

ECONOMIA CIRCULAR: UMA PERSPECTIVA PARA GESTÃO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS DE MICROCOMPUTADORES

Arykerne Nascimento Casado da Silva¹ (arykerne.silva@ufpe.br), Carlos Alberto Alves Barreto¹
(carloss_barreto@yahoo.com.br)

¹UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

RESUMO

O modelo econômico de extrair matéria-prima, transformá-la para produzir bens de consumo e, posteriormente, descartar esses bens quando indesejados, massificou-se após a Primeira Revolução Industrial. No mundo contemporâneo, devido ao provável esgotamento futuro de várias matérias-primas básicas e ao volume crescente do descarte indevido de rejeitos e resíduos tecnológicos, como os componentes dos microcomputadores, considerados resíduos eletroeletrônicos, pesquisas científicas buscam alternativas para substituir o modelo linear de produção ("extração-transformação-descarte"). A economia circular surgiu nos primórdios da década de 1970 quando a primeira crise do petróleo estava iniciando. A aplicação dos princípios de restauração, reciclagem e regeneração da produção, básicos na economia circular, pode proporcionar redução e, talvez, eliminação dos resíduos eletroeletrônicos. Neste trabalho, propomos a criação de pequenos negócios de comércio de microcomputadores em desuso, mas que podem ser utilizados em tarefas simples. Brechós e bazares são pequenos negócios de compra, venda e troca de mercadorias que existem em grande parte das cidades brasileiras. Na cidade de Recife, esses negócios estão normalmente relacionados a roupas, móveis e eletrodomésticos usados, onde os primeiros proprietários de alguma forma os rejeitaram. Microcomputadores são produtos eletroeletrônicos com rápida evolução tecnológica e, conseqüentemente, um grande número desses equipamentos é colocado em desuso, ainda com capacidade funcional, em empresas e residências devido à aquisição de máquinas mais modernas. A criação de um fluxo comercial colocando computadores em bazares especializados nesse tipo de equipamentos forçaria o uso da economia circular por parte de fabricantes, negociantes, oficinas e clientes.

Palavras-chave: Resíduos eletroeletrônicos, Modelo linear de produção, Modelo de economia circular.

CIRCULAR ECONOMY: A PERSPECTIVE FOR THE MANAGEMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC WASTE OF MICROCOMPUTERS

ABSTRACT

The economic model of extracting raw material, transforming it to produce consumer goods, and later discarding them when become unwanted became habitual after the First Industrial Revolution. In the contemporary world, due to the probable future depletion of several basic raw materials and the increasing volume of undue dumping of waste and technological waste, such as microcomputers components, considered as electro-electronic waste, the scientific research seeks alternatives to replace the linear model of production ("extraction-transformation-discard"). The circular economy emerged in the early 1970s when the first oil crisis was beginning. The application of the principles of restoration, recycling, and regeneration of production that are basic in the circular economy can reduce and, perhaps, eliminate the electrical and electronic residues. In this work, we propose the creation of small businesses of disused microcomputers that can be used in simple tasks. Flea markets and bazaars are small businesses of buying, selling and exchanging goods that exist in most of the Brazilian cities. In the city of Recife these small deals are usually related to clothes, furniture and used domestics' appliances where the first owners somehow rejected them. Microcomputers are electro-electronic products with rapid technological evolution and,

consequently, a large number of this equipment is put into disuse, still with functional capacity, in companies and residences due to the acquisition of more modern machines. The creation of a commercial flow by placing computers in specialized bazaars would force the use of circular economy by manufacturers, dealers, workshops and customers.

Keywords: Electrical and electronic waste, Linear production model, Circular economy model.

1. INTRODUÇÃO

A aquisição de produtos eletroeletrônicos cresce continuamente tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento. A indústria do setor utiliza a obsolescência programada e a redução do tempo de vida dos componentes eletrônicos para aumentar o volume de produtos negociados. Porém, uma consequência dessas ações é o aumento expressivo no número de equipamentos indesejados gerando os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) (YU et al., 2010). Esse rejeito é constituído, em grande parte, basicamente por metais, plásticos e resinas, podendo trazer sérios prejuízos ao meio ambiente e ao ser humano se descartado de forma inadequada (MENIKPURA et al., 2014).

Microcomputadores, telefones celulares, impressoras, consoles de jogos eletrônicos e diversos tipos de equipamentos são definidos como produtos eletroeletrônicos devido à existência de circuitos integrados e processadores entre seus componentes de fabricação. Apesar de o telefone celular ocupar lugar de destaque em relação ao mercado, os microcomputadores continuam a ser uma ferramenta de trabalho, comunicação e lazer de extrema importância na maior parte dos países, de forma que o consumo desses equipamentos continua em um patamar consideravelmente alto (ROBINSON, 2009). As vendas de computadores de mesa, mais conhecidos como desktops, e notebooks sofreram uma redução, prevista pelas consultorias do setor de Tecnologia da Informação (TI), de 6,4% no ano de 2016, existindo também uma previsão de redução de 2,1% para o ano de 2017 (SHIRER, 2017). Não parece existir uma relação direta entre a redução das vendas e a produção de REEE advindos de microcomputadores. As vendas de desktops e notebooks não estavam tão aquecidas quanto no período da década de 1980 até a década de 2005 (CARLSON, 2006), porém a produção de REEE continua em franco crescimento (BABBIT et al., 2009).

As pesquisas científicas relativas aos REEE provenientes destes equipamentos apontam para a necessidade de criação de novas políticas ambientais para evitar a contaminação do meio ambiente e também os riscos de efeitos danosos desses materiais em relação ao ser humano. A justificativa para uma política ambiental relativa aos REEE se deve principalmente ao crescimento rápido e constante do volume desses rejeitos e ao problema do depósito irregular e inadequado de metais, plásticos e resinas, componentes primários dos REEE, no solo. Adicionalmente, surge a questão da reciclagem informal desses equipamentos nos países em desenvolvimento. Um processo comum é a queima direta de componentes para separar plástico de metais como cobre, por exemplo; gerando risco de inalação de gases cancerígenos (PETRIDIS et al., 2015; SONG; LI, 2014; KIDDEE et al., 2013; YU et al., 2010; BABBIT et al., 2009; ROBINSON, 2009).

A preocupação com o aumento do volume de REEE produzido mundialmente chamou a atenção de governos, organizações de pesquisas científicas, universidades e grandes corporações fazendo com que fosse desenvolvida uma rede mundial de parceiros, denominada "Solving the E-Waste Problem (StEP) Initiative" (Iniciativa para Resolver o Problema do REEE), sob a chancela da Organização das Nações Unidas (ONU). O grupo está prevendo para 2017 uma produção de 72 milhões de toneladas de REEE, representando um aumento de 33% em relação ao ano de 2012 (PETRIDIS et al., 2015). Os números de computadores que se tornam obsoletos e integram a produção mundial de REEE impressionam. KIDDEE et al. (2013) contabilizaram 500 milhões de computadores obsoletos entre 1997 e 2007 apenas nos Estados Unidos e 600 milhões foram descartados no final de 2010 no Japão. Na China, cinco milhões de novos microcomputadores são vendidos anualmente desde 2003 e 1,11 milhões de toneladas de REEE são produzidas a cada ano, provenientes principalmente da fabricação de diversos produtos eletroeletrônicos (HICKS et al., 2005).

No Brasil, cerca de um milhão de computadores são literalmente jogados no lixo anualmente. Além disso, de 10% a 20% de telefones celulares entram em inatividade no mesmo período. Esses materiais já representam 5% dos detritos produzidos pela população mundial (BARRETO, 2015). KEMERICH et al. (2013) afirmam que no ano de 2013 foram produzidos 2,6 Kg de lixo eletrônico por cada brasileiro e a estimativa do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) é de que, até 2030, o Brasil produzirá 680 mil toneladas/ano de resíduos eletrônicos, além disso cada brasileiro será responsável pela geração de 3,4 Kg de lixo digital (PNUMA, 2009), gerando um aumento de 30,8% em relação ao ano de 2013.

A proposta de regulamentação da gestão de REEE no Brasil ocorreu a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305 de 2010). A visão de que as organizações produtivas devem ser responsabilizadas pelo gerenciamento do produto durante todo o ciclo de vida, incluindo o pós-consumo, fez com que as empresas procurassem se organizar para estruturar e implantar alternativas de sistemas de gestão de resíduos (DEMAJOROVIC; MIGLIANO, 2013).

As soluções propostas para o destino final dos resíduos sugerem à reciclagem dos materiais, porém muitos microcomputadores são descartados ainda em perfeito estado de funcionamento. Reciclar um bem que ainda pode ser utilizado é desperdício de material e de energia. Além disso, alguns componentes podem ter um destino final incorreto. Uma forma mais coerente em relação a computadores em desuso é extrapolar seu tempo de vida útil, ou ainda, evitar a obsolescência programada.

Neste contexto, apenas mudanças quantitativas, como o aumento na ecoeficiência dos processos, não são suficientes, embora essas sejam necessárias e desejáveis, demandando uma mudança qualitativa que procure a minimização do consumo de recursos, a preferência pelos recursos renováveis e a maximização do reaproveitamento dos resíduos gerados (CONTE, 2016).

Considerando uma solução mais ampla para o descarte indevido de microcomputadores, a proposta da Economia Circular, conceito ainda pouco discutido no Brasil, surge como opção ao sistema de produção linear, gerador do excessivo volume de REEE. O foco do sistema de produção na Economia Circular reside em buscar o desenvolvimento de processos e produtos específicos para um uso mais racional dos recursos naturais. Nessa perspectiva, este trabalho propõe a criação de pequenos negócios especializados para o comércio de microcomputadores em desuso, porém ainda com capacidade de funcionamento para suprir necessidades de residências e instituições.

2. MICROCOMPUTADORES

Os computadores são equipamentos eletroeletrônicos (EEE) – produtos cujo funcionamento dependem do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos, compostos basicamente por metais ferrosos e não ferrosos, plásticos, vidros, placas eletrônicas, além de cabos de borrachas e resinas (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013).

Os computadores são diferenciados em termos de tamanho e capacidade destacando-se, entre os chamados computadores pessoais (Personal Computers - PCs), os desktops (computadores de mesa) e laptops ou notebooks (portáteis). Os desktops são formados por componentes separados, sendo o principal deles a unidade de sistema, onde o monitor, mouse e teclado são conectados por meio de cabos. Os notebooks são equipamentos mais leves que, ao contrário dos desktops, combinam a unidade de sistema, a tela e o teclado em um único gabinete (MICROSOFT, 2015).

A taxa de crescimento da produção de microcomputadores não é a mesma do período 1980 a 2005, porém os avanços tecnológicos desses produtos os transformaram em equipamentos desejados em residências, escolas e empresas. Segundo a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (2014), em 2012 havia 99 milhões de computadores em uso, ou um computador para cada dois brasileiros. O total de equipamentos em residências caiu de 32,5 milhões para 31,4 milhões (48,5% do total para 46,2%) entre 2014 e 2015 (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013). O sucesso dos telefones celulares de última geração (Smartphones) com acesso à Rede Internet e redes sociais é o provável causador dessa redução. Porém, empresas públicas e privadas continuam a adquirir microcomputadores pessoais por necessidade de serviço.

A produção dos computadores é realizada de forma modular e integrada, ou seja, os seus componentes e subcomponentes são reunidos em um conjunto de crescente complexidade. Cada um dos elementos são montados por fabricantes de diferentes partes do mundo. No Brasil muitos componentes são importados principalmente de países do leste asiático (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013).

Os materiais constituintes de um microcomputador são provenientes dos recursos naturais existentes na superfície do planeta. Alguns são comuns, como os componentes metálicos (gabinetes, por exemplo), outros são muito mais específicos e valiosos, como as placas de circuito impresso. A composição química dos REEE varia de acordo com a idade e o modelo do produto em desuso. De acordo com BERKHOUT e HERTIN (2004), um computador descartado com um monitor de tubo de raios catódicos (Cathodic Ray Tube – CRT) tem uma massa aproximada de 25 kg e consiste de 43,7% de metais, 23,3% de plásticos, 17,3% de componentes eletrônicos e 15% de vidros. O avanço tecnológico altera a composição dos resíduos eletroeletrônicos. É o caso dos monitores CRT que foram substituídos pelos modelos de cristal líquido (Liquid Crystal Display-LCD). Essa substituição reduziu o risco de contaminação do meio ambiente pelo chumbo existente nos monitores CRT, porém disponibilizou o mercúrio como potencial contaminante proveniente do monitor LCD (MESTER, et al., 2005). As fontes de metais existem em diversos componentes de microcomputadores (Quadro 1), alcançando o solo podem gerar sérios problemas de poluição.

Quadro 1 - Fontes de metais a partir de microcomputadores.

Elementos metálicos	Fontes geradoras
Arsênio	Semicondutores de silício
Cádmio	Baterias e tonners
Cromo	Fitas de dados e disquetes
Cobre	Fiação e placas de circuitos impressos
Chumbo	Soldas e baterias
Estanho	Soldas e monitores LCD
Mercúrio	Monitores LCD

Fonte: Santos et al., 2015.

Os quantitativos desses materiais que ameaçam o meio ambiente são pequenos quando considerados em relação a apenas um microcomputador (Tabela 1). Porém, as pesquisas demonstram que o número de microcomputadores descartados alcança uma ordem de grandeza na casa dos seis dígitos (KIDDEE et al., 2013).

Tabela 1 - Quantidade em massa de metais em um computador pessoal.

Elemento químico	Quantidade em massa por microcomputador (g)
Prata	1,00
Ouro	0,22
Paládio	0,08
Cobre	500,00

Fonte: Santos et al., 2015.

3. ECONOMIA CIRCULAR

O conceito formal de Economia Circular parece ter surgido a partir de pesquisadores chineses na década de 1998 e aceito oficialmente a partir de 2002 pelo governo chinês. Para a China, a Economia Circular representa uma nova estratégia de desenvolvimento que tem como objetivo aliviar a contradição entre o rápido crescimento econômico do país e a escassez de matéria-prima e energia. Porém, originalmente o conceito surgiu a partir de um modelo de ecologia industrial

baseado na ideia de ciclos fechados (*closing loops*) das políticas ambientais alemãs e suecas iniciadas na década de 1970 (YUAN et al., 2006).

Porém, mais importante que uma definição formal é a ideia na qual se baseia o conceito. A Economia Circular é uma alternativa ao sistema de produção linear (extração, produção, utilização e descarte) com o objetivo de transformar bens de consumo, que seriam descartados como rejeitos, em recursos para outros setores da economia, fechando ciclos no ecossistema industrial e minimizando a produção de rejeitos. O processo inovador é procurar substituir a produção linear com recursos que podem ser reusados, reparados, remanufaturados (STAHEL, 2016).

Talvez o conceito de Economia Circular ainda se confunda com o de sustentabilidade, fazendo com que as pesquisas científicas relativas ao tema ainda sejam escassas. Porém, o mais importante é perceber que já existem políticas relativas à aplicação dos fundamentos da Economia Circular em vários países (GEISSDOERFER et al., 2017). Além disso, mesmo sem o apoio científico do meio acadêmico internacional no desenvolvimento de conceitos e metodologias, vários grupos desenvolveram as chamadas escolas para o desenvolvimento teórico desse conhecimento. As escolas mais influentes no processo de desenvolvimento de tecnologias e práticas da Economia Circular são:

- Do Berço ao Berço (McDONOUGH; BRAUNGART, 2002) que postula a tríade “reduza, reuse e recicle”;
- Leis da Ecologia (COMMONER, 1971) que afirma a não possibilidade de sistemas econômicos sobreviverem por longos períodos agredindo os princípios ecológicos;
- Economia de Ciclos e de Desempenho (STAHEL, 2010) destacando a possibilidade de utilizar novas estratégias para sobrepor as deficiências da economia industrial linear;
- Projeto Regenerativo (LYLE, 1996) procurando enfatizar as práticas regenerativas para o uso da água, da terra, da energia e dos projetos de construção;
- Ecologia Industrial (GRAEDEL; ALLENBY, 1995) que procura demonstrar a necessidade de uma nova forma de visualizar as interações entre o meio ambiente e o processo econômico;
- Biomimética (BENYUS, 2002) que toma os processos naturais como modelo para a produção econômica;
- A Escola da Economia Azul (PAULI, 2010) buscando processos inovadores baseados na natureza que possam substituir os processos industriais produtivos tradicionais.

Apesar de todo um conjunto de conhecimentos e propostas, todas as escolas são bastante gerais fazendo com que para cada área produtiva sejam necessárias especificações que funcionem no sentido de que os resíduos possam ser aproveitados ao máximo. Na área de REEE, e mais especificamente daqueles provenientes de microcomputadores, ainda não existem trabalhos relacionados ao que fazer com gabinetes, fontes elétricas, placas mães, mouse, teclado, discos rígidos, cabos lógicos e elétricos e demais componentes. É possível escolher propostas de cada escola e definir um novo caminho mais adequado para os computadores em desuso (Figura 1).

Figura 1 Pilha de REEE de microcomputadores em uma rua de Guiyu – China.



Fonte: Greenpeace (2008)

4. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A proposta de regulamentação da gestão dos REEE no Brasil ocorreu a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS - Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010). A visão de que as organizações produtivas devem ser responsabilizadas pelo gerenciamento do produto durante todo o ciclo de vida, incluindo o pós-consumo, fez com que as empresas procurassem se organizar para estruturar e implantar alternativas de sistemas de gestão de resíduos (BRASIL, 2010).

No artigo 5º do Decreto sobre a PNRS que trata da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, todos os envolvidos na geração deverão ter participação na eficácia das medidas adotadas. Os produtores e fabricantes terão responsabilidade pelo produto eletroeletrônico, mesmo após o fim da sua vida útil, obrigando-se a promover a logística reversa (art. 33 da PNRS), mas, também, uma correta rotulagem ambiental para possibilitar a efetivação dessa logística (art. 7º, inciso XV, da PNRS) (BRASIL, 2010).

4.1 Logística reversa

A logística reversa é a expressão utilizada para se referir ao papel da logística na reciclagem, disposição de resíduos e gerenciamento de materiais perigosos. Ampliando essas perspectivas, é possível incluir todas as questões relacionadas com as atividades de logística para cuidar da redução de fontes, reciclagem, substituição, reuso de materiais e descarte (STOCK, 1992). A logística reversa não pode ser caracterizada apenas pelo recolhimento de material, mas pelo gerenciamento de todo caminho que o produto em desuso realizará até o seu descarte adequado. Esse fluxo logístico é uma das propostas da Economia Circular, que rompe com o conceito linear de extrair, produzir, consumir e descartar.

4.2 Obsolescência Programada

A obsolescência programada, que é caracterizada pela redução do ciclo de vida dos produtos utilizando-se de materiais menos resistentes e com menor durabilidade, tem aumentado o descarte dos REEE. O recurso adotado pelas empresas produtoras dos dispositivos base para os equipamentos eletroeletrônicos pode estar provocando o aumento da exploração dos recursos naturais e energéticos. Portanto, no fluxo contínuo da produção linear ocorre o aumento do volume de resíduos eletroeletrônicos (XAVIER et al., 2011).

5.OBJETIVO

O objetivo geral desse trabalho de pesquisa foi identificar os parâmetros que relacionam os processos abordados na Economia Circular com a gestão dos resíduos dos equipamentos eletroeletrônicos provenientes de computadores.

Especificamente a pesquisa procurou soluções, dentro da perspectiva da Economia Circular, para:

- Aumentar o tempo de vida útil de um microcomputador em desuso evitando o seu descarte precoce;
- Reaproveitar os componentes destes equipamentos indesejados por seus proprietários originais de forma que possam ser utilizados em outros de mesmo porte;
- Condicionar o descarte de componentes eletroeletrônicos aos locais oficialmente definidos como receptores de revenda;
- Evitar que bens relacionados à microinformática (microcomputadores e seus componentes, mouses, teclados e monitores de qualquer tipo) terminem em lixões.

6.METODOLOGIA

Este estudo utilizou visitas técnicas em brechós, selecionados aleatoriamente, em três bairros diferentes da cidade de Recife, capital do estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. Nesses brechós, onde são comercializados equipamentos eletroeletrônicos de informática, além de grande quantidade de eletrodomésticos, móveis e utensílios para residências, todos usados por um primeiro proprietário, os donos ou responsáveis foram entrevistados informalmente. A pesquisa pode ser classificada como descritiva e com análise documental.

7.RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro comércio está localizado na Rua Rio Amazonas no bairro do Ipsep. O estabelecimento revende equipamentos eletroeletrônicos que já foram utilizados por consumidores e substituídos por produtos mais modernos. No momento da visita, encontravam-se disponíveis para negociação 05 (cinco) CPUS, 06 (seis) monitores do tipo CRT, 05 (cinco) impressoras, jato de tinta e várias televisões e fornos micro-ondas. O segundo comércio visitado, com nome de fantasia Lixão Móveis, está estabelecido na Avenida Caxangá, nº 1174, bairro da Madalena, Recife, Pernambuco. Esse comércio apresenta uma quantidade razoável de bens usados que vão de camas a produtos eletroeletrônicos. O proprietário não informou a quantidade de microcomputadores, porém rapidamente foi possível identificar vários computadores do tipo desktop. O Movão é o nome de fantasia do terceiro comércio visitado. Localizado também na Avenida Caxangá, nº 2127, bairro do Cordeiro, Recife, Pernambuco, é muito desorganizado, porém apresenta uma grande variedade de produtos, inclusive eletroeletrônicos.

As visitas técnicas relacionadas acima não tiveram caráter oficial, por esse motivo não houve a criação de um protocolo e de formulários para entrevistar de forma controlada os proprietários ou responsáveis pelos negócios. Porém, foi possível perceber de imediato que as pessoas relacionadas com esses três negócios não tinham nenhum conhecimento de microinformática e noção do valor dos bens comercializados. Os microcomputadores disponíveis apresentavam aparência de abandono e nenhum deles foi ligado para verificar suas funcionalidades.

Para concluir o estudo, os pesquisadores buscaram informações oficiais sobre o cadastro desses bazares ou brechós nos registros da Junta Comercial do Estado de Pernambuco (JUCEPE). Nenhuma referência foi encontrada. Tentaram também verificar quantos desses brechós existem na cidade do Recife, independentemente do tipo de produto que negociam, e novamente não foi obtida resposta.

Especificamente em termos de microinformática, é possível sugerir o conceito de utilização continuada do computador e de seus periféricos. Esta é uma definição que representa a utilização do equipamento em desuso e abandonado por seus proprietários iniciais; seja em instituições ou residências, devido à aquisição de equipamentos mais recentes; no sentido de mantê-lo longe dos lixões a céu aberto ou até mesmo de evitar o acúmulo desses materiais em locais inapropriados

para o seu destino final. A utilização continuada se adequa muito bem a ideia de recuperação e substituição de peças e componentes auxiliares encontrada nas diversas escolas definidoras da Economia Circular. Não é possível descartar, ou jogar no lixo, um bem tão importante como o computador apenas porque ele está lento, porém sem apresentar nenhum defeito. São várias as aplicações para um computador desse porte e nessa situação. Pequenas planilhas de cálculo, digitação de textos escolares, utilização em aprendizagem, consulta em sítios da rede Internet são alguns exemplos de utilização de equipamentos que já não apresentam grande poder de processamento para os aplicativos mais recentes. A discussão final, e mais complexa, é a destinação final, ou descarte, quando realmente o microcomputador não for mais funcional. O que nos coloca novamente frente à aplicação dos recursos da Economia Circular e o desenvolvimento de um programa no sentido prover uma destinação final que não seja simplesmente o meio ambiente. Porém, para que um programa desse porte tenha sucesso são necessárias as seguintes ações:

1. Mapeamento de todos os bazares da cidade do Recife;
2. Regularização junto ao governo;
3. Identificação de qual tipo de produto trabalham ou negociam;
4. Selecionar àqueles que podem se dedicar a negociação de microcomputadores e seus componentes;
5. Capacitar proprietários e responsáveis através de treinamentos sobre microinformática (equipamentos e programas);
6. Buscar incentivos fiscais para os negociantes melhorarem seus negócios físicos e criar um sistema de captação de equipamentos descartados, porém que ainda apresentem capacidade de uso.

8. CONCLUSÃO

Apesar das evidências da baixa penetração dos conceitos e práticas da Economia Circular no Brasil e, mais ainda, em relação aos rejeitos de microcomputadores em desuso, é possível desenvolver um bom trabalho no sentido de criar uma prática de reuso ou utilização continuada para esses equipamentos. Uma das opções é o desenvolvimento de um modelo de utilização continuada para microcomputadores quando substituídos por modelos mais atuais, direcionando o descarte desses equipamentos indesejados para o comércio de usados.

As seis ações descritas nos resultados e discussões demonstram que o ponto de partida desse programa deverá ser uma instituição já formalizada como uma Organização Não Governamental, uma instituição pública, ou ainda uma instituição privada.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos: análise de viabilidade técnica e econômica**. Brasília, 2013. 179 p.

BABBIT, C. W.; KAHNAT, R.; WILLIAMS, E.; BABBIT, G. A. Evolution of product lifespan and implications for environmental assessment and management: a case study of personal computers in higher education. *Environmental Science and Technology*. V. 43, n. 13, p. 5016-5112, 2009.

BARRETO, C. A. A. Logística reversa dos resíduos dos equipamentos eletroeletrônicos: análise do consumo e pós-consumo dos computadores da Universidade Federal de Pernambuco. *Revista Pernambucana de Tecnologia*. V. 03, n. 03, p. 23-31, 2015.

BENYUS, J. M. *Biomimicry*. New York: William Morow, 2002. 320 p.

BERKHOUT, F.; HERTIN, J. De-materialising and re-materialising: digital technologies and the environment. *Futures*. V. 36, p. 903-920, 2004.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Presidência da República. Casa Civil. Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 10 abr. 2012

CARLSON, P. E. Personal computer industry trends. **Regional Growth Strategies (RGS)**. Washington-DC, dec. 2006. Disponível em: http://www.regionalgrowth.com/pubs/industry-studies/Personal_Computer_Industry_Trends.pdf. Acesso em 06 de março de 2017.

COMMONER, B. The closing circle: nature, man and technology. New York: Randon House, 1971. 339 p.

CONTE, A. A. Ecoeficiência, logística reversa e a reciclagem de pilhas e baterias: revisão. Revista Brasileira de Ciências Ambientais. n. 39, p. 124-139, 2016.

DEMAJOROVIC, J.; MIGLIANO, J. E. B. Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas implicações na cadeia da logística reversa de microcomputadores no Brasil. Gestão e Regionalidade. V. 29, n. 87, p. 64-72, 2013.

GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N. M. P.; HULTINK, E. J. The circular economy – a new sustainability paradigm? Journal of Cleaner Production. V. 143, p. 757-768, 2017

GRAEDEL, T. E.; ALLENBY, B. R. Industrial ecology. New York: Prentice Hall, 1995. 363 p.

GREENPEACE. **Where does e-waste end up?** 2009. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/detox/electronics/the-e-waste-problem/where-does-e-waste-end-up/>>>. Acesso em 22 de abril de 2017.

HICKS, C.; DIETMAR, R.; EUGSTER, M. The recycling and disposal of electrical and electronic waste in China-legislative and market responses. Environmental Impact Assessment Review. V. 25, p. 459-471, 2005.

KEMERICH, P. D. C.; MENDES, S. A.; VORPAGEL, T. H.; PIOVESAN, M. Impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de lixo eletrônico no solo. Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal. V. 10, n. 2, p. 208-219, 2013.

KIDDEE, P.; NAIDU, R.; WONG, M. H. Electronic waste management approaches: an overview. Waste Management. V. 33, p. 1237-1250, 2013.

LYLE, J. T. Regenerative design for sustainable development. New York: Wiley, 1996. 352 p.

McDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. Cradle to cradle: remaking the way we make things. New York: North Point Press, 2002. 194 p.

MENIKPURA, S. N. M; SANTO, A.; HORTA, Y. Assessing the climate co-benefits from Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) recycling in Japan. Journal of Cleaner Production. V. 74, p. 183-190, 2014.

MESTER, A.; FRAUNHOLCZ, N.; VAN SCHAIK, A.; REUTER, M. A. Characterization of the hazardous components in end-of-life notebook display. In: Light metals, Calgary, Canada, 2005

MICROSOFT. Introdução aos computadores. 2015. Disponível em:

<<http://windows.microsoft.com/pt-br/windows/introduction-to-computers#1TC=windows-7>>.
Acesso em: 23 mar. 2015.

PAULY, G. A. The blue economy: 10 years, 100 innovations, 100 million jobs. Taos: Paradigm, 2010. 308 p.

PETRIDIS, N. E.; STIAKAKIS, E.; PETRIDIS, K.; DEY, P. Estimation of computer waste quantities using forecasting techniques. Journal of Cleaner Production. V. 112, n. 2016, p. 3072-3085, 2015.

PNUMA (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE). Recycling – from ewaste to resources. Relatório elaborado pela ONU, 2009. Disponível em: <http://www.unep.org/PDF/PressReleases/EWaste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf>, Acesso em: 03 de abril de 2010.

ROBINSON, B. H. E-waste: an assessment of global production and environmental impacts. Science of the Total Environment. V. 408, p. 183-191, 2009.

SANTOS, J. S. G.; VIEIRA, P. L.; BELTRAME, L. T. C.; EL-DEIR, S. G. Impactos causados por metais em humanos devido à disposição inadequada de equipamentos eletroeletrônicos. V. 3, n. 3, p. 66-74, 2015.

SHIRER, M. PC Market outlook improves mildly with faster shift to slim and convertible models. **International Data Corporation (IDC)**. Press Release. Framingham, Massachusetts, nov. 2016. Disponível em: < <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS41969516>>. Acesso em 31 de março de 2017.

SONG, Q.; LI, J. A systematic review of the human body burden of e-waste exposure in China. Environmental International. V. 68, p. 82-93, 2014.

STAHEL, W. R. The circular economy. Nature. V. 531, p. 435-428, 2016.

STAHEL, W. R. The performance economy. New York: Palgrave Macmillan, 2010. 349 p.

STOCK, J. R. Reverse logistics, Council of logistic management. Oak Brook, IL, 1992.

XAVIER, L. H.; ZUCCHI, M. A.; COSTA, C. H. A. Sustentabilidade na gestão da cadeia de suprimentos de equipamentos eletroeletrônicos. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – SIMPEP, Anais. Bauru, SP; SIMPEP, 2011.

YU, J.; WILLIAMS, E.; JU, M.; YANG, Y. Forecasting global generation of obsolete personal computers. Environmental Science and Technology. n. 44, p. 3232-3227, 2010.

YUAN, Z.; BI, J.; MORIGUICHI, Y. The circular economy: a new development strategy in China. Journal of Industrial Ecology. V. 10, p. 4-8, 2006.