvidos neste estudo pretendem aperfeiçoar seus produtos para reciclagem. Por exemplo, em seu site, a Panasonic afirma estar envolvida com o “*green design*”. A empresa afirma estar empenhada em reduzir materiais como o PVC, que é difícil de reciclar e é um material tóxico, e afirma também estar empenhada em projetar mais produtos orientados para a reciclagem. A OEM chinesa Lenovo alega estar próxima de cumprir as normas europeias da diretiva RoHS, “projetando equipamentos com consideração para o futuro, observando requisitos para o desmantelamento, recuperação e reciclagem”.

Considerando a adequação dos resíduos eletrônicos para a remanufatura, as informações coletadas até o momento sugerem que, em geral, os produtos elétricos e eletrônicos não são adequados atualmente para a remanufatura e que este processo não é uma solução de fim de vida alternativa viável para as práticas de reciclagem atuais. Os principais motivos para essa conclusão, com base nos resultados deste estudo, são os seguintes:

- a) Atualmente, os EEE não são tipicamente projetados para uma desmontagem não destrutiva porque as tecnologias de reciclagem consideraram este requisito desnecessário. Muitos desses produtos contêm diversos metais preciosos, que uma vez recuperados através da reciclagem, têm um mercado de mais alto valor do que um produto remanufado provavelmente teria.
- b) A maioria dos produtos usados que chegaram às empresas de reciclagem estudadas seriam considerados tecnicamente “desatualizados” ou obsoletos, mesmo que tenham sido lançados há poucos anos atrás. Haveria pouca demanda e baixo valor no mercado para um laptop ou um telefone móvel remanufado.
- c) Uma parte muito importante do processo de reciclagem de REEE é a limpeza de dados. Embora isso também possa ser realizado para a remanufatura eletrônica, ao contrário da reciclagem, alguns componentes seriam reutilizados, e não moídos e reciclados. É possível que muitos clientes desconfiem e isso potencialmente reduziria o número de produtos usados que seriam coletados e depois revendidos.

#### **4. Conclusão**

O presente artigo teve como objetivo discutir o *ecodesign* e sua influência no setor de equipamentos eletroeletrônicos. A partir da realização desse trabalho, pôde-se concluir que o *ecodesign* é uma ferramenta ambiental que visa projetar um produto observando todos os aspectos ao longo da cadeia de desenvolvimento desse. Assim, é possível antecipar os impactos ambientais advindos de todas as etapas da concepção de um produto, ou seja, desde a extração das matérias primas que serão utilizadas, até o final da sua vida, podendo evitar e também minimizar os mesmos.

Quando se trata de resíduos eletroeletrônicos, a maior importância se dá ao fato de ser um resíduo que utiliza diversas matérias primas não renováveis na sua fabricação, sendo ainda que muitas delas causam muitos riscos a saúde e ao meio ambiente no seu pós uso devido à presença de metais pesados na sua composição.

Dessa forma, se os produtos eletroeletrônicos fossem projetados com base nos princípios do *ecodesign*, seriam produtos mais sustentáveis seguindo diretrizes discutidas no presente trabalho. Uma das diretrizes da ferramenta ambiental, conforme discutido ao longo do trabalho, é a não utilização de substâncias tóxicas. Isso eliminaria a toxicidade desses resíduos e tornaria a reciclagem simplificada e menos complexa do que os processos de reciclagem existentes. Destaca-se ainda que o *ecodesign* aplicado a EEE causaria uma diminuição de REEE gerados, uma vez que a desmontagem dos equipamentos no fim da sua vida possibilitaria a reinserção de peças dos equipamentos na cadeia produtiva, ao invés dessas serem descartadas.

Os princípios do *ecodesign* estão inteiramente relacionados com os da Política Nacional de Resíduos Sólidos. No entanto, faltam exemplos concretos de empresas brasileiras que estejam desenvolvendo seus produtos com base nesses princípios.

O estudo de caso destacou que no processo de reciclagem o principal problema ligado ao projeto dos produtos é a presença de elementos tóxicos. No entanto, deve-se salientar que projetar um produto visando à reutilização de peças não danificadas, por exemplo, reduziria mais ainda os impactos associados ao produto pós-consumo, pois estaria evitando a extração de recursos, bem como a disposição inadequada desse, inserindo-o novamente no ciclo produtivo.

#### **Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16156: Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para atividade de manufatura reversa, 2013.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em 19 dez. de 2017.

CHAVES, L. I. Design para a sustentabilidade ambiental: estratégias, métodos e ferramentas de design para o setor de móveis. *Estudos em Design*. V.18, n.1, 1-14, 2010.

GSM Association (GSMA). eWaste in Latin America: Statistical analysis and policy recommendations. November 21, 2015.

GUERATO, A. M.; Projeto Voltado para o descarte de estruturas primárias de material compositório. Tese (Dissertação) Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2010.

HATCHER, G.D.; LJOMAH, W.; WINDMILL, J.F.C. Design for remanufacturing in China: a case study of electrical and electronic equipment. *Journal of Remanufacturing* 2013, 3:3

HAUSCHILD, M.Z.; JESWIET, J.; ALTING, L. Design for Environment – Do we Get the focus right? *CIRP - Annals Manufacturing Technology* // Volume 53, Issue 1, 2004, Pages 1–4. Anais. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850607606313>> Acesso em: 19 dez. de 2017.

KUTZ, M. *Environmentally Conscious Mechanical Design*. John Wiley & Sons, Inc. 2007. e-book. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=28QNI8XnPmYC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=28QNI8XnPmYC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)> Acesso em: 19 dez. de 2017.

LI, J.; ZENG, X.; STEVELS, AB. Ecodesign in Consumer Electronics: Past, Present, and Future, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45:8, 840-860, 2015.

MEJAME, P.P.M.; KIM, Y.M.; LEE, D.S.; L, S.R. Effect of technology development on potential environmental impacts from heavy metals in waste smartphones. *J Mater Cycles Waste Manag*. DOI 10.1007/s10163-016-0548-2

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Ecodesign. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/7654-ecodesign>>. Acesso em 19 dez. de 2017.

NAVEIRO, R.M.; PACHECO, E.B.A.V.; MEDINA, H. de V. Ecodesign: o desenvolvimento de projeto de produto orientado para reciclagem. In.: Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. Porto Alegre, RS, 2005.

NICOLAI, F.N.P. Mineração urbana: avaliação da economicidade da recuperação de componentes ricos em Au a partir de resíduo eletrônico (e-waste). Belo horizonte, 329 p., 2016. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Ouro Preto.

PLATCHECK, E. R. Metodologia de ecodesign para o desenvolvimento de produtos. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2003.

PORTAL BRASIL. Norma regulamenta indústria reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2013/04/norma-regulamenta-industria-reversa-de-residuos-eletronicos-no-brasil>>. Acesso em: 21 dez. de 2017.

SARATH, P.; BONDA, S.; MOHANTY, S.; NAYAK, S.K. Mobile phone waste management and recycling: View and trends. *Waste management* (46) 2015, 536-545

SENA, F.R. Evolução da Tecnologia Móvel Celular e o Impacto nos Resíduos Eletroeletrônicos. Dissertação (mestrado). PUC – Rio de Janeiro, 2012.

TAHO, A. A. Influência do design for environment na redução da geração de resíduos sólidos industriais. Trabalho de Conclusão (MBA). Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil, 2015.

UNIÃO EUROPEIA. Directive 2012/19/UE of the European Parliament and of the Council. Of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). *Official Journal L* 197, p.38-71, 2012. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019&qid=1409602622577&from=EN>.Acesso> Acesso em: 26 fev. 2017.