

TI VERDE E O MEIO AMBIENTE: benefícios para a Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos**GREEN IT AND THE ENVIRONMENT: benefits for Waste Management of Electrical and Electronic Equipment**João Batista Martins¹

138

Resumo: A temática sustentabilidade abrange todos os setores de nossa sociedade, sendo a Tecnologia da Informação (TI) uma ferramenta indispensável para impulsionar as empresas. Nesse escopo, como realizar o reuso e o descarte dos equipamentos e itens de TI de forma sustentável? Esta pesquisa busca responder a indagação retrocitada percorrendo o conceito *Green IT* (TI Verde), bem como apresentando as normas europeias, as certificações de equipamentos focados na sustentabilidade do meio ambiente e as publicações nacionais relacionadas à sustentabilidade e ao Plano Nacional de Resíduos Sólidos. O trabalho relaciona, ainda, algumas iniciativas de sustentabilidade dos fabricantes e de algumas instituições, ressaltando a importância da logística reversa. Por fim, este artigo científico propõe um modelo de descarte de resíduos de TI com a utilização da notação de processos (BPMN).

Palavras-Chave: Lixo eletrônico. ROHS. Logística reversa. TI Verde. Cartilha ambiental do Exército.

Abstract: The sustainability theme covers all sectors of our society, and Information Technology (IT) is an indispensable tool to boost companies. In this scope, how to reuse and dispose of IT equipment and items in a sustainable manner? This research seeks to answer the question raised using the Green IT concept, as well as presenting European standards, equipment certifications focused on environmental sustainability and national publications related to sustainability and the National Solid Waste Plan. The work also lists some sustainability initiatives by manufacturers and some institutions, highlighting the importance of reverse logistics. Finally, this scientific article proposes a model for the disposal of IT waste using process notation (BPMN).

Keywords: Electronic waste. ROHS. Reverse logistics. Green IT. Army environmental

¹ Analista em Sistemas de Informação (ITA-SP); especialista em Redes de Computadores (MSB-RJ), Aplicações para WEB (UNIDERP-MS); e Gestão Pública (UFF-RJ); mestre em Gestão da Informação (UnB/DF) e Doutorando no IME-RJ. E-mail: jbsicam@gmail.com e jbsicam@ime.eb.br .

Recebido em 10/05/2020
Aprovado em 23/05/2020

booklet.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, as instituições públicas e privadas, bem como a sociedade têm a necessidade de inserir em suas agendas questões relacionadas ao meio ambiente, adotando práticas ambientalmente saudáveis. No transcorrer dos últimos anos, a tecnologia da informação (TI) alterou fundamentalmente a dinâmica e a qualidade do trabalho, melhorando a produtividade, economia e bem-estar social. Contudo, a TI agora tem um novo papel a desempenhar: auxiliar na criação de um ambiente mais verde e sustentável, ao mesmo tempo em que oferece benefícios econômicos.

Sob essa perspectiva, têm-se diversas iniciativas conceituais e pragmáticas, dentre às quais se destacam: *Green IT* (TI Verde), normas europeias, selos e certificações de equipamentos focados na sustentabilidade do meio ambiente, publicações nacionais e certificação profissional em TI Verde.

No que tange à TI Verde, a contribuição, ao meio ambiente, reside na percepção das problemáticas relacionadas à TI, a saber: consumo de energia pelos equipamentos de TI e a consequente emissão de gases de efeito estufa (GEE). Além disso, o *hardware* de TI apresenta problemas ambientais durante a sua produção e a sua eliminação.

Portanto, TI Verde é um conjunto de práticas no setor de TI que estuda o uso dos recursos da computação de maneira eficiente e limpa. Sob esse prisma, tem-se a TI Verde como sendo uma abordagem na qual visa à utilização da TI de forma alinhada à sustentabilidade do meio ambiente. Sob essa perspectiva, este trabalho aborda a problemática associada ao lixo eletrônico, denominado também de E-lixo, que é todo resíduo material oriundo de descarte de equipamentos eletrônicos.

Mas qual é a magnitude numérica envolvida? O Brasil produz cerca de 1,5 milhão de toneladas de lixo eletrônico por ano, ocupando a primeira posição em geração de E-lixo da América Latina, conforme atesta o relatório emitido pelo *The Global E-waste Monitor* 2017.

A composição dos equipamentos eletroeletrônicos gera uma série de problemas, que vão desde a contaminação por meio da exposição e pelo contato constante com a pele e pela inalação, especialmente no caso de sua desmontagem sem a observância de critérios

de segurança, até a contaminação do meio ambiente decorrente de seu descarte inadequado, que pode atingir o solo e a água; possibilitando, ainda, a contaminação atmosférica por conta de sua queima descontrolada.

Com o intuito de delimitar a abordagem desta pesquisa, busca-se na Diretiva 2002/95/EU, denominada *RoHS (Restrictions of the use of Certain Hazardous Substances - Restrição de (uso de certas) Substâncias Perigosas em Equipamentos Elétricos e Eletrônicos)*, a referência relacionada aos lixo eletrônico.

Sob essa análise, a publicação supracitada classifica os Resíduos de Equipamentos Eletro-Eletrônicos (REEE) em 10 grupos, conforme divisão a seguir.

Quadro 1: Classificação dos REEE, conforme ROHS.

Grupo	Item	Exemplos
1	Grandes eletrodomésticos	Geladeiras, máquinas de lavar roupa e louça, fogões, Microondas
2	Pequenos eletrodomésticos	Aspiradores, torradeiras, facas elétricas, secadores de cabelo.
3	Equipamentos de informática e de telecomunicações	Computadores, laptop, impressoras, telefones celulares, telefones.
4	Equipamentos de consumo	Aparelhos de televisão, aparelhos DVD, vídeos.
5	Equipamentos de iluminação	Lâmpadas fluorescentes
6	Ferramentas elétricas e eletrônicas (com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões)	Serras, máquinas de costura, ferramentas de cortar grama.
7	Brinquedos e equipamentos de esporte e lazer	Jogos de vídeo, caça-níqueis, equipamentos esportivos.
8	Aparelhos médicos (com exceção de todos os produtos implantados e infectados)	Equipamentos de medicina nuclear, radioterapia, cardiologia, diálise.
9	Instrumento de monitoramento e Controle	Termostatos, detectores de fumo
10	Distribuidores automáticos	Distribuidores automáticos de dinheiro, bebidas, produtos sólidos.

Fonte: ROHS (2002).

O escopo abordado neste trabalho ateu-se ao item 3, cuja classificação recai sobre os equipamentos informáticos e de telecomunicações.

2. GREEN IT (TI VERDE)

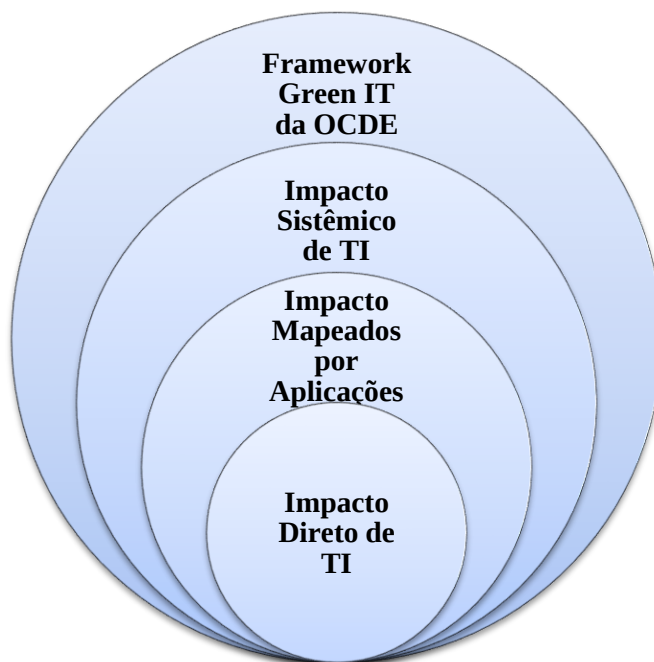
Como já mencionado, *Green IT* é um conjunto de práticas no setor de TI que estuda o uso dos recursos da computação de uma maneira eficiente e limpa. Devido à importância do tema, atualmente, há certificação profissional na área (*EXIN Green IT Foundation*), bem como a alocação do dia 31 de outubro como sendo o Dia Internacional do Lixo Eletrônico.

Segundo Abreu et al. (2012), no âmbito das organizações, o processo de implantação de TI Verde pode ser dividido em três evoluções:

- Tático: Iniciativas basicamente relacionadas ao consumo de energia e a consequente geração de gases do efeito estufa;
- Estratégico: Relacionado à criação de políticas e normas; e
- *Deep IT* (TI Verde “a fundo”): Engloba a conscientização dos usuários com relação ao meio ambiente e o uso sustentável da TI.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) propõe um *framework* para a TI Verde constituído por três perspectivas, conforme retrata a figura a seguir.

Figura 1: *Framework* de TI Verde, concebido pela OCDE.



Fonte: Murugesan e Gangadharan (2012).

O *framework* da OCDE prevê os efeitos da TI Verde sob três vieses:

- Efeitos de 1ª ordem: Impacto Direto de TI;
- Efeitos de 2ª ordem: Impactos Mapeados por Aplicações; e
- Efeitos de 3ª ordem: Impacto Sistêmico de TI.

O Impacto Direto de TI são os efeitos de primeira ordem da TI no ambiente e incluem impactos positivos e negativos devido à existência física de bens e serviços de TI e processos relacionados. As fontes de impacto ambiental direto da TI são as empresas de fabricação e serviços de TI, incluindo intermediários e produtores de bens e consumidores finais e utilizadores de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC).

Os efeitos de 2ª ordem surgem dos aplicativos de TI que reduzem os impactos ambientais em várias atividades econômicas e sociais; pois a TI pode ser aproveitada para otimizar e modificar a maneira como outros produtos são projetados, produzidos, consumidos, usados e descartados; tornando a produção e o consumo de recursos mais eficientes e ambientalmente saudáveis.

O Impacto Sistêmico de TI engloba mudança comportamental, mudança de processo e outros fatores não tecnológicos; ou seja, refere-se à conscientização ambiental.

De acordo com Murugesan (2012) e Gangadharan (2012), a TI Verde já passou por duas versões. A primeira onda de TI verde, ou *Green IT 1.0* foi focada internamente na reengenharia de produtos e processos de TI para melhorar a eficiência energética da TI, maximizar seu uso e atender aos requisitos de conformidade.

No entanto, como a TI contribui com apenas 2 a 3 % para as emissões de GEE que deterioram o meio ambiente, houve a necessidade de ampliar a abrangência da TI Verde; surgindo, então, a segunda onda de TI Verde, denominada *Green IT 2.0*.

Esta nova perspectiva é mais abrangente e preocupa-se, não apenas com a emissão de GEE, mas, também, com outros aspectos relevantes, tais como: fabricação sustentável dos equipamentos de TI com a redução de elementos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde, preocupação com a logística reversa, apoio da TI às demais áreas corporativas fornecendo condições para fabricação de produtos sustentáveis,

disseminação de boas práticas sustentáveis, entre outras contribuições.

Observa, dessa forma, que a *Green IT* 2.0 possui aderência aos efeitos de 2ª e 3ª ordem do modelo proposto pela OCDE; bem como a *Green IT* 1.0 estava alinhada ao efeito de 1ª ordem do *framework*.

Bachour e Chasteen (2010) propõem uma sistemática para a implantação de um projeto de TI Verde, considerando as duas evoluções mencionadas acima.

Segundo Murugesan (2012), para tratar de forma abrangente e eficaz os impactos ambientais da TI, deve-se adotar uma abordagem holística constituída por seis processos, a saber:

1. **Design verde:** Concepção de componentes energeticamente eficientes e ecologicamente corretos (computadores, servidores e equipamentos de refrigeração);
2. **Fabricação verde:** Fabricação de componentes eletrônicos, computadores e outros subsistemas com impacto mínimo ou nulo no ambiente;
3. **Uso verde:** Redução do consumo de energia de computadores e outros sistemas de informação, e uso ambientalmente correto;
4. **Eliminação verde:** Recondicionamento e reutilização de computadores antigos e reciclagem correta de computadores e de outros equipamentos eletrônicos;
5. **Padrões e métricas verdes:** Indicadores que possibilitem a comparação de iniciativas, produtos, serviços e práticas de sustentabilidade; e
6. **Estratégias e políticas de TI verde:** Estratégias e políticas eficazes, alinhando as iniciativas de TI Verde com a regra de negócio da Instituição.

O ciclo acima deve permear toda vida útil dos itens de TI. A próxima ilustração demonstra os seis processos holísticos e multifacetados para uma TI Verde eficiência.

Figura 2: Abordagem holística e multifacetada da TI Verde



Fonte: Murugesan e Gangadharan (2012).

Ao focar os esforços nessas seis frentes, pode-se alcançar a sustentabilidade ambiental total para TI e tornar a tecnologia mais ecológica em todo o seu ciclo de vida.

2.1 Critérios para avaliação de sustentabilidade em produtos

No transcorrer da evolução da tecnologia e de seus produtos associados, observou-se a necessidade de efetivamente melhorar a concepção dos equipamentos, com métodos de fabricação mais sustentáveis ao meio ambiente. Algumas abordagens técnicas serão apresentadas nos próximos subitens.

2.1.1 Energy Star

A Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency- EPA*) criou, em 1992, o *Energy Star* para incentivar os fabricantes a disponibilizarem produtos com baixo consumo de energia, diminuindo, assim, as emissões de dióxido de carbono.

De acordo com Lincke (2012), os *data centers* (centrais de processamento) consomem cerca de 40 vezes mais energia do que um escritório regular. Afirmar, ainda, que as projeções mostram que o crescimento da TI continuará a aumentar, com uma evolução anual da rede em 45%. Dessa maneira, a crescente demanda de energia na área de TI colabora com o aquecimento global.

Por isso, os equipamentos informáticos que possuem a certificação *Energy Star*

possibilitam diversas ações que, ao final, possibilitarão a economia de energia, dentre às quais, pode-se mencionar, o desligamento da tela do computador após determinado tempo inativo.

Alguns computadores, de fabricantes homologados, trazem o programa *Energy Star*, que é um *software* de gestão de energia para redução significativa do consumo de eletricidade quando o produto não está sendo utilizado. A gestão de energia permite que um computador entre automaticamente no modo de economia de energia denominado suspensão, ou outro modo de poupança de energia, após um período definido de inatividade.

2.1.2 80 Plus

O 80 PLUS é um programa de certificação, que faz parte do programa *Energy Star*, que foi o responsável pela introdução de recursos como o desligamento do monitor e dos discos rígidos depois de algum tempo de inatividade, conforme comentado anteriormente. O 80 PLUS é um programa de certificação para fontes, que atesta a capacidade da eficiência mínima de 80% nos três níveis de carregamento: 20%, 50% e 100%. A imagem a seguir demonstra os modelos existentes.

Figura 3: Certificação 80 Plus.

CERTIFICAÇÃO 80 PLUS							
	PARÂMETROS	STANDARD	BRONZE	SILVER	GOLD	PLATINUM	TITANIUM
	% PORCENTAGEM DE CARGA						
EFICIÊNCIA	20%	80%	82%	85%	87%	90%	94%*
	50%	80%	85%	88%	90%	92%	96%*
	100%	80%	82%	85%	87%	89%	91%*

*Fontes redundantes

Fonte: Google images (2020).

O selo 80 PLUS é fixado em local visível na caixa e também na página do fabricante, facilitando a identificação do padrão.

Observe, na figura anterior, que o padrão estabelece a obtenção mínima de 80% de consumo de energia, bem como define, também, que a melhor eficiência encontra-se com 50% de carga sendo exigida.

O programa traz seis selos, com seus respectivos valores: Padrão, Bronze, Prata, Ouro, Platina e Titânio.

2.1.3 EPEAT

O padrão EPEAT (*Electronic Product Environmental Assessment Tool* – Ferramenta de Avaliação Ambiental de Produtos Eletrônicos), avalia produtos eletrônicos em 23 critérios requeridos e 28 critérios opcionais, que são agrupados em oito categorias de desempenho. O EPEAT possui aderência ao *IEEE Standard for Environmental Assessment of Personal Computer Products, Including Laptop Personal Computers, Desktop Personal Computers, and Personal Computer Monitors --- IEEE Std 1680™* - 2006.

Os critérios preconizados pelo IEEE 1680 de 2006, e adotados pelo EPEAT podem ser agrupados nas seguintes categorias:

- Redução / Eliminação de matérias sensíveis ao meio ambiente;
- Declaração da lista de materiais plásticos que compõem o produto;
- Designação dos componentes para reciclagem ao final da vida útil do produto;
- Garantias de longevidade dos componentes do produto;
- Conservação de energia;
- Gerenciamento da reciclagem dos componentes;
- Avaliação Corporativa com base na ISO 14001:2015 (**Sistemas de Gestão Ambiental — Requisitos com orientações para uso**); e
- Empacotamento.

A próxima imagem exhibe os três registros EPEAT existentes com seus critérios de avaliação.

Figura 4: Registros EPEAT.



Fonte: Google images (2020).

O registro EPEAT pode ser acessado no endereço eletrônico <https://epeat.sourcemap.com/>.

Há que se considerar, ainda, no que tange às iniciativas de redução de emissão de GEE, o escopo das aplicações, sendo a virtualização de computadores sinalizadas por

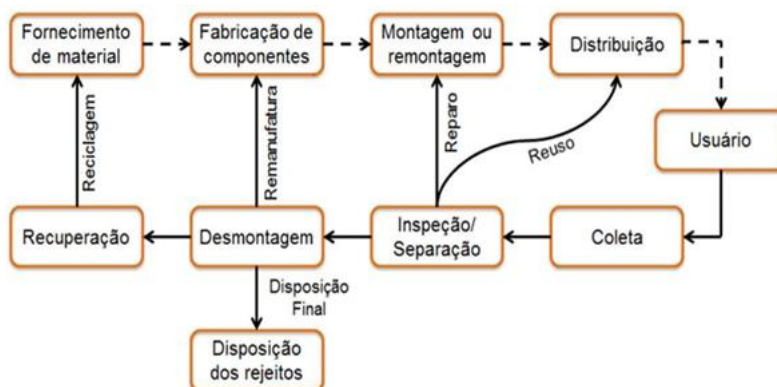
DaSilva et al. (2012) como uma possibilidade eficiente.

3. LOGÍSTICA REVERSA

A logística reversa (LR) é uma área da logística com foco na movimentação e gestão de produtos e recursos desde o ponto de consumo até o ponto de origem a fim de recuperar valor ou realizar o descarte adequado do produto. (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998; VITASEK, 2013).

Segundo Bei e Linyan (2005), há que se combinar a logística direta e a reversa a partir de uma visão holística, com a finalidade de limitar os desperdícios de resíduos, com a a prestação de serviços aos clientes a baixo custo. A cadeia de suprimentos de ciclo fechado, assim denominada pelos autores, engloba alternativas de reuso, reparo, remanufatura, reciclagem e descarte. A próxima ilustração demonstra a cadeia, onde o fluxo direto está representado pelas linhas tracejadas e o fluxo reverso pelas linhas sólidas.

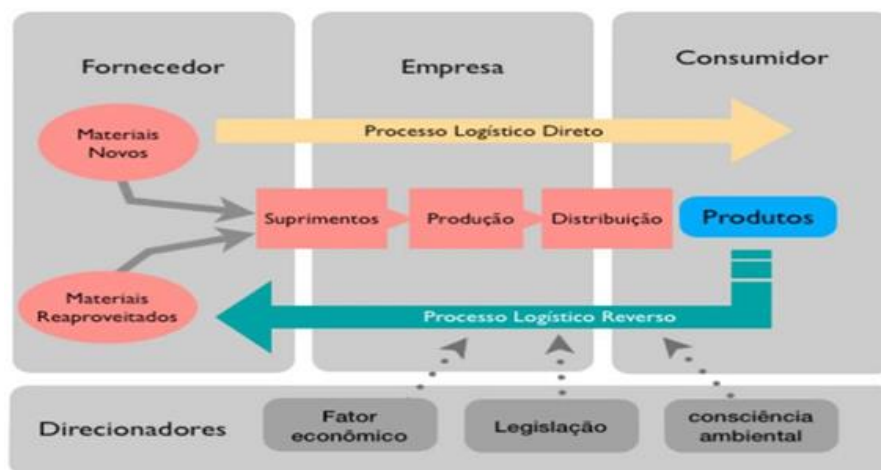
Figura 5: Logística reversa.



Fonte: Bei e Linyan (2005).

Por fim, como aspectos motivacionais para a realização da logística reversa têm-se os direcionadores exibidos na ilustração a seguir: fator econômico, legislação e consciência ambiental.

Figura 6: Direcionadores da Logística reversa.



Fonte: Google images (2020).

4. LEGISLAÇÕES EUROPEIAS

A composição dos equipamentos eletroeletrônicos gera uma série de problemas, que vão desde a contaminação por meio da exposição e pelo contato constante com a pele e pela inalação, especialmente no caso de sua desmontagem sem a observância de critérios de segurança, até a contaminação do meio ambiente decorrente de seu descarte inadequado, que pode atingir o solo e a água. Pode, ainda, acarretar contaminação atmosférica por conta de sua queima descontrolada.

A União Europeia desde 2003 possui a Diretiva 2002/95/EU, emitida pelo Parlamento e pelo Conselho da União Europeia, conhecida como *RoHS* (*Restrictions of the use of Certain Hazardous Substances* - Restrição de (uso de certas) Substâncias Perigosas em Equipamentos Elétricos e Eletrônicos), que limita a utilização de substâncias perigosas na fabricação de componentes/equipamentos eletroeletrônicos (EEE).

A segunda versão da norma foi publicada em 2011, adotada em janeiro de 2013 (*RoHS 2* – Diretiva 2011/65/EU).

Em 2015, alguns ftalatos (DEHP, BBP, DBP and DIBP) foram adicionados à lista de substâncias restritas, aplicável a partir de 2019.

A Directiva 2011/65/UE do Parlamento Europeu e do Conselho Diretiva 2011/65/EU, denominada *RoHS 2* em seu Artigo 4º frisa que:

1. Os Estados-Membros asseguram que os EEE colocados no mercado, incluindo os cabos e as peças sobresselentes para a respectiva reparação, reutilização, atualização das funcionalidades ou melhoria da capacidade, não contenham as substâncias referidas no anexo II.

O Anexo II da publicação supracitada traz os seguintes elementos restritivos com seus valores máximos permitidos em partícula por milhão (ppm):

- Chumbo (0,1 % < 100 ppm);
- Mercúrio (0,1 % < 100 ppm);
- Cádmio (0,1 % < 100 ppm);
- Crómio hexavalente (0,1 % < 100 ppm);
- Bifenilos polibromados (PBB) (0,1 % < 100 ppm);
- Éteres difenílicos polibromados (PBDE) ; e
- (0,1 % < 100 ppm).

Os parâmetros restritivos acima contribuem para minimizar os efeitos nocivos dos elementos existentes nos equipamentos de TI no meio ambiente, por ocasião dos descartes.

5. LEGISLAÇÕES BRASILEIRAS

A Instrução Normativa do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão nº 01/2010 dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências.

O seu artigo 5º - IV determina que os órgãos e entidades da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, quando da aquisição de bens, deverão exigir os seguintes critérios de sustentabilidade ambiental:

- IV. que os bens não contenham substâncias perigosas em concentração acima da recomendada na diretiva RoHS (Restriction of Certain Hazardous Substances), tais como mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cromo hexavalente (Cr(VI)), cádmio (Cd), bifenil-polibromados (PBBs), éteres difenil-polibromados (PBDEs).

Para atendimento das exigências da IN 01/2010, a comprovação deve ser feita

"mediante apresentação de certificação emitida por instituição pública oficial ou instituição credenciada, ou por qualquer outro meio de prova que ateste que o bem fornecido cumpre com as exigências do edital". Situação confirmada pelo TCU, **desde que não sirva como critério para habilitação da empresa ao Edital.** (Art. 3º, § 1º, inciso I, da Lei nº 8.666/1993 e com o art. 3º, inciso II, da Lei nº 10.520/2002 – afetando a competição).

O quadro a seguir exhibe algumas substâncias previstas na *RoHS* que são encontradas em equipamentos de TI, bem como seus impactos ao meio ambiente e à saúde.

Quadro 2 – Substâncias nocivas, seu uso e suas simplificações.

Substâncias	Uso	Impacto ao Meio Ambiente	Impactos à Saúde
Chumbo	Solda, componentes eletrônicos, revestimento de cabos e no tubo de raios catódicos e isolante.	Efeito cumulativo e toxicológico em plantas, animais e micro-organismos.	Intoxicação aguda: fraqueza, irritabilidade, astenia, náusea, dor abdominal com constipação e anemia. Intoxicação crônica: perda de apetite, perda de peso, apatia, irritabilidade, anemia, danos ao Sistema nervosa, respiratório, digestivo, sanguíneo e aos ossos. Cancerígeno para rins e Sistema nervosa.
Cádmio	Recobrimento de aço e ferro, estabilizador para PVC, pigmentos em plástico e vidro e baterias.	Bioacumulativo, tóxico e resistente a decomposição.	Intoxicação aguda: dores abdominais, náuseas, vômitos, diarreias. Intoxicação crônica: perda de olfato, tosse, falta de ar, perda de peso, irritabilidade, debilitação dos ossos, danos ao Sistema nervosa, respiratório, digestivo, sanguíneo e aos ossos. Cancerígeno para pulmões e rins.
Cromo Hexavalente	Anticorrosivo e blindagem elétrica para alguns componentes.	Facilmente absorvido por organismos e altamente tóxico.	Intoxicação aguda: vertigem, sede intensa, dor abdominal, vômito e constipação. Intoxicação crônica: dermatite, edema de pele, ulceração nasal, conjuntivite, náuseas, vômito, perda de apetite, rápido crescimento do fígado. Cancerígeno para pele, pulmões e fígado.
Mercurio	Presente em itens como monitores, lâmpadas, baterias e placas de circuitos.	Acumulado por organismos vivos.	Intoxicação aguda: Aspecto cinza escuro na boca e faringe, dor intensa, vômitos, sangramento nas gengivas, sabor amargo na boca, ardência no aparelho digestivo, diarreia grave, inflamação na boca com queda ou afrouxamento dos dentes, glossite, tumefação da mucosa grave, necrose dos rins, problemas hepáticos graves, pode causar morte rápida. Intoxicação crônica: transtornos digestivos e nervosos, caquexia, estomatite, salivação, mau hálito, anemia, hipertensão, afrouxamento dos dentes, problemas no Sistema nervosa central, transtornos renais leves, possibilidade de alteração cromossômica. Cancerígeno.

Fonte: Portal do Ministério do Meio Ambiente (2020).

O Brasil possui a Lei nº 12.305/10 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. O PNRS, em seu Artigo 9º, estabelece que:

Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A publicação determina, ainda, em seu Artigo 33º, que:

São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

....

VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Ademais, o Ministério do Meio Ambiente criou um grupo de trabalho com o objetivo de elaborar uma legislação brasileira que defina limites de valores para a utilização de elementos perigosos na fabricação de equipamentos eletroeletrônicos, similar à *RoHS*.

6. ALGUMAS INICIATIVAS

Na pesquisa realizada por Anju et al. (2012) tem-se a proposta de uma metodologia para o monitoramento do engajamento dos integrantes da organização com relação às iniciativas de TI Verde. Os autores afirmam que os indivíduos são importantes na efetivação da cultura, pois podem disseminar as seguintes atitudes negativas: não cooperação, ataque à credibilidade das iniciativas da TI Verde e falta de interesse no assunto. Por isso, propõem uma forma de monitoramento automático de *feedback*, com uso da cibernética.

Dessa forma, a implantação de quaisquer iniciativa em TI Verde deve ser monitorada para que obtenha êxito. A compra de equipamentos de TI devem seguir especificações verdes, que garantem a diminuição de emissão de GEE, conforme

preconizam Colin et al. (2014).

Ademais, Singh (2015) defende a reciclagem e o reuso de equipamentos e itens de TI como formas de combate às emissões de CO₂.

I - WEEE.DO

Conforme definido em seu sítio:

A Weee.do promove a logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos assegurando sua destinação ambientalmente adequada, gerando valor para clientes e sociedade por meio de um modelo de negócio sustentável, responsável e de qualidade.

A Weee.do é uma empresa localizada em Santa Catarina que trabalha com a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. Possui 68 Pontos de Entrega Voluntária (PEV) em todo o Estado, conforme figura a seguir; tendo exportado cerca de 31 *containers* de itens eletroeletrônicos para empresas do exterior. Incentiva, ainda, projetos sociais com o reuso de equipamentos de TI.

Figura 7: PEV da empresa Weee.do.



Fonte: Sítio da Weee.do (2020).

II - CENTRO DE DESCARTE E REUSO DE RESÍDUOS DE INFORMÁTICA – USP

Corroborando com o estudo publicado por TO et al. (2013), que retrata a importância das Instituições educacionais se engajarem nas iniciativas de conscientização que envolve a TI Verde, abordaremos o projeto da Universidade de São Paulo (USP), que por intermédio do Centro de Computação Eletrônica (CCE),

inaugurou o CEDIR (Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática).

O Centro tem como objetivo fazer uma triagem dos equipamentos eletroeletrônicos descartados tanto pela comunidade da USP como por pessoas físicas, verificando a possibilidade de sua recuperação e reutilização por projetos sociais.

Caso isto seja possível, tais equipamentos são emprestados para projetos sociais credenciados. Não havendo condições de reuso, os equipamentos são desmontados e seus diferentes componentes são encaminhados para indústrias de reciclagem especializadas. O CEDIR da USP recebe, anualmente, dezenas de toneladas de equipamentos descartados pela comunidade da USP e por pessoas físicas: CPU, monitores, teclados, mouses, estabilizadores, no-breaks, impressoras, telefones, celulares, fios e cabos, CDs, DVDs, além de pequenos objetos como câmeras fotográficas, pilhas, baterias e cartuchos.

O projeto já foi premiado diversas vezes no âmbito nacional, sendo reconhecido, também, no exterior, em países como Colômbia, Argentina e no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), nos Estados Unidos.

O CEDIR realiza, ainda, o treinamento de catadores, executando a inclusão no processo de logística reversa da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Trata-se do Projeto Eco-Eleto – Reciclagem de Eletrônicos, viabilizado por meio de uma parceria entre o Laboratório de Sustentabilidade em Tecnologia da Informação e Comunicação (LASSU) do Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais (PCS) da Poli e o Instituto GEA Ética e Meio Ambiente.

O LASSU foi criado após a constatação de que era necessário desenvolver pesquisa na área de lixo eletrônico.

O CEDIR opera seguindo três etapas, conforme descrito a seguir:

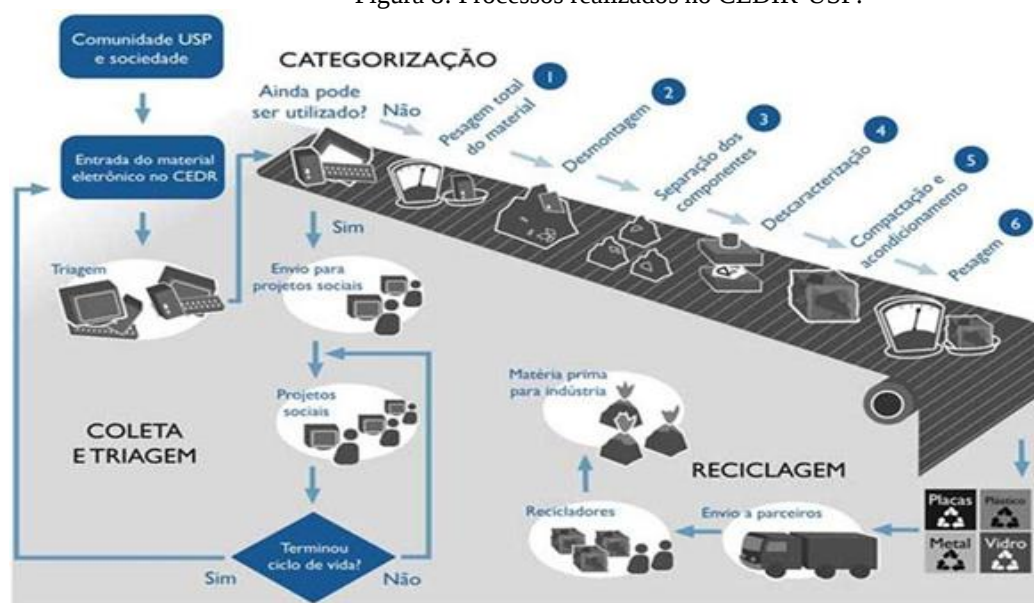
- **Primeira etapa:** Coleta e triagem. Durante a recepção das peças e equipamentos é avaliada a possibilidade de reaproveitamento. Em caso positivo, são encaminhados para projetos sociais. Os equipamentos que não tenham condições de serem reaproveitados são encaminhados para a etapa seguinte;
- **Segunda etapa:** Categorização, na qual os equipamentos são

pesados, desmontados e separados por tipo de material, como plásticos, metais, placas eletrônicas e cabos; seguindo para a última etapa; e

- **Terceira etapa:** Os materiais categorizados são armazenados até o recolhimento por empresas de reciclagem devidamente credenciadas pela USP e especializadas em materiais específicos.

A imagem a seguir retrata o exposto acima com todo o processo detalhado em suas vertentes possíveis.

Figura 8: Processos realizados no CEDIR-USP.



Fonte: Portal da USP (2020).

Há que se ressaltar que as parcerias, a capacitação e o galpão de armazenagem são Fatores Críticos de Sucesso para o projeto.

7. UM MODELO PARA O SETOR DE TI

Segundo Hedman e Henningsson (2010), há três estratégias para a efetivação da TI Verde nas organizações, a saber: *storefront* (a exibição externa do alinhamento da empresa com a TI Verde, como exemplo a apresentação do projeto no portal da instituição), *tuning* (ajustes, como a implementação de virtualização de servidores do data center) e *redesign* (redefinições dos processos da empresa com foco nas oportunidades propiciadas pela TI Verde, bem como a mudança de cultura

organizacional).

Sob esse enfoque, há que se analisar a Cartilha Ambiental do Exército (CAmbEx) que foi publicada em 2019 pelo Departamento de Engenharia e Construção, por intermédio da Diretoria de Patrimônio Imobiliário e Meio Ambiente (DPIMA), com o título Caderno de Instrução sobre Orientações Práticas para Adequação Ambiental em Organizações Militares (EB50-CI- 04.006). Segundo Jailani et. al. (2016), existência de normas é necessária para fortalecer a execução e consolidação dos procedimentos em TI Verde.

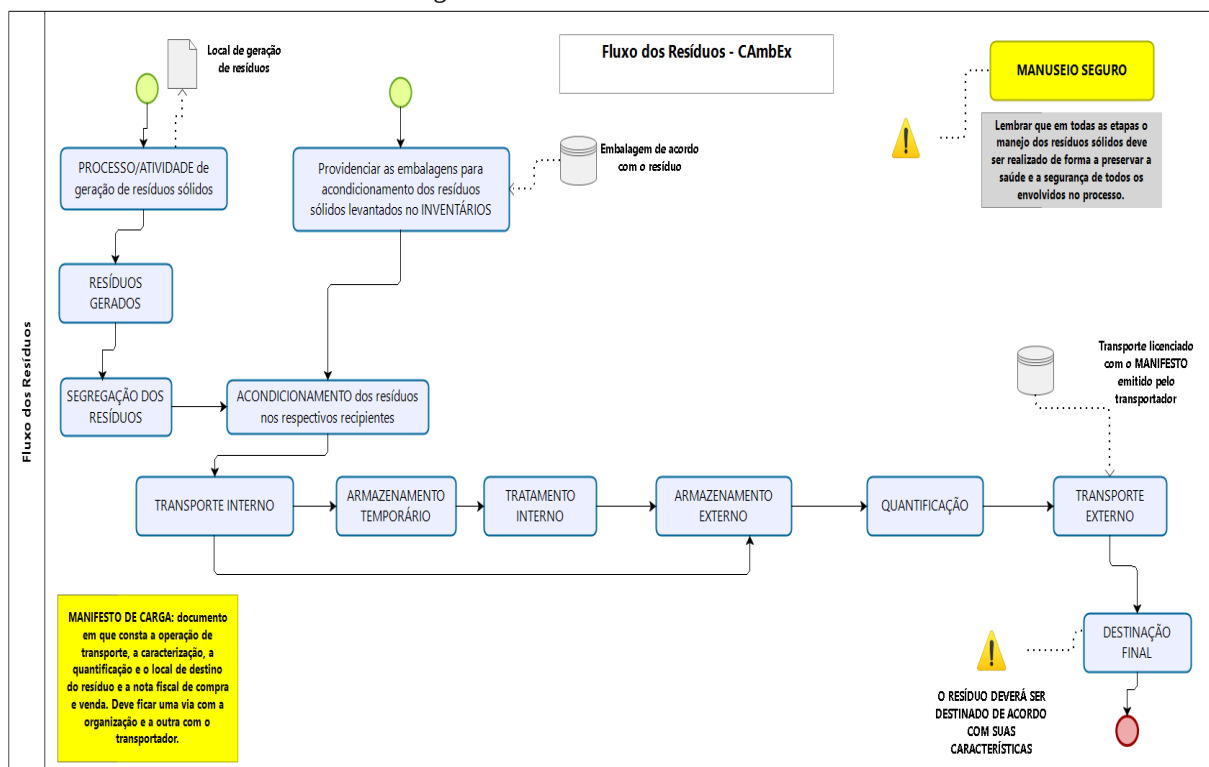
A publicação supracitada busca sintetizar os procedimentos pragmáticos, existentes nas principais normas, necessários para a implantação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) nas organizações militares do Exército Brasileiro (EB).

A Cartilha traz o **Fluxo de Resíduos**, no qual mostra as ações que deverão ser realizadas para o descarte dos resíduos sólidos. Como mencionado no trabalho que versou sobre as dificuldades logísticas, operacionais e de capacitação relacionadas à implantação do Sistema de Gestão Ambiental em organizações militares, a CAmbEx não menciona especificamente os equipamentos de TI.

Nesse sentido, o presente trabalho fez um paralelo entre a o Fluxo de Resíduos e um mapeamento de processos com a notação *Business Process Model and Notation* - Modelo e Notação de Processos de Negócio (BPMN), na qual se verificam os setores envolvidos e os responsáveis com suas respectivas atividades e tarefas a realizar para que o processo, como um todo, obtenha êxito.

A próxima imagem retrata o Fluxo de Resíduos com as diversas ações a serem realizadas para o descarte dos resíduos sólidos nas OM.

Figura 9: Fluxo de Resíduos.



Fonte: CambEx-2019, adaptado pelo autor.

Pauwels et al. (2013) trataram a problemática de descartes de equipamentos de TI, que executam as operações apoiadas pela tecnologia, sob a ótica da necessidade da gestão relacionada ao ciclo de vida desses equipamentos; mitigando seus impactos ao meio ambiente. Por isso os autores propõem um modelo baseado no mapeamento de processos para efetivamente monitorar os descartes desses itens.

Sob essa perspectiva, a ilustração a seguir retrata o mapeamento do processo **Fluxo de Resíduos de TI**, idealizado tendo como referência o **Fluxo de Resíduos** da CambEx e a notação BPMN, com a utilização do software *Bizagi*.

Sob esse aspecto, propõem-se as atividades e tarefas mapeadas com os responsáveis associados; como Modelo de implantação para o descarte de equipamentos de TI.

Os macroprocessos 6. Reutilização dos itens, 7. Reciclagem dos itens e 8. Redução de itens de TI devem ser mapeados e detalhados, pois constituem os 3 R que faz parte do

PNRS. A atividade “Iniciar a análise dos itens de TI” tem como objetivo categorizar os trabalhos em uma vertente dos 3 R. Sob esse escopo, a Comissão deve planejar as iniciativas correlatas, a saber:

- **Reutilização:** itens que podem ser utilizados, como memórias e discos rígidos, deverão ser retirados para utilização em outros equipamentos;
- **Reciclagem:** equipamentos e itens sem condições de uso deverão ser separados para o depósito temporário de resíduos; e
- **Redução:** elaboração de plano de virtualização de computadores clientes e servidores, com o fito de reduzir, a médio prazo, o quantitativo de máquinas na organização.

O início do processo dar-se-á com a troca de 25% dos computadores da OM, conforme meta prevista no Plano Diretor de TI (PDTI), sendo o setor de TI o agente responsável em iniciar o processo.

Outro detalhe importante a ser frisado é a possibilidade de compor a Comissão com integrantes só da área de TI; pois facilita na execução dos serviços, notadamente no que concerne ao aspecto da segurança das informações. Caso a Comissão seja formada por integrantes sem a capacitação necessária, pode-se perder a qualidade da iniciativa.

Figura 10: Mapeamento do Processo Fluxo de Resíduos de TI.



Por fim, para que efetivamente o processo tenha sucesso há necessidade primordial da existência de sinergia entre os setores registrados no mapeamento da ilustração anterior.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em decorrência do crescimento acentuado dos REEE e de seus impactos ao Meio Ambiente, há que se estabelecer processos para o atingimentos dos 3 R (Reuso, Reciclagem e Redução) no ciclo de vida dos componentes/equipamentos desta natureza.

Ademais, a concretização de parcerias com entidades que atuam na coleta e tratamentos dos REEE torna-se aspecto que viabiliza a efetivação da solução.

No escopo privado, Wati e Koo (2011) mencionam a utilização da metodologia *balanced scorecard* no emprego da TI Verde com o fito das empresas obterem vantagem competitiva no mercado.

Por fim, a constante capacitação e conscientização do fator humano é aspecto catalisador para o êxito nesta área.

A implantação do processo relacionado ao descarte de equipamentos de TI, apesar de não configurar explicitamente na CambEx, deve ser abordado pelas OM, e futuramente inserido na Cartilha; pois os componentes de informática são gerados e consumidos em grande velocidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. F.; MONTEIRO, M. S.; ROMITO, P. R. **TI Verde–Implementação de Práticas Sustentáveis em Empresa de Tecnologia da Informação**. IX SEGET, 2012. Disponível em: <www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/25916208.pdf>. Acesso em 21 de out 2016.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política nacional de resíduos sólido**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2010.

EPEAT. **EPEAT registry: your resource for sustainable electronics**. Disponível em: <https://epeat.sourcemap.com/>. Acesso em 1o de julho de 2019.

MINISTÉRIO DA DEFESA (Brasil). Departamento de Engenharia e Construção/Diretoria de Patrimônio Imobiliário e Meio Ambiente (DPIMA). **Caderno**

de instrução sobre orientações práticas para adequação ambiental em organizações militares. (eb50-ci-04.006). Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/333755358_CAMbEx_1_-_Cartilha_Ambiental_do_Exercito Acesso em 20 julho de 2019.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO (Brasil). Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. **Instrução normativa nº 01**, 19 janeiro de 2010.

Disponível em: <<https://www.gov.br/governodigital/pt-br/legislacao/geral>>. Acesso em 05 de julho de 2019.

MURUGESAN, S.; GANGADHARAN, G.R. **Harnessing green it: principles and practices**. Editora Jonh Wiley & Sons, 2012.

ROHS/EUROPEAN COMMISSION. **The rohs directive**. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/waste/rohs_eee/index_en.htm . Acesso em 15 de julho de 2019.

VIEIRA, K. N.; SOARES, T.O.R; SOARES, L.R. **a logística reversa do lixo tecnológico: um estudo sobre o projeto de coleta de lâmpadas, pilhas e baterias da Braskem**. RGSA – REVISTA DE GESTÃO SOCIAL E AMBIENTAL. Disponível em: <https://rgsa.emnuvens.com.br/rgsa/article/view/180> . Acesso em 28 de julho de 2019.

LINCKE, S.J.. (2012). **Green IT: serving multiple purposes**. 81-82., 2012.

BACHOUR, N.; CHASTEEN, L. **Optimizing the Value of Green IT Projects within Organizations**, 2010.

HEDMAN, J.; HENNINGSSON, S. **Three Strategies for Green IT**, 2011.

WATI, Y.; KOO, C. **An Introduction to the Green IT Balanced Scorecard as a Strategic IT Management System**. **Green Finance and Sustainability: Environmentally-Aware Business Models and Technologies**, 2011.

TO, W. M.; CHUNG, A.W.L.; LINDA, S.L.L. **Creating Green Awareness Using IT: The Case of Hong Kong**. IT Professional, 2013.

PAUWELS, D.; CATTRYSSSE, D. ; DUFLOU, J.; MULDER, H. (2012). **Process modelling for green IT service management**., 2012.

DASILVA, D. ; LIU, L. ; BESSIS, N.; ZHAN, Y. **Enabling Green IT through Building a Virtual Desktop Infrastructure**. Eighth International Conference on Semantics, Knowledge and Grids, Beijing, 2012.

ANJU, M.; ANCHAL, G.; SARU, D. **A cybernetic approach to control employee attitude for implementation of green organization**., 2012.

COLIN, A.; SCHULZE, T.; KLINGERT, S. **Facilitating Greener IT through Green Specifications.**, 2014.

SINGH, S. **Green computing strategies & challenges.** *International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT)*, Noida, 2015.

JAILANI, S. F. A. K.; ABDULLAH, L. M.; KARTIWI, M.; HUSSIN, H. **A Conceptual Model of Green It Practices on Organisational Sustainability.** *6th International Conference on Information and Communication Technology for The Muslim World (ICT4M)*, Jakarta, 2016.