

---

## ASPECTOS TECNOLÓGICOS E AMBIENTAIS: O DESAFIO DO LIXO ELETRÔNICO

*Adriana Norte Nascimento<sup>1</sup>  
Guilherme Augusto Guimarães Oliveira<sup>2</sup>*

**Resumo:** A redução do ciclo de vida dos produtos eletrônicos decorrentes da acelerada mudança tecnológica, o estilo de vida da sociedade contemporânea aliado às estratégias do setor produtivo, remetem a um consumo intensivo, provocando uma série de impactos ambientais. A preocupação ambiental em relação ao lixo eletrônico surge quando ao serem descartados no lixo comum, substâncias químicas presentes nos componentes eletrônicos passam a contaminar o solo, a água, os animais e por fim, passam a comprometer a saúde humana. Surgem então, desafios e implicações de conciliar as exigências da vida moderna, promovendo o desenvolvimento com o mínimo de impacto ambiental possível. O presente artigo trata da necessidade de se refletir acerca do tratamento e do destino final do lixo eletrônico, frente à nova Política Nacional dos Resíduos Sólidos brasileira e suas disposições.

**Palavras-Chave:** Tecnologia. Meio Ambiente. Lixo Eletrônico. Resíduos Sólidos.

---

<sup>1</sup>Acadêmica da Pós-Graduação “Lato Sensu” em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional – Unimontes. Graduada em Geografia – Unimontes.

<sup>2</sup>Professor do Departamento de Geociências Unimontes.

## TECHNOLOGICAL AND AMBIENT ASPECTS: THE CHALLENGE OF THE ELECTRONIC GARBAGE

**Abstract:** Reducing the life cycle of electronic products resulting from the accelerated technological change, the lifestyle of contemporary society allied with the strategies of the productive sector, referring to an intensive consumption, causing a series of environmental impacts. The environmental concerns in relation to electronic trash it arises when discarded in the common trash, chemicals substances in electronic components contaminating soil, water, animals and finally go to compromise human health. Then arise, challenges and implications of reconciling the demands of modern life, promoting development with minimal environmental impact. This article deals with the need to reflect on the treatment and final disposal of electronic trash, opposite the new Brazilian National Solid Waste and its provisions.

**Keywords:** Technology. Environment. Eletronic trash. Solid waste.

### Introdução

O lixo eletrônico ou “e-lixo” compreende produtos eletrônicos descartados ou obsoletos, como computadores e seus periféricos, celulares, televisores, aparelhos de fax, copiadoras, impressoras, cartuchos, geladeiras, pilhas, baterias e outros.

Muitas vezes considerados inofensivos ou itens de primeira necessidade, tornaram-se agentes de degradação ambiental. Anteriormente, fabricados para grande durabilidade, configuram-se na atualidade em produtos projetados para serem substituídos ao menor sinal de defeito ou lançamento de novas versões. Nos dias de hoje, torna-se mais barato e conveniente comprar um aparelho novo do que consertá-lo. Mensagem esta que o regime capitalista com a ajuda da mídia impõe à sociedade através da chamada “obsolescência programada”, fenômeno relacionado ao curto tempo útil de um bem ou produto, pois o que interessa, não é a utilidade, mas sim, a sua capacidade de gerar fluxo financeiro.

A questão da utilização inconsciente ou até mesmo inadequada da tecnologia tem sido abordada no mundo industrializado e nos países em desenvolvimento, além de alvo de estudos de vários pesquisadores, instituições governamentais, entidades ambientalistas internacionais e da sociedade em geral.

Quando descartados em lixões, os produtos eletrônicos constituem-se num sério risco para o meio ambiente, pois possuem em sua composição metais pesados

altamente tóxicos, tais como mercúrio, cádmio, berílio e chumbo. Em contato com o solo, contaminam o lençol freático; se queimados, poluem o ar. Além disso, causam doenças que vão desde uma simples dor de cabeça e vômito a complicações mais sérias como o comprometimento do sistema nervoso central, até doenças mais graves como o câncer.

De acordo com a entidade ambientalista internacional *Greenpeace*<sup>3</sup>, (2009) o acúmulo de peças de aparelhos eletrônicos descartados já soma 5% de todo o lixo sólido produzido no mundo. Este número é praticamente igual à quantidade de plástico despejada no meio ambiente. O agravante é que o lixo eletrônico cresce cerca de 5% ao ano, até três vezes mais que a média de todo o lixo produzido. O mundo joga fora 50 milhões de toneladas de sucata eletrônica por ano, em todo mundo, segundo dados da referida entidade.

Partindo destes pressupostos, surge o problema em questão, que passa por como diminuir os danos causados pela disposição final inadequada do lixo eletrônico no meio ambiente, diante da perspectiva de se promover o desenvolvimento sustentável.

Diante desta questão, buscamos discorrer neste artigo sobre os aspectos tecnológicos e ambientais frente ao desafio de minimizar os impactos causados pelo descarte inadequado do lixo eletrônico, através do levantamento da legislação brasileira específica, do panorama da situação atual quanto à disposição final dos resíduos e análise dos aspectos sociais, econômicos, sanitários e ambientais que envolvem o tema em estudo.

Do ponto de vista metodológico, classificamos o referido trabalho como qualitativo, uma vez que objetivamos compreender os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência da situação em análise.

### **Conceituação**

No sentido de melhor compreender os termos utilizados no decorrer deste artigo, apresentamos algumas das principais definições:

### **Meio Ambiente**

De acordo com a Lei nº. 6.938, de 31/08/1981, “entende-se por meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.

Encontra-se na ISO 14001:2004 a seguinte definição para meio ambiente: “circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo-se ar, água, solo, recursos

naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações.”

### **Lixo ou resíduo**

O Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa (1988) define que, “lixo é tudo aquilo que não se quer mais e se joga fora; coisas inúteis, velhas e sem valor”. Do mesmo modo, o Minidicionário Eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa 2.0 define que, lixo é 1. objeto sem valor ou utilidade, ou resto de trabalhos domésticos, industriais e outros, que se joga fora 2. lixeira 3. sujeira, imundície 4. coisa ou pessoa sem valor, utilidade, importância.

E, ainda, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da Norma Brasileira Registrada – NBR 10004 (1987), lixo ou resíduo é definido como: “resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos<sup>4</sup>, que resultam de atividades da comunidade, de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição<sup>5</sup>”. Conjunto de produtos não aproveitados das atividades humanas ou gerados pela natureza. São definidos segundo a sua origem e classificados de acordo com o seu risco em relação ao homem e ao meio ambiente em resíduos urbanos e resíduos especiais.

Atualmente o Ministério do Meio Ambiente (2010) estabeleceu um novo conceito sobre resíduos sólidos: “Com a sanção da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o país passa a ter um marco regulatório na área. A lei faz distinção entre resíduo (lixo que pode ser reaproveitado ou reciclado) e rejeito (o que não é passível de reaproveitamento). A lei se refere a todo tipo de resíduo: doméstico, industrial, da construção civil, eletroeletrônico, lâmpadas de vapores mercuriais, agrosilvopastoril, da área da saúde, perigosos, etc”.

### **Lixo Eletrônico**

O lixo eletrônico ou “e-waste”, termo comumente utilizado nos Estados Unidos, também conhecido como lixo tecnológico, podendo ser definido como todo resíduo resultante da rápida obsolescência de equipamentos eletroeletrônicos. O lixo eletrônico é composto por celulares, computadores, baterias, pilhas, televisores, eletrodomésticos portáteis, equipamentos de informática, ou seja, tudo aquilo gerado a partir de aparelhos eletroeletrônicos e seus componentes, incluindo acumuladores de energia e produtos magnetizados de uso doméstico, industrial, comercial e de serviços, que estejam em desuso e sujeitos à disposição final.

Os equipamentos eletroeletrônicos, em especial os computadores, fazem parte da classificação de resíduo industrial, ou seja, originado nas atividades do ramo das indústrias, podendo ser representado por cinzas, lodos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, fibra, borracha, metal e outros. Nesta categoria inclui-se a

grande maioria do lixo considerado tóxico. Um eletroeletrônico não é biodegradável, e quando descartado em um aterro sanitário pode se tornar tóxico, além de ocupar espaço.

### **Classificação dos resíduos sólidos**

Como vimos anteriormente, a classificação de resíduos sólidos neste artigo baseia-se nos riscos potenciais que um resíduo pode apresentar, levando em consideração suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas. De acordo com a ABNT NBR 10004:2004 no item definições são demonstradas as características de periculosidade dos resíduos sendo de:

- a) risco à saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade por incidência de doenças, e ou;
- b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada.

No Brasil, a classificação dos resíduos sólidos segue os critérios da ABNT que apresenta uma relação de normas relacionadas, aos resíduos sólidos, tais como: ABNT NBR 10004: 2004 - Classificação de Resíduos Sólidos; ABNT NBR 10005: 2004 – Procedimentos para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos; ABNT NBR 10006: 2004 - Procedimentos para obtenção de extrato Solubilizado de resíduos sólidos; ABNT NBR 10007: 2004 - Amostragem de resíduos sólidos.

A NBR 10004 (ABNT, 2004) define como resíduos sólidos “os resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam das atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviável em face à melhor tecnologia disponível”

De acordo com a **NBR 10004 (ABNT, 2004)** a Classificação de Resíduos Sólidos podem ser:

- a) resíduos classe I - Perigosos;
- b) resíduos classe II – Não perigosos;
  - resíduos classe II A – Não inertes.
  - resíduos classe II B – Inertes.

⇒ **Resíduos Classe I** – Perigosos: apresentam risco à saúde pública ou ao ambiente, caracterizando-se por terem uma ou mais das seguintes

propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

### **Inflamabilidade**

Um resíduo sólido é caracterizado como inflamável (código de identificação D001), se uma amostra representativa dele, obtida conforme a ABNT NBR 10007, apresentar qualquer uma das seguintes propriedades:

- a) ser líquida e ter ponto de fulgor inferior a 60°C, determinado conforme ABNT NBR 14598 ou equivalente, excetuando-se as soluções aquosas com menos de 24% de álcool em volume;
- b) não ser líquida e ser capaz de, sob condições de temperatura e pressão de 25°C e 0,1 MPa (1 atm), produzir fogo por fricção, absorção de umidade ou por alterações químicas espontâneas e, quando inflamada, queimar vigorosa e persistentemente, dificultando a extinção do fogo;
- c) ser um oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio e, como resultado, estimular a combustão e aumentar a intensidade do fogo em outro material;
- d) ser um gás comprimido inflamável, conforme a Legislação Federal sobre transporte de produtos perigosos (Portaria nº 204/1997 do Ministério dos Transportes).

### **Corrosividade**

Um resíduo é caracterizado como corrosivo (código de identificação D002) se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades:

- a) ser aquosa e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou, superior ou igual a 12,5, ou sua mistura com água, na proporção de 1:1 em peso, produzir uma solução que apresente pH inferior a 2 ou superior ou igual a 12,5;
- b) ser líquida ou, quando misturada em peso equivalente de água, produzir um líquido e corroer o aço (COPANT 1020) a uma razão maior que 6,35 mm ao ano, a uma temperatura de 55°C, de acordo com USEPA SW 846 ou equivalente.

### **Reatividade**

Um resíduo é caracterizado como reativo (código de identificação D003) se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades:

- a) ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar;
- b) reagir violentamente com a água;
- c) formar misturas potencialmente explosivas com a água;
- d) gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde pública ou ao meio ambiente, quando misturados com a água;
- e) possuir em sua constituição os íons CN ou S<sup>2-</sup> em concentrações que ultrapassem os limites de 250 mg de HCN liberável por quilograma de resíduo ou 500 mg de H<sub>2</sub>S liberável por quilograma de resíduo, de acordo com ensaio estabelecido no USEPA - SW 846;
- f) ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante sob a ação de forte estímulo, ação catalítica ou temperatura em ambientes confinados;
- g) ser capaz de produzir, prontamente, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25°C e 0,1 MPa (1 atm);
- h) ser explosivo, definido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, através de explosão ou efeito pirotécnico, esteja ou não esta substância contida em dispositivo preparado para este fim.

### **Toxicidade**

Um resíduo é caracterizado como tóxico se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades:

- a) quando o extrato obtido desta amostra, segundo a ABNT NBR 10005, contiver qualquer um dos contaminantes em concentrações superiores aos valores constantes no anexo F. Neste caso, o resíduo deve ser caracterizado como tóxico com base no ensaio de lixiviação, com código de identificação constante no anexo F;
- b) possuir uma ou mais substâncias constantes no anexo C e apresentar toxicidade. Para avaliação dessa toxicidade, devem ser considerados os seguintes fatores:
- c) natureza da toxicidade apresentada pelo resíduo;
  - concentração do constituinte no resíduo;
  - potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para migrar do resíduo para o ambiente, sob condições impróprias de manuseio;
  - persistência do constituinte ou qualquer produto tóxico de sua degradação;
  - potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para degradar-se em constituintes não perigosos, considerando a velocidade em que ocorre a degradação;

- extensão em que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, é capaz de bioacumulação nos ecossistemas;
- efeito nocivo pela presença de agente teratogênico, mutagênico, carcinogênico ou ecotóxico, associados a substâncias isoladamente ou decorrente do sinergismo entre as substâncias constituintes do resíduo;
- c) ser constituída por restos de embalagens contaminadas com substâncias constantes nos anexos D ou E;
- d) resultar de derramamentos ou de produtos fora de especificação ou do prazo de validade que contenham quaisquer substâncias constantes nos anexos D ou E;
- e) ser comprovadamente letal ao homem;
- f) possuir substância em concentração comprovadamente letal ao homem ou estudos do resíduo que demonstrem uma DL50 oral para ratos menor que 50 mg/kg ou CL50 inalação para ratos menor que 2 mg/L ou uma DL50 dérmica para coelhos menor que 200 mg/kg.

### **Patogenicidade**

Um resíduo é caracterizado como patogênico (código de identificação D004) se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, contiver ou se houver suspeita de conter, microorganismos patogênicos, proteínas virais, ácido desoxirribonucléico (ADN) ou ácido ribonucléico (ARN) recombinantes, organismos geneticamente modificados, plasmídios, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas capazes de produzir doenças em homens, animais ou vegetais. Os resíduos de serviços de saúde deverão ser classificados conforme ABNT NBR 12808.

Os resíduos gerados nas estações de tratamento de esgotos domésticos e os resíduos sólidos domiciliares, excetuando-se os originados na assistência à saúde da pessoa ou animal, não serão classificados segundo os critérios de patogenicidade.

#### **⇒ Resíduos Classe II - Não perigosos**

**Resíduos Classe II A** – Não-Inertes: são os resíduos que não apresentam periculosidade, porém não são inertes; podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. São basicamente os resíduos com as características do lixo doméstico.

**Resíduos Classe II B** – Inertes: são aqueles que, ao serem submetidos aos testes de solubilização ( ABNT NBR 10007:2004), não têm nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água. Isto significa que a água permanecerá potável quando em contato com o resíduo. Muitos destes resíduos são recicláveis. Estes resíduos não se degradam ou não se decompõem quando dispostos no solo (se degradam muito lentamente). Estão nesta classificação, por exemplo, os

entulhos de demolição, pedras e areias retirados de escavações.

De acordo com a **ABNT NBR 10005: 2004 nos Procedimentos para Obtenção de Extrato Lixiviado de Resíduos Sólidos** os ensaios de lixiviação são utilizados para determinar ou avaliar a estabilidade química dos resíduos tratados, quando em contato com soluções aquosas que podem ser encontradas em um aterro, permitindo assim verificar o grau de imobilização dos contaminantes. Quando excedido o limite de concentração no extrato da lixiviação, o resíduo é classificado como resíduo perigoso – anexo F – quando não excedido o limite de solubilização, o resíduo é classificado como resíduo inerte – anexo G.

A lixiviação é o processo pelo qual se determina a capacidade de transferência de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes no resíduo sólido, por meio de dissolução no extrator.

Segundo a ABNT NBR 10006: 2004 nos Procedimento para Obtenção de Extrato Solubilizado deve-se:

- a) Secar a amostra a 42°C.
- b) Colocar uma amostra (250 g) em frasco de 1500 ml.
- c) Adicionar 1000 ml de água ultrapura;
- d) Cobrir o frasco com filme de PVC e deixar em repouso por 07 dias, em Temperatura de 25°C.
- e) Filtrar a solução (Extrato Solubilizado).

### **Breve histórico dos Resíduos Sólidos no Brasil**

A Constituição Federal Brasileira, promulgada em 1988, trata de forma abrangente em seu Art. 23 assuntos relacionados à preservação do Meio Ambiente e ao desenvolvimento sustentável, reservando a União, aos Estados, Distrito Federal e aos Municípios, a tarefa de proteger o Meio Ambiente e de controlar a poluição. Os resíduos provenientes dos produtos eletroeletrônicos fazem parte desta realidade e são mencionados detalhadamente na subseção IX do mesmo artigo do Projeto de Política Nacional da Constituição. Os Estados brasileiros têm a total liberdade de deliberar por outras leis mais restritivas, que preencham suas demandas regionais.

As tentativas de implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil tramitavam no Congresso Nacional desde 1980. Algumas iniciativas governamentais foram apresentadas como o Projeto de Lei 203/1991 que dispõe sobre acondicionamento, coleta, tratamento, transporte e destinação dos resíduos dos serviços de saúde. Em 1999 a proposição do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA 259 intitulada “Diretrizes Técnicas para a Gestão de Resíduos Sólidos”, foi aprovada pelo plenário do Conselho, mas não chegou a ser publicada.

A Câmara dos Deputados implementou em 2001 a Comissão Especial da Política de Resíduos, com o objetivo de apreciar as matérias contempladas no Projeto de Lei apensados ao Projeto de Lei 203/91 para formular uma proposta substitutiva global. Com o encerramento da Legislatura, a Comissão foi extinta.

Em janeiro de 2003 foi realizado em Caxias do Sul, o I Congresso Latino-Americano de Catadores, que propõe formação profissional, erradicação dos lixões, responsabilização dos geradores de resíduos. Neste mesmo ano é instituído o Grupo de Trabalho Interministerial de Saneamento Ambiental, a fim de promover a integração das ações de saneamento ambiental, no âmbito do Governo Federal. O Grupo de trabalho reestruturou o setor de saneamento, que resultou na criação do Programa de Resíduos Sólidos Urbanos.

O Ministério do Meio Ambiente promoveu em 2004 grupos de discussões interministeriais e de secretarias de ministério para a elaboração de proposta para a regulamentação dos resíduos sólidos. Em agosto do mesmo ano, o CONAMA realizou o seminário “Contribuições à Política Nacional de Resíduos Sólidos”, com o objetivo de ouvir a sociedade e formular nova proposta de Projeto de Lei, pois a proposição do CONAMA 259 estaria defasada.

Em 2005, houve proposta de reformulação, com a criação do grupo interno na Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos do Ministério do Meio Ambiente, para consolidar as contribuições do Seminário do CONAMA (2004).

No ano de 2006 foi aprovado o relatório que trata do Projeto de Lei 203/91 acrescido da liberação da importação de pneus usados no Brasil. Em 2007, o poder executivo propôs o Projeto de Lei 1991/2007 - Política Nacional de Resíduos Sólidos, que apresenta forte inter-relação com outros instrumentos legais na esfera federal tais como a Lei de Saneamento Básico (Lei nº.11.455/2007) e a Lei dos Consórcios Públicos (Lei nº11.107.1995) e seu Decreto regulamentador (Decreto nº. 6.017/2007) que dispõe sobre o estilo de vida da sociedade, o consumo intensivo, provocando uma série de impactos ambientais, à saúde pública e sociais incompatíveis como o modelo de desenvolvimento sustentado que se pretendia implantar no Brasil.

O motivo principal dos entraves com relação à nova legislação seria o fato de que a Política previa que os fabricantes seriam os responsáveis pela reciclagem de seus produtos, o que no primeiro momento não foi bem visto pelas companhias.

Foram realizadas em 2008 audiências públicas, com a contribuição da Confederação Nacional das Indústrias (CNI), da representação de setores interessados, do Movimento

Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis e outros.

Em junho de 2009 a minuta do Relatório final foi apresentada para receber contribuições adicionais. No dia 11 de março de 2010, o plenário da Câmara dos Deputados aprovou um substitutivo ao Projeto de Lei 203/91, do Senado, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e impõe obrigações aos empresários, aos governos e aos cidadãos no gerenciamento dos resíduos. O projeto foi aprovado no plenário em 7 de julho de 2010.

Em agosto de 2010 o Congresso Nacional decretou a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, sancionada pela Presidência da República, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº. 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. A partir desta data, a contar 90 (noventa) dias, a legislação deverá ser regulamentada.

### **Lixo eletrônico: desafios e implicações**

#### **O e-lixo em escala mundial**

Segundo Dantas (2007), o lixo eletrônico é resultado da estabilidade econômica, dos preços mais baixos e dos lançamentos diários de produtos eletroeletrônicos sem fio. A troca de equipamentos com tecnologia dita “ultrapassada” por aparelhos com funções mais sofisticadas e abrangentes permite então a geração de um volume expressivo de acessórios relacionados à telefonia móvel, fotografia digital, impressão, computação e outros.

Sob o ponto de vista ambiental, o lixo eletrônico se configura em um grave problema, desde a sua produção até o seu descarte. A Organização das Nações Unidas - ONU estima que pelo menos 130 milhões de computadores são vendidos mundialmente. A quantidade de resíduos resultantes de computadores deve crescer cerca de 500% na Índia e entre 200 e 400% na África do Sul e na China, na comparação com 2007. A progressão será também considerável para os telefones celulares, televisões e geladeiras.

A China já produz cerca de 2,3 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos anuais, atrás apenas dos Estados Unidos (3 milhões). Uma grande quantidade desse lixo “não é tratado devidamente”, aponta a ONU.

Nos EUA, existem 500 milhões de computadores obsoletos, além de 130 milhões de celulares que são jogados no lixo por ano. Além do Brasil, México, Coréia do Sul, China, Índia, Malásia e Vietnã recebem esse material. Cerca de 80% do lixo eletrônico dos Estados Unidos é exportado para países pobres, principalmente para a China. Parte desembarca no Brasil.

No que diz respeito aos países Europeus, em janeiro de 2003 entrou em vigor a diretiva 2002/95/CE da União Européia que regulamenta o tratamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE), obrigando (entre outros) os fabricantes a se responsabilizar por todos os eletrônicos produzidos. Em vigor está também a diretiva Directiva 2002/95/CE (RoHS) que restringe o uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos.

Internacionalmente, a Convenção da Basileia (1989), é o documento que mais chega perto de regulamentar acerca do lixo eletrônico, ao estabelecer um regime internacional de controle e cooperação, cujo objetivo é minimizar a geração de resíduos perigosos, através das mudanças nos processos produtivos e reduzir também o movimento desses resíduos. A convenção aparece como único tratado internacional que pretende monitorar o impacto ambientais das operações de depósito, recuperação e reciclagem dos resíduos.

### **No Brasil**

Seguido do México e da China (0.4 kg/cap.ano), o Brasil (0.5 kg/cap.ano) é o maior produtor per capita de resíduos eletrônicos entre os países emergentes, segundo o mais recente estudo da ONU sobre o tema.

A Fundação Getúlio Vargas - FGV (2008) estima que exista a produção de 2,6 kg de lixo eletrônico por habitante. As vendas de computadores registradas atingiram as marcas de 7,4 e 10,5 milhões para os anos de 2006 e 2007, respectivamente e ultrapassaram os 50 milhões em 2008. Até 2012 avalia-se que este valor chegue a 100 milhões de unidades.

A Agência Nacional de telecomunicações - ANATEL calcula que em 2007 o país possuía 120,8 milhões de assinantes. Estes números indicam a enorme geração de resíduos, visto que o tempo de vida médio de um computador está estimado em 3 a 4 anos e o de um celular em 1 a 1,5 ano.

Sabemos que o intenso consumo de materiais eletrônicos e o descarte de seus resíduos se apresentam hoje como um dos maiores problemas ambientais que a sociedade moderna enfrenta. Isso por que na maioria das vezes, os resíduos provenientes dos equipamentos eletrônicos ganham um destino final equivocado, como os lixões e aterros sanitários, sendo descartado como resíduos urbanos comuns.

Dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística IBGE, (2008) sobre os Resultados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizado em 2008/2009, apontam mudanças: vazadouros a céu aberto, conhecidos como “lixões”, ainda são o destino final dos resíduos sólidos em 50,8% dos municípios brasileiros, mas esse quadro teve uma mudança significativa nos últimos 20 anos: em 1989, eles representavam o destino final de resíduos sólidos em 88,2% dos municípios. As regiões

Nordeste (89,3%) e Norte (85,5%) registraram as maiores proporções de municípios que destinavam seus resíduos aos lixões, enquanto as regiões Sul (15,8%) e Sudeste (18,7%) apresentaram os menores percentuais. Paralelamente, houve uma expansão no destino dos resíduos para os aterros sanitários, solução mais adequada, que passou de 17,3% dos municípios, em 2000, para 27,7%, em 2008.

Em todo o país, aproximadamente 26,8% dos municípios que possuíam serviço de manejo de resíduos sólidos sabiam da presença de catadores nas unidades de disposição final de resíduos sólidos. A maior quantidade estava nas regiões Centro-Oeste e Nordeste: 46% e 43%, respectivamente. Destacavam-se os municípios do Mato Grosso do Sul (57,7% sabiam da existência de catadores) e de Goiás (52,8%), na região Centro-Oeste, e, na região Nordeste, os municípios de Pernambuco (67%), Alagoas (64%) e Ceará (60%).

Número de programas de coleta seletiva aumentou de 58 para 994 em 20 anos. Os programas de coleta seletiva de resíduos sólidos aumentaram de 58 identificados em 1989 para 451 em 2000 e alcançando o patamar de 994 em 2008. O avanço se deu, sobretudo, nas regiões Sul e Sudeste, onde, respectivamente, 46% e 32,4% dos municípios informaram ter programas de coleta seletiva que cobriam todo o município.

Os municípios com serviço de coleta seletiva separavam, prioritariamente, papel e/ou papelão, plástico, vidro e metal (materiais ferrosos e não ferrosos), sendo que os principais compradores desses materiais eram os comerciantes de recicláveis (53,9%), as indústrias recicladoras (19,4%), entidades beneficentes (12,1%) e outras entidades (18,3%).

Boa parte do material utilizado em produtos eletrônicos, além de poluente, é altamente tóxico. Isso significa que não é somente a sujeira e o acúmulo de lixo que preocupa, mas também as conseqüências que o contato com esse material tóxico pode trazer ao meio ambiente e a ao ser humano: doenças de pele e problemas respiratórios são os mais comuns, mas certos materiais podem causar doenças muito mais sérias como o câncer.

Estes materiais pesados representam uma ameaça em curto, médio e longo prazo à saúde e ao meio ambiente. O Quadro 2 exemplifica os principais materiais tóxicos, onde estão presentes e quais as complicações para a saúde eles podem causar:

Os eletroeletrônicos e os ricos à saúde		
Mercúrio	Computador, monitor e TV de tela plana.	Danos no cérebro e fígado.
Cádmio	Computador, monitores de tubo e baterias de laptops.	Envenenamento, problemas nos ossos, rins e pulmões.
Arsênio	Celulares.	Pode causar câncer no pulmão, doenças de pele e prejudicar o sistema nervoso.
Berílio	Computadores e celulares.	Causa câncer no pulmão.
Retardantes de chama (BRT) <sup>3</sup>	Usado para prevenir incêndios em diversos eletrônicos.	Problemas hormonais, no sistema nervoso e reprodutivo.
Chumbo	Computador, celular e televisão.	Causa danos no sistema nervoso e sanguíneo.
Bário	Lâmpadas fluorescentes e tubos.	Edema cerebral, fraqueza muscular, danos ao coração, fígado e baço.
PVC	Usado em fios para isolar corrente.	Se inalado, pode causar problemas respiratórios.

**Quadro 2:** Os eletroeletrônicos e os ricos à saúde.

**Fonte:** <http://tecnologia.uol.com.br/ultnot/200802/26/utl4213u358.jhtm>.

A preocupação com o lixo eletrônico e suas conseqüências fez surgir à idéia do “Green Computing”, termo inglês que significa “Computação Verde”. Inclui a inserção do conceito de preservação ambiental em todo o ciclo de vida dos aparelhos e tem como ponto fundamental a participação de todos os segmentos envolvidos na sua produção, uso e descarte.

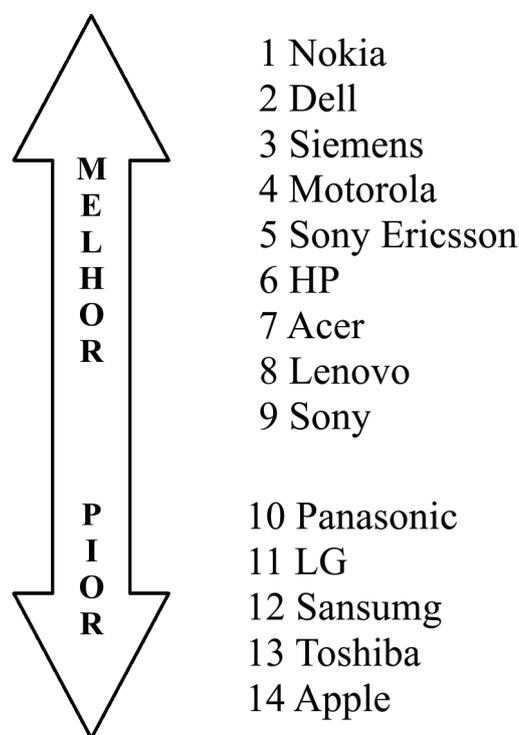
Seguindo essa linha, cabe às empresas produtoras levar em conta a questão ambiental na seleção dos materiais usados em sua fabricação, definir formas e processos de produção menos poluentes, planejar o design do produto de forma a facilitar o reaproveitamento, inserir no produto ferramentas que permitam ao usuário utilizá-lo com menor gasto de energia e assim por diante.

<sup>3</sup>Consistem principalmente de substâncias orgânicas halogenadas ou compostos contendo fósforo. O tratamento de retardo de chama é denominado ignifugação. Os computadores são os produtos que mais contém retardadores de chama bromados.

De acordo com o Greenpeace (2007), através da denominação “eletrônicos verdes”, foi realizado um ranking obedecendo à regra de melhores práticas com relação aos resíduos eletroeletrônicos.

O Guia dos eletrônicos verdes de 2006 aponta que entre as 14 empresas participantes, a que ocupa o último lugar não ofereceu políticas e práticas adequadas de reciclagem e eliminação de substâncias tóxicas de seus produtos, em contraposição, a primeira classificada cumpriu todos os requisitos adequadamente.

Através da Figura 1, podemos verificar o ranking das empresas mais verdes do setor eletrônico:



**Figura 1:** Ranking das empresas verdes do setor eletrônico.

**Fonte:** <http://www.greenpeace.org/brasil/toxicos/noticias>

Atualmente, muitos consumidores têm procurado empresas e produtos que promovam a chamada tecnologia verde. As práticas desta tecnologia buscam reduzir o desperdício

e aumentar a eficiência dos produtos. Apesar da grande procura por parte do consumidor, poucas empresas se atentaram para o fato de que a tecnologia verde pode representar uma grande vantagem competitiva no mercado, pois agregam uma parcela da população que se preocupa com as políticas de redução do lixo tecnológico frente à preservação da natureza e de seus recursos, impulsionados pela ampla divulgação e discussões sobre a temática.

### **Redução, Reutilização e Reciclagem**

Os conceitos de redução, reutilização e reciclagem têm sido muito utilizados na atualidade e surgem como alternativas para gerenciar o ciclo de vida dos produtos.

De acordo com Portugal (2004) o princípio da redução diz respeito à diminuição na aquisição de bens de consumo, para que haja menos desperdício, gerando menos lixo.

Com o avanço da tecnologia, o consumidor sente-se instigado a adquirir novos produtos sem que os seus tenham se tornado obsoletos, aumentando ainda mais o índice de sucata eletrônica. O setor de informática, devido a constante atualização de seus produtos é o que mais tem contribuído para este aumento. Existe também a preocupação de se reduzir a utilização de matérias-primas no que diz respeito à confecção dos equipamentos eletrônicos.

Partindo do princípio da redução, a reutilização remete ao reaproveitamento de materiais e produtos que não estão mais em uso. Considerando que muitos dos componentes eletrônicos são nocivos ao meio ambiente, a reutilização de peças de circuitos se faz extremamente necessária. Reutilizar é estender a vida útil destes equipamentos. Pensar na questão da reutilização não é só uma questão ambiental, mas também de economia.

Muitas empresas têm se utilizado do princípio da Responsabilidade Social, através de doação de equipamentos e projetos referentes à sustentabilidade, para cumprir o processo de reaproveitamento de materiais.

Segundo Bullara (2008) “boa parte do que jogamos fora (cerca de 30%) poderia ser reaproveitado pela reciclagem, economizando os recursos do planeta, principalmente aqueles que não se renovam”. A reciclagem consiste em separar os materiais que compõem um objeto e prepará-los para serem usados novamente como matéria-prima dentro do processo industrial. Podem ser incorporados novamente nas cadeias produtivas.

Segundo dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas da CEMPRE (2000), a reciclagem no Brasil ocorre, principalmente, através da coleta informal de materiais

encontrados nas ruas e lixões pelos catadores.

Estima-se que hoje no Brasil existam cerca de 200 mil catadores. Muitos desses trabalhadores são pessoas excluídas do mercado de trabalho. Suas atividades consistem na coleta de recicláveis antes da passagem dos caminhões de coleta pública, e posterior encaminhamento para as empresas de reciclagem.

Existem famílias que trabalham misturadas ao lixo, em situação de vulnerabilidade e alto risco. Dessa forma, a reciclagem precisa estar acompanhada de medidas de proteção coletiva e individual.

### **Política Nacional dos Resíduos Sólidos: dispositivos legais**

Após vários anos em debate no Congresso Nacional brasileiro, a recente Lei 12.305/10 estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, com o objetivo de reduzir, reutilizar e tratar os resíduos sólidos, bem como destiná-los de forma ambientalmente adequada.

A nova legislação vem contribuir para a redução do uso de recursos naturais no processo de produção de novos produtos, intensificar ações de educação ambiental, aumentar a reciclagem no país, além de promover a inclusão social e geração de emprego e renda para os catadores de materiais recicláveis.

No âmbito geral, a lei prevê a possibilidade de consórcios entre municípios, estados e empresas da iniciativa privada. Os financiamentos serão assegurados pela Caixa Econômica Federal e pelo Orçamento Geral da União, por meio dos Ministérios do Meio Ambiente e da Cidade.

Durante o prazo para a regulamentação da nova lei, serão detalhadas as formas como as determinações deverão ser seguidas, pois a lei ainda não apresenta como funcionarão as cooperativas, como serão os planos municipais e estaduais de resíduos sólidos e quais serão as penalidades aplicadas aos infratores, bem como, de que maneira a população será orientada a respeito.

#### *O princípio da Responsabilidade Compartilhada*

Dentre os princípios instituídos pela nova legislação, no Capítulo II que se aplicam as definições, a Lei 12.305/10 apresenta o que se trata de Responsabilidade Compartilhada pelo ciclo dos produtos:

Art. 3º inciso XVII: o conjunto de atribuições individualizadas de encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana

e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei. (BRASIL, 2010)

Através do princípio da Responsabilidade Compartilhada, a legislação propõe ações que abrangem tanto as instituições públicas, particulares e a sociedade de uma forma geral.

No sentido de unir as esferas federal, estadual e municipal, articula a criação de políticas públicas de resíduos sólidos integradas e complementares à Política Nacional, tendo como objetivo a busca por alternativas institucionais que otimizem recursos, se traduzam oportunidades de negócios com a geração de emprego e renda, sustentabilidade dos empreendimentos e receitas para o município.

#### *A Logística Reversa*

Um dos pontos fundamentais da Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS é a chamada Logística Reversa, termo bastante genérico. Em seu sentido mais amplo, significa todas as operações relacionadas com a reutilização de produtos e materiais. Refere-se a todas as atividades logísticas de coletar, desmontar e processar produtos e/ou materiais usados a fim de assegurar uma recuperação sustentável.

A nova Política Nacional propõe a Logística reversa como:

Art.3º, inciso XII: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. (BRASIL, 2010)

Como procedimento logístico, diz respeito ao fluxo e materiais que voltam à empresa por algum motivo, ou seja, por devoluções de clientes, retorno de embalagens, retorno de produtos e/ou materiais para atender a legislação, dentre outros.

Serão obrigados segundo o Art. 33 da lei 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:

- agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos;

- pilhas e baterias;
- pneus;
- óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Serão estendidos a produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, e aos demais produtos e embalagens, considerando, prioritariamente, o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados. A regra dos 4R's da logística reversa

A logística reversa começa quando o produto é consumido. Para isso a empresa deve estar preparada para atender a regra dos 4 R's da logística reversa: Recuperação, Reconciliação, Reparo e Reciclagem.

Recuperação: permite à empresa manter e controlar a saída e confiabilidade do produto de forma a estar sempre melhorando o seu produto no mercado. Reconciliação: é a análise dos produtos defeituosos que retornam para a empresa, eles são avaliados e, caso não haja problema, os mesmos são re-estocados para serem enviados ao mercado. Reparo: é o tempo de espera do cliente para que o produto seja reparado ou trocado. Reciclagem: é o retorno ao ciclo dos produtos que seriam descartados pelo consumidor e pela indústria de forma que reduzam os custos do processo e abram novas possibilidades.

Neste sentido, através de seus dispositivos legais, a Política Nacional de resíduos sólidos busca alternativas para os problemas socioambientais existentes, através do desenvolvimento sustentável, o planejamento eficiente entre as empresas e da sociedade como um todo.

### **Considerações Finais**

Verificamos que os aspectos ambientais estão em desvantagem em relação à corrida tecnológica e industrial. Ao longo do crescimento progressivo da produção de bens de consumo, a questão ambiental mereceu pouco destaque, culminando no que podemos chamar hoje de crise ambiental.

Diante dos fatos apresentados no decorrer do artigo, vimos que o lixo eletrônico é resultante da rápida obsolescência de equipamentos. Equipamentos estes que possuem um percentual elevado de metais pesados nocivos à saúde humana e ao meio ambiente, e que vem crescendo em todo o mundo de maneira assustadora. O grande desafio apontado passa por um modelo alternativo de desenvolvimento que possa harmonizar o crescimento industrial e tecnológico com o cuidado com a preservação ambiental. A possibilidade de redução da aquisição de bens de consumo, da reutilização de produtos e da reciclagem que os coloca novamente na esfera

produtiva, parece-nos uma proposta viável que surge como tentativa de minimizar conseqüências desastrosas da destinação inadequada de equipamentos eletrônicos.

A legislação ambiental caminha no sentido de tornar as empresas cada vez mais responsáveis por todo o ciclo de vida de seus produtos. Cabe então ao poder público legislar de forma a coibir abusos e fiscalizar o cumprimento das normas. Quanto ao público consumidor, cabe se utilizar do consumo responsável para definir desde a escolha do equipamento até o destino do produto, ao descartá-lo.

Outros aspectos além do tecnológico e ambiental poderiam ser abordados em maior complexidade, dessa forma, abrimos a discussão para estudos posteriores a este.

### **Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma Brasileira Registrada - NBR 10004, 10005, 10006 e 10007: 2004.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº. 6.938, de 31/08/1981.

BRASIL. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**: PNSB (IBGE, 2000).

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades: **Diagnóstico Analítico da Situação da Gestão Municipal de Resíduos Sólidos no Brasil**. Brasília, julho de 2003.

BRASIL. Congresso Nacional. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010.

BULLARA. **O que vai para a reciclagem?** Disponível em: <http://www.bloconsultoria.natura.net/bloglamos/3-rs>. Acesso em 12 ago.2010.

DANTAS, A. **Lixo eletrônico**: usuários são aliados no descarte de equipamentos. O globo on line, 2007. Disponível em: <http://o.globo.globo.com/tecnologia/mat/2007/09/13/297719971.asp>. Acesso em 31 ago.2010.

DICIONÁRIO AURÉLIO BÁSICO DA LÍNGUA PORTUGUESA. (1988).

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV. **Pesquisa Anual CIA**. FGV-EAESP, 19ª edição, 2008.

GREENPEACE. Disponível em <http://www.greenpeace.org/brasil/toxicos/noticias>. Acesso em 21 jun.2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. CEMPRES (Compromisso Empresarial para a Reciclagem). **Lixo Municipal**: Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo, 2000.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO 14001:2004: Definição para meio ambiente. Genebra, 2004.

MATTOS, Karem Maria da Costa; MATTOS, Katty Maria da Costa; PERALES, Wattson José Saenz. **Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente**. Enengep, 2008.

MINIDICIONÁRIO ELETRÔNICO HOUAISS DA LÍNGUA PORTUGUESA 2.0. Versão 2010.

PESQUISA Nacional de Saneamento Básico 1989. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 50 p.

PESQUISA Nacional de Saneamento Básico 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 431 p. Disponível: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/default.shtm>>. Acesso em: ago. 2010.

PESQUISA Nacional de Saneamento Básico 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 219 p.

PORTUGAL, Gil. **Os 3 R's e o lixo**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em <http://www.gpca.com.br/gil/art114.htm>. Acesso em: 15 ago.2010.

RESÍDUOS ELÉTRICOS E ELETRÔNCOS. Disponível em: [http://www.cretatec.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=68:reee&catid=29:wiki-residuos&Itemid=78](http://www.cretatec.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=68:reee&catid=29:wiki-residuos&Itemid=78). Acesso em 02.set.2010.

**Recebido para publicação em agosto de 2010**  
**Aceito para publicação em dezembro de 2010**

