ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS E TÉCNICOS DA GESTÃO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS

Dezembro de 2012
São Paulo

Lúcia Helena Xavier,Maria Cecília Loschiavo dos Santos,Neuci Bicov Frade e

Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho (Organizadoras)

Aspectos socioambientais e técnicos da gestão de resíduos de equipamentos eletrônicos

IEE-USP
CEDIR

2012

©2012 IEE-USP/ CEDIR

Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte

Organização:

Lúcia Helena Xavier
Maria Cecília Loschiavo dos Santos
Neuci Bicov Frade
Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho

FICHA CATALOGRÁFICA

A838

Aspectos socioambientais e técnicos da gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. / Lúcia Helena Xavier, Maria Cecília Loschiavo dos Santos, Neuci Bicov Frade, Teresa Cristina Melo de Brito Carvalho. -- São Paulo: IEE-USP : CEDIR, 2012
p.: il.

ISBN 978-85-86923-29-6

1.Resíduos sólidos 2. Impactos ambientais- aspectos sociais. I. Xavier ,Lúcia Helena. II. Santos, Maria Cecília Loschiavo. III. Frade, Neuci Bicov. IV. Carvalho, Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho.

CDU 620.92

Apresentação

A gestão de resíduos é uma disciplina que tem ganhado significativa dimensão na elaboração de políticas públicas no Brasil. Recentemente, mediante a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os produtores, consumidores, distribuidores, importadores e comerciantes passaram a ser corresponsáveis na gestão dos resíduos perigosos, dentre os quais estão compreendidos os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE).

Em virtude de suas propriedades e alto valor agregado, os resíduos tecnológicos tem sido objeto de grande impacto na logística reversa de materiais e produtos pós-consumo. No entanto, diferentemente dos países europeus ou norte-americanos, onde a legislação ambiental e os processos de destinação encontram-se bastante consolidados, no Brasil há a presença dos catadores que, por um lado, contribuem significativamente para a gestão da cadeia reversa e, por outro lado, são impactados pelo risco que tais resíduos representam.

Desta forma, o presente curso tem como objetivo apresentar os principais aspectos relacionados aos fatores sociais, econômicos, ambientais e sociais para a gestão dos REEE. A abordagem é feita de forma abrangente e são colocados elementos para uma análise crítica sobre as principais práticas implementadas em todo mundo para a gestão dos REEE. Espera-se com esse curso contribuir para a formação de diferentes segmentos da sociedade.

Por fim, agradecemos ao Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE), bem como ao Centro de Descarte e Reuso de Equipamentos de Informática (CEDIR) por acolher e realizar o projeto desde curso.

Sumário

1. Introdução
2. Definição de resíduos equipamentos eletroeletrônicos (REEE)
3. Panorama mundial sobre a gestão de REEE
4. Aspectos legais da gestão de REEE
5. Aspectos técnicos da gestão de REEE
6. Benefícios sociais da gestão de REEE
7. Cenário atual no Brasil e perspectivas futuras
8. Inserção de catadores na cadeia reversa
9. Incentivos fiscais na gestão de REEE

1. Introdução

A regulamentação dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos foi estabelecida por meio da Lei nº 12.305 de 2010, a partir da qual há a exigência para a implementação de Sistemas de Logística Reversa para outras categorias de resíduos considerados perigosos.

Anteriormente, essa categorias de resíduos já havia sido regulamentada por meio de diretivas da Comunidade Europeia, conhecidas como diretivas WEEE e RoHS. No Brasil, as discussões e implementação de ações encontra-se em estágio relativamente avançados. Encontra-se, no momento, em consulta pública um projeto de norma técnica da ABNT que regulamenta a atuação de empresas recicladoras no país. Um avanço significativo em relação aos países latino-americanos e até mesmo alguns países europeus.

Desta forma, a partir da discussão dos principais conceitos relativos ao gerenciamento de resíduos tecnológicos, busca-se atender por meio desse

curso à uma significativa demanda por capacitação nesse segmento.

A experiência de elaboração e manutenção do Centro de Descarte e Reuso de Equipamentos de Informática - **CEDIR/USP** - será a base para o desenvolvimento dos conceitos apresentados.

2. Definição de resíduos equipamentos eletroeletrônicos (REEE)

De acordo com a norma ABNT NBT 10.004 de 2004, os resíduos sólidos são definidos como:

> "Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades 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 inviáveis perante a melhor tecnologia disponível."

Os equipamentos eletroeletrônicos, por sua vez, compreendem as seguintes categorias:

- **Elétricos**: que tem ou são resultado da eletricidade
- **Eletrônicos**: atuam a partir da eletricidade (movimento dos elétrons)
- **Mecânicos**: executam movimento a partir da força

Apesar de serem denominados eletroeletrônicos, muitas vezes são confundidos com os equipamentos puramente mecânicos e que, por sua vez, independem de energia para funcionar.

Os principais mecanismos regulamentadores da gestão de REEE são:

Lei nº 12.305 de 2010

- Resíduos eletroeletrônicos como resíduos perigosos
- Elaboração e implementação da logística reversa
- Estabelecimento de acordos setoriais

A mesma lei exige a implementação de Sistemas de Logística Reversa para a destinação de pilhas e baterias; pneus; lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de

luz mista; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; produtos eletroeletrônicos e seus componentes; embalagens de agrotóxicos e medicamentos.

O Decreto nº 7.404 de 2010 regulamenta a PNRS, bem como:

- Apresenta os instrumentos para a logística reversa
- Regulamenta a atuação dos catadores
- Reforça a aplicação de incentivos econômicos

O ciclo de vida dos REEE se inicia com a produção dos equipamentos e termina com a disposição final (uma das alternativas de destinação), dos rejeitos em aterro e a destinação dos produtos e materiais para a reciclagem ou outras formas que possibilitem o aproveitamento como outros produtos (Figura 1).

.

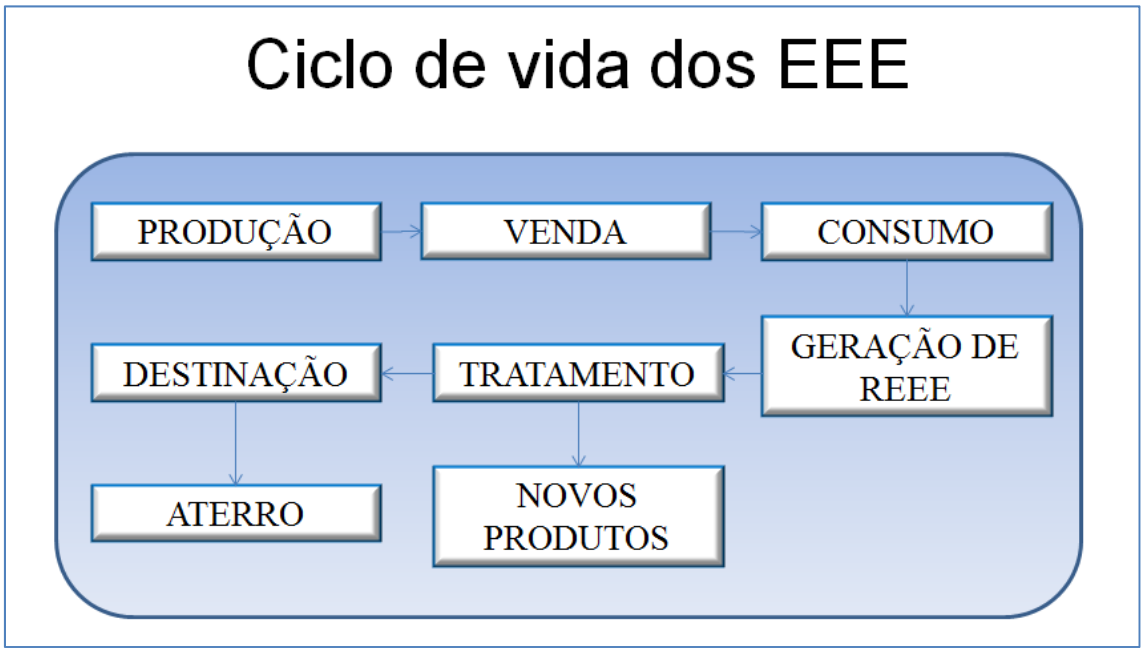


Figura 1. Ciclo de vida dos REEE
Fonte: UNEP, 2007.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecida por meio da lei nº 12.305 de 2010, define resíduos sólidos como:

> “Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”

A mesma lei define resíduos perigosos como sendo:

> “Aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, **toxicidade**, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo **risco à saúde pública ou à qualidade ambiental**, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica.”

A Comissão de Estudo CE 03:111.01-009, responsável pela elaboração do projeto de norma sobre a atuação dos recicladores de REEE, define REEE como sendo:

> “Equipamentos, partes e peças cujo adequado funcionamento depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transmissão, transformação e medição dessas correntes e campos, podendo ser de uso doméstico, industrial, comercial e de serviços.”

E define ainda Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos como:

> “...equipamentos eletroeletrônicos, partes e peças que chegaram ao final da sua vida útil ou o uso foi descontinuado.”

A mesma Comissão de Estudo ainda define resíduo eletroeletrônico perigoso como sendo:

> “Resíduo eletroeletrônico cuja **composição é desconhecida** ou que, em função de suas propriedades físicas ou químicas, pode apresentar:
>
> a) **risco à saúde pública**, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;
>
> b) **riscos ao meio ambiente**, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.
>
> E que são construídos, contém ou são derivados em todo ou em parte das substâncias ou elementos químicos ou grupos classificados perigosos, conforme ABNT NBR 10004:2004 e a base de dados da IEC 62474, ou assim classificado por outros regulamentos aplicáveis.”

Nesse contexto, para a gestão de REEE é possível a identificação de alguns aspectos-chave, tais como:

- O descarte;
- A coleta
- A identificação e regulamentação das substâncias perigosas e restritivas

Dentre os fatores relevantes ainda se destacam:

- Crescimento de lixo eletrônico no mundo :50 milhões toneladas/ano
- Destino: 80% vão para países em desenvolvimento
- Consequências: são responsáveis por 70% dos metais pesados encontrados nos aterros e lixões
- Brasil produz 97 mil/t por ano de REEE
- Consumo anual de eletroeletrônicos no Brasil fica em torno de 120 milhões de equipamentos *
- O Brasil importou 13,8 milhões de celulares em 2011. Na Zona Franca de Manaus, foram produzidas 23 milhões de unidades.**
- Brasil chegou a marca de 256,41 milhões de linhas ativas de celulares em julho de 2012.
- Os Estados que tiveram maior crescimento da teledensidade (número de acessos móveis por habitantes) foram Acre, Amapá, Tocantins, Piauí e Maranhão, que ainda é a única unidade federativa que não ultrapassou a marca de mais de uma linha celular por habitante.
- Salvador/Bahia chegou a marca de 2 unidades por habitante.

Soluções possíveis para aplicação da PNRS a partir de modelos tecnológicos de gestão de resíduos sólidos em estudo:

- Reaproveitamento integral de materiais pós-consumo por reciclagem ou a incineração dos resíduos.
- Inclusão das Cooperativas no processor de recepção e triagem desse material de forma a garantir ganho social e ambiental.
- Alternativas para a gestão de um material tão diverso.
- Definição de modelos compatíveis com cada semento.

Dentre as etapas compreendidas na gestão dos REEE estão:

1. Obtenção dos REEE
    1.1. Identificação das fontes geradoras
    1.2. Coleta
    1.3. Armazenagem

2. Pré-processamento

2.1. Teste
2.2. Desmontagem
2.3. Separação
2.4. Compactação
2.5. Enfardamento

3. Destinação
   3.1. Reuso
   3.2. Recondicionamento
   3.3. Remanufatura
   3.4. Reciclagem

4. Disposição final

Percebe-se a desmontagem e separação como etapas fundamentais para a valorização dos resíduos. Os equipamentos, partes e peças do segmento de TI (Figura 2), são os que apresentam um dos maiores potenciais para a cadeia reversa, em função de seu alto valor agregado, relativamente às demais categorias de resíduos.

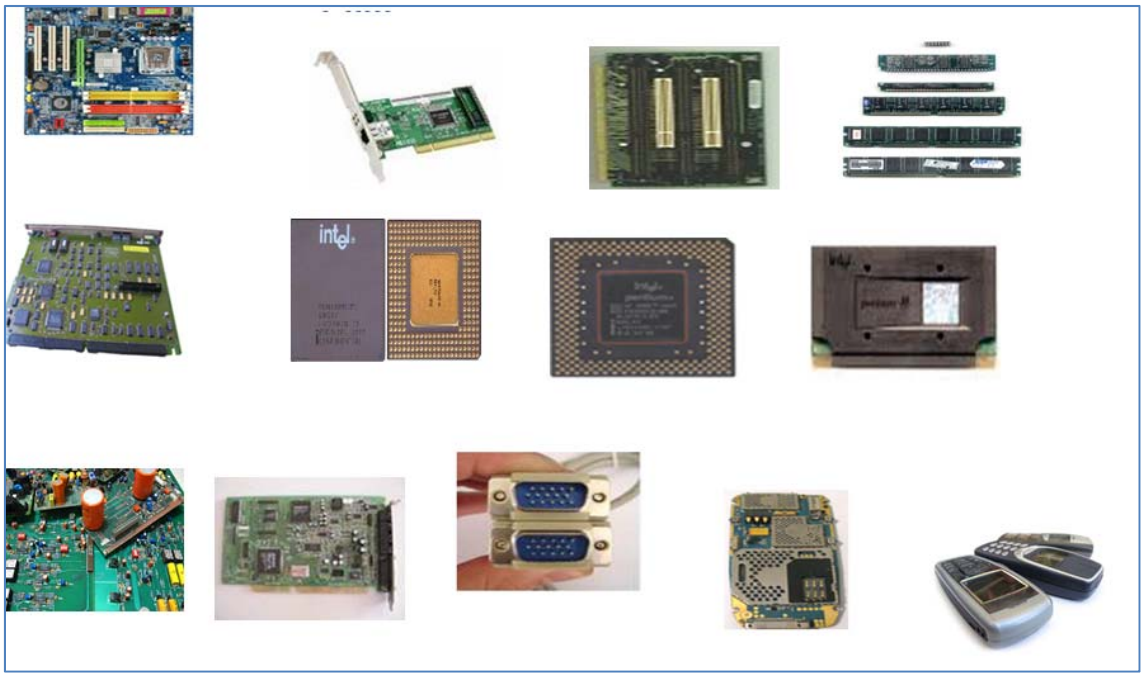


Figura 2. Exemplo de peças e componentes de REEE do segmento de TI

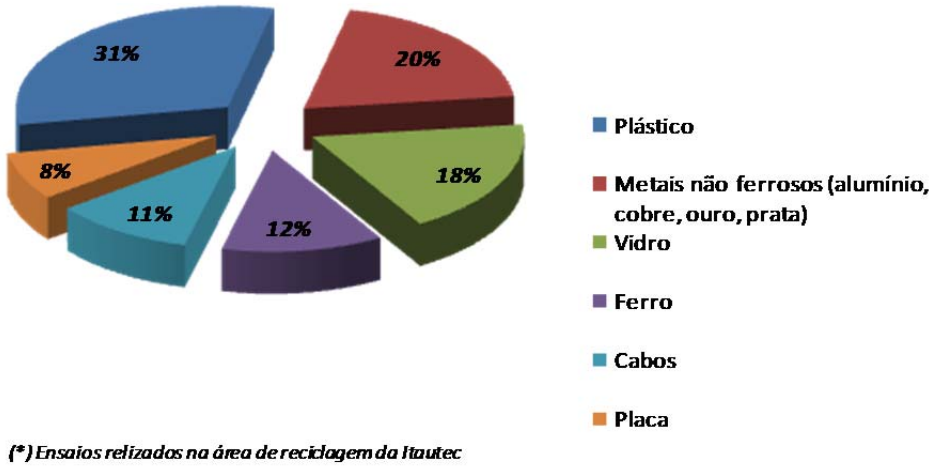
A composição dos materiais em um mesmo equipamento é outro fator relevante a ser observado no estágio de valorização de resíduos. Há equipamentos que possuem uma proporção de materiais com alto valor agregado maior que outros. Enquanto impressoras, por exemplo, geralmente possuem grande quantidade de plástico, celulares possuem maior quantidade de metais nobres em relação ao peso final do produto.
A título de exemplo, a Tabela 1 apresenta a composição gravimétrica de um computador do tipo desktop.

Tabela 1. Composição gravimétrica de um Desktop.

Materais	Peso	Percentual
Ferro	5,4 Kg	67%
Placas eletrônicas	1,2 Kg	15%
Plástico	0,6 Kg	7%
Alumínio	0,5 Kg	6%
Fios e cabos	0,4 Kg	5%
TOTAL	8,1 Kg	100%

No Gráfico 1 é apresentada a composição gravimétrica para um notebook, onde os valores são apresentados em percentuais.

Gráfico 1. Materiais em um notebook.



Estima-se ainda que uma tonelada de REEE quando separado e tratado pode gerar :

- 350 Kg de ferro,
- 70 de alumínio,
- 150 de fibras e plásticos,
- E no reciclador final são extraídas:
- 50 g de papel,

- 170 gde cobre,
- 40 gde zinco,
- 40 gde resíduos não recicláveis,
- 25 gde chumbo,
- 300 g a 1 kg de prata,
- 300 g de ouro e
- 30 a 70 g de platina.

A PNRS estabelece como agentes do Sistema de Logística Reversa os seguintes representantes: indústria, importadores, distribuidores e comerciantes, bem como estabelece critérios também para consumidores e empresas públicas de limpeza pública urbana.

Diferentemente da determinação europeia que entende a gestão dos REEE por meio da responsabilidade ampliada ou estendida, a PNRS estabelece a responsabilidade compartilhada na gestão dos REEE. Enquanto na Europa os fabricantes são responsáveis por todo processo de destinação dos REEE, no Brasil a responsabilidade é dividia entre os agentes do sistema.

A definição do momento a partir do qual os equipamentos tecnológicos passam a ser considerados resíduos é outra questão que engloba a definição de obsolescência. A preocupação com a destinação inadequada, por sua vez, remete ao descarte em grandes volumes dessa categoria de resíduos. Os principais aspectos a serem observados, nesse sentido, são:

- Volume destinado aos aterros;
- Desperdício de matéria prima e peças reaproveitáveis;
- Equipamentos tecnológicos não devem ser considerados resíduo se ainda tiver condições de uso;
- Pode conter substâncias potencialmente contaminantes;
- - É considerado patrimônio em orgãos públicos e grandes empresas, tendo que ter tratamento diferenciado dos demais resíduos;
- Equipamentos sempre em desenvolvimento que tendem no futuro próximo a ter design apropriado para reuso e reciclagem e que precisa ter contemplada essa possibilidade ;
- Falta de informação ao usuário sobre a destinação ambientalmente adequada;
- Empresas de reciclagem ainda em desenvolvimento no país;
- A realidade nacional é diferente da realidade internacional.

A presença de substâncias tóxicas, ou seja, com potencial de dano à saúde ou ao meio ambiente, é um dos principais fatores que motivam a gestão dos REEE. Na Figura 3 são apresentados detalhes sobre os principais contaminantes encontrados nos REEE.

.

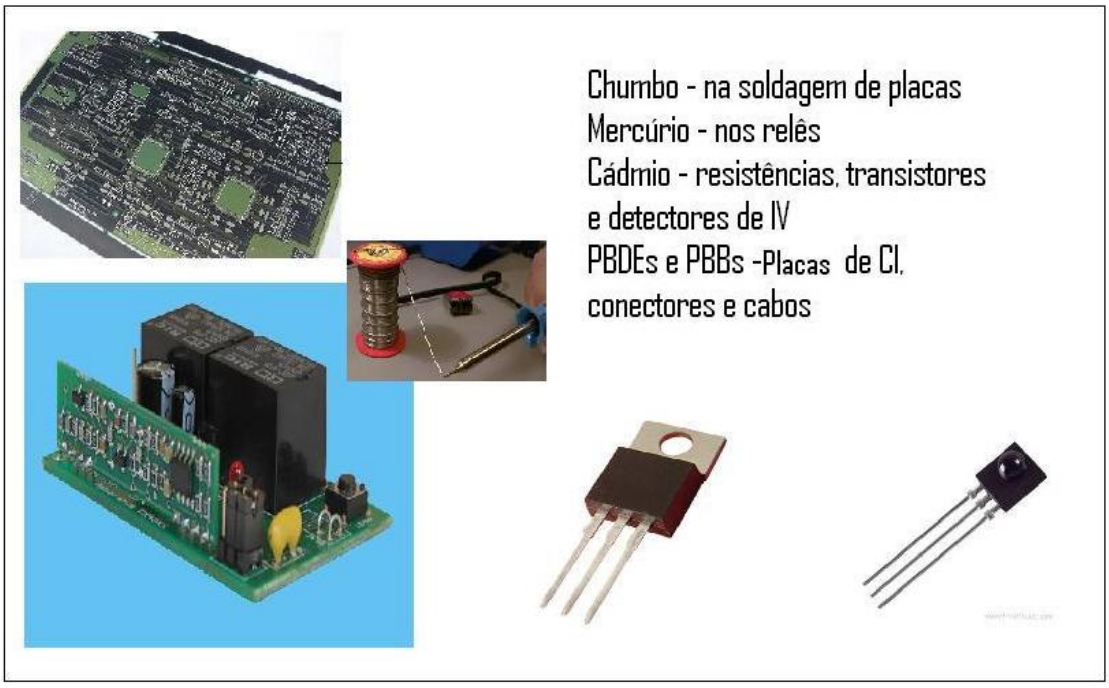


Figura 3. Agentes contaminantes presentes em REEE

A Tabela 2 evidencia a localização de alguns dos principais elementos com potencial tóxico presentes em resíduos tecnológicos.

Tabela 2. Alguns elementos com potencial de dano presentes nos resíduos tecnológicos.

Equipamento	**Elemento**
PC, Monitor, TV,Celular	Chumbo
PC, Monitor, TV,Bateria	Cádmio
PC, Monitor, TV	Mercúrio
PC, Celular	Berílio

A Figura 4 apresenta os principais aspectos de risco na contaminação a partir dos elementos presentes nos REEE.

.

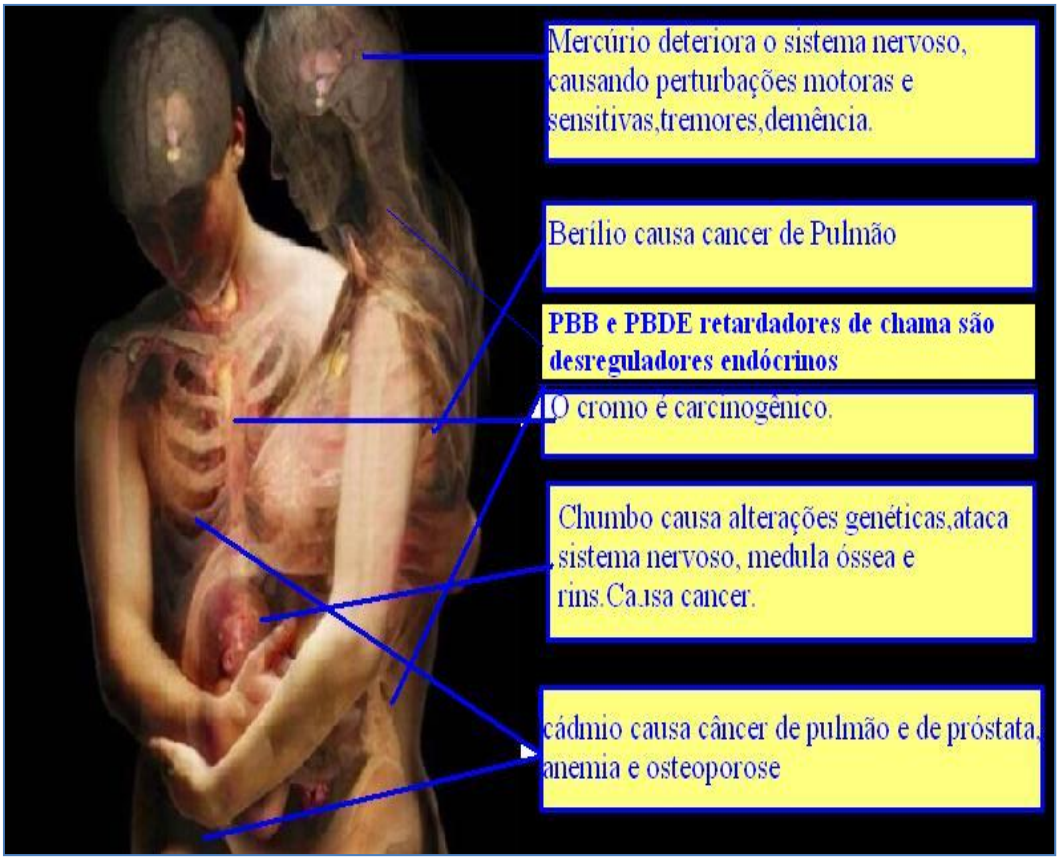


Figura 4. Impactos causados por contaminação com elementos presentes nos REEE

Os cinescópios, também conhecidos como monitores do tipo CRT (*Cathodic Ray Tube*) ou tubos de raio catódico, são responsáveis pela interface visual com o usuário do computador e são ainda equipamentos com significativo potencial de dano.

Os cinescópios possuem, em peso, cerca de 60% dos materiais presentes no conjunto do monitor de computador mais antigo. Esse tipo de monitor é formado basicamente por cabos, uma estrutura externa em plástico e o tubo em vidro (Figura 5).

Figura 5. Cinescópio de monitor de computador

A Figura 6 evidencia a composição detalhada de um monitor do tipo CRT.

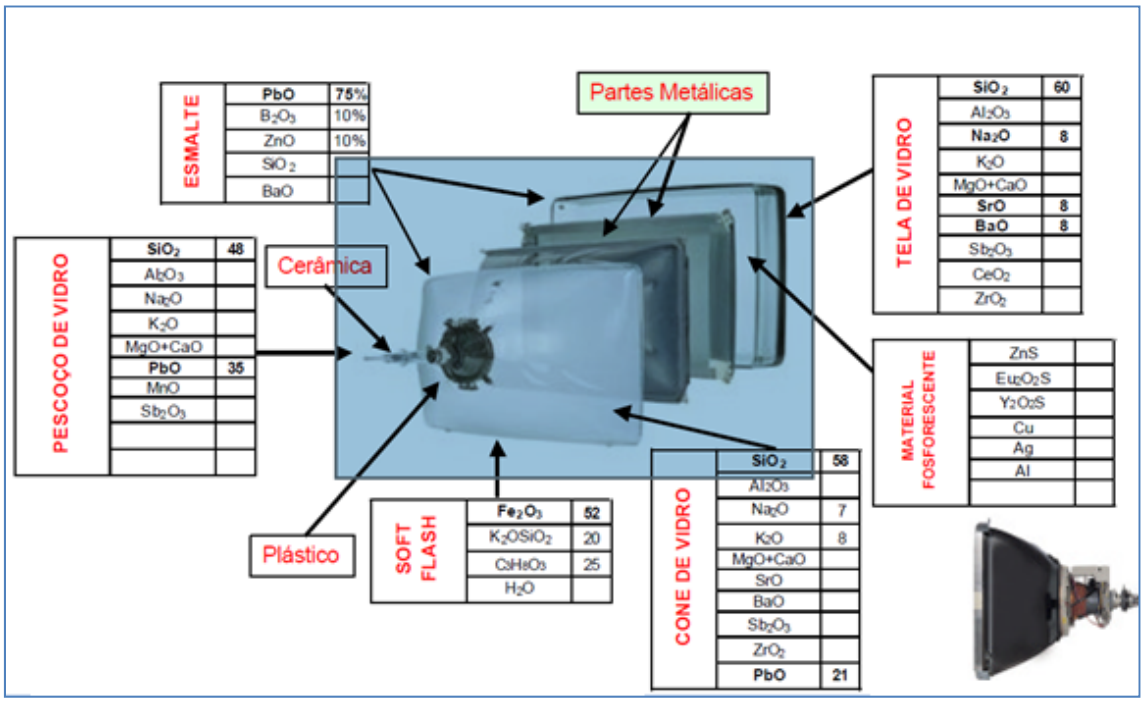


Figura 6. Principais componentes e estimativa dos respectivos percentuais em peso de um monitor CRT

A Figura 7 evidencia uma área de tratamento de resíduos tecnológicos, dentre os quais monitores e lâmpadas fluorescentes.

Figura 7. Área de tratamento de resíduos tecnológicos

Fonte: PEGN, 2012.

Para o estabelecimento de unidades de tratamento de resíduos tecnológicos, deve-se atentar para as seguintes atividades:

- Providenciar licenças ambientais;
- Fornecimento de EPIs aos funcionários;
- Infraestrutura compatível com os volumes processados;
- Identificar e consolidar parceria com fornecedores de material;
- Disposição de área de separação e armazenagem compatível com o processo;
- Disponibilização de ferramentas;
- Localização em função da proximidade das empresas recicladoras e pontos de transbordo;
- Conhecimento do material a ser reciclado;
- Opções de envio e coleta;
- Levantamento dos aspectos legais e comerciais.

3. Panorama mundial sobre a gestão de REEE

Dentre os principais requisitos que motivam a gestão de REEE internacionalmente estão:

- Resíduos com alto valor agregado
- Contém cerca de 60% de metais, incluindo cobre e ouro
- Possui potencial tóxico
- São gerados anualmente entre 20 e 50 toneladas em todo o mundo
- Reciclagem é a única forma de tratamento

Fonte: D-Waste, 2012

Os principais mecanismos de regulamentação da gestão de REEE internacionalmente são:

- Convenção da Basileia (1992)
- OCDE – Controle da movimentação de resíduos perigosos entre as fronteiras (1984-1992)
- Diretivas da Comunidade Europeia
- Legislação dos países e estados

A gestão dos REEE, apesar de ter sido regulamentada no Brasil em 2010 e na Índia em 2011, ocorre desde o final da década de 1990 no Japão. A seguir são apresentados alguns dos países que já possuem legislação referente a gestão de REEE e as respectivas fontes para consulta.

- **Japão** – lei desde 1999
  http://www.meti.go.jp/english/information/data/cReHAppre.html
- **Europa** – diretivas RoHS e WEEE desde 2002
- **Estados Unidos** – regulamentação federal e mais em 19 estados
  http://uk.farnell.com/images/en_UK/rohs/pdf/us_update_aug09.pdf
- **China** – regulamentação desde 2009
- **Colômbia** – possui resoluções para computadores, lâmpadas, pilhas e baterias desde 2010
  http://blog.estrategiaambiental.com/2010/07/13/sistemas-de-recoleccion-selectiva-y-gestion-ambiental-de-residuos-de-pilas-yacumuladores/

A Comunidade Europeia considera a etapa de coleta de resíduos como aspecto crítico da gestão de REEE. Para tanto, a Eurostat (2010), apresenta estatística de recolha de REEE para países da Comunidade Europeia (Figura 8). Como pode ser observado, as taxas de coleta ainda são significativamente modestas em relação ao montante consumido e descartado.

.

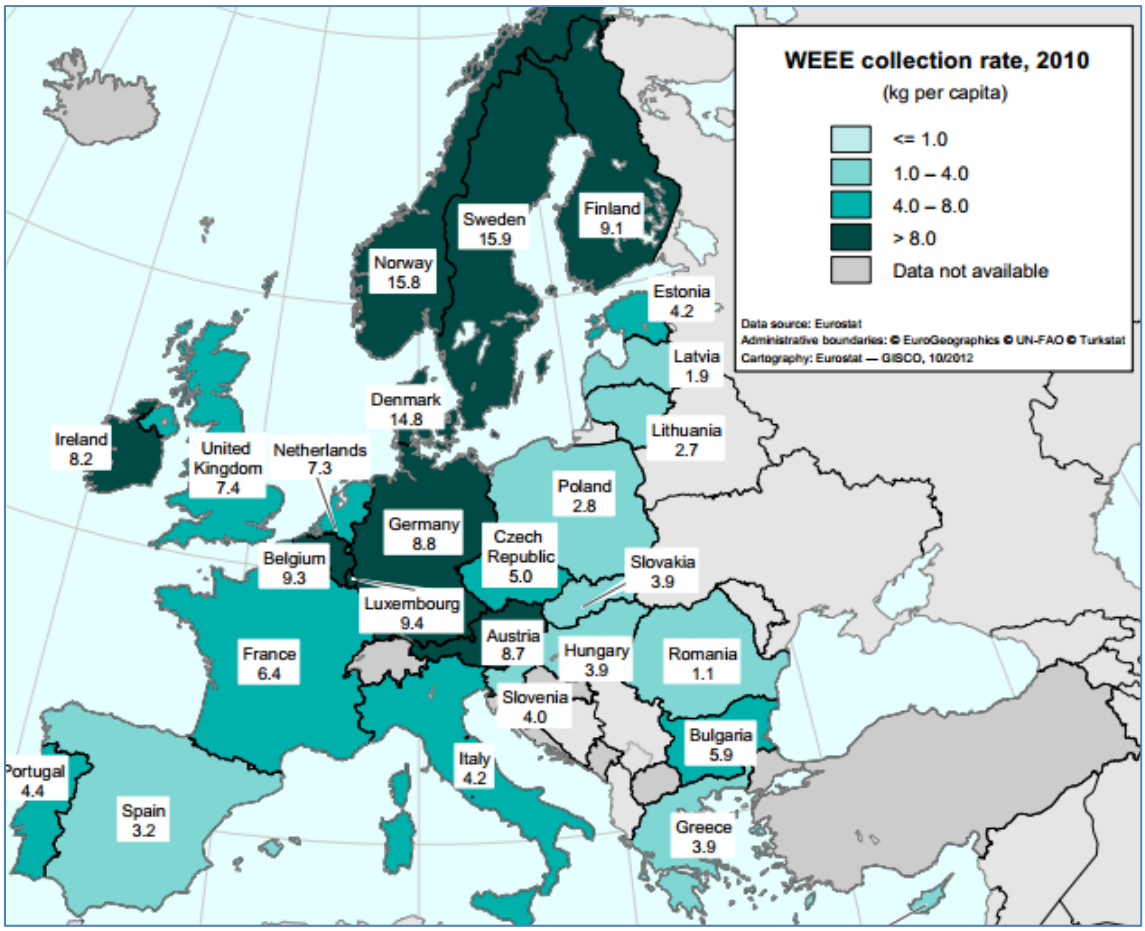


Figura 8. Percentuais de coleta de REEE nos países da Comunidade Europeia
Fonte: Eurostat, 2010.

Principais questões a serem solucionadas na gestão internacional de REEE.

- Informação
- Potencial tóxico (design)
- Elaboração de mecanismos regulamentadores
- Harmonização da legislação
- Tráfico de resíduos

Nas Figuras 9 e 10 são apresentadas rotas de movimentação de REEE, das quais grande parte ocorre sob a forma de tráfico de resíduos tecnológicos. A Convenção da Basileia, mencionada anteriormente, estipula os limites para a movimentação de resíduos entre as fronteiras e condena a exportação de resíduos entre países. Ainda assim, muitos países encaminham seus resíduos para países em desenvolvimento sob a alegação de contribuição com a inclusão social e digital.

.

Figura 9. Rotas de movimentação mundial de REEE.
Fonte: D-Waste, 2012

Figura 10. Detalhamento de rotas de movimentação mundial de REEE

A partir do atual cenário mundial em relação a gestão de REEE, pode-se observar um paradoxo em relação a posição da China. País que possui legislação desde 2009, mas que ainda possui práticas condenáveis na gestão de REEE (Figura 11).

Figura 11. Exposição de criança em área de gestão de REEE na China.
Fonte: Zyonchildblog, 2012.

Por outro lado, vários estados dos EUA e Canadá já implementam regulamentações específicas sobre gestão de REEE. Países como Hong-Kong, Austrália e Singapura ainda estão elaborando sua regulamentação.
O Japão, por sua vez, instituiu programa de rotulagem em 2006, a partir do qual são fornecidas informações aos consumidores a respeito do manuseio e destinação dos equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo (Figura 12).

Figura 12. Rotulagem ambiental para REEE no Japão.
Fonte: LG, 2012.

4. Aspectos legais da gestão de REEE

De acordo com a PNRS, entende responsabilidade compartilhada como:

> "Conjunto de **atribuições individualizadas e 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"

Por outro lado, a responsabilidade estendida ou alargada vigente na Comunidade Europeia, a gestão de REEE está sob a responsabilidade do produtor o retorno de seus produtos a partir do descarte pelo consumidor (Figura 13).

.

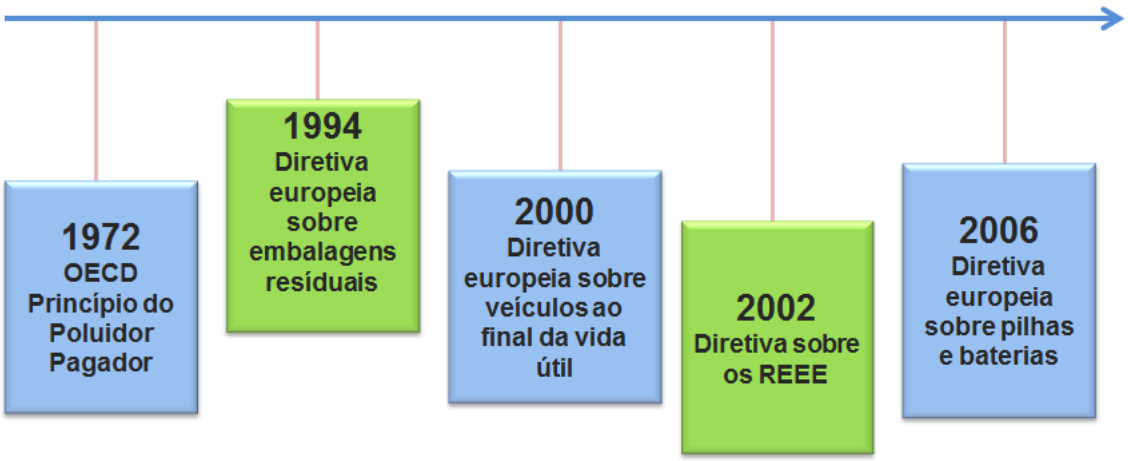


Figura 13. Evolução do conceito de responsabilidade estendida

A Comunidade Europeia, por meio de abordagens que estipulam definições relativas a gestão de REEE, estabeleceu duas Diretivas a **WEEE** e a **RoHS**.
As Diretivas da Comunidade Europeia consistem em recomendações em consenso de um ou mais países membros mas que devem ser regulamentadas por cada país, adaptando a abordagem de forma a conferir aderência as metas e arcabouçou legal específicos. A partir da Diretiva é estabelecido prazo dentro do qual as leis devem ser adaptadas com o propósito de alinhamento entre os países membros em prol de mecanismos operacionais e de mercado comuns.

- A Diretiva da Comunidade Europeia sobre REEE (2002/96/EC), foi precedida pela Directiva RoHS (2002/95/EC) que restringe o uso de substâncias tóxicas, dentre as quais estão incluídas as susbstâncias presentes nos REEE. Dentre as substâncias mencionadas na diretiva estão: cádmio (Cd), chumbo (PB), cromo hexavalente (Cr(VI)), mercúrio (Hg), bifenilas polibromadas (PBB) e éteres difenil-polibromados (PBDE).

- Por meio da Diretiva 65 de 2011 (Directive 2011/65/EU), que revisa a Diretiva sobre REEE (Directive 2002/96/EC), a Comunidade Europeia sugere que os equipamentos eletroeletrônicos podem ser classificados em 11 categorias (Anexo 1). Essa distribuição tende a facilitar a discriminação do potencial de risco de cada classe de produto em função de especificidades como a vida útil, composição pro tipo de materiais, porte do equipamento, entre outros.
- Paralelamente a Convenção da Basileia e as Diretivas europeias, a organização não-governamental EPEAT, uma iniciativa americana para a sustentabilidade, propôs a avaliação de produtos eletroeletrônicos. De acordo com o resultado da avaliação o produto é categorizado em função do perfil de sustentabilidade. O perfil bronze é atribuído aos produtos que atingem todos os critérios básicos necessários, o perfil prata equivale aos produtos que atingem todos os critérios básicos e, pelo menos, 50% dos critérios opcionais. Enquanto os produtos qualificados como ouro são aqueles que além de atingirem os critérios básicos, ainda alcançam, pelo menos, 75% dos critérios opcionais.
- EPEAT – Electronic Product Environmental Assessment Tool. www.epeat.net

As diretivas 95/2002 (RoHS) e a diretiva 96/2002 (WEEE) foram substituídas pelas diretivas 65/2011 e 19/2012, respectivamente. A Figura 14 apresenta as etapas da implementação da logística reversa de REEE nos países membros da Comunidade Europeia.

.

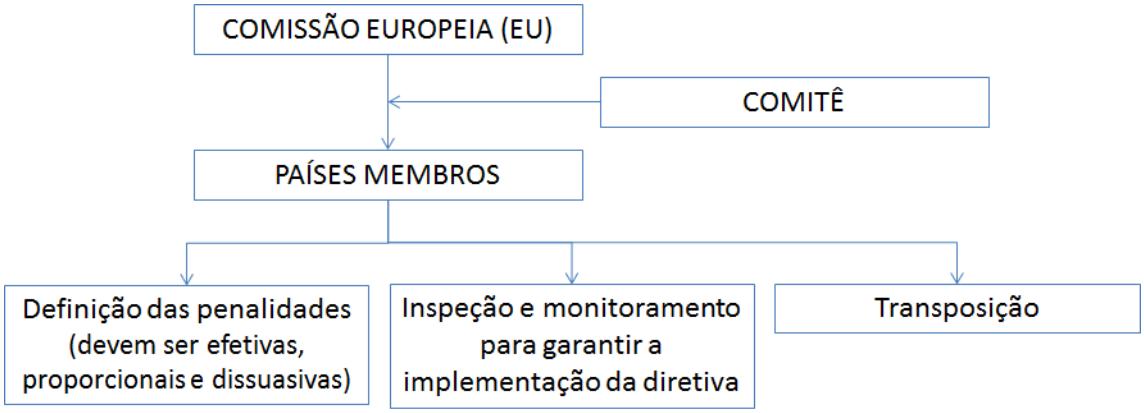


Figura 14. Fluxograma da implementação da diretiva nos países membros

4.1. Definições na logística reversa de resíduos tecnológicos

A seguir, são apresentadas as definições relacionadas a gestão de REEE, segundo as diretiva europeias:

Equipamentos Eletroeletrônicos

> "... aqueles que dependem de corrente elétrica ou campos eletromagnéticos para funcionar adequadamente, bem como equipamentos para geração, transferência e medição ... Cuja voltagem não seja superior a 1000 Volt para corrente alternada e 1500 Volt para corrente direta."

Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos

> "… equipamentos eletroeletrônicos considerados resíduos segundo a Diretiva 98 de 2008, incluindo todos os componentes, subconjuntos e consumíveis que fazem parte do produto no momento do descarte;"

Resíduo - qualquer substância ou produto de que o proprietário se desfaz ou tem a intenção ou obrigação de se desfazer (Diretiva 98 de 2008)

Tratamento

> "... qualquer atividade após a entrega do REEE em uma instalação com o objetivo de despoluição, desmontagem, separação, valorização ou preparação para eliminação, bem como qualquer outra operação realizadas para a **recuperação** ou **eliminação** dos REEE."

A compreensão dos agentes que compõem a cadeia da logística reversa difere entre os países e regiões, a seguir são apresentadas definição segundo a legislação brasileira e a da Comunidade Europeia:

- Agentes da cadeia segundo a legislação brasileira: Produtores, Importadores, Distribuidores, Comerciantes e Consumidores
- Agentes da cadeia segundo a diretiva da Comunidade Europeia: Produtores, Recicladores, Operadores do tratamento, Organizações ambientais e Associações de consumidores e empregados

A diretiva europeia ainda considera três categorias para a definição de produtores, conforme Figura 15.

.

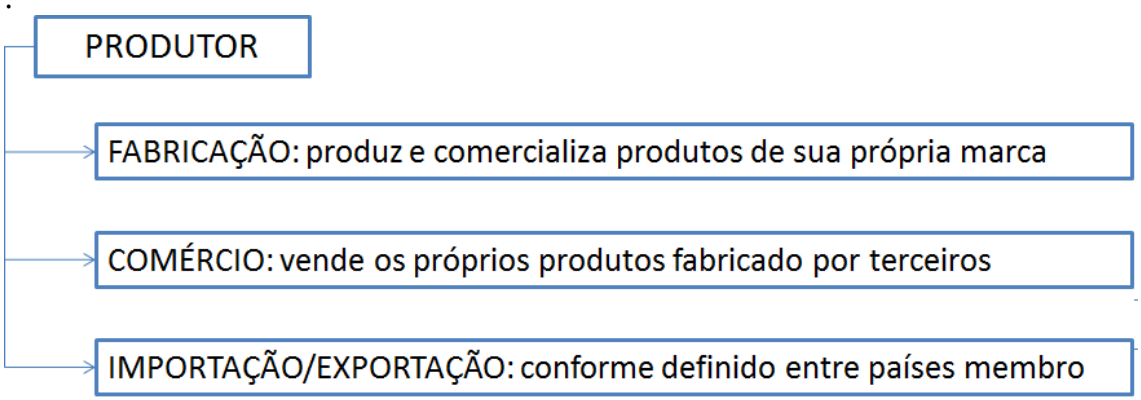


Figura 15. Categorias de definição do produtor

As versões de 2002 e 2012 da WEEE diferem significativamente quanto aos objetivos estabelecidos, conforme apresentado abaixo:

> **WEEE 2002**
> Tem como objetivo a prevenção da geração dos REEE e motiva o reuso, reciclagem e outras formas de recuperação dos resíduos, bem como a redução. Busca melhorar o desempenho ambiental dos agentes envolvidos no ciclo de vida dos EEE, tais como produtores, distribuidores e consumidores e, particularmente, aqueles envolvidos diretamente no tratamento dos REEE.
> **WEEE 2012**
> Foco na proteção ambiental e da saúde humana por meio da prevenção ou redução de impactos adversos da geração e gestão dos REEE. Estímulo a redução dos impactos decorrentes do uso dos recursos e melhoria da eficiência do uso, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

Segundo a diretiva WEEE, os produtores são responsáveis por fornecer informações para reuso e tratamento para cada novo equipamento dentro de um ano após ser colocado no mercado. Essa informação deve identificar o que é necessário para as unidades de reuso, tratamento e reciclagem, atendendo orientação para componentes e materiais, bem como localização de substâncias perigosas e compostos na fabricação de equipamentos eletroeletrônicos.

Tais informações devem ser disponibilizadas pelos produtores para os centros de reuso e reciclagem, na forma de manuais ou por meio eletrônico (por exemplo, CD-Rom, serviços online)

Os países membros da Comunidade Europeia devem elaborar anualmente um registro de produtores e informações sobre coleta, incluindo estimativas, sobre as quantidades e categorias de EEE colocados no mercado, coletados em cada instância, reutilizados, reciclados e recuperados em cada país, bem como os resíduos exportados, por peso ou, se não for possível, por quantidade.

As diretivas europeias mencionadas ainda incentivam a adoção nas normas e regulamentações dos aspectos técnicos e avanços científicos. Antes dos anexos serem adicionados a comissão deve encaminhar alterações para a consulta de produtores, recicladores, operadores de tratamento e organizações ambientais, bem como associações de empregados e consumidores.

Outro aspecto ressaltado é o design do produto, com o incentivo a produção de equipamentos tecnológicos que consideram a facilidade da desmontagem e recuperação, particularmente o reuso e a reciclagem de REEE.

Nas diretivas, a coleta seletiva é pré-condição para reciclagem e tratamento de REEE e necessária para se alcançar. Desta forma, é necessário para se alcançar o nível escolhido para proteção da saúde humana e do meio ambiente. Os consumidores são motivados a contribuir para a separação na coleta e os produtores devem garantir que o consumidor não pagará por este retorno, financiando a coleta.

A regulamentação, segundo critérios da RoHS foi implantada nos países da União Europeia, Japão, China, Coreia, bem como em alguns estados americanos.

WEEE foi adotado na União Europeia, Coréia, 25 estados americanos e cinco províncias canadenses.

4.2. Implementação da gestão de REEE em alguns países

India

A India foi o último país a adotar as orientações da RoHS e WEEE, em 2011. Produtores, centros de coleta, desmontadores, recicladores devem obter autorização do governo a partir de 31 de julho de 2012 para continuarem operando.

A armazenagem de REEE deve ser limitada a 180 dias. A nova regulamentação RoHS limita a quantidade substâncias perigosas dos produtos produzidos na India.

http://www.ebnonline.com/author.asp?section_id=1434&doc_id=234181

Nova Zelândia

A reciclagem é restrita. Nesse país se desenvolve a remanufatura que é processada no país ou no exterior. Todo o processo de remanufatura na Nova Zelândia é manual e, por isso, mão-de-obra intensivo.

A própria atividade regulada pelo custo da mão de obra, do aterro e valor de venda de materiais.

Equipamentos da linha branca (whitheware) e ITC são as categorias mais comuns na remanufatura em função do valor de mercado.

Competição - Expansão para o setor de metais preciosos em crescimento na India, EUA e Ásia (Singapura, Coreia, Malásia e Filipinas)

China

A regulamentação específica sobre REEE foi elaborada em março de 2009 e entrou em vigor em janeiro de 2011. A Figura 16 apresenta as principais leis chinesas relacionadas a gestão de resíduos tecnológicos.

Figura 16. Leis chinesas relacionadas a gestão de REEE na China

A WEEE Chinesa, conhecida como RAW, estabelece que os fabricantes são responsáveis pela destinação dos REEE. Tais empresas devem estabelecer infraestrutura para coleta e devem utilizar esses produtos e materiais de forma ambientalmente adequada.
Existem três leis especificamente relacionada a REEE na China após 2010. Antes disso não há regulamentações específicas. Essas regulamentações são classficadas da seguinte forma:

> Tipo 1 – Políticas baseadas no Princípio do Poluidor Pagador para encorajar a produção limpa e o design sustentável
> Tipo 2 – Políticas que focam na cadeia downstream, segundo mecanismos de controle (end-of-pipe)
> Tipo 3 – Políticas que buscam cobrir todo o ciclo de vida, promovendo os 3Rs e a Economia Circular (Closed-loop supply chain).

No encontro coordenado pela Plataforma RELAC no Panamá, em 2009, foi definido que os principais obstáculos para a efetiva gestão de REEE na América Latina seriam (RELAC, 2011):

- a classificação dos REEE como resíduos perigosos;
- a desconexão entre as políticas públicas em um mesmo país;
- realização de atividades distintas e desarticuladas;
- sistemas de resolução parcial das questões;
- existência de REEE armazenados nas residências.
- contexto dos recicladores;
- ausência de conhecimento e informação.

4.3.Classificação dos REEE

Classificação segundo a diretiva WEEE (2012)

1. Eletrodomésticos de grande porte
2. Eletrodomésticos de pequeno porte
3. Equipamentos de TI e telecomunicações
4. Painéis fotovoltaicos e de consume
5. Equipamentos de iluminação
6. Ferramentas eletroeletrôncias
7. Equipamentos de lazer, esporte e brinquedos
8. Aparatos médicos
9. Instrumentos de monitoramento e controle
10. Caixas de auto atendimento (ATM)
11. Outros

Classificação não-oficial segundo a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE):

- Verde - Desktop, notebook, impressoras, scanners, etc.
- Azul – Batedeira, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, etc.
- Branca – fogão, refrigeradores, freezers, ar condicionado, etc.
- Marrom – TV, monitores, DVD, produtos de áudio, etc.

A Figura17 apresenta alguns modelos utilizados na indicação dos resíduos eletroeletrônicos mediante rotulagem, enfatizando a proibição da destinação como resíduo doméstico, bem como a ausência de chumbo em determinados equipamentos.

Figura 17. Exemplos de rotulagem proposto pela RoHS, para países membros da Comunidade Europeia

5. Aspectos técnicos da gestão de REEE

Alguns dos aspectos técnicos a serem observados na gestão de REEE são:

- Há hoje no Brasil quase 260 milhões de linhas telefônicas habilitadas (Anatel, 2012)
- No mundo, 48 milhões de pessoas tem celular mas não tem energia (D-Waste, 2012)
- Setor de eletroeletrônicos é o que mais cresce em todo o mundo

Requisitos técnicos da WEEE

- Áreas de armazenagem antes do tratamento com superfície impermeabilizada e cobertura a prova de água
- Áreas de tratamento com balanças, áreas impermeabilizadas e cobetura a prova de água, áreas adequadas para armazenagem de peças para desmontagem, containers apropriados para armazenagem de baterias, capacitores contendo PCBs e outras substâncias perigosas, bem como equipamento para tratamento de água conforme regulamentação relacionada.

A caracterização de perigoso é feita quando a substância ou produto atende a alguma dessas classificações:

Explosivo, oxidante, altamente inflamável, irritante, nocivo, tóxico, carcinogênico, corrosivo, infeccioso, tóxico por reprodução, mutagênico, libera gases tóxicos por reação com água, ar ou ácidos, sensibilizante e ecotóxicas.
A Figura 18 ilustra a proposta de equilíbrio entre as variáveis ambiental e econômica, segundo os critérios de sustentabilidade. Muitas vezes observa-se conflito entre a necessidade de manutenção de ações ambientalmente adequadas e a busca pela sustentabilidade econômica. Fatores como a ocorrência de tráfico de resíduos e ausência de regulamentação tendem a favorecer a gestão econômica dos empreendimentos. No entanto, tais fatores comprometem de forma significativa o desempenho ambiental.

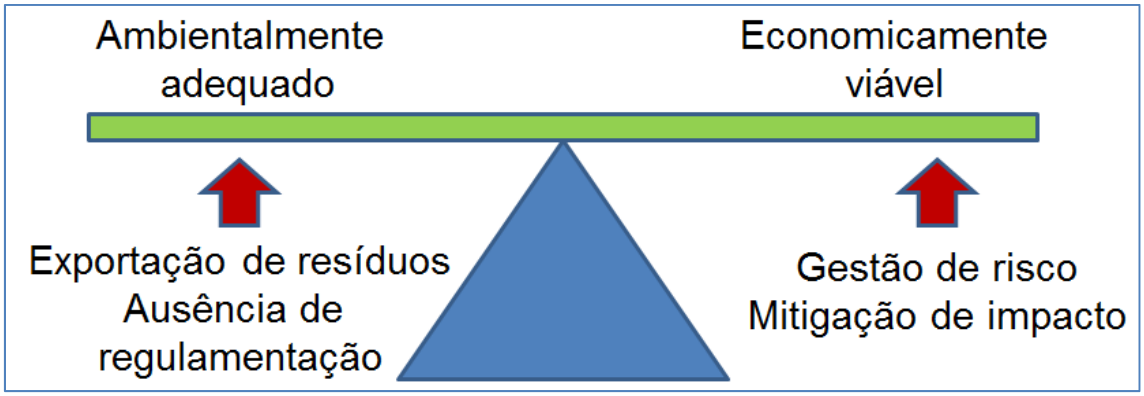


Figura 18. Esquema da sustentabilidade econômica e ambiental.

5.1. Ferramentas para a implantação da logística reversa de REEE

Algumas das principais ferramentas que auxiliam a implementação dos sistemas de logística reversa são:
- Gestão do fluxo de materiais
- Logística de coleta e distribuição
- Técnicas de rastreamento
- Realização do balanço de massa
- Análise de qualidade dos processos

5.2. Técnicas para recuperação de metais

Fundição
O aquecimento das PCI a uma temperatura em torno de 500ºC permite a remoção dos pontos de solda por meio da técnica de fundição, sem comprometer a integridade do polímero, que se degrada em torno de 750ºC. No entanto, parte dos componentes e o cobre entre as camadas de polímero permanecem aderidos e, por isso, as PCI são encaminhadas para a trituração para a remoção mais apurada dos metais.

Trituração

Em função do grau de dureza das placas, estas devem ser trituradas em moinho de facas para se obter partículas de até 3 mm e, desta forma, aumentar a exposição da superfície da PCI nas etapas subsequentes. Nessa fase, as frações trituradas podem retornar para o aquecimento para a remoção de nova fração de metais.

Separação por ar

Essa técnica consiste na **separação dos fragmentos de diferentes tamanhos e densidades** por meio de diferentes intensidades de jatos de ar ao longo de uma esteira fixa inclinada e com movimentação no sentido antigravitacional (de baixo para cima). Nas porções inferiores, a partir do jateamento leve, os fragmentos menores e mais leves são carreados e assim, sucessivamente, até que permaneçam as partículas maiores e mais densas.

Separação magnética

Por meio da ação de eletroímãs é possível a separação de fragmentos metálicos para cada uma das frações recuperadas por meio da separação por ar.

Biolixiviação

Tecnologia consolidada na indústria minero-metalúrgica e aplicada com sucesso no tratamento de minérios refratários de ouro e na **recuperação de cobre contido em minérios marginais e rejeitos**. A quantidade de metal solubilizado é fortemente influenciada pela temperatura, de forma que, o aumento da temperatura provoca uma elevação na concentração de metal solubilizado. Tal utilização também evitaria a emissão de poluentes gasosos, fato que ocorre com os processos hidrometalúrgicos e pirometalúrgicos. Tudo iria ao encontro da tendência mundial pela busca de processos "ambientalmente amigáveis".

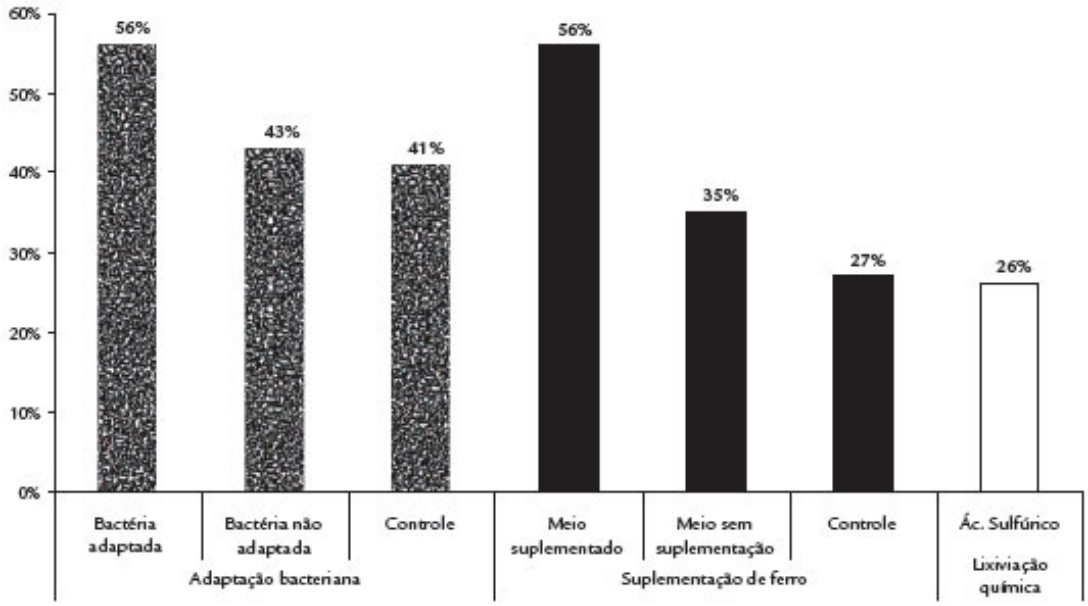


Figura 1
Extração de cobre nos experimentos
de biolixiviação após 30 dias.

Figura 19. Eficiência da biolixiviação
Fonte: Yamane, Espinosa e Tenório, 2011.

6. Benefícios sociais da gestão de REEE

Como benefícios sociais para gestão de REEE, pode-se ressaltar a geração de emprego e renda, a redução do impacto ambiental causado pela gestão inadequada de resíduos, bem como a redução da exploração dos recursos naturais por meio de alternativas de destinação como o reuso ou reciclagem.

Em relação a prevenção de impacto, áreas prioritárias a se trabalhar são: a educação e conscientização ambiental, o incentivo às compras sustentáveis (a partir da regulamentação das compras realizadas a partir do poder público), bem como o consumo sutentável.

Nesse sentido, o Centro de Descarte e Reuso de Equipamentos de Informática (CEDIR/USP) tem, dentro de sua missão institucional, prestado relevante serviço social por meio da realização do recondicionamento de equipamentos para reuso em obras assistenciais, bem como o reparo de peças e componentes para reuso interno da Universidade de São Paulo e ainda a desmontagem de equipamentos, cujos materiais são coletados por empresas de reciclagem.

Os recursos obtidos com a venda dos materiais recicláveis são destinados a pesquisas no segmento de logística reversa de resíduos eletroeletrônicos, bem como na capacitação de funcionários do Centro, ou ainda na realização de cursos de capacitação para a própria sociedade.

.

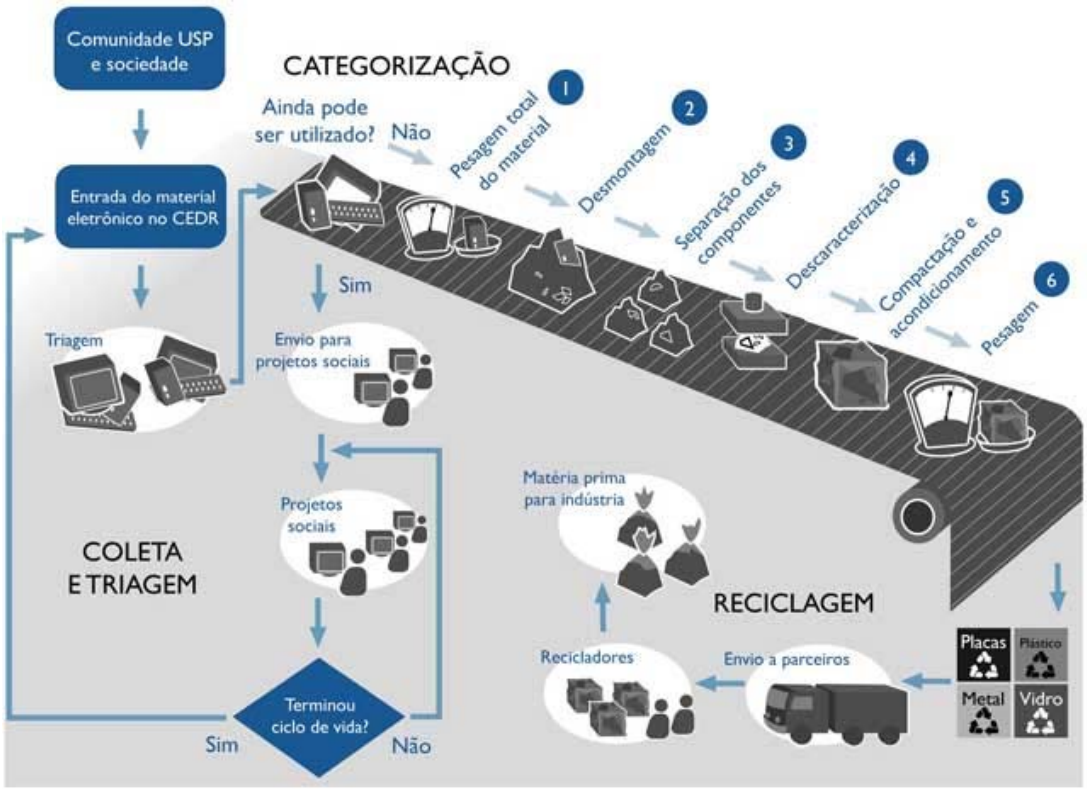


Figura 20. Processos desenvolvidos no CEDIR

A seguir, são apresentados, nas Figuras 21 e 22, etapas do processo de desmontagem e separação de REEE no CEDIR.

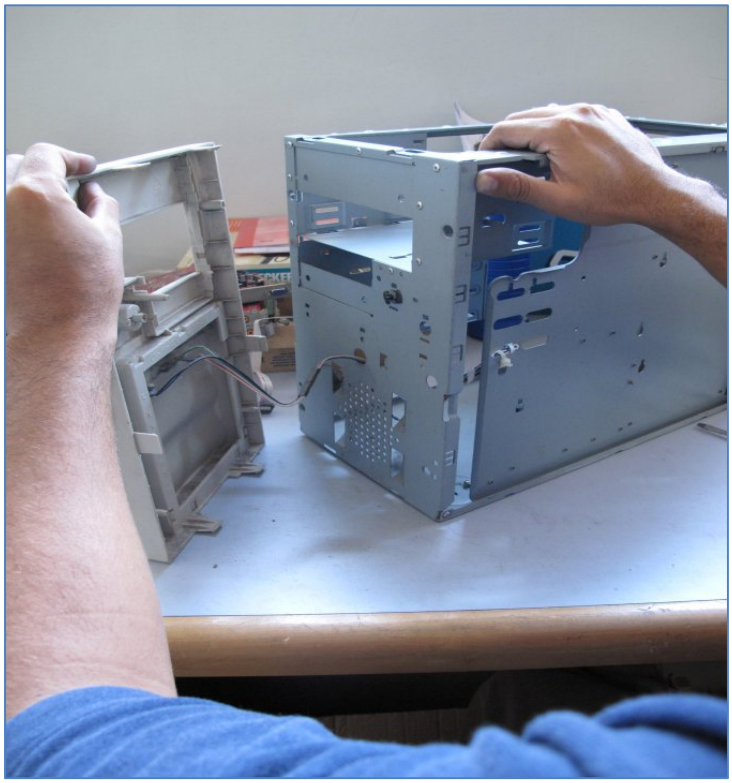


Figura 21. Desmontagem de gabinete

.

Figura 22. Desmontagem de monitor CRT

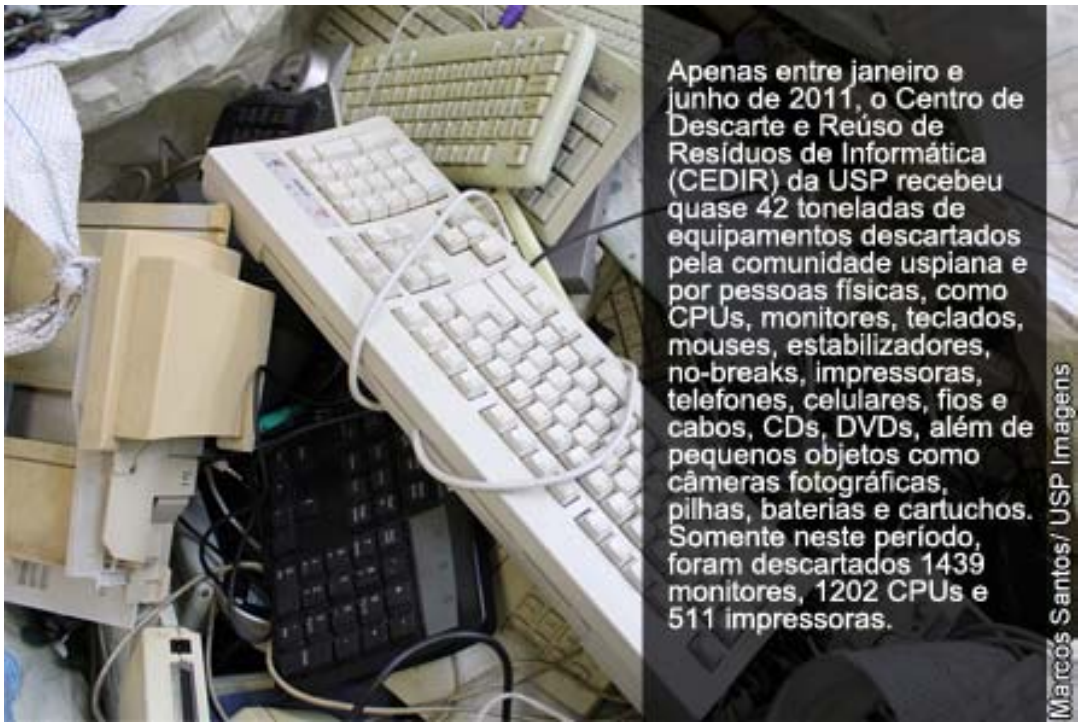


Figura 23. Divulgação CEDIR

O CEDIR tem uma ampla área de abrangência, conforme apresentado no mapa da Figura 24.

Outra unidade da USP que trabalha de forma análoga é a Recicl@tesc, localizada na cidade de São Carlos, no estado de São Paulo, e que trabalha em parceria com USP de São Carlos. Essa unidade, especificamente, trabalha na manutenção de computadores para fins de reutilização ou na doação de equipamentos obsoletos para instituições assistenciais obtenham renda com o processo.

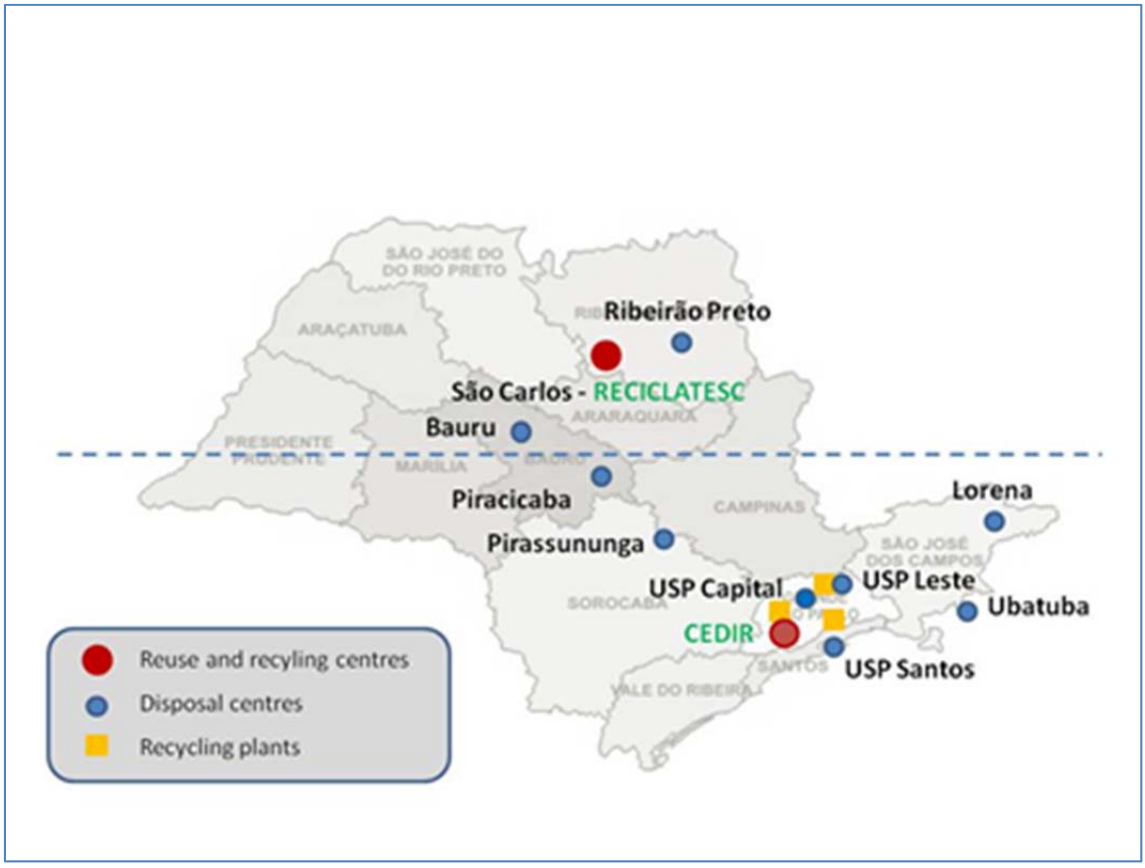


Figura 24. Abrangência das atividade do CEDIR e do RECICL@TESC

Impacto sociais da gestão de REEE

- Segurança e saúde
- Associativismo
- Igualdade de oportunidades
- Trabalho forçado
- Trabalho infantil
- Remuneração
- Desenvolvimento profissional e satisfação

Fonte: Oko Institute, 2007
http://www.oeko.de/oekodoc/678/2007-184-en.pdf

7. Cenário atual no Brasil e perspectivas futuras

- Implementação da PNRS
- Revisão das leis estaduais
- Fortalecimento das associações e cooperativas
- Consolidação da infraestrutura

- Estima-se que apenas 20% de todo resíduo eletrônico gerado no país seja destinado de forma adequada (ABERE, 2012)
- A logística no país tem valores superiores em virtude das distâncias percorridas para a coleta e do modal rodoviário

- Os consumidores tem papel fundamental no processo
- As indústrias buscam atuação segmentada em não em consórcio como observado em países europeus

Propostas futuras

- Incentivos fiscais por meio de acordos
- Pesquisas no setor de recuperação de metais e logística
- Estabelecimento de canal eficiente de informações sobre bolsa de resíduos no segmento

8. Inserção de catadores na cadeia reversa

Em um breve histórico catadores da situação dos catadores no país é possível verificar o crescimento das associações e cooperativas, bem como a consolidação de sua estrutura a partir do apoio que encontram dos instrumentos regulamentadores. Dentre os aspectos a serem observados na gestão de resíduos eletroeletrônicos estão:

- Condição social e fonte de recursos
- Sobrevivência e sustentabilidade
- Exigências legais para a gestão ambiental
- Conscientização ambiental
- Valorização de resíduos
- Consolidação das associações e cooperativas

Os principais instrumentos regulamentadores da atuação dos catadores são:

- Decreto nº 5.940 de 2006
- Lei nº 11.445 de 2007
- Lei nº 12.305 de 2010

Decreto nº 5.940/06

Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências.

Lei nº 11.445/2007	Política Nacional de Saneamento Básico

Art. 57

XXVII - na **contratação da coleta, processamento e comercialização** de resíduos sólidos urbanos recicláveis ou reutilizáveis, em áreas com sistema de coleta seletiva de lixo, **efetuados por associações ou cooperativas formadas exclusivamente por pessoas físicas de baixa renda** reconhecidas pelo poder público como catadores de materiais recicláveis, com o uso de equipamentos compatíveis com as normas técnicas, ambientais e de saúde pública.

Lei nº 12.305 de 2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos

Art. 8 – Instrumentos da PNRS

IV - o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;

...

Art. 33 – Logística reversa

III - atuar em parceria com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, nos casos de que trata o § 1º.

Decreto nº 7.404 de 2010

Art. 18

§ 1º Na implementação e operacionalização do sistema de logística reversa poderão ser adotados procedimentos de compra de produtos ou embalagens usadas e instituídos postos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis, devendo ser priorizada, especialmente no caso de embalagens pós-consumo, a participação de cooperativas ou outras formas de associações de catadores de materiais recicláveis ou reutilizáveis.

Decreto nº 7.405 de 2010 – Pró	catador

Características

- Catadores atuavam em lixões, hoje realizam a coleta e pré-processamento de materiais recicláveis
- Poucos permanecem na mesma atividade por longo período de tempo
- Há aumento da dependência dessa atividade em alguns segmentos

Desafios

- Custo do material reciclável (desvalorização)
- Conflito de interesses
- Resíduos localizados remotamente

Principais aspectos a serem gerenciados

- Capacitação técnica
- Impactos à saúde
- Conscientização socioambiental
- Harmonização da regulamentação
- Logística integrada

9. Incentivos fiscais na gestão de REEE

As principais categorias de instrumentos econômicos são:

-
- Regulamentação
- Compensação
- Incentivos
- Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)

A não adequação aos requisitos ambientalmente aceitos previstos em lei resulta na ocorrência de **notificações, multas e penalidades.**
Mecanismos de **prevenção e controle** de danos potenciais, ao serem monitorados, possibilitam a avaliação do desempenho e, consequentemente, a identificação de irregularidades.
O pagamento por compensação pode ocorrer tanto por motivo de **exploração do recurso** natural quanto por **reparação de dano causado**.
O processo de licenciamento ambiental federal pode exigir a realização de compensação por intermédio da Câmara Federal de Compensação Ambiental (CFCA), que possui caráter supervisor e tem por objetivo orientar o cumprimento da legislação.
Principais instrumentos: ação civil pública e termo de ajustamento de conduta.
Benefícios econômicos e fiscais com o objetivo de estimular as ações de impacto socioambiental positivo. Exemplos de incentivos são: a isenção de IPI e o ICMS Ecológico.

9.1. Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)

Mecanismos de ressarcimento aos agentes que geram impactos positivos ou atuam na minimização de impactos negativos ao ambiente.
Como por exemplo: manutenção de áreas verdes urbanas; melhoria na rede de transporte coletivo; disposição correta e reciclagem de resíduos sólidos urbanos; e tratamento de esgoto sanitário.

A Tabela 3 apresenta um modelo a partir do qual sugere-se o pagamento dos catadores em função do grau de eficiência da operacionalização da reciclagem em associações e cooperativas.

Tabela 3. Exemplo de um esquema de pagamento por produtividade para catadores em cooperativas de reciclagem.

Eficiências relativas	**Cooperados**	**Produção total física (t)**	**Valores básicos (R$/t)**	**Valores globais repassados (R$)**	**Valor recebido por catador (R$)**
Alta eficiência	100	2.600	10,00	26.000,00	260,00
Média eficiência	100	1.400	15,00	21.000,00	210,00
Baixa eficiência	100	600	30,00	18.000,00	180,00
Baixíssima eficiência	100	230	50,00	11.5000,00	115,00

Fonte: IPEA, 2010
http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_arquivos/estudo_do_ipea_253.pdf

Características do método:

- Incentiva o aumento da produtividade
- Incentiva profissionalização
- Limita a automatização do processo

No Brasil, a Lei nº 12.305 e o respectivo Decreto nº 7.404, ambos de 2010, definem a aplicação de incentivos econômicos como forma de motivar o estabelecimento da logística reversa.
Na Europa, muitas empresas produtoras de equipamentos eletroeletrônicos tem incentivado a coleta e processamento dos REEE por meio de incentivos econômicos.
Nesses países, o governo, de modo geral, estabelece incentivos voltados para os cidadãos.

9.2. Incentivos fiscais em outros países

- **Canadá** – Implementou taxa sobre e-waste desde 2005
  http://www.boe.ca.gov/sptaxprog/ewfaqsgen.htm

- **Califórnia** – Taxa de US$ 6 a 10.00 para destinação
  http://blink.ucsd.edu/buy-pay/responsible/environment/recycling-fee.html

- **Washington** – Lei de 2006 estabelece que produtores são responsáveis pela destinação. Assim, 212 fábricas criaram uma associação para a gestão compartilhada
  http://news.bbc.co.uk/panorama/hi/front_page/newsid_9483000/9483148.stm

Referências

D-Waste, 2012. Presentation in GreenTech meeting. Brazil.
EUROSTAT, 2010. WEEE collection. Disponível em: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/documents/weee_collection.pdf. Acesso em dezembro de 2012.

PEGN, 2012. Empresa Especializada na Reciclagem de Eletrônicos. Pequenas Empresas Grandes Negócios. Disponível em: http://revistapegn.globo.com/Revista/Common/0,,EMI152520-17153,00-EMPRESA+SE+ESPECIALIZA+NA+RECICLAGEM+DE+ELETRONICOS.html. Acesso em dezembro de 2012.

LG, 2012. Japan RoHS label. Disponível em: http://www.lgintl.com/news/pr082007-japan-rohs-labels.htm. Acesso em dezembro de 2012.

ZYONCHILDBLOG, 2012. Child in China Surrounded by E-Waste. Disponível em: http://sinisterfish.com/blog/?page_id=289. Acesso em dezembro de 2012.

Filmes recomendados

E Waste in India Short documentary

http://www.youtube.com/watch?v=sFfaYc_pIx8

Our Disposable LIves: E-Waste

http://www.youtube.com/watch?v=70ln8dz8VYM

Electronic Trash Village - China

http://www.youtube.com/watch?v=ZHTWRYXy2gE

Hidden Flow: The rising tide of European e-waste in West Afr

http://www.youtube.com/watch?v=L4QP1AraaK8

How to Recover Gold from Computer Parts ?

http://www.youtube.com/watch?v=e5drYualM8A

Organização

Maria Cecília Loschiavo
closchia@usp.br

Tereza Cristina Carvalho
terezacarvalho@usp.br

Neuci Bicov Frade
nbicov@usp.br

Lúcia Helena Xavier
lucia.xavier@fundaj.gov.br

ISBN 978-85-86923-29-6