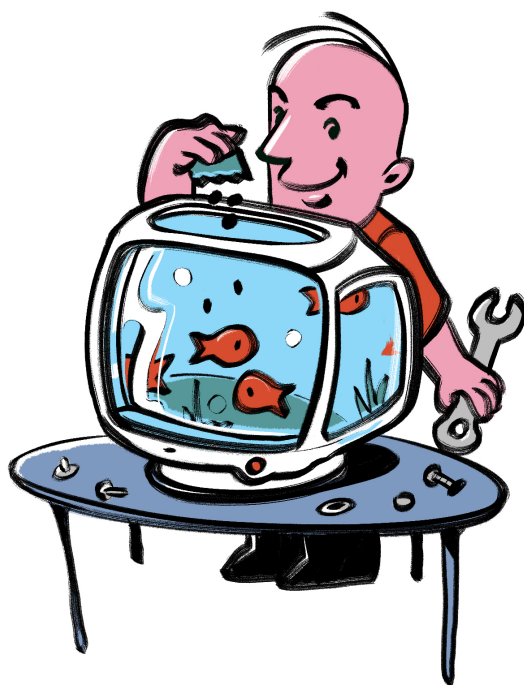


16. Lixo eletrônico: consequências e possibilidades sustentáveis

Clodis Boscarioli
Sílvia Amélia Bim



Após a leitura desse capítulo, você deverá ser capaz de:

- Compreender o conceito de Lixo Eletrônico;
- Reconhecer os riscos do descarte incorreto do Lixo Eletrônico;
- Identificar possibilidades de ações sobre o Lixo Eletrônico.

16.1 Introdução

Com o avanço cada vez mais acelerado das tecnologias e o consumo motivado pelo capitalismo e ativado por campanhas de marketing globalizadas, veiculadas por diferentes mídias, há a acelerada necessidade de aquisição e atualização de aparelhos eletroeletrônicos. Desta forma, estes aparelhos são considerados obsoletos em um espaço muito curto de tempo, sendo descartados e trocados por aparelhos considerados mais modernos.

Este ciclo de mudança pode causar um grande impacto ambiental, caso esses equipamentos não passem por um processo adequado de descarte. Os fornecedores de tecnologias de informação estão buscando, cada vez mais, aplicar padrões verdes em seus produtos e ações, seja visando novas oportunidades de mercado, seja para atender a clientes preocupados com esses requisitos ou mesmo para serem vistos como empresas sustentáveis.

Computadores e vários outros dispositivos como *tablets* e celulares estão associados ao nosso dia a dia. Todos esses dispositivos consomem bastante energia. Quase todos os lares ou setores de negócios possuem equipamentos com circuitos ou componentes elétricos com alimentação ou bateria. O tempo de vida da bateria dos telefones inteligentes, por exemplo, é um dos problemas relacionados. Por outro lado, os avanços tecnológicos, juntamente com ciclos curtos de inovação, aumentaram a taxa de obsolescência desses dispositivos, o que está contribuindo para a produção de lixo eletrônico, feita por todos os setores da economia.

Segundo Mattos, Mattos e Perales (2008), a área de Informática tradicionalmente não era vista como uma indústria poluidora, mas com o avanço tecnológico acelerado o ciclo de vida dos seus equipamentos foi encurtado, gerando lixo tecnológico que, na maioria das vezes, não tem um destino adequado.

Emerge então uma área nominada de *Green Computing* ou *Green Information Technology*, respectivamente Computação Verde ou Tecnologia de Informação (TI) verde. De acordo com Jindal & Gupta (2012), a computação verde é o estudo e a prática de computação eficiente e ecologicamente correta. Envolve também o uso ambientalmente responsável de computadores e recursos relacionados, o que inclui a

implementação de unidades de processamento central (CPU), servidores e dispositivos periféricos com eficiência energética, bem como a redução do consumo desses recursos pelo uso consciente e o descarte adequado de lixo eletrônico.

Em termos mais amplos, para Stegaroiu (2014), Computação Verde também pode ser definida como o estudo de projeto, fabricação, uso e descarte de dispositivos de computação de uma maneira que reduza seu impacto ambiental. A computação verde visa atingir a viabilidade econômica e melhorar a maneira como os dispositivos de computação são usados. As práticas de TI verde incluem o desenvolvimento de práticas de produção ambientalmente sustentáveis, computadores eficientes em termos energéticos e melhores procedimentos de descarte e reciclagem.

Em (SULTANA, SUVARCHALA E RAMYA, 2016) o termo *green* é definido com mais significado, à luz da sustentabilidade, como:

- **G** - Geração e armazenamento de energia renovável
- **R** - Reciclagem de materiais existentes
- **E** - Fabricação, distribuição, construção, instalação e manutenção de produtos com eficiência energética
- **E** - Educação, conformidade e conscientização
- **N** - Fabricação de produtos naturais e sustentáveis
- Para promover uma computação verde em todos os níveis possíveis, as quatro abordagens complementares descritas em Murugesan (2008) e Stegaroiu (2014) ilustradas na Figura 16.1 devem ser adotadas.

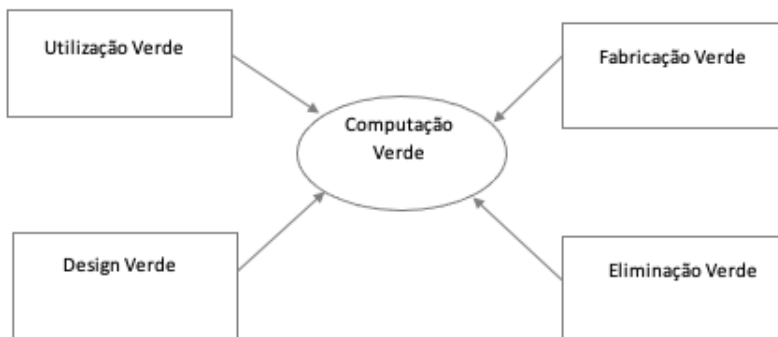


Figura 16.1 Abordagem holística da Computação Verde.

Fonte: Murugesan, 2008.

Da Figura 16.1 depreende-se:

- Utilização verde: minimizar o consumo de eletricidade de computadores e outros dispositivos, ou seja, usá-los de forma ecológica;
- Design verde: Projetar computadores, servidores, impressoras, projetores e outros dispositivos mais econômicos no que tange ao consumo de energia;
- Fabricação verde: minimizar o desperdício durante a fabricação de computadores e outros dispositivos eletroeletrônicos, para que gerem o mínimo ou nenhum impacto ao meio ambiente;
- Eliminação verde: reprojetar um computador existente ou fazer o descarte ou reciclagem adequados de equipamentos eletroeletrônicos inservíveis. Este é o item que abarca as questões de lixo eletrônico, foco deste capítulo.

Dentre suas diferentes contribuições, a coletânea organizada por Dastbaz, Pattinson e Akhgar (2015) discute as tecnologias emergentes e seu impacto ambiental e como mensurar a sustentabilidade, bem como aborda questões sobre hardware sustentável, design de software e uso de big data e cloud computing para impulsionar e estabelecer uma infra-estrutura de tecnologia da informação sustentável.

O foco deste capítulo está na eliminação verde, ao abordar diferentes questões relacionadas ao lixo eletrônico, a partir de normativas e pesquisas. Este capítulo segue assim organizado: a Seção 16.2 traz definições sobre o Lixo Eletrônico; a Seção 16.3 discute os impactos à saúde e ao meio ambiente caso os equipamentos eletroeletrônicos não sejam corretamente destinados; a Seção 16.4 apresenta os processos de descarte e de reciclagem desses materiais; e a Seção 16.5 apresenta casos de uso criativos do lixo eletrônico. O capítulo é finalizado com um resumo de fechamento e lista de exercícios acerca da temática.

Saiba mais...



Para saber mais sobre Computação Verde, sugerimos o livro *Green Information Technology - A Sustainable Approach*, organizado por Mohammad Dastbaz, Colin Pattinson e Babak Akhgar como uma boa referência inicial, no qual os autores discutem as tecnologias a partir dos três pilares da sustentabilidade, quais sejam, o econômico, o social e o ambiental.

16.2 Lixo eletrônico

A definição de Equipamentos Elétricos ou Eletrônicos (EEE) é dada pela Diretiva 2002/96/CE¹, em seu Art. 3º: “cujo funcionamento adequado depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos e concebidos para utilização com uma tensão nominal não superior a 1.000 V para corrente alternada e 1.500 V para corrente contínua.”, sendo seus resíduos preocupação no tocante ao meio ambiente e aspectos relativos à sustentabilidade.

Os “Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos” ou “REEE” são definidos, de acordo Diretiva 2002/96/CE, da seguinte forma: “todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte do produto no momento em que este é descartado.”. O lixo eletrônico também é conhecido por outras denominações, como Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), do inglês WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment*), “e-lixo”, do inglês *e-waste*, lixo tecnológico, “e-sucata” e sucata de informática.

Lixo eletrônico, segundo a Step Initiative (2014) se refere a todos os itens de equipamentos eletroeletrônicos (e suas peças), descartados por seus proprietários como resíduos sem a intenção de reutilização. São então exemplos, computadores, celulares, tablets, geladeiras, fogões, micro-ondas, abrangendo também componentes como baterias e pilhas (acumuladores de energia) e demais produtos magnetizados.

Para Baldé et al. (2015), a definição de lixo eletrônico abarca seis categorias de resíduos:

1. Equipamento de troca de temperatura, como refrigeradores, congeladores, condicionadores de ar e bombas de calor;
2. Telas e monitores, como os de televisores e notebooks;
3. Lâmpadas, como as fluorescentes e de LED;
4. Grandes equipamentos, a exemplo de máquinas de lavar roupa, secadores de roupa, máquinas de lavar louça, fogões elétricos e painéis fotovoltaicos;

1 Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0096:PT:HTML>.

5. Pequenos equipamentos, como aspiradores de pó, micro-ondas, torradeiras, chaleiras elétricas, barbeadores, aparelhos de rádio, câmeras de vídeo, brinquedos eletroeletrônicos;
6. Pequenos dispositivos de tecnologia de informação e de telecomunicações como celulares, aparelhos de GPS, roteadores, computadores pessoais e impressoras.

Em Kiddee, Naidu e Wong (2014) há uma visão geral das substâncias tóxicas presentes no lixo eletrônico, seus potenciais impactos ambientais e de saúde humana, juntamente com as estratégias de gerenciamento atualmente sendo usadas em determinados países. Debnath, Roychoudhuri e Ghosh (2016) afirmam que o gerenciamento do lixo eletrônico deve ser visto como um parâmetro para a computação verde, e apontam que devido à sua natureza prejudicial, o lixo eletrônico é uma grande catástrofe e continuará criando mais problemas se não for tratado adequadamente.

No Brasil, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que tem como prioridade a redução do volume de resíduos sólidos urbanos coletados, pela sua (re)valoração como insumo de produção e da sua disposição ambiental e social adequadas, aliada a mecanismos de coleta seletiva e reciclagem. Entre os resíduos sólidos estão os oriundos de equipamentos eletroeletrônicos que se destacam por seu crescimento e pela especificidade dos materiais que os compõem.

A Lei nº 12.305 no seu artigo 33, capítulo VI atesta 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: [...] produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

A PNRS visa a prevenção e a redução na geração de resíduos, a prática de hábitos de consumo sustentável, o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (tudo que pode ser reaproveitado) e a correta destinação ambiental dos rejeitos (tudo aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado). O gerenciamento de resíduos sólidos (todo ma-

terial e substância que são descartados durante processo de fabricação de bens) deve seguir um sistema que acompanha as etapas de: coleta, transporte, tratamento e correta destinação ambientalmente dos resíduos.

Além disto, a PNRS institui também a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes e dos consumidores no que diz respeito a:

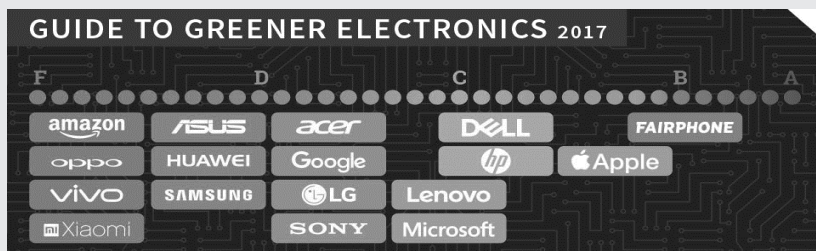
- logística reversa (instrumento de desenvolvimento econômico e social, caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento);
- coleta seletiva (coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição);
- sistema de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (que tem como objetivo armazenar, tratar e fornecer informações que apoiem as funções ou processos de uma organização).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos integra a Política Nacional do Meio Ambiente e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental e com a Política Federal de Saneamento Básico. Além da política nacional, são vários os estados que já criaram suas políticas de resíduos sólidos, com metas e especificidades próprios.

O Guia *Greener Eletronics* elaborado pelo GreenPeace avaliou as 17 empresas líderes no mercado de eletrônicos para averiguar como estão lidando com os impactos ambientais. Na 19ª edição, publicada em 2017 foram considerados 3 critérios: uso de energia (design verde), consumo de recursos (fabricação verde) e eliminação química (eliminação verde). A Figura 17.2 ilustra as empresas avaliadas a partir de suas práticas, sendo que A indica a com melhores práticas verdes e F as com piores desempenhos nos critérios analisados.



Classificação das empresas líderes no mercado de eletrônicos frente às suas práticas relacionadas a impactos ambientais



Fonte: <https://www.greenpeace.org/archive-international/en/campaigns/detox/electronics/Guide-to-Greener-Electronics/>

O relatório completo da 19ª edição pode ser acessado gratuitamente em: <https://www.greenpeace.org/usa/reports/greener-electronics-2017/>.

A seguir, os impactos do lixo eletrônico descartado incorretamente são apresentados visando ciência e reflexão dos leitores.



debate

Debate: O lixo eletrônico na sua vida

Há lixo eletrônico dentro da sua casa? Há lixo eletrônico na sua instituição de ensino? Há lixo eletrônico no seu local de trabalho? Quais são os tipos de lixo eletrônico que você acumulou nos últimos anos? Onde este lixo está armazenado? Como e quando ele é descartado? Você já participou de algum programa de logística reversa? Como foi a experiência? Há coleta seletiva, específica para o lixo eletrônico, em sua cidade, instituição de ensino ou no seu trabalho? Você já fez uso ou conhece algum sistema de informação para a gestão de resíduos sólidos?

16.3 Impactos do lixo eletrônico na sociedade

Um dos problemas mais urgentes da eliminação de lixo eletrônico é que eles são eliminados da mesma forma que outros resíduos domésticos. Desta forma, torna-se um dos problemas de poluição que mais crescem no mundo, dada a presença de uma variedade de substâncias tóxicas que podem contaminar o meio ambiente e ameaçar a saúde humana se os protocolos de descarte não forem meticulosamente gerenciados. Peeranart, Naidu e Wong (2013) apresentam uma visão geral das substâncias tóxicas presentes no lixo eletrônico, seus potenciais impactos ambientais e de saúde humana, juntamente com as estratégias de gerenciamento atualmente sendo usadas em alguns países.



Você Sabia?

que uma ampla variedade de componentes feitos de metais, plásticos e outras substâncias estão contidos em equipamentos elétricos e eletrônicos. Por exemplo, um telefone celular pode conter mais de 40 elementos da tabela periódica, incluindo metais básicos como cobre (Cu) e estanho (Sn), metais especiais como cobalto (Co), índio (In) e antimônio (Sb) e metais preciosos como prata (Ag), ouro (Au) e paládio (Pd). Os metais representam, em média, 23% do peso de um telefone, sendo a maioria cobre, enquanto o restante é de plástico e material cerâmico. Uma tonelada de aparelhos telefônicos (sem bateria) equivaleria a 130 kg de cobre, 3,5 kg prata, 340 g de ouro e 140 g de paládio. Para uma única unidade, o teor de metais preciosos é da ordem de miligramas, em média, de 250 mg de prata, 24 mg de ouro, 9 mg de paládio e 9 g de cobre.

Fonte: Relatório From Waste to Resources da United Nations Environment Programme (UNEP) (UNEP, 2009).

O maior problema do lixo eletrônico está nos componentes usados para a fabricação dos produtos eletrônicos, que são em sua maioria constituídos de metais pesados como mercúrio, chumbo, cádmio e arsê-

nio. Esses metais são conhecidos pelo seu alto nível de toxicidade e densidade, além de serem altamente reativos sendo um problema quando jogados no meio ambiente para a saúde das pessoas e dos animais.

Quando em contato com o meio ambiente, estes metais contaminam solo e água, e, considerando que na maioria dos meios urbanos não existe destinação correta para esse tipo de lixo, ele acaba sendo depositado em locais inadequados, que muitas vezes vai para os lençóis freáticos ou rios poluindo-os. Por vezes, são queimados e sua grande quantidade de elementos tóxicos poluem o ar. O descarte incorreto do lixo eletrônico em lixões ou aterros sanitários pode ocasionar que as substâncias químicas presentes nesses materiais contaminem o solo e atinjam o lençol freático (TANAUE *et al.*, 2015), de forma que as substâncias de metais pesados como ouro, prata, gálio, mercúrio, arsênico, cádmio, chumbo, berílio entre outros, contaminam a água que poderá ser utilizada para irrigação nas plantações, para dar água a rebanhos e, conseqüentemente, podem vir a contaminar o homem.

Os metais pesados não contaminam somente o meio ambiente, mas também a saúde das pessoas que sofrem contato com esses elementos. Causam problemas nos sistemas nervoso, endócrino e reprodutor, causando doenças graves ou até levar a óbito. Outra característica da contaminação por metais pesados é que esses são bioacumulativos, ou seja, se acumulam ao longo da cadeia alimentar.

A Agência Internacional de Pesquisa do Câncer (IARC²) possui uma classificação para as substâncias químicas e sua capacidade carcinogênica ou capacidade de provocar câncer em um organismo, além de seus impactos à saúde:

- Grupo 1 - Carcinogênico para humanos;
- Grupo 2A - Provável carcinogênico;
- Grupo 2B - Possível carcinogênico;
- Grupo 3 - Não classificável como carcinogênico;
- Grupo 4 - Provável não carcinogênico.

A Tabela 16.1 traz uma lista de metais pesados comumente utilizados na fabricação de eletroeletrônicos e os impactos à saúde caso haja exposição aos mesmos, fazendo relação com a classificação da IARC.

2 <https://www.iarc.fr/>.

Tabela 16.1 Exemplos de componentes do Lixo Eletrônico e seus riscos à saúde

Seq.	Componentes	Efeitos da exposição
1	Alumínio	Intoxicação aguda: Obnubilação, coma, convulsões. Intoxicação crônica: Perturbação intermitentes da fala (gagueira), disfunções neurológicas que impedem movimentos coordenados, espasmos mioclônicos, convulsões, alterações de personalidade, demência global. Cancerígeno na bexiga, pulmão. (Grupo 1)
2	Antimônio	Intoxicação aguda: febre alta, irritação na mucosa gástrica, vômitos violentos, cólica abdominal, diarreia, inchaço dos membros, hálito pestilento e erupções cutâneas. Intoxicação crônica: Inflamação no pulmão, bronquite e enfisema crônico. Cancerígeno para pulmões. (Grupo 2B)
3	Arsênio	Intoxicação aguda: dor abdominal, vômito, diarreia, vermelhidão da pele, dor muscular, fraqueza, dormência e formigamento das extremidades, câimbras e pápula eritematosa. Intoxicação crônica: lesões dérmicas, como hiper e hipopigmentação, neuropatia periférica, câncer de pele, bexiga e pulmão, e doença vascular periférica. Cancerígeno para pele, pulmão, bexiga e rins. (Grupo 1)
4	Berílio	Intoxicação aguda: calafrios, febre, tosse dolorosa e acúmulo de fluidos nos pulmões, podendo levar à morte. Intoxicação crônica: Beriliose ou granulomatose pulmonar crônica, lesões pulmonares. Cancerígeno no pulmão. (Grupo 1)
5	Bismuto	Intoxicação aguda: náusea, vômito, icterícia, febre, diarreia, cianose e dispneia. Intoxicação crônica: distúrbios gastrintestinais, gengivostomatite ulcerativa, fraqueza geral, perda do apetite, dermatites e danos renais.
6	Cádmio	Intoxicação aguda: dores abdominais, náuseas, vômitos, diarreias. Intoxicação crônica: perda de olfato, tosse, falta de ar, perda de peso, irritabilidade, debilitação dos ossos, danos aos sistemas nervoso, respiratório, digestivo, sanguíneo e aos ossos. Cancerígeno para pulmões e rins. (Grupo 1)
7	Chumbo	Intoxicação aguda: fraqueza, irritabilidade, astenia, náusea, dor abdominal com constipação e anemia. Intoxicação crônica: perda de apetite, perda de peso, apatia, irritabilidade, anemia, danos nos sistemas nervoso, respiratório, digestivo, sanguíneo e aos ossos. Cancerígeno para rins e sistema nervoso. (Grupo 2A)
8	Cobalto	Intoxicação aguda: diminuição da função ventilatória, congestão, edema e hemorragia dos pulmões, náusea, vômito, diarreia, dano ao fígado e dermatite alérgica Intoxicação crônica: asma brônquica, eczema de contato, miocardiopatia e problemas hematológicos, pneumoconiose e fibrose intersticial pulmonar. Cancerígeno para pulmões. (Grupo 2B)

9	Cobre	Intoxicação aguda: náuseas, vômitos, diarreias, anemia hemolítica, insuficiência renal, insuficiência hepática e coma, dor abdominal, tontura, taquicardia, hemorragia digestiva. Intoxicação crônica: insuficiência hepática, Doença de Wilson. Cancerígeno: tem fator predominante na Doença de Menkes e de Wilson.
10	Cromo (Hexavalente)	Intoxicação aguda: vertigem, sede intensa, dor abdominal, vômito, 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. (Grupo 1)
11	Estanho	Intoxicação aguda: Náusea, vômito e diarreia, dor abdominal, dor de cabeça, irritação nos olhos e pele. Intoxicação crônica: neurotoxicidade, Alzheimer, hemorragia cerebral, glioblastoma.
12	Ferro	Intoxicação aguda: lesão direta na mucosa intestinal, afeta a função mitocondrial, acidose, distúrbios na coagulação do sangue, hiper ou hipoglicemia, necrose tubular aguda, falha hepática aguda. Intoxicação crônica: desconforto abdominal, letargia e fadiga. Cancerígeno para pulmões, sistema digestivo. (Grupo 1)
13	Ftalato (oriundo do PVC)	Intoxicação aguda: sintomas alérgicos e problemas pulmonares. Intoxicação crônica: danos ao sistema reprodutivo, problemas no fígado e rins, efeito negativo em processos metabólicos. Cancerígeno para próstata, pâncreas e múltiplo mieloma (Grupo 2B)
14	Lítio	Intoxicação aguda: vômitos, diarreia, ataxia, arritmias cardíacas, hipotensão e albuminúria. Intoxicação crônica: afeta sistema nervoso.
15	Mercurio	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 ou sanguinolenta, inflamação na boca queda ou afrouxamento dos dentes, glossite, tumefação da mucosa grave, necrose nos rins, problemas hepáticos graves, pode causar morte rápida (1 ou 2 dias). Intoxicação crônica: Transtornos digestivos e nervosos, caquexia, estomatite, salivação, mau hálito, anemia, hipertensão, afrouxamento dos dentes, problemas no sistema nervoso central, transtornos renais leves, possibilidades de alteração cromossômica. Cancerígeno no sistema: os compostos de metil mercúrio são classificados como possível carcinogênico (Grupo 2B), mas o mercúrio metálico e os compostos inorgânicos de mercúrio não são classificados como carcinogênicos (Grupo 3)

16	Níquel	Intoxicação aguda: sensação de queimadura e coceira nas mãos, vermelhidão e erupção nos dedos e antebraços, edema pulmonar e pneumonia. Intoxicação crônica: dermatite alérgica, conjuntivite, pneumonia eusínica (síndrome de Leoffler), asma, rinite crônica, sinusite nasal e irritação pulmonar crônica. Cancerígeno para pulmão e seios paranasais. (Grupo 1)
17	Prata	Intoxicação aguda: coma, edema pleural, hemólise e insuficiência na medula óssea Intoxicação crônica: argiria, pigmentação da pele, unhas, gengiva.
18	Retardantes de chama bromados	Intoxicação aguda: problemas no fígado, afeta sistema imunológico. Intoxicação crônica: bioacumulação no leite materno e sangue, interfere no desenvolvimento ósseo e cerebral, afeta o sistema neurológico, comportamental e hormônios da tireoide.
19	Selênio	Intoxicação aguda: anorexia, dispneia intensa, corrimento nasal espumoso, cianose, tremor, hipertermia, cegueira, taquicardia, arritmias cardíacas, ataxia e exaustão, edema pulmonar, cardíaco e hidrotórax (líquido no pulmão) pálido. Intoxicação crônica: Cegueira ou descoordenação, alcalose metabólica. Não cancerígeno (Grupo 3)
20	Vanádio	Intoxicação aguda: dor de cabeça, palpitações, sudorese e fraqueza generalizada, danos renais, bronquite e broncopneumonia. Intoxicação crônica: rinite, faringite, bronquite, tosse crônica, respiração ofegante, falta de ar e fadiga. Cancerígeno para pulmões, alteração genética (Grupo 2B)
21	Zinco	Intoxicação aguda (casos raros): náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia, mal-estar, cansaço, ulcerações gástricas, lesão renal e efeitos adversos no sistema imunitário. Intoxicação crônica: anemia, aumento do LDL, diminuição do HDL e alteração dos linfócitos T.

Fonte: <https://www.ecycle.com.br/1830-lixo-eletronico-componentes-toxicos>.

Os impactos causados pelo lixo eletrônico são amplos e atingem diferentes setores da sociedade e do meio ambiente. Segundo o relatório *Global E-Waste Monitor* (BALDÉ *et al.*, 2017), o lixo eletrônico está relacionado com 6 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos na Agenda 2030 que foi adotada pela ONU e seus países membros em setembro de 2015 (ONU, 2015):

- Objetivo 3 - Saúde e Bem-Estar;
- Objetivo 6 - Água potável e saneamento;
- Objetivo 8 - Trabalho decente e crescimento econômico;

- Objetivo 11 - Cidade e comunidades sustentáveis;
- Objetivo 12 - Consumo e produção responsáveis;
- Objetivo 14 - Vida na água (se refere a poluição marinha e proteção do ecossistema marinho).

Considerando o item 3.9³, que trata da redução do número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar e água do solo, espera-se até 2030 reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar e água do solo. No tocante ao item 6.1, prevê-se até 2030 alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos e, no item 6.3 melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente.

O item 8.3 apregoa sobre promover políticas orientadas para o desenvolvimento que apoiem as atividades produtivas, geração de emprego decente, empreendedorismo, criatividade e inovação, e incentivar a formalização e o crescimento das micro, pequenas e médias empresas, inclusive por meio do acesso a serviços financeiros. Já no item 8.8, de proteger os direitos trabalhistas e promover ambientes de trabalho seguros e protegidos para todos os trabalhadores, incluindo os trabalhadores migrantes, em particular as mulheres migrantes e pessoas em empregos precários

Sobre o Objetivo 11 - Cidade e comunidades sustentáveis, o item 11.6 tem como meta até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.

O Objetivo 12 - Consumo e produção responsáveis em seu item 12.4 dizia que em 2020 esperava-se alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente, e no item 12.5 prevê até 2030 reduzir

3 O primeiro dígito do item corresponde ao ODS do qual ele faz parte.

substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso, metas extremamente importantes, mas que dificilmente serão atingidas.

O Objetivo 14, que se refere à poluição marinha e proteção do ecossistema marinho coloca como meta no item 14.1 para até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a advinda de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutrientes, e no item 14.2 até 2020 gerir de forma sustentável e proteger os ecossistemas marinhos e costeiros para evitar impactos adversos significativos, inclusive por meio do reforço da sua capacidade de resiliência, e tomar medidas para a sua restauração, a fim de assegurar oceanos saudáveis e produtivos, o que também está longe de se conseguir, mas é de extrema importância ao meio ambiente.

O tema impactos do lixo eletrônico é denso e preocupante, e é notório que pouco avançamos no sentido de alcançar os objetivos propostos no documento da ONU, e que não serão cumpridos nos prazos estipulados, o que implica que precisará ser retomados, em diferentes frentes, política, de pesquisa, de logística e de conscientização, por exemplo, com estratégias e ações coordenadas.



e-wasteland - Neste documentário de 20 minutos, o premiado diretor australiano David Fedeles mostra a rotina do maior “lixão” de eletrônicos do mundo, localizado na favela de Agbogbloshie na cidade de Acra, capital de Gana. Ao optar pelo estilo cinema mudo, David Fedeles assume a intenção de dar a responsabilidade ao(à) telespectador(a) de refletir sobre o tema de modo mais independente, apenas a partir de imagens reais, sem a intervenção de entrevistas guiadas. Ganhador de vários prêmios, o documentário está disponível gratuitamente (e também aceita doações) no site: <http://www.e-wastelandfilm.com/>.



Sugerimos que você assista este documentário e reflita sobre os ODS que estão relacionados com o lixo eletrônico.

16.4 Possíveis soluções

Frente aos problemas de saúde e problemas do meio ambiente, há que se buscar meios para a destinação correta desses resíduos. As alternativas são reciclagem, doação, novas funções e logística reversa.

A reciclagem é uma das melhores alternativas para o lixo-eletrônico e a mais benéfica, pois reaproveita materiais que estariam poluindo o meio-ambiente. A possibilidade da doação de equipamentos ainda servíveis evita o descarte e ajuda outras pessoas que podem se beneficiar do uso do equipamento, prolongando sua vida útil.

A reciclagem pode ser realizada nos centros que realizam a separação de materiais, se possuírem estrutura para isso, ou em empresas especializadas em cada tipo de material. O material a ser reciclado é reduzido por trituração ou compactação para minimizar os custos com transporte.

A reciclagem do *e-lixo* consiste em 3 passos fundamentais: coleta, desmontagem/pré-processamento e refinação (processo final), que podem ser divididos em cinco etapas:

- Coleta do material: o consumidor final pode ir à empresa para doação ou a empresa ter um serviço de buscar o material;
- Desmontagem e separação dos componentes: Dismante manual e separação – preferencialmente automatizada – dos componentes pelo tipo de material, isolando componentes tóxicos ou perigosos.
- Moagem: Separados e tratados, os componentes devem passar por um processo de trituração para se tornarem matéria prima.
- Armazenamento: a matéria prima deve ser separada e adequadamente armazenada.
- Destinação: a matéria prima é corretamente enviada às empresas que a adquiriram para seus processos de fabricação.

A nova função se configura quando um aparelho passa a ser utilizado para uma finalidade que não a primária para a qual foi construído. Por exemplo, usar um *Ipod* como um HD externo para *backup* de dados.

A logística reversa consiste em devolver o produto que será descartado à empresa fabricante ou na loja onde o produto foi adquirido, para que o fabricante dê o destino correto a esse produto. A Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial em parceria com a Inventta⁴ publicou em 2013 uma análise de viabilidade técnica e econômica para a logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos. O documento⁵ apresenta quatro importantes contribuições: levantamento de dados sobre o contexto dos REEE, análise e definição de um modelo de logística reversa, viabilidade econômica do modelo proposto e recomendações sobre o modelo proposto para que sua implementação possa tratar dos desafios apresentados pela PNRS. Outros documentos também buscam informar sobre as possibilidades de logística reversa, como o manual⁶ disponibilizado pela Coopermiti – cooperativa de triagem de lixo eletrônico.

Outra destinação, menos convencional, é o uso de peças de computadores para a criação de arte, contudo, é preciso ter cuidado nessa prática com a seleção e o correto manuseio do material.

As ações para redução do lixo eletrônico passam pela produção e adoção de tecnologias verdes, bem como de práticas de sustentabilidade de responsabilidade de todos. Biswajit, Roychoudhuri e Ghosh (2016) citam algumas ações neste sentido:

- Deve-se tentar reduzir o consumo de produtos gerados a partir de equipamentos eletrônicos sempre que possível, para que menos equipamentos sejam implantados. Por exemplo, pagamentos de contas *online*, sem recebimento do documento impresso pode impactar na redução do número de impressoras.
- A virtualização deve ser implementada, sempre que possível.
- Os monitores de economia de energia devem ser usados e devem ser desligados quando não estiverem em uso.
- Os periféricos de computadores e peças eletrônicas de computadores descartados e outros equipamentos eletrônicos devem ser testados quanto à adequação e devem ser reutilizados, se possível.
- Pesquisas sobre o gerenciamento eficaz de lixo eletrônico devem ser incentivadas.

4 <http://inventta.net/>.

5 http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1416934886.pdf.

6 <https://www.coopermiti.com.br/pdf/mgalr-coopermiti.pdf>.

- A pesquisa e o desenvolvimento de produtos eletrônicos verdes devem ser incentivados e premiados, bem como o uso dos dispositivos assim classificados.
- A reciclagem formal deve ser, cada vez mais, impulsionada pelo governo e pelas ONG locais.
- Deve-se atuar em campanhas de conscientização entre os consumidores, bem como realizar a integração do setor informal com setores formais e treinamento adequado.

Que tal empreender?

Para quem deseja empreender abrindo uma empresa de reciclagem de lixo, o SEBRAE tem uma cartilha com dicas bastante interessantes sobre essa “ideia de negócio”. Consulte:



<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-um-servico-de-reciclagem-de-lixo-eletronico,e4397a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>.

A boa gestão do lixo eletrônico pode criar novos empregos e contribuir para o crescimento econômico no setor de reciclagem. Já foi relatado por outros autores (Leung *et al.*, 2008; Robinson, 2009) que o lixo eletrônico é frequentemente processado no setor informal, e muitos trabalhos de descarte e reciclagem de lixo eletrônico são inseguros e não protegidos por regulamentação formal, o que ainda é uma realidade.

Embora haja soluções apresentadas, há vários problemas relacionados ao descarte de fim de vida útil do gerenciamento de lixo eletrônico, como a complexidade dos materiais utilizados em sua fabricação, a ocorrência de substâncias perigosas entre estes, a falta de conscientização dos usuários, os requisitos legislativos, a disponibilidade de tecnologias, a incerteza da cadeia de suprimentos e a economia informal. Faz-se necessário, portanto, que os países formalizem a gestão sustentável do lixo eletrônico e aproveitem as oportunidades de negócios que ele oferece.

Finalizamos atestando que é de responsabilidade de todo cidadão e instituição praticar as ações de reduzir a quantidade de resíduos produzidos, renovar ou reformar seus eletroeletrônicos para atender a padrões atuais de fiação elétrica, reciclá-los e reutilizá-los, e que todos devem estar cientes de como classificar e descartar o lixo eletrônico separadamente.



atividade

Ideathon (Maratona de Ideias):

Você conhece o caminho que o lixo eletrônico faz? Como poderíamos utilizar diversas tecnologias para realmente implementar a logística reversa? Como seria possível rastrear um equipamento desde sua fabricação até o seu correto descarte? Em grupo, proponha uma solução tecnológica (sustentável) para diminuição do lixo eletrônico e dos impactos que ele pode causar na sociedade, na saúde das pessoas e no meio ambiente. Apresentem a ideia do grupo em *pitches* de 3 a 5 minutos.

16.5 Considerações finais

Neste capítulo apresentamos os conceitos de lixo eletrônico como um dos eixos da Computação Verde, com foco na reciclagem e no descarte correto, discutindo pesquisas e legislações sobre o tema, bem como os impactos do depósito desses resíduos no meio ambiente, causando problemas ambientais e à saúde da população. Faz-se, portanto, necessário aumentar a conscientização entre todos os cidadãos sobre as causas e os efeitos do lixo eletrônico, de forma que haja colaboração mútua na sua correta eliminação. Exemplos de soluções foram discutidos, bem como, uma motivação ao consumo consciente foi realizada, à luz dos preceitos da computação verde, que embora não tenha sido o foco desse capítulo, sua teoria serviu de “pano de fundo” à discussão ora apresentada. Além da computação Verde aqui abordada, existe outra área de pesquisa dentro da Ciência da Computação preocupada com aspectos de sustentabilidade, a chamada *Computational Sustainability*, em português, Sustentabilidade Computacional, que é uma área interdisciplinar de pesquisa que tenta otimizar os recursos sociais, econômicos e ambientais a partir de métodos advindos das áreas de Matemática, Estatística e Ciência da Computação, concentrando-se no desenvolvimento de modelos, métodos e ferramentas computacionais para apoiar na tomada de decisão e na formulação de políticas mais eficazes para o desenvolvimento sustentável, relacionadas, por exemplo, à biodiversidade, clima, meio ambiente, projeto urbano, transporte, entre outros.

16.6 Atividades sugeridas

1. Faça um levantamento das instituições de coleta e reuso de lixo eletrônico de sua cidade (e/ou região e/ou estado) e realize uma visita técnica a uma dessas instituições. Faça um relatório técnico da visita, incluindo informações relevantes como:
 - Tempo de atuação
 - Materiais coletados
 - Canais de coleta
 - Processo de tratamento e descarte
 - Quantidade de funcionários(as)
 - Aspectos de segurança do trabalho
 - Aspectos econômicos

Complemente o relatório técnico compartilhando a sua percepção pessoal sobre a experiência desta visita. A experiência da turma também pode ser compartilhada em uma campanha de conscientização da comunidade. Veja sugestão da Atividade 2c.

2. **Campanha de conscientização** - As campanhas podem ser pontuais, como uma ação de recepção de calouros, ou uma campanha local, por exemplo, com a comunidade acadêmica do seu curso e/ou instituição ou uma campanha mais abrangente para o público geral. Desta forma sugerimos:

- a. Recepção de calouros(as)

- ii. Separe alguns computadores que foram descartados. O ideal é oferecer um computador para cada grupo de 3 ou 4 estudantes.
- iii. Organize um espaço onde os(as) estudantes possam desmontar os computadores e fazer uma triagem de peças que possam ser reutilizadas para montar um “novo” computador em condições de uso. É interessante fazer a integração com estudantes veteranos(as), docentes e técnicos da instituição.
- iv. Caso o grupo consiga montar um ou mais computadores em condições de uso, façam a doação do(s) mesmo(s) para uma instituição que careça deste recurso.

- v. Dê a correta destinação para as peças que não forem reutilizadas, ou veja a Atividade 3 e faça uma oficina de artesanato.
 - vi. Registre todas ações e faça a divulgação em diversos canais de comunicação. Isto também pode ser usado como recurso para conscientização da comunidade.
- b. Campanha de conscientização sobre Lixo Eletrônico e seus impactos na sua instituição de ensino. Sugerimos as seguintes etapas para elaboração dessa campanha:
- i. Levantamento do perfil do público alvo: Elabore e aplique um questionário com o objetivo de identificar a compreensão da comunidade acadêmica acerca do tema lixo eletrônico. Veja o exemplo de um questionário⁷. Para tornar o processo mais rápido uma boa opção é fazer uso de questionário *online*. Você pode utilizar os canais de comunicação da instituição para fazer o convite de participação e compartilhar o *link* para acesso ao questionário.
 - ii. A partir das respostas coletadas crie palestras de conscientização para este público.
- c. Criação de material de divulgação para a comunidade externa - criação de um portfólio para divulgação nas redes sociais.
- i. Produza infográficos estáticos ou animados e/ou vídeos criativos para conscientização da comunidade. Você pode convidar estudantes de outros cursos, como Design ou Comunicação, para participar da criação dos infográficos e vídeos, e fazer um projeto multidisciplinar.
3. Reuso criativo
- a. Crie uma instalação artística usando lixo eletrônico para representar as principais personalidades da Computação. Veja o exemplo do Projeto Enigma da UFRGS (<https://youtu.be/wh5Fh6bGgIY>)

⁷ Disponível em: <http://www.ic.uff.br/~viterbo/downloads/modxlxltr.pdf>

b. Experiências de microeletrônica. Veja exemplos neste canal Manual do Mundo: <https://www.youtube.com/watch?v=VO3YwlqlyC0>

c. Design de jóias (technojóias)

Seja criativo(a)! As atividades podem ser articuladas entre si para explorar as diversas temáticas (legislação, impactos e soluções sustentáveis) do Lixo Eletrônico.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos. Disponível em: http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1416934886.pdf. Acesso em: 16 set. 2020.

BALDÉ, C. P., *et. al.* E-waste statistics: Guidelines on classifications, reporting and indicators. Bonn, Germany, United Nations University, IAS – SCYCLE, 2015.

BALDÉ, C. P., *et. al.* The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna. Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/GEM%202017-E.pdf>. Acesso em: 14/02/2019

COOPERMITI. Manual de boas práticas de gestão ambiental e logística reversa. Disponível em: <https://www.coopermiti.com.br/pdf/mgalr-coopermiti.pdf>. Acesso em: 16 set. 2020.

DASTBAZ, M.; PATTINSON, C.; AKHGAR, B. (org). Green Information Technology - A Sustainable Approach. Elsevier, 2015.

DEBNATH, B., ROYCHOUDHURI, R.; GHOSH, S. K. E-Waste Management – A Potential Route to Green Computing. In: **Procedia Environmental Sciences**, v. 35, p. 669-675, 2016.

GREENPEACE REPORTS. Guide to Greener Electronics 2017. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/usa/reports/greener-electronics-2017/>. Acesso em: 16 set. 2020.

GREENPEACE. Guide to greener eletronics 2017. Disponível em: <https://wayback.archive-it.org/9650/20200408135707/http://p3-raw.greenpea->

ce.org/international/en/campaigns/detox/electronics/Guide-to-Greener-Electronics/. Acesso em: 16 set. 2020.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. World Health Organization. Disponível em: <https://www.iarc.fr/>. Acesso em: 16 set. 2020.

INVENTTA. Disponível em: <https://inventta.net/>. Acesso em: 16 set. 2020.

JINDAL, G.; GUPTA, M. Green Computing “Future of Computers”. In: **International Journal of Emerging Research in Management & Technology**, ISSN: 2278-9359, p. 14-18, 2012.

KIDDEE, P.; NAIDU, R.; WONG, M. H. Electronic waste management approaches: An overview. In: **Journal of Waste Management**, v. 33, p. 1237-1250, 2013.

LEUNG, A. O. W.; DUZGOREN-AYDIN, N. S.; CHEUNG, K. C.; WONG, M. H. Heavy Metals Concentrations of Surface Dust from e-Waste Recycling and Its Human Health Implications in Southeast China. In: **Environmental Science & Technology**, v. 42, n. 7, p. 2674-2680. 2008.

MATTOS, K. M. da C.; MATTOS, K. M. da C.; PERALES, W. J. S. Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente. In: **Anais do XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. ABEPRO, Rio de Janeiro, 2008.

MURUGESAN, S. (2008). Harnessing Green IT: Principles and Practices. **IT Professional**, v. 10, n.1, p. 24-33, 2008.

ONU. Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: <http://www.br.undp.org/content/dam/brazil/docs/agenda2030/undp-br-Agenda2030-completo-pt-br-2016.pdf>. Acesso em: 14/02/2019.

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

STEGAROIU C. Policies for Green Computing and e-waste - the Romanian case. In: **Annals of the Constantin Brâncuși**, University of Târgu Jiu, Economy Series, Issue 6, p. 230-235, 2014.

SULTANA, A.; SUVARCHALA, C.H.N.; RAMYA A. A Study on Green Computing: The Future Computing and Eco-Friendly Technology. In: **Proceedings International Journal of Innovative Research & Development**, Vol 5 Issue 2, p. 35-39, jan, 2016.

TANAUE, A.C.B., et. al. Lixo Eletrônico: Agravos a Saúde e ao Meio Ambiente. In: **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, vol. 19, n. 3, 2015, p. 130-134.

UNEP. Recycling – From E-Waste to Resources. Relatório Técnico da United Nations Environment Programme. 2019. Disponível em: <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DITx1192xPA-Recycling%20from%20ewaste%20to%20Resources.pdf>. Acesso em 14/02/2019.