

Contaminação ambiental provocada pelo descarte de lâmpadas de mercúrio

Cláudio Raposo

CDTN/CNEN; E-mail:raposoc@urano.cdtm.br

Hubert Mathias Roeser

DEGEO/EM/UFOP; E-mail: hubert@degeo.ufop.br

Resumo

Esse trabalho tem o propósito de alertar a comunidade quanto aos problemas ambientais provocados pelo descarte crescente e indiscriminado de produtos contendo mercúrio, particularmente, pelas lâmpadas fluorescentes e de vapor (mercúrio e sódio).

Grande parte das informações aqui apresentadas foi extraída do contexto existente nos Estados Unidos da América, país onde a legislação e a infra-estrutura disponível vêm sendo discutidas, implantadas e/ou implementadas, desde o início da década de 80.

Palavras-chave: contaminação ambiental, mercúrio, lâmpadas de mercúrio (fluorescentes e de vapor)

Abstract

Energy efficient fluorescent lamps have gained widespread usage over the years compared to incandescent ones. This increasing use of mercury-contained fluorescent lamps has led to growing concerns over its proper disposal.

This paper provides information on lamp usage, regulations and guidelines on the proper disposal of fluorescent tubes and mercury vapor lamps.

Keywords: *fluorescent lamps; regulations; mercury vapor lamps*

1. Introdução

Assistimos, nesse final de milênio, a uma onda de mudanças adaptativas à nova ordem mundial. Entre estas, a mentalidade ambientalista reveste-se de especial relevância, na medida em que identifica-se com as necessidades de competitividade, produtividade, segurança e qualidade, passando, assim, a constituir-se em fator estratégico no mundo globalizado. E, por esses motivos, as questões ambientais passam a ser encaradas como oportunidades de desenvolvimento, seja pela aplicação de tecnologias ambientalmente seguras, seja pela racionalização do uso de recursos naturais. Um dos problemas ambientais que tem chamado a atenção pela sua gravidade é a contaminação causada pelo mercúrio. Esse elemento, devido às suas propriedades singulares, é um componente essencial utilizado em centenas de produtos. Entre eles, destacam-se os produtos medicinais e farmacêuticos, as pilhas, as baterias, as lâmpadas, os termômetros, etc. Embora o mercúrio tenha suas aplicações práticas, muitos cientistas comprovam que alguns de seus compostos são neurotoxinas potentes, que podem causar efeitos deletérios a organismos expostos a ele e quando, em altas concentrações, até danificar o sistema nervoso central do homem, [1].

Um exemplo trágico ocorreu na Baía de Minamata – Japão, na década de 1950, onde mulheres grávidas contaminaram-se com altos níveis de mercúrio através do consumo de peixes contaminados. Como resultado dessa contaminação, seus descendentes desenvolveram múltiplos sintomas neurológicos (microcefalia, hipoplasia e atrofia do cérebro).

2. Produtos que contêm mercúrio

Os produtos que contêm mercúrio, ao fim de sua vida útil, são considerados resíduos perigosos, porque ao serem lançados no meio ambiente podem contaminar solos, corpos d'água e ecossistemas. Na Tabela 1, estão relacionados os principais produtos que contêm mercúrio em resíduos sólidos urbanos mu-

nicipais. É importante salientar que a busca por maior eficácia e economicidade energética de fontes de luz artificial tem levado a substituição das lâmpadas incandescentes pelas de mercúrio, fato este que evidencia a necessidade de maior controle do descarte desse produto.

3. Informações básicas sobre as lâmpadas de mercúrio

Uma lâmpada fluorescente típica é composta de um tubo selado de vidro preenchido com gás argônio à baixa pressão (2,5 Torr) e vapor de mercúrio, também à baixa pressão parcial. O interior do tubo é revestido com uma poeira fosforosa composta de vários elementos. A Tabela 2 relaciona a concentração desses elementos em mg/kg da poeira fosforosa [3]. Espirais de tungstênio, revestidas com substância emissora de elétrons, formam os eletrodos em cada uma das extremidades do tubo. Quando a voltagem é aplicada, os elétrons passam de um eletrodo para outro, criando um fluxo de corrente, denominado de arco voltaico, ou descarga elétrica. Esses elétrons chocam-se com os átomos de argônio, os quais, por sua vez, emitem mais elétrons. Os elétrons chocam-se com os átomos do vapor de mercúrio e os ener-

gizam, causando a emissão de radiação ultravioleta (UV). Quando os raios ultravioletas atingem a camada fosforosa, que reveste a parede do tubo, ocorre então, a fluorescência, produzindo luz visível [4]. A lâmpada fluorescente mais usada é a de 40 watts (4 pés de comprimento = 1,22 m; diâmetro de 1.1/2"), embora outras de diferentes formas e tamanhos sejam também procuradas. O tubo usado numa lâmpada fluorescente padrão é fabricado com vidro, similar ao que é utilizado para a fabricação de garrafas e outros itens de consumo comum.

Os terminais da lâmpada são de alumínio ou plástico, enquanto os eletrodos são de tungstênio, níquel, cobre ou ferro. Nenhum desses materiais apresenta risco potencial de contaminação ambiental. A camada branca, normalmente chamada de fósforo, que reveste o tubo de uma lâmpada fluorescente, é geralmente um clorofluorofosfato de cálcio, com antimônio e manganês (1 a 2%). A quantidade desses componentes menores pode mudar ligeiramente, dependendo da cor da lâmpada. Uma lâmpada padrão de 40 watts possui cerca de 4 a 6 gramas de poeira fosforosa [4].

A vida útil de uma lâmpada de mercúrio é de 3 a 5 anos, ou um tempo de operação de, aproximadamente, 20.000 horas, sob condições normais de uso [5].

Tabela 1 – Produtos que contêm mercúrio em um resíduo sólido.

PRODUTO	PERCENTAGEM
Pilhas/Baterias	71,99
Equipamentos elétricos (lâmpadas de mercúrio e etc.)	13,70
Termômetros	6,89
Termostatos	3,30
Pigmentos	1,22
Produtos para uso odontológico	1,18
Resíduos de pintura	0,94
Interruptores de mercúrio	0,77
TOTAL	100,00

Fonte: EPA [2]

Tabela 2 – Análise de poeira fosforosa de uma lâmpada fluorescente.

Elemento	Concentração	Elemento	Concentração	Elemento	Concentração
Alumínio	3.000	Chumbo	75	Manganês	4.400
Antimônio	2.300	Cobre	70	Mercúrio	4.700
Bário	610	Cromo	9	Níquel	130
Cádmio	1.000	Ferro	1.900	Sódio	1.700
Cálcio	170.000	Magnésio	1.000	Zinco	48

Fonte: Mercury Recovery Services, in TRUESDALE et al. [3].

3.1 Conteúdo de mercúrio

A quantidade de mercúrio em uma lâmpada fluorescente varia consideravelmente, conforme o fabricante, fábricas diferentes de um mesmo fabricante, tipo de lâmpada e ano de fabricação.

Na Tabela 3 é mostrado o conteúdo de mercúrio segundo dados da NEMA – National Electrical Manufacturers Association [5] de uma lâmpada padrão americana de 4 pés (40 W), diâmetro de 1.1/2 polegadas. Estima-se para o ano 2.000 um decréscimo no conteúdo de mercúrio de, aproximadamente, 35% em relação a 1995. Em recente trabalho publicado pela EPA, foi divulgado que há uma expectativa de redução ainda maior entre o período de 2000 a 2007 [6]. Essas reduções no conteúdo de mercúrio advêm do avanço tecnológico do processo de fabricação. As lâmpadas de vapor de mercúrio, também chamadas de HID (High Intensity Discharge), podem possuir maior quantidade de mercúrio que as lâmpadas fluorescentes.

Testes realizados por fabricantes, nos EUA, mostram que uma lâmpada fluorescente padrão de 40 watts contém cerca de 20 mg de vapor de mercúrio a 20°C [3].

3.2 Produção e descarte de lâmpadas

Segundo a Associação Brasileira de Iluminação – ABILUX, a produção brasileira é de 48,5 milhões de lâmpadas [7]. O mercado é dominado por quatro empresas: OSRAM, Philips, General Electric e Sylvania. A relação entre o número de lâmpadas queimadas e o número de lâmpadas fabricadas é de, aproximadamente, 1:1.

Uma pesquisa preliminar sobre o descarte de lâmpadas fluorescentes, realizada junto às empresas e órgãos públicos, no entorno da Região Metropolitana de Belo Horizonte, destacou os seguintes quantitativos mensais:

- FIAT Automóveis (4.800);
- CEMIG (1.666);
- TELEMAR (1.600);
- CENIBRA (1.400);

- CERVEJARIA BRAHMA S/A (1.100);
- PIF-PAF ALIMENTOS (1.000);
- MANNESMANN (1.000);
- PUC-MG (1.000).

No que se refere às lâmpadas de descarga (vapor de mercúrio, vapor de sódio e multivapores) utilizadas, preferencialmente, na iluminação pública, a CEMIG é de longe o maior gerador, com descarte de 350.000 lâmpadas/ano.

Nos EUA, a produção de lâmpadas de mercúrio é de 1 bilhão por ano, deste total 756 milhões são queimadas anualmente e o restante é exportado. Estima-se que 802 milhões de lâmpadas fluorescentes serão queimadas e descartadas nesse país, no ano 2000 [6].

4. Legislação ambiental e regulamentações

4.1 Nos EUA

As regulamentações sobre o manejo, transporte e disposição de lâmpadas e produtos contendo mercúrio estão previstas na Lei Federal *Resource Conservation and Recovery Act – RCRA* que proíbe a destruição de resíduos mercuriais em aterros ou incineração, quando a quantidade de mercúrio excede o conteúdo de 200 ppb (partes por bilhão) e o resíduo não passa pelo Procedimento de Lixiviação para Caracterização da Toxicidade (Toxicity Characteristic Leaching Procedure - TCLP) [8]. A agência fiscalizadora federal é a EPA – *Environmental Protection Agency*, com escritórios de representação nos diversos estados norte-americanos. Outras regulamentações são feitas por leis estaduais, mais restritivas. Em julho de 1994, a EPA publicou uma regra destinada ao gerenciamento e administração para as lâmpadas contendo mercúrio (Documento 59 FR 39288).

Tabela 3 – Conteúdo de mercúrio em uma lâmpada de 40 W.

ANO	CONTEÚDO DE Hg (mg)	ANO	CONTEÚDO DE Hg (mg)
1985	48,2	1995	27
1990	41,6	2000	20

Fonte: NEMA [5]

Nessa regra, a Agência apresentou duas opções para mudanças nas regulamentações abaixo relacionadas:

- Acrescentar o descarte das lâmpadas de mercúrio às regulamentações válidas para o resíduo universal (regulamentações aplicáveis, por exemplo, a alguns tipos de baterias, pesticidas e termostatos - Documento 40 CFR Parte 273), inclusive todas as lâmpadas reprovadas no teste TCLP. Os lugares receptores desses resíduos perigosos (aterros sanitários ou recicladoras) estariam sujeitos às regulamentações de resíduos perigosos da RCRA.
- Condicionar, sob certas condições, o descarte das lâmpadas contendo mercúrio isento da regulamentação de resíduo universal:
 - 1) a disposição dessas lâmpadas somente seria possível em aterros destinados a resíduos sólidos aprovados pela EPA, ou
 - 2) o seu destino seria restrito às instalações de reciclagem, as quais deveriam ser licenciadas, aprovadas e registradas pelo estado norte-americano competente.

4.2 No Brasil

A regulamentação para o descarte de resíduos sólidos está centrada na Norma NBR 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT [9]. O mercúrio, além de sua capacidade de bioacumulação e do seu potencial de migrar do resíduo para o ambiente, é classificado, conforme essa Norma, como Resíduo Classe I – Perigoso. É uma substância tóxica, Anexo F – listagem nº6, código de substância 151 e um poluente, com limite máximo no extrato de 0,001 mg.L⁻¹, em testes de solubilização. Ainda segundo essa Norma, no Anexo 1, listagem nº9, o mercúrio ou seus compostos não devem exceder o limite máxi-

mo no resíduo total em 100 mg de Hg.kg⁻¹. Se esse poluente exceder o limite máximo permissível, o resíduo deve ser disposto em instalações adequadas.

Em nível federal, a Resolução nº 257 de junho/99 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) trata do descarte de pilhas e baterias contendo mercúrio. Entretanto, no caso específico de lâmpada de mercúrio, não existe uma legislação federal e/ou regulamentação para o seu descarte. Nos âmbitos estadual e municipal, existem as seguintes legislações que tratam do descarte de produtos que utilizam mercúrio:

- Lei 11.187/98, do Estado do Rio Grande do Sul - dispõe sobre o descarte, fiscalização e destinação final de pilhas, baterias de telefone celular e lâmpadas fluorescentes.
- Projeto de Lei nº 11305/97, do Estado da Bahia - dispõe sobre o descarte de lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e relógios.
- Lei Municipal da Cidade de São Paulo nº 12.653/98 - dispõe sobre o descarte de lâmpadas fluorescentes na cidade de São Paulo.
- Projeto de Lei nº 4/99 (Substitutivo nº 1 - Emenda nº 1 à Lei nº 12.040/95), do Estado de Minas Gerais - dispõe sobre o descarte, reciclagem de lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias usadas.

5. Reciclagem de lâmpadas

Se o resíduo é incinerado ou aterrado, é importante manter os produtos que contêm mercúrio separados do lixo municipal. Tais produtos são, frequentemente, classificados como resíduos perigosos se excederem o limite regulatório de toxicidade (0,2 mg.L⁻¹).

Uma vez segregados e/ou separados, os resíduos mercuriais podem, então, ser tratados objetivando a recuperação do mercúrio neles contidos [10]. As opções de aterramentos e incinerações não são as mais recomendadas pela EPA. Com a finalidade de minimizar o volume de mercúrio descarregado ao meio ambiente, a opção de reciclagem, com a conseqüente recuperação do

mercúrio, é considerada a melhor solução ambiental. O forte argumento para isto é que tecnologias comprovadas e bem sucedidas já existem.

As principais empresas mundiais recicladoras de mercúrio estão localizadas, principalmente, nos EUA, enquanto que os fabricantes de equipamentos estão localizados na Suécia e Alemanha. Esse último país, foi o precursor na fabricação de equipamentos para a *desmercurização* de lâmpadas fluorescentes, em meados da década de 80.

5.1 Situação nos EUA

Os EUA produzem cerca de 1 bilhão de lâmpadas fluorescentes por ano. Excetuando-se as exportações, a EPA estima que 756 milhões dão entrada no sistema de gerenciamento de resíduos. Considerando a população dos EUA de 260 milhões, o consumo per capita é de 2,9 lâmpadas.

A estimativa mais conservadora para a emissão anual de mercúrio a partir de lâmpadas fluorescentes é da ordem de 11,34 kg.ano⁻¹ em 1998, para um conteúdo médio da ordem de 15 mg de mercúrio/lâmpada.

No início da década de 90, a EPA, através de seu Programa *Green Lights*, incentivou a iniciativa privada a encontrar soluções para a problemática do descarte de lâmpadas. Já em 1995, a indústria de reciclagem era responsável por mais de 90% de todo o mercúrio consumido naquele ano. Atualmente existem mais de quarenta empresas recicladoras distribuídas por todo o território norte-americano. Dados apresentados pela EPA mostram que a opção de incineração de lâmpadas não foi uma experiência bem sucedida, pois os incineradores podiam emitir vapores de mercúrio. Em alguns casos, a pluma de contaminação foi transportada por mais de 320 km, aumentando ainda mais a área de influência de contaminação provocada pelas atividades do incinerador [11].

5.2 Situação no Canadá

No Canadá, mais de 140 toneladas de mercúrio são descartadas ao meio ambiente a cada ano, por todas as ativi-

dades envolvendo garimpos, queima de combustíveis fósseis, etc. Descargas incontroladas de substâncias tóxicas, resultantes particularmente do descarte de lâmpadas e certos tipos de pilhas são ameaças adicionais de contaminação do meio ambiente.

A indústria de reciclagem está resumida em poucas iniciativas isoladas. Mais de trinta e cinco tecnologias já foram inventariadas, entretanto poucas passaram à escala industrial. A maior indústria de reciclagem do Canadá trabalha com 500.000 lâmpadas fluorescentes/ano. Em seu processo de reciclagem, a poeira fosforosa é enviada aos USA para destilação do mercúrio contido [12].

5.3 Situação na Comunidade Européia

O movimento ecológico para a preservação do meio ambiente na Europa deu origem a uma política ambiental e a uma série de regulamentações (por exemplo, rotulagem ambiental - selo verde), o que encorajou as indústrias a montarem várias usinas de reciclagem.

Cerca de 600 milhões de lâmpadas fluorescentes são descartadas, anualmente, na União Européia.

Na Alemanha, a OSRAM foi a primeira fabricante de lâmpadas a desenvolver um sistema de reciclagem. A matéria-prima obtida das lâmpadas usadas é reutilizada na manufatura de novas lâmpadas (reciclagem de 93% do resíduo ao invés de 100% de descarte no lixo). Atualmente existem nove recicladoras de lâmpadas fluorescentes, com apoio da associação alemã de fabricantes de lâmpadas - Arbeitsgemeinschaft Lampen-Verwertung (AGLV) [13].

5.4 Situação no Brasil

O Brasil produz anualmente 48,5 milhões de lâmpadas contendo mercúrio, sendo 32 milhões de lâmpadas fluorescentes, 9 milhões de lâmpadas de descarga (mercúrio, mista, sódio e vapores metálicos) e 7,5 milhões de lâmpadas fluorescentes compactas, conforme dados fornecidos pela ABILUX [7]. Conside-

rando somente a produção interna e uma população brasileira da ordem de 170 milhões de habitantes, o consumo per capita brasileiro é de 0,3 lâmpadas, contra 2,9 dos EUA. O consumo total de mercúrio para a fabricação das lâmpadas nacionais é estimado, pela ABILUX, em 1.000 kg (conteúdo médio de 20,62 mg de Hg/lâmpada).

A estrutura de reciclagem de lâmpadas no Brasil é muito precária, pois existe somente uma indústria para tratar da descontaminação de lâmpadas fluorescentes. A empresa possui tecnologia própria e está localizada em Paulínea, a 170 km da cidade de São Paulo.

5.5 Processo de reciclagem de lâmpadas

O termo reciclagem de lâmpadas refere-se à recuperação de alguns materiais constituintes das lâmpadas e a sua reintrodução nas indústrias ou nas próprias fábricas de lâmpadas.

Existem vários sistemas de reciclagem em operação em diversos países da Europa, EUA, Japão e Brasil.

Um processo típico de reciclagem inclui desde um competente serviço de informação e esclarecimentos junto aos geradores de resíduos, explicitando como o mesmo deve ser transportado para que não ocorra a quebra dos bulbos durante o seu transporte, até a garantia final de que o mercúrio é removido dos componentes recicláveis e que os vapores de mercúrio são contidos durante o processo de reciclagem. Analisadores portáteis devem monitorar a concentração de vapor de mercúrio do ambiente para assegurar uma operação segura dentro dos limites de exposição ocupacional ($0,05 \text{ mg.m}^{-3}$, de acordo com a Occupational Safety and Health Administration – OSHA).

O processo de reciclagem mais usual e em operação em várias partes do mundo encontra-se apresentada na Figura 1 e envolve basicamente duas fases [14, 15] apresentadas a seguir.

a) Fase de esmagamento

As lâmpadas usadas são introduzi-

das em processadores especiais para esmagamento (cominuição), quando, então, os materiais constituintes são separados por peneiramento, separação eletrostática e cicloneagem, em 5 classes distintas:

- terminais de alumínio;
- pinos de latão;
- componentes ferro-metálicos;
- vidro;
- poeira fosforosa rica em Hg;
- isolamento baquelítico.

No início do processo, as lâmpadas são implodidas e/ou quebradas em pequenos fragmentos, por meio de um processador (britador e/ou moinho). Isto permite separar a poeira de fósforo contendo mercúrio dos outros elementos constituintes. As partículas esmagadas restantes são, posteriormente, conduzidas a um ciclone por um sistema de exaustão, onde as partículas maiores, tais como vidro quebrado, terminais de alumínio e pinos de latão, são, então, separados e ejetados para fora do ciclone, onde, então, são separados por diferença gravimétrica e por separação eletrostática. A poeira fosforosa e particulados são coletados em um filtro no interior do ciclone. Posteriormente, por um mecanis-

mo de pulso reverso, a poeira é retirada desse filtro e transferida para uma unidade de destilação para recuperação do mercúrio (2ª fase do processo). O vidro, em pedaços de 15 mm, é, então, limpo, testado e enviado para reciclagem. A concentração média de mercúrio no vidro não deve exceder a $1,3 \text{ mg.kg}^{-1}$. O vidro nessa circunstância pode ser reciclado, por exemplo, na fabricação de produtos para aplicação não alimentar. O alumínio e pinos de latão, depois de limpos, podem ser enviados para reciclagem em uma fundição. A concentração média de mercúrio nesses materiais não deve exceder o limite de 20 mg.kg^{-1} . A poeira de fósforo é normalmente enviada a uma unidade de destilação (retorta), onde o mercúrio é extraído. O mercúrio é, então, recuperado e pode ser reutilizado. A poeira fosforosa resultante pode ser reciclada e reutilizada, por exemplo na indústria de tintas. O único componente da lâmpada que não é reciclado é o isolamento baquelítico existente nas extremidades da lâmpada.

No que se refere à tecnologia para a reciclagem de lâmpadas, uma de maior avanço tecnológico é apresentada pela empresa *Mercury Recovery Technology*

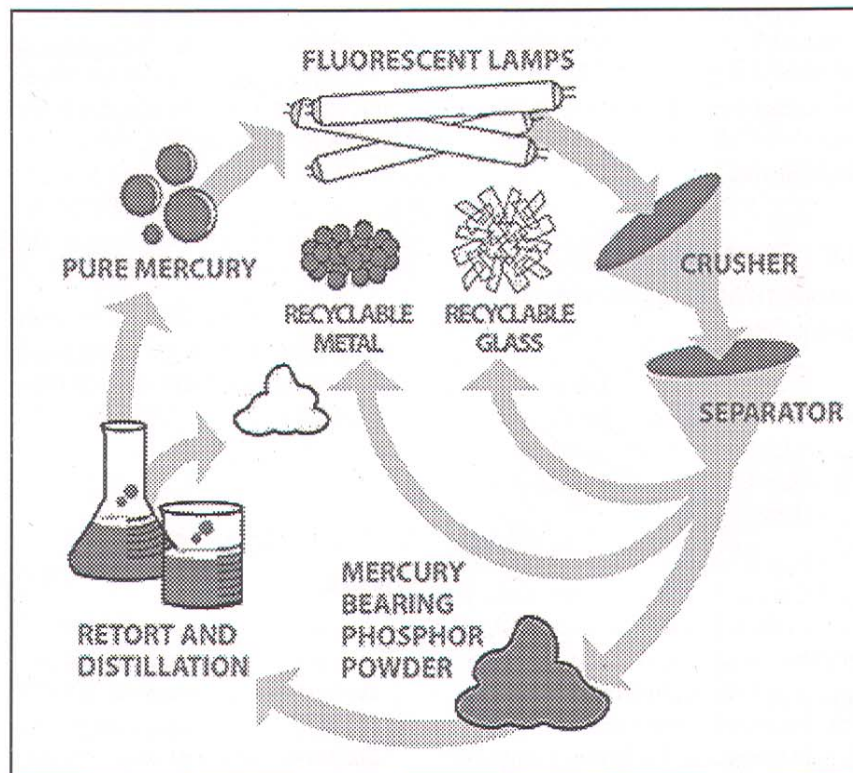


Figura 1 – Ciclo do processo de reciclagem [14].

Referências bibliográficas

- [1] NRIAGU, J. O. **Biogeochemistry of mercury in the environment**. Amsterdam: Elsevier Biomedical Press. 1979.
- [2] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) - **Waste reduction and proper waste management of products containing mercury**, Washington, DC: 1996. (EPA - OWR-96-30); (<http://www.owr.chnr.state.nc.us>).
- [3] TRUESDALE et al. **Management of used fluorescent lamps: Preliminary risk assessment**. North Carolina - USA Research Triangle Institute, 1993. 60p. (Revised May 14, 1993).
- [4] BATTYE, W. et. al. **Evaluation of mercury emissions from fluorescent lamp crushing**. Washington, DC: 1994. (EPA-453/D-94-018).
- [5] NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURES (NEMA) - **The management of spent electrical lamps containing mercury**. 2. ed. New York, NY: NEMA, September 1994, 16p.
- [6] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) - **Mercury emissions from the disposal of fluorescent lamps - Final Report**. Washington, DC, Office of Solid Waste - EPA, 1997.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO (ABILUX) - **Fax ABILUX de 07 de outubro de 1998**, São Paulo, para Cláudio Raposo, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte. 1 p. Assunto: Produção brasileira de lâmpadas de mercúrio.
- [8] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Background information on mercury sources and regulations**. 1998/1999 (<http://www.epa.gov>)
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Classificação de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro, R: ABNT, set/1987. (NBR 10.004).
- [10] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) - **Mercury usage and alternatives in the electrical and electronics industries**. Washington, DC, January/1994. 56p. EPA Document 5.600R94047.
- [11] ENVIROSENSE - **Factsheet: Disposal of spent fluorescent light tubes and mercury vapor lamps** (<http://es.epa.gov/techinfo>).
- [12] FLUORESCENT LAMP RECYCLERS INC.(FLR).- **The FLR Recycling Process**.Canada, FLR Home Page (<http://www.world.com/commercial>).
- [13] OSRAM - **A Recycling System for Fluorescent Lamps - Disposal, processing, re-use**. Alemanha, Document 199 S03 E 04/98 AD. OSRAM, 1998, 6p.
- [14] ECOLIGHTS NORTHWEST - **Fluorescent Lamp Recyclers**. ([Http://www.ecolights.com](http://www.ecolights.com))
- [15] MERCURY RECOVERY TECHNOLOGY (MRT) - **Catálogo de Equipamentos e Cotação de Preços**, Karlskrona, Sweden, 1998.
- [16] APLIQUIM Equipamentos e Produtos Químicos Ltda. - **Manejo e disposição de lâmpadas contendo mercúrio (INS)**. São Paulo: APLIQUIM, 1998.

Artigo recebido em 13/12/99.

Se você pensa que
todas as
revistas
são iguais,
conheça a

Rem - Revista Escola de Minas

para ver a diferença