

Contribuição da Inovação para Gestão Sustentável de Resíduos Eletroeletrônicos

Adriana Marize Zeni (IST/SOCIESC) adrianazeni@ig.com.br
Prof. Dr. Ivanir Luiz de Oliveira (UTFPR) ivanir@pesquisador.cnpq.br
Prof. Dr. Marcelo Macedo (IST/SOCIESC) marcelo.macedo@sociesc.org.br
Prof. Dr. Ana Lúcia Beretta Hurtado (IST/SOCIESC) ana.hurtado@sociesc.org.br
Reginaldo Motta (IST/SOCIESC) motta11@gmail.com

Resumo:

Uma questão que ganha importância a cada dia é a conciliação entre crescimento econômico e preservação ambiental. Nesse cenário, destaca-se a indústria eletroeletrônica, mais especificamente a indústria de computadores, cuja, a quantidade de produtos descartados no meio ambiente está diretamente relacionada à velocidade do avanço tecnológico e da inovação e, associada a um alto índice de obsolescência. Considerando a importância da inovação em todos os setores, o presente artigo é resultado de uma pesquisa bibliográfica sobre os impactos da inovação, resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) e seu potencial de reciclagem. A pesquisa faz referência à regulamentação ambiental como estratégia na busca da eco-inovação e sustentabilidade ambiental. A preocupação com os impactos ambientais dos REEEs se justifica pelo fato de que entre os componentes dos dispositivos eletrônicos existem substâncias e materiais tóxicos. Nesse, contexto, o objetivo central do artigo é ressaltar a importância da inovação para gestão sustentável de REEEs, bem como mapear métodos disponíveis para o tratamento de REEEs, com ênfase em computadores. Entre os resultados obtidos, observou-se que, toda vez que a inovação é associada à questão ambiental pode propiciar o surgimento de inovações, que podem ser pequenas melhorias nas atividades de rotina e até mesmo grandes modificações de produtos e processos.

Palavras chave: Inovação, Computadores, Resíduos, Sustentabilidade.

Contribution of Innovation for Sustainable Management of Waste Electrical and Electronic

Abstract

One issue that gains importance every day is to reconcile economic growth and environmental preservation. In this scenario, there is the electronics industry, more specifically the computer industry, where the amount of waste products in the environment is directly related to the speed of technological advancement and innovation, and associated with a high rate of obsolescence. Considering the importance of innovation in all sectors, this article is the result of a literature search on the impact of innovation, waste electrical and electronic equipment (REEEs) and their recycling potential. The research refers to environmental regulation as a strategy in the pursuit of eco-innovation and environmental sustainability. Concern about the environmental impacts of REEEs is justified by the fact that among the components of electronic devices and materials are toxic substances. In this, the context, the central aim of the article is to emphasize the importance of innovation for sustainable management of REEEs and mapping methods available for treating REEEs, with emphasis on computers. Among the results, it was observed that, whenever innovation is associated environmental issue may promote the emergence of innovations, which may be small improvements in routine activities and even major changes in products and processes.

Keywords: Innovation, Computers, Waste, Sustainability.

1. Introdução

A inovação não acontece de forma espontânea e, sim, por algumas motivações, como: regulamentações, necessidades de novos mercados, benefícios com a redução de custos, vantagens competitivas, criações de novas necessidades dos consumidores, entre outras. (YUANHSU *et al.*, 2011)

Berkhout e Green (2002) argumentam que a inovação tem sido apontada tanto como a causa como a solução de problemas ambientais. No entanto, apontam que poucos esforços têm sido feitos na literatura sobre negócios e meio ambiente, gestão ambiental e políticas de meio ambiente para explorar sistematicamente os conceitos, teorias e evidências empíricas desenvolvidas nas três décadas de estudos sobre inovação. Estes autores identificaram limitações na literatura sobre inovação e sustentabilidade, sugerindo formas eficazes de associar a pesquisa sobre sustentabilidade à pesquisa sobre inovação, política e gestão de negócios.

Considerando esses argumentos, cabe destacar a indústria eletroeletrônica, especificamente a indústria de computadores, cuja, a quantidade de produtos descartados no meio ambiente está diretamente relacionado à velocidade do avanço tecnológico e da inovação, associada a um alto índice de obsolescência. Pois, observa-se que os lançamentos são mundiais e há todos instantes novos computadores sendo oferecidos no mercado. No Brasil, há mais de 15 anos tem crescido o uso de dispositivos eletrônicos portáteis, como notebooks, celulares, impressoras e computadores. Segundo a pesquisa Nacional por amostra (PNAD) do IBGE realizada no ano de 2009, mostrou que 18 milhões de residências tinham computador, um crescimento de 21% em relação a 2007. Em cada quatro casas uma está conectada na internet. Cerca de 13,7 milhões de domicílios estão ligados à rede mundial de computadores.

Diante disso, a expansão do uso de produtos eletroeletrônicos em todos os setores aumenta a quantidade de REEEs. Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2007) considera-se REEE ou lixo tecnológico todo aquele gerado a partir de aparelhos eletrodomésticos ou eletroeletrônicos (EEEs) e seus componentes, incluindo os acumuladores de energia (pilhas e baterias), lâmpadas fluorescentes e produtos magnetizados, de uso doméstico, industrial, comercial e de serviços, que estejam em desuso e sujeitos à disposição final. Estimativas do Programa Ambiental da Organização das Nações Unidas (PNUMA, 2010) indicam que a geração anual REEEs no mundo é de aproximadamente 20 a 50 milhões de toneladas e seu crescimento é três vezes maior do que os outros tipos de resíduos urbanos.

A inovação é, em geral, apontada como a mais importante contribuição para a degradação do meio ambiente. No âmbito do problema do REEE a preocupação com os impactos ambientais dos REEEs se justifica pelo fato de que entre os componentes dos dispositivos eletrônicos existem substâncias e materiais tóxicos. Nesse, contexto, o objetivo do artigo demonstrar a importância da inovação para gestão sustentável de REEEs, bem como mapear métodos disponíveis para o tratamento de REEEs, com ênfase em computadores.

2. Metodologia

Uma vez que essa pesquisa objetiva levantar as técnicas disponíveis para o tratamento dos REEEs, se caracteriza como exploratória. A primeira etapa da pesquisa consistiu na revisão da literatura em torno das políticas ambientais e inovações relacionadas com os REEEs. Em complemento, buscou-se informações sobre métodos utilizados na recuperação de metais oriundos dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

3. Aspectos Regulamentares da Gestão de REEEs no Brasil

A legislação ecológica /ambiental encontra-se em diferentes estágios nos diversos países e envolvem diferentes aspectos do ciclo de vida útil de um produto, desde a fabricação e o uso de matérias-primas até sua disposição final ou a dos produtos que o constituem.

No Brasil a Lei Federal 12.305, de 02/08/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, classifica os resíduos quanto à origem e quanto à periculosidade (artigo 13, incisos I e II), Segundo esta Lei, o REEE pode ser classificado como resíduos não perigosos provenientes de estabelecimentos. A legislação de resíduos eletrônicos, por Estado, no Brasil pode ser verificada no quadro 1.

Quadro 1-Legislação de Resíduos Eletrônicos por Estado

Região	Estado	Regulamentação	Trata
Norte	Amapá	Lei 1.248/08	Reciclagem de materiais
Norte	Rondônia	Lei 1.101/02	Coleta e destinação final de resíduos sólidos potencialmente perigosos
Norte	Amazonas	PL 101/08	Recolhimento, reciclagem ou destruição de produtos derivados da indústria eletrônica
Nordeste	Paraíba	Lei 7.476/03	Destinação final de produtos potencialmente perigosos de resíduo urbano
Nordeste	Bahia	PL 16.280/07	Gerenciamento e destinação de lixo tecnológico
		PL 16.341/07	Política Estadual de reciclagem de materiais
Nordeste	Ceará	PL 426/07	Gerenciamento e destinação de lixo tecnológico
Nordeste	Piauí	PL 426/07	Política Estadual de reciclagem de materiais
Centro Oeste	Brasília	Lei 4.154/08	Destinação final de lâmpadas, baterias, pilhas e demais artefatos que contenham metais pesados
Centro Oeste	Mato Grosso	Lei 8.876/08	Reciclagem e destinação final de lixo tecnológico
Centro Oeste	Mato Grosso do Sul	Lei 3.185/06	Destinação final de lâmpadas, baterias e pilhas
Sudeste	Espírito Santo	PL/ 179/08	Descarte e destinação final de lâmpadas, aparelhos, carregadores, baterias, pilhas e demais artefatos que contenham metais pesados
Sudeste	Minas Gerais	PL 2131/08	Institui o Plano de Gerenciamento de Destinação Ambientalmente Adequado de Equipamentos de Informática e de Telecomunicações
Sudeste	Rio de Janeiro	PL 663/07	Recolhimento e destinação final do lixo tecnológico
Sudeste	São Paulo	Lei 13576/09	Institui normas e procedimento para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico
Sul	Paraná	Lei 15851/08	Reciclagem e Destinação final de produtos de informática
Sul	Rio Grande do Sul	Decreto 45.554/08	Destinação final de lâmpadas, baterias, pilhas e demais artefatos que contenham metais pesados
Sul	Santa Catarina	PL 4716/07	Gerenciamento e destinação

Fonte: ABINEE (2009)

Quando se observa numa esfera estadual e municipal, é importante que os Estados e Municípios estabeleçam suas próprias diretrizes, atuando como apoio ao Governo Federal. Entretanto, de acordo com a ABINEE (Associação Brasileira de Indústria Eletro e Eletrônica), 2009, somente 18 Estados apresentam alguma regulamentação sobre os resíduos tecnológicos. E quanto à destinação de resíduos eletroeletrônicos, principalmente aqueles gerados pelo descarte de computadores, ainda há muito que se discutir.

O impacto negativo dos REEE no ambiente, na sociedade e na economia é uma consequência da negligência do princípio da prevenção de resíduos durante as fases anteriores de inovação na indústria eletrônica. A evolução da política ambiental brasileira, os requisitos ambientais dos países desenvolvidos, as normas ambientais internacionais, a crescente preocupação ambiental e, a atuação cada vez mais ambientalmente adequada das indústrias no país constituem demandas que tendem a estimular a eco - inovação. Os países em que a regulação ambiental foi aplicada cedo e com rigor, foram aqueles que progrediram mais no processo de inovação, antecipando assim seus lucros e preenchendo um vazio existente na oferta, podendo então cobrar altos preços num mercado onde a competição não é muito acirrada e auferir lucros extraordinários. (PRATES; SERRA, 2007)

4. Mercado de Computadores

No Brasil, o uso de computadores continua crescendo. No ano de 2010 havia 78,2 milhões de computadores em uso no país, em 2011 o número ultrapassou a marca de 85 milhões, o que significa que quatro de cada nove brasileiros tem um equipamento para uso doméstico ou corporativo. O número consta da pesquisa Mercado Brasileiro de Tecnologia de Informação (TI) e Uso nas empresas, divulgadas anualmente pela Fundação Getúlio Vargas. Segundo o Coordenador da pesquisa e Professor da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2011) Fernando Meirelles, o aumento se deve a três fatores. O primeiro fator é que o custo do equipamento tem diminuído a cada ano. O segundo fenômeno é o poder aquisitivo da população brasileira que favorece a compra. E o terceiro e talvez mais importante fator é a percepção crescente dos usuários sobre as funcionalidades do computador.

Em relação com outros países, se for feita uma comparação com países desenvolvidos, como Estados Unidos, o número de computadores em uso no Brasil ainda é baixo. Nos Estados Unidos, há cerca de 330 milhões de computadores em uso. Enquanto que a taxa no Brasil é de 44%, nos Estados Unidos chega a 106%, o que significa que há mais computadores em uso nos Estados Unidos do que habitantes. O mesmo fenômeno pode ser observado quando o produto é telefone (móveis e fixos) ou televisores. Nos Estados Unidos os números chegam a 454 milhões de telefones e 400 milhões de televisores. Em todo mundo, são 6,8 bilhões de telefones e 4 bilhões de TV. (FGV, 2011)

Conforme o IDC *International Data Corporation* (IDC, 2011) o mercado brasileiro de computadores possui grande relevância na América Latina, representa 41,5% de aproximadamente 33,1 milhões de unidades vendidas em 2010. Neste mesmo período, o crescimento total do mercado da América Latina foi da ordem de 16,3% se comparado a 2009.

O ritmo de crescimento do setor no Brasil vem se mostrando cada vez mais agressivo. Entre 1997 e 2001, foram vendidos no País cerca de 12 milhões de computadores; no período de 2001 a 2005, cerca de 19 milhões; entre 2006 e 2010 cerca de 55 milhões. Somente no ano de 2010, a comercialização de computadores atingiu 13,7 milhões de unidades, representando US\$ 11,6 bilhões em vendas. As vendas do mercado legal passaram de 962 mil unidades em

2004 para cerca de 10,2 milhões de unidades em 2010, registrando crescimento médio anual de 48,2% entre 2004 e 2010.

5. Composição de Computadores

Os computadores pessoais, tanto os computadores portáteis como laptop e notebooks, consistem em:

- _ Unidade Central de Processamento (CPU): gabinete e todos os seus componentes como placa de circuito impresso, placa-mãe, *chips*, capacitores, conectores, discos drives, transformador, fios, cabo de alimentação, etc.
- _ Monitor: tubo de raio catódico ou tela plana (LCD), circuitos e fios, cabos para CPU e cabo de alimentação.
- _ Impressora: e seu conteúdo, tais como cartucho de tinta ou tonner, fios, cabos para a CPU e cabo de alimentação.
- _ Dispositivos periféricos: teclado e mouse, scanner, Leitor CD, web câmera, alto-falantes.

A seguir no Quadro 2 são apresentados os metais pesados, as partes onde são encontradas a porcentagem desses metais no computador e a porcentagem que pode ser reciclado.

Quadro-2 Metais Pesados as partes onde são encontradas a porcentagem desses metais no computador e a porcentagem que pode ser reciclado.

Metal Pesado	Parte do Computador onde é encontrado	Porcentagem no Computador	Porcentagem Reciclável
Alumínio	Estrutura, Conexões	14,1723%	80,0000%
Bário	Válvula eletrônica	0,0315%	0,0000%
Berílio	Condutivo Térmico, Conectores	0,0157%	0,0000%
Cádmio	Bateria, Chip, Semicondutor, Estabilizadores	0,0094%	0,0000%
Chumbo	Circuito Integrado, Soldas, Bateria	6,2988%	5,0000%
Cobalto	Estrutura	0,0157%	85,0000%
Cobre	Condutivo	6,928%	90,0000%
Cromo	Decoração, Proteção contra corrosão	0,0063%	0,0000%
Estanho	Circuito Integrado	1,0078%	70,0000%
Ferro	Estrutura, Encaixe	20,4712%	80,0000%
Gálio	Semicondutor	0,0016%	0,0000%
Germânio	Semicondutor	0,0016%	60,0000%
Índio	Transistor, Retificador	0,0016%	60,0000%
Manganês	Estrutura, Encaixes	0,0315%	0,0000%
Mercúrio	Bateria, ligamentos, Termostatos, Sensores	0,0022%	0,0000%
Níquel	Estrutura, Encaixe	0,8503%	80,0000%
Ouro	Conexão, Condutivo	0,0016%	99,0000%
Prata	Condutivo	0,0189%	98,0000%
Sílica	Vidro	24,8803%	0,0000%
Tântalo	Condensador	0,0157%	0,0000%
Titânio	Pigmentos	0,157%	0,0000%
Vanádio	Emissor de Fósforo Vermelho	0,0002%	0,0000%
Zinco	Bateria	2,2046%	60,0000%

Fonte: Microelectronics and Computer Technology Corporation (2007)

Atualmente é comum a maioria destes metais não passarem por nenhum processo de reciclagem e são depositados de maneira incorreta no meio ambiente. Tais materiais contaminam o solo, águas superficiais ou até mesmo os lençóis subterrâneos, poluindo rios, lagos e oceanos, o que pode comprometer a vida dos organismos que vivem nesses ecossistemas ou mesmo dos seres humanos.

Em relação às tecnologias disponíveis para transmissão de imagem é possível descrever três formas de transmissão. A transmissão por tubo de raios catódicos, a de plasma e a de cristal

líquido. A tecnologia de transmissão de imagem do tipo CRT é a mais antiga e funciona baseada na emissão de um fluxo de elétrons através de um tubo. Tal fluxo é emitido por uma ponta de tubo e segue até colidir com uma máscara que fica na tela, chamada comumente de máscara de fósforo. Essa máscara, apesar de ser chamada de fósforo, contém preponderantemente outros elementos químicos (PRADO; BRACHER; GUIDE, 2006).

Segundo Franco (2008) para obter-se a imagem por meio da tecnologia de plasma, pequenas células (pixels) contendo partículas de fósforo (que correspondem ao vermelho, azul e verde) ficam dentro de um vidro e estão expostas a uma fina camada de gás plasma (néon e xenon). Com a passagem de impulsos elétricos enviados por uma grade dielétrica, a mistura é estimulada e o resultado é a emissão (altamente precisa) de raios ultravioletas. As células de fósforo absorvem essa energia ultravioleta e a irradiam na forma de luz visível, produzindo as imagens que se consegue assistir na tela.

A tecnologia *liquid crystal display* (LCD) é bem mais sofisticada e é utilizada também em monitores de computador e dispositivos portáteis como consoles móveis de jogos, telefones celulares, calculadoras e câmeras digitais. A imagem é formada porque as moléculas de cristal líquido são capazes de orientar a luz. Quando uma imagem é exibida em um monitor LCD, elementos elétricos presentes nas lâminas geram campos magnéticos que induzem o cristal líquido a "guiar" a luz que entra da fonte luminosa para formar o conteúdo visual. (FRANCO, 2008)

Conforme Kuehr & Williams (2003), resultados de amostras realizadas em materiais revelaram que para fazer um computador pessoal (PC) se usa 240 kg de combustível fóssil, 22 kg de produtos químicos e 1.500 kg de água. A quantidade de combustível fóssil utilizada para produzir um computador, por exemplo, é cerca de nove vezes o peso do computador, enquanto que na fabricação de automóveis ou geladeiras, este número é de uma ou duas vezes o peso do bem. Com relação ao gasto de energia, analisando-se o ciclo de vida do produto, para um computador, 80% da energia gasta está na etapa de fabricação do produto, enquanto apenas 20% da energia é gasta durante o uso do bem. Para outros eletrodomésticos como geladeiras, apenas 12% da energia gasta é dada no processo de fabricação do bem, enquanto que 88% da energia gasta se dá durante o uso.

De acordo com Parra e Pires (2003), as duas últimas décadas testemunharam uma revolução tecnológica. Devido ao rápido crescimento da dependência de produtos eletroeletrônicos pelo homem. A produção de computadores envolve uma cadeia de fornecimento de materiais muito complexa e por isso, é difícil rastrear e identificar claramente os diferentes impactos ambientais em cada etapa do ciclo de vida do produto. Um computador pessoal tem em média uma vida útil de 5 anos para os usuários domésticos e de 4 anos para as empresas. De seus componentes, 25% são recuperáveis, 72% são recicláveis e 3% são resíduos contaminantes. No entanto, só 10% dos componentes dos computadores são reciclados de alguma forma.

Ainda conforme esses autores a cadeia de suprimentos de computadores apresenta alguns pontos críticos de gerenciamento que, apesar de não serem exclusivos desse tipo de indústria, acabam sendo potencializados pelas constantes inovações inerentes ao segmento da tecnologia de eletroeletrônicos. Os pontos mencionados pelos autores são:

- curtos ciclos de vida,
- grande número de produtos,
- baixa previsibilidade da demanda;
- grande variabilidade do mercado;
- grande customização de atendimento;

- muitos canais de fornecimento. `

No estudo elaborado por Crowe (2003) para a Agência Ambiental Europeia, constatou-se que as substâncias perigosas estão presentes em todos os REEEs, porém em quantidades variadas. De fato, os impactos na saúde humana e no meio ambiente, advindos dos computadores surgem desde a extração da matéria-prima, bem como, nas fases da fabricação, utilização do equipamento e após a sua utilização, no momento em que é necessário o tratamento e o descarte final adequado desses resíduos (RODRIGUES, 2006).

As inovações tecnológicas além de contribuir para a otimização das tarefas e rapidez no fluxo de informações têm contribuído para o consumo inconsciente da sociedade e consequentemente para a alta descartabilidade de resíduos eletrônicos no ambiente. Essa realidade tem despertado a sensibilidade ecológica da sociedade, bem como, para novos comportamentos de compras. Porém, a *United States Geological Survey* (USGS, 2001) afirma que “uma tonelada métrica de REEEs de computadores pessoais contém mais ouro que 17 toneladas métricas de minério de ouro”. Os metais preciosos estão contidos nas placas de circuito impresso (PCIs) e são recuperados por meio de processos químicos.

6. Reciclagem

A reciclagem é amplamente considerada como benéfica para o ambiente, embora a coleta, triagem e processamento de materiais em novos produtos também acarretam impactos ambientais significativos.

As fases da Reciclagem

Coleta – a coleta adequada dos resíduos tecnológicos é pré-requisito para uma gestão adequada.

Desmontagem – os REEEs podem ser separados e desmontados para serem encaminhados para revenda, reciclagem, manutenção, entre outros.

Reutilização e Recuperação – reutilização e recuperação dos componentes ou equipamentos são práticas que aumentam a vida útil, minimizando a geração de resíduos.

Eliminação – os equipamentos e seus componentes que não podem ser reaproveitados devem ser encaminhados para aterros apropriados, de maneira que não sejam agentes de poluição do meio ambiente.

7. Tipos de Reciclagem de REEEs

A tecnologia utilizada para a reciclagem de sucatas eletrônicas inclui processos mecânicos, químicos e térmicos, que estão descritos abaixo:

Hidrometalurgia: O sistema hidrometalúrgico consiste na separação de metais onde a etapa mais importante envolve reações de dissolução do material em soluções ácidas ou alcalinas. Uma vantagem alcançada através deste processo são a economia de energia e a menor poluição do meio ambiente. (GERBASE, 2010) Trata-se de uma técnica amplamente utilizada na recuperação de metais provenientes de resíduos eletrônicos, devido em grande parte a sua maior facilidade de controle. As técnicas mecânicas e hidrometalúrgicas têm sido os métodos tradicionais utilizados na reciclagem de PCI. (CUI; ZHANG, 2008)

Pirometalurgia: Este sistema utiliza altas temperaturas podendo gerar metais puros, ligas ou compostos intermediário. A pirometalurgia requer um excessivo consumo de energia para atingir as temperaturas necessárias para cada etapa processo. Dentre os processos pirometalúrgicos utilizados no tratamento de REEEs destaca-se o processo Noranda, através do qual cerca de 100 mil toneladas desse tipo de resíduo são tratadas anualmente no Canadá. (CUI; ZHANG, 2008)

Eletrometalurgia: Segundo Yamane *et al.* (2011) é uma forma de refino de metais por meio da eletrólise. Baseado nas reações de oxi-redução, não espontâneas em que o metal dissolve-se sob a forma de íons metálicos e é eletro depositado no cátodo na forma pura. Boa parte dos metais presentes nos REEES já se encontram na forma metálica, todavia impura, portanto o objetivo do eletrorefino é obter o metal de interesse em seu estado puro.

Biometalurgia: A biometalurgia é um processo em que são utilizadas as interações entre os micro-organismos e minerais para recuperar metais. Neste sistema é possível recuperar cobre, ouro entre outros. Atualmente esse processo encontra-se em ascensão não somente no tratamento de sucata eletrônica, mas em diversos processos industriais. Essa técnica compreende a biolixiviação e bio-sorção. (CUI, *et al.* 2008)

Processo Mecânico: Veit (2001) Este método pode ser compreendido como uma espécie de pré-tratamento, visando à separação de metais, materiais poliméricos e cerâmicos. Após este estágio os metais são encaminhados para processos metalúrgicos. Para uma empresa recicladora ter lucro com a recuperação e refino de metais oriundo das PCI seria necessária tratar grandes quantidades de PCI.

8. Contribuição da Inovação para Gestão Sustentável de REEES

Para Bessant e Tidd (2009), a inovação é, em geral, apontada como a mais importante contribuição para a degradação do meio ambiente. Contudo, a inovação deve constituir também, grande parte de qualquer solução possível para uma gama de questões ambientais, incluindo: Produtos mais limpos - com um impacto ambiental menor ao longo de seu ciclo de vida; Processos mais eficientes para minimizar ou tratar resíduos, reutilizá-los ou reciclá-los; Tecnologias alternativas - para reduzir emissões, fornecer energia renovável; Inovações sistêmicas - para mensurar e monitorar o impacto ambiental, novos sistemas sociotécnicos.

No Brasil, dois importantes setores da economia com elevado índice de inovação merecem destaque devido ao forte impacto ambiental de suas atividades. Trata-se dos setores elétrico e eletrônico. Isso porque seus produtos demandam grande quantidade de insumos, muitos deles metais pesados e tóxicos e porque o descarte de produtos eletrônicos tem se mostrado um grande problema mundial. (ABINEE, 2011)

De acordo com Parra e Pires (2003), a inovação estabelece o tempo de vida útil dos equipamentos eletroeletrônicos em função da substituição de produtos antigos por outros mais modernos, independentemente do fato de estar ou não funcionando. Conforme, esses autores, o desafio consiste em aumentar a conscientização entre todos os atores dos diferentes setores a fim de realizar mudanças para a chamada “eco-inovação” ou inovação ambiental, considerando o consumo sustentável e os padrões de produção.

A inovação ambiental é definida pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2009) como a produção, assimilação e exploração de uma novidade em produtos, processos de produção, serviços ou na gestão de negócios e métodos, que visa, ao longo de seu ciclo de vida, prevenir ou reduzir substancialmente o risco ambiental, poluição e outros impactos negativos da utilização dos recursos (incluindo energia). A eco-inovação relaciona a sustentabilidade às práticas inovativas, atribuindo às organizações maior responsabilidade ambiental no desenvolvimento de novos produtos e serviços ou na condução de processos industriais. Significa inovar na fase de concepção e desenvolvimento de novos produtos e serviços (incluindo materiais e tecnologias) capazes de realizar a mesma função que os produtos existentes, apenas com um impacto ambiental significativamente menor. (OTTMAN, 2011)

Kemp e Pearson (2008) definiram “eco-inovação” como a produção, assimilação ou exploração de um produto, processo de produção, serviço ou método de gestão ou de negócio

que é novo para a organização (desenvolvendo ou adotando-a) e que resulta, ao longo do seu ciclo de vida, em reduções de riscos ambientais, poluição e outros impactos negativos do uso de recursos, inclusive energia.

Segundo Mulvaney e Robbins (2011), a inovação ambiental, visa reduzir a utilização de recursos naturais e os efeitos negativos sobre os ecossistemas, tais como emissões na atmosfera, terra e água. As inovações podem ser de caráter incremental ou radical e podem ocorrer ao nível de um produto ou serviço ou ao nível do sistema sociotécnico em que as inovações são adotadas. Segundo, Kemp (2009), a eco-inovação é um conceito recente que surgiu com a definição de Fussler e James, em 1996, e envolve o desenvolvimento de novos produtos e processos que permitem a redução do impacto ambiental. A eco-inovação é uma nova estratégia que concilia de forma virtuosa a competitividade econômica com a coesão social, de uma forma ambientalmente sustentável.

As preocupações sociais e políticas sobre o meio ambiente e a sustentabilidade apresentam uma influência fundamental sobre o rumo da inovação. Em relação à inovação ambiental conceituada por Chen, Lai e Wen (2006), como inovações de produtos e processos onde são utilizadas tecnologias para a economia de energia, prevenção da poluição, reciclagem do lixo e gestão ambiental, têm sido eficientemente empregada para promover a sustentabilidade e satisfazer as exigências de proteção ambiental.

Conforme Porter (1995), as inovações ambientais podem trazer benefícios que compensam os custos iniciais e criar vantagens competitivas. Os benefícios podem ocorrer para o produto (melhor qualidade, redução do custo e da embalagem, maior segurança) e para o processo (menores paralisações, economia de materiais e de armazenamento, economia de energia e das atividades de descarte dos resíduos). No âmbito do problema dos REEEs, o desenvolvimento de estratégias para substituição de recursos escassos, conceitos de produção inovadores, introdução de novos materiais, e investimento em tecnologia de reciclagem tornam-se fundamentais. Nesse sentido, a autora Yarime (2005) ressalta que a produção de eletrônicos com solda livre de chumbo data desde o início dos anos 1990 e teve êxito graças à criação de uma rede de inovação que cobre instituições diversas, como universidades, institutos de pesquisa, associações industriais. Por exemplo, 436 patentes foram registradas entre 1993 e 2001 para desenvolvimento deste tipo de produto. Para minimizar essas dificuldades, Rennings (2000) afirma que políticas públicas de apoio à inovação para a sustentabilidade podem ajudar a diminuir os custos tecnológicos, institucionais e sociais, especialmente nas fases de invenção e de produção no mercado.

Rennings (2000) destaca que as inovações tecnológicas utilizadas como ferramentas de gestão ambiental nas empresas podem ser observadas no Modelo Hohmeyer e Koeschel. Através desse modelo é possível analisar as tecnologias ambientais de acordo com a etapa em que elas são incorporadas à atividade produtiva de uma empresa. Esses autores propõem que as tecnologias ambientais podem ser integradas ao processo, em diferentes momentos, **na entrada** – por exemplo, através da substituição de insumos nocivos ao meio ambiente ou através da substituição de recursos naturais primários por material reciclado; **no processo de produção** – através da otimização de um único componente do processo, ou da integração de um novo componente ao processo, ou da integração de componentes alternativos no processo, ou ainda, através da utilização de um processo de produção alternativo; **na saída** – através da otimização de um componente do produto, ou através da integração de um novo componente ao produto, ou através da troca de um componente do produto, ou através da substituição completa do produto. Assim percebe-se que a exploração de REEEs através da reciclagem pode ter impactos positivos sobre toda a cadeia de gestão de resíduos. (FIGUIREDO, 2011)

O impacto negativo dos REEE no ambiente, na sociedade e na economia é uma consequência da negligência do princípio da prevenção de resíduos durante as fases anteriores de inovação na indústria eletrônica. A evolução da política ambiental brasileira, os requisitos ambientais dos países desenvolvidos, as normas ambientais internacionais, a crescente preocupação ambiental e, a atuação cada vez mais ambientalmente adequada das indústrias no país constituem demandas que tendem a estimular a eco - inovação. Os países em que a regulação ambiental foi aplicada cedo e com rigor, foram aqueles que progrediram mais no processo de inovação, antecipando assim seus lucros e preenchendo um vazio existente na oferta, podendo então cobrar altos preços num mercado onde a competição não é muito acirrada e auferir lucros extraordinários. (PRATES; SERRA, 2007)

9. Considerações

Considerando a importância da inovação para a Gestão Sustentável de REEEs observou-se que, toda vez que a inovação é associada à questão ambiental pode propiciar o surgimento de inovações tecnológicas importantes, que podem ser pequenas melhorias nas atividades de rotina e até mesmo grandes modificações de produtos e processos.

A gestão de resíduos de eletroeletrônicos vem sendo tratada de diferentes pontos de vista, como o econômico, tecnológico e o ambiental, dessa maneira a maior dificuldades estão na interação de todos os atores envolvidos no processo. Nesse cenário, programas para reduzir o consumo de matéria e energia, a adoção de sistemas de gestão, avaliação de impacto ambiental que os produtos podem gerar durante seu ciclo de vida e no período após terem sido utilizados, são apenas alguns exemplos dessa atitude de antecipação e inovação.

A evolução da política ambiental brasileira, os requisitos ambientais dos países desenvolvidos, as normas ambientais internacionais, a crescente preocupação ambiental e, a atuação cada vez mais ambientalmente adequada das indústrias no país constituem demandas que tendem a estimular a inovação ambiental. Por fim, nota-se que as preocupações sociais e políticas sobre o meio ambiente e a sustentabilidade apresentam uma influência fundamental sobre o rumo da inovação.

10. Referências

- ABINEE.** Associação Brasileira de Indústria Eletro e Eletrônica Disponível em: <http://www.abinee.org.br/>. Acesso em: 20 agosto 2011.
- BESSANT, J. ; TIDD, J..** *Inovação e empreendedorismo*. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- BERKHOUT, F.; GREEN, K.** *Managing innovation for sustainability: the challenge of integration and scale*. International Journal of Innovation Management. v. 6. n. 3, p. 227- 232, sep. 2002.
- CHEN, Y.; LAI S. ; WEN, C.** *The influence of green innovation performance o corporate advantage in Taiwan*. Journal of Business Ethics, v. 67, n. 4, p. 331-339, 2006.
- CONAMA- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>> Acesso em: jun. 2012.
- CROWE M.,** *Waste from electrical and electronic equipment (WEEE): quantities, dangerous substances and treatment methods*. Europe Environment Agency, 2003.
- CUI, J. ; ZHANG, L.** *Metallurgical recovery of metals from electronic waste: A review*. Journal of Hazardous Materials 228-256 2008.
- FGV - Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (FGV-EAESPH)**<http://www.tiinside.com.br/14/06/2011/mercado-de-tablets-movimentara-quase-u.aspx>. Acesso, ago.2011.
- FIGUEIREDO, F.F.** *O desenvolvimento da industria da reciclagem dos materiais no Brasil: Motivação econômica ou benefício ambiental conseguido com a atividade*. Revista Electronica de Geografia Y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. vol. XVI, núm. 387, 2012.

FRANCO, R.G.F. *Protocolo de Referência para Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos Domésticos para o Município de Belo Horizonte*. Dissertação Mestrado Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte Minas Gerais, 2008.

GERBASE, A. E. ; OLIVEIRA, C. R. *Reciclagem do Lixo de Informática: Uma oportunidade para a Química*. Química Nova, Vol.35, n° 7 1486-1492, 2012.

IBGE – PNAD/ Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios disponível em http://www.ipea.gov.br/bd/pdf/Livro_BrasilDesenvEN_Vol03.pdf. acesso em jul.2012.

KEMP, R.; PEARSON, P. Final report of the project Measuring Eco- Innovation; Maastricht (The Netherlands), 2008, 113 p. Disponível em: <http://www.merit.unu.edu/MEI/index.php>. Acesso em 22 de jul 2012.

KUEHR, R. & WILLIAMS, E. “*Computers and the environment – understanding and managing their impacts*”. Kluwer. Holanda: Academic Publishers. United Nations University, 2003.

MCC Microelectronics and Corporation disponível em <http://www.cdirts.org.br/default.php?acesso> em ago.2011.

PARRA, P.H. ; PIRES, S.R.I., *Análise da gestão da cadeia de suprimentos na indústria de computadores*. Gestão & Produção. vol.10 no.1 São Carlos, 2003.

MULVANEY, D.; PAUL R. *Green politics: an A-to-Z guide*. California: SAGE Publications Inc., 2011.

OECD Eco-innovation in industry: enabling green growth, 2009. Disponível em: <<http://www.oecdbookshop.org/oecd/404.asp?fn=/9209061E.PDF>>. Acesso em: 07 jul.2012.

OTTOMAN, J.A. *The new rules of green marketing: strategies, tools, and inspiration for sustainable branding*. California: Berrett-Koehler Publishers, 2011

PORTER, M. E. ; VAN der LINDE. *Class. Green and Competitive: ending the stalemate*. Harvard Business Review, artigo, 1995.

PRADO, A.P.; BRACHER, L. M.; GUIDI, M. H. S. Estudo comparativo de três tecnologias de televisores em termos de impactos ambientais. **Revista Ciência do Ambiente**. Campinas, Unicamp, v.2, n.2, 2006.

PRATES T. & SERRA, M. *Os impactos da regulação ambiental na inovação: algumas considerações*. Economia & Tecnologia - Ano 03, Vol. 08 –Jan./Mar. de 2007.

RENNINGS, K. *Redefining Innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics*. **Ecological Economics**, V. 32, p.319-332. 2000.

RODRIGUES, A. C. **Impactos sócio ambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil**. 2007. 303 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara Do Oeste.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. USGS, *Obsolete Computers, “gold mine” or High-Tech Trash? Resource Recovery from Recycling*, USGS Fact Sheet FS-060-0a: 2001.

VEIT, H. M. *Emprego de Processamento Mecânico para Reciclagem de Sucatas de Placas de Circuito*. Dissertação Mestrado em Engenharia UFRGS, Porto Alegre. 2001.

YAMANE, L. H.; MORAES, V. T.; ESPINOSA, D. C. R.; TENÓRIO, J. A. S. *Recycling of WEEE: Characterization of spent printed circuit boards from mobile phones and computers*. Waste Management 31. p. 2553-2558, 2011.

YUANHSU, L.; MING-LANG, T.; CHIH-CHENG, C.; ANTHONY, S. F. C. Positioning strategic competitive ness of green business innovation capabilities using hybrid method. *Eceptert Systems with Applications*, v. 38, p. 1839-1849, 2011.

