



## O ESTADO DA ARTE: A TROCA DO SINAL ANALÓGICO PELO DIGITAL E SUA CORRELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE.

### Autor:

**Jorge Antônio Barros de Macêdo, D.Sc.**

Bacharel em Química Tecnológica

Professor/Pesquisador Faculdade Metodista Granbery

j.macedo@terra.com.br // barrosdemacedo@gmail.com

[www.jorgemacedo.com.br](http://www.jorgemacedo.com.br) // [www.aguaseaguasoficial.com.br](http://www.aguaseaguasoficial.com.br)

**Resumo:** A troca de sinal é importante, pois a imagem digital é muito melhor que a imagem do sinal analógico. O grande problema ambiental é que as televisões mais antigas de tubo de raios catódicos (TRC) (*Cathode Ray Tube* - CRT), apesar do conversor de digital que é oferecido no mercado para reproduzir imagem em alta definição Full HD, a TV precisa ter resolução 1920 x 1080, é importante também observar outros fatores como o tempo de resposta e a taxa de contraste, além de outros recursos como áudio, interatividade, conexões e consumo de energia. A falta de peças para reposição e com todos esses fatores teremos nos próximos 5-6 anos o descarte de uma quantidade imensa de televisores de tubos de raios catódicos, na casa dos milhões de aparelhos. O IBGE em 2015, ressalta que, dentre os 103,3 milhões de aparelhos estimou que 63,7 milhões de televisões eram de tubo, que correspondia a 61,4% das televisões instaladas no Brasil. Diversas pesquisas informam que as diversas partes que compõe um cinescópio contêm grandes quantidades de óxido de chumbo e outras substâncias perigosas, como crômio, cádmio, o que permite classificar esse resíduo como perigoso. O óxido de chumbo está presente na composição do vidro do cone (em até 28%), do pescoço (30%). O óxido de chumbo está principalmente no lado interno do cone, correspondendo aproximadamente a 13%. Outros produtos existentes são os retardantes de chama, principalmente o difenil éteres polibromados, chamados de PBDEs (Polybrominated diphenyl ethers), são nocivos à saúde humana e ao meio ambiente, por serem compostos bioacumulativos e as substâncias denominadas bifenilas policloradas (PCB's) (Polychlorinated biphenyls), são utilizados como fluidos e lubrificantes em capacitadores, transformadores, sendo popularmente denominados de ascaréis. As empresas que fazem a desmontagem para retirada do material de valor comercial atuam de forma empírica e precária, as pessoas que manipulam desconhecem o potencial tóxico de algumas peças.

**Palavras chaves:** digital, analógico, tubo de raios catódicos, metais pesados, PBDEs - retardantes de chama; PCB's - bifenilas policloradas.

**Abstract:** Signal exchange is important because the digital image is much better than the image of the analog signal. The big environmental problem is that older Cathode Ray Tube (CRT) televisions, despite the digital converter that is offered in the market to reproduce Full HD high definition image, the TV needs to have resolution 1920 x 1080, it is also important to note other factors such as response time and contrast ratio, as well as other features such as audio, interactivity, connections, and power consumption. The lack of spare parts and all these factors will have in the next 5-6 years the disposal of a huge amount of television sets of cathode ray tubes, in the millions of devices. The IBGE in 2015, points out that among the 103.3 million handsets estimated that 63.7 million televisions were pipe, which corresponded to 61.4% of the televisions installed in Brazil. Several research reports that the various parts of a kinescope contain large amounts of lead oxide and other hazardous substances, such as chromium, cadmium, which allows to classify this waste as dangerous. Lead oxide is present in the cone glass composition (up to 28%) of the neck (30%). The lead oxide is mainly on the inner side of the cone, corresponding approximately to 13%. Other existing products are flame retardants, especially polybrominated diphenyl ethers, called PBDEs (Polybrominated diphenyl ethers), which are harmful to human health and the environment, as they are bioaccumulative compounds and substances called polychlorinated biphenyls (PCBs) ( Polychlorinated biphenyls), are used as fluids and lubricants in capacitors, transformers, and are popularly called ascaréis. The companies that do the dismantling to remove the material of commercial value act in an empirical and precarious way, the people that manipulate are not aware the toxic potential of some pieces.

**Key Words:** digital, analogue, cathode ray tube (CRT), heavy metals, PBDEs - flame retardants; PCBs - polychlorinated biphenyls

## i) O número e o tipo de televisores no Brasil

Os televisores chegaram ao Brasil em 1950, passados 67 anos, temos mais que 104 milhões de aparelhos nos domicílios, o que corresponde a 93% dos domicílios brasileiros.

As Estatísticas de Domicílios Brasileiros - PNAD (IBGE -) publicada em 2016 com os dados de 2015, mostram no Quadro 1 a percentagem de eletroeletrônicos das residências, dentre eles os televisores, desde o ano de 2010.

QUADRO 1- Resultados das Estatísticas de Domicílios Brasileiros - PNAD (IBGE) publicada em 2016, mostra a percentagem de televisores existentes nos domicílios brasileiros e número de domicílios em diversos anos.

Eletrônicos	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Televisão</b>	<b>95,0%</b>	<b>96,9%</b>	<b>97,2%</b>	<b>97,2%</b>	<b>97,1%</b>	<b>97,1%</b>
Telefone (Fixo ou Celular)	87,9%	89,9%	91,2%	92,5%	93,5%	93,3%
Celular e telefone fixo	36,1%	36,7%	36,9%	35,8%	34,8%	33,2%
Rádio	81,4%	83,4%	80,9%	75,7%	72,1%	69,2%
Microcomputador	38,3%	42,9%	46,4%	48,9%	48,5%	46,2%
Microcomputador com acesso à Internet	31,9%	36,6%	40,3%	42,4%	42,1%	40,5%
<b>Total de Domicílios (milhares)</b>	<b>57.324</b>	<b>62.117</b>	<b>63.768</b>	<b>65.130</b>	<b>67.039</b>	<b>68037</b>

Fonte: TELECO, 2017.

Com base nas informações do Quadro 1 podemos concluir que em 2015, o país tinha 68,0 milhões de domicílios particulares permanentes, dos quais 66,1 milhões (97,1%) possuíam aparelho de televisão, apresentando crescimento de 1,5%, mas mantendo a mesma proporção do ano anterior (97,1%) (PNAD, 2016).

Em 2015, apesar do número de domicílios com televisão ter aumentado, o número total de televisores existentes no País diminuiu 2,0%, em um total de 104,6 milhões de aparelhos. Pela primeira vez, o número de televisões de tela fina superou o número de televisões de tubo. Foram estimadas 46,5 milhões de televisões de tubo (44,5%) e 58,1 milhões de tela fina (55,5%). A quantidade de televisões de tela fina aumentou 7,6 pontos percentuais em relação a 2014. Em relação à situação do domicílio, a área rural apresentou maior proporção de televisões de tubo (68,0%) enquanto a área urbana, maior proporção de televisões de tela fina (58,3%) (PNAD, 2016).

Dos 66,1 milhões de domicílios particulares permanentes com televisão, 42,5% possuíam somente televisão de tela fina, 37,9% registraram somente televisão de tubo e 19,6%, ambos os tipos. Em 69,6% dos domicílios onde havia televisão de tela fina, existia apenas um aparelho desse tipo; em 22,3%, dois aparelhos desse tipo e, em 8,2%, três ou mais aparelhos (PNAD, 2016).

Em termos regionais, cabe destacar que a Região Nordeste apresentou a maior proporção de domicílios com apenas televisão de tubo (51,1%), sendo a única televisão onde ainda mais da metade dos domicílios possuem somente televisão de tubo; a Região Centro-Oeste registrou a maior proporção de domicílios com somente televisão de tela fina (48,5%); e a Região Sul, por sua vez, a maior proporção de domicílios com ambos os tipos (26,9%) (PNAD, 2016).

Temos os seguintes tipos de televisão: **1)** Televisão de tela de cristal líquido (*liquid crystal display* - LCD); **2)** Televisão de tela cristal líquido com diodo emissor de luz (*light emitting diode* - LED); **3)** Televisão de tela de plasma, **4)** Televisão de tubo de raios catódicos (TRC) (*Cathode Ray Tube* - CT) e, **5)** A nova tecnologia de OLED (diodos



emissores de luz orgânicos, na sigla em inglês) promete revolucionar o mercado de TVs e substituir, no futuro, o LED.

## ii) A migração do sinal analógico para o sinal digital

O desligamento do sinal analógico é uma determinação do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações e da Anatel. A Portaria do Ministério das Comunicações nº 378, de 22 de janeiro de 2016, estabeleceu as datas dos agrupamentos de municípios que serão desligados até 2018. A lista completa de todos os municípios afetados em 2017 e 2018 foram divulgadas, respectivamente, através das Portarias do Ministério das Comunicações nº 1.714, de 27 de abril de 2016, e do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações nº 3.493, de 26 de agosto de 2016. O desligamento das demais cidades não listadas no anexo ocorrerá até o final de 2023 (REDE GLOBO, 2017).

Essa troca de sinal é importante, pois a imagem digital é muito melhor que a imagem do sinal analógico.

O grande problema ambiental é que as televisões mais antigas de tubo de raios catódicos (TRC) (*Cathode Ray Tube* - CRT), apesar do conversor de digital que é oferecido no mercado para reproduzir imagem em alta definição Full HD, a TV precisa ter resolução 1920 x 1080, é importante também observar outros fatores como o tempo de resposta e a taxa de contraste, além de outros recursos como áudio, interatividade, conexões e consumo de energia (REDE GLOBO, 2017).

Outro fator fundamental para a qualidade da imagem é cabo que liga o conversor digital ao televisor, nos aparelhos de tubo de raios catódicos existe somente a entrada RCA, geralmente, esse cabo é composto de três pontas com cores distintas: vermelha, branca e amarela — sendo que duas delas são responsáveis pelo transporte de dados de áudio e a outra, de imagem. Existem aparelhos apenas com duas entradas uma de áudio e outra de imagem. Essas televisões não possuem a entrada para o cabo **HDMI**, acrônimo de “High-Definition Multimedia Interface”, esse tipo de conexão foi lançado em 2003 e ganhou espaço no mercado muito rapidamente por conseguir transmitir dados de áudio e vídeo em alta resolução simultaneamente por um único cabo (TECMUNDO, 2015).

Em função da qualidade da imagem digital, ser melhor que a analógica, mesmo nas televisões de tubos de raios catódicos, essa imagem tem ainda uma qualidade muito ruim em função dos outros parâmetros exigidos na transmissão digital, outro aspecto é função de que não se fabrica mais peças para televisões de tubos.

Com todos esses fatores teremos nos próximos 5-6 anos o descarte de uma quantidade imensa de televisores de tubos de raios catódicos, na casa dos milhões de aparelhos.

Dos 66,1 milhões de domicílios particulares permanentes com televisão, 42,5% possuíam somente televisão de tela fina, 37,9% registraram somente televisão de tubo e 19,6%, ambos os tipos. Levando em consideração à referência PNAD (2016), considerando as residências que possuem um aparelho somente de televisão de tubo mais as casas que possuem dois ou mais aparelhos, sendo que dentre eles existem televisões de tubos. O IBGE em 2015 ressalta que, dentre os 103,3 milhões de aparelhos estimou-se que 63,7 milhões de televisões eram de tubo, que correspondia a 61,4% das televisões instaladas no Brasil (G1, 2015).

Em resumo, serão descartados 63 milhões de televisores de tubos dentro de um prazo médio de 5-6 anos, pois não existem peças para reposição o que vai trazer um grande problema ao meio ambiente caso não exista um descarte correto ou uma reciclagem adequada à segurança ambiental, em função das características dos



componentes, dentre os quais existem substâncias químicas extremamente tóxicas que colocam em risco a saúde pública.

### iii) As questões ambientais envolvidas no descarte inadequado de televisores de tubos de raios catódicos.

A Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu no seu artigo 3º define equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) como:

*Os equipamentos cujo funcionamento adequado depende de correntes elétrica ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos pertencentes às categorias definidas no Anexo I A da Diretiva 2002/96/CE e destinados à utilização com uma tensão nominal não superior a 1.000 V para corrente alternada e 1.500 V para corrente contínua [PARLAMENTO EUROPEU (2003a) apud FRANCO, 2008].*

No Quadro 1 são apresentadas as categorias definidas dos equipamentos eletroeletrônicos segundo a Diretiva 2002/95/CE, dentre eles se enquadram os aparelhos de televisão.

QUADRO 1- Categorias definidas para equipamentos eletroeletrônicos.

Nº	CATEGORIA	EXEMPLOS
1	Grandes eletrodomésticos	Geladeiras, máquinas de lavar roupa e louça, fogões, microondas.
2	Pequenos eletrodomésticos	Aspiradores, torradeiras, facas elétricas, secadores de cabelo.
3	Equipamentos de informática e de telecomunicações	Computadores, laptop, impressoras, telefones celulares, telefones.
4	<b>Equipamentos de consumo</b>	<b>Aparelhos de televisão, aparelhos DVD, vídeos.</b>
5	Equipamentos de iluminação	Lâmpadas fluorescentes.
6	Ferramentas elétricas e eletrônicas (com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões)	Serras, máquinas de costura, ferramentas de cortar grama.
7	Brinquedos e equipamentos de esporte e lazer	Jogos de vídeo, caça-níqueis, equipamentos esportivos
8	Aparelhos médicos (com exceção de todos os produtos implantados e infectados)	Equipamentos de medicina nuclear, radioterapia, cardiologia, diálise.
9	Instrumento de monitoramento e controle	Termostatos, detectores de fumo.
10	Distribuidores automáticos	Distribuidores automáticos de dinheiro, bebidas, produtos sólidos.

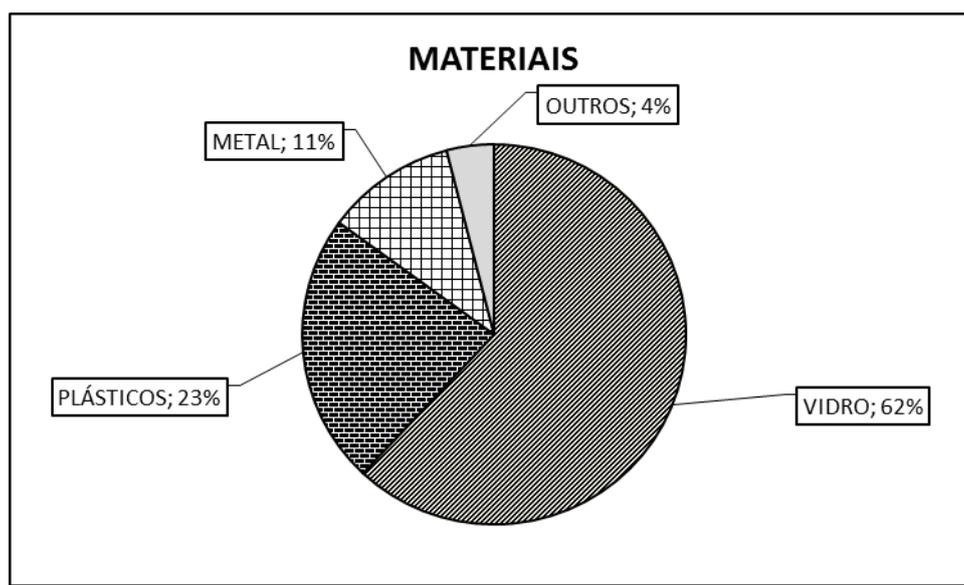
Fonte: Adaptado do Anexo I A, Parlamento Europeu (2003b) apud FRANCO, 2008.

A Associação Brasileira da Indústria Eletroeletrônica (ABINEE), por sua vez, agrupa os equipamentos eletroeletrônicos (EEE) em quatro linhas (ABDI, 2012), dentre elas existe os televisores de tubos envolvidos nesse review:

- Linha Branca: refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar;
- **Linha Marrom: monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras;**
- Linha Azul: batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras;
- Linha Verde: computadores *desktop* e *laptops*, acessórios de informática, *tablets* e telefones celulares.

### a) Os constituintes dos televisores de tubo de raios catódicos (TRC) (*Cathode Ray Tube - CRT*)

A Figura 1 apresenta a relação de materiais e suas percentagens que constituem os televisores.



Fonte: KANG, SHOENUNG, 2005; FRANCO, 2008.

FIGURA 1- Materiais constituintes de televisores.

Segundo KANG, SCHOENUNG (2005) os resíduos eletrônicos domésticos coletados nos Estados Unidos da América (EUA) são compostos, na maioria, por televisores, computadores e monitores e apresentam 49% em peso de metais, 33% em peso de plásticos, 12% em peso de tubos de raios catódicos (CRT) e 6% de outros materiais. Por esses valores nota-se o potencial elevado de materiais recicláveis.

Considerando o peso médio de um aparelho de televisão com CRT de 36 kg e vida útil de 13 anos, existirá até o ano de 2021 na RMBH (Região Metropolitana de Belo Horizonte) um passivo ambiental de aproximadamente 54.000 t de resíduos de televisores. Para obtenção do potencial de REEE's gerados, multiplicou-se o peso médio por aparelho pelo número de aparelhos estimados pelo IBGE nos domicílios particulares (FRANCO, 2008).

O Quadro 2 apresenta as quantidades de metais contidas nos componentes de um televisor (mg/Kg) e o seus totais por tipo de metal.

## QUADRO 2- Metais e suas quantidades contidas nos componentes de um televisor (mg/Kg) e seus totais por tipo de metal.

Componentes	Metais pesados (mg/Kg)							Composição analisada em parte
	Chumbo	Cobre	Zinco	Estanho	Cádmio	Crômio	Antimônio	
Cabos de energia elétrica	7.500	504.000	47,3	24.100		223	8.240	
Bobina desmagnetizada	4.200		73				8.860	27,5% Plástico o restante é cobre
Placas de circuito impresso	7.820	130.000	2.700	31.700	5,31	36,4	619	27,3% placa
Canhão triplo tubo de imagem colorido	14.100	177	59				2640	80,8% do vidro, o restante é alumínio
Cone de vidro	265.000		708				1960	
Poeria do vidro CRT	18.400		2.240					
Gabinete plástico	2.250	2.990	574	2.020	51,2			
<b>TOTAL</b>	<b>319.270</b>	<b>637.167</b>	<b>6.401,3</b>	<b>57.820</b>	<b>56,51</b>	<b>259,4</b>	<b>22.319</b>	

Fonte: Adaptado MATSUTO, JUNG, TANAK (2004) apud RODRIGUES, 2007; Adaptado FRANCO, 2008.

A tecnologia de transmissão de imagem do tipo CRT é a mais antiga e funciona baseada na emissão de um fluxo de elétrons através de um tubo. Tal fluxo é emitido por uma ponta de tubo e segue até colidir com uma máscara que fica na tela, chamada comumente de máscara de fósforo. Essa máscara, apesar de ser chamada de fósforo, contém preponderantemente outros elementos químicos [PRADO; BRACHER; GUIDE (2006) apud FRANCO, 2008].

O cinescópio, também denominado Tubo de Raios Catódicos (TRC), representa aproximadamente 50% do peso total de um monitor de vídeo e consiste basicamente de uma ampola de vidro, com uma tela de imagem na frente, um canhão eletrônico e uma unidade defletora na parte de trás (LEE, et al. (2000), LEE, et al. (2004) apud RODRIGUES, 2007].

A tela da imagem possui um alto percentual de bário (13%), usado com a finalidade de evitar a exposição a radiação e é recoberta por uma camada de fósforo sensível a luz (fluorescente), composta basicamente de sulfeto de zinco (ZnS) e metais raros como (Ítrio e Európio), uma última camada de alumínio é aplicada para melhorar o brilho da imagem [LEE, et al. (2004) apud RODRIGUES, 2007], já o revestimento fluorescente colorido possui vários metais que podem poluir o meio ambiente.

O canhão eletrônico encontra-se na parte de trás do cinescópio também denominado pescoço. No interior do cinescópio, atrás da tela a cerca de 1 centímetro da camada de fósforo, existe uma fina chapa de metal microperfurada chamada de “shadow mask” – máscara de sombra, o cone de vidro é internamente revestido por uma camada vermelha que o recobre até a região do pescoço, essa camada é conhecida por “soft flash”, basicamente formada por óxido de ferro.

Segundo MENAD (1998) apud RODRIGUES (2007), o tubo de raios catódicos (TRC) é composto por 63,2% de vidro de tela, 24% de vidro cone, 12% de materiais ferrosos, 0,4% de cerâmica e 0,04% de pó fosforescente.

A pesquisa de KANG; SHOENUNG (2005) apud FRANCO (2008) indica que para o processo de reciclagem do CRT é necessária a divisão em dois tipos de materiais, os componentes de vidro (funil, painel, solda e pescoço) e os componentes não-vidro



(plástico, aço, cobre, canhão de elétrons e revestimento de fósforo). O vidro do CRT consiste de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NaO}$ ,  $\text{CaO}$  e outros componentes para dar coloração, oxidação e proteção ao Raio-X, que são  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{PbO}$ .

As pesquisas de MENAD (1998), LEE, et al. (2000) apud RODRIGUES (2007) informam que as diversas partes que compõe um cinescópio contém grandes quantidades de óxido de chumbo e outras substâncias perigosas, o que permite classificar esse resíduo como perigoso. O óxido de chumbo está presente na composição do vidro do cone (em até 28%), do pescoço (30%). O óxido de chumbo está principalmente no lado interno do cone, correspondendo aproximadamente a 13% [MENAD (1998) apud RODRIGUES, 2007].

Segundo MENAD (1998) apud RODRIGUES (2007) cada TRC contém entre 0,4 a 1 Kg de chumbo na forma de óxido.

No “Manual Técnico para o Gerenciamento Ambientamente adequado de fluxos de resíduos específicos: computadores pessoais usados” [OECD (2003) apud RODRIGUES, 2007] informa que a quantidade de chumbo presente nos cinescópios de monitores de vídeo é de 2 a 3 Kg nos modelos mais antigos e 1 Kg para os novos modelos.

O estudo de MATSUTO, JUNG, TANAK (2004) apud RODRIGUES (2007) mostrou que, em uma amostra de cone de vidro, uma concentração de 269 g de chumbo/Kg de vidro de cone, correspondendo a 27% de vidro. Esse resultado se aproxima do percentual apontado por LEE, et al. (2000) apud RODRIGUES (2007) que encontrou 28%.

Além do óxido de chumbo e do bário, também estão presentes nos TRC outras substâncias consideradas perigosas, como sulfeto de cádmio que pode ser encontrado nos cinescópios mais antigos [MENAD (1998), OECD (2003) apud RODRIGUES, 2007].

Como comparação o artigo de LEE, et al (2004) apud RODRIGUES (2007) mostra que os resultados de teste de lixiviação (Toxicity Characteristics Leaching Procedure – TCLP) realizado de acordo com o procedimento adotado pela USEPA - United States Environmental Protection Agency para determinar a toxicidade de resíduos. Segundo a regulamentação americana os resíduos podem ser considerados perigosos caso apresentem concentrações maiores do que o limite estabelecido de 5 mg/L para o chumbo. No estudo de LEE, et al (2004) apud RODRIGUES (2007) foram encontradas concentrações de chumbo nos valores de 9,98 mg/L, 14,17 mg/L e 20,2 mg/L para o vidro do cone e 1,272 mg/L para o vidro da tela.

Os equipamentos elétricos e eletrônicos, dentre eles os televisores, são constituídos por uma variedade de plásticos. Esses plásticos podem estar aparentes, compondo as armações ou na parte interna do aparelho. Em televisores são utilizadas as seguintes resinas plásticas HIPS (poliéster de alto-impacto), ABS (acrilonitrila butadieno estireno), PPE (polietileno éter), PVC (policloreto de vinila), PC (policarbonato) [KANG, SHOENUNG (2005) apud FRANCO, 2008].

Outra substância química, encontrada nos televisores são os retardantes de chama são aditivos adicionados aos plásticos para aumentar a resistência à inflamabilidade; são classes de compostos que incluem halogenados orgânicos (bromados e clorados), compostos de fósforo, nitrogênio e alguns inorgânicos. Usados em grande quantidade pela indústria de equipamentos elétricos e eletrônicos, os plásticos contendo esses aditivos possuem menor valor comercial no mercado de reciclagem e elevado potencial tóxico quando incinerados ou enviados para aterramento. Os retardantes de chama bromados são usados em vários componentes dos eletroeletrônicos, como os televisores, que fazem parte da chamada linha marrom.

O estudo realizado por McPHERSON, THORPE, BLACK (2004) apud FRANCO (2008) indica que a exposição a determinados retardantes de chama, principalmente o difenil éteres polibromados, chamados de PBDEs (Polybrominated dipheny ethers), são nocivos à saúde humana e ao meio ambiente, por serem compostos bioacumulativos.

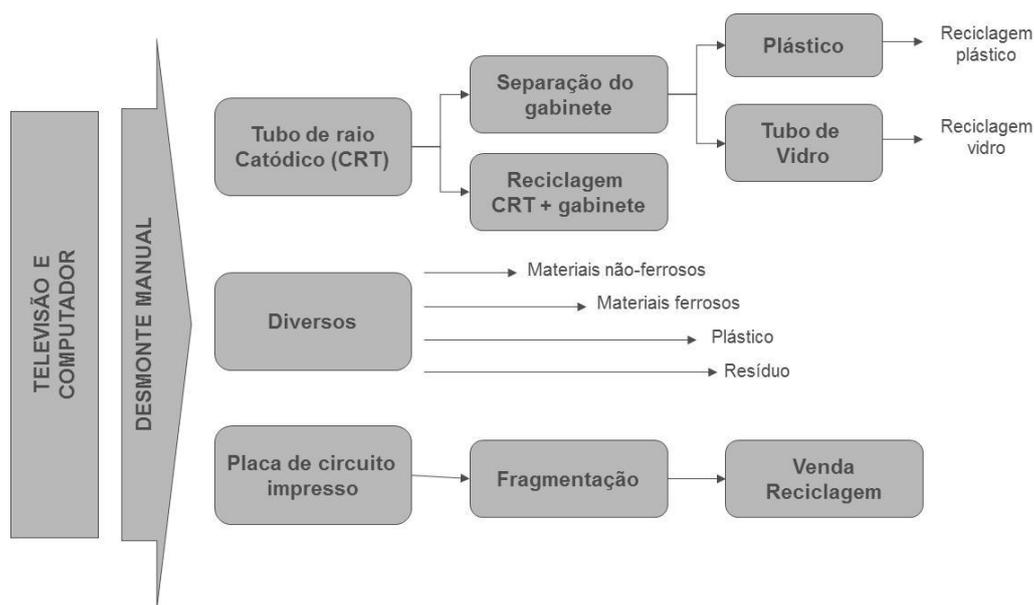
A toxicidade de PBDEs tem indicado muitas semelhanças com as bifenilas policloradas (PCBs) e outros poluentes orgânicos persistentes (POPs), o que sugere que esses novos poluentes sejam um desafio ambiental no futuro. Uma das razões que explica esse aumento nos níveis de PBDEs no ambiente é o consumo cada vez maior de produtos eletrônicos contendo esses poluentes o que gera o chamado lixo tecnológico [BOTARO; TORRES (2007) apud FRANCO, 2008]. Nos plásticos usados em equipamentos eletrônicos, aproximadamente 30% contêm retardantes de chama halogenados ou não-halogenados. No ano de 2000, das 450.000 toneladas de plásticos usados nos EE's na Europa, 264.000 continham retardantes de chama não-halogenados e 186.000 eram do grupo dos halogenados [VEHLOW, et al. (2002) apud FRANCO, 2008].

Também são encontradas nos componentes as substâncias denominadas bifenilas policloradas (PCB's) (Polychlorinated biphenyls), são utilizados como fluídos e lubrificantes em capacitadores, transformadores, sendo popularmente denominados de ascaréis, em função de uma marca denominada "Askarel". Os efeitos de saúde associados com a exposição de PCB's incluem problemas de pele e mudanças neuro-comportamentais e imunológicas, existem também informações que causam câncer.

A Figura 2 apresenta a proposta de FRANCO (2008) para o esquema de triagem de televisores e computadores.

O Quadro 3 apresenta os riscos a saúde pelo manejo inadequado de alguns constituintes dos REE de um televisor.

O Quadro 4 apresenta a classificação do resíduo dos REE gerado por alguns constituintes de um televisor com base na INSTRUÇÃO NORMATIVA n. 13/2012 do IBAMA.



Fonte: FRANCO, 2008.

FIGURA 2 – Esquema de triagem de televisores e computadores.

### QUADRO 3- Riscos a saúde pelo manejo inadequado de alguns constituintes dos REE de um televisor.

Elemento/ substância	Principais problemas na saúde
<b>Alumínio</b>	<p>Anemia por deficiência de ferro; intoxicação crônica</p> <p>A inspiração de alumínio em pó em fábricas onde este elemento é utilizado no processo de produção pode levar à fibrose pulmonar e outros danos ao pulmão. Este efeito conhecido como Mal de Shaver é complicado pela presença no ar de sílica e óxido de ferro. Na diálise renal ele pode penetrar nos rins e causar danos.</p> <p>A ingestão por muito tempo do alumínio em concentrações altas pode levar a sérios problemas de saúde como: demência; danos ao sistema nervoso central; perda de memória; surdez; fortes tremores; dores musculares; cólicas; fraqueza; inapetência; impotência.</p>
<b>Cádmio</b>	<p>É comprovadamente um agente cancerígeno teratogênico e pode causar danos ao sistema nervoso.</p> <p>Câncer de próstata; Concentra-se no pâncreas, testículos, tireóide e glândulas salivares; Acumula-se no leite materno; Atrofia testicular; redução no volume do esperma, tumores em testículos. Acumula-se no corpo humano especialmente nos rins, podendo a vir deteriorá-lo com o tempo.</p>
<b>Chumbo</b>	<p>Prejudicial ao cérebro e ao sistema nervoso em geral.</p> <p>Afeta o sangue, rins, sistema digestivo - Eleva a pressão arterial.</p> <p>Agente teratogênico (mutação genética).</p> <p>Redução na qualidade e quantidade de esperma; Hipotireoidismo decorrente de alterações funcionais da hipófise; Acumula-se no leite materno; Atrofia testicular; reduz a quantidade do esperma; Abortamento espontâneo; Acumulam-se na tireóide, adrenais, pituitária, testículos e ovários; Passa pela placenta entre a 12ª e 14ª semanas atinge o cérebro do feto; aumento significativo na taxa de abortamentos, natimortalidade, prematuridade, diminuição no crescimento pós-natal e aumento na taxa de malformações.</p> <p>Interfere no sistema endócrimo.</p>
<b>Crômio</b>	<p>Dermatites, úlceras cutâneas, inflamação nasal, câncer de pulmão e perfuração do septo nasal.</p>
<b>Mercúrio</b>	<p>Intoxicação aguda: efeitos corrosivos na pele e nas membranas da mucosa, náuseas, vômito, dor abdominal, diarreia com sangue, danos aos rins e morte em período aproximado de 10 dias.</p> <p>Intoxicação crônica: sintomas neurológicos, tremores vertigens, irritabilidade e depressão, associados a salivação, estomatite e diarreia, descoordenação motora progressiva, perda de visão e audição e deterioração mental.</p> <p>Ciclo menstrual irregular, menos ovulações, teratogênico; Acumula-se no leite materno; Acumula-se no pâncreas, testículos e próstata; Atravessa a barreira placentária e hemato-encefálica, na forma de metilmercúrio; Aborto espontâneo, natimortos, Síndrome de Paralisia Cerebral, danos ao cerebelo em filhos de mães que consumiram peixes com metilmercúrio.</p>
<b>Zinco</b>	<p>Sensações como paladar adocicado e secura na garganta, tosse, fraqueza, dor generalizada, arrepios, febre, náusea, vômito.</p>
<b>PBB (bifenilas polibromadas) e PBDE (éter difenil polibromados)</b>	<p>São desreguladores endócrinos. Quando liberados no meio ambiente não se dissipam imediatamente e, por isso, podem persistir e acumular-se biologicamente na cadeia alimentar. Os potenciais efeitos destes materiais variam principalmente com as espécies e os níveis de exposição.</p>
<b>PCB's (bifenilas policloradas) (Polychlorinated biphenyls)</b>	<p>São considerados cancerígenos, além de afetarem o sistema reprodutivo, e causarem danos irreversíveis em filhos de mulheres que sofreram exposição ao produto. Problemas de pele e mudanças neurocomportamentais.</p>

Fonte: Adaptado MACEDO, 2009; .Adaptado RODRIGUES, 2007; FRANCO, 2008.



**QUADRO 4- Classificação do resíduo dos REE gerado por alguns constituintes de um televisor com base na INSTRUÇÃO NORMATIVA n. 13/2012 do IBAMA.**

Elemento/ substância	IBAMA - INSTRUÇÃO NORMATIVA n. 13/2012.
<b>Cádmio</b>	16 02 Resíduos de equipamento elétrico e eletrônico: 16 02 13 (*) Equipamento fora de uso contendo componentes perigosos não abrangidos em 16 02 09 a 16 02 12 16 02 14 Equipamento fora de uso não abrangido em 16 02 09 a 16 02 13 16 02 15 (*) Componentes perigosos retirados de equipamento fora de uso 20 01 35 (*) Produtos eletroeletrônicos e seus componentes fora de uso não abrangido em 20 01 21 ou 20 01 23 contendo componentes perigosos (6) 20 01 36 Produtos eletroeletrônicos e seus componentes fora de uso não abrangido em 20 01 21, 20 01 23 ou 20 01 35 06 03 15 (*) Óxidos metálicos contendo metais pesados 06 03 16 Óxidos metálicos não abrangidos em 06 03 15 06 03 99 Outros resíduos não anteriormente especificados 06 04 Resíduos contendo metais não abrangidos em 06 03: 06 04 03 (*) Resíduos contendo arsênio // 06 04 04 (*) Resíduos contendo mercúrio // 06 04 05 (*) Resíduos contendo outros metais pesados
<b>Chumbo</b>	16 02 Resíduos de equipamento elétrico e eletrônico: 16 02 13 (*) Equipamento fora de uso contendo componentes perigosos não abrangidos em 16 02 09 a 16 02 12 16 02 14 Equipamento fora de uso não abrangido em 16 02 09 a 16 02 13 16 02 15 (*) Componentes perigosos retirados de equipamento fora de uso 20 01 35 (*) Produtos eletroeletrônicos e seus componentes fora de uso não abrangido em 20 01 21 ou 20 01 23 contendo componentes perigosos (6) 20 01 36 Produtos eletroeletrônicos e seus componentes fora de uso não abrangido em 20 01 21, 20 01 23 ou 20 01 35 06 03 15 (*) Óxidos metálicos contendo metais pesados 06 03 16 Óxidos metálicos não abrangidos em 06 03 15 06 03 99 Outros resíduos não anteriormente especificados 06 04 Resíduos contendo metais não abrangidos em 06 03: 06 04 03 (*) Resíduos contendo arsênio // 06 04 04 (*) Resíduos contendo mercúrio 06 04 05 (*) Resíduos contendo outros metais pesados
<b>Crômio</b>	16 02 Resíduos de equipamento elétrico e eletrônico: 16 02 13 (*) Equipamento fora de uso contendo componentes perigosos não abrangidos em 16 02 09 a 16 02 12 16 02 14 Equipamento fora de uso não abrangido em 16 02 09 a 16 02 13 16 02 15 (*) Componentes perigosos retirados de equipamento fora de uso 20 01 35 (*) Produtos eletroeletrônicos e seus componentes fora de uso não abrangido em 20 01 21 ou 20 01 23 contendo componentes perigosos (6) 20 01 36 Produtos eletroeletrônicos e seus componentes fora de uso não abrangido em 20 01 21, 20 01 23 ou 20 01 35 06 03 15 (*) Óxidos metálicos contendo metais pesados 06 03 16 Óxidos metálicos não abrangidos em 06 03 15 06 03 99 Outros resíduos não anteriormente especificados 06 04 Resíduos contendo metais não abrangidos em 06 03: 06 04 03 (*) Resíduos contendo arsênio // 06 04 04 (*) Resíduos contendo mercúrio 06 04 05 (*) Resíduos contendo outros metais pesados
<b>Mercúrio</b>	16 02 Resíduos de equipamento elétrico e eletrônico: 16 02 13 (*) Equipamento fora de uso contendo componentes perigosos não abrangidos em 16 02 09 a 16 02 12 16 02 14 Equipamento fora de uso não abrangido em 16 02 09 a 16 02 13 16 02 15 (*) Componentes perigosos retirados de equipamento fora de uso 20 01 35 (*) Produtos eletroeletrônicos e seus componentes fora de uso não abrangido em 20 01 21 ou 20 01 23 contendo componentes perigosos (6) 20 01 36 Produtos eletroeletrônicos e seus componentes fora de uso não abrangido em 20 01 21, 20 01 23 ou 20 01 35 06 03 15 (*) Óxidos metálicos contendo metais pesados 06 03 16 Óxidos metálicos não abrangidos em 06 03 15 06 03 99 Outros resíduos não anteriormente especificados 06 04 Resíduos contendo metais não abrangidos em 06 03: 06 04 03 (*) Resíduos contendo arsênio // 06 04 04 (*) Resíduos contendo mercúrio 06 04 05 (*) Resíduos contendo outros metais pesados

Notas: **RESÍDUO PERIGOSO (\*)**

(6). Componentes perigosos de equipamento elétrico e eletrônico podem incluir acumuladores e pilhas mencionados em 16 06 e assinalados como perigosos, disjuntores de mercúrio, **vidro de tubos de raios catódicos** e outro vidro ativado, etc.

Fonte: BRASIL, 2012.

### Continuação Quadro 4

<b>PBB (bifenilas polibromadas) e PBDE (éter difenil polibromados)</b>	16 02 Resíduos de equipamento elétrico e eletrônico:
	16 02 13 (*) Equipamento fora de uso contendo componentes perigosos não abrangidos em 16 02 09 a 16 02 12
	16 02 14 Equipamento fora de uso não abrangido em 16 02 09 a 16 02 13
	16 02 15 (*) Componentes perigosos retirados de equipamento fora de uso
	20 01 35 (*) Produtos eletroeletrônicos e seus componentes fora de uso não abrangido em 20 01 21 ou 20 01 23 contendo componentes perigosos (6)
<b>PCB's (bifenilas policloradas) (Polychlorinated biphenyls)</b>	13 03 01 (*) Óleos de isolamento térmico, de refrigeração e de transmissão de calor usados, fluidos dielétricos e resíduos contaminados com bifenilas policloradas (PCB)
	16 02 Resíduos de equipamento elétrico e eletrônico:
	16 02 09 (*) Transformadores, capacitores e demais equipamentos elétricos contendo PCB
	16 02 10 (*) Equipamento fora de uso contendo ou contaminado por PCB não abrangido em 16 02 09

Notas: RESÍDUO PERIGOSO (\*)

(1). Para as entradas 13 01 01, 13 03 01, 16 01 09, 16 02 09, 16 02 10, 17 05 02, 17 09 02, devem-se considerar todos os líquidos que contenham bifenilas policloradas e equipamentos contaminados com bifenilas policloradas, que apresentem teor de bifenilas policloradas superior a 0,005 por cento;

(6). Componentes perigosos de equipamento elétrico e eletrônico podem incluir acumuladores e pilhas mencionados em 16 06 e assinalados como perigosos, disjuntores de mercúrio, vidro de tubos de raios catódicos e outro vidro ativado, etc.

Fonte: BRASIL, 2012.

Considerando o peso médio de um aparelho de televisão com CRT de 36 kg e vida útil de 13 anos (FRANCO, 2008) e com base nos dados do IBGE de 2015, onde informa que, dentre os 103,3 milhões de aparelhos estimou-se que 63,7 milhões de televisões eram de tubo, que correspondia a 61,4% das televisões instaladas no Brasil (G1, 2015), para montar o Quadro 5 iremos utilizar como referência os totais do Quadro 2.

O Quadro 5 apresenta a massa dos diferentes metais que correspondem ao número total de televisores com CRT existentes no Brasil.

QUADRO 5- Massa dos diferentes metais que correspondem ao número total de televisores com CRT existentes no Brasil.

Metal	Metais (mg/Kg)						
	Massa total por metal (mg/Kg) (Quadro 2)	Massa média/televisor	Massa média de cada metal (mg)/televisor	Massa média de cada metal (Kg)/televisor (1 kg = 10 <sup>6</sup> mg)	Número de televisores	Massa total de cada metal (Kg)	Massa total de cada metal (t)
<b>Chumbo</b>	319.270	32 Kg	10.216.640	10,217	63,7 x 10 <sup>6</sup>	650.822.900	650.822,90
<b>Cobre</b>	637.167	32 Kg	20.389.344	20,389	63,7 x 10 <sup>6</sup>	1.298.779.300	1.298.779,30
<b>Zinco</b>	6.401,30	32 Kg	204.841,60	0,205	63,7 x 10 <sup>6</sup>	13.058.500	13.058,50
<b>Estanho</b>	57.820	32 Kg	1.850.240	1,850	63,7 x 10 <sup>6</sup>	117.845.000	117.845,00
<b>Cádmio</b>	56,51	32 Kg	1.808,32	0,0018	63,7 x 10 <sup>6</sup>	114.660	114,66
<b>Crômio</b>	259,4	32 Kg	8.300,80	0,0083	63,7 x 10 <sup>6</sup>	528.710	528,71
<b>Antimônio</b>	22.319	32 Kg	714.208	0,714	63,7 x 10 <sup>6</sup>	45.481.800	45.481,80

Fonte: Adaptado MATSUTO, JUNG, TANAK (2004) apud RODRIGUES, 2007; FRANCO (2008); G1, 2015.

Os resultados do Quadro 5 mostram de modo inequívoco que, estamos com um enorme passivo ambiental a ser alocado, se esse manejo não for realizado dentro de normas técnicas aplicadas em resíduos perigosos, colocaremos os meios físicos – solo e água e posteriormente o meio antrópico expostos aos efeitos dessa gravíssima contaminação, colocando em risco a saúde pública.

No Quadro 6 apenas como informação, vamos calcular qual o volume de recursos hídricos (água) seria capaz de se contaminar se essa massa de metais proveniente dos resíduos eletroeletrônicos dos televisores com CRT fosse descartada de modo inadequado no meio ambiente, será levado em consideração o valor máximo permitido (VMP) pela Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) 357/2005 referente a mananciais (superfície) e Resolução CONAMA 396/2008 referente a águas subterrâneas.

QUADRO 6- Volume ( $m^3$ ) de águas superficiais e águas subterrâneas capaz de ser inviabilizado para o uso de abastecimento da população em função da contaminação de alguns dos metais existentes nos resíduos eletroeletrônicos dos componentes de televisores com CRT, tendo como referência Valores Máximos Permitidos (VMP) das Resoluções CONAMA 357/2005 e 396/2008, para os referidos metais.

Parâmetro	Massa total de cada metal relativa ao número total de televisores disponível no Brasil para descarte(kg) (Quadro 5)	Resolução CONAMA 357 /2005 (**) (BRASIL, 2005) (VMP - $mg.L^{-1}$ de água)	Volume de água superficial ( $m^3$ ) que pode ser inviabilizada para consumo humano pela contaminação	Resolução CONAMA 396/2008 – consumo humano (BRASIL, 2008) (VMP - $mg.L^{-1}$ de água)	Volume de água subterrânea ( $m^3$ ) que pode ser inviabilizada para consumo humano pela contaminação
Chumbo	650.822.900	0,033 $mg Pb.L^{-1}$	19.721.906.060.000	0,010 $mg Pb.L^{-1}$	65.082.290.000.000
Cobre dissolvido	1.298.779.300	0,013 $mg Cu.L^{-1}$	99.906.100.000.000	2 $mg Cu.L^{-1}$	649.389.650.000
Zinco total	13.058.500	5 $mg Zn.L^{-1}$	2.611.700.000	5 $mg Zn.L^{-1}$	2.611.700.000
Crômio total	114.660	0,05 $mg Cr.L^{-1}$	2.293.200.000	0,050 $mg Cr.L^{-1}$	2.293.200.000
Cádmio total	528.710	0,01 $mg Cd.L^{-1}$	52.871.000.000	0,005 $mg Cd.L^{-1}$	105.742.000.000

\***Obs.:** Resolução CONAMA 357/2005 (\*\*) Dispõe sobre a classificação dos corpos de água. Referência dos valores da Classe 3 – águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado. // Resolução CONAMA 396/2008 – Águas Subterrâneas.  
 $1\text{ kg} = 10^6\text{ mg}$  //  $1\text{ mg.L}^{-1} = 10^3\text{ }\mu\text{g.L}^{-1}$  //  $1\text{ m}^3 = 1000\text{ L}$

Fonte: BRASIL, 2005; BRASIL 2008.

Os volumes para águas superficiais e águas subterrâneas, apresentados no Quadro 6, que seriam inviabilizados para o consumo humano caso ocorra o descarte inadequado dos televisores com CRT **é imenso**, são valores não imagináveis, o que mostra a toxicidade desses metais.

No Quadro 7, ainda em complemento das informações, tendo como referência a Resolução CONAMA nº 420/2009 (BRASIL, 2009) iremos calcular qual a massa de solo poderia ser contaminada se os metais provenientes dos resíduos eletroeletrônicos dos televisores com CRT forem descartados de modo inadequado no meio ambiente e alcançassem esse meio físico.

Ressaltando novamente, os valores apresentados no Quadro 7 mostram de modo claro que, estamos com um enorme passivo ambiental a ser alocado, se esse manejo não for realizado dentro de normas técnicas aplicadas em resíduos perigosos, colocaremos o meio físico solo e posteriormente o meio antrópico expostos ao efeitos dessa gravíssima contaminação, colocando em risco a saúde pública.

QUADRO 7- Massa de solo (t) que seria capaz de se contaminar com alguns dos metais provenientes dos resíduos eletroeletrônicos dos televisores com CRT descartados de modo inadequado no meio ambiente que alcançasse esse meio físico, com referência aos valores da Resolução CONAMA nº 420/2009 para solos agrícolas.

Parâmetro	Massa total de cada metal relativa ao número total de televisores disponível no Brasil para descarte(kg) (Quadro 5)	Resolução CONAMA 420 /2009 (BRASIL, 2009) (Agrícola/APMax)	Massa de solo (t) que pode ser inviabilizada para uso agrícola pela contaminação
Chumbo	650.822.900	180 mg Pb.Kg <sup>-1</sup>	3.615.682.778
Cobre	1.298.779.300	200 mg Cu.Kg <sup>-1</sup>	6.493.896.500
Zinco total	13.058.500	450 mg Zn.Kg <sup>-1</sup>	29.018.888,89
Crômio	114.660	150 mg Cr.Kg <sup>-1</sup>	764.400.000
Cádmio	528.710	3 mg Cd.Kg <sup>-1</sup>	176.236.666,7

APMax =Área de Proteção Máxima

FONTE: BRASIL, 2009.

Nos próximos parágrafos serão apresentadas partes de publicações científicas, transcritas *ipsis litteris*, que mostram de modo cronológico que os problemas continuam sem solução para um manejo seguro e dentro de normas técnicas para os REEE's.

A Dissertação de RODRIGUES (2007) apresenta em suas conclusões a situação do manejo e reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos. Veja que as conclusões desse trabalho irão se repetir nos trabalhos subsequentes e todos comprovam a ineficácia do manejo de resíduos considerados perigosos.

Os resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos ou seus componentes, por possuírem muitas das substâncias reconhecidamente tóxicas e perigosas, listadas no Anexo C da NBR 10.004/04 da ABNT – “Substâncias que conferem periculosidade aos resíduos”, não deveriam ser encaminhados e depositados livremente em aterros municipais destinados aos resíduos urbanos domiciliares. **Esses locais de disposição final não possuem infraestrutura sanitária adequada para evitar os problemas relacionados à contaminação do solo e das águas subterrâneas apontados na revisão teórica.** Entretanto esses resíduos são atualmente considerados resíduos comuns, uma vez que geralmente tem sua origem nos domicílios ou comércios.

Pode-se afirmar que uma infraestrutura de coleta desses resíduos é inexistente no país, uma vez que não há atualmente legislação que considere suas peculiaridades tóxicas o que obrigue ao estabelecimento de sistemas de coleta específicos. Em consequência, as alternativas atualmente existentes para o descarte dos equipamentos elétricos e eletrônicos ao final de sua vida útil são: a disposição para coleta junto aos resíduos domiciliares; as operações especiais dos serviços de limpeza urbana, para coleta de grandes volumes, nas quais geralmente são dispostos os eletrodomésticos de grande porte; a doação direta a catadores ou então a disposição junto a outros materiais recicláveis, em pontos de entrega voluntária, quando existentes. **Destaca-se que a intenção de direcionar esses equipamentos à reciclagem não garante que ela ocorra.** (RODRIGUES, 2007) (grifo nosso)



Não existe nenhum planejamento dos administradores públicos para lidar com o passivo ambiental gerado pelos televisores com TRC, veja o texto abaixo da pesquisa de FRANCO, LANGE (2011):

“Constatou-se que esses materiais chegam às cooperativas por meio de doações de empresas, muitas vezes sem identificação, por catadores de porta a porta; pela coleta seletiva do município; e por doações de particulares diretamente às cooperativas.” (grifo nosso)

“Um dos entrevistados relatou que, **para retirar o cobre contido no tubo de raio catódico, ele coloca o tubo dentro de um saco plástico, envolto em um saco de pano e coberto com uma lona, quebra o vidro e espera “baixar a poeira, pois faz mal para saúde.** Em seguida, tira o cobre para vender e coloca o caco de vidro no recipiente de reciclagem de vidro da SLU. Relatou também que usa equipamentos de segurança como óculos e luvas para proteção. **Notou-se certo conhecimento do teor tóxico, porém, ao colocar o vidro para reciclagem, não há preocupação com a contaminação do restante do material contido no recipiente.**” (grifo nosso)

“Identificou-se, com as entrevistas e visitas às cooperativas, **total desconhecimento de como manipular esses resíduos e da responsabilidade em recebê-los.** As empresas “doam” esse material para as cooperativas, **repassando um passivo ambiental sem qualquer responsabilidade. A desmontagem para retirada do material de valor comercial é feita de forma precária, e as pessoas que manipulam desconhecem o potencial tóxico de algumas peças.**” (grifo nosso)

“As visitas às cooperativas de catadores de materiais recicláveis, às empresas que comercializam sucatas e **no local de disposição final de resíduos comprovaram que esse material existe em grande quantidade e o gerenciamento ambientalmente adequado é inexistente.**” (grifo nosso)

“**A infraestrutura de coleta específica desses resíduos é inexistente no município.** As alternativas existentes, até o término da presente pesquisa, para o descarte dos equipamentos elétricos e eletrônicos pós-consumo são: a disposição para coleta junto aos resíduos domiciliares; as operações especiais dos serviços de limpeza urbana como os bota-fora ou a entrega nas unidades de recebimento de pequenos volumes, nos quais são dispostos os eletrodomésticos de grande porte, no entanto, **o destino final será o aterro sanitário;** a doação direta a catadores que destinam os materiais às cooperativas de materiais recicláveis ou a disposição junto aos outros materiais recicláveis em pontos de entrega voluntária.” (grifo nosso)

A pesquisa de SANTOS, BARRETO, NASCIMENTO, FERREIRA (2011), mostra novamente que independente da cidade ser tamanho médio ou uma grande metrópole o problema é o mesmo:

Um grande agravante para o problema do descarte correto ainda é a ação do governo **que compra 40% do que a indústria produz, mas o governo compra pelo menor preço, de empresas que não têm responsabilidade no pós-consumo. Chega a ser desumano fazer a acusação: “o relatório da ONU aponta que em 2020 o Brasil pode se tornar uma grande pilha de eletroeletrônico”.** (grifo nosso)

Um ponto a ser considerado nesta questão **é o fato de que nenhum dos entrevistados tinha plena consciência dos malefícios que os aparelhos televisores e seus componentes podem causar a saúde e ao meio ambiente.** (grifo nosso)

Concluiu-se com este trabalho a análise dos dados coletados e **verificou-se que em quase toda a amostragem as lojas de manutenção não possuem conhecimentos técnico suficiente sobre o manuseio dos sólidos, a grande maioria também desconhece a obrigatoriedade de coleta e locais apropriados para disposição dos mesmos, e todas desconhecem os reais malefícios que o descarte irregular pode causar a sociedade e ao meio ambiente.** (grifo nosso)



(2012). Veja também a mesma situação identificada por SIQUEIRA, MARQUES

“Quando questionados sobre os prejuízos ao meio ambiente e à saúde, provenientes do descarte inadequado dos REEE, e a respeito do conhecimento de substâncias perigosas presentes nesses resíduos, 43,0% e 44,5% dos inquiridos, respectivamente, **foram capazes de citar pelo menos um aspecto negativo ou composto perigoso encontrado nos equipamentos eletroeletrônicos**. Entretanto, **a maioria dessas pessoas apresentou um nível de conhecimento superficial, ou seja, insuficiente para gerar mudanças de atitude quanto ao descarte correto do lixo eletrônico**, fato que explica os **34,0% de entrevistados que declararam utilizar o lixo comum como único destino para os aparelhos sem utilidade de suas residências**.” (grifo nosso)

“O presente trabalho mostrou que, em Belo Horizonte, as ações desenvolvidas para minimizar os impactos negativos do descarte incorreto do lixo eletrônico, sejam por instituições governamentais ou não, são pontuais e pouco divulgadas. Prova disto é o fato de que **73,5% dos entrevistados não conheciam locais aptos na cidade a receber seu lixo eletrônico**. Essa proporção é preocupante, uma vez que **85% dos inquiridos declararam possuir elevada escolaridade, o que implica, a priori, maior acesso a todo tipo de informação**.” (grifo nosso)

## vii) Conclusões

- 1) **Não existem dúvidas** que os resíduos eletroeletrônicos proveniente de televisores de tubo de raios catódicos (TRC) são tóxicos e classificados como perigosos.
- 2) Considerando o peso médio de um aparelho de televisão com CRT de 36 kg e vida útil de 13 anos, **não existem dúvidas** que no prazo de 5-6 anos teremos um grande passivo ambiental, uma enorme massa de REE será descartada cujo manejo exige cuidados e conhecimentos técnicos para sua reciclagem e alocação.
- 3) **Não existem dúvidas** que as cidades independente do seu porte, não tem estruturas físicas para alocação dos REE gerados aparelho de televisão com CRT, não tem empresas suficientes e com conhecimento técnico para fazer o manejo, a alocação e a reciclagem desses resíduos considerados perigosos.
- 4) **Não existem dúvidas** que o *Projeto Sistema Brasileiro de Televisão Digital Modelo de Implantação* não possui uma citação sequer sobre o manejo, a alocação e a reciclagem REE gerados aparelho de televisão com CRT.
- 5) **Não existem dúvidas** que a Administração Pública precisa fazer um planejamento urgente quanto ao manejo, a alocação e a reciclagem REE gerados aparelho de televisão com CRT, propondo treinamento para profissionais técnicos da área de manutenção de televisores, criar pontos de entrega nos bairros da cidade, orientar e fiscalizar empresas que fazem o processo de reciclagem.
- 6) **Não existem dúvidas** que em um prazo muito curto vai se comprovar a previsão de que ***em 2020 o Brasil pode se tornar uma grande pilha de eletroeletrônico***.



## viii) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 13, de 18 de dezembro de 2012. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Publicar a Lista Brasileira de Resíduos Sólidos, a qual será utilizada pelo Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais, pelo Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental e pelo Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos, bem como por futuros sistemas informatizados do IBAMA que possam vir a tratar de resíduos sólidos. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil]. Brasília, n.245, 20 dez. 2012. Seção 1.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 18 de março de 2005, Seção 1.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009, dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, de 29 de dezembro de 2009, Seção 1.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 7 de abril de 2008, Seção 1.

ABDI. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos**. Brasília: ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. 202p. Novembro de 2012.

BOTARO, D.; TORRES, J. P. M. Difenil éteres polibromados (PBDES) Novos Poluentes, Antigos desafios. **Oecologia brasiliensis**, v.11, p.167-178, 2007.

FRANCO, R. G. F. **Protocolo de referência para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos para o município de Belo Horizonte**. 162p., Belo Horizonte. 2008. Dissertação [Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos] – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2008.

FRANCO, R. G. F.; LANGE, L. C. Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**. v.16, n.11, p.73-82, jan/mar 2011.

G1. **Mais de 50% de domicílios brasileiros têm apenas TV de tubo, diz IBGE**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2015/04/mais-de-50-de-domicilios-brasileiros-tem-apenas-tv-de-tubo-diz-ibge.html>>. Acesso em 17 de dezembro de 2015.

KANG, H. Y.; SHOENUNG J. M. Electronic waste recycling: A review of U.S. infrastructure and technology options. **Resources Conservation & Recycling**, Elsevier, v.45, p.368-400, 2005.

LEE, C.H. *et al.* Management of scrap computer recycling in Taiwan. **Journal of Hazardous Materials**, Elsevier, v.73, p.209-220, 2000.

LEE, C.H. *et al.* An overview of recycling and treatment of scrap computers. **Journal of Hazardous Materials**, Elsevier, v.114, p.93-100, 2004.

McPHERSON, A.; THORPE, B.; BLAKE, A. **Brominated Flame Retardants in Dust on Computers: The Case for Safer Chemicals and Better Computer Design**. Computer Take-Back Campaign, 2004.



MATSUTO T.; JUNG, C. H.; TANAK, N. Material and heavy metal balance in a recycling facility for home electrical appliances. **Waste Management**. Elsevier, v.24, n.5, p.425-436, 2004.

MENAD, N. Cathode ray tube recycling. **Resources Conservation and Recycling**. Elsevier, v.26, p.143-154, 1998.

OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development. **Technical Guidance for the environmentally sound management of specific waste streams: used and scrap Personal Computers**. Environment Policy committee. p.1-21. 2003.

PARLAMENTO EUROPEU. RoHs. **Directiva 2002/95/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003: relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos, 2003a.

PARLAMENTO EUROPEU. REEE. **Directiva 2002/96/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003: relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos, 2003b.

PNAD. **Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) - 2015**. Rio de Janeiro: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Coordenação de Trabalho e Rendimento. 87p., 2016.

PRADO, A. P.; BRACHER, L. M.; GUIDI, M. H. S. Estudo comparativo de três tecnologias de televisores em termos de impactos ambientais. **Revista Ciência do Ambiente On Line**, Campinas, Unicamp, v.2, n.2, Agosto 2006.

REDE GLOBO. **TV Digital: tire suas dúvidas sobre a migração do sinal analógico para o sinal digital**. Disponível em: <<https://redeglobo.globo.com/tv-digital/noticia/tv-digital-tire-suas-duvidas-sobre-as-mudancas-no-sinal-analogico.ghtml>>. Acesso em 17 de agosto de 2017.

RODRIGUES, A. C. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil**. 321p., Santa Bárbara D'Oeste. 2007. Dissertação [Mestre em Engenharia de Produção] – Universidade Metodista de Piracicaba. 2007.

SANTOS, P. M. M. P.; BARRETO, W. S.; NASCIMENTO, D. C. O.; FERREIRA, A. S. Nível de Conscientização do Descarte de Televisores no Município de Campos dos Goytacazes: uma Visão do Setor de Manutenção. **IN: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT, VIII**. Resende/RJ: Associação Educacional Dom Bosco. 19, 20 e 21 de outubro 2011.

SIQUEIRA, V. S.; MARQUES, D. H. F. gestão e descarte de resíduos eletrônicos em Belo Horizonte: algumas considerações. **Revista Caminhos de Geografia** - revista on line. Uberlândia, v.13, n.43, p.174-187, out/2012.

TECMUNDO. **HDMI, VGA, DVI, DisplayPort, Componente ou RCA: qual cabo é o melhor?** Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/cabos/65655-hdmi-vga-dvi-displayport-componente-rca-cabo-melhor.htm>>. Acesso em 23 de janeiro de 2015.

TELECO. **Domicílios Brasileiros (%) com Rádio TV, Telefone, Microcomputador e Micro com Acesso à Internet - Estatísticas de Domicílios Brasileiros (IBGE - PNAD)**. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/estatis.asp>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2017.

VEHLOW, J., et al. **Recyclin of bromine from plastics containing brominated flame retardants in sate-of-the-art combustion facilities**. Association of Plastics Manufactures in Europe, 2002.