



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Elizabeth Maria Goertz

**Destinação final de resíduos de lâmpadas fluorescentes:
estudo de caso de uma prestadora de serviços do
setor naval**

Rio de Janeiro

2013

Elizabeth Maria Goertz

**Destinação Final de Resíduos de Lâmpadas Fluorescentes:
estudo de caso de uma Prestadora de Serviços do
Setor Naval**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Controle da poluição urbana e industrial.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Celina Aída Bittencourt Schmidt

Rio de Janeiro

2013

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

G597 Goertz, Elizabeth Maria.
Destinação final de resíduos de lâmpadas
fluorescentes: estudo de caso de uma prestadora de
serviços do setor naval / Elizabeth Maria Goertz – 2013.
190fl.: il.

Orientadora: Celina Aída Bittencourt Schmidt.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do
Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia Ambiental. 2. Lâmpadas fluorescentes –
Dissertações. 3. Resíduos de mercúrio – Dissertações. I.
Schmidt, Celina Aída Bittencourt. II. Universidade do
Estado do Rio de Janeiro. III. Título.

CDU 628.4.045

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Elizabeth Maria Goertz

**Destinação final de resíduos de lâmpadas fluorescentes:
estudo de caso de uma prestadora de serviços do setor naval**

Dissertação apresentada, como requisito para obtenção do título de mestre, ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovado em: 13 de abril de 2013.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Celina Aída Bittencourt Schmidt
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof.^a Dr.^a Thereza Christina de Almeida Rosso
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dr. Ubirajara Aluizio De Oliveira Mattos
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof.^a Dr.^a Heloisa Helena Albuquerque B. Quaresma Gonçalves
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UNIRIO

Rio de Janeiro

2013

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação aos meus pais (*in memoriam*), amigos e colegas de trabalho do Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha, em especial aos Engenheiros Lúcia Caminha de Castro, Sergio Aldyr de Arseno e Souza, Vanda Sueli Mondego, Exmo Sr. Contra-Almirante Alexandre Araújo Mota, Sr Capitão de Mar-e-Guerra (EN) Álvaro Luís de Souza Alves Pinto e ao Setor de Meio Ambiente do Arsenal de Marinha, AMRJ-08, que contribuíram de sobremaneira para o desenvolvimento desse estudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pelos caminhos que traçou e as pessoas que por ele foram colocadas, nessa jornada, ao meu lado, para que muito me apoiassem e eu pudesse concluir essa grande etapa de minha vida. Sozinha, nada faria.

Agradeço à minha irmã Rosemary Goertz que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos, para qualquer ajuda que necessitasse. Aos meus pais (*in memoriam*) por tanto sacrifício feito pelo estudo dos filhos.

Agradeço à minha orientadora Professora Celina Aída Bittencourt Schmidt que sem sua orientação, ajuda e amizade, não teria conseguido chegar até aqui.

Agradeço pelo grande incentivo em especial de minha amiga Engenheira Lúcia Caminha de Castro e de todos meus queridos colegas de trabalho que não me deixaram esmorecer.

Agradeço ao meu atual chefe, o Capitão de Fragata (EM) Auro José Alves de Santana pela compreensão e incentivo para conclusão desse trabalho.

Agradeço ao meu colaborador Lauro Alferino Pires pela inestimável ajuda prestada quando precisei.

Agradeço pelas orações dos irmãos.

Agradeço ao Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha por me dar apoio em conseguir realizar esse trabalho.

Agradeço aos prezados Professores e Coordenadoria de meu curso de Tratamento e Destinação Final de Resíduos Sólidos e funcionários da Secretaria do PEAMB, da Biblioteca e colaboradores da UERJ pela ajuda inestimável e incentivo a mim dados.

Somos o que fazemos, mas somos, principalmente, o que fazemos para mudar o que somos.

Eduardo Galeano

RESUMO

GOERTZ, Elizabeth Maria. **Destinação final de resíduos de lâmpadas fluorescentes: estudo de caso de uma prestadora de serviços do setor naval.** 2013. 190f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

A presente pesquisa tem como objetivo apresentar um estudo de caso, em empresa prestadora de serviço do setor naval, sobre o manuseio, armazenagem e destinação dos seus resíduos de lâmpadas fluorescentes (mercuriais). Classificados como perigosos e tóxicos Classe I, pela ABNT, trazendo mercúrio em sua composição, quando descartados em aterros não controlados e “lixões”, tais resíduos apresentam alta capacidade poluente ao meio ambiente, com efeitos danosos à saúde humana. A Lei nº12305/10 de Política Nacional de Resíduos Sólidos especifica a necessidade de utilização de programas de logística reversa como uma forma de destinação final adequada para esses resíduos, prevenindo o risco de contaminação ambiental. A empresa, sob estudo, não possui ainda um sistema de gestão ambiental para lâmpadas fluorescentes. Os objetivos da pesquisa são os de analisar o perigo potencial de contaminação da quantidade descartada estimada, de mercúrio, para o período de 2008-2012, também o de verificar como estão sendo geridos os resíduos de lâmpadas inservíveis na organização e sugerir um modelo de gestão ambiental, através de um manual de procedimentos. O método utilizado é o estudo de caso, com pesquisa de campo quantitativa e os resultados, expressos a partir de dados colhidos na empresa. Consta da coleta dos dados um questionário fechado, para inferir qual é o conhecimento da equipe de manutenção em eletricidade, da natureza poluente de uma lâmpada fluorescente uma vez que lidam com esses dispositivos em seu dia-a-dia. Sobre dados colhidos sobre quantidades e tipos de lâmpadas consumidos pelos setores da organização, no período entre 2008 e 2012, é calculado o potencial contaminante do mercúrio, dos resíduos das lâmpadas, se liberado para o meio ambiente. Um manual de procedimentos, elaborado pela autora, é apresentado com o objetivo de auxiliar na estruturação de um plano de gestão ambiental de lâmpadas fluorescentes (mercuriais) inservíveis, com aplicação na organização em estudo. Uma parceria com o Núcleo de Gestão Ambiental da Ilha das Cobras é sugerida, para completar, de maneira efetiva, o Plano de Gestão Ambiental de resíduos de lâmpadas fluorescentes e mercuriais da empresa, em conformidade com a legislação vigente .

Palavras-chave: Resíduos de lâmpadas fluorescentes; Logística reversa; Mercúrio; Plano de gestão ambiental.

ABSTRACT

GOERTZ, Elizabeth Maria. **Final disposal of waste fluorescent lamps: a case study on a service provider company in the naval segment.** 2013. 190 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013..

This research aims to present the case study in a service provider company of the naval sector, on handling, storage and disposal of their waste fluorescent(mercurial) lamps. Classified as Class I hazardous and toxic by ABNT, bringing mercury in its composition, when discarded in landfills are uncontrolled "dumps" such wastes have high polluting capacity to the environment with harmful effects to human health. For such waste, Law N°. 12305/10 of the National Policy on Solid Waste specifies the need to use reverse logistics programs, as a means of proper disposal, preventing the risk of environmental contamination. The company, under study, does not have an environmental management system for fluorescent lamps yet. The research objectives are to assess the potential hazard of contamination of the discarded estimated amount of mercury, for the period 2008-2012, also to find out how unusable lamps waste are being managed in the organization and suggest a model of environmental management through a procedures manual. The method used is the case study with a quantiquitative field research and outcomes expressed from data collected at the company. Data collection include a close questionnaire to infer what knowledge has the electricity maintenance team about the pollutant nature of a fluorescent lamp since they deal with these devices in their day-to-day. On data collected on quantities and types of lamps consumed by sectors of the organization in the period between 2008 and 2012, is calculated from the potential contaminant mercury waste lamps, if released to the environment. A procedure manual, prepared by the author, is presented with the objective of assisting in the structuring of a management plan for unserviceable fluorescent(mercurial) lamps, for applying to the organization under study. A partnership with the Center for Environmental Management of Ilha das Cobras is suggested, thus completing effectively the Environmental Management Plan waste fluorescent (mercurial) lamps in accordance with current legislation.

Keywords: Waste fluorescent lamps; Mercury; Reverse logistics; Environmental management plan.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	- a) Lâmpada de óleo pré-histórica de Brooks; b) lâmpada de concha da ostra; c) lâmpada de chifre; d) lâmpada de concha	29
Figura 1.2	- a) Lâmpada de terracota; b) lâmpada a óleo de bronze.....	30
Figura 1.3	- a) lampião de vela; b) lustre de velas	31
Figura 1.4	- a) lamparina ou candeeiro a azeite; b) lâmpada de azeite de baleia do Brasil Colônia; c) lâmpada de óleo antiga	33
Figura 1.5	- Lâmpadas de Argand (a) diagrama de partes; (b) protótipo; (c) par em modelo “Eagle” doméstico decorativo	34
Figura 1.6	- Lâmpada a querosene	35
Figura 1.7	- Lâmpada de Jablochhoff - (a com eletrodos (“velas”) singelos; (b) “vela” da lâmpada;(c) conjunto de eletrodos para maior brilho	39
Figura 1.8	- Lâmpada de Brush (a) lâmpada para interiores;(b) arco básico de carbono; (c) lâmpada para iluminação pública	41
Figura 1.9	- Lâmpadas de Goebel (a) com filamento de platina; (b) com filamento de carvão	44
Figura 1.10	- a) Bomba de Sprengel aperfeiçoada;b) primeira bomba de vácuo de Sprengel	45
Figura 1.11	- Modelos de lâmpadas de Swan	47
Figura 1.12	- Primeiras lâmpadas de Thomas Edison (1880 e 1881).....	48
Figura 1.13	- Exemplo de tubo de Geissler	50
Figura 1.14	- Tubo de Crookes iluminado	51
Figura 1.15	- Lâmpada fluorescente de Germer, Friedrich Meyer e Hans Spanner ..	54
Figura 1.16	- Lâmpada fluorescente de Inman e sua equipe da GE	56
Figura 1.17	- Modelos Mazda 14w(a), MCFA(b) 19,5w MCFE(c) 80w	57
Figura 1.18	- 1º protótipo CFL,1976	59
Figura 1.19	- Modelo de lâmpada integral SL-18 (1984) da Philips	60
Figura 2.1	- Diagrama do processo de descontaminação de resíduos e recuperação do mercúrio	75
Figura 2.2	- Descarga de lâmpadas para tratamento	76

Figura 2.3 - (a) Recebimento do material (b) armazenagem pré-processo	77
Figura 2.4 - Equipamento de ruptura e moagem de lâmpadas	77
Figuras 2.5 - (a) Soquetes metálicos separados do vidro das lâmpadas e (b) vidro flocado do processo	78
Figura 2.6 - (a) Máquina de tambor giratório que separa o pó de “fósforo” do vidro. (b) pó de “fósforo” extraído da máquina no processo.....	78
Figura 2.7 - (a) Primeiro filtro simples de cartucho. (b) o segundo filtro de células de carvão granulado ativado	79
Figura 2.8 - (a) Filtro químico para destilação do mercúrio (b) outro ângulo da retorta.....	80
Figura 2.9 - Mercúrio destilado do processo Apliquim	80
Figura 2.10 - Fluxograma do processo de produção	82
Figura 2.11 - (a)Pó fosfórico; (b) metais; (c)mercúrio metálico e (d)vidro.....	83
Figura 2.12 - Bulb Eater. Naturalis	85
Figura 2.13 - Bulbox e transporte ao cliente.....	85
Figura 2.14 - Processo de descontaminação de resíduos e recuperação do Hg, da Sílex	86
Figura 2.15 - Funcionário operando a máquina Fonte: Recitec,2011.....	87
Figura 2.16 - Processo de descontaminação de resíduos de lâmpadas Recitec	88
Figura 2.17 - (a) Vidro quebrado, descontaminado, de lâmpadas fluores-centes; (b) moagem fina em tambor; (c) na esteira, sendo misturado como cerâmica crua.....	89
Figura 2.18 - Placa de cerâmica modelada e cortada, após cozimento	89
Figura 2.19 - Estação de coleta seletiva da rede Leroy Merlin (a) vista total; (b) enfoque na parte de coleta das lâmpadas	91
Figura 4.1 - Ilha das Cobras- AMRJ- Centro, RJ -Edificações referentes às OMPS-1, 2 e 3	107
Figura 4.2 - As três edificações da OMPS-1 (empresa estudada), no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro -Ilha das Cobras- Centro- RJ.....	108
Figura 4.3 - Modelo de coletores usados no AMRJ na Coleta Seletiva para reciclagem de Materiais	111

Figura 4.4 - Lixeiras de coleta seletiva no pátio interior da OMPS	113
Figura 4.5 - Área atual reservada para armazenamento das lâmpadas inservíveis na OMPS.....	115
Figura 4.6 - Caixa de armazenamento de lâmpadas inservíveis na Oficina De Eletricidade.....	115
Figura 4.7 - Caçamba fora das dependências da empresa.....	116
Figura 6.1 - Temperatura de cor.....	136
Figura 6.2 - Eficácia luminosa	137
Figura 6.3 - (a) Lâmpada Incandescente(b) lâmpada halógena (c) ampola luminosa halógena	139
Figura 6.4 - Lâmpada LED	140
Figura 6.5 - (a) Lâmpadas fluorescentes tubulares em luminária (b) lâmpadas fluorescentes circulares.....	141
Figura 6.6 - Lâmpadas fluorescentes compactas em espiral e 3U	142
Figura 6.7 - Lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão 250W.....	143
Figura 6.8 - Lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão SOX-E	144
Figura 6.9 - Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão 250W,(a) tubular (b) ovóide	145
Figura 6.10 - Lâmpadas de vapor metálico (a) ovóide leitosa 250-400w, (b) tubular 400w	146
Figura 6.11 - Lâmpada mista 500W (Osram E-27).....	147
Figura 6.12 - Corte na lâmpada fluorescente	149
Figura 6.13 - (a) Caixa Ecológica (60 lâmpadas) e (b) contêiner (150 lâmpadas) ..	159
Figura 6.14 - Carrinho de transporte	160

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 - Substâncias utilizadas na geração da luz ao longo da história	32
Quadro 2.1 - Lâmpadas potencialmente perigosas para o ambiente	63
Quadro 2.2 - Lâmpadas não potencialmente perigosas para o ambiente	64
Quadro 2.3 - Custos de reciclagem de lâmpadas em valores de 2011	90
Quadro 3.1 - NR 7 Programa de controle médico de saúde ocupacional	101
Quadro 3.2 - NR-15 Atividades e operações insalubres	102
Quadro 3.3 - Limites ambientais gerais do mercúrio	103
Quadro 3.4 - Padrões e valores orientadores mercuriais	103
Quadro 3.5 - Respostas orgânicas dos seres humanos às diversas formas de contaminação de mercúrio	105
Quadro 6.1 - Forma química do mercúrio e doenças decorrentes de Contaminação	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Exemplo da composição do “pó de fósforo” de uma lâmpada fluorescente.....	69
Tabela 2.2 - Variação das médias de mercúrio por potência da lâmpada.....	71
Tabela 2.3 - Registro da proporção de lâmpadas recicladas versus descartadas ...	94
Tabela 5.1 - Quantidades de resíduos eletroeletrônicos geradas, em kg, no Período de 2008-2011 na empresa estudada	124
Tabela 5.2 - Composição gravimétrica percentual nos anos de 2008 a 2011	125
Tabela 5.3 - Quantidade e peso total de lâmpadas fluorescentes consumidas em 2012	126
Tabela 5.4 - Cálculo da quantidade mínima e máxima (em g) estimada de mercúrio, presente nas lâmpadas potencialmente descartadas em 2008	127
Tabela 5.5 - Cálculo da quantidade mínima e máxima (em g) estimada de mercúrio, presente nas lâmpadas potencialmente descartadas em 2009	127
Tabela 5.6 - Cálculo da quantidade mínima e máxima (em g) estimada de mercúrio, presente nas lâmpadas potencialmente descartadas em 2010	128
Tabela 5.7 - Cálculo da quantidade mínima e máxima (em g) estimada de mercúrio, presente nas lâmpadas potencialmente descartadas em 2011	128
Tabela 5.8 - Cálculo da quantidade mínima e máxima (em g) estimada de mercúrio, presente nas lâmpadas potencialmente descartadas em 2012	129
Tabela 5.9 - Peso total dos resíduos de lâmpadas fluorescentes e quantidade de mercúrios estimada, de 2008 a 2012	129

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABILUMI	Associação Brasileira de Iluminação
ABILUX	Associação Brasileira da Indústria da Iluminação
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACV	Análise de Ciclo de Vida
AMRJ	Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro
CE	Comunidade Européia
CEMPRE	Compromisso Empresarial para a Reciclagem
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CFL	Compact Fluorescent Lamp (Lâmpada Fluorescente Compacta)
COMLURB	Companhia Municipal de Limpeza e Urbanismo.
EPA	Environmental Protection Agency (EUA)(Agência de Proteção do Meio Ambiente)
EUA	Estados Unidos da América
FEEMA	Federação Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro
Hg	Mercúrio(Hydrargirum)
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal

IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IISD	International Institute for Sustainable Development (Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável)
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia e de Normatização
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)
LF	Lâmpada Fluorescente
MB	Marinha do Brasil
MPCA	Minnesota Pollution Control Agency (Agência de Controle da Poluição do Estado de Minnesota (EUA))
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira Registrada
NEMA	National Electrical Manufacturers Association(Associação dos Fabricantes Nacionais da Indústria Elétrica dos EUA)
NORTAM	Normas Técnicas Ambientais da Marinha do Brasil
OI	Órgão Interno
OM	Organização Militar
OMPS	Organização Militar Prestadora de Serviço
ONU	Organização das Nações Unidas
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

REEE	Resíduos de Equipamentos Eletroeletronicos
RoHS	Restriction Of the Use of certain Hazard Substances (Restrição do Uso de certas Substâncias Perigosas)
SISGER	Sistema de Gerenciamento de Dados
UE	União Européia
UNEP	United Nations Environment Programme(Programa das Nações Unidas de Meio Ambiente)
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment - European Commission (Resíduos de Equipamento Elétrico e Eletrônico - Comissão Européia)
UERJ	Universidade do Estado do Rio De Janeiro
USEPA	US Environmental Protection Agency (Agencia de Proteção Ambiental dos EUA)

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	21
1	A EVOLUÇÃO DAS LÂMPADAS AO LONGO DA HISTÓRIA	28
1.1	As lâmpadas primitivas	29
1.2	As velas na iluminação	30
1.3	As lâmpadas a óleo	31
1.3.1	<u>A lâmpada de “Argand”</u>	33
1.3.2	<u>Lâmpadas de querosene</u>	34
1.4	O gás como combustível de iluminação	36
1.5	A invenção da lâmpada de arco-elétrico	37
1.5.1	<u>A lâmpada de arco de Humphry Davy</u>	38
1.5.2	<u>A lâmpada de Jablochhoff</u>	39
1.5.3	<u>A lâmpada de Brush</u>	40
1.6	As lâmpadas incandescentes	41
1.6.1	<u>A lâmpada elétrica incandescente de Humphry Davy</u>	42
1.6.2	<u>A lâmpada de Goebel</u>	43
1.6.3	<u>A bomba de vácuo de Sprengel</u>	44
1.6.4	<u>Swan&Edison de rivais a sócios</u>	46
1.7	As lâmpadas fluorescentes	48
1.7.1	<u>Princípio de funcionamento</u>	48
1.7.2	<u>Inventos e inventores</u>	49
1.7.3	<u>A Primeira Lâmpada Fluorescente Comercial da GE</u>	55

2	PERICULOSIDADE E RECICLAGEM DE LÂMPADAS	62
	MERCURIAIS	
2.1	Lâmpadas potencialmente e não potencialmente perigosas	62
2.2	A necessidade da reciclagem para lâmpadas fluorescentes e mercuriais	65
2.2.1	<u>Conceito de fluorescência e fosforescência</u>	66
2.3	Composição física e química de uma lâmpada fluorescente	67
2.3.1	<u>Pós de fósforo</u>	69
2.3.2	<u>O teor de mercúrio das lâmpadas fluorescentes</u>	70
2.4	Perigo ambiental e processos de disposição final de lâmpadas	71
2.5	A logística reversa	73
2.6	Recicladoras no Brasil e seus processos	74
2.6.1	<u>Processo de reciclagem da APLIQUIM</u>	74
2.6.2	<u>Processo de reciclagem da MEGA RECICLAGEM</u>	81
2.6.3	<u>Processo de reciclagem da TRAMPPO</u>	82
2.6.4	<u>Recicladores portáteis BULB-EATER e BULBOX</u>	83
2.6.5	<u>Processo de reciclagem da SILEX</u>	86
2.6.6	<u>Processo de reciclagem da RECITEC</u>	87
2.7	Reaproveitamento	88
2.8	Custos de descontaminação e recuperação de mercúrio	90
2.9	Coleta de lâmpadas fluorescentes	91
2.9.1	<u>Reciclagem em outros países</u>	92
3	O MÉRCÚRIO E SEUS IMPACTOS	95
3.1	Fontes naturais de mercúrio	96
3.2	Fontes antropogênicas do mercúrio	96

3.3	Minas de mercúrio	97
3.4	Utilizações do mercúrio	98
3.5	Ciclo do mercúrio na cadeia trófica	99
3.6	Toxicidade do mercúrio	100
3.6.1	<u>Exposição humana e efeitos na saúde</u>	100
3.6.2	<u>Limites laboratoriais humanos e ambientais</u>	101
3.7	Efeitos na saúde humana	104
4	A EMPRESA ESTUDADA E SUA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ...	106
4.1	Localização e estrutura	106
4.2	Breve histórico	109
4.2	O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ)	110
4.3.1	<u>Gestão dos resíduos no AMRJ</u>	110
4.3.2	<u>Manifesto de resíduos</u>	112
4.4	Situação atual da gestão de resíduos na empresa	113
4.4.2	<u>Gestão da coleta e descarte de lâmpadas</u>	114
4.5	Questionário de pesquisa (aplicação e análise)	116
4.6	Diagnóstico	119
5	RESÍDUOS DE LÂMPADAS FLUORESCENTES E SEU POTENCIAL DE LIBERAÇÃO DE MERCÚRIO	123
5.1	Quantidades de resíduos a partir dos dados dos relatórios de requisições	123
5.2	Avaliação quantitativa de liberação de mercúrio	126
5.3	Análises dos resultados	130

6	GESTÃO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES (MERCURIAIS) INSERVÍVEIS	131
6.1	Gestão de lâmpadas inservíveis usadas na empresa (incandescentes, halógenas/dicróicas e leds com ênfase nas fluorescentes (mercuriais)	132
6.2	Introdução	134
6.3	Legislação	134
6.4	Tipos de lâmpadas e características	135
6.4.1	<u>Características de uma lâmpada</u>	135
6.4.2	<u>Tipos de lâmpadas</u>	138
6.4.2.1	<i>Das lâmpadas que não contem mercúrio</i>	138
6.4.2.2	<i>Das lâmpadas que contem mercúrio</i>	141
6.5	Uso do mercúrio em lâmpadas	148
6.5.1	<u>O contato com o mercúrio</u>	149
6.5.2	<u>Danos à saúde</u>	150
6.6	Manuseio de resíduos de lâmpadas incandescentes e mercuriais	151
6.6.1	<u>Uso do EPI (Equipamento de Proteção individual)</u>	153
6.6.2	<u>Evento da ruptura de uma ou mais lâmpadas fluorescentes</u>	154
6.6.3	<u>Manuseio e retirada de lâmpadas fluorescentes rompidas</u>	155
6.6.4	<u>Procedimento de limpeza final do mercúrio no ambiente</u>	156
6.6.5	<u>A limpeza final do mercúrio no ambiente</u>	157
6.7	Armazenamento e acondicionamento	158
6.8	Sobre o transporte	160
6.8.1	<u>Movimentação dos resíduos</u>	160
6.9	Destinação final	163

6.9.1	<u>Destinação dos resíduos</u>	163
7	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	164
	REFERÊNCIAS	167
	APÊNDICE A – Planilha do ano 2008 de lâmpadas fluorescentes	176
	APÊNDICE B – Planilha do ano 2009 de lâmpadas fluorescentes.....	177
	APÊNDICE C – Planilha do ano 2010 de lâmpadas fluorescentes.....	178
	APÊNDICE D – Planilha do ano 2011 de lâmpadas fluorescentes.....	179
	APÊNDICE E – Planilha do ano 2012 de lâmpadas fluorescentes	180
	APÊNDICE F – Questionário aplicado.....	181
	APÊNDICE G – Manifesto de resíduos	183
	ANEXO A – Folhas 3, 4, 5 e 11 da NBR 10004:2004.....	184
	ANEXO B – Legislação pertinente a resíduos sólidos contendo mercúrio .	188

INTRODUÇÃO

O homem moderno urbano evolui em sua tecnologia, mas, na maioria das vezes não sabe como lidar com a mesma tecnologia descartada, porque se torna obsoleta ou porque se exauriu. Grande parte dos produtos eletrônicos de ponta foi fabricada com substâncias tóxicas que poluem sua água, sua terra, seu alimento e alteram geneticamente sua descendência. Isto ocorre pelo fato de que grande parte da humanidade moderna não atina para o seu futuro, não procura tomar ciência de que material é feito seu lixo, se irá deteriorar-se em dejetos perigosos, se a natureza tem capacidade de absorvê-lo ou onde vai descartá-lo.

A crise de energia, pela qual o Brasil passou, no início dos anos 2000, conhecida como o evento dos “apagões”, determinou a geração de uma série de Decretos e Medidas provisórias que visavam a economia racional de energia, por parte, não só da população, como das empresas privadas e principalmente das públicas, além do comércio e indústria em geral.

No âmbito global, em países que dependem de geração de energia com combustíveis fósseis, essa redução concorre para diminuição de geração de gases de efeito estufa. A tendência mundial, com as múltiplas diretrizes e leis baixadas para banir as lâmpadas incandescentes, dentro dos próximos anos é a de aumentar enormemente o uso de lâmpadas mercuriais, principalmente as compactas, que se assemelham em forma física às incandescentes.

A lâmpada mercurial, e nessa classificação está inclusa a lâmpada fluorescente, foi considerada a solução tecnológica mais imediata ao alcance da época, à altura de substituir os serviços, até então prestados, pela lâmpada incandescente, não poluidora. A redução no gasto de energia apresentou-se como uma necessidade obrigatória, pela falta de alternativas imediatas, e não porque seria ecologicamente indicada.

A Medida Provisória nº 2152-2, de 1º de junho de 2001, colocou em vigor, em seu Art. 13, o Programa Emergencial de Redução do Consumo de Energia Elétrica que veio impor metas de consumo, regimes especiais de tarifas para os consumidores que as ultrapassassem, e suspensão do fornecimento de energia elétrica para os que descumprissem, reiteradamente, tais metas de consumo de

energia elétrica (Art. 14) (ENGLER, 2006), movendo a população, no sentido da redução de seu consumo de energia. Assim, o consumo das lâmpadas fluorescentes tubulares, das circulares e das compactas, foi enormemente multiplicado. Além do papel de destaque que já ocupava por seu uso no comércio, indústria, grandes áreas e escritórios, passou a servir também, ao consumo doméstico.

Em relação ao consumo e eficiência energética, várias são as vantagens oferecidas, por estas fontes luminosas, pois o mercúrio é responsável pela eficácia de iluminação da lâmpada de 3 a 6 vezes o valor das incandescentes, com economia energética de 80%, além de vida útil muito mais longa (ABILUX apud DURÃO JR; WINDMÖLLER, 2008).

Tais lâmpadas trazem em seu interior metais pesados e tóxicos, sendo em maior quantidade o mercúrio (Hg). O mercúrio, dentre esses metais pesados, é uma neurotoxina que traz riscos, principalmente, a pessoas mais vulneráveis fisicamente como gestantes e seus fetos, crianças, idosos e enfermos.

Uma única lâmpada é capaz de contaminar dezenas de milhares de litros de água doce e apenas 6% das lâmpadas são retornadas para reciclagem (TOCCHETTO, 2012). Isso demonstra o desconhecimento dos usuários, responsáveis pela manutenção e população em geral, quanto ao perigo a que estão expostos.

Este trabalho tem como objeto de estudo, os resíduos das lâmpadas fluorescentes mercuriais em uma Organização Militar Prestadora de Serviços de manutenção e eletricidade. Procurou-se dar continuidade ao estudo da composição gravimétrica de resíduos eletroeletrônicos realizada por Mondego (2012), para o mesmo local de estudo. Dentro de uma grande diversidade de componentes incluindo, circuitos eletrônicos diversos, resistores, relés, capacitores, transistores, conectores, transformadores, indutores, baterias, pilhas e sucatas, etc., as lâmpadas fluorescentes mostraram-se os resíduos eletrônicos de maior expressão quantitativa, destacando-se dos outros componentes, no contexto pesquisado.

Será então analisado, o fluxo de passagem dessas lâmpadas mercuriais na empresa, verificando os eventuais pontos críticos de seu caminho a partir do momento da substituição da lâmpada exaurida até seu descarte final.

Pretende-se a indicar uma gestão correta e manuseio adequado desses resíduos, proporcionando uma maior segurança para as atividades técnicas dos

funcionários, além de diminuição da liberação de substâncias nocivas (mercúrio) para o ambiente.

Justificativa e relevância

Quando essas lâmpadas mercuriais se quebram, quem a manipula expõe-se a si mesmo e a outras pessoas presentes no local, à toxicidade do mercúrio. Além de inalar os vapores de mercúrio de uma lâmpada quebrada, o indivíduo pode liberá-los no ambiente, bem como derramar sobre si e no chão do recinto em que se encontra, gotículas desse elemento químico de alta periculosidade. No caso do descarte, se este for realizado de forma inadequada ou em local indevido, pode vir a ocorrer a contaminação de águas de superfície (córregos, rios, canais) pela ação das águas pluviais. As águas subterrâneas também poderão ser contaminadas pela infiltração da água de chuva, no solo onde são depositados os resíduos das lâmpadas.

O estudo realizado por Mondego (2012), no mesmo local e descrito em sua dissertação "**Estudo dos Resíduos Eletroeletrônicos de uma Prestadora de Serviços do Setor Naval, com vistas ao Gerenciamento Ambiental**", concluiu serem as lâmpadas fluorescentes (mercuriais), os resíduos mais impactantes, tanto pela sua quantidade em peso, como pelo potencial de contaminação e periculosidade do mercúrio, presente em suas estruturas.

Estes fatos suscitam questões importantes sobre como os resíduos de lâmpadas mercuriais estão sendo descartados, atualmente, na empresa analisada, onde estariam sendo armazenados, antes de sua destinação, quais os cuidados tomados no seu manuseio e qual seria sua disposição final como resíduo perigoso.

A lei nº 12305 de 2010, da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabeleceu, através da política de logística reversa, que a responsabilidade sobre os resíduos é conjunta, entre todos os geradores: fabricantes, distribuidores, comerciantes, consumidores, empresas e órgãos públicos, pelo ciclo de vida do produto fabricado. A lei veio com o propósito de orientar, dispendo sobre a coleta e destinação final dessas lâmpadas. No entanto, é preciso colocar em ação os programas de gestão ambiental de resíduos e fazer divulgação constante sobre o assunto.

O sistema de gestão ambiental próprio, da OMPS, em lide, para REEE-resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, do qual as lâmpadas mercuriais também são inclusas, já se encontra em formulação, juntamente ao novo sistema de qualidade (MONDEGO,2012).

A sugestão feita no presente trabalho, de um plano de gestão de resíduos para lâmpadas mercuriais, envolve a equipagem, tanto da empresa, como dos técnicos que as manipulam, bem como a elaboração de um manual de instruções de manuseio, em caso de acidentes. Pretende-se assim, auxiliar a completar o ciclo de vida dos resíduos de tais lâmpadas, de forma ecologicamente adequada, em conformidade com as normas estabelecidas pela Marinha do Brasil, e pela lei de PNRS, promovendo segurança aos funcionários que lidam com esses resíduos, além da preservação do meio ambiente.

Metodologia geral

O método de pesquisa utilizado foi o estudo de caso, de pesquisa de campo quantitativa, em uma empresa naval prestadora de serviços sobre o manuseio, armazenagem e destinação dos seus resíduos de lâmpadas mercuriais, classificado pela ABNT, como classe I resíduo perigoso. Esse estudo de caso conserva as características de ser um evento examinado em seu ambiente natural— a própria organização — e os resultados, expressos a partir de dados colhidos no mesmo local (BENBASAT; GOLDSTEIN; MEAD, 1987).

Parte da coleta dos dados foi realizada, através de questionário fechado, aplicado após solicitação pessoal, para inferir qual era a interpretação do técnico da oficina de eletricidade, que realiza esses serviços, em questões sobre a natureza do resíduo, o seu manuseio, armazenagem e destinação (DANTAS; CAVALCANTE,2006).

A equipe da oficina de eletricidade é pequena, sendo todos eles profissionais eletricitas que trabalham com manutenção e instalação elétricas em geral, no âmbito interno da organização, cuidando da iluminação dos prédios da empresa, e dos equipamentos de distribuição e geração de energia local.

As características gerais de 4 dos 6 funcionários que receberam o questionário (Apêndice F) são semelhantes, no que tange à profissão, ocupação e serviço. Os dois funcionários que completam o grupo pesquisado são da chefia de operações de serviços gerais, da empresa, sendo um engenheiro civil e o outro, suboficial mestre da OM.

Na parte da pesquisa de campo de análise qualitativa, procedeu-se ao envio de questionários à equipe, com solicitação de resposta anônima, além de consultas complementares interlocutórias para extrair dados que pudessem esclarecer alguns pontos importantes, os quais não puderam ser explorados em um questionário mais generalizado.

Houve ampla pesquisa bibliográfica, e a obtenção dos dados foi possível, através de consultas a livros, artigos científicos, palestras, sites especializados em energia, iluminação, físico-química, biologia e ecologia, sites ministeriais, revistas e grandes jornais, relatórios e publicações de organizações mundiais de saúde, organizações-não-governamentais ecológicas, além de teses e dissertações.

A parte da pesquisa de campo de análise quantitativa constituiu-se de uma pesquisa documental, recolhendo informações dos formulários 30-16, emitidos pela intendência da organização, em Apêndices A a E, sobre quantidades e tipos de lâmpadas fluorescentes e mercuriais, solicitados pelos setores da empresa, durante o período entre 2008 e 2012, para serem posteriormente analisadas essas informações nos resultados, neste trabalho.

A análise quantitativa foi levada a termo para determinar, anualmente, com base em tabela de valores médios de teor de mercúrio (Hg), o quanto desse metal poluente, entre 2008 e 2012, deixou de ser liberado para o meio ambiente, por ter sua destinação adequada às normas e leis estabelecidas.

Objetivos do trabalho

Objetivo geral

Apresentar orientações, através de um manual, sobre manuseio, armazenamento, transporte e disposição final dos resíduos de lâmpadas fluorescentes e mercuriais, na Empresa, com a finalidade de prevenir riscos à saúde dos funcionários e verificar qual é atual o caminho e destinação dado aos resíduos de lâmpadas mercuriais utilizadas na organização.

Objetivos específicos

1. Apresentar um manual com procedimentos para acidentes com lâmpadas mercuriais, para prevenir riscos à saúde devido à exposição ocupacional.
2. Verificar se está havendo destinação adequada dos resíduos sólidos de lâmpadas mercuriais utilizadas na OMPS;

Estrutura e organização do trabalho

Essa dissertação foi elaborada em sete capítulos, sendo dispostos da seguinte forma:

No capítulo 1, é apresentado um histórico da invenção da iluminação artificial, desde os primeiros passos do homem primitivo em busca do prolongamento da luz do dia, até os tempos do advento das lâmpadas elétricas de Thomas Edison e outros inventores; também avança nos dias da busca da “luz fria” que consumisse menos energia, quando então tiveram origem as lâmpadas de descarga mercuriais e dentre elas, a lâmpada fluorescente.

O capítulo 2 explicita a diferença entre as lâmpadas não mercuriais e as mercuriais, como as fluorescentes. Quantifica também o mercúrio presente nas lâmpadas potencialmente descartadas e os perigos ambientais em seu descarte inadequado. No tocante à reciclagem, são relacionadas as empresas recicladoras mais conhecidas no Brasil e seus métodos empregados.

No capítulo 3, uma descrição das características físico-químicas do mercúrio, de que forma é encontrado no planeta, sua utilização industrial, como esse elemento químico se torna perigoso e poluente, assumindo formas na natureza de alta toxicidade. Nesse capítulo também são mencionados seus limites laboratoriais humanos e ambientais e efeitos sobre a saúde humana.

No capítulo 4, o estudo de caso é abordado sobre a destinação dos resíduos das lâmpadas mercuriais gerados pela Organização Prestadora de Serviços, de maior expressão em quantidade de resíduos pesada. Questões foram levantadas, a partir das respostas obtidas dos funcionários, no questionário da oficina de eletricidade, sobre o armazenamento, destinação e manuseio das lâmpadas fluorescentes, que serão analisadas nesse capítulo, através de diagnóstico do problema atual.

No capítulo 5 são apresentados os resultados, calculados sobre os dados coletados das requisições de lâmpadas contendo mercúrio, retirados dos relatórios 30-16 da empresa, ano a ano, no período de 2008 a 2012. Tais resultados apresentam, em um quadro final das planilhas, as quantidades totais de mercúrio estimadas por tipo e potência de lâmpada, nesse período, e os pesos dos respectivos resíduos, para a análise conjunta dos resultados.

No Capítulo 6, o manual de procedimento para manuseio e descarte de lâmpadas fluorescentes e mercuriais para a gestão dos resíduos de lâmpadas na empresa.

No Capítulo 7 são apresentadas as conclusões e sugestões.

1. A EVOLUÇÃO DAS LÂMPADAS AO LONGO DA HISTÓRIA

O homem ancestral, ao observar o poder dos raios na natureza que rebentavam ruidosamente, alastrando o fogo pelas matas, ou vulcões em erupção, temeu e maravilhou-se. Sendo um nômade caçador e coletor de alimentos, tendo que percorrer os campos e florestas em sua busca de provisões, o homem observava, atentamente, os rastros da passagem desses elementos: luz, calor, animais e vegetais crestados, dos quais podia se alimentar, e, se conseguisse capturar o fogo que ainda abrasava, e o conservasse vivo, levaria à sua caverna a sua luz e calor, pelo tempo que conseguisse mantê-lo queimando. Quando o homem adquiriu o domínio da técnica de produzir o fogo, a luz, o calor, quer seja através da fricção, rotação ou serração de dois gravetos, ou por percussão, ao chocar duas pedras e extrair faíscas, mudou sua história.

A palavra “lâmpada” teve seu berço na Grécia antiga, proveniente da palavra “lampas”, cujo significado vem a ser “tocha”, revelando sua origem por sua função primitiva de objeto cuja finalidade era a de prover a iluminação (BELLIS,2012). Acredita-se, em razão de descobertas em sítios arqueológicos, que os primeiros artefatos rudimentares com a função de lâmpadas, lamparinas ou candeias tiveram seu surgimento há 70.000 anos (SILVA, 2008).

As tochas, cujo nome deriva-se do latim “*torquere*”, “enrolar, torcer”, eram confeccionadas com um bastão de madeira envolto por uma corda e embebido com substância inflamável, como resina, cera, breu ou sebo. Fachos e archotes tinham a mesma finalidade, e eram feitos de feixes de galhos secos de árvores, também impregnados com uma mistura de gordura, resina vegetal, ou alcatrão o que lhes dava a vantagem de uma combustão mais lenta. (DICIONÁRIO PRIBERAM, 2012).

Os desenhos e pinturas que o homem paleolítico deixava nas paredes internas das cavernas, contando os acontecimentos marcantes de seu dia-a-dia, suas experiências e crenças religiosas, mostravam que mais do que o uso para a sobrevivência, a presença dessa luz tornava possível a continuação de sua expressão social e a comunicação com seus semelhantes e futuras gerações.

1.1 As lâmpadas primitivas

Os primeiros artefatos empregados para iluminação eram feitos de rochas buriladas, para que se tornassem receptáculos, de conchas ou carapaças de criaturas marinhas como a *Eustrombus gigas* e de chifres (figura 1.1). Esses objetos eram utilizados para confecção de lamparinas, dado o seu formato e tamanho.



Figura 1.1- a) Lâmpada de óleo pré - histórica de Brooks River – Alaska. Fonte: nps.gov/katm/historyculture,(2012); b) Lâmpada de concha da ostra. c) Lâmpada de chifre (2012); d) Lâmpada de concha (*Eustrombus gigas*).

As carapaças ocas ou as pedras feitas côncavas eram preenchidas com materiais disponíveis na natureza com características comburentes como musgos, palha seca e outros vegetais ressequidos. Para facilitar a combustão da lamparina, esses materiais eram misturados à gordura de animais, o que auxiliava a ignição, e guarnecidos ou não por pavios de materiais fibrosos vegetais retorcidos, como o linho, papiro, verbasco, junco ou cânhamo descascado e estopa (NICHOLAS, 2011).

Com o domínio da técnica do uso do barro, da cerâmica e metais, muitos outros objetos foram criados com a finalidade de portar o fogo (figura 1.2). Na evolução da história humana, o uso da antiga tocha foi, gradativamente, sendo substituído pelas lâmpadas, que tornavam mais seguro e leve o transporte das “fontes de luz”, até por mulheres e crianças, sendo simples o reabastecimento de combustível.

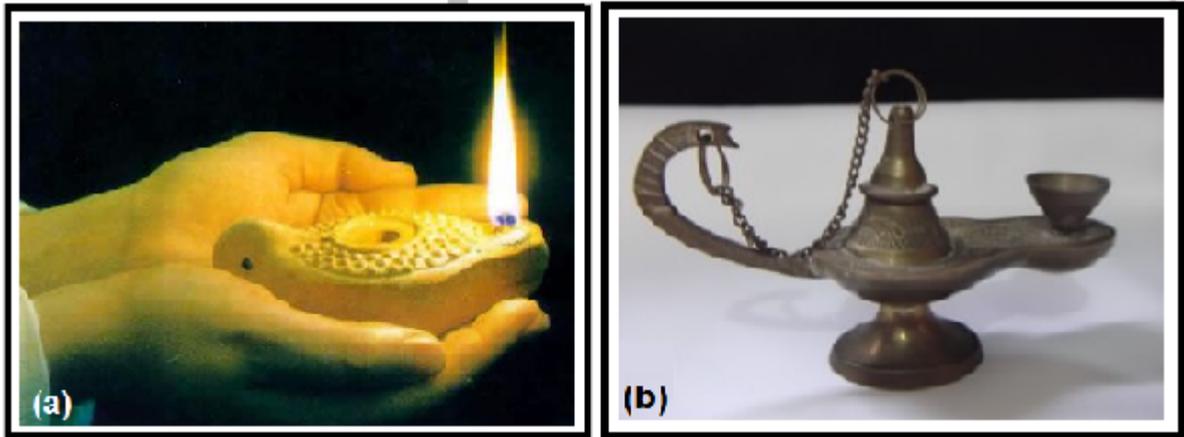


Figura 1.2– a) lâmpada de terracota. Fonte: <http://static.freepik.com>, (2012); b) lâmpada a óleo de bronze. Fonte: <http://www.img1.mlstatic.com>, (2012).

1.2. As velas na iluminação

A fabricação de velas já desempenhava um papel importante, desde a antiguidade egípcia (8.000 anos) paralelamente à das lâmpadas de óleo, (MONT SERRAT, 2006). Como elemento de iluminação, as velas eram produtos de alto custo, emitiam uma luz fraca e apenas o clero e a aristocracia tinham condições econômicas de adquiri-las e manter seu uso.

As velas feitas de cera de abelhas eram muito apreciadas, pois além de demorarem mais a queimar, emanavam um aroma agradável. As velas mais populares ao alcance das classes menos favorecidas eram as feitas com sebo animal, de qualidade inferior e que exalavam muita fumaça e odor ruim.

Material de grande procura, no final do século XVIII, para a confecção de velas, o espermacete, cuja extração provinha do cérebro de alguns cetáceos, especialmente do cachalotes. Os baleeiros dizimavam grandes populações de cetáceos, em busca de apenas 5 quilos dessa matéria-prima, obtidos por animal. O espermacete constituía-se de uma substância branca leitosa, cerosa e viscosa, que ao entrar em contato com o ar, tornava-se um tipo de cera, muito apreciada, entre outras aplicações para confeccionar velas. (DIAS, 2010).

Matérias-primas de baixo custo vieram para substituir esses produtos, como a parafina, um derivado de petróleo. Em 1850, como resultado obtido da separação da glicerina e da gordura animal, foi criada a vela de estearina que não exalava cheiro.

A estearina é a porção sólida de qualquer gordura, mistura de ácidos esteárico e palmítico, encontrado em gorduras animais e vegetais como o sebo e a manteiga de cacau (CALDAS AULETE, 2012).

Os incêndios acidentais provocados por esse meio de iluminação eram muito comuns, pois a menos que se encerrasse a chama em lampiões, quando em candelabros e suportes singelos (figura 1.3), a chama permanecia aberta. Com o advento do querosene na iluminação, as velas passaram, gradativamente para a categoria de elementos ornamentais, comemorativos ou litúrgicos, para cuja finalidade são destinadas, até os dias de hoje, no mundo inteiro.

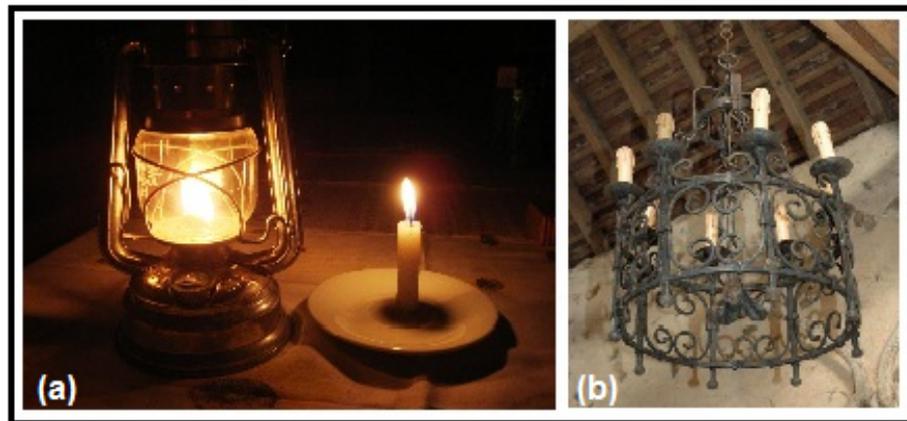


Figura 1.3 - a) Lampião de Vela.Fonte :www.claynews.blogspot.com,(2012); b) lustre de velas.Fonte:www.mercadolivre.com.br,2013.

1.3 As lâmpadas a óleo

Muitos tipos de combustíveis foram utilizados ao longo da história humana para gerar a luz. As civilizações antigas como os sumérios, assírios e babilônios faziam uso do petróleo bruto e asfalto, que emergia da terra por infiltrações em fraturas de rochas, na Mesopotâmia (atual Iraque) como combustível de iluminação, em 3.000 A.C. (PRICE, 2006; SECRETARIA DA EDUCAÇÃO(PR),2007).

O óleo de baleia foi introduzido, como combustível de iluminação no Brasil, nos idos de 1600 na tentativa de substituição do azeite de oliva, caro e de difícil obtenção, já que vinham de Portugal, como os demais produtos manufaturados. As

naus, trazendo as mercadorias, enfrentavam muitos meses no mar para aqui chegar. O uso de óleo de baleia, conhecido também como azeite de peixe, popularizou-se bastante, pois sua queima produzia um brilho forte que se mantinha duradouro. Mesmo não tendo um preço inferior ao azeite de oliva, era um produto que não precisava ser importado, uma vez que havia pesca da baleia em costas brasileiras. Uma próspera indústria local, da exploração de produtos retirados a partir desse animal, se desenvolvia na Colônia, a partir do século XVII, (DIAS, 2010).

O quadro 1.1 mostra algumas substâncias utilizadas para geração de luz ao longo da história.

Quadro 1.1 - Substâncias utilizadas na geração da luz ao longo da história

Combustíveis	Origem	Período
Gordura animais terrestres	Rebanhos, caça	Até o século XVIII
Cera de abelha	Colméias	
Óleo de vegetais	Palma, côco, oliva, gergelim, nozes, rícino, terebinto	
Alcatrão	Carvão	
Óleo ou azeite de animais marinhos	Baleias, tubarões gigantes e cachalotes, focas, peixes de águas frias	Até o século XIX
Querosene ou óleo de parafina	Petróleo(destilação)	

Fonte: CEPA, (2000).

A figura 1.4 mostra alguns exemplos de tipos de lâmpada a óleo, utilizados desde os tempos do Brasil colonial.

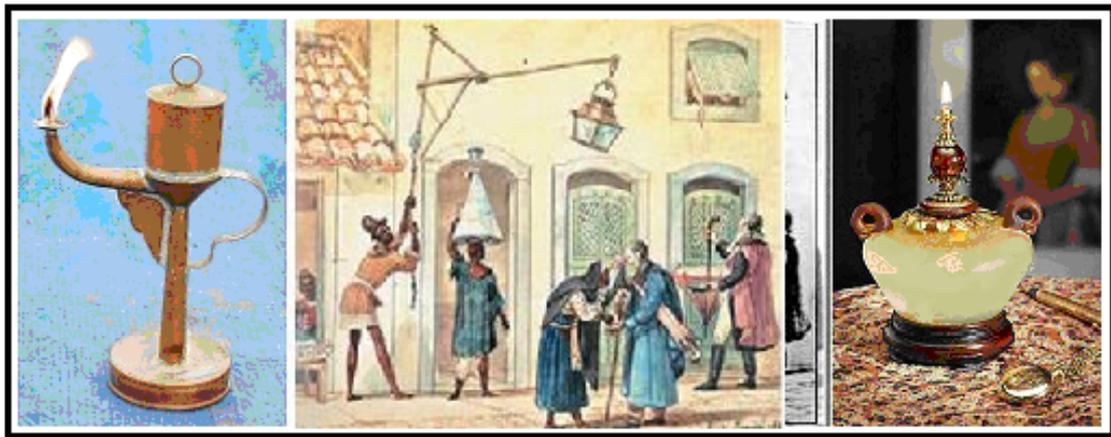


Figura 1.4 - a) Lamparina ou candeeiro a azeite .Fonte:www.t3.gstatic.com,2012;
 b) Lâmpada de azeite de baleia do Brasil - colônia .Fonte:portaldoprofessor.mec.gov.br, 2012;c) Lâmpada de óleo antiga.Fonte:www.conniesicottedesigns.com,(2012).

1.3.1 A lâmpada de “Argand”

Aimé Argand, químico e físico de origem suíça, em 1780, requereu a patente de uma lâmpada de óleo, que ficou conhecida como lâmpada de “Argand”. Seu invento tinha uma capacidade ampliada, produzindo uma luminosidade entre 6 e 10 velas, trazendo grande progresso aos modelos existentes de lâmpadas a óleo de chama aberta, proporcionando qualidade e segurança à iluminação doméstica.

Segundo Vilhena e Louro (1995), a lâmpada de Argand tinha uma estrutura que se compunha de um pavio circular, disposto no interior de uma chaminé de vidro, através da qual ascendia uma corrente de ar que favorecia a combustão. Essa inovação provia uma chama estável, de forte intensidade e sem muita fumaça, tendo sido empregada, com alguns melhoramentos técnicos, por mais de um século.

A fonte de combustível era agora encerrada em um receptáculo metálico, e o controle da velocidade da queima de combustível e da luminosidade eram feitos por um cilindro metálico ajustável. Um pouco mais dispendiosas, devido a sua estrutura mecânica mais intrincada, fizeram presença, de início, nas classes mais privilegiadas, mas logo se popularizou, graças à qualidade de seu desempenho.

A figura 1.5 ilustra desenhos esquemáticos e fotografias de exemplos de lâmpadas de Argand.

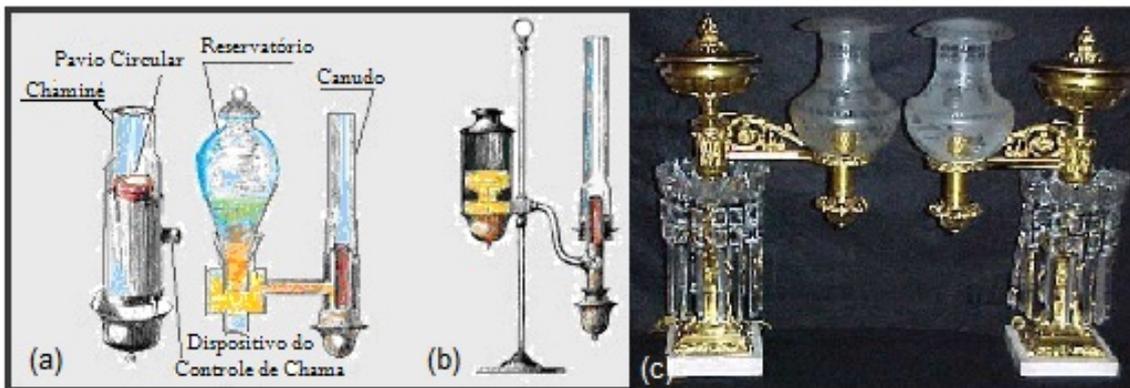


Figura 1.5 – Lâmpadas de Argand (a) Diagrama de partes; (b) Protótipo. Fonte: www.museudalampada.com.br, (2012) ; (c) Par em modelo "Eagle" doméstico decorativo. Fonte: www.portuguese.alibaba.com, (2012).

1.3.2 Lâmpadas de querosene

A lâmpada de querosene já era conhecida no século IX, no califado Abbasid, do antigo império persa, tendo sido descrita primeiramente, pelo polímata e médico persa *Muhammad ibn Zaccharyia Razi*, de Bagdá, como a "*naffatah*", em seu *Kitab al-Asrar* (Livro dos segredos), empregada para iluminação e aquecimento. No ano 925 D.C., constam em registros que os muçulmanos, já destilavam o petróleo, obtendo o querosene. (WWW.WEBSTERS-ONLINE-DICTIONARY.ORG, 2012).

O querosene, um combustível resultante da destilação fracionada do petróleo (entre 150°C e 300°C), apresentava-se como um produto vantajoso, de atrativo valor comercial. A composição do produto é de hidrocarbonetos parafínicos (70% mínimos), aromáticos (20% máximos) e olefínicos (5% máximos).

Com o intuito de substituir o azeite ou óleo de baleia como fonte energética mais barata na iluminação, o querosene ou óleo de parafina, foi introduzido, na Alemanha, em 1853. Em 1856, já iluminava as casas em Nova York. Em 1859, o petróleo foi encontrado no estado americano da Pensilvânia, por E.L.Drake. O querosene dominou então rapidamente o mercado, como uma opção barata, que produzia uma chama mais intensa e menos fuligem, sendo usado na iluminação pública. Uma das vantagens desse novo combustível era o reaproveitamento das antigas lâmpadas de óleo anteriormente utilizadas para azeite de peixe (figura 1.6).

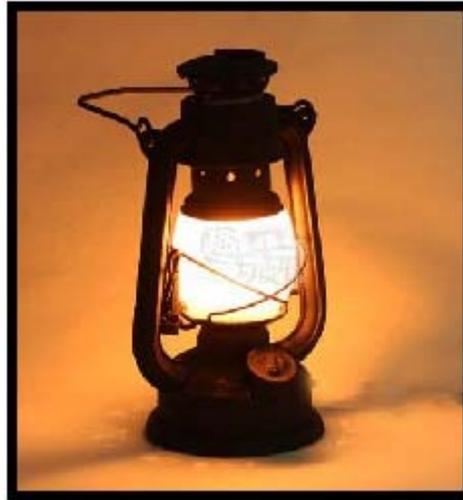


Figura 1.6. Lâmpada a querosene.
Fonte: www.lightinthebox.com/pt/,
2013.

Apesar das vantagens econômicas e químico-energéticas do querosene, era um composto perigoso. Seus vapores ao se combinarem com o ar davam origem a misturas *explosivas*, deflagrando incêndios. (CLARKE, 1884). Além do risco de incêndios, o querosene trazia riscos à saúde humana, pela inalação de seus vapores perniciosos em seu manuseio. De acordo com SCHIO(2001), “a inalação de vapores produz irritação de vias respiratórias, cefaléia, náuseas, vômitos, depressão do sistema nervoso central (narcose), alterações de *performance* psicomotora”.

O surgimento da lâmpada elétrica comercial fez o consumo do querosene cair bastante em áreas servidas pela eletricidade. As lâmpadas de querosene ainda continuam a ser utilizadas em nações, onde há o isolamento e pobreza. Segundo o Banco Mundial, em 2009, estimava-se haver cerca de 1,6 bilhões de pessoas no mundo vivendo sem eletricidade (WORLD BANK, 2009). O uso de lâmpadas de querosene é amplamente difundido em áreas rurais da África e Ásia, onde não existe eletricidade ou é cara para o cidadão. O consumo estimado é de bilhões de litros desse combustível por ano o que dá um equivalente de 1,3 milhões de barris de óleo por dia.

Outros derivados do petróleo ainda são muito procurados para a iluminação em áreas rurais e carentes, entre eles estão a gasolina, o diesel, o biodiesel.

1.4 O gás como combustível de iluminação

O gás natural é um combustível de origem fóssil que se aglomera nas camadas de subsolo ou no fundo do mar, sendo gerado a partir da decomposição do material orgânico vegetal e animal, acumulado nas múltiplas camadas rochosas sedimentares, durante milhões de anos. Por essa razão, é comumente encontrado associado ao petróleo. O gás metano constitui, em grande parte, (cerca de 80%) o gás natural, sendo altamente inflamável (GASMIG, 2012).

Como muitos outros combustíveis naturais, o gás foi logo percebido pelo homem antigo como fonte de energia. Textos antigos do Oriente Médio apontam para um período histórico entre 6.000 a 2.000 anos AC, quando no Irã, foi registrada a presença de escoamento de gás natural (GASENERGIA, 2006). Seitas da antiga Pérsia mantinham-no sempre inflamado, para atender a rituais religiosos, pois o consideravam o "fogo eterno", por não se apagar espontaneamente (GARCEZ, 2007).

Na China faziam uso do gás natural, desde 900 anos AC, que retiravam com o auxílio de varas de bambu, em poços de até 1 km de profundidade. (GARCEZ, 2007). Os chineses, ao perfurarem a rocha para extração de salmoura, depararam-se com muitos poços de gás natural, na região de Tsei-Leiou-Tsing. Eram conhecidos como "grandes poços de fogo". O gás era canalizado para antecâmaras de separação, através de redes de varas de bambu e era utilizado como combustível para a indústria de extração de sal (MACHADO, 2005).

Em 1821, no estado de *Nova York*, o primeiro gasoduto foi posto em funcionamento na cidade de *Fredonia* e fornecia gás de cozinha e iluminação. A iluminação por gás era superior em qualidade à de óleo, sendo dez vezes mais intensa. As experiências realizadas em 1824, na Franklin Square, de Nova York, nos Estados Unidos, foram muito bem sucedidas, junto à imprensa local e cidadãos importantes. Mas dado ao fato dos sistemas de iluminação a óleo das grandes cidades serem complexos, e servirem a áreas muito extensas só foi implantada a iluminação a gás na cidade de Nova York, em 1864(JAKLE, 2001).

Na Europa, o gás era originado da queima do carvão (*town gas*) por ser considerado mais vantajoso e, desde 1790, passou a fornecer iluminação e

aquecimento, para as cidades. O gás de origem natural, extraído do solo, a despeito de sua descoberta anterior, em 1659, não teve muita receptividade.

1.5 A invenção da lâmpada de arco-elétrico

A lâmpada de arco elétrico de carbono mostrou-se, de início, um invento muito bem sucedido sob o ponto de vista comercial, tendo sido largamente utilizada na iluminação de exteriores em geral e em grandes ambientes, na segunda metade do século XIX. Dentre suas aplicações destacaram-se a iluminação pública, de estações e linhas de transporte urbano, de ambientes industriais, usinas, espaços fechados de amplas dimensões como palácios, salões de festas e de espetáculos, monumentos e museus, lojas de departamentos, faróis marítimos etc..(WHELAN, 2010).

O experimento da lâmpada de arco consistia em fazer a eletricidade fluir, através de um arco, entre duas hastes de carbono com pontas, uma de forma côncava e a outra convexa, respectivamente, e em posições opostas uma a outra, gerando um arco de luz. Cada ponta era conectada a uma polaridade diferente da fonte de alimentação de corrente contínua. Com a observação dos resultados obtidos, os pesquisadores constataram a deterioração maior, em formato de uma depressão, na haste do pólo positivo onde a maior parte da luz gerada se concentrava. Na outra haste, a de polaridade negativa, o formato de ponta permanecia. A alimentação das lâmpadas de arco experimentais era feita por baterias elétricas, que forneciam corrente contínua. Ajustes na forma das hastes foram necessários para compensar essa diferença de consumo e manter a fonte de luz ao centro do arranjo. Mais tarde se utilizou a alimentação AC (corrente alternada) onde há troca constante de polaridades, o que provou ser a ideal para sistemas elétricos.

Os primeiros experimentos de que se tem notícia e que deram partida à manufatura de dispositivos elétricos de iluminação se iniciaram em 1705, com o cientista inglês Francis Hauksbee (1660–1713), assistente de laboratório de Isaac Newton. A partir de 1705, um fenômeno que, em seus experimentos, chamara a atenção de Hauksbee — a luminosidade emitida pelo mercúrio quando submetido a

condições de vácuo — motivou-o a proceder uma investigação, na qual fez uso da eletricidade estática, culminando por criar uma lâmpada de descarga de gás (vapor de mercúrio) primitiva que produzia brilho. Essa lâmpada originou as versões modernas das lâmpadas de néon e de vapor de mercúrio.

A aplicação mais significativa das lâmpadas de arco ou bulbos luminosos deu-se, com efeito, a partir de 1840, na iluminação externa e de rua. A partir daí as lâmpadas de arco elétrico (bulbos luminosos) foram equipadas no sistema de iluminação de logradouros públicos, em faróis, monumentos e pontes etc.. Mas, teve seus dias contados em razão de sua manutenção diária trabalhosa, obrigando a substituição das varetas de carbono desgastadas e a limpeza do bulbo de vidro dos vestígios da fumaça (GOEKING, 2009) .

Em 1844, a iluminação de rua, com lâmpadas de arco de carbono, foi exibida ao público na Place de la Concorde, em Paris. Para os pesquisadores da época, como alimentar de forma econômica as lâmpadas de arco, abrindo seu uso não só para a municipalidade, mas também para a população, era um desafio a ser transposto.

1.5.1. A lâmpada de arco de Humphry Davy

Em 1809, *Sir Humphry Davy* realizou uma demonstração dos princípios da primeira lâmpada de arco, no *Royal Institution of Great Britain*. Uma montagem com varetas de carbono em lugar de metais como eletrodos, assemelhadas a velas e alinhadas horizontalmente. Eram conectadas por fios a uma bateria, com cerca de 2000 células, fornecendo tensão elétrica entre 35 e 50 volts e alta corrente, possibilitando que o carbono se carregasse. Uma intensa luz branca emanava *pelas* extremidades superaquecidas das varetas de carvão (COMMERCIAL-LAMPS.CO.UK, 2012) .

A exploração desse fenômeno para obtenção de uma lâmpada comercial apresentava problemas devido ao pequeno rendimento luminoso, abaixo de 1,7 lumens/watt, e à significativa quantidade de calor gerado pelas altas temperaturas em presença do oxigênio, provocando um rápido desgaste nas varetas (ZIJL, 1958). Além disso, a quantidade de energia demandada para iluminar a lâmpada teria de vir

de uma bateria de grandes proporções e alto custo e que rapidamente se esgotaria. Esses argumentos contrários contra-indicavam esse dispositivo de iluminação para o uso doméstico, tornando-o de nenhum interesse comercial.

Jean-Bernard-Léon Foucault (1819-1868), físico francês, no início de 1840, desenvolveu um trabalho de aperfeiçoamento da lâmpada de arco, através da construção de um regulador manual que alimentava as varetas de carbono do arco, fazendo com que a luz do arco permanecesse acesa por mais tempo, possibilitando empregá-la nas salas de cinema (IET,2012).

1.5.2 A Lâmpada de Jablochkoff

Paul Jablochkoff, um engenheiro e telegrafista russo, residente na França, associou-se em Paris, a outro inventor, Louis Breguet, e, em 1876 desenvolveu sua 'vela' elétrica. A lâmpada de Jablochkoff assemelhava-se realmente a uma vela, (figura 1.7) ganhando essa designação por parte do público.

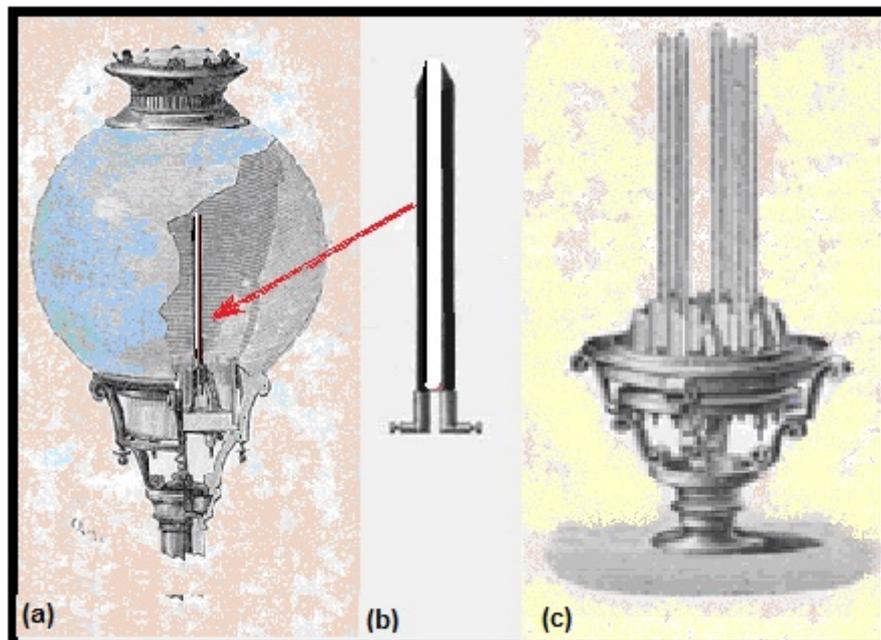


Figura 1.7 Lâmpada de Jablochkoff (a) com eletrodos (“velas”) singelos;(b) “vela” da lâmpada;(c) conjunto de Eletrodos para maior brilho. Fonte: Queen_Mary_Ip_Research_Institute, (2006)

Seu projeto nada tinha de complexo: seus eletrodos de carbono com 4 mm de diâmetro ficavam na vertical, paralelos uns aos outros e eram separados por uma camada de caulim isolante, possuindo elétrodos de latão, ligados às suas extremidades inferiores (QUEEN_MARY_IP_RESEARCH_INSTITUTE, 2006) .

O fato de seus eletrodos estarem em posição vertical (em posição de “velas”) isentava a lâmpada de mecanismos sofisticados para sua regulação. Podia, ainda, ser ligada em série com outras lâmpadas, em um mesmo circuito. O arco de luz, através dos carbonos, durava durante aproximadamente duas horas, em um ambiente não selado. Essa lâmpada alcançou grande aceitação inicial pública.

A lâmpada de arco de Jablochhoff apresentava, ainda outras grandes vantagens, possuía um preço muito acessível, e exibia uma luminosidade bem maior que suas concorrentes, as lâmpadas de gás. Alimentada por um dínamo, deu início a uma nova fase da iluminação de arco comercial. No ano de 1875, era uma a lâmpada de arco muito procurada para iluminação pública, alcançando grande publicidade na época da Exposição de Eletricidade em 1881, em Paris. A Avenue de l'Opera, em Paris, chegou a ser toda iluminada pelas velas de Jablochhoff. Mas, por sua vez, apresentava também dificuldades na continuidade de sua operação e falta de confiabilidade, elevando os custos de funcionamento, terminando, portanto, por cair em desuso (QUEEN_MARY_IP_RESEARCH_INSTITUTE,2006).

1.5.3. A Lâmpada de Brush

No ano de 1876, Charles F. Brush, projetou e desenvolveu um sistema de luz a arco elétrico. A lâmpada de arco elétrico de Brush (figura 1.8) passou a ser utilizado por todos os Estados Unidos e até no exterior na década de 1880. Além disso, aperfeiçoou a estrutura das varetas de carbono, adicionando cinzas a 0.03% e depositando eletricamente uma camada de cobre para desacelerar a deterioração das varetas. Em 1879, Brush deu início à fabricação em série de lâmpadas, concebendo para tal o “sistema Brush” e, neste ano, o Niagara Falls foi iluminado com dezesseis lâmpadas de arco Brush. (WHELAN;DELAIR,2010)

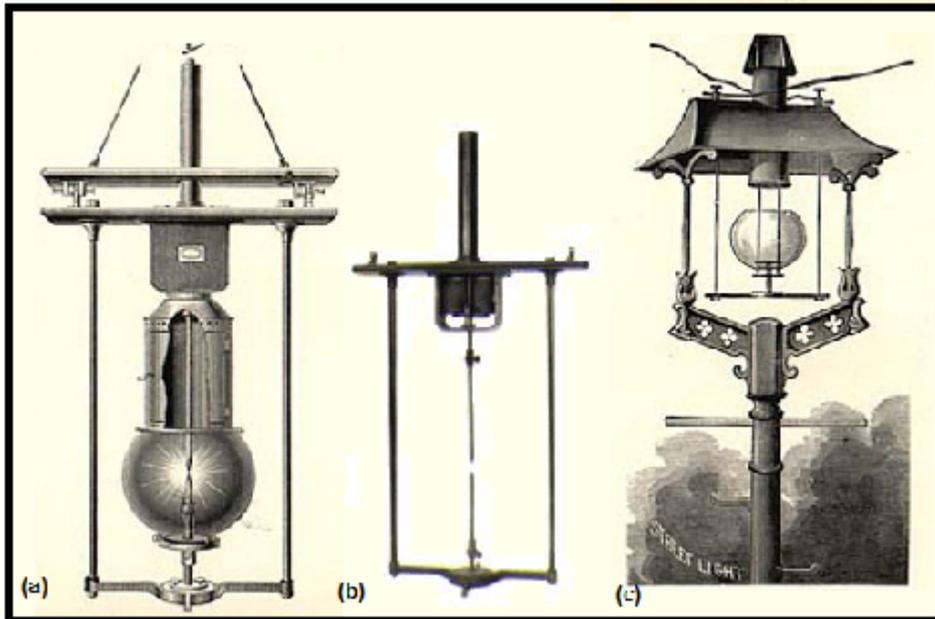


Figura 1.8. Lâmpadas de Brush (a) Lâmpada para interiores;(b) Arco básico de carbono; (c) Lâmpada para iluminação pública. Fonte:www. EdisonTechCenter.org, 2010.

1.6. As lâmpadas incandescentes

Muito embora os experimentos de Davy, na área da iluminação, tenham tido um caminho longo e difícil a percorrer, até serem efetivamente aperfeiçoados para uso em escala industrial por pesquisadores, como Foucault, Jablochhoff, Brush e outros, foram passos importantes para alavancar as pesquisas de cientistas que nos trouxeram como resultado a lâmpada incandescente dos dias de hoje.

As lâmpadas de arco elétrico eram aplicadas na iluminação externa de sítios e logradouros públicos, dada sua luz forte e constante. Porém dentro de lares ou de quaisquer ambientes fechados, outra situação se colocava, pois sua luz era por demais intensa, e gerava muito calor, além do fato de necessitar acumuladores de alto custo para prover sua alimentação elétrica. A procura por outro tipo de tecnologia de lâmpada elétrica que não trouxesse os inconvenientes da lâmpada de arco elétrico prosseguiu pelo mundo científico, nas décadas que se seguiram.

Em meados do século XIX, e nas três décadas que se seguiram, os pesquisadores de lâmpadas incandescentes, como Swan e Edison, executaram trabalhos visando desenvolver um protótipo comercial. A maioria deles tentava

resultados positivos com filamentos compostos de material com alto ponto de fusão como a platina, o irídio, ou o carbono.

A principal limitação para o desenvolvimento das lâmpadas incandescentes residia em encontrar, dentre os materiais disponíveis existentes, que se prestassem a essa aplicação, aqueles que reuniam as condições ideais para sua comercialização: proporcionar o brilho com qualidade de luminosidade para a visão humana, mantendo simultaneamente a integridade física do metal quando do seu aquecimento, a um preço acessível para o consumidor.

Foram feitos experimentos utilizando além da platina, o irídio, um metal do grupo da platina (MGP) com ponto de fusão ainda mais elevado, de 2466°C, como substituto provável à mesma. Mas os resultados não corresponderam às expectativas, pois o irídio não tinha a maleabilidade da platina para a confecção dos filamentos (XAVIER, 2005 *apud* FONSECA, 1974). O carbono foi um material também testado para a lâmpada incandescente, mas não houve um resultado satisfatório, pelo fato do material oxidar-se rapidamente em presença do ar, não mantendo a estabilidade necessária ao processo. (HAUSMAN et al, 2008).

1.6.1 A lâmpada elétrica incandescente de Humphry Davy

O cientista Humphry Davy já ensaiava os primeiros passos rumo à execução de um projeto de lâmpada incandescente primitiva. Em 1801, pesquisando materiais para o filamento, com características físicas tais que pudessem fornecer o brilho luminoso suficiente e estabilidade em seu aquecimento, Davy chegou à platina, cujo ponto de fusão é de 1769°C. A luz visível era gerada pela incandescência obtida pela corrente elétrica que, passando pelo filamento, dissipava calor devido à sua resistência ôhmica. A incandescência exigia do metal aquecido estabilidade ante as altas temperaturas, quando a tendência do mesmo é a de se derreter, vaporizar-se ou oxidar-se. Para alimentar eletricamente as tiras de platina, Davy construiu um modelo de bateria elétrica baseado nos inventos do cientista italiano Alessandro Volta (RICCIARDI, 2006).

Em 1809, com dois fios conectados a uma bateria, e uma tira de carvão inserida entre as outras extremidades dos fios, Davy fez com que a tira emitisse um

fulgor, tornando-se assim o primeiro protótipo de lâmpada elétrica. Davy obteve a luz elétrica incandescente, utilizando esse método, até obter uma luminosidade satisfatória. Segundo ele, a platina foi o único metal capaz de produzir o brilho “branco”, suportando o calor do aquecimento por longo período de tempo. Com esse experimento, a concepção inicial da lâmpada luminosa incandescente estava criada.

A platina, no entanto, era um metal de valor comercial muito alto, o que inviabilizava a produção de lâmpadas em larga escala.

O oxigênio dentro da lâmpada, por mínima quantidade que houvesse, fazia o filamento entrar em combustão. Os três elementos necessários para a ignição ali estavam presentes: a temperatura alta da incandescência, o material combustível do filamento e o oxigênio residual. As bombas de vácuo, até então inventadas, não atendiam os requisitos necessários para a obtenção de uma lâmpada eficiente. O vácuo parcial das lâmpadas, conseguido pela tecnologia da época, era de, no máximo, $\frac{1}{4}$ torrìcelli, o que não preenchia as necessidades da comunidade científica, cujos experimentos envolviam a exigência de um alto vácuo, o mais próximo possível do “vácuo perfeito”. Principalmente para os pesquisadores de lâmpadas elétricas, interessados em fazer perdurar o material de seus filamentos quando incandesciam, era vital vencer esse obstáculo. O avanço no desenvolvimento de um protótipo eficiente nesse ramo, só se deu, após o advento das bombas de Sprengel.

1.6.2 A lâmpada de Goebel

O relojoeiro alemão, radicado nos Estados Unidos, Heinrich Goebel (1818-1893) em Nova York, criou, em 1854, a primeira lâmpada luminosa de baixo orçamento. A partir de um filamento de fibra de bambu carbonizada, inserido em bulbo de vidro alongado, obteve uma incandescência avermelhada; que pouco durava, destruindo o filamento, pela falta do vácuo necessário. Conseguir um bom vácuo nas lâmpadas, para uma duração maior do filamento, para não haver combustão e destruição do mesmo, era a chave da questão. Em 1855, após correções, Goebel já produzia em seu laboratório lâmpadas de filamento de carvão (figura 1.9), cuja vida útil luminosa, embora de pequeno brilho, era estimada em 400

horas. Mas quando disputou os direitos dessa patente em 1893, na Justiça, com Thomas Alva Edison, não conseguiu sair vitorioso.

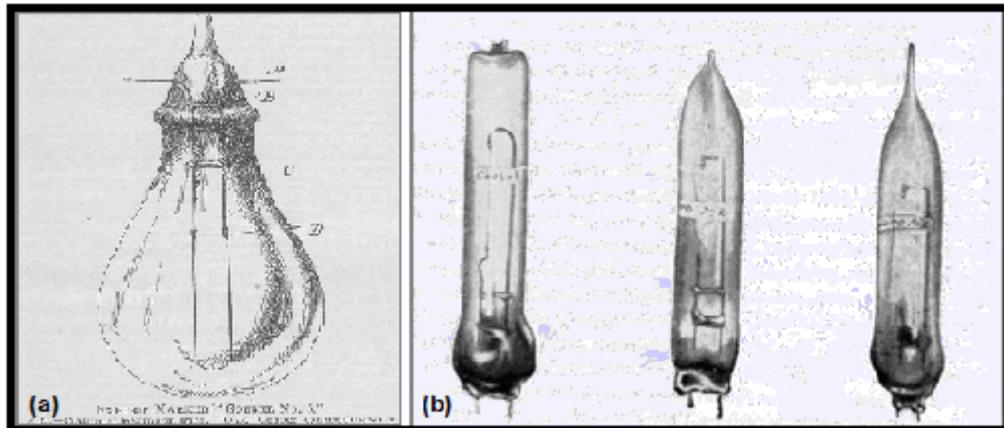


Figura 1.9-Lâmpadas de Goebel(a) Com filamento de platina. Fonte: www.heinrich-goebel-realschule.de, (2012?) (b) Com filamento de carvão. Fonte: Queen_Mary_IP_Research_Institute,(2006).

1.6.3 A bomba de vácuo de Sprengel

A partir de um modelo de bomba de vácuo, não muito eficiente e de processo extremamente lento, concebida pelo renomado Heinrich Geissler, inventor e fabricante de vidraria para laboratórios universitários, Herman Sprengel, químico alemão, projetou e desenvolveu sua versão do aparato, que abreviava a duração do processo de exaustão do ar para obtenção do vácuo e a tornava muito mais funcional (BEN-MENACHEM, A. 2009) .

Sprengel que, desde 1859, vinha realizando pesquisas em Oxford e Londres, foi responsável por um grande invento que veio, não só, alavancar as pesquisas na área da iluminação, como possibilitar descobertas em outros campos científicos. Criou uma bomba de vácuo de mercúrio, reconhecida como a mais eficiente na época (figura 1.10). Tal bomba criava condições de manter o filamento estável, no interior de um bulbo de vidro, por longo tempo, possibilitando a evolução da lâmpada luminosa de experimental para a comercial.

Segundo o professor Dr. Andrea Sella (UCL), Hermann Sprengel, no ano de 1865, em Londres, demonstrou sua bomba de vácuo de mercúrio, um aparato

engenhoso, econômico e simples que não demandava muito controle no processo de manuseio e que resultava ao término da operação de exaustão, em vácuo inferior a qualquer outro dispositivo conhecido, até então (10^{-3} torr). (SELLA, 2008).

O bulbo elétrico a ser evacuado era conectado a uma junção tipo T (figura 1.10 b). O mercúrio deslizava, pela força de gravidade a partir de um reservatório, situado acima da junção, para dentro de um capilar, formando uma corrente fina de gotículas. A cada fluxo de gotículas descendentes, uma pequena quantidade de ar era compelida a acompanhá-las, provocando assim um abaixamento constante da pressão do gás. A bomba de Sprengel mostrou ser um aparelho de grande eficiência e celeridade, tendo, seu primeiro modelo, a capacidade de proporcionar o vácuo completo em um receptáculo de meio litro, em 20 minutos. (SELLA, 2008). Diversos cientistas, contemporâneos que necessitavam de alto vácuo para seus experimentos, fizeram uso desse aparelho, como Joseph Swan e Thomas Edison.

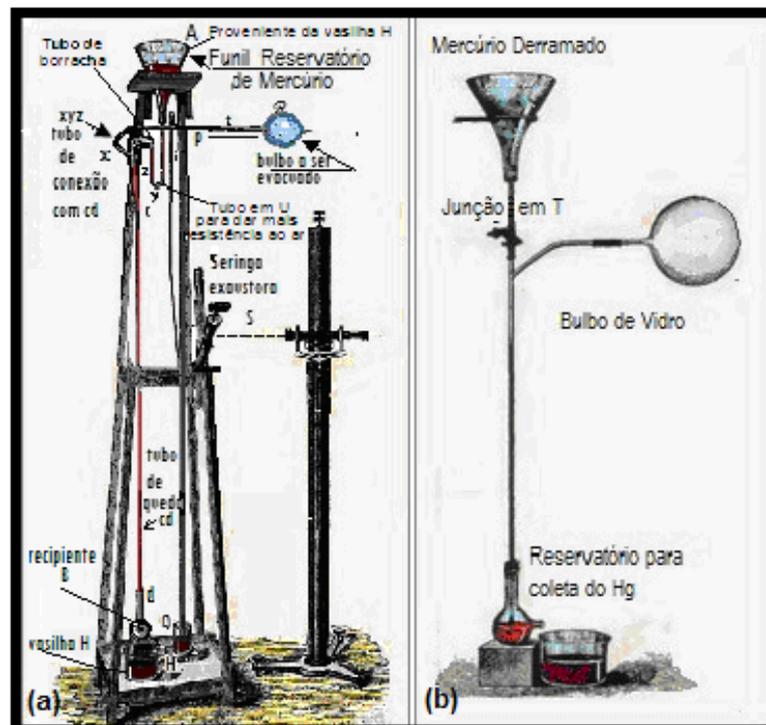


Figura 1.10-a)Bomba de Sprengel aperfeiçoada;b)primeira bomba de vácuo de Sprengel.Fonte: The Journal of Chemical Society(Great Britain),1865.

1.6.4. Swan&Edison de rivais a sócios

Swan, previamente a Edison vinha desenvolvendo seus experimentos com lâmpadas incandescentes de filamento de carbono. Mas só após o advento da bomba a vácuo de mercúrio de Sprengel, que ambos obtiveram resultados, evitando que os filamentos de suas lâmpadas fossem consumidos pela presença do oxigênio no interior de seus bulbos. Em 1879, os dois cientistas, independentemente um do outro, puderam, então finalmente, apresentar suas lâmpadas incandescentes. No começo do século XX, outras bombas de vácuo, mais modernas e de melhor desempenho, substituíram as de Sprengel (SELLA et al, 2001).

Após Sir Humphry, o físico, farmacêutico e químico Inglês Sir Joseph Wilson Swan (1828-1914) foi o primeiro dentre muitos pesquisadores a apresentar uma versão desta criação notável, que denotava maior viabilidade. Swan trabalhava em experimentos com filamento de carbono na década de 1850 e 60. Tendo em vista a inexistência de bombas de vácuo eficientes, suas lâmpadas sempre tinham insucesso com a destruição de seus filamentos. Desanimado, só retornou aos experimentos em meados de 1870 quando as bombas de vácuo foram aperfeiçoadas.

Joseph Swan nesse período submeteu seu projeto ao industrial britânico Rookes E. Bell Crompton. O industrial passou imediatamente a fabricar, sob licença, a lâmpada de Swan (figura 1.11) e sua empresa ganhou o mercado de luz elétrica inglês. Em 1879, em toda a Inglaterra, as lâmpadas de Joseph Swan eram vistas, inclusive em residências. Em 1881, Swan fundou sua própria empresa, The Swan Electric Light Company, para iniciar sua produção.



Figura 1.11- Modelos de lâmpadas de Swan.
Fonte: thesciencemuseum.org.uk, 2004.

Em 1879, Thomas Alva Edison conseguiu êxito em desenvolver um filamento de fibra de bambu oriental, cuja duração era de 40 horas de funcionamento. Edison também observou que o vácuo era questão preponderante para o sucesso de sua lâmpada incandescente. Suas idéias evoluíram a partir da união de conceitos dos projetos patenteados por outros inventores.

Swan e Edison se envolveram em uma disputa judicial, pois Edison utilizou um termo em sua patente que havia já sido patenteadado por Swan. A patente de Edison ainda não estava pronta para ser comercializada e nem ele possuía capital para isso. Precisava melhoramentos e a patente de Swan já estava pronta e tinha recursos. Para evitar a perda do direito de uso de sua invenção, Edison aceitou fundir sua pequena empresa com a de Swan.

A empresa que Swan e Edison fundaram ficou conhecida como EdiSwan e gerou desdobramentos, inclusive a gigante industrial GE (General Electric Company). No ano de 1879, Edison conseguiu um grande feito: construir uma lâmpada de alta resistência, dentro de um vácuo altíssimo, que conseguia permanecer acesa por centenas de horas (figura 1.12).



Figura 1.12- Primeiras lâmpadas de Thomas Edison (1880 e 1881).
 Fonte:Franklin Institute,2013.

1.7. As lâmpadas fluorescentes

Muitas descobertas utilizadas no aprimoramento da lâmpada incandescente abriram caminho para o surgimento da lâmpada fluorescente. Na busca pela lâmpada ideal era imprescindível o aperfeiçoamento das tecnologias de fabricação. As metas da indústria passaram a ser a obtenção da luz, o mais próxima da natural possível, com maior rendimento luminoso, menor calor dissipado, maior economia no consumo, mais segurança na utilização, maior simplicidade de instalação e vida útil aumentada (COSTA, 2010).

1.7.1 Princípio de funcionamento

Quando uma tensão elétrica é aplicada, via reator, entre dois eletrodos, separados a uma distancia constante, e em meio gasoso, ocorre a ionização dos gases e, logo após, a do mercúrio, sendo gerado um arco elétrico, através da lâmpada. Os gases não transportam os elétrons de maneira similar ao que os

sólidos fazem, uma vez que nos sólidos, como as moléculas estão coesas, há uma barreira a ser vencida pelos elétrons, a resistência elétrica (opositora do fluxo da eletricidade). A resistência elétrica é constante, a uma dada temperatura, e depende das dimensões do material condutor e de sua constituição. Nos gases, a condição necessária para que os mesmos conduzam eletricidade é a existência neles, de íons em movimento, que ao colidirem com as moléculas neutras produzem a ionização. Os íons e os elétrons produzidos pela ionização constituirão a corrente elétrica no gás (EFISICA.IF.USP.BR, 2007).

1.7.2. Inventos e inventores

A lâmpada fluorescente padrão embora tenha um histórico de pesquisa de mais de cem anos, só conseguiu ser apresentada em um modelo comercialmente viável no final dos anos '30, do século XX. O tubo de vidro, como instrumento de laboratório, provia o isolamento do fenômeno, em um ambiente que pudesse ser estudado sem interferências externas, e, por essa razão estava sempre presente nos estudos dos cientistas e suas descobertas sobre as descargas elétricas luminosas nos gases e a luminescência de materiais. A idéia dos cientistas em buscar aplicações úteis ao ser humano a partir desse tubo de vidro, iluminado agora pela descarga dos gases, transformando-o em lâmpada fluorescente, deve ter surgido naturalmente, concomitante às pesquisas científicas que motivaram sua criação. Para finalmente alcançar a forma de um primeiro modelo de lâmpada que motivasse sua industrialização, foi necessário o trabalho árduo e constante feito por muitos experimentadores em laboratório, desde meados do século XIX (WHELAN; DELAIR, 2010) .

Entre os nomes daqueles que contribuíram, inicial e fundamentalmente, para criação da lâmpada fluorescente, no período de 1850-1860, estão os do físico alemão Julius Plücker, do seu colaborador e artesão de vidros alemão, Heinrich Geissler, e do físico francês Alexandre Becquerel.

Atribui-se ao físico francês Alexandre Edmond Becquerel, previamente em 1857, uma pesquisa sobre os fenômenos da fluorescência e fosforescência de materiais e experimentos sobre o assunto. Suas pesquisas, com tubos de vidro de

descarga elétrica de gás, de alta tensão, revestidos, em sua superfície interna, de camadas de materiais luminescentes, como o fósforo, despertaram o interesse no campo dos tubos fluorescentes.

Julius Plücker, em seus estudos sobre eletricidade aplicada a gases, conseguiu produzir o fenômeno de descarga elétrica luminosa (ROSA, 2010) através de um conjunto composto de um tubo de vidro, contendo gás a baixa pressão, e dois eletrodos submetidos à alta tensão. Esse projeto idealizado por Plücker, só foi realizado e bem sucedido em razão da importante participação de Geissler que foi o responsável técnico pela fabricação e aperfeiçoamento da tecnologia utilizada no processo.

Heinrich Geissler, em meados do século XIX, fabricou para Plücker um protótipo que é considerado hoje, como a primeira lâmpada fluorescente concebida e que veio a servir de inspiração a outros inventores posteriores. Segundo Feltre e Yoshinaga, 1971, “a lâmpada fluorescente é um tubo de Geissler com algumas adaptações”. Na figura 1.13, tem-se um desenho esquemático de um tubo de Geissler.



Figura 1.13. Exemplo de tubo de Geissler.
Fonte: www.fotografidigitali.it, 2008.

Tal aparato constava de um tubo de vidro bem vedado por uma solda (de metal-vidro), desenvolvida por Geissler. O ar do tubo era retirado, através de uma bomba de vácuo de mercúrio (notável fabricação do próprio vidreiro), e recebia a inserção de um gás rarefeito (neônio ou argônio a 10^{-3} atmosferas). O gás emitia um

brilho azulado quando excitado pela indução de uma bobina de indução Ruhmkorff, dispositivo eletromecânico recém desenvolvido, para gerar altas tensões.

Esses cilindros continham eletrodos instalados nas extremidades, que polarizados, ionizavam o gás rarefeito. O conjunto fabricado por Geissler encontrou emprego tanto na fabricação de lâmpadas de utilidade científica e educacional, como de lâmpadas ornamentais (NATIONAL HIGH MAGNETIC FIELD LABORATORY, 2012). Foram o ponto de partida para o desenvolvimento das lâmpadas de descarga de gases, como lâmpadas HID (Descarga de Alta intensidade) e de anúncios luminosos, além dos tubos de raios catódicos empregados em aparatos como televisores, radares e monitores de computador (CHESMAN & MACEDO, 2004).

William Crookes investigou as propriedades dos chamados “raios catódicos”, provenientes do catodo do tubo luminoso, mostrando que se deslocavam em linha reta, e, nos objetos onde incidiam, criavam fosforescência e geravam grande calor. Sua pesquisa, embora enfocasse o estudo dos tubos de raios catódicos, veio a aperfeiçoar a tecnologia dos tubos de Geissler de maneira a tais artefatos serem também conhecidos como "tubos de Crookes" (HINSHELWOOD, 1927) Os tubos de Geissler e de Crookes, como exemplo mostrado na figura 1.14, foram precursores da lâmpada fluorescente (NATIONAL HIGH MAGNETIC FIELD LABORATORY, 2012).



Figura 1.14. Tubo de Crookes iluminado. Fonte: www.if.ufrgs.br, 2013.

Dos experimentos de Becquerel, em 1857, para a idéia de o revestimento interno fosforoso começar a interessar outros pesquisadores, 30 anos se passaram. E, apenas 70 anos depois, em Paris, França, o invento tomou impulso, quando então desenvolveram uma tonalidade de luz emitida pelo fósforo, agradável aos olhos, tornando-se uma realidade comercial.

Em 1896, o processo de Becquerel motivou estudos em laboratório por parte de Thomas Alva Edison que patenteou um modelo com essa nova tecnologia. Sua patente tratava-se de uma lâmpada fluorescente que utilizava raios-X para excitar as camadas internas do seu revestimento, feito de um composto de fósforo, cálcio e tungstênio. Mas logo Edison desistiu da empreitada, pela perda, por exposição demasiada aos raios X, do colaborador Clarence Dally, que o ajudava na construção da lâmpada (WHELAN; DELAIR, 2010). Daniel McFarlan Moore, membro da equipe de Edison, no entanto, convicto das vantagens da nova lâmpada, deixou seu emprego, insistindo na pesquisa de tecnologia para um modelo comercial de lâmpada fluorescente, o “tubo Moore” (WHELAN, 2012).

Em 1898, Daniel McFarlan Moore apresentou suas lâmpadas, semelhantes às fluorescentes atuais, porém mais longas, com 2-3 metros de comprimento.

Utilizavam o dióxido de carbono ou de nitrogênio como gás emissor de luz, branca ou rósea, respectivamente. Os tubos, após terem sido submetidos a vácuo, recebiam a inserção de gases emissores de luz. Como no protótipo de Geissler, os gases sob baixa pressão brilhavam ao se propagar uma corrente elétrica entre eletrodos instalados nos terminais da lâmpada. O gás mais utilizado, o dióxido de carbono, tinha uma boa eficácia luminosa, de cerca de 10 lumens por watt, enquanto a lâmpada incandescente de Edison fornecia apenas a terça parte dessa luminosidade.

No entanto, sua dificuldade operacional começava quando os gases eram exauridos e havia a necessidade de reposição, através de um sistema valvular alimentando o interior do tubo. A corrente elétrica e a pressão do gás, precisavam também ser reguladas por um sistema difícil de instalar, que necessitava de espaço e altas tensões de alimentação e que terminava por sofrer com problemas de vazamento (BRIGHT, 1949). As lâmpadas de Moore tiveram uma relativa aceitação comercial até o ano de 1910, quando William Coolidge apresentou uma lâmpada de filamento incandescente de tungstênio que possuía a mesma eficácia luminosa. A

partir daí, as dificuldades de manutenção, sua curta vida útil e a concorrência com a nova lâmpada de vapor de mercúrio, determinaram seu desuso (SMITHSONIAN INSTITUTION, 2008) .

Peter Cooper Hewitt, engenheiro americano, em 1901, concebeu e patenteou nos EUA, uma lâmpada de descarga de gases de vapor de mercúrio de baixa pressão, associando-se a uma indústria para fabricá-la(Westinghouse). De fácil transporte, bastante assemelhada aos modelos atuais, empregava, pela primeira vez, mercúrio metálico (quase 0,5 quilo) vaporizado, encerrado em um tubo como fluido a ser ionizado pela corrente elétrica e gerar o fenômeno da luminescência. A luz que a lâmpada de Hewitt conseguia fornecer, no entanto, não era branca, mas azul esverdeada, e por ser deficiente na cor vermelha, alterava a aparência das pessoas e objetos de forma desagradável, não tendo, por isso obtido popularidade entre o público consumidor. Apesar de ser mais eficiente que uma lâmpada incandescente, suas aplicações limitavam-se a estúdios fotográficos, esterilização de água, uso médico e industrial, (BELLIS,2012).

Em 1903, Hewitt lançou uma segunda versão da lâmpada, de maior qualidade em termos de luminosidade e com maiores possibilidades de aplicações. Atribui-se um grande mérito a Hewitt por ter desenvolvido eletrodos e reatores que fundamentaram o futuro das lâmpadas fluorescentes. A lâmpada de Hewitt sofreu um declínio na aceitação do público quando, em 1910, as lâmpadas incandescentes de filamento de tungstênio evoluíram e passaram a fazer frente à mesma na preferência popular. Embora com muito menos brilho, reproduziam as cores de forma mais harmoniosa (SMITHSONIAN INSTITUTION, 2008).

O cientista alemão Edmund Germer e seus colegas de trabalho Friedrich Meyer e Hans Spanner, em Berlim, Alemanha, em 1926, tentavam criar uma nova lâmpada, com um tipo de tecnologia diferente da incandescente, a partir dos passos de Gleisser. Trabalharam, então, seu modelo de tubo com vapor de mercúrio como condutor de corrente, aumentando a pressão interna do gás e aplicaram um revestimento com pó fluorescente que lhe imprimia um brilho maior e mais eficiente, com maior rendimento energético. Aplicavam baixa tensão, tal como na fluorescente moderna. Tiveram êxito em obter uma luz esverdeada mas uniforme, a partir da luz ultravioleta emitida, através de um gás inerte, para excitar os pós de fósforo. Essa lâmpada produzia agora uma luz econômica, com menos calor. Estavam eles muito próximos de estabelecer a invenção da lâmpada fluorescente.

Juntamente com Friedrich Meyer e Hans Spanner, Edmund Germer patenteou esse protótipo de lâmpada fluorescente em 1927, mostrada na figura 1.15. Germer chegou a trabalhar com as empresas como Osram e Phillips nos anos '30, mas quem adquiriu os direitos da patente original para aperfeiçoá-la foi a General Electric (EUA). A GE levou a lâmpada a um patamar de industrialização e comercialização em 1938, conseguindo adaptá-la a um formato tal, que servisse, com preço acessível, ao mercado americano (LIGHTING INDUSTRY FEDERATION, 2009).

A lâmpada fluorescente como se pode constatar ao longo de sua trajetória evolutiva, não teve um único inventor, mas sim, na verdade, foi fruto de um desenvolvimento conjunto e sucessivo de muitas mentes brilhantes (BELLIS,2012) .



Figura 1.15. Lâmpada Fluorescente de Germer, Friedrich Meyer e Hans Spanner. Patente de 1927. Fonte: inventors.about.com ,2012.

Em 1927, trabalhando na equipe da GE, Albert W. Hull foi responsável pela descoberta de como aumentar a emissão de UV da lâmpada, o que abriu um leque de aplicações não só na área científica das lâmpadas, mas para outros ramos da Ciência, e proveu grandes melhorias na qualidade de emissão de luz. Hull conseguiu elaborar um método de fabricar eletrodos com tungstênio com maior robustez e que não se desintegravam. Sua contribuição foi inestimável para as próximas evoluções técnicas nos seis anos que se seguiram, dos produtos da GE Electric (WHELAN,2012) .

1.7.3. A Primeira Lâmpada Fluorescente Comercial da GE

Na década de 1930, a GE americana, reuniu um grupo de especialistas da indústria, George Inman, como líder do grupo, para fabricarem um protótipo que tivesse a confiabilidade para se tornar comercial (WHELAN E DELAIR, 2010). Ao final do ano de 1934, a primeira lâmpada do grupo era apresentada. O modelo tinha pouco mais de 25 centímetros, 1,9 centímetros de diâmetro, e dois eletrodos, um em cada extremidade do tubo e emitia um brilho esverdeado (SMITHSONIAN INSTITUTION, 2008; RAHM,2010).

No período entre 1934 e 1935, combinando pós fluorescentes Inman conseguiu que a GE produzisse também a cor branca. Foram escolhidos o silicato de zinco-berílio e o tungstato de magnésio para a nova lâmpada fluorescente (WHELAN, 2010).

Em 1936, a GE e a Westinghouse resolveram divulgar suas novas criações para potenciais futuros consumidores. Houve então uma primeira apresentação dos produtos para a Marinha Americana (SMITHSONIAN INSTITUTION, 2012?). No mesmo ano, foi exibida a nova lâmpada fluorescente, da GE, em funcionamento, em uma convenção da IES (Illuminating Engineering Society) em Cincinnati, Ohio, em que não houve nenhuma comoção do público especialista sobre o novo produto (WHELAN, 2010).

George Inman e Richard Thayer deram entrada, para a GE, em uma patente de lâmpada fluorescente tubular, com possibilidades comerciais, em 1936, patente essa concedida em 1941. Nos dois anos seguintes, Philip J. Pritchard daria seguimento à fabricação da maquinaria para uma produção em larga escala, das novas lâmpadas tipo “F” (fluorescentes). As lâmpadas, além do bulbo luminoso, eram compostas por outras peças igualmente importantes para seu funcionamento, como reatores, dispositivos de partida [“*starters*”] e soquetes (BELLIS, 2012).

Segundo Inman (1938) em seu artigo “Características de lâmpadas fluorescentes”, seu protótipo era um dispositivo de descarga que gerava um arco formado pela ionização do gás argônio/vapor de mercúrio. A corrente elétrica aquecia inicialmente os eletrodos, confeccionados em forma de filamento helicoidal, de fio de tungstênio, revestidos por material que favoreceria a emissão de elétrons ativos, instalados em cada uma das extremidades do tubo. (Ver figura 1.16). Uma

lâmpada sem aquecimento prévio de seus eletrodos (partida a frio) necessitaria cerca de quatro vezes a tensão de operação, da de eletrodos pré-aquecidos. Com o aquecimento prévio, a vida da mesma seria bastante prolongada, ocasionando, também, a redução no seu escurecimento.

O material de revestimento interno da lâmpada era feito com uma substância química inorgânica, conhecida como “fósforo”, por produzir o fenômeno de fluorescência, tal como o elemento químico fósforo, dando cor e luminosidade em forma de luz visível.

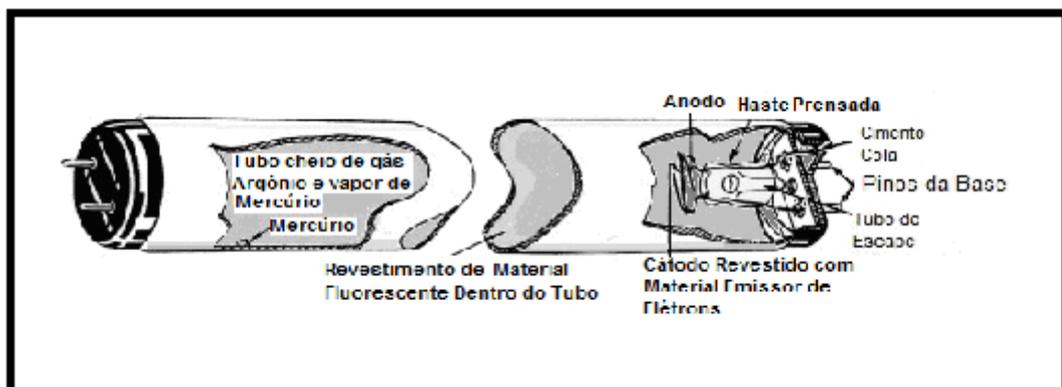


Figura 1.16 Lâmpada Fluorescente de Inman e sua equipe da GE em corte para detalhe. Fonte: Covington, 1991.

O dispositivo, além do gás argônio, continha uma gotícula de mercúrio. À medida que a corrente era aplicada aos eletrodos, o gás argônio ionizava-se aquecendo e vaporizando o mercúrio, deflagrando um arco de corrente elétrica de plasma entre os dois eletrodos. Esse arco gerava fótons UV que atingiam o pó fosfórico e os transformavam em luz visível.

As lâmpadas fluorescentes de Inman foram inicialmente concebidas em três comprimentos: 18 polegadas (com diâmetros de 1 e 1 ½ polegadas) de 15 Watts, 24 (com diâmetro de 1 ½ polegadas) e 36 polegadas (com diâmetro de 1 polegada) de 20 e 30 Watts, respectivamente. Posteriormente, ganharam a denominação comercial de T8 e T12, representativa do formato e diâmetro das mesmas. A letra “T” representava “tubular” e o número 8 ou 12, a quantidade de oitavos de polegada (símbolo ") do diâmetro, assim, T8 seria lâmpada de formato tubular de 8x1/8" de diâmetro e T12 seria formato tubular de 12x1/8" de diâmetro.

Em 1938, no ano de lançamento do novo produto, a General Electric iniciou a venda de lâmpadas fluorescentes tubulares, e, juntamente aos competidores, perfizeram o total de cerca de 200.000 lâmpadas vendidas. Segundo Thayer (1991), um ano ou dois após, foi concebido e posto à venda o modelo de 40 watts T12, para um comprimento de 48 polegadas. Esse modelo tornou-se o mais popular entre todos, tendo somado em suas vendas, cerca de 50% a mais do que os outros modelos.

Em 1939, exibidas na Feira Mundial de Nova York e na Exposição Golden Gate em São Francisco, as lâmpadas fluorescentes apresentavam duas vezes a eficiência luminosa de uma lâmpada incandescente de melhor desempenho. A lâmpada de cor branca foi, no início do mesmo ano, fabricada na potência de 40 Watts, alcançando a eficácia de 35 lumens/watt, e, em finais de 1939, já estava disponível a 50 lumens/watt (lpw). As fluorescentes se tornaram rapidamente populares a ponto de, ao final de 1939, suas vendas terem somado o valor de 1,6 milhões de unidades (RICK DELAIR, 2010).

Em 1942, foi concebido pela Osram-GEC, em Londres, um pó fluorescente para revestimento interno de lâmpadas de cálcio halofosfato que duplicou, então, a eficácia das lâmpadas. Esta criação revolucionou o mercado de lâmpadas fluorescentes e ampliou seu mercado para o que hoje representa. A figura 1.17 mostra os modelos Mazda-GE, MCFA-AEI e MCFE-Phillips.



Figura 1.17 Modelos Mazda 14w(a), MCFA(b) 19,5w MCFE(c) 80w . Fonte:www, lighting-gallery.net; www.lampstech.co.uk.

O modelo Mazda-GE MCFA de 14 Watts (1945-1946) tem revestimento interno de Silicato de Zinco Berílio, disponibilizado ao público, em 1945.

O modelo MCFA da AEI de 19.5 Watts(1962) foi desenvolvido com a intenção de reduzir a resistência ao longo da lâmpada para conseguir a diminuição da tensão

necessária à ativação do arco de descarga interno da lâmpada. Para tanto, uma tira de Níquel foi aplicada, em toda a extensão do tubo, na superfície externa do vidro, chegando até os terminais metálicos.

O modelo MCFE, introduzido pela Philips em 1969, é linear de 80 watts, de halofosfato, muito popular até os dias de hoje.

A superfície externa do tubo é revestida com uma camada de silicone para evitar fugas de corrente através das películas de umidade, que costumam se formar ao longo do tubo.

Nos anos '70, nos primeiros anos da década, devido à crise do petróleo, as grandes indústrias de iluminação viram o potencial de um modelo de lâmpada econômica ganhar espaço sobre a lâmpada incandescente e investiram em desenvolvimento de produtos que proovessem economia com maior produção de luz que captassem o interesse do público em geral.

Também, nos anos '70, buscando melhorar a qualidade dos pós fluorescentes aplicados internamente às lâmpadas, a empresa Westinghouse nos EUA, colocou no mercado uma nova lâmpada revestida com trifósforo.

Em 1976, o engenheiro Edward Hammer da GE, tinha como idéia, trabalhar na criação de lâmpadas economizadoras de energia, que viesse a ocupar o lugar das incandescentes domésticas, a CFL (lâmpada fluorescente compacta). Instituinto novas técnicas de inserir o gás criptônio e um revestimento condutor de estanho interno à lâmpada, chegou à redução da potência de 40 para 35 watts, porém seu objetivo era alcançar os 30 watts.

Entre os anos de 1975-1976, Hammer fazia experiências com um tubo helicoidal. O tubo de vidro fluorescente longo e afilado, fletido em forma de espiral resolveria o problema de proporcionar o comprimento para um arco elétrico. Hammer conseguiu transformar a lâmpada fluorescente compacta (CFL) em uma lâmpada mais eficiente do que uma lâmpada incandescente quando resolveu o problema com o espaçamento das espiras, reduzindo as perdas com a reflexão. A figura 1.18 mostra a CFL de Edward Hammer.

Quando Hammer propôs comercializar seu experimento à GE, mediante a um alto custo de milhões de dólares do maquinário para executar o delicado projeto, não foi bem-vindo pela administração da empresa. A CFL de Hammer foi relegada pela GE ao ostracismo.



Figura 1.18- 1º protótipo CFL, 1976
Fonte: Smithsonian Exhibit (EUA)

Nesse período, a notícia de sua invenção teria transpirado, sendo divulgado por entre firmas rivais (AMERICANHISTORY.SI.EDU, 2013). Em 1976, a Philips já expunha e demonstrava o funcionamento, do protótipo de sua primeira lâmpada fluorescente compacta, a SL-1000 (luminescente com reator próprio) de 1000 lumens, em uma conferência mundial de iluminação em Eindhoven. (LAMPTECH.CO.UK, 2013). Cinco anos após a mostra do protótipo SL-1000, da lâmpada fluorescente compacta, a Philips lançou, em 1981, em Amsterdã e Nova York, o modelo já aperfeiçoado de CFL, a SL-18 de 18 watts.

A lâmpada fluorescente compacta Philips SL-18 veio com o intuito de substituir as lâmpadas incandescentes em muitas de suas utilizações. Com uma vida útil cerca de cinco vezes maior e proporcionando uma economia de energia de 75%, foi considerada uma grande evolução na indústria de iluminação. Esse modelo de lâmpada se utilizava de um tubo T4 (12 mm) fletido em formato de “U”, e já portava o material luminescente trifósforo 827 e uma mistura metálica contendo mercúrio, como mostra a figura 1.19, na vista expandida do modelo de lâmpada integrada SL-18. Por apresentarem uma aparência mais próxima das incandescentes eram decorativas e podiam ser aplicadas onde as outras antes se faziam presentes.

Sua vida útil estava avaliada em 5000 horas e seu aquecimento para início de funcionamento era de 3 minutos. As lâmpadas fluorescentes compactas tiveram em seu início, percalços com relação ao seu material fluorescente que sentia os efeitos da alta temperatura ao guardar proximidade do arco de descarga.

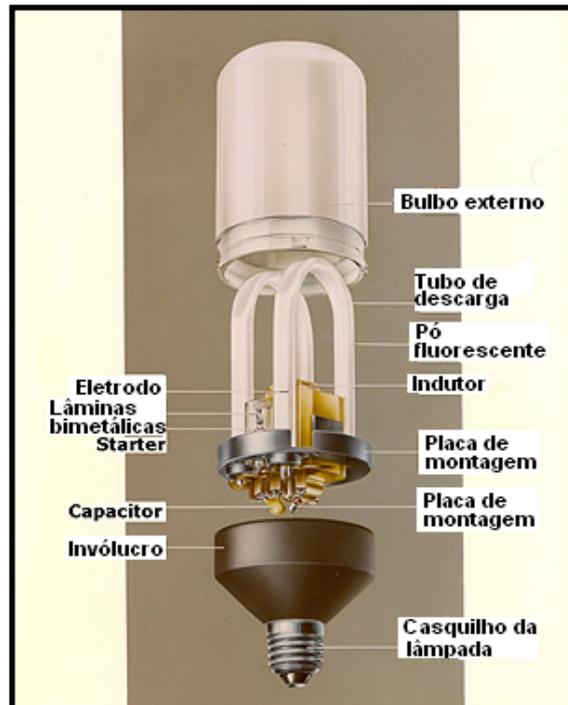


Figura 1.19. Modelo de lâmpada integral SL-18 (1984) da Philips Lighting Co.
 Fonte: <http://americanhistory.si.edu>

Só houve um melhor desempenho, no final de 1970, quando passaram a ser utilizados os materiais fluorescentes ativados por terras raras/ aluminatos.

Só em 1992 a GE levou avante o projeto comercial de Hammer, mas ainda havia obstáculos a vencer para executar uma fabricação em escala industrial. Uma das grandes dúvidas da GE sobre o sucesso desse empreendimento era o grande peso de um reator magnético acoplado, o que tornava a CFL mais vulnerável a acidentes de manuseio. Porém, tendo em vista o interesse do público em outras marcas, finalmente, implementaram o maquinário necessário para a industrialização da CFL.

Em 1995, a nova lâmpada compacta passou a ser fabricada comercialmente pela Xangai Xiangshan, uma empresa chinesa que conseguiu moldar a forma helicoidal do vidro, a um custo reduzido, graças à mão de obra mais barata chinesa, e transformá-la em um promissor sucesso de vendas mundial (COVINGTON, 2012?).

Dos anos '90 até hoje, a popularidade da lâmpada fluorescente compacta cresceu, ao mesmo tempo em que seu preço caiu. Substituiu plenamente a lâmpada

incandescente que cai pouco a pouco em desuso. Atualmente, uma lâmpada fluorescente compacta de 23 watts, por exemplo, possui uma eficácia luminosa maior que uma lâmpada incandescente de 60 watts, consumindo só um terço de eletricidade.

2 PERICULOSIDADE E RECICLAGEM DE LÂMPADAS MERCURIAIS

2.1 Lâmpadas potencialmente e não potencialmente perigosas

O uso das lâmpadas fluorescentes e mercuriais proporciona menor consumo de energia (redução de cerca de 80%), uma grande eficiência luminosa (de 3 a 6 vezes a da incandescente) e vida útil de 4 a 15 vezes maior. Mas ao finalizar sua vida útil, esse dispositivo luminoso converte-se em um problema de saúde ambiental.

Há dois grupos de lâmpadas a serem levados em consideração, quanto à destinação final adequada: o grupo das lâmpadas que não contêm mercúrio em sua composição e aquele cujas lâmpadas o possuem.

- As não mercuriais seriam: as lâmpadas incandescentes e halogenadas/dicrónicas, os LEDs.
- As lâmpadas de descarga que contêm mercúrio: as lâmpadas fluorescentes (baixa pressão) (tubulares, circulares e compactas) e as lâmpadas de descarga (alta pressão) que são as mistas, vapor de mercúrio, vapor de sódio e vapor metálico.

No Quadro 2.1 são listados os tipos de lâmpadas potencialmente perigosas para o ambiente (ABILUX, 2012), cujos resíduos não devem ser descartadas no lixo comum. As lâmpadas consideradas potencialmente perigosas são as que possuem mercúrio, ou mercuriais.

A norma específica da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 10.004/2004, Anexo A, que sucedeu a de nº10.004/1987, classifica como “resíduos perigosos” (Classe I) de fontes não específicas: os resíduos das lâmpadas com vapor de mercúrio após o uso (e entre elas está incluída a fluorescente), sob o código do resíduo: F044, tendo como característica da periculosidade sua toxicidade”.

O Quadro 2.2 (ABILUX, 2008) mostra quais são as lâmpadas não potencialmente perigosas para o ambiente.

Quadro 2.1: Lâmpadas potencialmente perigosas para o ambiente

Lâmpadas potencialmente perigosas para o ambiente			
Descarga de gás	Funcionamento	Componentes	Aplicações
Vapor de sódio de baixa pressão	Descarga de arco elétrica	Vidro, alumínio, sódio, gases inertes, ETR.	Iluminação pública (auto-estradas, túneis, parques de estacionamento)
Lâmpadas com mercúrio			
Fluorescentes tubulares (Vapor de mercúrio de baixa pressão)	Descarga de arco elétrica	Vidro, mercúrio, metal (alumínio), latão, ferro, baquelite, fósforo, antimônio, estrôncio, tungstênio, cádmio, argônio, índio, bário, ítrio, chumbo, ETR (terras raras)	Áreas residenciais, parques, escritórios, supermercados, grandes áreas de superfície, hospitais, teatros, anúncios
Fluorescentes compactas (Vapor de mercúrio de baixa pressão)	Descarga de arco elétrica	Vidro, mercúrio, metal (alumínio), fósforo, antimônio, estrôncio, tungstênio, cádmio, argônio, índio, bário, ítrio, chumbo, ETR (terras raras)	Espelhos, mobiliário de cozinha, áreas sociais, iluminação doméstica.
Indução magnética	Descarga de arco elétrica	Vidro, mercúrio, metal (alumínio, cobre), argônio, trifósforo: índio, bário, ítrio, chumbo, ETR (terras raras)	Uso público, comercial e industrial para substituir as luminárias com focos HID (high-intensity discharge - alta intensidade)
Vapor de mercúrio alta pressão (sódio-xenônio)	Descarga de arco elétrica	Vidro, metal (alumínio), mercúrio, xenônio, estrôncio, bário, ítrio, chumbo, vanádio, ETR.	Iluminação de entradas, decoração interior, centros comerciais, vias de trânsito, instalações fabris
Luz mista	Descarga de arco elétrica	Vidro, metal (alumínio), tungstênio, mercúrio	Iluminação de ruas, jardins, armazéns, garagens, postos de gasolina, campos de futebol etc...
Vapor de sódio de alta pressão	Descarga de arco elétrica	Vidro, alumínio, sódio, mercúrio, gases inertes, ETR.	Ruas, passeios, largos, parques áreas residenciais, monumentos, estátuas
Vapor metálico	Descarga de arco elétrica	Vidro, metal (alumínio), sal de sódio, mercúrio, iodetos de metal, Gases inertes, cério, estanho, tálio, bário, estrôncio, ítrio, chumbo, vanádio, ETR.	Zonas abertas, recintos desportivos, zonas industriais, vitrines de lojas, iluminação pública

Fonte: Net Resíduos (Pt), 2002?; PGIRPBL, 2008; adaptado, 2013.

Quadro 2.2: Lâmpadas não potencialmente perigosas para o ambiente

Lâmpadas não potencialmente perigosas para o ambiente			
Lâmpadas sem mercúrio			
Incandescentes	Funcionamento	Componentes	Aplicações
Sem Halógeno	Irradiação Térmica	Vidro,metal (alumínio), tungstênio, criptônio, xenônio	Espelhos, mobiliário de cozinha, áreas sociais, exteriores
Halógenas / dicróicas	Irradiação Térmica	Vidro de quartzo, metal (alumínio), tungstênio, criptônio,xenônio, bromo,cloro, flúor, iodo, halógeno-hidrog(insignific.)	Museus,hotéis, restaurantes, iluminação doméstica, campos de esporte, parques de estacionamento, jardins públicos, pistas de aeroportos

Fonte:Net Resíduos(Pt),2002?;PGIRPBL,2008.

As lâmpadas mercuriais, se quebradas, não só apresentam risco para o indivíduo que a manuseia, mas de igual forma pode vir a expandir a contaminação para as pessoas que se encontram no local do acidente ocorrido e para o meio ambiente. Se dispostas no lixo comum, poderão contaminá-lo e ao meio ambiente. Por essas razões as lâmpadas necessitam de coleta e segregação diferentes. Pela sua toxicidade, não devem ser descartadas nem no lixo doméstico, nem tampouco junto ao lixo reciclável, pois seu tratamento deve ser cuidadoso e diferenciado.

Com relação às lâmpadas não mercuriais, as incandescentes, não se recomenda o seu envio a pontos de coleta para recicláveis domésticos. Isso se deve ao fato de seu tipo de vidro não ser passível de reutilização, por ser diferente em composição química dos vidros convencionais (ABERDEEN CITY COUNCIL, 2013) utilizados em garrafas, potes e frascos, que levam em sua formulação areia, calcário, barrilha (Na_2CO_3) e feldspato, do tipo sodo-cálcio (DAL BÓ; SILVA; OLIVEIRA, 2009).

O vidro utilizado na lâmpada incandescente, por ser classificado como “vidro técnico”, é especializado para determinada aplicação de utensílios resistentes a choque térmico. Sua composição é de boro-silicato, um tipo de vidro muito resistente à corrosão química (quimicamente reforçado), e tem um coeficiente de expansão térmica baixo, um terço do coeficiente do vidro de sodo-cálcio (GIACOMINI, 2005).

Sua temperatura de fusão é diferente da do vidro normal e formam inclusões sólidas presentes no produto final.(ABERDEEN CITY COUNCIL, 2013). Esse tipo de

lâmpada poderá ser disposta no lixo comum que irá para o aterro sanitário (CBSPREVIDÊNCIA,2013).

2.2. A necessidade da reciclagem para lâmpadas fluorescentes e mercuriais

As lâmpadas que contêm mercúrio devem ter uma destinação ambientalmente adequada, por lei, tendo em vista serem seus resíduos classificados pela Norma NBR 10.004 da ABNT (2004), como Classe I - Perigosos. Sua destinação mais indicada é a reciclagem, pois 95% de seus subprodutos são reaproveitados e, há a recuperação do mercúrio nela contido, o aspecto mais importante, pelo fato de não retornar à Natureza como rejeito tóxico, de grande poder poluidor.

“A reciclagem vem a ser o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos” [...].(Lei 12305, Art.3-XIV, 2010).

Mesmo a reciclagem que produz ônus para o gerador, traz benefícios que preservam a saúde do meio ambiente, provendo sustentabilidade para o planeta. Os resíduos reciclados, introduzidos na cadeia produtiva de outros produtos industrializados, representam provisão adicional de insumos que não necessitarão ser retirados da natureza. Reciclar significa não degradar o meio ambiente, pois impede que mais poluição seja gerada no solo, água, ar para extração e processamento da matéria prima, além de trazer valorização social, pois gera e mantém receita para a população não qualificada profissionalmente.

A reciclagem das lâmpadas fluorescentes é exigência legal nos dias de hoje, a partir da entrada em vigor da Lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos, e de acordo com suas diretrizes, todos, desde fabricantes, a comerciantes e consumidores devem fazer sua parte. Um meio ambiente doente não consegue fornecer vida saudável aos que dele dependem para viver. Os danos que o mercúrio provoca ao meio ambiente e aos seres vivos, que dele fazem parte, são muito graves para ignorar, pois é um tipo de lixo considerado tóxico.

As lâmpadas fluorescentes, as fluorescentes compactas e todas as outras lâmpadas mercuriais de sódio, mistas e de vapor metálico contêm uma pequena,

mas perigosa quantidade de mercúrio. Quando uma dessas lâmpadas, em uso ou exauridas, se quebra, o vapor de mercúrio é liberado juntamente ao pó fosforoso, que absorveu grande parte do mercúrio, além de gotículas de mercúrio líquido metálico.

O mercúrio é uma toxina que atua no organismo dos seres vivos, dependendo da forma química que estiver se apresentando: metálico, orgânico ou inorgânico. Suas vítimas mais vulneráveis são grávidas e seus fetos, idosos e crianças. Apenas pela presença do mercúrio, em seus resíduos as lâmpadas fluorescentes e as demais mercuriais são levadas ao patamar de resíduos perigosos, ou Classe I, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10.004 ABNT (2004), quanto aos riscos potenciais ao ambiente e à saúde pública.

2.2.1. Conceito de Fluorescência e Fosforescência

O termo “fósforo”, comumente conhecido como material fluorescente, não é necessariamente derivado ou o próprio elemento químico fósforo (P). O elemento químico fósforo, em si, apresenta “alta reatividade, emitindo um brilho fraco químioluminescente quando se oxida em presença do Oxigênio. Um “fósforo” é uma substância que exhibe o fenômeno da fosforescência (brilho mantido após exposição à luz ou partículas energizadas). O termo fosforescência tem sido usado para descrever substâncias que brilham no escuro sem queimar (WEBSTER'S ONLINE DICTIONARY, 2013).

Fotoluminescência de uma substância é a propriedade de emitir luz sem incandescência, ocorrendo a partir de estados eletronicamente excitados. A fotoluminescência se biparte em duas categorias: fluorescência e fosforescência (LAKOWICZ, 2009).

A diferença entre fluorescência e fosforescência reside no tempo de duração da emissão de luz a partir do momento em que as substâncias que as produzem recebem o estímulo, no caso das lâmpadas, a energia ultravioleta incidente (DO VAL, 2004).

A fosforescência é a emissão de luz, por uma substância que recebeu e absorveu uma estimulação de energia, com a duração típica de milisegundos a

segundos (10^3 a 10^8 s⁻¹) (LAKOWICZ, 2009). Essas substâncias têm uma propriedade fotoluminescente de brilhar no escuro, sem produção de calor. A fosforescência persiste, durante um intervalo de tempo, após a incidência de energia, podendo às vezes durar dias, como no caso dos sulfetos alcalinos. O universo químico orgânico natural é bastante rico em substâncias orgânicas fosforescentes, o mesmo não se dá com o inorgânico natural (PEDROSA, 1977).

A fluorescência é a emissão de luz, por uma substância que recebeu e absorveu uma estimulação de energia, com a duração típica do fenômeno abaixo do tempo de 10 nanosegundos (10^8 s⁻¹) (LAKOWICZ, 2009). A substância fluorescente, conhecida por “fluoróforo” (LAKOWICZ, 2009), produz luz quando interage com alguns estímulos, como reações químicas, luz, radiações e também radiação X (DO VAL, 2004).

Na fluorescência, a radiação, recebida pela substância em um comprimento de onda, é reemitida em forma de radiação de maior comprimento de onda, e cessa, quase que imediatamente, quando a energia radiante incidente pára de incidir (PEDROSA, 1977).

Os revestimentos fluorescentes, também conhecidos por pós fluorescentes ou simplesmente “fósforos”, comumente são compostos sintéticos de metais de transição ou de terras raras, que são utilizados, desde os primeiros tempos da concepção da lâmpada fluorescente moderna, para revestir [parte ou todas] as paredes internas da mesma. Esses compostos são responsáveis por transformar a emissão de radiação ultravioleta de um gás inerte ou vapor de mercúrio, gerada com a descarga de plasma, para a luz visível da lâmpada, branca ou colorida. Após a cessação da luminescência se a exposição à radiação for renovada, o material absorve a energia da luz, novamente, e exhibe repetidamente o brilho. (SRIVASTAVA E RONDA, 2003).

2.3. Composição física e química de uma lâmpada fluorescente

Uma lâmpada fluorescente se compõe de um vidro tubular ou bulbo selado cujas paredes internas receberam camadas de substâncias de característica fluorescente, os pós de fósforo. A alumina ou óxido de alumínio (Al_2O_3) reveste o

vidro, antes de receber os pós de fósforo. As lâmpadas têm, fixado em cada uma de suas extremidades, um eletrodo, confeccionado em tungstênio ou aço inox.

Um gás inerte, à baixa pressão, é necessário para se deflagrar um arco e aquecer o tubo, vaporizando o mercúrio, antes da própria ionização do vapor metálico. Esse gás inerte é normalmente um composto, predominantemente de argônio, com menores quantidades de neônio, criptônio e/ou xenônio, denominado mistura de Penning, à baixa pressão (0,003 atmosferas) e o mercúrio à baixa pressão parcial.

Assim, os componentes físicos de uma lâmpada fluorescente normalmente são:

- Terminais de alumínio
- Pinos de latão
- Componentes de ferro metálico
- Vidro
- Poeira fosfórica
- Isolamento baquelítico

E os componentes químicos presentes em uma lâmpada fluorescente são:

- Vidro (vidro soda e vidro sílica);
- Pó de fósforo (clorofluorapatita e fosfato de ítrio vanadato; clorofluorofosfato de cálcio); antimônio e manganês (ativadores).
- Metais pesados (cádmio, mercúrio e chumbo);
- Base (latão e alumínio);
- Gases de enchimento (neon, argônio, criptônio e xenônio);
- Cátodos (tungstênio ou de aço inox);
- Poeira emissiva (carbonatos de bário, estrôncio e tungstatos de cálcio e bário);
- Terminais de alumínio e tungstênio, níquel, cobre ou ferro, e
- Mercúrio metálico

Dependendo do tipo, ano de fabricação, potência e modelo, as lâmpadas possuem teores diversos das mesmas substâncias. Alguns componentes como o vidro, seus vapores ou gases inertes internos ou a poeira fosfórica podem ter constituição química variada em função desses fatores.

2.3.1 Pós de Fósforo

Segundo Raposo (2001) os pós de fósforo são compostos químicos inorgânicos pulverizados e depositados eletrostaticamente na parede interna da lâmpada (cerca de 4 a 6 mg.cm⁻²). Absorvem a radiação ultravioleta na banda UV-C, de 254 nanômetros de comprimento de onda e a convertem em luz visível, de comprimento de onda maior, na faixa espectral de 380 a 780 nanômetros.

Segundo TRUESDALE et al.(1993) *apud* EPA (1994), na Tabela 2.1, um exemplo da composição de “pó de fósforo” de uma lâmpada fluorescente comum.

Tabela 2.1 - Exemplo da composição do “pó de fósforo” de uma lâmpada fluorescente

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

Fonte : EPA, 1994.

O pó de “fósforo” varia sua composição de acordo com a tecnologia da época em que a lâmpada foi fabricada, assim, a medida que os aperfeiçoamentos nas lâmpadas vão ganhando espaço, surgem avanços na química dos revestimentos internos da mesmas, como se pode ver a seguir:

- 1ª geração (1934-GE): Willemite - $Zn_2SiO_4:Mn^{2++}$ (ativado pelo manganês). Emissor verde.
- 2ª geração(1942-OSRAM-GE): Clorofluorapatita (halofósforo) - $Ca_5(PO_4)_3(Cl,F):Sb^{3+}, Mn^{2+}$ (ativado pelo antimônio e o manganês que dão a cor):
Banda azul devido ao íon Sb^{3+} - 254 nm,
Banda vermelho- alaranjada devido ao íon Mn^{2+} - 580 nm.
- 3ª geração (Anos '70-Westinghouse): Trifósforos de terras raras (fósforos obtidos por síntese):
Emissor vermelho - $Y_2O_3:Eu$; ativado pelo európio,
Emissor azul - $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$; ativado pelo európio,
Emissor verde- $CeMgAl_{11}O_{19}:Tb$; ativado pelo térbio.

Recentemente, também lâmpadas mais populares, como as fluorescentes tubulares T5, T8, T10 e as compactas, são fabricadas com pó trifósforo.

2.3.2. O teor de mercúrio das lâmpadas fluorescentes

Em uma lâmpada fluorescente, compacta, mista ou de vapores, há mercúrio metálico que com o tempo de uso, produz o Hg^+ e o Hg^{+2} .

Com o passar dos anos, a tecnologia de fabricação das lâmpadas se aperfeiçoou a ponto da eficácia luminosa das mesmas ser magnificada, através de outras alternativas que não o aumento de teor de mercúrio. Foi possível assim se obter a luminosidade desejada, ao mesmo tempo que se conseguia reduzir a quantidade do metal, sem precisar de uma maior corrente plasmática, como no caso da lâmpada de 4 pés(1,22 metros), no decorrer dos anos, no exemplo que se segue.

- ▶ 1985 - 48,2 mg Hg
- ▶ 1990 - 41,6 mg Hg
- ▶ 1995 - 27,0 mg Hg
- ▶ 2000 - 20,0 mg Hg (NEMA,2001)

Na Tabela 2.2 demonstram-se os valores mínimos e máximos de mercúrio por tipo de lâmpada. As variações de valores são devidas à potência da lâmpada, usualmente, quanto maior a potência consumida, maior é o teor de mercúrio. Há entre os fabricantes, variações próprias, em teores do metal. São valores médios, apresentados pelos vários fabricantes, cada um dentro de sua tecnologia desenvolvida.

Tabela 2.2 Variação das médias de mercúrio por potência da lâmpada

Tipo de Lâmpada	Potência	Quantidade Média de Mercúrio	Variação das Médias de Mercúrio por Potência
Fluorescentes tubulares	15W a 110W	0,015g	0,008 a 0,025g
Fluorescentes compactas	5W a 42 W	0,004g	0,003g a 0,010g
Luz mista	160W a 500 W	0,017g	0,011g a 0,045g
Vapor de sódio,	80W a 400W	0,032g	0,013g a 0,080g
Vapor de mercúrio	70W a 1000W	0,019g	0,015g a 0,030g
Vapor metálico	35W a 2000W	0,045g	0,010g a 0,170g

Fonte: Zanicheli et al., 2004.

2.4. Perigo ambiental e processos de disposição final de lâmpadas

As lâmpadas fluorescentes, exauridas posconsumo, conservam quase todo seu mercúrio original, apenas sendo convertido em outros estados de oxidação: o Hg^{+1} e o Hg^{+2} . Ao serem descartados a céu aberto, esses dispositivos estarão poluindo solo, ar e águas. O Hg^{+2} , a forma solúvel do mercúrio combina-se com radical CH_3 para tornar-se orgânica metilada, sendo então inserida na cadeia trófica (UNEP, 2007).

Só no ano de 2006, foram contabilizadas cerca de 100 milhões de lâmpadas fluorescentes consumidas, das quais apenas 6% alcançaram a reciclagem. O que significa que 94% das 100 milhões se espalharam por aterros sanitários, ou lixões e

ferros-velhos, sem nenhum tipo de tratamento (ROMERO,2006). Apenas 8% dos municípios brasileiros dispõem de aterros licenciados para resíduos perigosos. Tal resíduo, apesar de todos os cuidados que devem ser dispensados em seu manuseio e disposição final, usualmente, tem seu risco subestimado pelos funcionários que lidam com ele.

A Lei da Política Nacional dos Resíduos Sólidos obriga (no Art. 33- V) aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista, que venham “a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos” (BRASIL, 2010).

Uma lâmpada pode ter um efeito limitado, por sua pequena quantidade de mercúrio, mas quando descartada, e, por um longo período, se acumulando em centenas, milhares de lâmpadas, no aterro ou lixão, o efeito total que proporcionarão impactará em muito a região ao redor, a saúde dos seus habitantes. Desde o primeiro momento do descarte, o cuidado deverá ser tomado quanto à sua integridade física e sua destinação. Não se pode misturá-la a outros tipos de lixo, para que o mercúrio não os contamine.

A opção recomendada pela Lei da Política Nacional dos Resíduos Sólidos deve ser a reciclagem das lâmpadas fluorescentes e demais mercuriais, em empresas credenciadas junto ao órgão ambiental estadual. Porém, há casos em que não há plantas de reciclagem próximas, do local de armazenamento de seus resíduos.

A destinação adequada e transporte de lâmpadas fluorescentes de modo que não coloque em risco o meio ambiente e a saúde das populações, quando não encaminhada à reciclagem, deve obedecer aos seguintes quesitos:

- Ser feita em aterro para resíduos perigosos - Classe I, licenciado pelo órgão ambiental para armazenamento de resíduos perigosos, conforme NBR 12235,
- O transporte deve ser feito por meio de equipamento adequado, obedecendo às regulamentações pertinentes
- Deve ser preenchido o Manifesto de Resíduos com os dados sobre o gerador, receptor e transportador do resíduo

- Os resíduos perigosos e suas embalagens devem obedecer ao disposto na Portaria nº 204/11 do Ministério dos Transportes
- As embalagens devem estar identificadas com rótulos de segurança e rótulos de risco conforme previsto na NBR 7500
- Seu armazenamento deve ser realizado em recipiente indicado pela NBR 13221:2003 (NBR13221:2003,2003).

No caso da não existência, no local, de firma recicladora credenciada de lâmpadas, ou inexistir local apropriado para fazer a disposição final do resíduo (aterro industrial - Classe I), o gerador do resíduo de lâmpadas deve entrar em contato com o órgão ambiental estadual ou com a firma de limpeza pública (resíduos sólidos) local, para solicitar orientações e cooperação para encontrar a melhor solução de destinação final do resíduo.

2.5 A logística reversa

Na logística reversa, todos os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e a população consumidora terão responsabilidade compartilhada na correta destinação do produto adquirido. Não só um instrumento de desenvolvimento econômico e social, a logística reversa, no universo das lâmpadas fluorescentes, será uma grande oportunidade de geração de empregos e receita e um fator de grande relevância no sentido de colaborar para evitar futuros desastres ambientais.

Com as minas de mercúrio mundiais, sendo uma após outra, instadas a cerrar suas atividades, pelos países das Nações Unidas, o mercúrio entrará em escassez. Antes que as novas tecnologias de iluminação se desenvolvam e cheguem ao mercado com um preço viável ao consumidor, a reciclagem das lâmpadas estará prestando um serviço inestimável à humanidade (UNEP,2007).

2.6. Recicladoras no Brasil e seus processos

São listadas a seguir as Empresas que oferecem serviço de reciclagem de lâmpadas em todo o Brasil. A maior parte delas próximas dos grandes centros produtores de lâmpadas:

No Rio de Janeiro

- ELREC. Recicladora de lâmpadas / Envirochemie Tratamentos Especializados Ltda.

Em São Paulo e em Santa Catarina:

- Apliquim Brasil Recycle Ltda(Grupo DataSys) .
Rodrigues & Almeida Moagem de Vidros .
- Tramppo Gestão Sustentável de Lâmpadas .
- Naturalis Brasil & IdeaCíclica –Programa PapaLâmpadas e rede de concessionárias em vários estados brasileiros.
- Grupo Ambiensys & Bulbox .

No Paraná

- Mega Reciclagem - Descontaminação de Lâmpadas.

Em Minas Gerais

- Recitec –Reciclagem Técnica do Brasil Limitada

No Rio Grande do Sul

- Grupo Sílex-Tecnologias Ambientais.

Os processos de reciclagem que cada empresa utiliza são apresentados a seguir.

2.6.1. Processo de reciclagem da APLIQUIM

A empresa Apliquim Brasil Recycle, é resultado da fusão da Apliquim, de São Paulo com a Brasil Recycle, de Santa Catarina. A empresa formou uma rede

nacional envolvendo plantas e parcerias, para cobrir grande parte do território nacional. Atualmente processa cerca de 7 milhões de lâmpadas fluorescentes por ano e suas principais usinas estão em Paulínia(SP), Indaial (SC) e Porto Alegre(RS).

A Apliquim para a coleta das lâmpadas utiliza uma frota de caminhões com exaustão com filtro interno de carvão ativado, para prevenção de ruptura accidental de lâmpadas, no interior do veículo. A Apliquim, no entanto, não se considera uma recicladora, pelo fato de descontaminar os resíduos dos materiais poluentes e os disponibilizar para reentrada como insumo, na linha de produção de outras indústrias.

Os processos de descontaminação de resíduos de lâmpadas fluorescentes e recuperação do Mercúrio variam de acordo com o modelo do produto. Na figura 2.1 estão resumidas as principais etapas do processo de descontaminação e reciclagem:

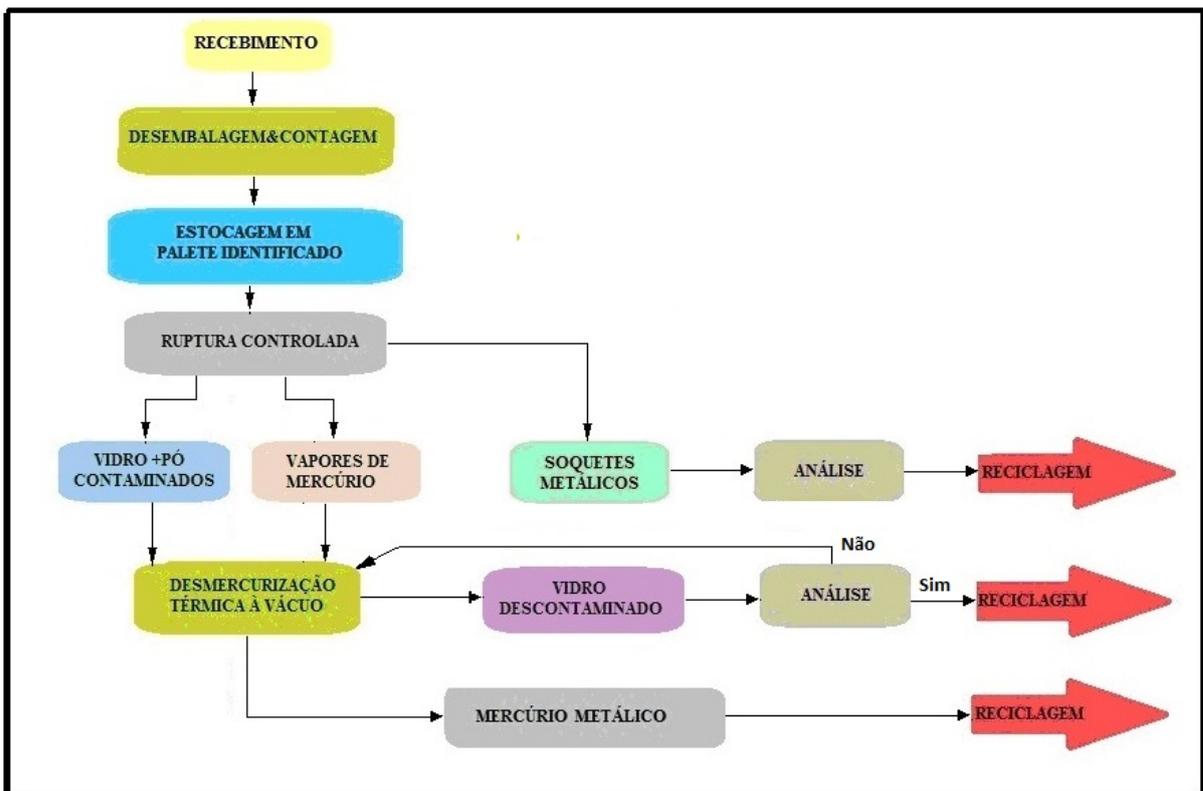


Figura 2.1 Diagrama do processo de descontaminação de resíduos e recuperação do mercúrio .Fonte : Apliquim Brasil Recicle, 2011.

Descrição do Processo

1 - Recebimento de lâmpadas

Transportadas por caminhão monitorado e com sistema de exaustão com carvão ativado, as lâmpadas, ao chegarem na Apliquim Brasil Recycle, (figura 2.2) são descarregadas, e inspecionadas para a verificação de variações e origem e os lotes de lâmpadas são registrados.



Figura 2.2- Descarga de lâmpadas para tratamento. Fonte: Apliquim Brasil Recycle(2013).

3 – Desembalagem e contagem dos resíduos e armazenagem em paletes

No recebimento, (figura 2.3(a)), as lâmpadas são retiradas das caixas coletoras e embalagens, separadas e contabilizadas. A figura 2.3(b) ilustra o acondicionamento horizontal, conforme seu tipo e dimensões, em paletes identificados, onde aguardam o início do processamento.



Figura 2.3(a)Recebimento do material (b) Armazenagem pré-processo. Fonte: Apliquim Brasil Recycle,2013.

3- Ruptura controlada e descontaminação

Nesse ponto da operação, as lâmpadas são colocadas em equipamento de trituração, vedado contra a saída de vapores metálicos e particulados. Sob pressão negativa, o equipamento suga os vapores de mercúrio, impedindo que haja liberação do mesmo para o ambiente externo à máquina e chegue ao funcionário. (vide figura 2.4)



Figura 2.4- Equipamento de ruptura e moagem de lâmpadas. Fonte:Apliquim Brasil Recycle-Paulínia-SP,2013.

Após a trituração, tem-se uma separação entre terminais metálicos e vidro. A parte vítrea das lâmpadas, uma vez separada previamente, dos terminais metálicos, soquetes plásticos, e estruturas metálicas/eletrônicas, é transformada em flocos, pelo processo controlado de moagem (Vide figuras 2.5(a) e (b)).



Figuras 2.5(a)Soquetes metálicos separados do vidro das lâmpadas e (b) Vidro flocado do processo. Fonte:Apliquim Brasil Recycle-Paulínia-SP,2013.

4- Retirada do pó fosfórico e descontaminação mercurial do vidro.

O vidro em flocos é enviado à máquina de tambor giratório (figura 2.6(a)), de retirada do pó fosfórico (figura 2.6(b)) e descontaminação mercurial do vidro. O vidro, que sai flocado e limpo, passa por dutos e cai em grandes sacos(big bags). Antes de ser comercializado, cada saco desses fornece uma amostra que sofre análise química para confirmação da retirada do mercúrio (Apliquim Brasil Recycle, 2011).

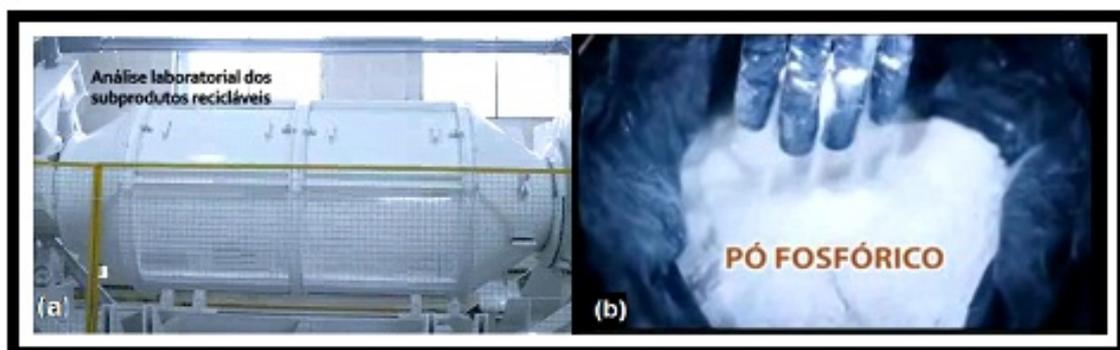


Figura 2.6 (a) Máquina de tambor giratório que separa o pó de “fósforo” do vidro.(b) Pó fosfórico extraído no processo; Fonte: Apliquim Brasil Recycle.Paulínia-SP.(2013).

Uma vez pronto para ser convertido em insumo para as indústrias de beneficiamento, será enviado, por exemplo, à compradores de indústrias de cerâmica, entre outras, para preparo de “fritas”, composto de vidro moído usado para vitrificação de azulejos, pisos e louças sanitárias ou agregado à argila para dar maior resistência. Os soquetes/terminais das lâmpadas serão, por sua vez, encaminhados ao processo em empresas externas de reciclagem de metais.

4 – Filtragem

Para a desmercurização térmica e a destilação do mercúrio é utilizado, na empresa Apliquim Brasil Recycle, de Paulínia, São Paulo, um processo de filtragem dupla, a partir do pó de fósforo, obtido da etapa de descontaminação do vidro da lâmpada triturada. O pó de fósforo da lâmpada retém quase todo mercúrio e ainda são obtidos vapores de mercúrio, dessa extração.

Na área externa à fábrica são instalados dois filtros principais para a retenção do mercúrio. O primeiro é um filtro simples de cartucho, feito de tecido, para reter a parte de particulado mais grossa do pó de fósforo (Vide figura 2.7(a)). O segundo é um filtro de células de carvão granulado ativado, que adsorve o mercúrio em suas porosidades (Ver ilustração na figura 2.7(b)).

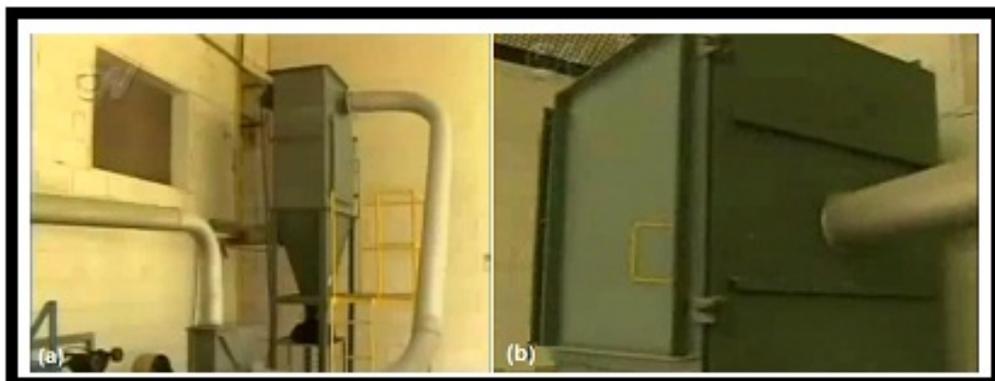


Figura 2.7(a) Primeiro filtro simples de cartucho. (b) O segundo filtro de células de carvão granulado ativado. Fonte: Apliquim Brasil Recycle, SP, 2013

7- Desmercurização térmica e destilação

O terceiro passo da etapa de obtenção do mercúrio reside em submeter a poeira fosforosa, os vapores e particulados extraídos dos dois filtros externos à planta, a um filtro químico no interior da fábrica que faz a separação térmica destilando o mercúrio, como ilustra a figura 2.8. A destiladora é uma máquina especial, chamada retorta, que aquece a 500°C o pó fosfórico para retirar o mercúrio (Figura 2.9).

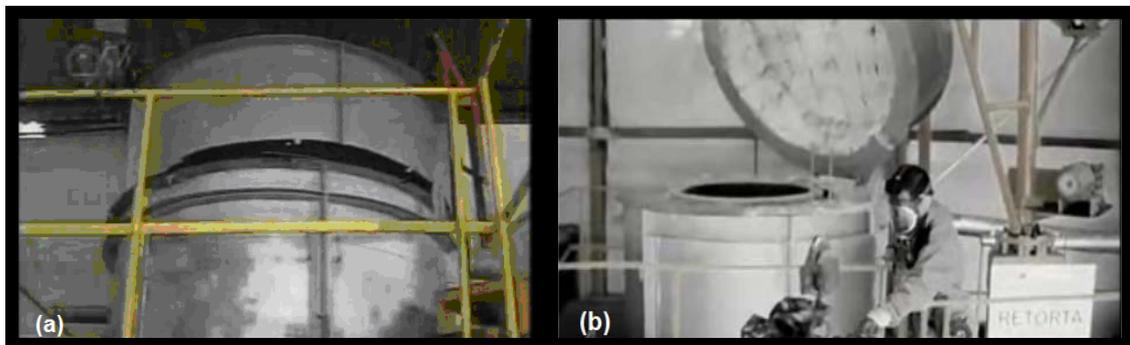


Figura 2.8. (a) Filtro químico para destilação do mercúrio (b) outro ângulo da retorta. Fonte: Apliquim Brasil Recycle.Paulínia-SP(2013).



Figura 2.9 Mercúrio destilado do processo Apliquim. Fonte: Apliquim BrasilRecycle,2013.

2.6.2. Processo de reciclagem da MEGA RECICLAGEM

A empresa Mega Reciclagem atua no ramo de descontaminação e recuperação de mercúrio, em Curitiba, Paraná, desde 1998. Todos os tipos de lâmpadas são aceitas para tratamento na Mega Reciclagem.

O processo de tratamento para descontaminação da lâmpada assemelha-se ao da Apliquim em muitos pontos, sendo descritas suas etapas a seguir:

1- Há a trituração das lâmpadas, porém com peneiramento dos resíduos para separação dos materiais.

2- Os resíduos são submetidos à separação eletrostática e ciclonagem, para segregação dos terminais de alumínio, pinos de latão, componentes ferro-metálicos, vidro, poeira fosforosa contendo mercúrio, e isolamento de baquelite (plástico termofixo).

3- No triturador, são separados e recolhidos em filtro, a poeira fosforosa, e outros particulados, finos. Através de exaustão, os resíduos triturados, são enviados à força centrífuga de um ciclone. Esse retirará do fluxo de pós e particulados, os fragmentos maiores que perdem velocidade, após colidirem com a parede do ciclone, caindo logo em seguida, pela ação da gravidade. Outros fragmentos serão capturados por atração eletrostática. A poeira fosforosa, e outros particulados finos, recolhidos no filtro, serão expelidos por ar para serem destilados na recuperação do mercúrio.

O vidro reduzido a pedaços de 15 milímetros é analisado quanto ao teor de mercúrio e comercializado para utilizações não dedicadas à alimentação. Os metais serão enviados para fundições (desde que seu teor de mercúrio não tenha mais do que 20mg/kg). A poeira fosforosa, após a extração do mercúrio poderá ser reutilizada na fabricação de tintas, e o mercúrio recuperado por destilação será reutilizado na indústria de lâmpadas. O único material não reciclável da lâmpada é a resina plástica termofixa, a baquelite. (MEGARECICLAGEM,2004).

2.6.3. Processo de Reciclagem da TRAMPPPO

A tecnologia Tramppo, em 2005 solicitou a patente do equipamento com 100% de tecnologia nacional. Em 2006, a Tramppo iniciou as operações em escalas comerciais.

O processo de tratamento inicia-se com o corte e separação dos terminais de alumínio da lâmpada, através de um processo de elevação da pressão e após queda da mesma, por sucção, procede-se à limpeza do vidro com um êmbolo inserido dentro dele, para remoção das camadas fosforosas que contem a maior parte do mercúrio e do gás argônio. Nesta etapa, o pó é facilmente empurrado para dentro de um coletor de borracha que encaminha o mercúrio e a poeira a um forno elétrico que aquece a mistura. O mercúrio é evaporado da mistura pelo calor do forno e é retirado dele e resfriado em um condensador. Do estado de vapor para o estado líquido é coletado em um recipiente abaixo do forno. O vidro, por sua vez, livre do pó poluente, é triturado e armazenado.

A figura 2.10 mostra o fluxograma do processo de produção da Tramppo. Na figura 2.11 pode-se observar o resultado do processamento de 1.000 lâmpadas fluorescentes de 40 W fornecendo as quantidades de resíduos:

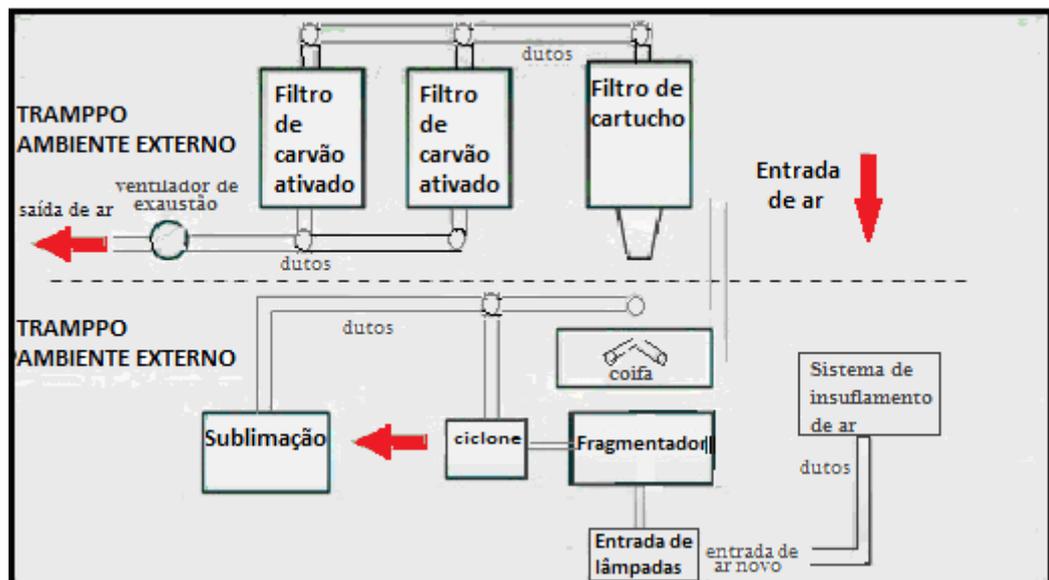


Figura 2.10 Fluxograma do processo de produção. Fonte Tramppo, 2013

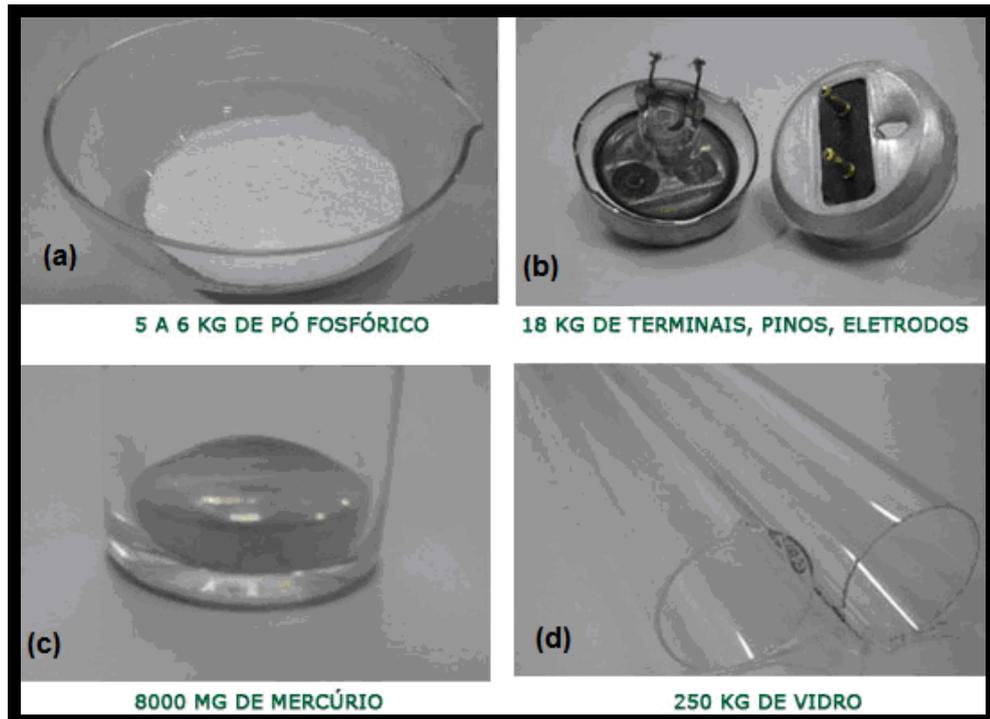


Figura 2. 11. (a)Pó fosfórico; (b)metais; (c)mercúrio metálico e (d)vidro.
Fonte: Tramppo, 2013.

2.6.4 Recicladores portáteis BULB-EATER e BULBOX

Os equipamentos Bulb-Eater e Bulbox são trituradores e descontaminadores de lâmpadas fluorescentes em larga escala, que podem ser levados à empresa dos fabricantes, revendedores e usuários. Caracterizam-se por serem equipamentos de pequeno porte e de fácil locomoção. Necessitam de uma área pequena para operação e podem ser adquiridos pelo usuário, ou serem levados até o local onde se encontram armazenadas as lâmpadas para a prestação de serviços.

Suas vantagens consistiriam em:

- Eliminar custos de transporte;
- Reduzir custos de armazenamento;
- Atender as normas regulamentares que determinam o cumprimento do descarte e a manipulação das lâmpadas com segurança e sem afetar a saúde de seus funcionários ou ao meio ambiente. Para tanto, seus filtros devem ser trocados de acordo com as indicações técnicas do aparelho.

No Brasil, o triturador e descontaminador Bulb-Eater, de origem americana é utilizado pela empresa Naturalis. Mais conhecido como Papa-lâmpadas, o equipamento Bulb-Eater é mostrado na figura 2.12. A Ambiansys, companhia de engenharia ligada à gestão ambiental, em 2005, criou o sistema Bulbox, mostrado na figura 2.13, um modelo semelhante ao Bulb-Eater, cujo desenvolvimento foi baseado em um projeto de equipamento dinamarquês para lâmpadas fluorescentes. Os dois equipamentos têm funcionamentos e resultados similares.

O modelo Bulb-Eater (figura 2.12), que se segue, tem um tambor metálico com capacidade para 200 litros, processando e armazenando 850 unidades. O tambor possui uma tampa vedante com um anel de borracha e um tubo metálico preso ao topo da tampa, em uma entrada circular onde a lâmpada é introduzida. Abaixo da tampa há um motor elétrico que aciona três tiras de corrente com cerca de 15 cm de comprimento, cuja finalidade é quebrar a lâmpada que entra.

Nos dois modelos, Bulb-Eater e Bulbox, os resíduos da lâmpada fluorescente triturada caem no fundo do tambor que é provido com vácuo. O vapor de mercúrio e a poeira fosfórica são sugados, através do tubo, por um aspirador com os dois filtros primários à base de celulose, situados em uma caixa vedada triangular, presa abaixo e atrás do tambor. No primeiro filtro, tipo bag, o fluxo dessas substâncias é retido em 90%.

O restante da poeira fosforosa, contendo mercúrio e vapor de mercúrio é retido no segundo filtro HEPA (High Efficiency Particulate Air), de fibras entrelaçadas, de alta eficiência para ar com particulados de até 0,3 micra, que filtra 99,99% das partículas. O vapor de mercúrio, que resta e passa por esses dois filtros, segue para a outra caixa cúbica onde o espera um filtro de carvão ativado que adsorve o mercúrio e o transforma em sulfeto mercúrico, composto não perigoso, Classe II. O ar expelido pelo aparelho, para o exterior, torna-se ar descontaminado. O vidro triturado e os terminais metálicos serão encaminhados a uma empresa recicladora.

O conteúdo do filtro de carvão ativado com o mercúrio retido será levado a uma câmara de alta temperatura onde é novamente vaporizado, através de dutos é coletado e resfriado (destilado) e reutilizado novamente. O carvão limpo do mercúrio pode ser descartado no lixo urbano (NATURALIS, 2011).

Os níveis de exposição ao particulado exalado pelo equipamento Bulbox estão em torno dos $0,005 \text{ mg/m}^3$ de mercúrio (TWA). O valor delimitado pela Norma NR-15 pelo Ministério do Trabalho é $0,04 \text{ mg/m}^3$. (BULBOX/AMBIENSYS, 2009)



Figura 2.12. Bulb Eater. Fonte Naturalis, 2012.



Figura 2. 13- Bulbox e transporte ao cliente. Fonte: Ambiensys, 2013.

2.6.5. Processo de reciclagem da SILEX

A SILEX é uma empresa que opera em Santa Catarina e trabalha com inúmeros tipos de lâmpadas de fluorescentes a incandescentes. Seu sistema recebe a lâmpada através de um fragmentador rotativo, que rompe as lâmpadas em presença de pressão negativa. A parte sólida do resíduo ou seja o vidro e o metal é separada do fluxo de poeira e do vapor de mercúrio.

Esse fluxo é filtrado, em ambiente de pressão negativa, separando a poeira fosforosa. Um filtro de carvão ativado retém o mercúrio que é retirado do filtro pela dessorção térmica. O mercúrio recapturado vai ao destilador triplo que recolhe o metal líquido. (figura 2.14) (POLANCO, 2007)

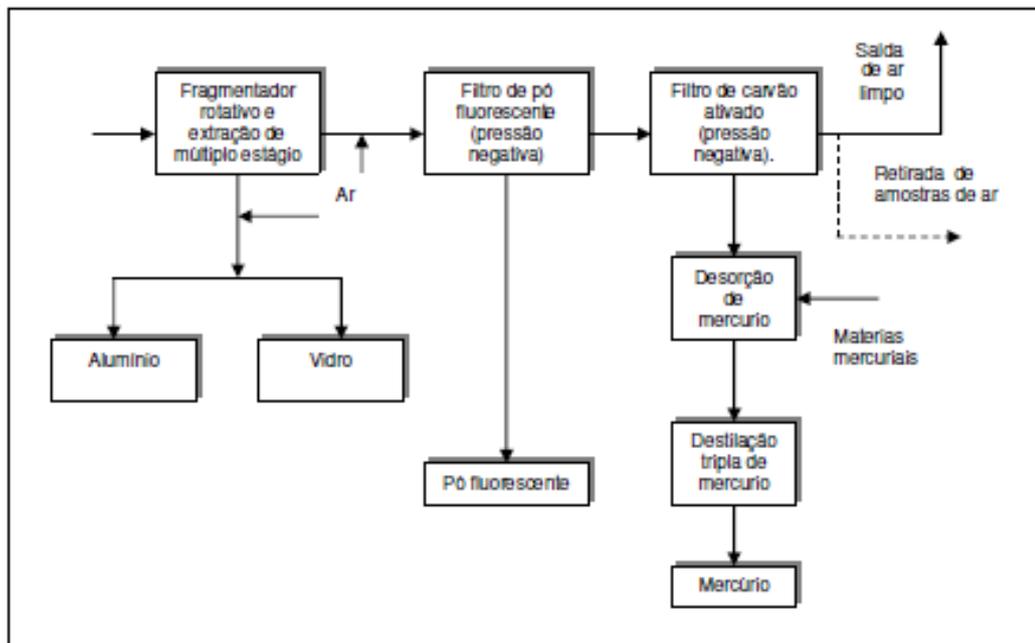


Figura 2.14 Processo de descontaminação de resíduos e recuperação do Hg, da Sílex. Fonte: SILEX *apud* POLANCO, 2007.

2.6.6 Processo de reciclagem da RECITEC

A Recitec é uma empresa que opera em São Leopoldo, Minas Gerais. Utiliza um processo de descontaminação por via seca, sem utilização de água para remoção de contaminantes.

Consiste o sistema em um triturador de correias que quebra as lâmpadas; os resíduos são novamente moídos dessa vez por um rolo, para moagem fina. O material é peneirado para separação dos metais e o vidro e a poeira fosforosa contendo mercúrio, são encaminhados a um separador que o impele para o ciclone que recolhe a poeira fosforosa. O fluxo do particulado e vapores de mercúrio vão para um forno a 500°C que faz evaporar o mercúrio. A poeira segue para outra direção onde é recolhida. O vapor vindo do evaporador passa por um decantador, é resfriado no condensador, passa por outro decantador e é filtrado. De lá o metal é recolhido para reutilização (RECITEC, 2006; POLANCO, 2007). Com exceção do isolamento baquelítico, todos os demais elementos podem ser reciclados.

A figura 2.15 ilustra a operação da máquina de descontaminação pelo operário e a figura 2.16 mostra o fluxograma do processo.



Figura 2.15 Funcionário operando a máquina. Fonte: Recitec, 2011

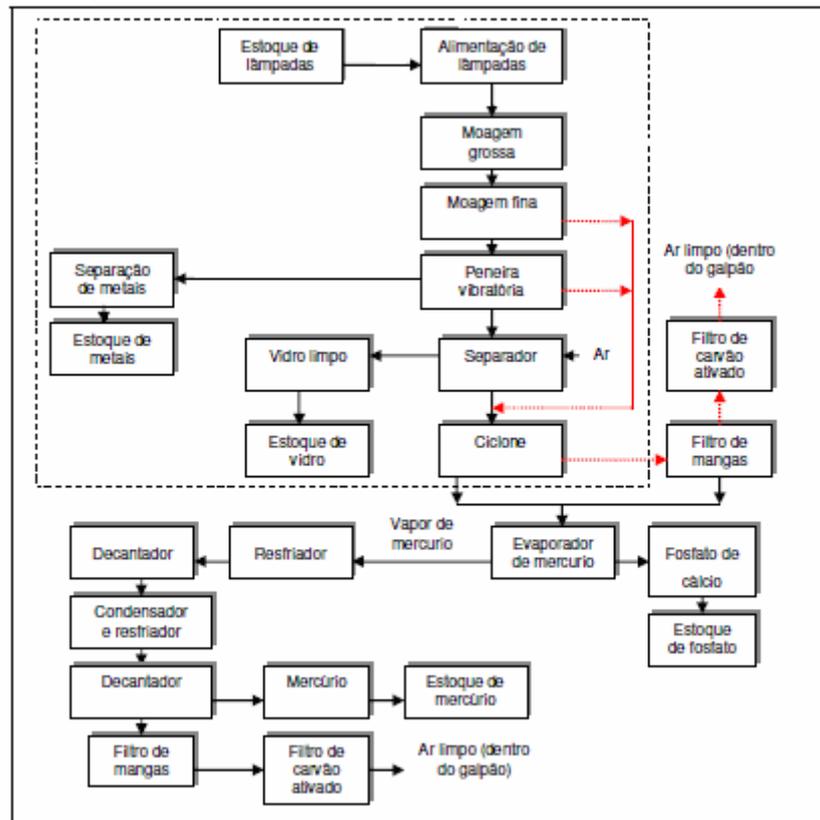


Figura 2.16. Processo de descontaminação de resíduos de lâmpadas Recitec. Fonte Recitec *apud* POLANCO, 2007.

2.7 Reaproveitamento

O inciso XIV do Art.3º, Capítulo 2, da Lei da Política de Resíduos Sólidos nº 12305 de 2010, define reciclagem como “ o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos[...]”(BRASIL,2010).

Os subprodutos gerados pela descontaminação das lâmpadas fluorescentes, após serem separados, são comercializados para reintrodução na cadeia produtiva de outras indústrias, completando o processo de reciclagem. A seguir, é apresentado o processo de um dos tipos de reaproveitamento de subprodutos de lâmpadas.

Em uma fábrica de cerâmica, o vidro resultante, da descontaminação de resíduos de lâmpadas fluorescentes da Naturalis, é inserido na máquina que fará a moagem fina em tambor figuras 2.17 (a) e (b), é introduzido, misturado à argila na

esteira para formar a massa da cerâmica, figura 2.17 (c), e transforma-se em (figura 2.17 (d)) uma placa crua de cerâmica que será modelada e cortada, indo ao cozimento. A figura 2.18 ilustra a utilização final do material reciclado das lâmpadas.



Figura 2.17. (a) vidro quebrado, descontaminado, de lâmpadas fluorescentes; (b) moagem fina em tambor; (c) na esteira, sendo misturado à argila (d) já como cerâmica crua. Fontes: NaturalisBrasil e TV Bandeirantes.



Figura 2.18. Placa de cerâmica modelada e cortada, após cozimento. Fontes: NaturalisBrasil, 2012

2.8. Custos de descontaminação e recuperação de mercúrio

A estrutura do preço final do custo de descontaminação de lâmpadas fluorescentes e mercuriais depende do volume a ser descontaminado, da distância (frete), da embalagem, seguro contra acidentes e o serviço solicitado pelo cliente. As empresas e indústrias que seguem um programa ambiental definido por normas ou legislação vigente têm arcado com os custos do processo.

Segundo Sanches (2008), o material que é obtido da descontaminação (vidro, pó fosforoso, metais e mercúrio) tem muito pouco valor atribuído, comercialmente, não facultando às empresas descontaminadoras e recuperadoras de mercúrio a receberem compensação maior por esses subprodutos dessa etapa da reciclagem.

Quadro 2.3-Custos de Reciclagem de Lâmpadas em valores de 2011(exceto*).

Empresa	Estado	Custo em R\$ (sem frete)	Observação/ Limitação	Local de Processamento
Apliquim Brasil Recycle	São Paulo Santa Catarina	100,00/100 unidades	Coleta com faturamento mínimo até 1000 unid.:R\$1420,00	Planta
Mega Reciclagem	Paraná	54,00/100 unidades	-	Planta
Naturalis	São Paulo	0,60/unidade(2007)*	-	Bulb Eater
Recitec	Minas Gerais	Unidades: Inteiras-R\$0,95/un. Quebradas-R\$5,00/un.	Frete em BH R\$300,00 Sem impostos incluídos	Planta
Silex	SC	0,55 a 0,60/ unidade(2007)*	-	Planta
Tramppo	São Paulo	1,50/unidade	Faturamento mínimo-R\$300,00	Planta/Tambor Triturador
Bulbox/Ambiensys	São Paulo	67,00/100 unidades	Faturamento mínimo-R\$200,00 Abaixo de R\$500,00-Taxa de R\$100,00 deslocamento	Bulbox
Hg Descontaminação	Minas Gerais	68,00/100 unidades	Taxa de R\$50,00 por coleta	Planta

Fonte:Baseado em dados de Cussioli(2011)

2.9 Coleta de lâmpadas fluorescentes

O Art. 5º do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 que regulamenta a Lei da Política de Resíduos Sólidos nº 12305/10 dá aos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, a responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos e o dever de estruturar e implementar sistemas de logística reversa, e também estabelecer postos de entrega para o produto exaurido do usuário (BRASIL, 2010). Há programas de recolhimento e destinação de lâmpadas gratuitos realizados por prefeituras, companhias de energia, e algumas lojas de artigos construção, supermercados etc.. No caso dos estabelecimentos comerciais pode haver venda casada (deixa-se a lâmpada usada para reciclagem na compra de uma nova) ou ser gratuita a coleta, como por exemplo, na rede Leroy Merlin de artigos de construção que instalou estações de coleta seletiva de materiais recicláveis internas e externas às lojas. Nas estações de coleta seletiva internas, os materiais recolhidos são: papel, plástico, vidro e metal, além de pilhas, baterias, carregadores e celulares. Nas estações de coleta seletiva externas (vide figura 2.19), além dos recicláveis comuns, podem ser descartadas, as lâmpadas, principalmente as fluorescentes, sem ônus para o cliente.



Figura 2.19. Estação de coleta seletiva da rede Leroy Merlin (a) vista total; (b) enfoque na parte de coleta das lâmpadas. Fonte: www.ecolmeia.org.br, (2013).

A descontaminação e reciclagem dessas lâmpadas são realizadas pela Tramppo. Dentre as lojas que possuem essa facilidade estão as de Belo Horizonte, Brasília, Campinas, Contagem, Curitiba, Goiânia, Niterói, Porto Alegre, Ribeirão Preto, Rio de Janeiro, São José dos Campos, São Paulo, Taguatinga e Uberlândia. Os resíduos descontaminados pela Tramppo são encaminhados para a indústria de produção de pisos cerâmicos (o vidro), para fins científicos da Universidade de São Paulo (o mercúrio) e para uma Cooperativa, o metal dos terminais. Não é grande, no entanto, a facilidade em se localizar postos de coleta de lâmpadas, onde essas são comercializadas - a maioria desses estabelecimentos comerciais não dispõe desse serviço de recolhimento.

2.9 Reciclagem Em Outros Países

Nos EUA, o custo para pequenos geradores de lâmpadas usadas varia de US\$ 1.08 a US\$2.00 por lâmpada. Para grandes geradores, o preço final é da ordem de US\$0.36 por lâmpada de 4 pés (1,22 metros), mais custos com frete e acondicionamento para transporte.(PORTAL SÃO FRANCISCO, 2013).

A Diretiva 2002/95/CE, de 27.1.2003, da União Européia, que restringe o uso de substâncias perigosas como o mercúrio (ROHS), classifica as lâmpadas mercuriais como Categoria 5 , a de equipamentos de iluminação (lâmpadas fluorescentes, de sódio de baixa pressão, outros equipamentos de iluminação, exceto lâmpadas incandescentes), dentre as 10 categorias de REEE (Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico), listadas.

A Directiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de Janeiro de 2003 estabelece, entre outros aspectos a criação de normas europeias para a qualidade do tratamento de lâmpadas. Consideradas uma categoria de REEE (Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico) relevante, devido ao seu conteúdo de mercúrio, a União Européia implementou medidas para o descarte ambientalmente correto e o gerenciamento adequado das lâmpadas fluorescentes, por sua vez, veio estabelecer metas de coleta (UNIÃO EUROPÉIA, 2003).

A **Alemanha** contabilizou em 2011, de acordo com a EU-Recycling, mais de 6.000 pontos de coleta para lâmpadas fluorescentes. (BONMANN, 2012).O descarte

de lâmpadas no lixo comum, não é permitido. A coleta das lâmpadas é feita pela própria Prefeitura das cidades que encaminha à destinação adequada. A Alemanha já chegou aos 50% de coleta dos resíduos de lâmpadas fluorescentes.

A **Espanha** contabiliza 8 mil pontos de coleta de lâmpadas distribuídos por todo país, e segundo Alberto Rodriguez, da Associação para Reciclagem de Lâmpadas da Espanha, o país já está coletando 40% dos resíduos de lâmpadas fluorescentes, enviando-as para reciclagem. Até 2013 planejam chegar a 45% (APLIQUIM, 2012).

Na **França**, a coleta é feita 55% por catadores de lixo, 23% dos distribuidores de lâmpadas, 15% por empresas de instalação e os restantes 7% pelos municípios e diretamente pelos clientes.

Na **Holanda**, o índice de reciclagem das lâmpadas fluorescentes está em um patamar de 83% (FAPESP, 2008).

Na **Romênia**, a campanha de recolhimento de lâmpadas usadas, iniciou-se em 2008, dispondo em torno de 1000 caixas coletoras de lâmpadas revendedores de lâmpadas, nas plantas municipais de eliminação de lixo e empresas que produzem ou distribuem lâmpadas. Esse trabalho tem sido realizado através da associação Recolamp(<<http://www.recolamp.ro>> www.recolamp.ro), fundada pela Philips, Osram, Narva e a General Electric, que realiza a coleta. O cliente paga por um imposto de selo verde, de aproximadamente 0,24 euros por cada lâmpada fluorescente compacta que adquire. A empresa que realiza os serviços de reciclagem situa-se na Alemanha, para onde muitos outros países do Leste Europeu Central que não possuem empresas de reciclagem, em seus territórios, também estão enviando.

Na **Dinamarca**, em 2005, foi fundada uma associação Waste EletroElectronic, pelos fabricantes, para coleta de lâmpadas fluorescentes compactas e tubulares (LFLs) usadas. Com 110 pontos de coleta comerciais e 127 pontos de coleta de resíduos urbanos a associação consegue a coleta de 50% das lâmpadas (em peso). Observa-se melhor resposta para os setores não-residenciais, não tão boa do consumidor, doméstico.

Na **República Checa**, há a cobrança de uma taxa de tratamento para a Ekolamp, associação encarregada da reciclagem, proporcional à sua quota de participação do mercado, que em realidade é o equivalente do custo da reciclagem.

Nos **países Bálticos (Letônia, Lituânia e Estônia)**, a Philips, Osram, GE Hungria e BLV fundaram a empresa Ekogaisma que organiza programas de

reciclagem de lâmpadas fluorescentes, sediada na Letônia. A campanha promovida pela Ekogaisma "Economize, mas não polua" procura chamar a atenção da população para a necessidade da reciclagem desse tipo de resíduos.

Nos **Estados Unidos**, não há uma lei federal obrigando a reciclagem de lâmpadas fluorescentes, mas existe a proibição de disposição no lixo doméstico das mesmas. A obrigatoriedade de reciclagem fica por conta da decisão soberana de cada estado. Os estados com leis estaduais para reciclagem, independentemente da quantidade de resíduos ou do tipo de empresa ou organização são: Califórnia, Minnesota, Florida, Connecticut, Rhode Island, Nova York, Massachusetts, Vermont, Nova Hampshire, Maine, Washington, D.C.

Os estados restantes (quarenta deles) têm legislação de obrigatoriedade de reciclagem e normas de regulação, mas com muitas isenções relativas à quantidade de resíduos ou tipo de empresa ou organização de onde elas são provenientes(WWW.EVERLIGHTS.COM,2012).

A Tabela 2.3 mostra a proporção de lâmpadas recicladas entre as descartadas, em diversos países.

Tabela 2.3- Registro da proporção de lâmpadas recicladas versus descartadas

País	Descarte(milhões/ano)	Reciclagem(milhões/ano)	Reciclagem (%)
Holanda	24	20	83,3
Suécia	14	7	50
Alemanha	100	50	50
Bélgica	12	6	50
EUA	903	220	25
Noruega	6	2	33,3
Espanha	35	5	14,3
Itália	45	5	11,1
França	50	5	10
Reino Unido	50	5	10
Brasil	100	6	6

Fonte :MRT System (2007) apud Sanches(2008);.

3. O MERCÚRIO E SEUS IMPACTOS

O símbolo químico do mercúrio, Hg, deriva-se do nome grego Hydrargyrum, ou água-prata, prata líquida ou azougue, utilizado para a mineração do ouro (hydra-água, argyros-prata). Conhecido das antigas civilizações como a chinesa, grega e romana, o mercúrio (Hg) é um elemento químico que faz parte do grupo 2b (metais de transição), possuindo um número atômico igual a 80, peso atômico de 54,93, com ponto de fusão próximo de $-38,87\text{ }^{\circ}\text{C}$ (graus Celsius) e de ebulição a $356,9^{\circ}\text{C}$ (é o único metal que o faz abaixo de 650°C) (HORVAT, 1996).

O mercúrio elementar metálico, assume o estado líquido à temperatura ambiente, tornando-se facilmente vapor de mercúrio, quando há um aumento da temperatura. Como vapor, não apresenta odor, e é incolor, espalhando-se em meio ambiente/atmosfera (WHO, 2005). Além do enxofre, o mercúrio pode ser eventualmente encontrado em ligação com a prata. Quando no estado líquido, tem coloração branca prateada, brilhante, e é um metal de grande densidade, e elevada tensão superficial (UNEP, 2002). Esse metal tem o “mais alto potencial de ionização do que qualquer outro elemento eletropositivo com a única exceção do hidrogênio” (HORVAT, 1996, p.1).

Este metal assume três estados de oxidação (0, +1 e +2), possuindo três especiações químicas, que podem ser classificadas nas seguintes categorias:

- mercúrio metálico ou elementar (Hg^0),
- mercúrio inorgânico, principalmente na forma de sais mercúricos (HgCl_2 , HgS) e mercurosos (Hg_2Cl_2),
- mercúrio orgânico, ligado por covalência a radicais orgânicos de carbono, formando sais como por exemplo, metilmercúrio, etilmercúrio e fenilmercúrio.

Na atmosfera sua maior ocorrência vem a ser como Hg^0 , perto de 95%. O mercúrio elementar metálico (Hg^0) não é inflamável e apresenta baixa solubilidade em água ou solventes orgânicos; ele toma sua forma solúvel ao se oxidar quimicamente e se tornar Hg^{+2} , após reações atmosféricas com o O_2 , aparecendo com preponderância na biota aquática, inserindo-se em formas orgânicas de carbono (HORVAT, 1996).

3.1 Fontes Naturais De Mercúrio

O mercúrio elementar está constantemente sendo veiculado pela atmosfera, por sua evaporação dos meios aquáticos e terrestres, assim assumindo a forma de vapor (Hg^0). Dessa forma, esse vapor metálico se move por grandes distâncias globais. Seu meio mais significativo de inserção nos sistemas naturais é através dessas emissões gasosas, cuja origem pode ser tanto natural como antropogênica.

Em formação espontânea de minério, o mercúrio só é encontrado em quantidades relativamente pequenas, em minas, em raros lugares espalhados pelo globo. No Brasil, o mercúrio provem da importação ou da reciclagem de material obtido de antigas fábricas de cloro-soda desativadas, uma vez que não existem minas naturais desse mineral, com alguma relevância, em nosso solo.

A evaporação do vapor de mercúrio, dos oceanos, também se contabiliza como fonte natural de obtenção do metal, pois esse vapor, na forma solúvel, se junta às chuvas e se precipita no solo.

3.2 Fontes antropogênicas do mercúrio

Atualmente, somam-se às emissões naturais do vapor metálico, as emissões antropogênicas, das usinas termoelétricas, plantas de processamento de cloro e soda cáustica (processo industrial químico), queimadas de vegetação e incinerações, que se configuram como uma grande fonte de poluição atmosférica do metal. Uma das formas mais prejudiciais à natureza é a introdução do mercúrio na mineração do ouro. (CLARKSON; MAGOS&MYERS, 2003).

O descarte inadequado e displicente de produtos mercuriais no lixo comum, como no caso das lâmpadas fluorescentes, que exalam vapores de mercúrio, contamina tanto o gerador como o catador de lixo e sua família, nos aterros não autorizados pelos órgãos públicos e que se formam nos lugares onde se concentra população de baixa renda.

Segundo o IISD (Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável, 2013), desde 2001, o Conselho Governante das Nações Unidas/ Fórum Ministerial Global do Meio Ambiente (UNEP) tem habitualmente, levantado a discussão cujo

tema é a necessidade de se proteger a saúde humana e o meio ambiente das liberações de mercúrio e seus compostos.

3.3. Minas De Mercúrio

Há pelo menos 25 minerais de mercúrio conhecidos. Não obstante, o minério de extração economicamente mais significativa, vem a ser o cinábrio (HgS - sulfeto de mercúrio II). O cinábrio é um mineral vermelho e brilhante, insolúvel, e não considerado como sendo tóxico. Conhecido desde a antiguidade, no auxílio para a extração de minerais preciosos, como o ouro e a prata e na utilização em pinturas e fabricação de tintas. Sua extração era proveniente de regiões onde haviam constantes erupções vulcânicas, em fendas e nas vizinhanças de fontes de águas termais (AZEVEDO, 2003).

Muitas dessas minas são exploradas desde a antiguidade para utilizar o mercúrio, em lugares por vezes já bastante contaminados. As minas mais conhecidas, atualmente, ficam em Almadén, na Espanha, Idrija, na Eslovênia, Khaidarkan, no Quirguistão, Azzaba, na Algeria, Gong Kuan, na China, Novo Almadén (Califórnia) e Terlingua, (Texas) nos Estados Unidos, Querétaro, no México, Moschellandsberg, na Alemanha e Monte Avala, na Iugoslávia, e outras de menor importância econômica.

Apenas em 1995, se extraiu 1.500 toneladas do metal em Almadén. Segundo Diaz (2011) as emissões liberadas para a atmosfera ambiente pela produção da mina espanhola foram estimadas em cerca de 1(um) quilograma por hora. Calculando-se a emissão na atmosfera, foram liberadas mais de quatro toneladas de mercúrio. O México, em 2008, exportou 58,5 toneladas, emitindo 156 quilos de Mercúrio, no meio ambiente naquele ano (DIAZ, 2011).

O Brasil não possui minas de minério de mercúrio de alguma rentabilidade, nem há registros de alguma produção, portanto todo mercúrio que venha a empregar em algum processo, precisa importar (BRASIL, 2003). Os países exportadores para o Brasil foram até 1984, o México, Canadá, E.U.A (Estados Unidos) . Desde então, países como o Reino Unido, Holanda e Alemanha começaram a ganhar o mercado brasileiro, e mais recentemente, na última década, a Espanha e o Quirguistão (LACERDA, 1996; COSTA & ROHLFS).

Em função dos apelos da comunidade internacional, a Espanha, suspendeu, desde 2005, suas operações, acompanhada da Argélia. A importação de mercúrio foi proibida a partir de 1º de Julho de 2010 (Parlamento Europeu, 2007). O governo dos EUA, a partir de 1º de janeiro de 2013, decretou a proibição das exportações das várias minas de mercúrio elementar (Hg^0), em solo americano (DIAZ, 2011).

No ano de 2011, o representante do Brasil, do Ministério do Meio Ambiente, Otávio Maioli, em reunião realizada em Nairóbi, no Quênia, disse que a tendência do Brasil é defender a redução e o controle do uso do mercúrio, e, que os representantes do Brasil iriam manifestar-se favoravelmente a um texto mais rígido, em relação às emissões de mercúrio em água e solo” (BORBA, 2011).

3.4 Utilizações do mercúrio

O mercúrio é propenso a produzir ligas metálicas com outros metais como o ouro, a prata, potássio e o sódio, produzindo amálgamas. Em virtude disso, é usado em amálgamas para fins odontológicos, e em larga escala, na mineração do ouro e na indústria da obtenção do gás de cloro e soda cáustica (AZEVEDO, 2003). Em sua lavra no garimpo, como agente químico na formação de amálgamas com o fino particulado do ouro, é lançado nos corpos hídricos e no solo, proporcionando enormes impactos ecológicos, na flora e na fauna ribeirinha (CLARKSON; MAGOS&MYERS, 2003).

Por possuir a característica no estado líquido, de dilatação de volume uniforme, sob variações de temperatura e pressão, além de um alto ponto de ebulição, encontra aplicação em dispositivos de medição de temperaturas e pressão, como termômetros, barômetros e aparelhos médicos de aferição da pressão arterial, além de outros instrumentos de uso industrial como termostatos e pressostatos (UNEP, 2002; AZEVEDO, 2003). Alguns compostos inorgânicos de mercúrio são utilizados como fungicidas, biocidas na fabricação do papel, antissépticos farmacêuticos e tintas protetoras na indústria naval (AZEVEDO, 2003).

A boa condutividade elétrica do mercúrio é especialmente, aplicada nas indústrias de interruptores e relés, e, seu poder de ionização em arco de descarga luminoso, o seleciona como o gás ideal, na indústria de lâmpadas de descarga,

como as fluorescentes, de vapores metálicos, HID e ultravioletas, tornando-o o elemento mais eficaz e insubstituível para essa tecnologia. O óxido de mercúrio é empregado na fabricação de elementos internos de pilhas e baterias (ATSDR, 2001).

3.5 Ciclo do mercúrio na cadeia trófica

Na natureza, o mercúrio metálico (Hg^0) evapora-se do solo e da água, para a atmosfera, e sendo muito estável, pode lá persistir até por um ano. Essa longa estadia, o possibilita vencer longas distâncias. Antes de se precipitar, interage com o Oxigênio (O_2) atmosférico, tomando a forma solúvel Hg^{2+} . Precipita-se, então, por ação das águas pluviais, ou pela condensação do ar. Microorganismos, bactérias e fungos existentes no solo e na água, podem transformar o mercúrio metálico em metilmercúrio, acrescentando um radical orgânico metil (MeHg) ou o mercúrio pode ser devolvido na forma de vapor metálico para a atmosfera, em um processo cíclico natural, normalmente levando grandes períodos de tempo para o fenômeno (CLARKSON, MAGOS, MYERS, 2003).

O metilmercúrio é a forma mais prejudicial aos seres vivos, dentre os compostos do metal. A porção do Hg^{2+} , que se precipita nos corpos hídricos, solubilizado pelas águas das chuvas, será incorporada aos sedimentos onde cresce a vegetação subaquática. Por sua vez, as algas vão nutrir os zooplânctons e mariscos, que servem de alimento para os pequenos peixes “forrageiros” (herbívoros e onívoros) que servirão de alimento aos seus predadores, os peixes carnívoros, pássaros e animais marinhos. A cadeia trófica vai sendo percorrida e as doses do metilmercúrio de cada ser vivo, nela envolvido, são bioacumuladas porque não são metabolizadas pelo organismo, nem quase excretadas, desenvolvendo um processo de biomagnificação, porque são somadas. O ser humano ribeirinho ou praiano irá atingir uma dose prejudicial ao seu organismo ao absorver o metilmercúrio proveniente de cada porção de pescado ou mariscos em sua dieta diária (UNEP, 2007).

3.6. Toxicidade do mercúrio

3.6.1. Exposição humana e efeitos na saúde

As emissões atmosféricas e os vapores fornecem a forma mais direta de contaminação ambiental por mercúrio: a respiratória. A forma mais habitual de exposição ser humano é a dieta, de pescados e frutos do mar contaminados por metilmercúrio.

A exposição ao mercúrio pode ocorrer por inalação de vapores de mercúrio metálico (Hg^0) em ambientes ocupacionais, por ocasião de uma simples troca de lâmpada quando ela se quebra, ou ao aplicar uma amálgama dentária em consultórios odontológicos, ambientes esses contaminados por derramamento ou liberação de mercúrio. Dependendo da temperatura, o mercúrio líquido começa sua evaporação poucas horas após o derramamento. O vapor de mercúrio metálico (Hg^0) não se solubiliza quase na água, mas facilmente o faz em plasma sanguíneo, sangue e hemoglobina (HSDB,2000).

O mercúrio é considerado como um dos metais tóxicos, incluso na categoria de metais pesados, um microcontaminante ambiental, sendo um elemento não essencial, sem função orgânica ao metabolismo dos organismos vivos, da mesma forma como o chumbo (Pb), cádmio (Cd), astatínio (As) e urânio (U) (SCHIO,2003). Os resíduos mercuriais são considerados Classe I, resíduos perigosos, pela Norma ABNT NBR 10004, que estabelece limites de tolerância para esses contaminantes serem dispostos no meio ambiente.

A norma regulamentadora NR-7 (MTb,1996) que trata do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO, com o objetivo de promoção e preservação da saúde do conjunto dos seus trabalhadores e a NR-15 (MTb,1978), na Portaria n.º 3.214, de 08 de junho de 1978 do Ministério do Trabalho, que dispõe sobre as atividades ocupacionais do trabalhador em locais insalubres, também reconhecem o poder nocivo do mercúrio, capaz de acarretar doenças graves ao trabalhador, em função disso, atribuindo valores de tolerância orgânica ao mercúrio.

Por essa razão, uma vez que há a inevitabilidade do convívio diário com esse risco, é que se fazem necessárias a conscientização ambiental e a motivação pessoal de proteger a si mesmo, ao próximo e ao meio onde vivemos, desse impacto ambiental (WALKER, BRUSSEAU, & FITZSIMMONS,1996).

3.6.2. Limites Laboratoriais Humanos e Ambientais

Segundo Galvão, (1987) as concentrações habituais normais, encontradas no organismo do ser humano, que servem de valor comparativo para mensurar a exposição ao mercúrio são:

No sangue : 5 µg/l

Na urina: 0,5 µg/l

No cabelo: 2 µg/l

Para verificação de possível intoxicação mercurial, são utilizados os valores das Normas reguladoras NR-7 e NR-15 do Ministério do Trabalho. A NR-7, Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho, estabelece os parâmetros conforme o quadro a seguir.

Quadro 3.1 -NR 7 – Quadro I-Programa de controle médico de saúde ocupacional (107.000-2)

Agente Químico	Indicador Biológico		VR	IBMP	Método Analítico	Amostragem	Interpretação	Vigência
	Mat. Biológ.	Análise						
Mercúrio Inorgânico	Urina	Mercúrio	Até 5 ug/g creat.	35 µg/g creat.	EAA	PU T-12 12	EE	

Fonte: NR-7 (MTE,1996)

Abreviaturas:

IBMP

Índice Biológico Máximo Permitido: é o valor máximo do indicador biológico para o qual se supõe que a maioria das pessoas ocupacionalmente expostas não corre risco de dano à saúde. A ultrapassagem deste valor significa exposição excessiva;

VR

Valor de Referência da Normalidade: valor possível de ser encontrado em populações não-expostas ocupacionalmente;

Método Analítico Recomendado:

EAA

Espectrofotometria de Absorção Atômica;

Condições de Amostragem:

PU

Primeira urina da manhã;

T-12

Recomenda-se iniciar a monitoração após 12 (doze) meses de exposição;

Interpretação:

EE

O indicador biológico é capaz de indicar uma exposição ambiental acima do limite de tolerância, mas não possui, isoladamente, significado clínico ou toxicológico próprio, ou seja, não indica doença, nem está associado a um efeito ou disfunção de qualquer sistema biológico;

A NR-15, Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho, estabelece os parâmetros conforme o quadro a seguir.

Quadro 3.2 -NR-15 Atividades e operações insalubres (115.000-6)

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de Insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m ³ **	
Mercúrio (todas as formas exceto orgânicas)			-	0,04	máximo

* ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado.

** mg/m³ - miligramas por metro cúbico de ar.

Fonte: NR-15 (MTE, 1978)

Os limites ambientais gerais da OMS (Organização Mundial de Saúde), apresentados no Quadro 3.3 foram determinados em concordância com os valores constatados em diversas regiões do globo em que não se encontrou efeitos na saúde da população exposta.

Quadro 3.3 . Limites ambientais gerais do mercúrio

Limites Ambientais	Valores
No ar urbano	Inferior a 15 µg/m ³ (OMS)
Na água potável	1 µg/L (OMS)
Na água de rio	0,2 µg/L
Na água de mar	0,3 µg/L

OMS-Organização Mundial de Saúde.Fonte :Galvão&German-Corey,1987

O Quadro 3.4 mostra valores orientadores mercuriais indicados pela CETESB, 2012 para os diversos tipos de meio físico.

Quadro 3.4. Padrões e valores orientadores mercuriais

Meio	Concentração	Comentário	Referência
Solo	0,5 mg/kg* 12 mg/kg* 36 mg/kg* 70 mg/kg*	Valor de Prevenção VI cenário agrícola- APMax VI cenário residencial VI cenário industrial	CONAMA 420/2009
Água potável	0,001 mg/L	Padrão de potabilidade	PORTARIA 2914/2011
Água subterrânea	1 µg/L 10 µg/L 2 µg/L 1 µg/L	VMP (consumo humano) VMP (dessedentação) VMP (irrigação) VMP (recreação)	CONAMA 396/2008
Águas doces	0,0002mg/L 0,002 mg/L	VM (classes 1 e 2) VM (classe 3)	CONAMA 357/2005
Águas salinas	0,0002 mg/L 1,8 µg/L	VM (classes 1) VM (classe 2)	CONAMA 357/2005
Águas salobras	0,0002 mg/L 1,8 µg/L	VM (classe 1) VM (classe 2)	CONAMA 357/2005
Efluentes	0,01 mg/L	Padrão de lançamento	CONAMA 430/2011
Peixes	0,5 mg/kg 1,0 mg/kg	LMT1 para peixes e produtos da pesca (exceto predadores) LMT para peixes predadores	PORTARIA 685/1998

1 = mercúrio total; VI = Valor de Investigação; * = peso seco; APMax = Área de Proteção Máxima; VMP = Valor Máximo Permitido; VM = Valor Máximo; LMT = Limite Máximo de Tolerância Fonte: CETESB,2012.

Segundo a Agencia para Registro de Substâncias Tóxicas e Doenças(2001), a ATSDR americana, para testar a exposição ao mercúrio metálico, proveniente de

vapores, as amostras de sangue ou de urina são utilizadas, pois a quantidade de mercúrio detectada no sangue e urina mostra uma ligação com o grau de toxicidade. Porém se cessar a exposição, o nível de mercúrio no sangue apresenta uma queda rápida. Em razão disso exames de sangue mostram-se mais eficientes para verificação de exposições contínuas ou recentes.

Os níveis de mercúrio no sangue, admitidos como normais na população em geral, segundo Galvão, (1987) são geralmente de 5 microgramas de mercúrio por litro de sangue, mas devido ao fato de que o mercúrio metálico, absorvido organicamente é quase exclusivamente excretado na urina, amostras da mesma constituem-se melhor indicador da exposição aos vapores de mercúrio metálico do que os níveis de mercúrio no sangue. A coleta da urina pode ser realizada ao decorrer de um período de 24 horas, ou de uma vez (após o despertar pela manhã, preferivelmente), e não em local de trabalho e também deve ser procedida a medida da dosagem de creatinina(uma substância a qual ocorre naturalmente na urina) no exame.

A forma química pela qual ocorreu a contaminação com o mercúrio (orgânica ou inorgânica) terá diferentes valores de interpretação para os resultados laboratoriais.

3.7 Efeitos Na Saúde Humana

As vias dérmica ou gástrica, no corpo humano não têm absorção acentuada da forma de mercúrio metálico líquido, a menos que o organismo apresente alguma enfermidade nessa área. Mas quando o líquido se torna vapor, à temperatura ambiente elevada, a mecânica da contaminação se torna outra: se os vapores de mercúrio forem inalados, podem ser de alta toxicidade para o organismo humano e animal (ATSDR, 2001). Segundo a ATSDR (1999), o sistema nervoso é muito sensível ao mercúrio. Danos permanentes no cérebro são provocados quando há exposição em níveis suficientemente altos de mercúrio, pois os vapores de mercúrio metálico ou a ingestão de mercúrio orgânico(metilmercúrio) pela alimentação, podem produzir alterações em áreas diferentes do cérebro e em suas funções associadas, acarretando diferentes sintomas. As mudanças de personalidade (irritabilidade, timidez, nervosismo), tremores, alterações na visão (constricção (ou estreitamento) do campo visual), surdez, incoordenação muscular, perda de

sensibilidade e dificuldades com a memória, estão listadas como sintomas típicos. A meia-vida estimada do mercúrio (Hg), no organismo humano é de cerca de 60 dias (ATSDR, 1992).

O organismo humano elimina o mercúrio absorvido através do suor, saliva, urina, fezes e bÍlis. Os principais Órgãos onde ocorre a acumulaçÓo do mercúrio sÓo os rins, fÍgado e o sistema nervoso. Os rins sÓo, juntamente ao cÓrebro, os ÓrgÓos mais afetados(nefrite), principalmente porque a eliminaçÓo do mercúrio se dá por eles. Pode-se verificar, no Quadro 3.5, as respostas orgÓnicas dos seres humanos Às diversas formas de contaminaçÓo de Mercúrio, de acordo com CETESB, 2012.

Quadro 3.5 -Respostas orgÓnicas dos seres humanos Às diversas formas de contaminaçÓo de mercúrio

Forma do Mercúrio	Meio	Órgãos atingidos
Mercúrio metálico (Vapor)	InalaçÓo de altas concentraçÓes	PulmÓes (80% do Mercúrio inalado é absorvido pelo sangue)
	InalaçÓo crÓnica de baixas concentraçÓes dos vapores	Sistema nervoso: Distúrbios neurolÓgicos, problemas de memÓria, erupçÓes cutÓneas e insuficiênci renal
Compostos inorgÓnicos de mercúrio	IngestÓo de grandes quantidades	IrritaçÓo provÁvel e corrosÓo no sistema digestivo
	A ingestÓo ou a aplicaçÓo dérmica por longo perÍodo	Distúrbios neurolÓgicos, problemas de memÓria, erupçÓes cutÓneas e insuficiênci renal
Mercúrio inorgÓnico	Contato fÍsico dérmico ou ingestÓo	—
Metilmercúrio(orgÓnico)	IngestÓo de grandes quantidades prolongadamente	Sistema nervoso, em Áreas sensoriais e de coordenaçÓo, formigamento nas extremidades e ao redor da boca, falta de coordenaçÓo e diminuiçÓo do campo visual.
	CriançAs de mães contaminadas	CÓrebro: anormalidades no desenvolvimento e paralisia cerebral.

Fonte:CETESB,2012

O realce em cor, nas células do quadro 3.5, com referencia ao mercúrio metálico (vapor) foi dado devido ao meio típico de contaminaçÓo com as lâmpadas fluorescentes, tanto na atividade ocupacional, como no armazenamento e descarte das mesmas quando inadequado, no ambiente da empresa.

4. A EMPRESA ESTUDADA E SUA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Este capítulo apresenta a empresa estudada, sua localização, estrutura, um breve histórico e procedimentos relativos à gestão de resíduos sólidos. Um trabalho de campo foi feito através da observação dos procedimentos de reciclagem na empresa pesquisa junto aos atores envolvidos, de forma a caracterizar a gestão dos resíduos sólidos na empresa, com aplicação de um questionário aos funcionários da Oficina de Eletricidade responsáveis pela coleta e descarte dos resíduos eletroeletrônicos das lâmpadas fluorescentes e mercuriais. É apresentado também, um panorama da gestão ambiental no Arsenal de Marinha do Rio do Janeiro (AMRJ), que presta os serviços de coleta e destinação final dos resíduos na Ilha das Cobras, onde se localiza a empresa estudada.

4.1 Localização e estrutura

Apresenta-se uma descrição da localização, natureza de serviços e estrutura da Organização Militar Prestadora de Serviços da Marinha do Brasil (OMPS-1) — o órgão de manutenção e instalação de sistemas eletrônicos — onde foi realizado este estudo de caso.

O referido órgão ou centro de manutenção e instalação de sistemas eletrônicos navais, desde março de 2010, foi congregado a outros dois grandes órgãos de manutenção e prestação de serviços da Marinha, formando um único órgão prestador de serviços.

Foram incorporados, o Órgão de Reparo do Armamento Embarcado e das Partes Eletromecânicas dos Sistemas de Armas Navais (OMPS-2) e o de Manutenção de Equipamentos Eletrônicos e Desenvolvimento de Software dos Sistemas Digitais Operativos Embarcados (OMPS-3), situados em locais próximos.

Os três órgãos de manutenção são sítios no Complexo Naval da Ilha das Cobras, no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), ocupando uma área total de cerca de 12000 metros quadrados, totalizando 600 funcionários ((MONDEGO, 2012).

A figura 4.1, indica, no mapa da Ilha das Cobras, a posição ocupada pelos três órgãos da Marinha (MB), agora reunidos em uma única organização militar de prestação de serviços.



Figura 4.1-Ilha das Cobras-AMRJ-Centro,RJ-Edificações referentes às OMPS-1, 2 e 3. Fonte: GoogleMaps, 2013.

Cada um dos três órgãos incorporados tem atividades independentes, sendo servidos em separado, por outros serviços internos de manutenção elétrica, incluindo o de iluminação e gestão dos resíduos, tendo sido escolhido apenas um deles para este estudo.

O órgão original, de Manutenção e Instalação de Sistemas Eletrônicos (OMPS-1), doravante denominado Empresa, foi escolhido para coleta e análise dos dados deste estudo, pelo fato de ser o órgão onde trabalha a autora da presente dissertação, cujo trabalho dá continuidade ao estudo de Mondego, (2012) ‘Estudo

dos Resíduos Eletroeletrônicos de uma Prestadora de Serviços do Setor Naval, com vistas ao Gerenciamento Ambiental“ (UERJ). Realizado no mesmo local, o estudo de Mondego, que deu origem à sua dissertação, apresentou uma compilação de dados sobre os resíduos eletrônicos da empresa sob lixeira, desde 2008, antes da fusão dos órgãos.

A Empresa analisada conta com, pelo menos, três prédios vizinhos, estando sediada no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), na ilha das Cobras, (como assinalado na figura 4.2). Estima-se que pelo menos 250 pessoas entre civis e militares sejam a força operativa atual nos edifícios da empresa.

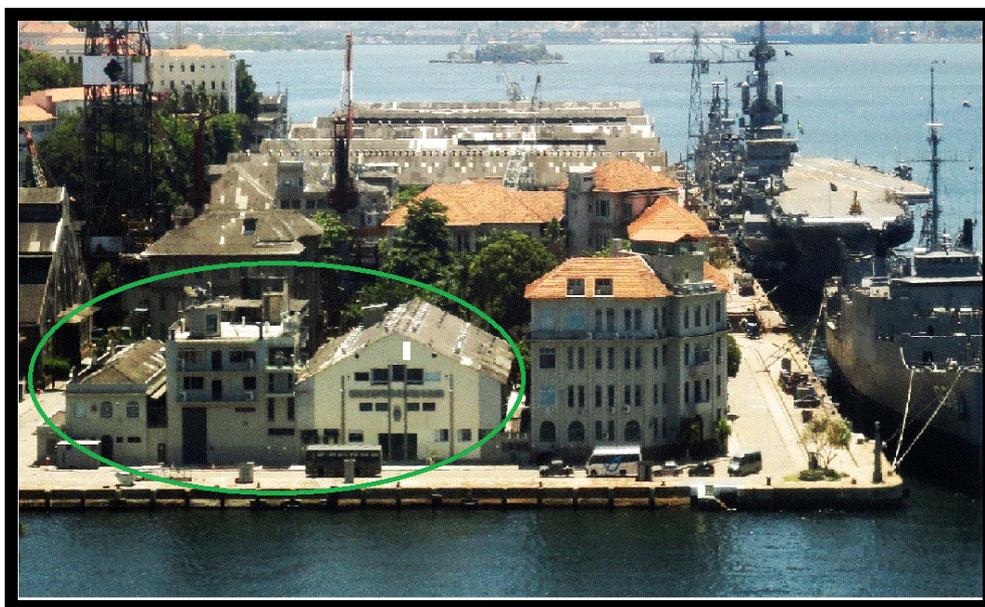


Figura 4.2. As três edificações da OMPS-1 (empresa estudada), no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro -Ilha das Cobras- Centro- RJ.
Fonte: Augusto Janiski Junior -www.geolocation.ws

Os três edifícios vistos na Figura 4.2, um pequeno anexo e algumas salas em um edifício vizinho aos demais, abrigam as três superintendências, 12 (doze) divisões, trinta e oito seções, sete gerências, além de cinco secretarias, três paióis de materiais e de alimentos, quatro alojamentos, dois refeitórios/cozinhas e várias salas com pessoal que compõem a estrutura de apoio de serviço à OMPS.

4.2. Breve Histórico

A empresa original, ao ser integrada aos dois outros órgãos de prestação de serviços, contabilizava mais de três décadas de criação e funcionamento. Sua data de fundação é anterior a 1961, quando ainda ocupava um galpão, dispendo de poucos recursos para que, os civis e militares, que lá serviam, executassem as tarefas de manutenção eletroeletrônica, relativas aos sistemas navais e seus equipamentos militarizados.

A partir de 1975, quando foi oficialmente criada, por Decreto, foi dado início a uma necessária reformulação nas dependências do órgão, na expectativa de eventos próximos, de aumento da frota da MB. Com a reforma e ampliação de suas antigas instalações e aumento de seu contingente de funcionários a empresa passou a ocupar uma área de cerca de 2600 metros quadrados.

Nas décadas que se sucederam, as instalações cresceram, progressivamente, em numero de edificações, chegando a ocupar 9000 metros quadrados. Crescimento esse experimentado, junto ao efetivo de pessoal, civil e militar, necessário para atender aos modernos equipamentos de Eletrônica Naval que, em quase sua totalidade eram provenientes do exterior, vindo guarnecer os recém construídos fragatas Classe Niterói, submarinos Classe Tupi e corvetas Classe Inhaúma.

A empresa havia se tornado, então, um órgão de Marinha, bem estruturado, abrigando diversas oficinas com a instrumentação e maquinário necessários para receber os novos encargos. Seu quadro de funcionários, em função do crescimento em volume de serviço, já havia chegado ao número próximo de quinhentos trabalhadores (MONDEGO, 2012).

Em função de múltiplos fatores ocorridos, dessa época para os dias de hoje, tais como, incentivo à demissão voluntária (PDV), defasagens salariais e aposentadoria dos funcionários mais antigos, entre outros, o número de funcionários estabilizou-se em torno de 250 (duzentos e cinqüenta), nos dias de hoje.

4.3. O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ)

Antes de iniciar o estudo de campo, é necessário situar a gestão ambiental dos resíduos sólidos no complexo do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), ao qual pertence o órgão de manutenção e prestação de serviços, ou “empresa”, aqui analisada.

4.3.1. Gestão dos resíduos no AMRJ

O Arsenal cobra uma taxa condominial aos órgãos situados dentro da ilha das Cobras pelos serviços que lhes presta como a coleta de lixo. Quanto à comunicação com os setores para orientá-los em relação aos cuidados na separação dos resíduos, às precauções com os resíduos perigosos, como as lâmpadas fluorescentes, não se faz presente nesse caso. Algumas palestras realizadas no passado ocorreram, mas tratavam, em linhas gerais, sobre o meio ambiente e não diretamente sobre como lidar com o lixo recolhido. Anualmente, o Arsenal tem promovido a “Semana do Meio Ambiente” com palestras.

Houve solicitação a alguns órgãos da Ilha para a elaboração de um manifesto de resíduos mensal, de modo a computar o quanto cada órgão gerava de resíduos. Porém, esta solicitação nunca foi cobrada da empresa estudada. Há tentativas esparsas de um gerenciamento integrado de resíduos, porém mudanças de gerência e dificuldades de comunicação ainda dificultam sua implementação.

O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro conta com um Núcleo de Gestão Ambiental que integra uma Assessoria de Gestão Integrada, criada ante as novas diretrizes ambientais estabelecidas pela Marinha do Brasil, a NORTAM 02, que tem como base a NBR ISO 14001:2004. Entre as principais atividades do Núcleo de Gestão Ambiental está a de coordenar e estabelecer a coleta seletiva no complexo do AMRJ com o objetivo de possibilitar a reciclagem de materiais; e a implementação e manutenção da gestão de resíduos, visando o controle dos impactos ambientais causados pelos processos produtivos (AMRJ, 2012). Porém, a

gestão dos resíduos interna de cada órgão ou empresa do Complexo é feita de forma autônoma.

A coleta de lixo do Arsenal de Marinha é atendida pela Multiambiental, empresa prestadora de serviços de coleta e transporte, licenciada pelo INEA. Esta empresa é contratada apenas para retirar o lixo orgânico e os detritos resultantes da varrição das ruas próximas às caçambas. O lixo orgânico das caçambas é recolhido por caminhões que encaminham o material coletado a aterros sanitários, devidamente autorizados pelos órgãos ambientais.

Resíduos recicláveis são separados por funcionários da empresa de coleta e levados à Central de Resíduos própria do Arsenal, onde terão destinação para a reciclagem. A Figura 4.3 mostra coletores de recicláveis, disponibilizados no AMRJ, para posterior encaminhamento à Central de Resíduos.



Figura 4.3 – Modelo de coletores usados no AMRJ na coleta seletiva para reciclagem de materiais. Fonte: AMRJ, 2012.

No caso das lâmpadas fluorescentes da empresa analisada, elas são dispostas por seus funcionários da manutenção elétrica na área externa e retiradas pela equipe da coleta seletiva do Arsenal de Marinha que as armazena em sua central de resíduos. Na central, são armazenadas para aguardar destinação adequada. Quando um determinado volume de lâmpadas fluorescentes é contabilizado, uma pesquisa de orçamento e/ou licitação é realizada pelo setor de gestão ambiental, para que uma

firma especializada em tratamento de resíduos de lâmpadas faça o seu recolhimento e sua reciclagem (AMRJ,2013). O método de reciclagem varia conforme os métodos utilizados pela empresa que vence a concorrência. A empresa contratada atualmente é a Bulbox, (ver capítulo 2) que executa o serviço de descontaminação dos resíduos no local da empresa do cliente.

Da central, os resíduos recicláveis são enviados, através de associação de catadores credenciada, com quem o AMRJ tem um termo de compromisso firmado, para a coleta de papel, papelão, plásticos, vidros e metais provenientes das inúmeras atividades industriais e administrativas (MARQUES, 2007).

Há outros tipos de resíduos, na área do Arsenal, que necessitam de descarte especializado e, portanto, não são encaminhados à Central de Resíduos para coleta seletiva. Trata-se de materiais como resíduos de obras de construção civil, madeiras, isolamentos térmicos de sobras de instalações, lama acumulada no fundo dos diques, lixo hospitalar (MARQUES, 2007).

4.3.2. Manifesto de Resíduos

Segundo Marques (2007),o AMRJ cadastrou-se na Federação Estadual de Meio Ambiente do estado do Rio de Janeiro (FEEMA) atual INEA, Instituto Estadual do Ambiente, com o fim de se habilitar a emitir o manifesto de resíduos que oficializa o descarte destes materiais, principalmente os considerados perigosos, tais como o lixo hospitalar e outros resíduos sólidos contaminados com óleo, produtos químicos, tintas e solventes.

O Arsenal determina a pesagem dos veículos das empresas contratadas, licenciadas para transporte do resíduo perigoso, nos portões de entrada. Após captação da carga de resíduos, o Núcleo de Assessoria de gestão ambiental fornece o manifesto de resíduos ao emissário da empresa transportadora e, repete-se depois, na saída do AMRJ, obrigatoriamente, a pesagem do veículo para determinar o peso do resíduo que está sendo transportado. No manifesto também consta quem são os receptores do resíduo (MARQUES, 2007). As lâmpadas descartadas são igualmente pesadas para preencher o formulário do manifesto de resíduos, como se pode observar no Apêndice G.

4.4 Situação atual da gestão de resíduos na empresa

Descreve-se aqui as observações feitas no local estudado, com vistas a estabelecer um panorama da gestão atual dos resíduos na organização em lide.

A empresa tem demonstrado preocupação em cumprir determinações da Diretoria de Portos e Costa (DPC), através da NORTAM-06(Normas Técnicas Ambientais da MB nº6), quanto à separação de resíduos sólidos gerados recicláveis, em coletores próprios, como o lixo orgânico, papel, vidro, plásticos, metais, pilhas e baterias.

Em cumprimento à determinação do Comandante da Marinha do Brasil (MB), através da Portaria nº 218/2002, sobre as Diretrizes do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), foi criada, na empresa, uma equipe técnica multidisciplinar para avaliar, no enfoque de impacto ambiental, a conformidade ou não, dos procedimentos e processos utilizados nos serviços da organização, com as diretrizes traçadas pela NORTAM-02 (MONDEGO, 2010).

Constata-se, na vida diária atual da empresa, que se preserva a preocupação, em manter o regime de separação dos resíduos. Uma presença ostensiva e estratégica de lixeiras coletoras, dentro do padrão, uma cor para cada tipo de material, é disponibilizada em todos os andares dos edifícios que compõem a Empresa e demais áreas livres internas, conforme pode ser observado na figura 4.4.



Figura 4.4.-Lixeiras de coleta seletiva no pátio interior da OMPS, 2012.

Tem havido várias palestras programadas aos funcionários, além de distribuição de material impresso de divulgação, e afixação dos folhetos explicativos em quadros de aviso, pelo setor de comunicação da Empresa. Os resultados obtidos foram relativos, há funcionários engajados na idéia da coleta seletiva, mas ainda há, hoje, aqueles que não vêem como incorreção depositar outro tipo de resíduo, nas caixas de coleta seletiva destinadas a outro fim.

4.4.2 Gestão da coleta e descarte de lâmpadas

A armazenagem dos resíduos de lâmpadas mercuriais, na área da empresa, é realizada em um local segregado, na Oficina de Eletricidade, em caixas de armazenamento, como mostra a figura 4.5. A caixa de armazenamento que segrega essas lâmpadas, mostrada em maior detalhe na figura 4.6, não tem separação para os outros tipos de lâmpadas que não as de formato tubular, e tampouco é apropriada ao descarte desse tipo de material.

O local não é o adequado, pela falta de ventilação e por estar próximo à circulação de pessoas, inclusive da própria oficina de eletricidade. Portanto, há medidas necessárias a serem tomadas quanto à substituição da caixa coletora de armazenamento por outra apropriada e igualmente quanto a escolher outro local ventilado e mais isolado para armazenar as lâmpadas fluorescentes.

O armazenamento dessas lâmpadas inservíveis também não é correto. Esse modo de acondicionamento em posicionamento transversal, sem a proteção da embalagem adequada, acaba, pela fricção, facilitando a moagem involuntária das extremidades das lâmpadas (ZAVARIZ, 2007). Apesar de terem pontas feitas à base de alumínio, as lâmpadas têm exposta a parte vítrea, mais delicada da lâmpada que, com a movimentação pode vir a trincar, deixando escapar os vapores de mercúrio para o ambiente.

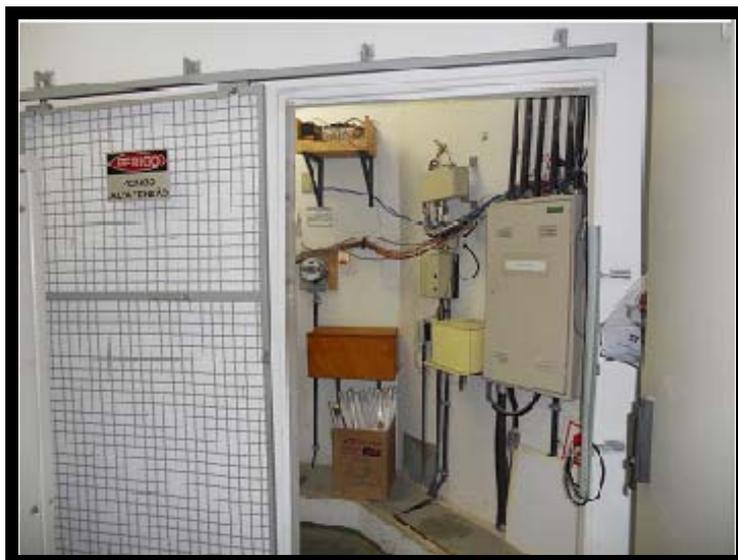


Figura 4.5 - Área atual reservada para armazenamento das lâmpadas inservíveis na OMPS, 2012.



Figura 4.6- Caixa de armazenamento de lâmpadas inservíveis na Oficina de Eletricidade, 2012.

Não obstante, segregadas com relação ao espaço, o descarte das lâmpadas da se dá em uma caçamba da prefeitura da ilha das Cobras, na área externa. Posteriormente são coletadas pelos funcionários da Central de Resíduos do AMRJ.

A caçamba, disposta pela prefeitura da ilha das Cobras, seria só destinada ao recolhimento do lixo orgânico, não contaminado. Contaminar esse lixo com mercúrio ou outros agentes tóxicos, inviabilizaria o seu reaproveitamento em compostagem para uso como adubo orgânico no solo.

A figura 4.7 mostra a caçamba, deixada para ser utilizado no descarte de sacos de lixo orgânico dos OI (Órgãos Internos), OM (organizações Militares) apoiadas e navios, próxima das instalações da empresa, juntamente com os restos de varrição.



Figura 4.7 – Caçamba fora das dependências da empresa, 2012.

4.5. Questionário de pesquisa (aplicação e análise)

A oficina de eletricidade, vinculada ao departamento de serviços gerais é o setor responsável pela substituição de lâmpadas esgotadas, manutenção das luminárias de todas as dependências da empresa e por concentrar tarefas que envolvam a execução de serviços de instalação, manutenção, retirada de materiais e equipamentos de geração e distribuição de energia e de iluminação. Em função da concentração dessas atividades no setor da oficina de eletricidade, foi aplicado um questionário para avaliar o grau de conscientização da equipe de funcionários e pessoas de sua chefia imediata, quanto às precauções que deveriam ser observadas ao manusear as lâmpadas fluorescentes.

Um questionário estruturado (MINAYO, 2004) de cinco questões foi encaminhado aos quatro técnicos lotados na oficina, ao seu superior e à sua chefia administrativa de serviços. O questionário (Apêndice F) tratou-se de pesquisa qualitativa, (AGUIAR, 2012) para abordagem de um assunto de caráter conceitual onde os respondentes manifestam seus conhecimentos sobre os problemas ambientais que os materiais, com que lidam no dia-a-dia, podem vir a gerar. O

questionário é apresentado a seguir, com o resultado e uma breve análise das respostas dadas.

1ª pergunta: Quais dos tipos de lixo nas figuras acima você identifica como lixo eletrônico? (as figuras apresentadas eram de resíduos de (1) papelão;(2).garrafas;(3)partes internas de computador;(4)embalagens de plástico;(5) lixo orgânico; (6) pilhas e baterias; (7)latas de refrigerantes;(8) material eletrônico e (9)lâmpadas fluorescentes).

Resultado - Todos os funcionários aos quais se aplicou o questionário detêm o conhecimento do conceito de lixo eletrônico, mas apenas 50% deles consideram que lâmpadas fluorescentes estão incluídas nesse conceito.

Análise - Uma explicação é a de que o conceito de lixo eletrônico, muito propagado pela mídia, seja aliado à idéia de equipamentos e partes eletrônicos. O esclarecimento desse assunto, através de palestras e treinamentos, constantes sobre o tema do cuidado preventivo com materiais poluentes seria uma medida de bastante retorno socioambiental para a empresa.

2ª pergunta: Quando você faz a troca de lâmpadas fluorescentes, adota algum procedimento técnico padronizado no seu manuseio?

Resultado - No que tange à adoção de algum procedimento no manuseio durante a troca de lâmpadas fluorescentes, 75% respondeu que há a aplicação de algum tipo de procedimento nessa atividade.

Análise – Na realidade, a técnica de manuseio referida por eles seria um maior cuidado na hora da troca da lâmpada, para que não se quebre, e se o fato ocorrer, a lâmpada é envolta em jornal ou plástico bolha ficando assim armazenada até a ocasião do descarte. Mas não há uso de luvas, máscaras ou avental e botas protetoras se o evento da quebra ocorrer .

3ª pergunta: Se alguma das lâmpadas fluorescentes se quebrar ao ser trocada ou quando manuseada, qual dos procedimentos abaixo é adotado?

a) São embaladas e guardadas de forma diferente das outras fluorescentes defeituosas que não se quebraram e estão inteiras?

Resultado – 50% dos funcionários respondeu que sim e 50% respondeu que não.

Análise – Cada funcionário adota procedimento diferente, mostrando que não existem procedimentos padrão quanto ao manuseio e descarte das lâmpadas.

b) São armazenadas em algum local especial, após serem retiradas e substituídas pelas novas?

Resultado – No que diz respeito à armazenagem em local especial, das lâmpadas exauridas, porém íntegras, substituídas, todos (100%) os respondentes concordam que isso é feito.

Análise - Pelas imagens fotográficas do local onde os funcionários têm depositado esse material inservível, pode-se observar o conflito de situações, pois o local não é ventilado, os técnicos da Oficina têm constante acesso e o repositório escolhido é uma caixa de madeira aberta.

4ª pergunta: Existe algum plano para descarte das lâmpadas fluorescentes, ou de outros tipos, como por exemplo, separação para coleta seletiva?

Resultado - Todos os funcionários responderam que há um plano em execução para separação para coleta seletiva e descarte dessas lâmpadas fluorescentes(100%).

Análise – Na opinião dos mesmos, como há a coleta do material feita pelo Arsenal, no local onde depositam (junto à caçamba), supõem que os resíduos estejam já encaminhados para descarte adequado.

5ª pergunta: Sabe de alguma firma de coleta de lixo, atuando no Arsenal de Marinha que se encarregue de recolher a carga de lâmpadas descartadas da empresa e levá-las para tratamento ambientalmente adequado?

Resultado - Só a chefia, correspondente a um terço do número de funcionários pesquisados, respondeu ter conhecimento.

Análise – Mais uma vez verifica-se a ausência de gestão dos resíduos de lâmpadas. Com certeza a chefia dos técnicos tem conhecimento da existência da Central de Resíduos onde são levados os materiais recicláveis, mas desconhece efetivamente o que é feito com os resíduos de lâmpadas descartados.

4.6. Diagnóstico

Pelas respostas obtidas pelo questionário, aplicado pelo autor, verifica-se que existe uma divergência de compreensão sobre os tipos de cuidados ambientais que devam ser empreendidos, com relação ao lixo eletrônico de lâmpadas fluorescentes e mercuriais, cujo reconhecimento como lixo eletrônico tóxico, sequer detém a aquiescência geral dos funcionários.

O completo desconhecimento do grau de toxicidade do mercúrio, contido no interior das lâmpadas, não gerou um cuidado especializado, no que tange à provisão de caixas coletoras adequadas, para depósito da coleta na empresa.

Como se observa, a empresa, embora faça uso das facilidades de segregação de resíduos do órgão coletor e da estrutura implementada pelo AMRJ, descarta inadequadamente resíduos perigosos com potencial para contaminar o meio ambiente.

Não obstante as lâmpadas exauridas estarem segregadas, fica clara a diferença de entendimento ante as soluções adotadas cotidianamente na empresa e as práticas ambientais necessárias à segurança dos técnicos e dos que têm contato permanente ou ocasional com o meio ambiente de segregação dessas lâmpadas.

O desconhecimento dos riscos leva à despreocupação, por parte de quem lida com as lâmpadas mercuriais, em vir a adquirir uma enfermidade, advinda da exposição ao elemento mercúrio, momentânea ou ao longo dos anos de trabalho, sem a devida precaução. Os funcionários que podem vir a se expor ao mercúrio pela quebra de uma lâmpada, não são apenas os que efetuam a troca das mesmas, mas quem ocupa o recinto também.

Também o armazenamento em locais não adequados para receber tais resíduos, mesmo temporariamente, coloca na atmosfera, vapores de mercúrio que irão se depositar no solo e na água. A emissão de 1,0 mg de vapor de mercúrio de uma simples lâmpada compacta quebrada, que apresenta uma das menores quantidades de mercúrio em seu interior, pode manter-se em continuidade de ação, por mais de dez semanas (YADONG LI ;LI JIN,2011).

Como pode ser depreendido do estudo aqui realizado, a empresa não possui ainda um plano de gestão de resíduos no que tange a resíduos de lâmpadas fluorescentes.

Existe um empenho dos funcionários da oficina com relação à segregação de seus resíduos, porém, a idéia concebida por eles de como realizar o intento, não condiz a um efeito prático real. Uma vez haja qualquer ruptura de lâmpada mercurial, no local de armazenamento, ela seguirá liberando vapores de mercúrio por muitos dias, contaminando o local de trabalho.

O local de segregação provisório, das lâmpadas fluorescentes da empresa, caracteriza-se, principalmente, por ser um local desprovido de ventilação externa, cuja única entrada de ar, existente, se dá pelo acesso da saleta, onde se situa a caixa de armazenamento, para a oficina de eletricidade. Haveria a necessidade da escolha de outro local para o armazenamento temporário dessas lâmpadas, com ventilação, mas provido de porta, segregado do público, e principalmente provido de caixas coletoras próprias para depósito das lâmpadas, com filtro de carvão ativado. Essas providências garantiriam que o ambiente local não ficasse exposto à contaminação do mercúrio.

Outro aspecto vivenciado é a ausência de contabilização das lâmpadas a serem descartadas. Faz-se necessário um registro de quantidade de saída e de pesagem dos resíduos das lâmpadas inservíveis a serem descartados, em um livro de saída ou em forma de manifesto de resíduos, semelhante ao que é feito no AMRJ, por ocasião da saída das lâmpadas descartadas, do ambiente da ilha das Cobras, com destinação à firma recicladora.

As demais lâmpadas mercuriais (de vapores metálicos, de sódio e de mercúrio e mista) devem ser dispostas da mesma maneira, nas caixas coletora com filtro, uma vez que têm, na maioria das vezes, teor mais alto de mercúrio que as fluorescentes e por essa razão, nunca devem ser colocadas junto ao lixo comum, pois sua destinação deve ser conjunta às fluorescentes tubulares e fluorescentes compactas. Da mesma forma, devem sofrer contabilização e ter registro de saída.

No caso das lâmpadas incandescentes e halógenas/dicrónicas, por não conterem mercúrio ou sódio, poderão ser dispostas junto ao lixo doméstico não reciclável. Seus bulbos de vidro têm constituição química e ponto de fusão diferente, dos vidros de bebidas, comestíveis, cosméticos e medicamentos e não devem sofrer a reciclagem em conjunto.

O questionário aplicado aos funcionários da oficina de eletricidade da organização e sua chefia, enfatizou o ponto principal da necessidade de um sistema

de gestão ambiental (SGA) estruturado, aplicado e atuante na empresa. O conhecimento veiculado ao funcionário sobre os cuidados a serem despendidos aos resíduos perigosos é de vital importância para que ele seja participativo no funcionamento do SGA. Um conhecimento consistente da natureza dos resíduos com que lidam no dia-a-dia e o entendimento satisfatório dos segmentos envolvidos em sua lide são fatores de suma relevância para privilegiar o bom funcionamento do sistema de gestão ambiental.

O que se observa existir, nos dias de hoje, é um sistema de gestão de ambiental, no que diz respeito a resíduos perigosos, embrionário no setor de lâmpadas e cuja reestruturação e evolução, faz-se premente, para completar a seqüência de destinação adequada dos resíduos.

Uma constatação relevante foi a ausência de treinamento constante para o pessoal envolvido no recolhimento e destinação provisória desse resíduo perigoso. Não apenas receber o conhecimento elucidativo da natureza desses resíduos, como também o treinamento de como lidar com esse tipo de material, os equipamentos de proteção individual (EPIs) a serem utilizados, e, onde dispor esses resíduos para armazenamento seguro. A constância do treinamento se faz necessária, na medida em que as equipes de trabalho se alteram, recebendo novos profissionais, devido à aposentadoria de funcionários civis e militares ou transferência de servidores militares, por força de carreira, para outras organizações militares. O treinamento obrigatório para a assunção à função seria de bom alvitre e deveria integrar o planejamento estratégico da empresa, uma vez que se trata de buscar adequação a uma conformidade normativa.

A adequação à Lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos nº12305 de 2010, não consiste só, para a empresa, no armazenamento temporário adequado, porém, também em dar destinação adequada às lâmpadas fluorescentes e mercuriais descartadas.

Atualmente, os funcionários da empresa depositam seus resíduos de lâmpadas, em caixa de papelão, ao lado ou dentro de um contêiner (caçamba) disposto, pela prefeitura do Arsenal de Marinha, nas proximidades dos prédios da empresa. A caixa de papelão utilizada para as lâmpadas inservíveis da empresa, deixada à intempérie, sem a proteção de um recipiente apropriado, não só permanece inadequadamente disposta, como sujeita a todo tipo de acidentes.

As lâmpadas, deixadas nesse local, são recolhidas, posteriormente, por funcionários terceirizados da coleta seletiva do Arsenal de Marinha que as armazenam na Central de Resíduos. Para essa Central, vão todos os resíduos recicláveis que ficam armazenados em contêineres específicos para cada tipo de reciclável, inclusive as lâmpadas, sob cobertura de proteção (toldo). As lâmpadas, no entanto, não ficam recolhidas em caixas coletoras apropriadas, mantendo-se armazenadas, somente elas, em coletores para vidro reciclável. De menor tamanho, tais coletores de vidro, deixam, em parte, expostas, as lâmpadas. O local onde são estocadas é arejado e aberto, mas em constante contato com os funcionários terceirizados que coletam os recicláveis. A ausência de cobertura de proteção total das lâmpadas também viabiliza acidentes de percurso de funcionários, de transporte etc ..

Essa coleta voluntária das lâmpadas, no entanto, não é fruto de vínculo ou parceria estabelecida, previamente pelas duas organizações: o AMRJ e a empresa.

Na realidade, não existe parceria pré-estabelecida entre as partes. O recolhimento é feito, em função de que, o Núcleo de gestão ambiental do AMRJ, coordena o processo da coleta seletiva no complexo do AMRJ, por toda área que ocupa, da ilha das Cobras, de acordo com o estabelecido no Decreto Lei N° 5.940/2006.

O AMRJ possui um Sistema de Gestão Ambiental estabelecido, porém pelo fato de não ser integrado com as Organizações Militares e Navios que apóia, não se fecha o elo de uma continuidade consistente. Nesse ponto, o SGA do AMRJ não alcança a efetividade almejada, na medida em que não mantém programas constantes de palestras específicas para os órgãos de Marinha que apóia de como conduzir o manuseio de resíduos, principalmente os perigosos e organizar treinamentos a respeito. Com a informação fortalecida na aprendizagem, em uma organização, aos poucos os instrumentos de controle se fazem mais integrados, aperfeiçoando-se.

Para a empresa, a elaboração de um registro de saída de resíduos de lâmpadas, ou mesmo um manifesto de resíduos, possibilitaria uma melhoria na qualidade dos trabalhos de controle. Igualmente, seria fundamental para a empresa, a busca de uma parceria, de uma gestão conjunta com o Arsenal de Marinha, com referência aos resíduos de lâmpadas.

5 - RESÍDUOS DE LÂMPADAS FLUORESCENTES E SEU POTENCIAL DE LIBERAÇÃO DE MERCÚRIO

5.1. Quantidades de resíduos a partir dos dados dos relatórios de requisições

Para a avaliação do potencial de geração de resíduos de lâmpadas mercuriais na empresa, seguiu-se a hipótese assumida por MONDEGO (2012), que estabeleceu uma relação direta entre os dados relativos às requisições atendidas de componentes eletroeletrônicos em um determinado período, com os resíduos eletroeletrônicos gerados e descartados.

Partiu-se do pressuposto de que a requisição de um componente eletroeletrônico teve origem na necessidade de substituição de um item equivalente avariado. Assim, tanto a diversidade quanto o peso dos componentes eletroeletrônicos contidos nos relatórios de requisições (modelo 30-16), em um determinado período, seriam equivalentes à diversidade e ao peso dos resíduos eletroeletrônicos gerados na mesma época.

Tendo em vista que o foco deste trabalho são as lâmpadas mercuriais, somente os dados referentes a lâmpadas foram capturados dos relatórios de requisições. Foram discretizados os dados dos diferentes tipos de lâmpadas utilizados, incluindo as lâmpadas não mercuriais, como as incandescentes, para o ano 2012. Estes dados serão analisados em conjunto com os resultados obtidos por MONDEGO (2012), para os anos de 2008 a 2011, traçando-se um panorama de cinco anos de geração de resíduos.

Como já dito, Mondego (2012) constatou que o resíduo que se mostrou mais impactante no período 2008-2011, havia sido o das lâmpadas fluorescentes, como mostra a Tabela 5.1, que apresenta as quantidades em peso do potencial de geração de resíduos eletrônicos analisados na empresa, de acordo com a hipótese assumida.

Tabela 5.1-Quantidades de resíduos eletroeletrônicos geradas, em kg, no período 2008-2011 na empresa estudada (MONDEGO, 2012)

TIPO DE COMPONENTE/ RESÍDUO	Quantidades geradas em kg				
	2008	2009	2010	2011	2008 a 2011
Lâmpada Fluorescente	671,54	329,27	206,78	394,10	1601,69
Bateria Chumbo-ácido	194,80	204,08	260,60	357,00	1016,48
Pilha	48,77	39,69	31,39	13,10	132,95
Bateria NiMH	33,47	27,90	11,62	23,87	96,86
Bateria lítio	31,88	0,48	6,70	0,14	39,21
Rejeitos de solda	16,78	11,01	7,51	3,17	38,46
Lâmpada Vapor de mercúrio	5,60	5,00	8,00	7,76	26,36
Transistor	9,80	5,83	2,94	1,96	20,52
Circuito integrado	5,16	3,43	2,31	1,07	11,97
Capacitor	4,31	3,55	1,68	0,41	9,96
Lâmpada Incandescente	2,57	2,52	0,20	0,46	5,75
Bateria NiCd	1,27	2,58	0,03	0,34	4,23
Diodo	0,81	0,39	2,91	0,04	4,15
Fusível	2,08	0,52	0,45	0,27	3,32
Resistor	1,13	1,11	0,48	0,25	2,98
Relé	0,19	0,20	0,08	0,00	0,47
Tiristor	0,17	0,10	0,02	0,01	0,29
Varistor	0,03	0,04	0,02	0,00	0,09
Total	1.030,35	637,71	543,73	803,95	3.015,73

Fonte: SISGER/CMS, Relatório modelo 30-16, anos 2008-2011. Autor: Mondego, 2012.

Analisando a composição gravimétrica dos anos de 2008 a 2011, apresentada na tabela 5.1, anterior, foram obtidos os percentuais de diferentes tipos de lâmpadas, em relação ao total de resíduos eletro-eletrônicos. Os resultados, apresentados na Tabela 5.2, referem-se à soma dos resíduos dos 4 anos.

Tabela 5.2. Composição gravimétrica percentual nos anos de 2008 a 2011

Resíduo Eletro-eletrônico	% em peso do resíduo gerado de 2008 a 2011
Lâmpada fluorescente	53,1
Lâmpada vapor de mercúrio	0,9
Lâmpada incandescente	0,2
outros resíduos	45,8

Fonte: Empresa,2008-2011.

A Tabela 5.2, mostra que, as lâmpadas fluorescentes corresponderam a mais de 50% do total de resíduos potencialmente descartados na empresa entre 2008 e 2011. Também vem demonstrar que a utilização da lâmpada fluorescente como fonte luminosa se faz de maneira preponderante na empresa, em relação à incandescente, que tem seu uso bastante reduzido.

Tal escolha acompanha a determinação da política energética dos órgãos públicos e empresas em geral, de economia de consumo de Energia Elétrica. Seu grande volume de consumo deve-se ao fato da Empresa ser um órgão de prestação de serviços de manutenção, composto, basicamente de três prédios, muito próximos entre si, e, em função de sua arquitetura de segurança possui muros altos que inibem grande parte da luz do dia. Esses fatores exigem emprego de grande quantidade de fontes luminosas, para proporcionar ambiente favorável à produção.

Observa-se também, a presença da lâmpada de vapor de Mercúrio empregada como elemento de iluminação de grandes áreas da Empresa, tais como pátios internos, estacionamentos, etc.. Trata-se de uma lâmpada mercurial, de longa duração e de custo menor competitivo.

A tabela 5.3 apresenta os dados obtidos dos relatórios de requisição 30-16, relativos às lâmpadas, no ano de 2012. Os pesos unitários utilizados para cada tipo de lâmpada foram obtidos em catálogos das lâmpadas e no estudo de MONDEGO (2012).

Tabela 5.3 Quantidade e peso total de lâmpadas fluorescentes consumidas em 2012

LÂMPADAS FLUORESCENTES TIPO	QTDE	PESO UNITÁRIO (g)	PESO TOTAL DO RESÍDUO (kg)
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS/ 127V	1325	230,0	304,8
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS/ 127V	1192	120,5	143,6
LAMPADA FLUORESCENTE F8T5/D 8 watts	4	135,8	0,543
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA	12	230,0	2,76
LAMPADA DULUX STAR MINI TWISTER COMPACTA	4	230,0	0,92
LAMPADA FLUORESCENTE MODELO TL-D 15W/75	2	135,8	0,272
PESO TOTAL	2539		452,9

Fontes: SISGER, Relatório modelo 30-16, 2012.

5.2. Avaliação quantitativa de liberação de mercúrio

O objetivo da análise do mercúrio contido no volume demandado de lâmpadas mercuriais na empresa é quantificar o impacto ambiental que pode ser gerado, se não houver uma gestão ambiental adequada desses resíduos.

As tabelas 5.4 a 5.8 mostram as quantidades estimadas de mercúrio existentes nas lâmpadas fluorescentes potencialmente descartadas, para os anos de 2008 a 2012.

Os valores das quantidades mínimas e máximas de mercúrio existentes em cada tipo de lâmpada foram definidos de acordo com a tabela 2.3, apresentada no capítulo 2 deste trabalho. As quantidades de lâmpadas foram obtidas nos relatório de requisição (30-16), para os anos de 2008 a 2012.

Tabela 5.4 - Cálculo da quantidade mínima e máxima (em g) estimada de mercúrio, presente nas lâmpadas potencialmente descartadas em 2008.

LÂMPADAS FLUORESCENTES TIPO	QTDE	MERCÚRIO (g)			
		QTDE MÍNIMA ESTIMADA		QTDE MÁXIMA ESTIMADA	
		POR LÂMPADA	TOTAL	POR LÂMPADA	TOTAL
LÂMPADA FLUORESCENTE 16 WATTS	168	0,008	1,344	0,025	4,200
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	760	0,008	6,080	0,025	19,000
LÂMPADA FLUORESCENTE 15 WATTS	30	0,008	0,240	0,025	0,750
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 WATTS	2445	0,008	19,560	0,025	61,125
PESO TOTAL	3403		27,224		85,075

Fontes: SISGER, Relatório modelo 30-16, 2008.

Tabela 5.5 - Cálculo da quantidade mínima e máxima (em g) estimada de mercúrio, presente nas lâmpadas potencialmente descartadas em 2009.

LÂMPADAS FLUORESCENTES TIPO	QTDE	MERCÚRIO (g)			
		QTDE MÍNIMA ESTIMADA		QTDE MÁXIMA ESTIMADA	
		POR LÂMPADA	TOTAL	POR LÂMPADA	TOTAL
LAMPADA ELETRONICA 127 VOLTS 20 WATTS	41	0,008	0,328	0,025	1,025
LAMPADA FLUORESCENTE	500	0,008	4,000	0,025	12,500
LAMPADA FLUORESCENTE 127V 11W	10	0,003	0,030	0,010	0,100
LAMPADA FLUORESCENTE 16W	150	0,008	1,200	0,025	3,750
LAMPADA FLUORESCENTE 23W	53	0,008	0,424	0,025	1,325
LAMPADA FLUORESCENTE 40 WATTS	556	0,008	4,448	0,025	13,900
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA	40	0,003	0,120	0,010	0,400
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA MINI TWIST 220- 240 VOLTS	101	0,003	0,303	0,010	1,010
LAMPADA FLUORESCENTE P/ MICROONIBUS NW - 9-150	2	0,003	0,006	0,010	0,020
TOTAL	1453		10,829		34,03

Fontes: SISGER, Relatório modelo 30-16, 2009.

Tabela 5.6 - Cálculo da quantidade mínima e máxima (em g) estimada de mercúrio, presente nas lâmpadas potencialmente descartadas em 2010.

LÂMPADAS FLUORESCENTES TIPO	QTDE	MERCÚRIO (g)			
		QTDE MÍNIMA ESTIMADA		QTDE MÁXIMA ESTIMADA	
		POR LÂMPADA	TOTAL	POR LÂMPADA	TOTAL
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	90	0,008	0,720	0,025	2,250
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	525	0,008	4,200	0,025	13,125
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA	12	0,003	0,036	0,010	0,120
LAMPADA ELETRONICA 5W, 127 V COMPACTA	150	0,003	0,450	0,010	1,500
LAMPADA FLUOR. 16 W T8	40	0,008	0,320	0,025	1,000
LAMPADA FLUOR. TUBULAR 36 W	90	0,008	0,720	0,025	2,250
LÂMPADA FLUORESCENTE 15 W/127 V	30	0,008	0,240	0,025	0,750
TOTAL	937		6,686		20,995

Fontes: SISGER, Relatório modelo 30-16, 2010.

Tabela 5.7 - Cálculo da quantidade mínima e máxima (em g) estimada de mercúrio, presente nas lâmpadas potencialmente descartadas em 2011.

LÂMPADAS FLUORESCENTES TIPO	QTDE	MERCÚRIO (g)			
		QTDE MÍNIMA ESTIMADA		QTDE MÁXIMA ESTIMADA	
		POR LÂMPADA	TOTAL	POR LÂMPADA	TOTAL
LÂMPADA FLUORESCENTE 20 W	1108	0,008	8,864	0,025	27,70
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	810	0,008	6,48	0,025	20,25
LÂMPADA ELETRÔNICA 127V X 20W COMPACTA	100	0,003	0,30	0,01	1,00
LÂMPADA ELETRÔNICA 220V X 20W COMPACTA	200	0,003	0,60	0,01	2,00
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA	6	0,003	0,018	0,01	0,06
LÂMPADA FLUORESCENTE CIRCULAR 22 W	2	0,008	0,016	0,025	0,050
LÂMPADA ELETRÔNICA 20/21 E OS R 800 H	10	0,003	0,030	0,01	0,10
LÂMPADA FLUORESCENTE 127V /15W	15	0,008	0,12	0,025	0,375
LÂMPADA FLUORESCENTE F 36W / 21-840	10	0,008	0,080	0,025	0,25
TOTAL	2261		16,508		51,785

Fontes: SISGER, Relatório modelo 30-16, 2011.

Tabela 5.8- Cálculo da quantidade mínima e máxima (em g) estimada de Mercúrio, presente nas lâmpadas potencialmente descartadas em 2012.

LÂMPADAS FLUORESCENTES TIPO	QTDE	MERCÚRIO (g)			
		QTDE Hg MÍNIMA ESTIMADA		QTDE Hg MÁXIMA ESTIMADA	
		POR LÂMPADA	TOTAL	POR LÂMPADA	TOTAL
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS/ 127V	1325	0,008	10,6	0,025	33,125
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS/ 127V	1192	0,008	9,536	0,025	29,8
LAMPADA FLUORESCENTE F8T5/D 8 watts	4	0,005	0,02	0,005	0,02
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA	12	0,003	0,036	0,01	0,12
LAMPADA DULUX STAR MINI TWISTER COMPACTA	4	0,003	0,012	0,01	0,04
LAMPADA FLUORESCENTE MODELO TL-D 15W/75	2	0,008	0,016	0,025	0,05
TOTAL	2539		20,22		63,155

Fontes: SISGER, Relatório modelo 30-16, 2012.

Os valores estimados de mercúrio (em g), máximo e mínimo, para os anos de 2008 a 2012 estão resumidos na Tabela 5.9 e somados na última coluna. A tabela 5.9 mostra, também, a relação entre os pesos, mínimo e máximo, do mercúrio, e o peso total de resíduos (em g/kg).

Tabela 5.9. Peso total dos resíduos de lâmpadas fluorescentes e quantidade de mercúrios estimada, de 2008 a 2012.

ANO	2008	2009	2010	2011	2012	TOTAL 2008- 2012	Valores médios 2008-2012
PESO DOS RESÍDUOS (kg)	671,5	329,3	206,8	394,1	452,9	2054,6	410,9
PESO MÍNIMO DE Hg (g)	27,2	10,8	6,7	16,5	20,2	81,5	16,3
PESO MÁXIMO DE Hg (g)	85,1	34,0	21,0	51,8	63,2	255,0	51,0
Hg (min) por Kg de resíduo (g/kg)	0,041	0,033	0,032	0,042	0,045		0,040
Hg (max) por Kg de resíduo (g/kg)	0,127	0,103	0,102	0,131	0,139		0,124

Fontes: SISGER, Relatório modelo 30-16, 2008-2012.

5.3. Análises dos resultados

Da tabela 5.9, verifica-se que o peso total das lâmpadas potencialmente descartadas nos cinco anos analisados foi igual a cerca de 2055 kg. quanto ao mercúrio liberado para o meio ambiente, pode variar entre 81,5 g e 255 g em cinco anos.

Em relação à quantidade de mercúrio por kg de resíduo varia entre um mínimo de 0,040 g/kg a 0,124 g/kg (média=0,82 g de Hg por kg de resíduo).

Em termos de valores médios para os cinco anos analisados, o peso de resíduos, ou lâmpadas, potencialmente descartados é igual a 411 kg/ano e a quantidade de mercúrio liberada varia entre 16,3 g/ano e 51 g/ano.

Uma vez que a Portaria MS 518/2004 que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, determina o Valor Máximo Permitido (VMP) de contaminação de água potável por mercúrio em 0,001 miligrama por litro, projetando um valor anual médio poluente de:

- 51,0 gramas de mercúrio máximos contaminariam cerca de 51,0 milhões de litros de água potável e,
- 16,3 gramas de mercúrio mínimos, para um valor anual de 16,3 milhões de litros.

6 MANUAL TÉCNICO DE GESTÃO DE LÂMPADAS USADAS NA EMPRESA

O manual que se segue é um documento para gestão não só de lâmpadas fluorescentes tubulares, circulares, compactas e painéis, como também engloba os outros tipos de lâmpadas, usadas na empresa, pois, dentre eles há lâmpadas mercuriais, com quase as mesmas substâncias tóxicas a lidar, além do teor de mercúrio ainda maior. Essas lâmpadas poderiam representar risco grave à saúde humana e ao meio ambiente, pelo seu conteúdo químico, e outras não, como no caso das incandescentes e halógenas/dicrônicas. As lâmpadas compostas de LEDs não representam um risco ao manusear porém contém traços de metais pesados em sua composição, que obrigam a envidar cuidados de descarte em lixo eletrônico.

Nesta forma de concepção, do Manual Técnico pode-se abranger todos os tipos de lâmpadas.

Esse Manual foi concebido, principalmente, dedicado à orientação da equipe técnica da empresa, e portanto, é voltado a detalhes técnicos de manipulação da contaminação por mercúrio “in loco”, de uso de EPIs, acondicionamento, transporte e descarte.

Quando uma lâmpada fluorescente, mista ou de vapor é quebrada o perigo maior de intoxicação com o mercúrio é pela respiração: Os pulmões retêm, por inalação, grande parte do vapor de mercúrio que sai da lâmpada.

Como o mercúrio se bioacumula, ou seja, é guardado no organismo acumuladamente, por anos, podem vir a ocorrer danos ao sistema nervoso central, fígado e rins. Gestantes/feto, crianças, idosos e pessoas enfermas são as vítimas mais vulneráveis do mercúrio. A necessidade de exercer um gerenciamento dos resíduos de lâmpadas, contendo mercúrio, é de grande relevância, no sentido de estabelecer padrões de proteção ao ser humano exposto, não só ao risco ocupacional, mas aos que compartilham do mesmo espaço físico onde o profissional de eletricidade esteja desempenhando suas funções.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

**6.1 GESTÃO DE LÂMPADAS INSERVÍVEIS USADAS NA EMPRESA
(INCANDESCENTES, HALÓGENAS/DICRÓICAS E LEDS COM ÊNFASE NAS
FLUORESCENTES (MERCURIAIS))**

MANUAL TÉCNICO DE PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

2013

ÍNDICE

- 6.2 **Introdução**
- 6.3 **Legislação**
- 6.4 **Tipos de lâmpadas e características**
 - 6.4.1 Características de uma lâmpada
 - 6.4.2 Tipos de lâmpadas
 - 6.4.2.1 Das lâmpadas que não contem mercúrio
 - 6.4.2.2 Das lâmpadas que contem mercúrio
- 6.5 **Uso do mercúrio em lâmpadas**
 - 6.5.1 O contato com o mercúrio
 - 6.5.2 Danos à saúde
- 6.6 **Manuseio de lâmpadas incandescentes e mercuriais**
 - 6.6.1 Uso do EPI (Equipamento de Proteção individual)
 - 6.6.2 Evento da ruptura de uma ou mais lâmpadas fluorescentes
 - 6.6.3 Manuseio e retirada de lâmpadas fluorescentes rompidas
 - 6.6.4 Procedimento de limpeza final do mercúrio no ambiente
 - 6.6.5 A limpeza final do mercúrio no ambiente
- 6.7 **Armazenamento e acondicionamento**
- 6.8 **Sobre o transporte**
 - 6.8.1 Movimentação dos resíduos
- 6.9 **Destinação final**
 - 6.9.1 Destinação Dos Resíduos:

6.2 Introdução

Este manual foi elaborado com o objetivo de proporcionar aos responsáveis pelas funções de manutenção do sistema de iluminação dos prédios da empresa, informações sobre as rotinas e os procedimentos técnicos apropriados para a execução das tarefas relativas ao manuseio, transporte, armazenamento e destinação de resíduos de lâmpadas incandescentes e fluorescentes (mercuriais).

Visa ainda orientar sobre o uso do EPI e recursos auxiliares para exercer ações de controle de contaminação com o mercúrio contido nas lâmpadas fluorescentes, em pessoas e no ambiente, em caso de acidentes que venham a ocorrer de ruptura de lâmpadas.

As lâmpadas fluorescentes (mercuriais) demandam cuidados especiais devido às características tóxicas do mercúrio, contido nas lâmpadas, metal esse que se torna volátil em presença de temperaturas ambientes mais quentes. Quando liberado no meio ambiente seus vapores se combinam com o oxigênio do ar, descendo com a chuva, contaminando a água potável, o solo e o ar, além de entrar na cadeia alimentar dos animais aquáticos, terrestres e do homem provocando enfermidades ao entrar em contato com os seus sistemas orgânicos.

6.3 Legislação

A definição de Resíduos Sólidos é considerada como [...] “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade,[...] (artigo 3º da Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos).

As lâmpadas fluorescentes (mercuriais) como a própria designação diz contêm alguma quantidade de mercúrio. Em seu pós uso, são classificadas como resíduos perigosos Classe 1, pela Norma 10.004/04 ABNT(Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Resíduos perigosos são aqueles que, de acordo com a lei, regulamento ou norma técnica, mostram importante risco à saúde pública ou à qualidade ambiental em razão de características como: inflamabilidade, corrosividade, reatividade com outros elementos, toxicidade, causarem enfermidades (patogenicidade), serem cancerígenos, provocarem anomalias orgânicas em fetos adultos e crianças,

(teratogenicidade) e causarem mutações genéticas (mutagenicidade). Não devem ser, portanto, ser misturados com quaisquer dos demais resíduos, principalmente os orgânicos.

Os resíduos das lâmpadas fluorescentes e demais mercuriais que contém mercúrio e metais corrosivos (como as de vapor de sódio) estão enquadrados como lâmpadas que devem ter tratamento especial.

A lei nº 12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece a necessidade de reciclagem das lâmpadas em seu artigo 33 e cria em seu artigo 30 a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos de forma sucessiva, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os encarregados pelos serviços públicos de limpeza urbana.

Os geradores (consumidores, empresas e órgãos públicos) serão responsáveis para com os seus resíduos, até sua destinação final ambientalmente adequada.

A disposição em aterro (ou em lixões) de lâmpadas fluorescentes (mercuriais) é proibida pela Lei 12305/10 em seu artigo 47. O seu descarte apropriado vem a ser encaminhando-se as mesmas para reciclagem ou a aterros de resíduos perigosos.

6.4 Tipos de lâmpadas e características

6.4.1 Características de uma lâmpada

Algumas das características mais significativas das lâmpadas fornecidas pelos fabricantes são:

IRC (Índice de reprodução de cor)

O índice de reprodução significa a fidelidade entre a cor real de um objeto e sua aparência sob uma determinada fonte de luz. Quanto maior o IRC maior a fidelidade às cores desse objeto, a fonte de luz irá apresentar.

Temperatura de cor

A temperatura de cor da luz quente ou fria, não está relacionada ao calor físico da lâmpada, mas ao tom, a aparência de cor, proporcionado pela fonte de luz ao ambiente. Nas lâmpadas, esta temperatura de cor é medida em graus Kelvin (K) e quanto maior for valor, mais clara é a tonalidade de cor da luz e mais fria. O oposto indica uma temperatura de cor da lâmpada quente (figura 6.1). Se a temperatura de cor estiver em 2700K, tem tonalidade quente, suave (amarelada), se estiver em 7000K tem tonalidade muito fria, clara (branca). A cor da luz, no entanto, não interfere na eficácia luminosa da lâmpada, não significando que quanto mais clara, de maior potência é a lâmpada. (OSRAM,2013)

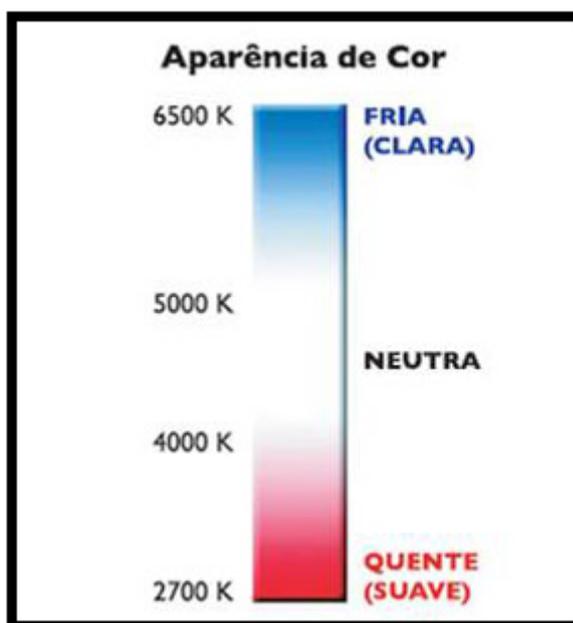


Figura 6.1- Temperatura de cor.
Fonte: www.lighting.philips.com.br, 2012

Eficácia luminosa

Vem a ser calculada pela divisão entre o fluxo luminoso emitido (lúmens) e a potência consumida pela lâmpada, lúmen por watt (lm/W)(ver figura 6.2).

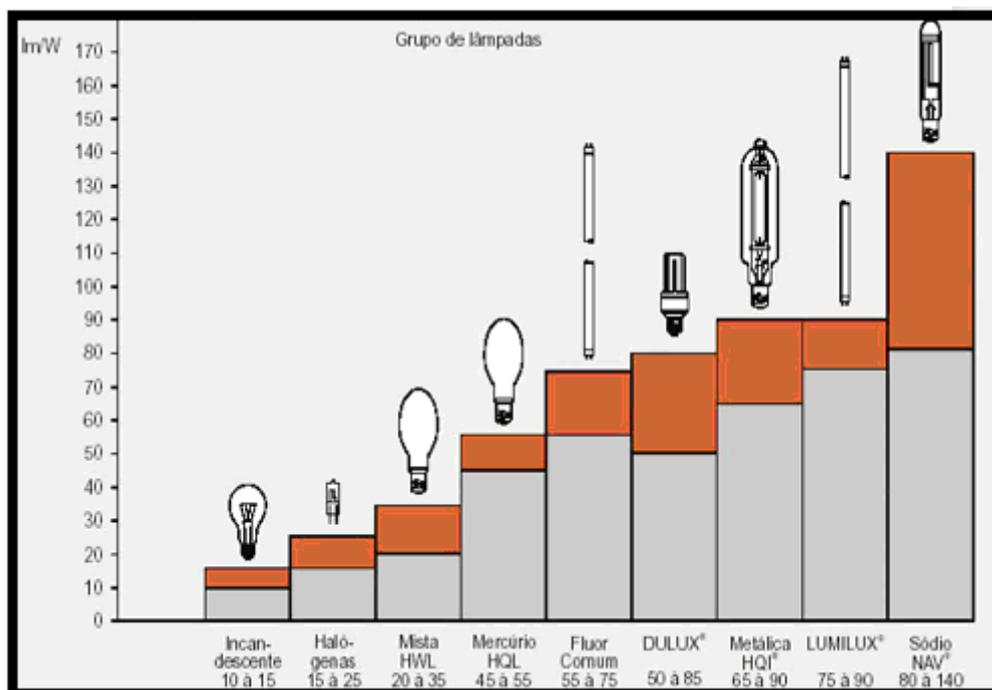


Figura 6.2-Eficácia luminosa. Fonte:UFRGS,2008

Vida útil

É definida como o tempo em horas após seu fluxo luminoso inicial decrescer de brilho de uma porcentagem de 10% a 30%, por efeito de queima ou depreciação. A depreciação do fluxo luminoso é definida em função do tipo de lâmpada, há uma mudança perceptível em sua tonalidade de cor. Um dos prováveis sintomas é o de apagar e acender constantemente. Quando isso ocorre, deve-se substituí-la imediatamente para não comprometer seus equipamentos auxiliares (OSRAM, 2007).

Vida mediana

Calculada pelo fabricante, em testes em laboratórios, a vida mediana de uma lâmpada indica o tempo de vida em horas, após as quais, 50% das lâmpadas acesas testadas, se apagam e não mais se acendem. Em laboratórios, esses testes são feitos em condições controladas. No uso diário, há uma série de variações de condições em sua utilização, inclusive em flutuações da tensão da rede elétrica, que

diminuem sua vida . Além disso, trata-se de um valor médio, extraído de um lote de teste em que algumas lâmpadas duraram menos que outras(OSRAM,2007).

6.4.2 Tipos de lâmpadas

Dentre as lâmpadas consumidas na empresa, basicamente pode-se separá-las em dois grupos que são:

- **lâmpadas que não contêm mercúrio**

Nestas estariam integradas as incandescentes, halógenas/dicrônicas e LEDs.

- **lâmpadas que contêm mercúrio**

Como as fluorescentes tubulares e circulares, fluorescentes compactas, HID (de vapor de sódio, mistas, de vapor de mercúrio), e outras.

6.4.2.1 *Das lâmpadas que não contem mercúrio*

1. Lâmpadas Incandescentes

A luz é produzida através do aquecimento do filamento de tungstênio pelo fluxo de uma corrente elétrica que passa por ele. Todas as lâmpadas que trabalham com esse princípio não economizam energia e tem o menor rendimento luminoso de todas as lâmpadas (cerca de 17 lm/W), possuem, no entanto, um IRC de 100, mas duram pouco, cerca de um ano ou 1.000 horas (figura 6.3(a)).

2. Lâmpadas halógenas/dicrônicas

Têm o mesmo princípio de funcionamento das incandescentes, o do filamento de tungstênio. O tubo que envolve o filamento é especial feito de quartzo, enquanto as incandescentes utilizam outro tipo de vidro (boro-silicato). A lâmpada contém uma mistura de gases inertes e halogênio (iodo, cloro, bromo). Em uma lâmpada incandescente, o filamento de tungstênio se deteriora, evaporando, pelo efeito da alta temperatura que atinge. O halogênio une-se aos átomos do filamento de tungstênio, evaporado, e fica circulando dentro do bulbo (como halogeneto de tungstênio), até se aproximar novamente do filamento que o irá converter em

tungstênio novamente. O halogêneo é liberado recomeçando um novo processo. Com isto, o tamanho da lâmpada pode ser reduzido significativamente, emitindo uma luz mais brilhante e tendo uma maior durabilidade (ARAÚJO, 2009).

As lâmpadas dicróicas possuem um refletor de vidro posterior (figura 6.3(b)) multiespelhado cuja função é refletir a luz visível, mas não a radiação do calor. Isto proporciona uma luz mais fria, abrindo uma série de possibilidades de aplicações onde se precise de luz de alta resolução sem calor. São lâmpadas que exigem um manuseio especial, pois se tocadas em sua ampola luminosa esta deve ser limpa com álcool para não introduzir pontos fracos no vidro da mesma figura 6.3(c)).



Figura 6.3-(a) Lâmpada Incandescente; Fonte: <http://ludilimpeza.com.br>, 2013 (b) lâmpada halógena; Fonte: <http://www.lumearquitetura.com.br>, 2013 (c) ampola luminosa halógena. Fonte: <http://pt.aliexpress.com>, 2013

As lâmpadas halógenas podem ser consideradas incandescentes aperfeiçoadas, pois duram mais que as incandescentes comuns, cerca de duas a cinco vezes mais (2.000 horas até 4.000 ou 5.000 horas), seu IRC é de 100, temperatura de cor de 3000K, com eficácia luminosa de 25 lm/W. Sua principal aplicação é em iluminação para destaque de pessoas, quadros, entradas principais, caminhos de pedestres, jardins, objetos em lojas etc.

Não são lâmpadas econômicas em energia, e embora consumam menos que as incandescentes, consomem muito mais que as compactas e as fluorescentes tubulares (FELICÍSSIMO, 2013; LUZ, 2007).

3. Lâmpadas LED

Também conhecido como diodo emissor de luz (figura 6.4). São compostos por diodos semicondutores que convertem eletricidade em luz visível. O semicondutor é confeccionado com materiais como arsenieto de alumínio e gálio, ou fosfeto de gálio capazes de conduzir corrente elétrica, e dopados com impurezas que dão a cor.

O LED é um diodo semicondutor que quando energizado emite luz, em um processo chamado de eletroluminescência. A cor da luz do LED não provém do plástico que o encapsula, mas sim, a cor é determinada pela pastilha do material semicondutor usado na fabricação do LED. O plástico vermelho que encapsula o LED é somente indicativo, só revela que seus componentes internos produzem a luz vermelha. Mas LEDs encapsulados com plástico transparente ou branco podem estar produzindo luzes de outras cores (INSTITUTO NEWTON BRAGA, 2013).



Figura 6.4- Lâmpada LED. Fonte: [www. http://tecnolamp.com.br](http://tecnolamp.com.br), 2012.

A sua durabilidade é de até 25.000 horas e em temperaturas de cor 3.000K (luz amarela, aconchegante) ou 6.400K (luz branca, fria). A eficácia luminosa vai a 90-130 lm/watt e seu IRC para os LEDs de alto brilho é de 70 a 80 (LUZ, 2007).

Seu custo, no entanto, atualmente, ainda é muito alto. Os módulos de LEDs são constituídos por um arranjo de LEDs individuais, montados em placas de circuito impresso. As placas são eletrônicas e seus componentes, por sua vez são protegidos por luminárias adequadas (OSRAM, 2013).

6.4 2.2 Das lâmpadas que contem mercúrio

1. Fluorescentes tubulares e circulares

Pertencem ao grupo das lâmpadas de descarga de gás, em que o gás é o mercúrio vaporizado, sob baixa pressão (figura 6.5(a) e (b)). Contem uma mínima quantidade de argônio que aquece o tubo, inicialmente, para o arco de mercúrio se estabelecer. O mercúrio está presente dentro da lâmpada na forma de gotículas, variando sua quantidade de 8 a 25mg de mercúrio/lâmpada; as paredes internas do tubo são revestidas por camadas de pó fluorescente que transforma a luz ultravioleta, emitida pelo arco de mercúrio, em luz visível.



Figura 6.5 –(a) lâmpadas fluorescentes tubulares em luminária. Fonte: www.telhanorte.com, 2013. (b) fluorescentes circulares. Fonte: www.induspar.com, 2012.

Sua eficiência luminosa fica em torno dos 60-90 lm/W, e, de acordo com o modelo, seu IRC pode variar de 60 a 90. As lâmpadas fluorescentes apresentam vida mediana de 7.500 horas, com temperaturas de cor que variam de 2.700 K (amareladas) até 8.000 K (azuladas) (GOEKING, 2009). As lâmpadas fluorescentes, principalmente as tubulares têm seu uso bastante difundido em escritórios, lojas, supermercados, ginásios esportivos, fábricas e até no uso doméstico.

2. Fluorescentes compactas

As lâmpadas fluorescentes compactas eletrônicas (figura 6.6) possuem se comparadas às incandescentes, características de vida útil maior e o consumo menor de energia elétrica, muito embora de custo mais elevado. Essas lâmpadas têm um teor de mercúrio muito menor que as outras lâmpadas fluorescentes (de 3 a 10 miligramas/lâmpada).

Seu funcionamento é idêntico ao da fluorescente tubular. Sua vida média fica em torno de 6000 horas(modelo 3U), com temperaturas de cor 6500K, eficácia luminosa de pelo menos 50 lm/W e (IRC) Índice de reprodução de cor maior que 80(GOLDEN,2012).



Figura 6.6 Lâmpadas fluorescentes compactas em espiral e 3U
Fonte: www.ldudobrasil.com.br,2012.

Sua temperatura de cor: 2700 K (luz amarela), e 4000 K (luz branca). São utilizadas comumente para substituir as incandescentes em função de suas dimensões físicas, no ambiente doméstico.

3- Lâmpadas de vapor de mercúrio

De alta pressão : A lâmpada de vapor de mercúrio é um tipo de lâmpada HID (alta intensidade de descarga) (Ver figura 6.7) com seu arco de descarga contido em um bulbo de quartzo que suporta acima de 340°C.



Figura 6.7- Lâmpada de vapor de mercúrio 250W. Fonte:www.mobly.com.br,2013.

O mercúrio é vaporizado com alta pressão, emitindo uma luz muito brilhante, em seu arco, tanto pela quantidade de mercúrio existente quanto pela alta pressão desenvolvida. O gás de partida é o argônio que gera calor para vaporização do mercúrio e o bulbo é revestido internamente com uma camada de "pó de fósforo" para obter-se uma reprodução de cores mais real.

O IRC é de 45, a eficiência luminosa varia entre 45 a 55 lm/W, e a vida mediana varia em torno das 18.000 horas, sendo essas lâmpadas utilizadas em vias públicas, fábricas, parques, praças, estacionamentos, etc. (LUZ, 2007). Sua temperatura de cor fica em 4.000 K.

Essas lâmpadas possuem um teor de mercúrio muito maior do que as fluorescentes comuns (de 13 a 80 mg de mercúrio/lâmpada).

4 Lâmpada de vapor de Sódio

De baixa pressão: não contem mercúrio, porém o elemento sódio é altamente corrosivo e em contato com água torna-se explosivo (figura 6.8). Altamente eficientes, com eficácia luminosa da ordem de 155-200lm/W(modelo SOX-E), com uma vida útil elevada e luminosidade invariável (cerca de 9000 horas). A cobertura de seu espectro luminoso de cores, no entanto, abrange apenas a cor amarelo-alaranjada, não permitindo se distinguir as outras cores nos ambientes por ela iluminados.



Figura 6.8 Lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão SOX-E. Fonte: www.electronica-pt.com,2013.

Essa lâmpada fornece, no entanto, um contraste visual acentuado, até quando o tempo está nublado. Ilumina satisfatoriamente, com detalhes, áreas como cais, túneis, entroncamentos de vias em auto-estradas etc.. Fisicamente, é uma lâmpada de descarga de gás composta de um invólucro de vidro, contendo em seu interior um tubo de vidro especial em forma de U, com uma mistura de gases inertes como o neon ou argônio, além do sódio sólido (em geral denominadas LPS).

O gás inerte dá a partida na lâmpada quando é ligada, emitindo, inicialmente, um arco de uma luz vermelha. Depois do tubo aquecido, o sódio abre seu arco.

Há uma película de isolamento térmico refletor no interior do tubo para que o calor do arco não passe todo para fora. Entre o tubo e invólucro externo de vidro, existe vácuo para que a temperatura do tubo em U tenha mais um isolamento térmico do exterior. A partida dessa lâmpada é lenta, pois precisa de 7 a 15 minutos para entrar em operação. Não há alterações significativas de seu fluxo luminoso quando há flutuações de tensão da rede elétrica, mantendo o brilho razoavelmente estável até a normalização da tensão da rede.

De alta pressão: A lâmpada de vapor de sódio de alta pressão (figura 6.9), também denominada HPS, contém mercúrio (de 15 a 30 mg de mercúrio/lâmpada) amalgamado com o sódio, no interior de seu tubo de descarga. Essa lâmpada também utiliza o gás inerte xenônio que dá partida na geração dos arcos de mercúrio e sódio da lâmpada.

Além da presença da toxicidade do mercúrio, o elemento sódio é altamente corrosivo e explosivo em contato com água. O sódio produz uma potência luminosa maior que a do mercúrio, e, em função das altas temperaturas e pressões desenvolvidas no seu interior, passa a reproduzir um espectro de cores muito maior que a de baixa pressão. Essas características, porém, trazem efeitos colaterais indesejáveis, afetando os componentes internos, vedações e o bulbo da lâmpada. Para tanto, o tubo de descarga da lâmpada de sódio de alta pressão é um tipo especial de cerâmica translúcida, denominada alumina, que suporta o ataque corrosivo do sódio, sob altas temperaturas e pressões.



Figura 6.9- Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão 250W.(a)tubular (b) ovóide.Fonte: www.casatitus.com, 2012.

Seu IRC é de 23-40, sua eficiência luminosa é de até 140 lm/W, a temperatura de 2000K com aparência de cor amarelada morna e a vida mediana varia em torno de 16.000 horas, um pouco abaixo da de baixa pressão, tornando-se econômica pela menor taxa de reposição. Precisa de 5 a 8 minutos para alcançar 80% do fluxo luminoso máximo (UFRGS, 2008).

Uma característica sua é a de que se a tensão de alimentação cair abaixo, de no máximo, 10% da tensão de rede, 200V, a lâmpada apaga e, para reacendê-la é necessário aguardar o tempo de resfriamento da mesma, de três a quatro minutos(OSRAM,2013). As lâmpadas de sódio de alta pressão têm custo - benefício eficiente e seu uso é difundido, principalmente, em vias públicas, em grandes áreas urbanas, como parques, estacionamentos e ambientes industriais, que necessitam do uso contínuo de iluminação por longos períodos de tempo.

5 Lâmpada de vapor metálico

A lâmpada de vapor metálico HPMH (High Pressure Metal Halide) pertence à família das lâmpadas de descarga de alta intensidade, sendo o aperfeiçoamento da lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão. Possuem um tubo de descarga cerâmico ou de quartzo transparente preenchido com 10 a 170mg de mercúrio/lâmpada, sob alta pressão e uma mistura de vapores que se compõem de um gás para partida (argônio) e haletos metálicos que se tornam plasma, antes do mercúrio, e aquecem o tubo. A adição de uma seleção de iodetos metálicos, colocados no interior do tubo de descarga, melhora as características de reprodução de cores da lâmpada e dão possibilidade de variar sua coloração. Ocorre nessas lâmpadas um ciclo regenerativo semelhante ao das lâmpadas incandescentes halógenas. As lâmpadas multivapores metálicos (figura 6.10 (a) e (b)) emitem luz branca, e são mais eficientes que as de vapor de mercúrio, além de ter maior variedade de tonalidades de cor. Possuem bloqueador UV, para redução da emissão de raios ultravioleta.



Figura 6.10 - Lâmpadas de vapor metálico (a) ovóide leitosa 250-400w. Fonte:Golden, 2012; (b) Tubular 400w Fonte:www.produto.mercadolivre.com.br,2012.

Suas indicações de uso são para iluminação de locais que necessitem de grande fluxo luminoso e realce, em função de sua boa reprodução de cores. Com IRC acima de 90, possui uma melhor composição espectral, apresentando suas temperaturas de cor entre 3.000 K e 5.200 K. Sua eficiência energética (rendimento

de 100 lumens por watt) e vida mediana de 10 mil horas reduzem os custos de consumo de energia e de manutenção. São utilizadas na iluminação de *shopping centers*, lojas de departamentos, em estúdios de cinema, hotéis, museus, supermercados e hospitais e no uso externo em grandes áreas esportivas, grandes fachadas, indústrias, monumentos, praças e eventos com transmissão televisiva (GOLDEN,2012; FREITAS,2009).

Podem ser encontradas em vários formatos como elipsoidais, tubulares e compactos, em potências que variam de 70W a 2000W. Para uma operação adequada destas lâmpadas, a flutuação de tensão de rede deve estar entre +6% e - 8%. Se houver desligamento súbito, o reacendimento a quente pode levar até 15 minutos, ou ter que ser desligada por 15 minutos para reiniciar.

6 Lâmpadas de luz mista

Trata-se de uma lâmpada com um sistema misto de produção de luz, tanto pela descarga elétrica, como por incandescência de um filamento. A lâmpada mista é uma fonte de luz composta por um tubo de descarga de quartzo com mercúrio (de 11 a 45 mg de mercúrio/lâmpada), que se vaporiza, através do aquecimento de um filamento incandescente interno que dá partida na lâmpada(figura 6.11).



Figura 6. 11 Lâmpada mista 250W
(Osram E-27).Fonte:OSRAM,2013

A vaporização do mercúrio, formando o arco luminoso, emite radiação ultravioleta convertida em luz visível, pelo pó de fósforo revestido na parede interna

do bulbo. O filamento incandescente atua para também estabilizar a lâmpada. Assemelhando-se a uma incandescente, a lâmpada mista, não precisa de equipamento auxiliar (reator) para seu funcionamento como a lâmpada fluorescente, só necessitando ser ligada diretamente à rede elétrica .

Um inconveniente que apresenta é ter que ser instalada na posição vertical (no caso de lâmpadas de potência de 160W) somente com a base para cima ou para baixo, com uma variação possível de até 30°, nesta posição. As potências maiores podem ser instaladas em qualquer posição (500W). O IRC dessas lâmpadas é maior que 60 (média fidelidade na reprodução das cores), e a eficiência luminosa é de 20 lm/W (menor que lâmpada de vapor de mercúrio), a temperatura de cor é de 3.600-3800 K (amarelada) e, a vida mediana de 8000 horas, de acordo com o fabricante (SYLVANIA,2010).

São lâmpadas indicadas para a iluminação de locais que necessitem de boa luminosidade como galpões, armazéns, garagens, recintos desportivos etc. Seu custo inicial é econômico, porém não poupam energia (LUZ, 2007).

6.5 Uso do mercúrio em lâmpadas

O mercúrio é um metal que produz internamente à lâmpada fluorescente ou mercurial um arco de muita energia ionizada, entre seus dois eletrodos. Esse metal é introduzido na lâmpada em forma líquida de gotículas metálicas.

Até o momento, não foi encontrado ainda, dentro da tecnologia atual, outro metal substituto com vantagens econômicas e técnicas, a altura de substituí-lo.

A energia luminosa gerada pelo mercúrio, dentro da lâmpada, não é praticamente visível, pois é emitida, em quase sua totalidade, na faixa de ultravioleta "UVC", mas quando seus fótons de luz atingem as paredes internas cobertas com o pó fluorescente, se torna luz visível. Durante o tempo em que a lâmpada é utilizada, a maior parte do mercúrio é absorvido pelo pó fluorescente das paredes da lâmpada .

Na figura 6.12 podemos observar através de um corte na lâmpada fluorescente os elementos físicos e químicos envolvidos no funcionamento da mesma.

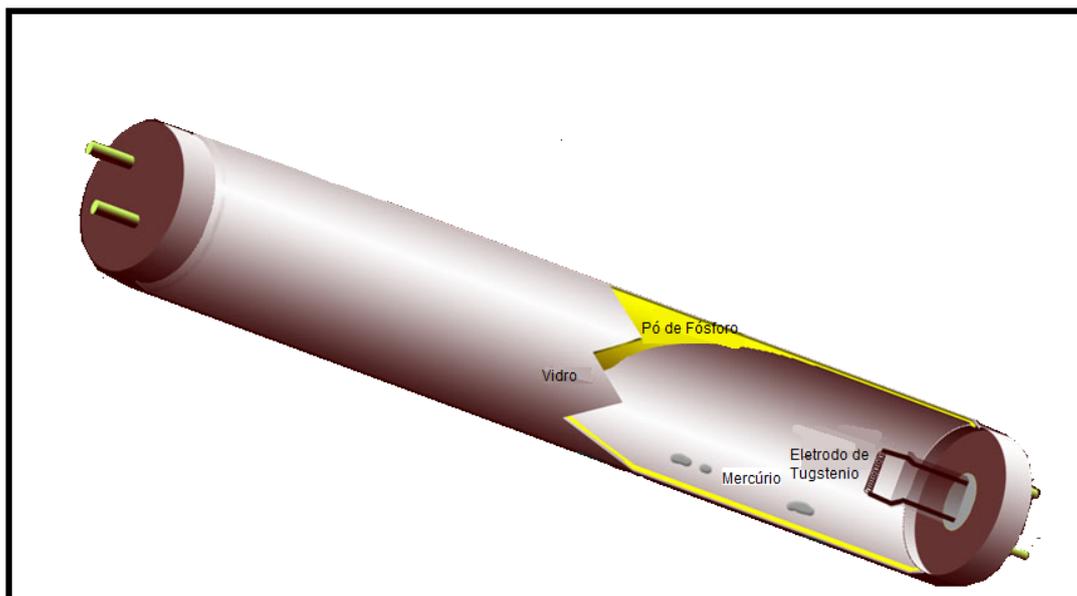


Figura 6.12 Corte na lâmpada fluorescente. Fonte: EdisonTechCenter.org adaptado

6.5.1 O contato com o mercúrio

O mercúrio (Hg) é um elemento químico metálico, presente no meio ambiente que vivemos. Encontramos sua presença no ar, através de emissões atmosféricas que são a fonte mais significativa de contaminação ambiental, na água (do mar e cursos d'água) e nos sedimentos do solo, porém em níveis muito baixos, na maioria das vezes, toleráveis pelo ser humano. Acima de determinados valores, a presença do mercúrio torna-se tóxica e perigosa.

Nas atividades ocupacionais, quando lidando com lâmpadas que contem esse elemento, pode haver o contato acidental, havendo o risco de o funcionário se expor à contaminação. Ao lidar com resíduos de lâmpadas que contenham mercúrio, toda precaução é necessária: tocar os resíduos apenas usando luvas apropriadas, não aspirá-los ou deixá-los contaminar o ambiente, pois a toxicidade desse elemento pode acarretar muitas doenças, dependendo do tempo de exposição e via de contaminação que o ser humano tiver sido exposto (pele, trato respiratório, trato digestivo, ferimentos etc.).

No descarte inadequado de resíduos sólidos de lâmpadas fluorescentes (mercuriais), o meio ambiente sofre contaminação e todos os que tiverem contato com tais resíduos descartados de forma indevida, também serão contaminados.

6.5.2 Danos à saúde

Existem índices biológicos máximos permitidos para exposição ao mercúrio inorgânico que são considerados aceitáveis em termos de tolerância biológica. Não só as altas concentrações são danosas a saúde humana, as baixas concentrações (como no quadro 6.1), acumulam-se biologicamente no organismo, podendo lesar vários órgãos como o cérebro, o coração, os rins e pulmões e o sistema imunológico dos seres humanos (UNEP, 2002). O Ministério do Trabalho, em seu Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional, os estabelece na sua NR-7(Norma Regulamentadora) e tais índices devem ser consultados e monitorados em exames periódicos dos trabalhadores expostos, a critério do médico de saúde do trabalho da organização, ou solicitada sua antecipação em caso de uma grande exposição acidental ao agente tóxico.

No caso específico dos funcionários que têm como atividade ocupacional a substituição, armazenamento e destinação de lâmpadas fluorescentes ou outras de natureza mercurial, há exposição dos mesmos a um tipo de contaminação constante, em sua maioria em baixas concentrações, ao longo do tempo.

Quadro 6.1 Forma química do mercúrio e doenças decorrentes de contaminação

Forma do Mercúrio	Meio	Órgãos atingidos
Mercúrio metálico (Vapor)	Inalação de altas concentrações	Pulmões (80% do Mercúrio inalado é absorvido pelo sangue)
	Inalação crônica de baixas concentrações dos vapores	Sistema nervoso: Distúrbios neurológicos, problemas de memória, erupções cutâneas e insuficiência renal

Fonte: CETESB,2012 adaptado.

A inalação de vapores de mercúrio metálico pode ocorrer, por ocasião da ruptura de uma lâmpada, na atividade laboral, ou pela constante presença do ser humano, nas proximidades de um lote de resíduos, não propriamente acondicionado. Uma vez caracterizando-se um evento freqüente, produz intoxicações crônicas ocupacionais, pois parte do mercúrio inalado fica no organismo.

Os ambientes onde ocorrem esses eventos também ficam contaminados por derramamento ou liberação do mercúrio metálico, no ar ambiente, e devem ser

receber ventilação e limpeza para retirada do agente contaminante. Paralelamente, é primordial cuidar da destinação correta desses resíduos, conforme a determinação da legislação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Com essa precaução, não se promoverá a disseminação da presença desse metal poluente em lixões e/ou aterros não controlados que não são preparados para recebê-los. Não havendo a preocupação em destinar resíduos poluentes dessa natureza, de maneira adequada, ou seja, para reciclagem ou aterros indicados pela legislação, esse descaso trará a poluição do solo, águas superficiais e subterrâneas, caracterizando-se como infração às legislações vigentes.

6.6 Manuseio de resíduos de lâmpadas incandescentes e mercuriais

O manuseio de um resíduo de uma lâmpada significa sua manipulação, sua remoção de um local onde se encontrava armazenado ou instalado para movê-lo a outro ponto, que pode ser para seu tratamento/descontaminação ou disposição final.

Há **orientações importantes** sobre esse manuseio a serem observadas (principalmente se a lâmpada for fluorescente), para prevenir a segurança de quem a manipula:

a) a principal é a de que o funcionário deve receber treinamento sobre a **função do EPI**(equipamento de proteção individual) em suas atividades e de **como usá-lo**.

A função do EPI é proteger o técnico que manipula a lâmpada, caso haja um acidente com a mesma, e os demais itens auxiliares que irão acompanhar o EPI, em forma de *kit*, são para ajudar na remoção prévia do mercúrio, do local, para que este não se dissemine, nos ambientes vizinhos.

b) Se for **lâmpada fluorescente ou outra qualquer mercurial**, ao técnico ou funcionário que for encarregado de remover essa lâmpada, não deve ser permitido beber, comer ou fumar, antes de terminar seu serviço e só fazê-lo, **após trocar o macacão e lavar muito bem as mãos com água e sabão**.

Nos procedimentos quando uma lâmpada qualquer de um ambiente tiver que ser trocada ou se estiver danificada, os passos importantes são:

- I. **Manter consigo a embalagem** da lâmpada nova para embalar a que vai ser trocada.
- II. O conjunto do **EPI** deve estar sempre à mão, e o funcionário deve ter sido treinado para usá-lo.
- III. Se for incandescente, halógena/dicrónica ou LED, apenas efetuar a troca, protegendo as mãos, dos cacos, em caso de quebra, e acondicionar a lâmpada antiga na embalagem da lâmpada nova. Embrulhá-la bem, em plástico bolha ou jornal com fita adesiva para que os cacos não venham a cortar os futuros coletadores. Se for incandescente ou halógena/dicrónica, encaminhá-la ao lixo comum e se for do tipo LED, descartar junto ao lixo eletrônico.
- IV. Se é fluorescente, **HID** (também conhecidas como lâmpadas de descarga de alta pressão) de vapor de sódio, de vapor de mercúrio, metálica ou mista, todas elas conterão mercúrio, cádmio e chumbo, substâncias tóxicas, portanto são **resíduos perigosos**. A lâmpada então deverá ser tratada, tanto a nova como a que se irá substituir **com muita cautela**, tanto na manipulação da lâmpada nova para que não se quebre como ao lidar com a lâmpada substituída. Sua destinação deverá ser a reciclagem ou aterro de resíduos perigosos.
- V. Se a lâmpada **contém sódio**, porém não contém mercúrio, como por exemplo no caso das lâmpadas de descarga de **vapor de sódio de baixa pressão, também o descarte, ambientalmente adequado, deve ser observado, pois o sódio** é um elemento corrosivo e em contato com água, ou umidade do meio ambiente pode provocar explosões.
- VI. Se essas lâmpadas **HID** estiverem inteiras, ou só quebradas na camada de vidro externa, **não há perigo imediato no manuseio, pois os elementos contaminantes estão dentro da ampola interna**. Mas, se a ampola ou bulbo tubular interno estiver rompido, haverá risco à saúde humana e contaminação do meio ambiente.

6.6.1 Uso do EPI (Equipamento de Proteção individual)

A utilização do EPI normalmente é recomendada em caso de quebra da lâmpada fluorescente ou mercurial, e em caso de substituição de lâmpada, como as HID— Lâmpada de Descarga de Alta Pressão (lâmpadas de alta pressão e alta potência, do grupo das mercuriais), pois há uma quantidade maior de mercúrio nas mesmas.

a) O EPI para proteção do funcionário que efetua a troca da lâmpada consta de:

Luvas de borracha

Protetor Auricular

Botas de Borracha

Avental Plástico

Máscara Especial

Óculos protetores (MPCA,2006).

b) Conjunto de itens auxiliares ao EPI, para auxílio na coleta de mercúrio derramado:

Toalhas de papel, guardanapos, tecidos ou papel higiênico umedecidos

Dois cartões de cartolina ou papel duro, papelão

Lâminas de barbear com corte de um só lado, ou uma faca afiada

Conta-gotas, para aspiração das gotas do mercúrio metálico

Pá de plástico,

Bandeja grande ou caixa, para abrigar o resultado da coleta

Lanterna, para detecção das gotas brilhantes do mercúrio metálico no chão e fendas;

Um rodo de borracha, para empurrar as gotas

Fita adesiva larga com bom poder de adesão

Para acondicionamento da coleta do mercúrio metálico:

Pequenos sacos plásticos que possam ser do tipo “zip-lock”,

Sacos plásticos de lixo grandes para conter lâmpadas quebradas, do tipo usado para entulho de obra, ou liso, transparente, dimensões 920x1300, espessura 0,50 mm, baixa densidade, solda fundo reforçada. (CEMIG,2012?).

Plástico bolha para embrulhar os resíduos

Fita adesiva larga com bom poder de adesão.

Luvas de borracha extra,

Recipiente de vidro de boca larga com tampa para receber o conteúdo do conta gotas. (MPCA,2006).

OBS:Item auxiliar opcional :

Uma manta plástica descartável quadrada, a ser estendida sob a escada do eletricitista, a cada substituição de lâmpada, previne a contaminação de todo o chão, quando houver uma quebra. Torna-se um elemento auxiliar de apoio para evitar soluções drásticas como a remoção de um piso rugoso contaminado .

6.6.2 Evento da ruptura de uma ou mais lâmpadas fluorescentes

ANTES DE INICIAR A LIMPEZA DO AMBIENTE:

- Como primeiro passo, é importante o técnico que se acidentou com a lâmpada pedir ajuda para mandar evacuar a sala, de pessoas (se estiver em casa, também dos animais) e solicitar que se faça o arejamento da área, por, no mínimo, 15 minutos, abrindo janelas e portas para o ambiente exterior.

Pedir também que :

- Fechem as portas de comunicação da sala atendida para o resto da repartição.
- Fechem todos os retornos de ar frio, de modo que o vapor de mercúrio não seja transportado para todos os ambientes;
- Desliguem os aquecedores se houver, o mercúrio líquido converte-se mais rápido em vapor a temperaturas mais quentes;
- Se o sistema de ar condicionado FOR do tipo central, pedir que se desligue, pois faria o vapor se espalhar pelo prédio;

- Se o sistema de ar condicionado NÃO FOR do tipo central, e sim isolado, pedir que se ligue os aparelhos locais, com ventilação expulsando o ar para fora;
- Desliguem ventiladores, exceto se estiverem ventilando para fora do prédio.
- Se houver ventoinhas que se ligue as mesmas para expulsar o ar contaminado de mercúrio para fora do prédio (MPCA,2006).
- **OS RESÍDUOS DA LÂMPADA FLUORESCENTE QUEBRADA DEVEM SER MANIPULADOS COM LUVAS DE BORRACHA, MÁSCARA (A INDICADA É A COM FILTRO DE CARVÃO ATIVADO), AVENTAL E BOTAS PLÁSTICAS PROPRIAS (MPCA, 2006).**
- Se houver derrame do mercúrio sobre a pele, e sobre o macacão do funcionário e botas, ele deve ficar parado e pedir que alguém lhe traga sacos plásticos e toalhas úmidas de papel, e retirar relógio, jóias, bijuterias, pois o mercúrio adere ao metal.Vestir o EPI.

6.6.3 Manuseio e retirada de lâmpadas fluorescentes rompidas

- Fazer a retirada do mercúrio do local do acidente com a lâmpada, limpando todos os sinais visíveis de gotas de mercúrio com as toalhas úmidas, pondo-as dentro do saco do lixo. Se for preciso, remover com a lâmina a parte contaminada. Disponha-a em um saco de lixo grande e feche com fita adesiva.
- Uma lâmpada quebrada se ainda estiver morna, exalará algum vapor de mercúrio tóxico, pois o calor faz o mercúrio tomar a forma de vapor.
- Seus cacos soltarão um pouco do pó de fósforo, misturado à grande parte do mercúrio, além de outras substâncias perigosas à saúde.

- Se a lâmpada estiver fria, o metal estará líquido e gotas do mercúrio, minúsculas serão derramadas na roupa de quem a está manuseando, e, nas fendas do chão e onde outras pessoas pisam, levando, sob as solas dos sapatos, o mercúrio.
- Água corrente ajuda a retirar o mercúrio de sob as solas de sapatos, mas tem de ser feita a limpeza, destinando a água contaminada ao esgotamento apropriado para resíduos perigosos, que será tratado. Se for destinada essa água contaminada ao esgotamento comum, irá contaminar os corpos hídricos onde o esgoto é despejado.
- Os restos da lâmpada devem ser recolocados em sua embalagem original se possível. É bom ter em mente que quanto mais tempo se ficar próximo a uma lâmpada quebrada mais contaminação se está absorvendo. Obrigatoriamente, depois de colocados na embalagem, devem ser também muito bem enrolados em plástico-bolha, várias vezes, colando com fita adesiva. Às vezes, o jornal é indicado para substituir o plástico-bolha, mas não deve ser a primeira opção, pois não é à prova de umidade.

6.6.4 Procedimento de limpeza final do mercúrio no ambiente

- Muito embora haja quem recomende, não se deve varrer, nem aspirar, pois pode se espalhar o pó de fósforo misturado ao mercúrio, ou o próprio vapor de mercúrio será exalado pelo aspirador, de volta ao meio ambiente. O aspirador ficará também contaminado, por sua vez.
- Com uma **fita adesiva** recolher com cuidado os pedaços que restaram em forma cacos e de pó, no chão ou sobre objetos. Com a ajuda da **bandeja** ou **caixa** forrada com uma **toalha de papel**, dispor os cacos restantes, colando-os na **toalha de papel**. Dobrar, colocar dentro do **saco de plástico**, fechá-lo com fita adesiva.

- Rolar as gotas de mercúrio com a ajuda do **papelão**, ou do **rodo**, na direção da **pá**. Utilizar então, o **conta-gotas** para sugá-las. Armazene o mercúrio encontrado em um **recipiente de vidro de boca larga com tampa** e mantenha fechado a cada novo recolhimento.
- Com a **lanterna**, que reflete a luz sobre o mercúrio líquido, verificar todos os lugares. Observar se não restou mais nenhuma gota no chão, em fendas, etc.
- Jogar dentro do **saco de lixo** que será selado, todo o resto dos objetos que tenham entrado em contato com o mercúrio: **a lanterna, a bandeja, jogar fora a lâmina o papelão, o conta-gotas, a fita e a pá**.
- Remover o **macacão, luvas**, sem tocar em seus dedos ou qualquer coisa que possa estar em contato com o mercúrio, e as **botas**, pondo dentro de outro **saco de lixo**. Selar bem o saco de lixo. Enviar esse saco para descarte do tipo de Resíduo Perigoso, Classe I. O Arsenal de Marinha tem coleta para esse tipo de Resíduos.

O Manual de Gerenciamento dos Resíduos de Mercúrio nos Serviços de Saúde, do Ministério do Meio Ambiente/ANVISA, indica “proceder à descontaminação imediata do piso, realizando a limpeza com hipoclorito de sódio(água sanitária) ou outro produto que retire o mercúrio” (MMA/ANVISA,2010).

Mas se a lâmpada contiver **sódio não se pode usar a água sanitária**. Se o piso for de material que permita a penetração do mercúrio, como madeira, cimento e outros, ou possuir rachaduras, reentrâncias e frestas, após os procedimentos de coleta de mercúrio, o piso deve ser removido e substituído. O novo piso deve ser impermeabilizado utilizando-se resina impermeável ao mercúrio. (MMA/ANVISA, 2010)

6.6.5 A limpeza final do mercúrio no ambiente

- Esse pacote resultante da limpeza deve aguardar, em separado, em uma **caixa coletora**, ou **tambor** de preferência de fibra, com tampa, fechado,

especial para lâmpadas, pertencente à empresa. Esse procedimento previne o mercúrio para que não escape para o ar exterior e contamine o ambiente. Essa caixa deve ficar em área externa ao prédio para não promover a contaminação do ar do ambiente, principalmente em dias de alta temperatura.(BULBOX,2012)

- O repasse do contaminante por parte do técnico a outras pessoas, inclusive da própria família, precisa ser evitado, lavando-se bem a pele, substituindo as roupas e sapatos contaminados (MPCA,2006).

6.7 ARMAZENAMENTO E ACONDICIONAMENTO

a) Se a lâmpada usada for fluorescente ou mercurial, guardar na embalagem da lâmpada nova, que a substituiu e fechar com fita adesiva. Não havendo mais a embalagem, fabricar uma, com papelão, ou acondicioná-la em plástico-bolha ou folhas duplas de jornal, nos dois casos, selando bem com fita adesiva larga. Este procedimento torna-se importante, para que a lâmpada não se quebre ao sofrer qualquer choque no transporte, e deixe vaziar o vapor poluente.

b) As lâmpadas esgotadas, trocadas e embaladas devem se colocadas em coletores/contêineres especiais, que são caixas de fibra ou metálicas(ver figura 6.13 (a) e (b)). A caixas devem portar identificação, à prova do desgaste de condições de tempo, chuva, calor e vento, e serem forradas com sacos plásticos, para evitar sua contaminação. Devem estar confinadas, com tampa e cadeado, de preferência contendo filtro de carvão ativado. Providências essas para que se evite vazamentos de vapores ao meio externo.

c) O acondicionamento das lâmpadas quebradas, devidamente embaladas em plástico bolha, e fita adesiva, para proteção do técnico, deve ser em bombona material plástico ou tambor metálico, portáteis, com tampa hermeticamente fechada.Devem portar identificação, à prova do desgaste de condições de tempo, chuva, calor e vento, forradas com sacos plásticos, para evitar sua contaminação.Devem estar confinadas, com tampa e cadeado, de preferência contendo filtro de carvão ativado(RELUZ/PROCEL,2004).

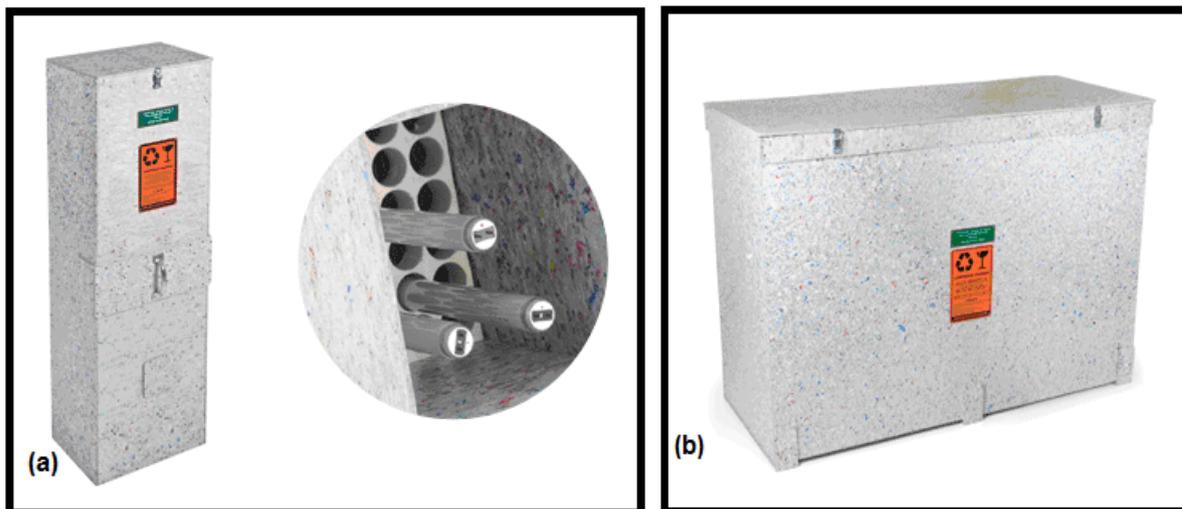


Figura 6.13-(a) Caixa Ecológica (60 lâmpadas) e (b) contêiner (150 lâmpadas) para armazenar e movimentar lâmpadas usadas fluorescentes, de 1,20m de comprimento com filtro de carvão ativado. fonte:www.mecacoleta.com.br,2012.

d) Se o armazenamento for para mais longo prazo, (devido a espera de licitação de empresa recicladora ou de formação de volume mínimo) o local de armazenamento deve manter a placa identificadora "Lâmpadas para Reciclagem - Proibida a Entrada de Pessoas Estranhas ao Serviço", para impedir o acesso de pessoas que ignorem os preceitos de segurança para a própria saúde.

e) As caixas coletoras/contêineres especiais devem estar segregados em área coberta, seca e bem ventilada, acomodados sobre base de concreto ou paletes de tal forma que impossibilitem o vazamento (percolação) de substâncias mercuriais tóxicas para o piso e águas de esgotamento. A situação ideal é que a área tenha instalado um sistema de drenagem e captação de líquidos contaminados (CASTRO,2012).

f) Terminadas as atividades, as caixas coletoras/contêineres especiais, assim como a base de concreto ou paletes com algum grau de contaminação devem ser devidamente tratados e/ou limpos (RELUZ/PROCEL,2004).

6.8 Sobre o transporte

6.8.1 Movimentação do resíduo

O resíduo para ser recolhido e enviado a tratamento e reciclagem tem que ser movido internamente à empresa e externamente.

Há três tipos de etapas do transporte do Resíduo de lâmpadas Classe I a considerar:

1ª etapa- Recolhimento da lâmpada: quando substituídas, as lâmpadas exauridas são levadas do local onde estavam instaladas para serem guardadas em um local de depósito temporário.

- Durante a ocorrência desse transporte, que deve ser feita em recipientes coletores próprios, os meios utilizados para fazê-lo (carrinhos plataforma(figura 6.14) com abas, motorizados ou não, etc) devem ser exclusivos, no momento de uso, estáveis (que não estejam sujeitos a vibrações ou tombamentos) e que tenham passagem segura garantida.



Figura 6.14-Carrinho de transporte. Fonte: www.isalogcarrinhos.com.br/

- Se para chegar ao local de destino for preciso atravessar uma área ao ar livre, cuidar para que o recipiente das lâmpadas esteja coberto com uma cobertura plástica. Devem ser de uso próprio para as lâmpadas, uma vez que as mesmas ainda não estarão, provavelmente, nas caixas coletoras próprias. Não devem ser usados para transporte conjunto a alimentos, medicamentos,

nem quem o transporta deve estar ingerindo alimentos ou fumando nesta hora.

2ª etapa- Intermediária: quando as lâmpadas armazenadas nas caixas coletoras em local de depósito temporário devem ser removidas para um local de aguardo para recolhimento por empresas de tratamento e reciclagem.

- Durante a ocorrência desse transporte, que deve ser feita em recipientes coletores próprios, os meios utilizados para fazê-lo (carrinhos fechados motorizados, pequenos veículos fechados de carga, dependendo o tamanho do veículo das dimensões da caixa coletora, etc.) devem ser exclusivos, no momento de uso, estáveis (que não estejam sujeitos a vibrações ou tombamentos) e que tenham passagem segura garantida. Não devem ser transportados junto a alimentos, medicamentos, nem quem o transporta deve estar ingerindo alimentos ou fumando nesta hora.

3ª etapa - Destinação final: quando as lâmpadas armazenadas nas caixas coletoras, ou paletes, que se encontram em local de aguardo para recolhimento e envio a descontaminação de resíduos e destinação final adequada, são coletadas pelas empresas escolhidas para essa finalidade.

No que se refere ao transporte externo de resíduos de Classe I deverão ser seguido os procedimentos da norma técnica NBR 13221/94 da ABNT.

Recomendações quanto a movimentação externa dos resíduos:

-Identificar o carregamento (o contêiner, o tambor e as caixas) com as seguintes informações:

- data do carregamento
- número de lâmpadas
- localização de onde as lâmpadas foram retiradas (origem)
- destinação do carregamento

-O transporte deve ser feito de forma segregada, não podendo ser colocados junto a alimentos, medicamentos, ou produtos destinados à utilização e/ou consumo humano ou animal, ou com embalagens destinadas a estes fins.

-O recipiente das lâmpadas, deve estar protegido das intempéries, e de tombamentos para evitar a ruptura das lâmpadas, ou seja a carroceria do veículo deve ser fechada.

-Os veículos, utilizados para o transporte das lâmpadas para tratamento e reciclagem devem portar, nas laterais e na frente de sua carroceria, informação sobre o tipo de resíduo transportado e identificação da empresa responsável pelo veículo (Como não há , conforme a Norma NBR 7500/2003, um símbolo específico para cargas mercuriais , é aceita a denominação de "Substâncias Tóxicas").

-Quando o transporte do resíduo é feito por firma de transporte contratada, o gerador deve preencher o MTR (Manifesto para Transporte de Resíduos), conforme o modelo contido na NBR 13221/94.

-O transporte de resíduos deve obedecer à legislação ambiental específica (federal, estadual ou municipal), quando existente, bem como deve ser acompanhado de documento de controle ambiental previsto pelo órgão competente, devendo informar o tipo de acondicionamento.

-A empresa a que se destina o resíduo de lâmpadas a ser tratado, com a função de Recicladora ou de Tratamento de Resíduos, se ocupa freqüentemente do transporte das lâmpadas inservíveis. Nesse caso a responsabilidade será assumida por esta empresa, excetuando-se por acordos de parceria com o cliente nesse sentido (RELUZ/ PROCEL, 2004).

6.9 Sobre o descarte de resíduos

6.9.1 Destinação Dos Resíduos:

a) De lâmpadas incandescentes, halógenas/dicróicas e LEDs

Lâmpadas incandescentes: são consideradas como não potencialmente perigosas para o meio ambiente. Mas como o vidro de que são feitas tem características de ponto de fusão e composição diferente dos vidros comuns, não podem ser descartadas junto aos vidros recicláveis que vão entrar na linha de fabricação embalagens de alimentos e medicamentos. Seu descarte poderá ser feito junto às lâmpadas fluorescentes e mistas ou em último caso, no lixo comum, não orgânico, preferencialmente.

Lâmpadas LED - Seu descarte deverá ser feito junto ao lixo eletrônico.

b) De lâmpadas fluorescentes, de vapor de mercúrio, de sódio, metálico e mistas

Lâmpadas fluorescentes, de vapor de mercúrio, de sódio, metálico e mistas: lâmpadas desse tipo queimadas ou quebradas são consideradas como “**resíduos perigosos**”, pois sua tecnologia de fabricação utiliza “metais pesados”, e, em maior quantidade o mercúrio, os quais são tóxicos à saúde humana e meio ambiente.

Essas lâmpadas deverão ser descartadas com cuidado para não se partirem e embaladas na caixa de papelão original da lâmpada nova, recém trocada. Em hipótese nenhuma a usada deve ser colocada junto ao lixo comum.

Deverão haver coletores próprios, para lâmpadas, na empresa, que **encaminhará para coleta especial**, a ser feita por uma empresa credenciada que recolhe e descontamina os resíduos e recupera o mercúrio. Os resíduos obtidos dessa operação: O vidro, os terminais metálicos, a poeira fosforosa e o mercúrio entrarão como matéria prima, na linha de produção de indústrias que os irão adquirir. (USP,2012; AMRJ,2012).

7. CONCLUSÕES

1- A tecnologia moderna que nos traz conforto e praticidade, também embute em seu preço final a responsabilidade de, ao fim de seu ciclo de vida, desfazermos dela de uma forma segura, sem criarmos passivos ambientais para as futuras gerações.

2- As lâmpadas fluorescentes e as demais mercuriais trazem em si outros aspectos, além da economia energética, da durabilidade e eficiência. Ao se tornarem inservíveis, por simples quebra ou esgotamento, produzem um tipo de resíduo, que libera o mercúrio, elemento tóxico e poluente que se vaporiza à medida que a temperatura ambiente se eleva. Uma única lâmpada que seja, quebrada, aparentemente gera um dano, contabilizado como ínfimo no meio ambiente, mas às centenas, milhares, durante anos, lançadas em depósitos de lixo não controlados ou a beira de estradas ou rios, sob a ação das chuvas, com toda certeza disseminarão condições para um impacto ambiental sem volta.

3- De acordo com as recicladoras e associações de fabricantes, somente 6% dessas lâmpadas, anualmente, tem destinação para descontaminação e reciclagem de materiais em nosso país. Esses resíduos precisam ser tratados, tornados inertes ou reaproveitados para que o mercúrio não chegue à cadeia alimentar e seja ingerido ou inalado em forma de vapor, causando efeitos desastrosos ao sistema nervoso e mutações genéticas no ser humano. Sua reciclagem dá a oportunidade, às indústrias, de não necessitarem extrair mais dessa matéria-prima poluente, da natureza.

4- A pesquisa de campo levou à conclusão que havia a ausência de um sistema de gerenciamento ambiental efetivo para resíduos perigosos, como no caso específico das lâmpadas fluorescentes e mercuriais, o que faz com que a empresa sob estudo esteja em não conformidade com a Lei nº12305/10 de Política Nacional de Resíduos Sólidos. Sem um plano de gerenciamento de resíduos perigosos, os funcionários da empresa não dispõem de meios para manusear os resíduos com segurança, não têm como armazená-los corretamente, não fazem o seu transporte adequadamente, e principalmente, não os destinam corretamente, nem sequer ao fabricante, em um sistema de logística reversa.

5- No período de 5 (cinco) anos (2008-2012) a empresa descartou, para um total de 2054,6 quilogramas de resíduos de lâmpadas, um valor máximo de **255,0 g** de mercúrio e um valor mínimo de **81,5 g** de mercúrio; calculando-se para uma média anual de **411,0 kg** de resíduos de lâmpadas, um valor máximo de **51,0 g** de mercúrio e um valor mínimo de **16,3 g** de mercúrio, passíveis de contaminar, respectivamente, 50 milhões e 16,3 milhões de litros de água potável .

6- Sob o ponto de vista da saúde ocupacional, só o armazenamento correto de lâmpadas fluorescentes inservíveis, colaborará para que os limites de tolerância biológica das Normas Regulamentadoras (NRs) do Ministério do Trabalho, assim como a Organização Mundial de Saúde (OMS) sejam respeitados, e no contato com lâmpadas quebradas, o uso do EPI, equipamento de proteção individual (avental, luvas, máscaras e botas plásticas), evitará a inalação do vapor de mercúrio, além de impedir que o ambiente seja contaminado pelo mercúrio metálico.

7- O fato de a empresa ter, as suas lâmpadas fluorescentes inservíveis, recolhidas pela coleta seletiva do Arsenal, não invalida a constatação de que a empresa sob estudo de caso não possui plano de descarte para esses resíduos. O fato de o AMRJ, enquadrado como grande gerador de resíduos, absorver e prover a destinação ambientalmente adequada, dos resíduos de lâmpadas da empresa, sob estudo, junto a seus resíduos, encaminhando os mesmos para a reciclagem, consiste de um acontecimento à parte, que veio a completar de forma conveniente uma cadeia de eventos de descarte, em acordo com a legislação da PNRS.

8- Faz-se necessária uma proposição de parceria da empresa, com o AMRJ para fechar o elo de descarte dos resíduos de lâmpadas fluorescentes que a empresa sob estudo de caso, produz.

9- Um Manual foi elaborado com o intuito de colaborar..com o estabelecimento de procedimentos quanto ao manuseio, transporte, armazenamento e descarte de lâmpadas fluorescentes e mercuriais para o sistema de gestão ambiental da empresa ora em elaboração.

10-Muito embora, a sociedade moderna como um todo, venha a crer nos benefícios ecológicos das lâmpadas fluorescentes e mercuriais, necessário é conhecer os materiais com que lida no dia-a-dia. O elemento mercúrio é um deles: convivemos desde pequenos com sua presença, fazemos uso dele em instrumentos e tratamentos médicos e dentários, sem ter noção, na maioria das vezes, dos passivos que gera. Imprescindível é fornecer ao pessoal envolvido com o manuseio

das lâmpadas fluorescentes e mercuriais, o conhecimento do risco do elemento químico e de como lidar com ele, de forma segura, com treinamento e EPI apropriado, para que, através da proteção da saúde individual e coletiva, se tenha qualidade ambiental e de vida .

REFERENCIAS

ABDALA, Ângela A.,2010. *A evolução dos LEDs*. Diodos Emissores de Luz: de pequenos notáveis a titãs do futuro. Disponível em < <http://www.angelaabdalla.com.br/> >acesso em 28/05/2013.

ABERDEEN CITY COUNCIL, 2013. *G - L of Recycling .Glass*. Disponível em < http://www.aberdeencity.gov.uk/waste/recycling/rub_g_l_recycling.asp > Acesso em: 29/03/2013.

ABILUX. Associação Brasileira da Indústria de Iluminação.2005 apud DURÃO JR, Walter A.; WINDMÖLLER , Cláudia C. *A Questão do Mercúrio em Lâmpadas Fluorescentes*.Química Nova na Escola, n. 28, maio 2008. Sociedade Brasileira de Química. Disponível em < <http://qnint.sbq.org.br/qni/visualizarTema.php?idTema=24> > Acesso em: 16/06/2012.

ABILUX-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDUSTRIA DE ILUMINAÇÃO, 2008. *Reunião do Grupo de Trabalho sobre Lâmpadas Mercuriais do CONAMA Descarte de Lâmpadas contendo Mercúrio São Paulo, SP-Outubro 2008*.

ALESSIO L, CRIPPA M, LUCCHINI R, BINETTI R, ROI, R. 1. Inorganic mercury compounds In: ARESINI G, KARCHER W, ROI R, SEVILLA MARCOS (eds) *Data Profiles for Selected Chemicals Series*, ECSC-EC-EAEC Brussels-Luxembourg,1995.

AMBIENSY&BULBOX 2012. Empresa de Reciclagem. Disponível em< www.bulbox.com.br >acesso em 03/11/2012.

APLIQUIM BRASIL RECICLE,2012 .Empresa de Reciclagem. Disponível em <www.apliquim.com.br e www.brasilrecicle.com.br > acesso em 03/11/2012.

ARAÚJO, Justinio P.,2009. *Tipos e características de lâmpadas:Sistemas de iluminação*. Disponível em < <http://www.prof2000.pt/users/lpa> >acesso em 28/05/2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 2004. *NBR 10004., Resíduos sólidos: classificação*. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR.12.235. Armazenamento de resíduos sólidos perigosos*. Rio de Janeiro, 1992.

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry . *Metallic Mercury*. Division of Toxicology March 2001. Disponível em< www.atsdr.cdc.gov/ > acesso em 03/11/2012.

_____.Agency for Toxic Substances and Disease Registry . *Mercury*. Division of Toxicology March 1999. Disponível em < www.atsdr.cdc.gov >acesso em 03/11/2012.

AZEVEDO, F.A. Toxicologia do mercúrio. São Paulo: Editora Rima/Intertox, 2003. 272p.

BACILA, Danniele Miranda. *Uso da logística reversa para apoiar a reciclagem de lâmpadas fluorescentes usadas: estudo comparativo entre Brasil e Alemanha*. 152f. Dissertação (mestrado) -Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação Meio Ambiente Urbano e Industrial; Universidade de Stuttgart; SENAI/PR, Curitiba, 2012. Orientador: Klaus Fischer -- Co-orientadores: Mônica Beatriz Kolicheski; Leandro Wiemes.

BELLIS, Mary .2012. *History of Lighting and Lamps: Pre-electrical Lamps*. Disponível em < <http://inventors.about.com/od/lstartinventions/a/lighting.htm> > Acesso em 14/09/2012.

_____, Mary .2012. *The History of Fluorescent Lights- Inventors: Peter Cooper Hewitt, Edmund Germer, George Inman and Richard Thayer*. Disponível em < [http://inventors.about.com/gi/dinamico/offsite.htm site?](http://inventors.about.com/gi/dinamico/offsite.htm?site=) > Acesso em 14/09/2012.

BENBASAT, I.; GOLDSTEIN, D. K.; MEAD, M. *The case research strategy in studies of information systems*. *MIS Quarterly*, v.11, n.3, p.369-386, set. 1987.

BEN-MENACHEM, Ari, 2009. Livro. *Historical Encyclopedia Of Natural And Mathematical Sciences*, Volume 1. Editora Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.

BONMANN, Christian. *Lamp recycling in changing markets*. In: 11th International Electronic Recycling Congress, Salzburg, 2012.

BRASIL, 2001. *MEDIDA PROVISÓRIA nº 2152-2*, de 1º de junho de 2001, D.O.U. de 4.6.2001 (Edição extra).

BRASIL, 2010. LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*; DOU 03.08.2010.

CASTRO, Sandra Márcia de, 2012. *Guia Prático Para Minimização E Gerenciamento De Resíduos*– USP São Carlos. Organizadores: Patrícia Silva Leme, João Luis Garcia Martins, Dennis Brandão.

CBS Previdência. ISO 9000. *Coleta Seletiva*. Disponível em < http://www.cbsprev.com.br/web/images/Coleta_Seletiva_de_lixo.pdf > Acesso em: 29/03/2013.

CEPA/USP-*Centro de Ensino de Pesquisa Aplicada*. 2000. *Progresso Da Iluminação. Programa Pró Ciências – FAPESP*. Disponível no site <<http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia2000/turmaA/grupo6/progresso.htm>> acesso em 26/07/2012.

CETESB, 2012. *Mercúrio e seus compostos*. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental . Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/mercurio.pdf> > acesso em 04/03/2013.

CHEMICAL SOCIETY, London, The Journal of Chemical Society - Volume 18 (Great Britain). 1865. Editor Henry Watts. Disponível em < http://books.google.com.br/books?id=UKlwAAAAYAAJ&pg=PA9&redir_esc=y#v=onepage&q=sprenge&f=false. > acesso em 14/09/2012.

CHESMAN, Carlos; MACEDO, Augusto; ANDRE, Carlos, 2004. *Física Moderna Experimental e Aplicada*. Editora Livraria da Física. Número de páginas 292
1ª Edição 2004.

COMMERCIAL-LAMPS.CO.UK.Artigo.Sir Joseph Wilson Swan - Inventor Of The Incandescent Light Bulb. Disponível no site< www.commercial-lamps.co.uk/p/resources/lighting-history/sir-joseph-wilson-swan> acesso em 01/08/2012.

COSTA, Daniel Oliveira. Dissertação de Mestrado. *Estudo e Determinação das Características de Lâmpadas de Diferentes Tipos*. 2010. 79f. Universidade do Minho. Escola de Engenharia. Departamento de Eletrônica Industrial. Novembro de 2010. Portugal. Minho. Disponível em < <http://intranet.dei.uminho.pt/gdmi/galeria/temas/pdf/42997.pdf> > acesso em dezembro 2012.

COVINGTON, Edward J ,2012? *Edward Hammer*. Inventor of the Compact Hellical Fluorescent Lamp. Disponível em <http://home.frognet.net/~ejcov/eehammer.html> acesso em 14/09/2012

DAL BÓ, Marcelo; SILVA, Luciano ; OLIVEIRA, Vilmar de. *Fabricação de Vetrosas com a Utilização de Resíduos de Vidro Plano e Vidro de Bulbo de Lâmpadas* .2009.

DANTAS, Marcelo;CAVALCANTE Vanessa .*Pesquisa Qualitativa E Pesquisa Quantitativa*. Universidade Federal De Pernambuco.Centro De Artes e Comunicação. Ciência Da Informação.Biblioteconomia.Recife,2006

DIAS, Camila Baptista, 2010. Artigo sobre Dissertação. *A Pesca Da Baleia No Brasil Colonial: Contratos E Contratadores Do Rio De Janeiro No Século XVII*. ICHF- Universidade Federal Fluminense.

DIAZ, José Castro,2011. *Informe sobre el mercado del mercurio en México*. Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) de América del Norte, cap.1,p.11). Disponível em < http://www.cec.org/Storage/127/15207_QA08-29_NP_MexicanMercuryMarketRepor_sp.pdf > acesso em 04/03/2013.

DICIONÁRIO CALDAS AULETE ON-LINE, 2012. Disponível no site http://aulete.uol.com.br/site.php?mdl=aulete_digital&op=loadVerbete&palavra=estearina#ixzz23WhTbr6W

DICIONÁRIO PRIBERAM DA LÍNGUA PORTUGUESA, 2012- Disponível no site <<http://www.priberam.pt/> > acesso em 31/07/2012.

DO VAL. Francisco Lanari. 2006,p.64. *Manual de técnica radiográfica*. Editora Manole Ltda, 2006 - 264 páginas(páginas 64 e 212).

EFISICA.IF.USP.BR, 2007. *Condução no gás e a ionização*. Disponível em < <http://efisica.if.usp.br/moderna/conducao-gas/ionizacao/>>. acesso em dezembro de 2012.

ENGLER, Gabriela. *Estudo Dirigido. Políticas Emergenciais: o Caso Apagão*. Escola de Formação.Sociedade Brasileira de Direito Público.2006.

EVERLIGHTS, 2012. *Does Your State Have a Fluorescent Lamp Recycling Law?* Disponível em < <http://www.everlights.com/our-take-on-green/does-your-state-have-fluorescent-lamp-recycling-law>> acesso em 16/05/2013.

FAPESP,2008. *Iluminação Limpa*.Artigo por Yuri Vasconcelos. Abril 2008.Disponível em < [www.revistapesquisafapesp2.fapesp.br/art=3500&bd= 1&pg=1&lg= > acesso em Acesso em: 01/04/2013.](http://www.revistapesquisafapesp2.fapesp.br/art=3500&bd=1&pg=1&lg=)

FELICÍSSIMO, Adriana, 2013.*Lâmpadas Halógenas- Luz mais branca e brilhante* Disponível em < http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed04/ed_04_Aula.pdf > acesso em 28/05/2013.

FREITAS, Paula C.F. de, 2009. Apostila.*Luminotécnica e lâmpadas elétricas* . Universidade Federal De Uberlândia Faculdade De Engenharia Elétrica.

GALVÃO ,Luiz, A.C.; GÉRMAN-COREY. *Mercúrio*. Série Vigilância, no. 7, Centro Panamericano de Ecologia Humana y Salud, Organización Panamericana de la salud, Organización mundial de la salud, 1987.

GARCEZ, Carlos_Alberto_Guimarães,2007.Dissertação. *Gás Natural*:Energia Econômica e Ambientalmente Vantajosa.Universidade de Taubaté.

GASENERGIA.*Material técnico sobre o Gás Natural*. 2006. Disponível em < <http://www.gasenergia.com.br>.

GIACOMINI, Eliana. *Material: O Vidro*.Faculdade De Engenharia Da Universidade Do Porto.2005.Secção De Construções Civis. X Mestrado Em Construções De Edifícios.Tecnologias De Fachadas.

GOEKING, Weruska, 2009.Artigo. *Lâmpadas e Leds*. Disponível em < <http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/58-artigos-e-materias-relacionadas/176-lampadas-e-leds.html>> acesso em 28/08/2012.

GOLDEN,2012. Catálogo Golden Lâmpadas. Disponível em <http://www.lampadasgolden.com.br/catalogos/catalogo_2012_2013.pdf> acesso em 28/05/2013.

LECHUGA, Sérgio,2012. *Philips lança lâmpadas de LED com duração de 20 anos*. Disponível em < [Philips-lanca-lampadas-de-led-com-duracao-de-20-anos/http://www.lechuga.com.br/index.php/sem-categoria/](http://www.lechuga.com.br/index.php/sem-categoria/)>acesso em 28/05/2013.

LUZ, Jeanine M.da, 2007.*Luminotécnica*. Disponível em <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/Luminotecnica.pdf> > acesso em 28/05/2013.

HAUSMAN, William. J.; HERTNER, Peter.; WILKINS, Mira., 2008. *Global Electrification*. Cambridge University Press .

HINSHELWOOD, Cyril Norman, 1927. Biografia. *William Crookes-A Victorian "man of science"*. Disponível em < <http://www.chem.ox.ac.uk/icl/heytes/LanthAct/Biogs/Crookes.html> > acesso em 11/12/2012.

HORVAT, M. *Global and regional mercury cycles: sources, fluxes and mass balances. Mercury analysis and speciation in environmental samples*. In: Baeyens, W., Ebinghaus, R., Vasiliev, O. Kluwer A. Netherlands: Publishers, p.1-2. 1996.

IET, 2012. Institution Of Engineering And Technology. Artigo. *Arc Lamps From 1880's and 1890's*. Disponível em < <http://Www.Theiet.Org/Staticfiles/2011/Images/Logo.Jpg> > Acesso Em 12/08/2012.

JAKLE, John A. Livro. *City Lights: Illuminating The American Night*. 2001. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, pp. 27 e 30.

LAKOWICZ, Joseph. R. *Principles of Fluorescence Spectroscopy*. 2009, p.1. 3rd edit. Baltimore, Springer. 954 páginas

LAMPTECH.CO.UK. *SL1000 - First Compact Fluorescent Prototype*. 1976. Disponível em < <http://www.lamptech.co.uk/Spec%20Sheets/Philips%20SL1000.htm> > acesso em 14/09/2012.

MACHADO, José Luís Flores, 2005. Artigo. *Água Subterrânea: Uma visão histórica*. Disponível em < [http://www.cprm.gov.br/rehi/simposio/pa/AGUA%20SUBTERRANEA\(Machado\).pdf](http://www.cprm.gov.br/rehi/simposio/pa/AGUA%20SUBTERRANEA(Machado).pdf) > acesso em 01/08/2012.

MEGA RECICLAGEM , 2012. Empresa de Reciclagem. Disponível em < www.megareciclagem.com.br > acesso em 03/11/2012

MMA/ANVISA, 2010. *Gerenciamento dos Resíduos de Mercúrio nos Serviços de Saúde / Ministério do Meio Ambiente*. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- Brasília: MMA, 2010. 46 p. : il. color. ; 80 cm.

MONDEGO, Vanda Sueli. Dissertação. *Estudo dos Resíduos Eletroeletrônicos de uma Prestadora de Serviços do Setor Naval, com vistas ao Gerenciamento Ambiental*. 2012. 212p. Faculdade de Engenharia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2012.

MONT SERRAT, Bárbara Suassuna Bent Valeixo, 2006. Dissertação de Mestrado. *Iluminação Cênica Como Elemento Modificador Dos Espetáculos: Seus Efeitos Sobre Os Objetos De Cena*. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MPCA, 2006. Minnesota Pollution Control Agency. *Cleaning up spilled mercury in the home*. 2006. Disponível em < <http://www.pca.state.mn.us/index.php/view-document.html?gid=12769> > acesso em 20/02/2013.

MUSEU DA LAMPADA, 2013. *Evolução. Vapores*. Disponível em < <http://www.museudalampada.com/#!/vapores/c1mbk>> acesso em 28/05/2013.

ILUMINAÇÃO ONLINE.2013.*Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão*. Disponível em < <http://iluminacao.awardspace.com/lampadas/vmap.html>> acesso em 28/05/2013.

NATIONAL HIGH MAGNETIC FIELD LABORATORY, 2012. Museum of Electricity and Magnetism – Artigo.*Fluorescent Lamp*. Disponível em < <http://www.magnet.fsu.edu/education/tutorials/museum/fluorescentlamp.html>> acesso em 01/08/2012

NATURALIS BRASIL&IDEACÍCLICA&PAPALÂMPADAS,2012. Empresa de Reciclagem. Disponível em< www.naturalisbrasil.com.br> acesso em 03/11/2012

NBR 12235. Norma ABNT. Abril 1992. *Armazenamento de resíduos sólidos perigosos Classe I, como definido na NBR 10004*.

NBR 13221.Norma da ABNT . 1993.*Transporte de resíduos*.

NEMA. National Electrical Manufacturers Association.Jan 2001. *Fluorescent Lamps and the Environment*. Mercury Use Environmental Benefits Disposal Requirements. NEMA01BR.Disponível em < www.nema.org> acesso em 11/03/2013.

NET RESÍDUOS(Pt),2002. Disponível em < <http://www.netresiduos.com/pt/?id=1503&mid=226&mii=>> Acesso em: 29/03/2013.

NICHOLAS, Amy, 2011.Article. *Roman Lamps*. Disponível no site < <http://classics.richmond.edu/collections/museum/research-papers/RomanLamps.pdf>> acesso em 29/07/2012.

OSRAM,2007.*Manual Luminotécnico OSRAM*. Disponível em < <http://www.osram.com.br>> acesso em 28/05/2013

OSRAM, 2013. *LEDs*. Disponível em < http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas_&_Catlogos/Dvidas_Frequentes/Dvidas_Frequentes/LEDs/index.html#answ12> acesso em 28/05/2013.

PEDROSA, Israel ,1977.*Da cor à cor inexistente* p.35.Ed.Senac, 1982 - 219 páginas.

PGIRPBL,2008. *Plano de Gestão Integrado dos Resíduos de Pilhas,Baterias e Lâmpadas*.Compilado por Eualdo Lima Pinheiro;Márcio Augusto Monteiro; Rosana Gonçalves Ferreira Franco.Pub.Fundação Estadual do Meio Ambiente.Governo de Minas Gerais.Belo Horizonte.

PRICE , Randall .*Arqueologia Bíblica* - 2006.ed.CPAD

PROCEL / RELUZ, 2004. *Descarte de Lâmpadas de Iluminação Pública*.Guia de Manuseio, Transporte,Armazenamento e Destinação Final. ELETROBRÁS –

Centrais Elétricas Brasileiras S.A.. Disponível em < www.eletronbras.com.br> acesso em 25/09/2012.

QUEEN_MARY_IP_RESEARCH_INSTITUTE, 2006. *First Case Study –The Subdivision Of The Light*. Disponível em< http://www.hm-treasury.gov.uk/d/queen_mary_ip_research_institute_p3_043_1890kb.pdf > acesso em 26/08/2012.

QUELHAS, Maria Cristina Ferreira. *Os Riscos Do Uso Do Mercúrio Metálico Para Medir A Pressão Arterial Média (PAM)*. 2013.

RAPOSO,C. et al.*Caracterização Química dos dos principais constituintes de lâmpadas de mercúrio com vistas ao controle ambiental*.In Reunião do Grupo de Trabalho sobre Lâmpadas de mercúrio da Câmara Técnica do Conama. 2001.Brasília DF. CONAMA.Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/doc/ctgt/perm02/lamp012.pdf>> acesso em 2012

RECITEC,2012. Empresa de Reciclagem. Disponível em< www.recitecmg.com.br> acesso em 03/11/2012

RICCIARDI, Osmar de Paula, 2006. *Platina*. Disponível no site <https://sistemas.dnrm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=3989 > acesso em 03/08/2012.

ROMERO,Thiago - Agência FAPESP .2006. *Reciclagem de lâmpadas fluorescentes tem solução brilhante*. Disponível em < <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010125060623> >acesso em 31/07/2012.

ROSA, Carlos Augusto de Proença. *História da Ciência II. : da Antiguidade ao Renascimento Científico /Carlos Augusto de Proença Rosa. - Brasília : Fundação Alexandre de Gusmão, 2010.2v. Tomo II. 400p.*

SANCHES, Everton de Sá Segóbia (2008) *Logística Reversa De Pós-consumo Do Setor De Lâmpadas Fluorescentes*. V Congresso Nacional De Engenharia Mecânica, (CON08-0354), 11p., 18 a 22 de agosto de 2008 – Salvador – Bahia – Brasil.

SCHIO, Regiane, 2001,pg 100. Dissertação de Mestrado.*Caracterização Toxicológica De Produtos Domésticos Que Geram Resíduos Sólidos Perigosos E Sua Destinação No Município De Campo Grande-MS*.

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO-Estado do Paraná- *História-Ensino Médio* .2007.2ª Edição.Unidade Temática II: Urbanização e Industrialização 6 – *Relações culturais:As Cidades na História* Texto 6

SELLA, Andrea , 2008. Departamento de Química .University College of London. Artigo.*Classic Kit: Sprengel pump* . Disponível no site <<http://www.rsc.org/chemistry/world/Issues/2008/February/ClassicKitSprengelPump.asp> >acesso em 28/08/2012.

SÍLEX, 2012. Empresa de Reciclagem. Disponível em. www.silex.com.br>acesso em 03/11/2012.

SILVA, Evando Mirra de Paula . *A tecnologia, suas estratégias, suas trajetórias*. *Cienc. Cult.* [online]. 2008, vol.60, n.spe1, pp. 13-21. ISSN 0009-6725.

SMITHSONIAN INSTITUTION, c2008. *Lighting a Revolution*. Lamp Inventors 1880-1940:Fluorescent Lamp . Disponível em < <http://americanhistory.si.edu/lighting/20thcent/hall20.htm>> acesso em 01/08/2012.

SYLVANIA,2010, Catálogo Sylvania Lâmpadas. Disponível em <http://www.sylvania.com.br/pdf/Catalogo%20Lampadas_rev3.pdf> acesso em 28/05/2013.

SRIVASTAVA, A. M.; RONDA, C. R. .2003. *Phosphors*. The Electrochemical Society Interface • Summer 2003.

TOCCHETTO, Marta, 2012. *Gerenciamento de Resíduos Sólidos*.Curso de Especialização em Gestão Ambiental – UNIFRA. Universidade Federal de Santa Maria . Disponível em <<http://marta.tocchetto.com>> Acesso em: 28/03/2013.

TRAMPPO ,2012. Empresa de Reciclagem. Disponível em< www.tramppo.com.br> acesso em 03/11/2012.

TRUESDALE Robert S.; BEAULIEU, Stephen M.; PIENON Temnce K.. (1993) *apud* EPA (1994). *Management of Used Fluorescent Lamps: Preliminary Risk Assessment*. Final Report. Research Triangle Institute, Research Triangle Park, NC. Revised May 1993.

UFRGS,2008. Tipos de lâmpada-*Sistemas de iluminação*. Disponível em < http://www.ufrgs.br/labcon/aula5_iluminacao_artificial.pdf >acesso em 28/05/2013.

UNEP.United Nations Environment Programme . *Governing Council of the United Nations Environment Programme*. Chemical management . Nairobi, 2007.

UNIÃO EUROPÉIA. *Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho*, de 27/01/2003.Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/>>. Acesso em: 01/04/2013.

UNIÃO EUROPÉIA. *Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho*, de 27/01/2003 .Disponível em: <<<http://eur-lex.europa.eu/>>>. Acesso em: 01/04/2013.

USP,2012. *Grandezas Luminosas Fundamentais*. Disponível em < [http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0213/Material_de_Apoio/03_-_la._Conceito_Fundamentais_\(Grandezas_Luminosas\).pdf](http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0213/Material_de_Apoio/03_-_la._Conceito_Fundamentais_(Grandezas_Luminosas).pdf)>acesso em 29/05/2013.

VILHENA, João Francisco; LOURO, Maria Regina, 1995. Livro. *Faróis De Portugal*.Ed.Gradiva.

YADONG LI; LI JIN.2011.*Environmental Release of Mercury from Broken Compact Fluorescent Lamps*.Department of Civil and Environmental Engineering, Jackson State University, Jackson, Mississippi.

WALKER, D.B. BRUSSEAU, M.L. ; FITZSIMMONS, K..*Physical-Chemical Characteristics of Water. Chapter 3 Environmental & Pollution Science*.1996. 2ª edição,Editores Ian L. Pepper,Charles P. Gerba, Mark L. Brusseau Copyright c 2006, 1996, Elsevier Inc.

WEBSTER'S ONLINE DICTIONARY, 2012. Disponível em < <http://www.merriam-webster.com/dictionary/phosphorescence> >acesso em 10/08/2012.

WHELAN, M., 2010.. Edison Tech Center. *Arc Lamps* Disponível em < <http://www.edisontechcenter.org/ArcLamps.html> > acesso em 14/09/2012.

WHELAN,M.;DELAIR,R.. Edison Tech Center. *Electric Light*.History of Fluorescent Lamp.2010. Disponível em <http://www.edisontechcenter.org/Fluorescent.html> Acesso em 01/08/2012.

WHELAN,M.; DELAIR R.. Edison Tech Center. *Electric Light*.History of Incandescent Light.2010. Disponível em <http://www.edisontechcenter.org/incandescent.html> Acesso em 01/08/2012.

XAVIER, Paulo André Carvalho,2005. *Avaliação das Características Elétricas de Reatores Eletrônicos Utilizados em Lâmpadas Fluorescentes Tubulares*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.DM-236A/05, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 162p.

ZANICHELI ET AL..*Reciclagem de lâmpadas :Aspectos Ambientais e Tecnológicos*. 2004. Pontifícia Universidade. Católica de Campinas, Campinas, 2004.

ZAVARIZ, Cecília. *Documento De Recomendações A Serem Implementadas Pelos Órgãos Competentes Em Todo O Território Nacional Relativas As Lâmpadas Com Mercúrio*. Grupo GT – Lâmpadas. São Paulo. Brasil. 28 de novembro de 2007.

ZIJL, H.,1958.*Manual de Luminotecnia*.Traduzido por F. A. Cañada. Editora Biblioteca Técnica y Científica Philips, 1958.242 páginas.

APÊNDICE A —PLANILHA DO ANO 2008 DE LÂMPADAS FLUORESCENTES

COMPONENTES	DCI	QDE (UN)	PESO(g)	PESO TOTAL(g)
LÂMPADA FLUORESCENTE 16 W	95.361	20,00	89,20	1.784,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 16 W	95.361	20,00	89,20	1.784,00
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	15.179	20,00	120,50	2.410,00
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	16.858	20,00	120,50	2.410,00
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	16.858	20,00	120,50	2.410,00
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	17.365	20,00	120,50	2.410,00
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	17.365	20,00	120,50	2.410,00
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	17.757	620,00	120,50	74.710,00
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	19.717	20,00	120,50	2.410,00
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	19.717	20,00	120,50	2.410,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 15 WATTS	94.554	10,00	87,57	875,70
LÂMPADA FLUORESCENTE 15 WATTS	94.554	10,00	87,57	875,70
LÂMPADA FLUORESCENTE 15 WATTS	94.554	10,00	87,57	875,70
LÂMPADA FLUORESCENTE 16 W	95.832	64,00	89,20	5.708,80
LÂMPADA FLUORESCENTE 16 W	95.832	64,00	89,20	5.708,80
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	94.854	900,00	230,00	207.000,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	94.854	900,00	230,00	207.000,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	15.172	50,00	230,00	11.500,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	15.305	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	15.454	50,00	230,00	11.500,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	15.621	50,00	230,00	11.500,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	16.037	50,00	230,00	11.500,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	16.384	50,00	230,00	11.500,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	17.362	60,00	230,00	13.800,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	17.362	60,00	230,00	13.800,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	18.491	50,00	230,00	11.500,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	18.671	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	19.120	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	19.120	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	19.120	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	19.715	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	19.715	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	19.854	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	19.854	25,00	230,00	5.750,00
TOTAL				671.542,70
			TOTAL EM KG	671,54

LEGENDA

DCI- Documento de Controle Interno

QDE(UN)- Quantidade em unidades

APÊNDICE B —PLANILHA DO ANO 2009 DE LÂMPADAS FLUORESCENTES

COMPONENTES	DCI	QDE (UN)	PESO(g)	PESO TOTAL(g)
LÂMPADA ELETRÔNICA 127V 20W	22.066	25,00	110,00	2.750,00
LÂMPADA ELETRÔNICA 127V 20W	23.570	16,00	110,00	1.760,00
LÂMPADA FLUORESCENTE	23.421	500,00	230,00	115.000,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 127V 11W	21.883	10,00	230,00	2.300,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 16W	23.713	150,00	230,00	34.500,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 23W	23.445	50,00	230,00	11.500,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 23W 220V	23.251	3,00	230,00	690,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40W	642	50,00	230,00	11.500,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40W	727	50,00	230,00	11.500,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40W	728	6,00	230,00	1.380,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40W	1.282	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40W	1.926	50,00	230,00	11.500,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40W	2.516	100,00	230,00	23.000,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40W	2.963	75,00	230,00	17.250,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40W	3.408	75,00	230,00	17.250,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40W	3.646	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40W	3.967	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40W	4.692	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40W	19.679	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40W	19.854	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA	1.929	12,00	230,00	2.760,00
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA	2.972	28,00	230,00	6.440,00
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA MINI TWIST 220-240 VOLTS	20.664	100,00	230,00	23.000,00
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA MINI TWIST 220 - 240 V	21.178	1,00	230,00	230,00
LÂMPADA FLUORESCENTE P/ MICROONIBUS NW - 9-150	20.498	2,00	230,00	460,00
TOTAL				329.270,00
			TOTAL EM KG	329,27

LEGENDA

DCI- Documento de Controle Interno

QDE(UN)- Quantidade em unidades

APÊNDICE C —PLANILHA DO ANO 2010 DE LÂMPADAS FLUORESCENTES

COMPONENTES	DCI	QDE (UN)	PESO(g)	PESO TOTAL(g)
LÂMPADA ELETRONICA 5W 127 V	32.024	150,00	0,87	130,50
LÂMPADA FLUORESCENTE 500 W 220 V	155	150,00	340,00	51.000,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 20 W	8.326	20,00	120,50	2.410,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 20 W	5.501	60,00	120,50	7.230,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 15 W 127 V	33.208	30,00	47,00	1.410,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 16 W T 8	32.787	40,00	47,00	1.880,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 20 W	30.192	10,00	120,50	1.205,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	5.612	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	6.112	50,00	230,00	11.500,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	7.542	50,00	230,00	11.500,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	8.325	50,00	230,00	11.500,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	10.414	50,00	230,00	11.500,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	6.971	75,00	230,00	17.250,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	9.032	75,00	230,00	17.250,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	6.629	100,00	230,00	23.000,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	5.493	50,00	230,00	11.500,00
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA	9.040	12,00	230,00	2.760,00
LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAN 36 WATTS	32.028	50,00	200,00	10.000,00
LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAR 36 W	32.397	40,00	200,00	8.000,00
TOTAL				206.775,50
			TOTAL EM KG	206,78

LEGENDA

DCI- Documento de Controle Interno

QDE(UN)- Quantidade em unidades

APÊNDICE D — PLANILHA DO ANO 2011 DE LÂMPADAS FLUORESCENTES

COMPONENTES	DCI	QDE (UN)	PESO(g)	PESO TOTAL(g)
LÂMPADA FLUORESCENTE CIRCULAR 22 W	24.586	2,00	100,00	200,00
LÂMPADA ELETRÔNICA 127V X 20W	22.248	100,00	110,00	11.000,00
LÂMPADA ELETRÔNICA 20/21 E OS R 800 H	22.307	10,00	200,00	2.000,00
LÂMPADA ELETRÔNICA 220V X 20W	22.249	200,00	230,00	46.000,00
LÂMPADA ELETRÔNICA ESPECIAL TUBULAR NB-90 120 V	22.422	100,00	110,00	11.000,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 20 W	35.319	100,00	120,50	12.050,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 20 W	13.407	100,00	120,50	12.050,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 20 W	14.228	25,00	120,50	3.012,50
LÂMPADA FLUORESCENTE 20 W	14.266	100,00	120,50	12.050,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 20 W	14.212	100,00	120,50	12.050,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 20 W	11.662	175,00	120,50	21.087,50
LÂMPADA FLOURESCENTE 20 W	35.166	6,00	120,50	723,00
LÂMPADA FLOURESCENTE 20 W	21.023	2,00	120,50	241,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 127V X 15W	22.354	15,00	47,00	705,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 20 W	21.423	500,00	120,50	60.250,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	75.280	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	35.220	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	12.302	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	35.461	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	35.596	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	35.731	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	15.162	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	14.968	50,00	230,00	11.500,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	14.222	200,00	230,00	46.000,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	14.257	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	35.941	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	13.392	25,00	230,00	5.750,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	12.837	50,00	230,00	11.500,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	35.077	35,00	230,00	8.050,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	13.923	50,00	230,00	11.500,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	13.771	120,00	230,00	27.600,00
LÂMPADA FLUORESCENTE 40 W	13.772	55,00	230,00	12.650,00
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA	13.915	6,00	230,00	1.380,00
LÂMPADA FLUORESCENTE F 36W / 21-840	21.788	10,00	200,00	2.000,00
TOTAL				394.099,00
			TOTAL EM KG	394,10

LEGENDA

DCI- Documento de Controle Interno

QDE(UN)- Quantidade em unidades

APÊNDICE E—PLANILHA DO ANO 2012 DE LÂMPADAS FLUORESCENTES

COMPONENTES	DCI	QTDE	PESO(g)	PESO TOTAL(g)
LAMPADA FLUORESCENTE 20W	831	500,00	120,50	60.250,00
LAMPADA FLUORESCENTE 20W 127 V	515	16,00	120,50	1.928,00
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	634	25,00	120,50	3.012,50
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	836	25,00	120,50	3.012,50
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	74	75,00	120,50	9.037,5
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	714	25,00	120,50	3.012,50
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS/127V	515	16,00	120,50	1.928,00
LAMPADA FLUORESCENTE 20 WATTS	831	500,00	120,50	60.250,00
LAMPADA FLUORESCENTE 20W 127V	ERS	10,00	120,50	1205,00
LAMPADA ELETRONICA FLUORESCENTE	0V3	50,00	230,00	11.500,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	217	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40W	832	300,00	230,00	69.000,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40 WATTS	393	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40W 127V	516	50,00	230,00	11.500,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40 WATTS	262	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40 WATTS	257	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40 WATTS	238	50,00	230,00	11.500,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40 WATTS	975	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40 WATTS	143	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40 WATTS	77	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40 WATTS	581	50,00	230,00	11.500,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS /127V	516	50,00	230,00	11.500,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	262	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	262	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	217	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	832	300,00	230,00	69.000,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40 WATTS	262	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40 WATTS	257	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40 WATTS	238	50,00	230,00	11.500,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40 WATTS	975	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	143	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	77	25,00	230,00	5.750,00
LAMPADA FLUORESCENTE 40WATTS	581	50,00	230,00	11.500,00
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA	981	6	230,00	1.380,00
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA	981	6	230,00	1.380,00
LAMPADA DULUX STAR MINI TWIST	874	2	230,00	460,00
LAMPADA DULUX STAR MINI TWISTER	874	2	230,00	460,00
LAMPADA FLUORESCENTE F8T5/D	575	2	165,00	330,00
LAMPADA FLUORESCENTE F8T5/D	575	2	165,00	330,00
LAMPADA FLUORESCENTE MODELO TL-D 15W/75 DA PHILIPS	29	2	87,57	175,14
TOTAL				452.901,14
			TOTAL EM KG	452,90

LEGENDA

DCI- Documento de Controle Interno

QDE(UN)- Quantidade em unidades

APÊNDICE F — Questionário sobre Descarte de Lâmpadas

Questionário sobre descarte de lâmpadas comuns e fluorescentes na OM para a Dissertação de Mestrado da ETM Elizabeth Maria Goertz para a UERJ .



1. Quais dos tipos de lixo nas figuras acima você identifica como lixo eletrônico?

1) ()SIM ()NÃO

6) ()SIM ()NÃO

2) ()SIM ()NÃO

7) ()SIM ()NÃO

3) ()SIM ()NÃO

8) ()SIM ()NÃO

4) ()SIM ()NÃO

9) ()SIM ()NÃO

5) ()SIM ()NÃO

2. Quando você faz a troca de lâmpadas fluorescentes, adota algum procedimento no seu manuseio?

()SIM ()NÃO

<p>3. E se alguma dessas lâmpadas fluorescentes se quebrar ao ser trocada ou quando fôr manuseada, qual dos procedimentos abaixo é adotado?</p> <p>a) São embaladas e guardadas de forma diferente das outras fluorescentes defeituosas que não se quebraram e estão inteiras? ()SIM ()NÃO</p> <p>b) São armazenadas em algum local especial, após serem retiradas e substituídas pelas novas? ()SIM ()NÃO</p>
<p>4. Existe algum plano para descarte dessas lâmpadas fluorescentes, ou dos outros tipos, na OM, como por exemplo, separação para coleta seletiva ? ()SIM ()NÃO</p>
<p>5. Sabe de alguma firma de coleta de lixo, atuando no ARSENAL DE MARINHA que se encarregue de pegar a carga de lâmpadas descartadas da OM e levá-las para tratamento ambientalmente adequado? ()SIM ()NÃO</p>

AUTOR

**Questionário sobre descarte de lixo eletrônico de Lâmpadas comuns e fluorescentes
Dissertação da UERJ de Elizabeth Maria Goertz**

Realizado entre os dias

Universo de entrevistados.....

Seção de Elétrica e Chefia

Chefes

Encarregados.....

Funcionários.....

Números de funcionários da OM.....

Servidores

Terceirizados

O que já existe na OM de estrutura de coleta e de medidas mitigadoras

Quais são os planos futuros nesse sentido?

 APÊNDICE G -- MANIFESTO DE RESÍDUOS <small>Instituto estadual do ambiente</small>		Manifesto de Resíduos		No XXXXX	
1 RESÍDUO OUTROS RESÍDUOS PERIGOSOS LÂMPADAS			CÓD RESÍDUO	2 QUANTIDADE	
			F099	1812,000 Kg	
3 ESTADO FÍSICO		4 ORIGEM	PROCESSO		
SÓLIDO					
5 ACONDICIONAMENTO		6 PROCEDÊNCIA		7 TRATAMENTO / DISPOSIÇÃO	
FARDOS		INDUSTRIAL		T34 Descontaminação e Reciclagem	
8 G E R A D O R	EMPRESA / RAZÃO SOCIAL				11 Data de Entrega
	AMRJ				
	ENDEREÇO				28/1/2013
	PRAÇA BARÃO DE LADÁRIO, S/Nº CENTRO				
	MUNICÍPIO		UF	TELEFONE	N. LICENÇA INEA
RIO DE JANEIRO		RJ	(21)	1551	
RESPONSÁVEL PELA EXPEDIÇÃO DO RESÍDUO			CARGO		ASSINATURA DO RESPONSÁVEL
Funcionário Responsável AMRJ					
9 T R A N S P O R T A D O R	EMPRESA / RAZÃO SOCIAL				12 Data de Entrega
	AMBSERV SERVIÇOS AMBIENTAIS LTDA				
	ENDEREÇO				28/1/2013
	TODO TERRITÓRIO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO TODOS OS BAIRROS				
	MUNICÍPIO		UF	TELEFONE	N. LICENÇA INEA
	TODOS		RJ	()	IN018584
	RESPONSÁVEL PELA EMPRESA DE TRANSPORTE			V I A T U R A	PLACA ABX 9099 CERTIFICADO INMETRO
FÁBIO BERTO XAVIER DA SILVA					
NOME DO MOTORISTA					
CLEVERSON ALEXANDRE BERNEGOSSI			ASSINATURA DO RESPONSÁVEL		
10 R E C E P T O R	EMPRESA / RAZÃO SOCIAL				13 Data de Entrega
	BULBOX FABRICAÇÃO LTDA				
	ENDEREÇO				
	RUA COSTA RICA - 843 BACACHERI				
	MUNICÍPIO		UF	TELEFONE	N. LICENÇA INEA
CURITIBA		PR	(41) 30140770	14158	
RESPONSÁVEL PELA EXPEDIÇÃO DO RESÍDUO			CARGO		
ISABEL IONE MARTINS					
OBSERVAÇÃO					

ANEXO A — NORMA ABNT 10004:2004 (Fls 3,4,5 e 11)

ABNT NBR 10004:2004

4.1 Laudo de classificação

O laudo de classificação pode ser baseado exclusivamente na identificação do processo produtivo, quando do enquadramento do resíduo nas listagens dos anexos A ou B. Deve constar no laudo de classificação a indicação da origem do resíduo, descrição do processo de segregação e descrição do critério adotado na escolha de parâmetros analisados, quando for o caso, incluindo os laudos de análises laboratoriais. Os laudos devem ser elaborados por responsáveis técnicos habilitados.

4.2 Classificação de resíduos

Para os efeitos desta Norma, os resíduos são classificados em:

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

4.2.1 Resíduos classe I - Perigosos

Aqueles que apresentam periculosidade, conforme definido em 3.2, ou uma das características descritas em 4.2.1.1 a 4.2.1.5, ou constem nos anexos A ou B.

NOTA O gerador de resíduos listados nos anexos A e B pode demonstrar por meio de laudo de classificação que seu resíduo em particular não apresenta nenhuma das características de periculosidade especificadas nesta Norma.

4.2.1.1 Inflamabilidade

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

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

4.2.1.2 Corrosividade

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

- a) ser aquosa e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou, superior ou igual a 12,5, ou sua mistura com água, na proporção de 1:1 em peso, produzir uma solução que apresente pH inferior a 2 ou superior ou igual a 12,5;

ABNT NBR 10004:2004

- b) ser líquida ou, quando misturada em peso equivalente de água, produzir um líquido e corroer o aço (COPANT 1020) a uma razão maior que 6,35 mm ao ano, a uma temperatura de 55°C, de acordo com USEPA SW 846 ou equivalente.

4.2.1.3 Reatividade

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

- a) ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar;
- b) reagir violentamente com a água;
- c) formar misturas potencialmente explosivas com a água;
- d) gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde pública ou ao meio ambiente, quando misturados com a água;
- e) possuir em sua constituição os íons CN^- ou S^{2-} em concentrações que ultrapassem os limites de 250 mg de HCN liberável por quilograma de resíduo ou 500 mg de H_2S liberável por quilograma de resíduo, de acordo com ensaio estabelecido no USEPA - SW 846;
- f) ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante sob a ação de forte estímulo, ação catalítica ou temperatura em ambientes confinados;
- g) ser capaz de produzir, prontamente, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25°C e 0,1 MPa (1 atm);
- h) ser explosivo, definido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, através de explosão ou efeito pirotécnico, esteja ou não esta substância contida em dispositivo preparado para este fim.

4.2.1.4 Toxicidade

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

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

ABNT NBR 10004:2004

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

Os códigos destes resíduos são os identificados pelas letras P, U e D, e encontram-se nos anexos D, E e F.

4.2.1.5 Patogenicidade

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

4.2.1.5.2 Os resíduos de serviços de saúde deverão ser classificados conforme ABNT NBR 12808. Os resíduos gerados nas estações de tratamento de esgotos domésticos e os resíduos sólidos domiciliares, excetuando-se os originados na assistência à saúde da pessoa ou animal, não serão classificados segundo os critérios de patogenicidade.

4.2.2 Resíduos classe II - Não perigosos

Os códigos para alguns resíduos desta classe encontram-se no anexo H.

4.2.2.1 Resíduos classe II A - Não inertes

Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes, nos termos desta Norma. Os resíduos classe II A - Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

4.2.2.2 Resíduos classe II B - Inertes

Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G.

5 Métodos de ensaio

Para análises químicas deverão ser usados os métodos USEPA - SW 846, última edição e, quando disponíveis, os métodos nacionais equivalentes elaborados pela ABNT.

ABNT NBR 10004:2004

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F035	Efluentes líquidos e resíduos originados no processo de preservação da madeira, provenientes de plantas que utilizam conservantes inorgânicos contendo arsênio ou cromo. Esta listagem não inclui lodo K001 do anexo B, do tratamento de efluentes líquidos dos processos de preservação da madeira que usam creosoto e/ou pentaclorofenol	Arsênio; cromo; chumbo	Tóxico
F037	Lodo resultante da separação primária de água/óleo de refinaria de petróleo. Qualquer lodo gerado na separação gravitacional de água/óleo/sólido originado na estocagem ou tratamento de efluentes líquidos provenientes do resfriamento de óleos ou outros processos em refinarias de petróleo	Benzeno, benzo (a) pireno, criseno, chumbo, cromo	Tóxico
F038	Lodo resultante da separação secundária de água/óleo emulsificado de refinaria de petróleo. Qualquer lodo e/ou material flotante gerado da separação física e/ou química de água/óleo no processo de efluentes líquidos oleosos de refinarias de petróleo. Exceto os resíduos F037 do anexo A e resíduos K048 e K051 do anexo B	Benzeno, benzo (a) pireno, criseno, chumbo, cromo	Tóxico
F039	Quaisquer lixívias ou líquidos percolados provenientes da disposição de um ou mais resíduos constantes neste anexo, exceto F040	Não aplicável	Tóxico
F040	Quaisquer lixívias ou líquidos percolados provenientes da disposição de um ou mais dos seguintes resíduos: F020, F021, F022, F026, F027 ou F028	Ver constituintes dos resíduos F020, F021, F022, F026, F027 e F028	Tóxico
F041	Pós e fibras de amianto (asbesto)	Amianto	Tóxico
F042	Acumuladores elétricos à base de chumbo e seus resíduos	Chumbo, ácido sulfúrico	Tóxico, corrosivo
F043	Cinzas provenientes da incineração de placas de circuito impresso contendo metais preciosos	Não aplicável	Tóxico
F044	Lâmpada com vapor de mercúrio após o uso	Mercúrio	Tóxico

ANEXO B

LEGISLAÇÃO NACIONAL REFERENTE AO MERCÚRIO E SEUS RESÍDUOS

Agenda 21 (Rio-92) – Acordos Internacionais – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento:

GOVERNO FEDERAL, através do MMA e IBAMA- Projeto para caracterização dos resíduos industriais através inventário nacional, com fins de delinear e desenvolver política de atuação de redução da produção e destinação inadequada de resíduos perigosos.

- **Capítulo 19** – Manejo Ecologicamente Saudável das Substâncias Químicas Tóxicas, incluída a Prevenção do Tráfico Internacional Ilegal dos Produtos Tóxicos e Perigosos.
- **Capítulo 20** – Manejo Ecologicamente Saudável dos Resíduos Perigosos, incluindo a Prevenção do Tráfico Internacional Ilícito de Resíduos Perigosos.
- **Capítulo 21** – Manejo Ambientalmente Saudável dos Resíduos Sólidos e Questões Relacionadas com os Esgotos.

GOVERNO FEDERAL

CONSTITUIÇÃO FEDERAL DE 05/10/1988- Título VIII - Capítulo VI – Do Meio Ambiente - ART. 225.

Determina que :

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”(BRASIL, 1988).

DECRETO Nº 7.404, de 23/12/2010 (D.O. 23/12/2010)

Regulamenta a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de

Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.

DECRETO Nº 5.940 DE 25/10/2006 (DOU de 26.10.2006)

Sobre Coleta Seletiva em órgãos públicos

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(BRASIL,2006).

DECRETO Nº3048 DE 06/05/1999 D.O.: 07/05/1999.

Aprova o Regulamento da Previdência Social, e dá outras providências.Reconhece o mercúrio e seus compostos tóxicos como causadores de diversas doenças profissionais, (ANEXO II) como na fabricação de espoletas com fulminato de mercúrio; fabricação de tintas; fabricação de solda; fabricação de aparelhos: barômetros, manômetros, termômetros, interruptores, lâmpadas, válvulas eletrônicas, ampolas de raio X, retificadores; amalgamação de zinco para fabricação de eletrodos, pilhas e acumuladores; douração e estanhagem de espelhos)

DECRETO Nº 97.634/1989 DOU 12/04/89

Regulamenta a lei nº 6.938/1981 da Política Nacional do Meio Ambiente e dispõe sobre o controle da produção e da comercialização de substância que comporta risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente, e da outras providencias. –
ART. 1. Cadastramento no IBAMA dos importadores, produtores e comerciantes de Mercúrio Metálico[...].

DECRETO Nº875 DE 19/07/1993

Promulga o texto da Convenção sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito. (Convenção de Basiléia) - estabelece que o mercúrio e seus compostos são resíduos cujo fluxo deve ser controlado. Anexo I

- **Leis Federais**

LEI Nº 12.305, DE 02/08/2010 DOU 03/08/2010

Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

Lei Nº 6.938 DE 31/08/1981 DOU 02/09/1981

Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

LEI Nº 11.105, de 24/03/2005 DOU 28/03/2005

Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal.

LEI Nº 11.132, DE 04/07/2005 DOU 5/7/2005

Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal;

LEI Nº 9.605 DE 12/02/1998 DOU de 13/02/1998 (LEI DOS CRIMES AMBIENTAIS)

Classifica como “crime” as ações lesivas ao meio ambiente – A responsabilidade jurídica não exclui a das pessoas físicas, autoras e coautoras ou partícipes do mesmo fato.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-MMA

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 31, DE 3 /12/2009

O IBAMA/MMA, resolve:

Art. 2º São obrigadas ao registro no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais as pessoas físicas ou jurídicas que se dedicam a atividades potencialmente poluidoras e/ou à extração, produção, transporte e comercialização de produtos potencialmente perigosos ao meio ambiente, bem como de produtos e subprodutos da fauna e flora,

e demais atividades passíveis de controle pelo IBAMA e órgãos estaduais e municipais de meio ambiente. (Redação dada pela IN Ibama Nº 07, de 2011 DOU de 07.07.2011)

CONAMA-Conselho Nacional do Meio Ambiente

Resolução CONAMA Nº 20, de 18/06/1986 – "Dispõe em seu Art. 1º, da classificação, segundo seus usos preponderantes, em nove classes, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional .

Em seu Art. 4º - Para as águas de classe 1, são estabelecidos os limites de concentrações de substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) como o mercúrio (Hg)).

MINISTÉRIO DA SAÚDE

PORTARIA N.º 518, DE 25 DE MARÇO DE 2004

Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

Na Tabela 3 estabelece entre outras substâncias, para o Mercúrio 0,001 miligrama/Litro, o Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde(Página 8).

NORMAS E RESOLUÇÕES APLICÁVEIS ÀS LÂMPADAS DE MERCÚRIO PÓS-CONSUMO CONTENDO MERCÚRIO.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT

• Normas Técnicas Brasileiras

NBR 10004/04 -Classificação de Resíduos Sólidos -O mercúrio é classificado como:

Resíduo Classe I – Perigoso.

Substância Tóxica: Anexo F – listagem nº 6, código de substância 151.

NBR 10005/04- Lixiviação de Resíduos

NBR 10006/04 -Solubilização Resíduos Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.

NBR 10007/04 - Amostragem de Resíduos

NBR 12235/92 - Armazenagem de Resíduos Sólidos Perigosos

NBR 13221/94 - Transporte de Resíduos

NBR 13463/95 - Coleta de Resíduos Sólidos

NR 25- Resíduos Industriais

NBR 10157/87 - Critérios para projetos, construção e operação de aterros de resíduos perigosos.

NBR 8418/83 -Apresentação de Projetos de aterros de resíduos industriais perigosos .(ABNT,2004)

Norma NBR-ISO 14.001 – Dispõe sobre os objetivos da gestão ambiental:

LEGISLAÇÃO DA MARINHA DO BRASIL- MINISTÉRIO DA DEFESA

Portaria nº218/2002 do Comandante da Marinha :

Designou a DPC [Diretoria de Portos e Costas] como órgão encarregado da Gestão Ambiental na MB, com o propósito de realizar as atividades técnicas normativas e de supervisão relacionadas com a implantação e o acompanhamento do Sistema de Gestão Ambiental das OM(Organizações Militares) da MB.

NORMAS TÉCNICAS AMBIENTAIS PUBLICADAS PELA DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS:

NORMAS TÉCNICAS AMBIENTAIS-NORTAM

NORTAM-02-Sistema de Gestão Ambiental nas OM (Organizações Militares) de Terra, da Marinha do Brasil.

Dá obrigatoriedade, às OM(Organizações Militares) de Marinha, citadas na Norma, entre elas o **Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ)** em implantar e manter um SGA(Sistema de Gestão Ambiental),dentro dessa Norma, assim como as demais OM de terra da Marinha, não citadas na Norma, devem, também, implantar e manter um SGA que pode ser simplificado, mas em conformidade [atendimento a requisito] legal e que previnam a poluição ambiental.

NORTAM-06-Separação de Resíduos Recicláveis Descartados pelas OM, da Marinha do Brasil.

LEGISLAÇÃO PERTINENTE DOS ESTADOS BRASILEIROS

Governo do Estado do Rio de Janeiro

- **Decreto-lei nº 134, de 16 de junho de 1975** do Estado do Rio de Janeiro - Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente no Estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências;
- **Lei nº 3.467, de 14 de setembro de 2000** do Estado do Rio de Janeiro - Dispõe sobre as sanções administrativas derivadas de condutas lesivas ao meio ambiente do Estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências.

Governo do Estado de São Paulo

- **DECRETO ESTADUAL n.º45.643 de 26/01/2001** –Estabelece a obrigatoriedade da aquisição pela Administração Pública Estadual de lâmpadas de maior eficiência energética e menor teor de mercúrio, por tipo e potência, e dá providências correlatas.

- **LEI ESTADUAL n.º 10.888/01 de 20-09-2001** - Dispõe sobre o descarte final de produtos potencialmente perigosos do resíduo urbano que contenham metais pesados e dá outras providências.
- **LEI ESTADUAL n.º2.300/2006**, do Estado de São Paulo – Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes.
- **LEI MUNICIPAL n.º2.653/98** –Estabelece normas para o descarte de lâmpadas fluorescentes, e dá outras providências na cidade de São Paulo;

Governo do Estado de Rio Grande do Sul

Lei 11.187 de 07-07-1998– Dispõe sobre o descarte e destinação final de pilhas que contenham mercúrio metálico, lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e demais artefatos que contenham metais.

LEI Nº 11.019, DE 23/09/1997(atualizada até a Lei nº 11.187, de 07 de julho de 1998). Dispõe sobre o descarte e destinação final de pilhas que contenham mercúrio metálico, lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e demais artefatos que contenham metais pesados no Estado do Rio Grande do Sul.

INSTRUÇÃO NORMATIVA PARA RECICLADORAS

Instrução Normativa nº 31/2009

Portaria – 000014 IBAMA – Concede o prazo de 45 dias para que as pessoas físicas e jurídicas que importem, produzam e comercializem a substância mercúrio metálico requeiram seu cadastramento junto a diretoria de controle e fiscalização do IBAMA.