



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

YLLARA MARIA GOMES DE MATOS BRASIL

**ANÁLISE DO SISTEMA LOGÍSTICO REVERSO DE LÂMPADAS DE
ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO SUL CEARENSE**

JOÃO PESSOA
2011

YLLARA MARIA GOMES DE MATOS BRASIL

**ANÁLISE DO SISTEMA LOGÍSTICO REVERSO DE LÂMPADAS DE
ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO SUL CEARENSE**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Paulo José Adissi

JOÃO PESSOA
2011

B736g Brasil, Yllara Maria Gomes de Matos

Análise do sistema logístico reverso de lâmpadas de iluminação pública do Sul Cearense / Yllara Maria Gomes de Matos Brasil – João Pessoa, 2011.

142f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Paulo José Adissi

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – PPGEPP - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/ CT - Centro de Tecnologia/ UFPB - Universidade Federal da Paraíba.

1. Logística Reversa 2. Lâmpadas 3. Iluminação Pública I. Título.

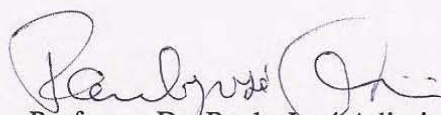
CDU 65.012.34(043)

YLLARA MARIA GOMES DE MATOS BRASIL

**ANÁLISE DO SISTEMA LOGÍSTICO REVERSO DE LÂMPADAS DA
ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO SUL CEARENSE**

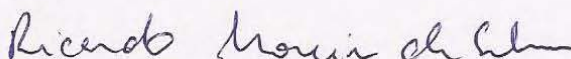
Dissertação julgada e aprovada em 17 de agosto de 2011 como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba.

BANCA EXAMINADORA



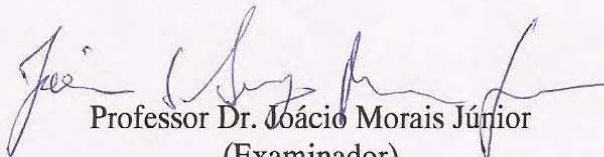
Professor Dr. Paulo José Adissi

Departamento de Engenharia de Produção (CT/UFPB)
(Orientador)



Professor Dr. Ricardo Moreira da Silva

Departamento de Engenharia de Produção (CT/UFPB)
(Examinador)



Professor Dr. João Márcio de Moraes Júnior

(Examinador)

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DECA/UFPB)

Dedico a realização e a conclusão deste trabalho
a todas as pessoas que construíram a meu redor
o cenário o mais favorável quanto possível
para que eu atingisse este objetivo,
especialmente a meus pais Antônio e Iara,
a meu irmão Aloísio Brasil e a
meu esposo Fabrício Reimes.

AGRADECIMENTOS

Sinceramente, considero a realização deste trabalho como a obtenção de um objetivo pessoal muito querido e, coletivamente, um valioso avanço na superação das dificuldades para a disseminação das reais oportunidades de educação no nosso país.

Agradeço primeiramente a Deus, representante maior da vida, das coisas sobre as quais temos e das quais não temos controle direto, pareçam elas, boas ou ruins.

Agradeço ainda a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a formação de quem sou, com especial destaque para meus pais Antônio e Iara, bem como, para os que contribuíram para a formação das boas pessoas que eles são; os meus irmãos Aloísio e Yllyara; e a Fabrício Reimes, bem como, para as pessoas que contribuíram para a formação da boa pessoa que ele é.

Ao Professor Paulo Adissi (orientador), pela confiança, amizade, orientação, compreensão, e que esteve comigo desde o início, e muito me ensinou.

Aos funcionários da empresa pesquisada, que me permitiram conhecer e estudar sua gestão e lhes acompanhar os seus passos, além de disponibilizar da maneira como fora possível informações institucionalmente importantes.

Aos servidores do IFCE (Campus Juazeiro do Norte), por ajudar com a complexa flexibilização de atividades, especialmente no período das disciplinas do mestrado.

Aos amigos conquistados ao longo do mestrado, em especial, Manuel Edervaldo, companheiro de muitos trabalhos.

Aos servidores da UFPB pelo acolhimento, principalmente, aos professores do PPGE/FPB que muito me ensinaram e que permitiram também a realização desse sonho.

Meu muito obrigado!

“Uma mente que se abre a uma nova idéia
jamais retorna a seu tamanho original.”
(Albert Einstein)

RESUMO

Este estudo tem o objetivo de analisar o fluxo reverso das lâmpadas utilizadas na iluminação pública na região sul do Estado do Ceará, que trazem consigo como componente fundamental ao seu funcionamento, o mercúrio, metal pesado potencialmente danoso ao meio ambiente e à saúde humana, especialmente quando convertido, junto com estas mesmas lâmpadas, em resíduos de pós-consumo. Os aspectos abordados nesse estudo são: as etapas do sistema de logística reversa de lâmpadas inservíveis realizadas pela empresa Distribuidora de Energia do Ceará, a avaliação do papel desempenhado pelos agentes que atuam neste fluxo reverso de pós-consumo das lâmpadas utilizadas na iluminação pública do sul cearense, a análise das vantagens da descontaminação das lâmpadas realizadas no Centro Logístico, na região metropolitana de Fortaleza e a identificação de necessidades de melhoria no sistema e conseqüentes recomendações. Considerando que a reciclagem seja a destinação final mais adequada a estas lâmpadas oriundas da iluminação pública é que este estudo utiliza-se da logística reversa, por admitir que este conceito esteja focado na reinserção de produtos de pós-consumo na cadeia produtiva, visando diminuir o descarte não controlado e incentivar um consumo sustentável. A metodologia utilizada na pesquisa foi a abordagem qualitativa com realização de estudo de caso a partir de observação direta e de dados fornecidos pela Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará. Embora este estudo conclua que o processo de gerenciamento de resíduos da iluminação pública no sul do Estado do Ceará seja uma realidade, cumprindo inclusive todas as etapas previstas no processo de logística reversa, constata ainda que considerável montante de lâmpadas de pós-consumo, sejam elas oriundas da iluminação de espaços públicos ou privados, estejam ainda à margem deste processo, não contribuindo, portanto, para que o preocupante volume de mercúrio que transportam tenha adequada destinação final.

Palavras-chave: Logística Reversa. Lâmpadas. Iluminação Pública.

ABSTRACT

This study aims to analyze the reverse flow of the bulbs used in street lighting in the southern region of Ceará state. These bulbs bring with them, as a key component to their operation, the heavy metal mercury, which is potentially damaging to the environment and human health, especially when converted, along with these same lamps, into post-consumer waste. The aspects covered in this study are: the steps of the reverse logistics system of used lamps carried out by the energy distribution company of Ceará, the assessment of the role of the agents who act upon the reverse flow of post-consumption bulbs used in street lighting of southern Ceará, the analysis of the advantages of the lamps decontamination carried out at the Logistics Center, located in Great Fortaleza, and the identification of needs for improvement in the system and consequent recommendations. Considering that recycling is the final most appropriate disposal of these used lamps from public lightening, the present study focuses on the reverse logistics, since this concept implies the rehabilitation of post-consumer products into the supply chain in order to reduce uncontrolled disposal and to encourage sustainable consumption. The methodology used in this research included a qualitative approach in the conduction of a case study whose data derived from direct observation and from the Electricity Distributor of Ceará. Although this study concludes that the waste management process from public lighting in southern Ceará is a reality and it complies with all the steps laid down in reverse logistics, it nevertheless notes that a considerable amount of post-consumption lamps, whether coming from the lighting of public or private spaces, still lies outside this system, thus not contributing to the adequate final disposal of the dangerous mercury.

Key words: Reverse Logistics. Lamps. Lighting Service.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Frequência de utilização de lâmpadas no Brasil em 2004	19
Figura 2 - Fluxo luminoso emitido por uma lâmpada (lm)	24
Figura 3 - Representação de iluminância.....	25
Figura 4 - Representação de luminância.....	25
Figura 5 - Representação de eficiência energética (lm/W) de diferentes tipos de lâmpadas	26
Figura 6 - Tonalidade de cor e Índice de Reprodução de Cor.....	28
Figura 7 - Lâmpada incandescente	31
Figura 8 - Construção física de uma lâmpada de bulbo	32
Figura 9 - Lâmpada vapor de mercúrio.....	33
Figura 10 - Lâmpada vapor de sódio	33
Figura 11 - Lâmpada multivapor metálico	34
Figura 12 - Ciclo de intoxicação do mercúrio	47
Figura 13 - Processo de Logística direta e reversa.....	49
Figura 14 – Fluxo reverso das lâmpadas de IP	56
Figura 15 - Descontaminação de lâmpadas de descarga	60
Figura 16 - Sistema móvel da Dextrite modelo 25DRDA, utilizado nos EUA para moagem de lâmpadas	65
Figura 17 - Sistema móvel da Air Cycle Corporation modelo 55-VRS (Bulb Eater), utilizado no Brasil e no mundo para moagem de lâmpadas	66
Figura 18 - Moagem simples com separação dos componentes.....	68
Figura 19 - Moagem simples com separação dos componentes das lâmpadas fluorescentes	68
Figura 20 - Moagem simples com separação dos componentes.....	69
Figura 21 - Desmanche de lâmpadas de descarga.....	70
Figura 22 - Moagem simples com separação dos componentes das lâmpadas de descarga	71
Figura 23 - Fluxograma do sistema de recuperação de mercúrio da MRT	72
Figura 24 - MRT Batch/Standard Distillers da MRT SYSTEM.....	73
Figura 25 - Fluxograma do processo químico da Ecolux	74
Figura 26 - MRT End Cut Machine (ECM) da MRT SYSTEM.....	75
Figura 27 - Equipamento de tratamento por sopro para lâmpadas fluorescentes tubulares utilizado pela Werek Wertstoff-Recycling da Alemanha.....	76
Figura 28 – Região estudada e concentração dos pontos de IP do sistema de LR.....	82

Figura 29 - Direcionamento para o desenvolvimento da pesquisa ou roteiro percorrido	83
Figura 30 – Distribuição dos departamentos no Estado do Ceará	90
Figura 31 – Municípios atendidos no departamento sul.....	92
Figura 32 – Fluxo reverso das lâmpadas de IP	98
Figura 33 – Formulário Análise Preliminar de Risco (APR)	99
Figura 34 - Isolamento do local com cones.....	100
Figura 35 – Retirada da lâmpada nova da embalagem original que será utilizada para acondicionar a lâmpada queimada	100
Figura 36 – Lâmpada queimada acondicionada na embalagem original e teste da lâmpada nova.....	101
Figura 37 – Lâmpada acondicionada no tambor de metal.....	101
Figura 38 – Ficha de gestão interna de resíduos e controle ambiental	103
Figura 39 – Armazenamento de lâmpadas em local restrito	103
Figura 40 – Acondicionamento em caixas de papelão para armazenamento temporário	104
Figura 41 – Armazenamento das lâmpadas no Centro Logístico, em Maracanaú, região metropolitana de Fortaleza	106
Figura 42 – Armazenamento de lâmpadas em local restrito	107
Figura 43 – Fluxograma do processo de descontaminação de lâmpadas, moagem simples (Bulb Eater), que ocorre no Centro Logístico na região metropolitana de Fortaleza	109
Figura 44 – Descontaminação de lâmpadas fluorescentes no Centro Logístico, Região Metropolitana de Fortaleza	110
Figura 45 – Moagem/trituração sem separação dos componentes da lâmpada realizado na Região Metropolitana de Fortaleza em 2007	111
Figura 46 – Descontaminação de lâmpadas de descarga no Centro Logístico no Ceará	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de lâmpadas contendo mercúrio e sua utilização	34
Quadro 2 - Dados do Projeto de Iluminação Eficiente	36
Quadro 3 - Alternativas para substituição de lâmpadas	37
Quadro 4 - Lâmpadas Potencialmente Perigosas para o Ambiente	46
Quadro 5 - Recomendações na etapa de manuseio das lâmpadas inservíveis	52
Quadro 6 - Recomendações na etapa de armazenamento das lâmpadas inservíveis.....	53
Quadro 7 - Fases do transporte se lâmpadas inservíveis	54
Quadro 8 - Recomendações na etapa de transporte das lâmpadas inservíveis.....	54
Quadro 9 - Recomendações na etapa de reciclagem das lâmpadas inservíveis	55
Quadro 10 - Processos de descontaminação de lâmpadas, suas características e origem	62
Quadro 11 - Processos de descontaminação de lâmpadas e as empresas brasileiras	77
Quadro 12 - Instrumentos utilizados para cada atividade realizada na 2ª etapa da pesquisa.....	85
Quadro 13 - Instrumentos utilizados para acompanhamento das etapas do sistema logístico reverso	86
Quadro 14 - Instrumentos utilizados para reflexões e recomendações realizadas na 5ª etapa da pesquisa.....	87
Quadro 15 - Lista de objetivos específicos relacionados com os instrumentos e variáveis	88
Quadro 16 - Quadro resumo dos problemas e consequências identificados nas etapas do sistema de LR.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de mercúrio encontrada nas lâmpadas comercializadas no Brasil	20
Tabela 2 - Tempo de vida das lâmpadas	27
Tabela 3 - Exemplos de IRC <i>versus</i> Eficiência Luminosa	27
Tabela 4 - Tipos de lâmpadas utilizados na IP e suas características	29
Tabela 5 - Tipos de lâmpadas utilizados na IP no Brasil.....	36
Tabela 6 - Distribuição de Lâmpadas de IP nos EUA	38
Tabela 7 - Evolução da quantidade de lâmpadas existentes no Parque de IP Peruano ..	38
Tabela 8 - Mercado de lâmpadas no Brasil em 2001	40
Tabela 9 - Tipos de lâmpadas para conjunto de 4 a 5 luxes	41
Tabela 10 - Tipos de lâmpadas para conjunto de 8 a 10 luxes, com o mesmo resultado para luminária fechada e aberta	42
Tabela 11 - Tipos de lâmpadas para conjunto de 12 a 17 luxes com luminária aberta ...	42
Tabela 12 - Tipos de lâmpadas para conjunto de 20 ou mais luxes	43
Tabela 13 - Valores da redução da potência instalada na substituição de lâmpadas existentes por vapor de sódio	43
Tabela 14 - Quantidade de mercúrio encontrada nas lâmpadas comercializadas no Brasil	44
Tabela 15 - Capacidade dos componentes do “Papa Lâmpadas”	67
Tabela 16 - Processos e Custos de Reciclagem no Brasil	78
Tabela 17 - Comercialização dos materiais resultantes da descontaminação de lâmpadas	79
Tabela 18 - Quantitativo de pontos de IP dos Departamentos do Estado do Ceará	90
Tabela 19 - Quantitativo de pontos de IP do Departamento Sul	91
Tabela 20 - Controle da descontaminação de lâmpadas realizadas pela Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará	94
Tabela 21 - Quantitativo de lâmpadas coletadas no município de Crato em 2011	95
Tabela 22 - Custo de tratamento de lâmpadas realizado pela Distribuidora de Energia Elétrica no período de 2006 a 2010	116
Tabela 23 - Preço da descontaminação de lâmpadas no Estado do Ceará	116
Tabela 24 - Custo de Transporte de lâmpadas no Estado do Ceará	117
Tabela 25 - Custo de transporte de 1500 lâmpadas inservíveis, por departamento	117
Tabela 26 – Estimação do custo anual de transporte para o processamento de lâmpadas, por departamento	118

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABILUX	Associação Brasileira da Indústria da Iluminação
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
CCS	Compact Crush & Separation Plant
CIE	Commision Internationale d'Eclairaige
CLM	Council of Logistic Management
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DOE	Department of Energy, EUA
ECM	End Cut Machine
EPA	Environmental Protection Agency
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETR	Elementos de Terras Raras
EUA	Estados Unidos da América
HID	High Intensity Discharge
IP	Iluminação Publica
IRC	Índice de reprodução de cor
ISO	International Organization for Standartization
K	Kelvin
LED	Light Emission Iode
LR	Logística Reversa
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
MVM	Lâmpadas Multivapor Metálico
ONU	Organização das Nações Unidas
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PROCEL	Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica
VM	Lâmpadas Vapor de Mercúrio
VSAP	Lâmpadas Vapor de Sódio de Alta Pressão

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	15
1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	17
1.3 OBJETIVOS.....	22
1.3.1 Objetivo Geral.....	22
1.3.2 Objetivos Específicos.....	22
1.4 ESTRUTURA DO ESTUDO	22
CAPÍTULO II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	24
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA: ASPECTOS LUMINOTÉCNICOS E COMPONENTES DO SISTEMA.....	24
2.1.1 Termos utilizados em luminotécnica	24
2.1.2 Componentes do Sistema de IP	30
2.1.2.1 Lâmpadas para IP	30
2.2 ILUMINAÇÃO PÚBLICA: OS TIPOS DE SOLUÇÕES E NORMAS.....	35
2.2.1 Brasil e as soluções do sistema de IP.....	35
2.2.2 A IP e a contribuição dos países estrangeiros.....	37
2.2.3 Normas na IP	39
2.3 IP E AS VARIÁVEIS: ECONÔMICA E AMBIENTAL.....	40
2.3.1 IP e a variável econômica.....	40
2.3.2 IP e a variável ambiental.....	44
2.4 IMPACTOS DO MERCÚRIO A SAÚDE HUMANA	45
2.5 LOGÍSTICA.....	47
2.5.1 Logística Reversa.....	48
2.5.2 Fluxo Logístico Reverso das Lâmpadas	51
2.6 TRATAMENTO DE LÂMPADAS DE PÓS-CONSUMO.....	57
2.6.1 Reciclagem de lâmpadas contendo mercúrio	58
2.6.2 Processos de Descontaminação e Reciclagem de lâmpadas contendo mercúrio	61
2.6.2.1 Disposição em aterros (com ou sem um pré-tratamento).....	63
2.6.2.2 Moagem/Trituração simples (com ou sem separação dos componentes)	64
2.6.2.3 Moagem com tratamento térmico	71
2.6.2.4 Moagem com tratamento químico	73
2.6.2.5 Tratamento por sopro	74

2.6.2.6	Solidificação/Encapsulamento (cimento e ligantes orgânicos).....	76
2.7	CUSTOS DE RECICLAGEM DE LÂMPADAS	78
CAPÍTULO III - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....		80
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	80
3.2	CENÁRIO DA PESQUISA.....	81
3.3	ESTRATÉGIA DE ESTUDO E ETAPAS DA PESQUISA (ROTEIRO METODOLÓGICO).....	82
3.4	VARIÁVEIS E INSTRUMENTOS DE PESQUISA.....	87
CAPÍTULO IV - RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES DA PESQUISA		89
4.1	ESTUDO DE CASO – A EMPRESA.....	89
4.2	A EMPRESA E AS LÂMPADAS	92
4.3	LOGÍSTICA REVERSA DAS LÂMPADAS NO SUL DO CEARÁ.....	96
4.3.1	Coleta nas vias públicas	99
4.3.2	Movimentação e Armazenagem das lâmpadas na subestação	102
4.3.3	Coleta e Transporte.....	105
4.3.4	Movimentação e Armazenamento na sede em Fortaleza	106
4.3.5	Descontaminação de lâmpadas que contém mercúrio na sede em Fortaleza ...	108
4.4	CUSTO DE TRATAMENTO DE LÂMPADAS NO CEARÁ.....	115
4.5	VANTAGENS DA RECICLAGEM DAS LÂMPADAS DE DESCARGA DO SUL CEARENSE EM FORTALEZA	119
CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES		120
5.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
REFERÊNCIAS.....		126
APÊNDICE A - Guia de Entrevista sobre a Distribuidora de Energia Elétrica		130
APÊNDICE B – Guia de Entrevista para a empresa da cadeia das lâmpadas inservíveis na sede (Fortaleza) e no Departamento Sul (Crato e Juazeiro do Norte)		131
APÊNDICE C – Guia de Entrevista para a empresa de desmanche e/ou descontaminação de lâmpadas.....		134
APÊNDICE D – Roteiro para observar aspectos relacionados à estrutura da concessionária em relação as etapas da logística reversa de lâmpadas pós-consumo		137
APÊNDICE E – Coleta dos quantitativos de lâmpadas coletadas nos dois turnos.....		139

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

Este capítulo trata da contextualização da pesquisa, inicialmente abordando a definição do tema e conseqüentemente do problema central, da sua relevância e dos objetivos a serem atingidos.

1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA

A iluminação pública (IP) faz parte do cotidiano da maioria da população que habita em meios urbanos, compondo, portanto, o universo dos elementos que compõem e que integram a infraestrutura básica para o funcionamento de centros urbanos.

Segundo a ANEEL (2000), a iluminação de logradouros de domínio público, ou seja, a Iluminação Pública corresponde ao fornecimento de luz artificial a estradas, túneis, passagens subterrâneas, parques e abrigos de transportes coletivos, dentre outros espaços de uso público e livre acesso; seja durante o período noturno, seja durante escurecimentos circunstanciais no período diurno.

O conceito de IP, entretanto, para além da contraposição entre luz e escuridão e de seu uso cotidiano, é um processo que se estende desde o uso de recursos naturais para a produção de energia, até o descarte final dos materiais, ao fim de sua vida útil. Para a situação específica em que se utilizam lâmpadas que trazem em sua composição mercúrio, este descarte pode se apresentar como extremamente nocivo ao meio.

As lâmpadas pós-consumo que contém mercúrio são classificadas como Resíduo Classe I, de acordo com a ABNT NBR 10004:2004, em decorrência da característica de periculosidade tóxica do produto, atribuída à presença do mercúrio, substância essa que além de causar danos ao meio ambiente, também pode ocasionar efeitos adversos à saúde humana.

Com isto, se torna de grande importância controlar o manejo das lâmpadas de iluminação pública após seu consumo, evitando a contaminação do solo, das águas e o contato direto ou indireto do homem com esse material. Dessa forma, o gerenciamento e planejamento da coleta e destinação desse tipo de lâmpada é imprescindível para a prevenção da contaminação do meio ambiente e comprometimento da saúde humana, além de necessário para que se prolongue o ciclo de vida de seus materiais constituintes (vidro, metal, pó de fósforo), possibilitando recapturar o valor através da reciclagem e reutilização.

O crescente processo de urbanização da população brasileira contribui para o aumento do risco de contato, especialmente por inalação do mercúrio contido nas lâmpadas entre os seres humanos, uma vez que aumenta a frequência de contato humano com a fonte de risco.

No Brasil cerca de 300 toneladas do mercúrio importado anualmente são utilizadas em atividades como mineração, fabricação de termômetros, química farmacêutica e fabricação de lâmpadas. Segundo a ABILUX (2001), na fabricação de lâmpadas, empregam-se anualmente 1,1 toneladas de mercúrio, ou seja, 0.36% do total de mercúrio importado vêm sendo utilizado na fabricação de lâmpadas usadas em domicílios, postos de trabalho, iluminação pública; estando inserido, portanto, nesse percentual um relevante potencial comprometedor do meio ambiente e da saúde humana. Essa quantidade de mercúrio utilizado justifica o uso de conceitos relativamente recentes para orientar o seu descarte final.

Um conceito utilizado atualmente por empresas, aplicado para nortear o descarte adequado de lâmpadas de pós-consumo, reconduzindo-as ao ciclo produtivo, seja através da reciclagem ou da reutilização, é o conceito de logística reversa, que para Díaz *et al* (2004), é um processo aplicado ao gerenciamento de fluxo de produtos ou partes de produtos, desde seu ponto de consumo até a manufatura onde poderá ser reciclado, remanufaturado ou eliminado.

A logística reversa não é um conceito comum apenas ao meio empresarial, de acordo com Brasil (2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os fabricantes, os importadores, os distribuidores e os comerciantes de lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio, mercúrio e de luz mista, todas elas portadoras de volumes de mercúrio; deverão estruturar e implementar sistemas de logística reversa de forma independente do serviço público de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos.

Assim, atentos aos cuidados que o meio ambiente requer, diversos setores do universo corporativo ligados à produção de bens e prestação de serviços já admitem o aumento de investimentos na formação de redes reversas de alta responsabilidade como indispensável para a fidelização de clientes e a conservação de uma imagem corporativa positiva (LIMA *et al.*, 2010). Somando-se a isso a necessidade da adição de certificação ISO 14001 tem estimulado também essas empresas a introduzirem práticas ambientalmente corretas.

Apesar da aplicação de inovações tecnológicas disponíveis em alguns setores, ainda se percebe a dificuldade que os municípios responsáveis por parte da prestação do serviço de iluminação pública, apresentam para gerenciar os seus parques de iluminação, principalmente, em função da escassez de recursos financeiros. Há, ainda, uma deficiência de diálogo entre

concessionárias e gestores municipais, além da falta de comprometimento com o meio ambiente por parte de gestores públicos e escassez de recursos humanos especializados.

Hoje, o gerenciamento do parque de iluminação pública do Ceará encontra-se dividido entre municípios, que respondem por praças e canteiros centrais de vias públicas, e a empresa distribuidora de energia, que responde pela iluminação das vias.

A empresa Distribuidora de Energia Elétrica atua em todo o Estado do Ceará nas áreas de projeto, construção, operação e manutenção de distribuição de energia elétrica a uma média de 40 anos. É neste contexto que se realiza o estudo, uma vez que nesta empresa se verifica a existência de iniciativas de programas de responsabilidade social e de meio ambiente, e a aplicação de um sistema de logística reversa para o tratamento de lâmpadas de IP, sendo desta forma um importante meio para se avaliar a efetivação desse sistema.

Dessa forma, procura-se entender o sistema de logística reversa partindo-se, inicialmente, da região Sul do Estado e de todo o conjunto de fatores que a envolve, e que embora se trate de um caso particular e que não pode ser generalizado pode vir a servir para outros estudos semelhantes, já que não consta na literatura estudos análogos relacionando logística reversa e iluminação pública.

Baseado no exposto esta proposta de trabalho procura responder a seguinte questão: **Como se dá a logística reversa pós-consumo de lâmpadas de iluminação pública do sul cearense realizada pela empresa Distribuidora de Energia Elétrica, representando o modelo de logística reversa pós-consumo deste produto na referida região?**

1.2 JUSTIFICATIVA

A evolução tecnológica aplicada à melhoria dos sistemas de IP tem contribuído eficientemente para a manutenção da vida nas aglomerações humanas, especialmente nas cidades.

Houve uma grande evolução tecnológica no sistema de iluminação pública desde os dias em que se utilizava o óleo animal até hoje, quando se utilizam meios muito mais elaborados. A IP, em seus primórdios utilizava lampiões a óleos vegetais, minerais e animais. Posteriormente, com a descoberta e disseminação do uso do petróleo, introduziu-se o querosene e em sequência o gás. Apenas por volta da segunda metade do século XIX é que a energia elétrica chegaria ao Brasil, primeiramente através da implantação de usinas térmicas, e posteriormente, de usinas hidrelétricas. Em 1879 foi inaugurada a iluminação elétrica da estação central da Estrada de Ferro D. Pedro II (depois Central do Brasil no centro do Rio de

Janeiro). Em 1905 o grupo Light do Canadá iniciou a construção da usina hidrelétrica de Fontes no município de Piraí no Rio de Janeiro, e já em 1909 esta mesma usina chegaria a uma capacidade instalada de 24MW sendo considerada uma das maiores do mundo. Com o advento dessa nova forma de gerar luz, utilizaram-se crescentemente luminárias com lâmpadas elétricas a arco voltaico, sendo que em 1911, já existiam 223.392 unidades daquelas lâmpadas incandescentes, criadas por Thomas Edson em 1879, e 1.739 lâmpadas a arco voltaico. Embora os primeiros estudos sobre lâmpadas de descarga datem da primeira década do século XX, tanto os estudos relativos a lâmpadas de vapor de mercúrio, quanto de vapor de sódio de alta e baixa pressões, apenas em 1953 é que lâmpadas de vapor de mercúrio passaram a ser utilizadas no Brasil, primeiramente no Rio de Janeiro, e ainda de forma experimental, tendo demonstrado resultados satisfatórios para a época (FRÓES, 2006).

O emprego de lâmpadas que contém mercúrio fora consagrado então como a alternativa mais eficiente para reduzir os altos índices de consumo de energia, tão característicos às lâmpadas incandescentes, anteriormente utilizadas.

Porém, os benefícios adquiridos com essas tecnologias em termos de consumo energético trouxeram também o risco ambiental da destinação das lâmpadas ao final da vida útil, por se tratarem de resíduos perigosos.

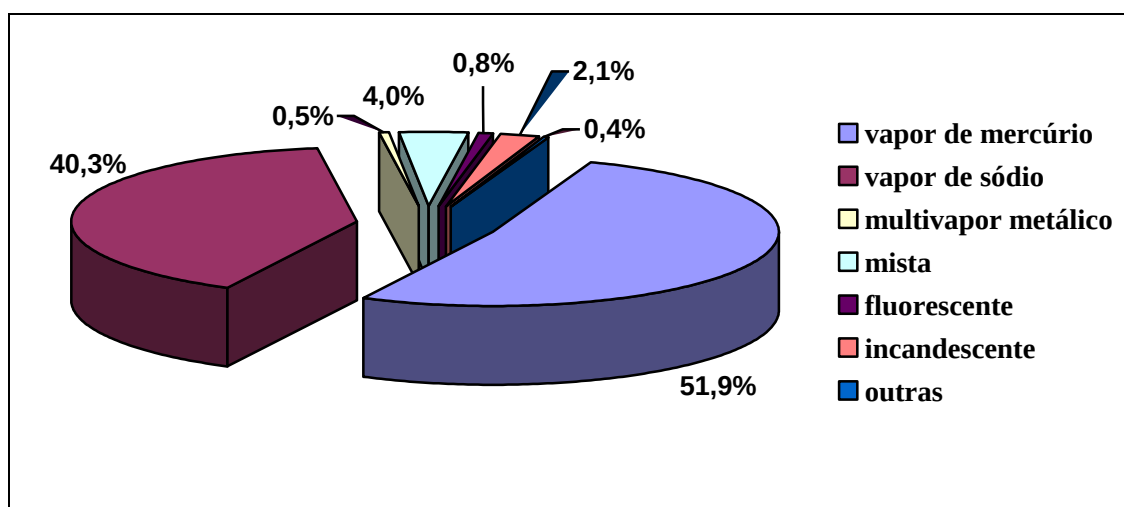
A IP é responsável por 3,5% do consumo total de energia elétrica no país, e, segundo o PROCEL (Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica), o setor de IP tem um potencial de redução de energia em torno de 600MW, o que revela números alarmantes de desperdício (LANGE, 2007). Diante deste cenário, através deste programa vem se estimulando a substituição de lâmpadas consagradas por novas tecnologias, por lâmpadas mais eficientes; gerando a necessidade de incentivo à implantação de políticas que se voltem ao manejo adequado deste volume de material descartado.

Focado na melhoria de desempenho do setor turístico, comercial e do lazer noturno, além de melhoria na qualidade de vida nos centros urbanos e da diminuição da demanda do sistema elétrico nacional; o Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente (Reluz), lançado em 2000 e prorrogado até 2010, previu a efficientização de cerca de 9,5 milhões de pontos de iluminação, além da expansão de aproximados outros 3 milhões de novos pontos (LANGE, 2007). Para atingir esta meta, o programa pretendeu substituir lâmpadas incandescentes, mistas e de vapor de mercúrio por lâmpadas vapor de sódio de alta pressão, ainda com vapor de mercúrio em sua constituição.

As lâmpadas mais utilizadas na IP no Brasil, em função dos melhores resultados obtidos através da relação lumens por watts são: vapor de mercúrio, vapor de sódio de alta

pressão, multivapor metálico, todas contendo mercúrio. Ainda podem ser encontradas no sistema de iluminação pública as lâmpadas mistas, as incandescentes e as fluorescentes, sendo as lâmpadas incandescentes as únicas a não conterem mercúrio. A frequência de utilização dessas lâmpadas na IP no ano de 2004 segundo a Eletrobrás (2004) são: vapor de mercúrio (51,9%), vapor de sódio (40,3%), multivapor metálico (0,5%), incandescentes (2,1%), mistas (4,0%), fluorescentes (0,8%) e outras 0,4%, como mostra a Figura 1 abaixo.

Figura 1 - Frequência de utilização de lâmpadas no Brasil em 2004



Fonte: Eletrobrás (2004).

Em decorrência da eficiência energética oferecida por esses tipos de lâmpadas, nos últimos anos o consumo brasileiro cresceu significativamente, elevando também a quantidade de mercúrio utilizada em suas fábricas, que, segundo a ABILUX (2001), é da ordem de 1,1 toneladas anuais.

Porém, os ganhos obtidos com a redução do consumo de energia, conseguidos com o emprego de tecnologias novas trouxeram consigo perdas incontestáveis quando se analisa o sistema de iluminação pública, principalmente em relação a geração de resíduo, tanto sob a ótica da gestão do meio ambiente, quanto da saúde pública. Por este novo motivo, tem sido contínua a busca por novos sistemas de iluminação que não só ofereçam uma economia de energia no consumo, mas que também reduzam o impacto ambiental do pós-consumo. Entre as opções tecnológicas já existentes estão as lâmpadas LED (Light Emission diode) e de enxofre (LOPES, 2002).

O resíduo de mercúrio inadequadamente depositado no meio ambiente pode vir a desencadear graves problemas à saúde humana. De acordo com Ministério do Meio Ambiente

(2010), a forma de intoxicação pelo mercúrio pode ocorrer por via cutânea, decorrente do manuseio inadequado da lâmpada, e por via respiratória ao inalar vapor de mercúrio, que pode causar, dependendo da quantidade, dor de estômago, diarreia, tremores, depressão, ansiedade, gosto de metal na boca, sangramento nas gengivas, insônia, falhas de memória, fraqueza muscular, nervosismo, mudanças de humor, agressividade, dificuldade de prestar atenção e até a demência.

Segundo Zanicheli *et al.* (2004), essa intoxicação por mercúrio gera o Quadro clínico conhecido como mercurialismo, com tremores das mãos e eretismo (comportamento anormal e introvertido). Já a intoxicação por ingestão, que pode ocorrer através da cadeia alimentar, pode causar efeitos desastrosos afetando o sistema nervoso humano e provocar vida vegetativa ou, dependendo da concentração de mercúrio no organismo, levar o indivíduo ao óbito.

A Tabela 1 mostra a quantidade de mercúrio contido nas lâmpadas comercializadas no Brasil, e a quantidade de mercúrio por tipo de lâmpada relacionando-se ao uso urbano, industrial e serviços no mercado brasileiro em 2001, e o setor industrial e de serviço representam nesse montante 92% do mercúrio, um potencial elevado de contaminação do meio ambiente caso seja inadequadamente disposto.

Tabela 1 - Quantidade de mercúrio encontrada nas lâmpadas comercializadas no Brasil

Tipo de Lâmpada	Volume Comercializado (milhões)	Quantidade Média de Mercúrio (g)	Quantidade de Mercúrio Uso Urbano (kg)	Quantidade de Mercúrio Uso Industrial e Serviços (kg)
Fluorescentes Compactas	14	0,004	39	17
Fluorescentes Tubulares	56	0,015	42	798
Descarga de Alta Intensidade	10	0,020	2	198
Total	80	0,014	83 (8%)	1.013 (92%)

Fonte: Adaptado de ABILUX (2003).

A norma identificada por ABNT 10.004/04 classifica lâmpadas que contêm mercúrio como resíduos perigosos (classe I), recomendando, portanto, que se confira cuidados especiais em sua retirada e em seu descarte.

A preocupação em utilizar a logística reversa vem sendo gradualmente estimulada, face ao aumento gradual da geração de resíduos pós-consumo, comumente isentos de adequada destinação, pelo estado, pelas empresas ou pelos consumidores. O meio natural e os

espaços resultantes da ação antrópica sofrem com a ausência ou a precariedade das estratégias de manejo de resíduos ambos relacionados à manutenção da saúde humana.

De acordo com o texto de Brasil (2010), a logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. E responsabiliza os fabricantes, distribuidores, comerciantes de lâmpadas pela implementação de sistema de logística reversa.

Deve haver nas cidades sistemas que viabilizem seu funcionamento e existência: esgotamento sanitário, iluminação pública, pavimentação, abastecimento de água, sistema viário, transporte, comunicações, coleta de lixo, devendo necessariamente considerá-los interligados. É neste cenário de caráter sistêmico que se deve enxergar o sistema de IP.

Em função, portanto, de sua influência na vida cotidiana e sobre o meio, é que se faz necessário desenvolver aprofundado estudo acerca do gerenciamento de pós-consumo, terreno fértil para a aplicação dos preceitos da logística reversa.

Assim, esse estudo justifica-se neste cenário, por se prestar ao levantamento da realidade do processo de logística reversa das lâmpadas de pós-consumo no sul do Estado do Ceará, bem como, a identificação dos agentes, das tecnologias utilizadas no processo e a análise de sua eficiência; com vistas à minimização dos impactos causados ao meio ambiente e a saúde humana.

A escolha deste cenário incorre numa importante região em notório crescimento econômico e populacional, e que contem a segunda e quarta maior cidade do Estado do Ceará com uma população que se estima exceder 900.000 habitantes.

A realização desse estudo permitirá verificar o alcance desse processo no universo do problema central, que é o descarte de lâmpadas de pós-consumo da iluminação pública, dando subsídios para possível ampliação do programa dentro dos demais municípios do estado, como também em outros segmentos da sociedade nos quais se utilizam e descartam lâmpadas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a logística reversa pós-consumo das lâmpadas de iluminação pública, baseado no caso da região sul cearense.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar as tendências de soluções de lâmpadas de IP;
- Identificar os impactos ambientais das lâmpadas inservíveis;
- Identificar os agentes logísticos do ciclo reverso das lâmpadas inservíveis;
- Identificar as tecnologias de reciclagem de lâmpadas inservíveis adotadas pelas empresas brasileiras;
- Verificar a realidade da logística reversa praticada no departamento sul do Estado do Ceará;
- Levantar os custos relativos ao tratamento e transporte de lâmpadas inservíveis no Estado do Ceará;
- Identificar oportunidades de melhoria no modelo de logística reversa pós-consumo das lâmpadas de iluminação pública do sul cearense.

1.4 ESTRUTURA DO ESTUDO

Esta pesquisa se estrutura em cinco capítulos. O primeiro, a introdução, traz a definição do tema e a questão da pesquisa; em seguida os motivos que a justificam, os objetivos geral e específicos, e por último esta estrutura do estudo.

Na sequência, o segundo capítulo aborda a fundamentação teórica, apresentando a caracterização da iluminação pública, mencionando conceitos a cerca de termos utilizados em luminotécnica e os componentes do sistema; os tipos de soluções utilizados na IP no Brasil e no mundo; as justificativas econômicas para escolha das tecnologias, os impactos ambientais causados por estas escolhas; os efeitos adversos do mercúrio para a saúde humana; conceitos de logística reversa e os modelos para lâmpadas; os tipos de tratamento de lâmpadas de pós-consumo e os custos envolvidos neste processo.

No terceiro capítulo, os procedimentos metodológicos utilizados para a realização da pesquisa são apresentados. Primeiramente classificando a pesquisa quanto ao tipo, ao método adotado e a abordagem utilizada; em seguida, discorre-se sobre o cenário da pesquisa. Posteriormente, apresenta-se o procedimento metodológico a ser seguido, discriminando as etapas e estratégias de estudo. E por fim, as variáveis e instrumentos utilizados no estudo relacionando-os com cada objetivo específico.

O quarto capítulo apresenta o estudo de caso propriamente dito, introduzindo no conhecimento da empresa, das etapas do sistema de LR, dos agentes e dos custos envolvidos, bem como, na identificação das necessidades de melhorias do sistema de acordo com a análise e discussão advindas dos resultados da pesquisa.

O último capítulo traz as considerações finais, onde a questão central da pesquisa é respondida.

CAPÍTULO II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA: ASPECTOS LUMINOTÉCNICOS E COMPONENTES DO SISTEMA

2.1.1 Termos utilizados em luminotécnica

Para que sistemas de iluminação pública sejam compreendidos faz-se necessário conhecer conceitos específicos da luminotécnica, tornando possível entender as razões de escolhas tomadas para sistemas de IP, mais especificamente das lâmpadas.

De acordo com o Guia de Iluminação da Philips (2005), consideram-se os seguintes termos relacionados ao funcionamento de lâmpadas: fluxo luminoso, intensidade luminosa, nível de iluminação ou iluminância, luminância, eficiência luminosa de uma lâmpada, vida útil, depreciação do fluxo luminoso, temperatura de cor e índice de reprodução de cor (IRC). Quanto às luminárias, por sua vez, consideram-se: ofuscamento, uniformidade, rendimento e grau de proteção de poeira e umidade.

Quanto às lâmpadas:

Fluxo luminoso - denomina-se fluxo luminoso a quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa, ou seja, quanto de luz a cada segundo é irradiada por uma lâmpada (Figura 2). A unidade de medida é o lumens (lm) (PHILIPS, 2005).

Figura 2 - Fluxo luminoso emitido por uma lâmpada (lm)

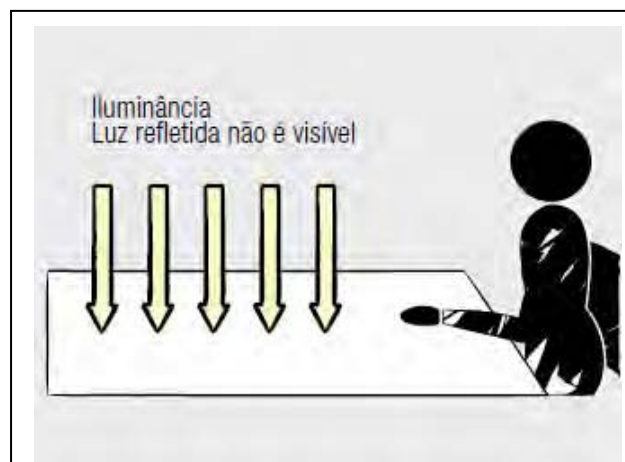


Fonte: Osram (2007).

Intensidade luminosa - é a quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa de forma concentrada em uma dada direção. A unidade de medida é a candela (cd) e é representada pelo símbolo I (PHILIPS, 2005).

Nível de iluminação ou iluminância - é a relação entre o fluxo luminoso emitido por uma fonte luminosa e a área de uma superfície que é atingida por segundo, conforme a Figura 3 representa. A unidade de medida é o lux (lx), representado pelo símbolo E (PHILIPS, 2005).

Figura 3 - Representação de iluminância



Fonte: Osram (2007).

Luminância - é a intensidade luminosa (cd) produzida ou refletida por uma unidade de área (m^2) de uma superfície numa dada direção, ou seja, é a quantidade de luz refletida por uma superfície, que chega ao olho do observador (Figura 4). A unidade de medida é (cd/m^2), e é representada pela letra L (PHILIPS, 2005).

Figura 4 - Representação de luminância

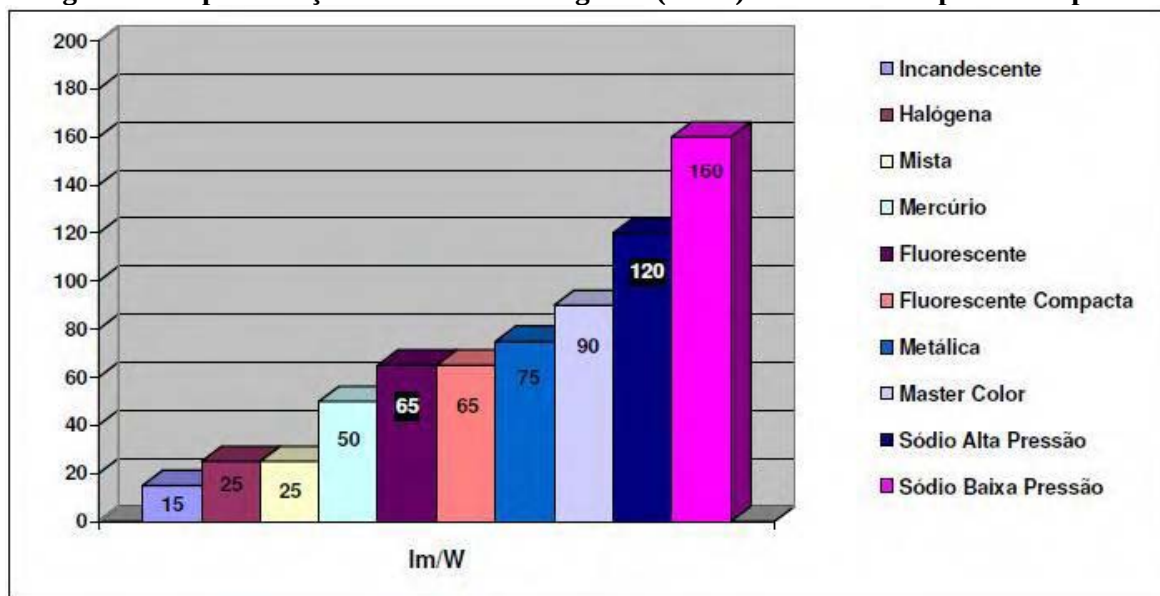


Fonte: Osram (2007).

Eficiência luminosa - é a relação entre a quantidade de luz ou fluxo luminoso emitido por uma fonte luminosa e a potência da lâmpada medida em watts, ou seja, quantos lumens são produzidos por cada watt gasto (VIANNA; GONÇALVES, 2001). A unidade de medida é o lm/W. Quanto maior o fluxo luminoso irradiado com a menor potência consumida, maior é a eficiência da lâmpada.

Na Figura 5 observa-se a eficiência luminosa dos diferentes tipos de lâmpadas.

Figura 5 - Representação de eficiência energética (lm/W) de diferentes tipos de lâmpadas



Fonte: Philips Lighting (2002 apud POLANCO, 2007).

Vida útil - é a quantidade de horas, na qual 25% do fluxo luminoso das lâmpadas testadas foram depreciados.

Vida mediana - é a quantidade de horas, no qual 50% das lâmpadas testadas tiveram queima (PHILIPS, 2005).

Alguns fatores podem influenciar na redução da vida útil de uma lâmpada, segundo Vianna, Gonçalves (2001): a variação de tensão de linhas (variação de voltagem); a qualidade do projeto do transformador; a temperatura ambiente.

A Tabela 2 apresenta a vida útil das lâmpadas utilizadas na IP.

Tabela 2 - Tempo de vida das lâmpadas

Tipo de Lâmpada	Vida Útil em horas
Lâmpada Mista	6 mil a 10 mil h
Lâmpada Vapor de Sódio	24 mil a 28 mil h
Lâmpada Vapor de Mercúrio	10 mil a 16 mil h
Lâmpada Metálica	10 mil h

Fonte: Osram (2007).

Depreciação do fluxo luminoso - é a perda do fluxo luminoso ou luz emitida por uma fonte luminosa ao longo da sua vida útil. Essa diminuição ocorre principalmente em função do acúmulo de poeira em lâmpadas e refletores (PHILIPS, 2005).

Índice de reprodução de cor (IRC) - é a fidelidade de cor que os objetos expressam de acordo com o fluxo luminoso emitido por uma fonte de luz. Pode ser representado até o valor de índice 100. Quanto mais próximo desse valor, melhor é a reprodução de cor do objeto.

O IRC é um índice que se relaciona intimamente com a capacidade da luz natural em reproduzir cores, ou seja, a luz artificial que se deseje que se aproxime do melhor índice de reprodução de cor (100) deverá ser produzida com características mais próximas às da luz natural (referência 100), condição de iluminação sob a qual as cores são mais fidedignamente percebidas. Este índice é dado pelo uso de um método internacional aceito e determinado pela Commission Internationale d'Eclairage (CIE), cujo procedimento é medir a luz da fonte artificial e compará-lo a luz do dia (VIANNA; GONÇALVES, 2001).

Os Índices de Reprodução de Cor (IRC) são classificados, segundo Vianna, Gonçalves (2001) em:

50-80: reprodução de cor razoável

80-90: reprodução de cor boa

90-100: reprodução de cor muito boa

É importante ressaltar ainda a existência de estreita relação entre a eficiência luminosa de uma dada lâmpada e o seu IRC. Quanto maior for a eficiência, menor será o índice de reprodução de cor, como mostra o exemplo da Tabela 3 abaixo.

Tabela 3 - Exemplos de IRC versus Eficiência Luminosa

Lâmpada	IRC	Eficiência
Branca fria	65	80lm/W
Branca natural	93	43lm/W

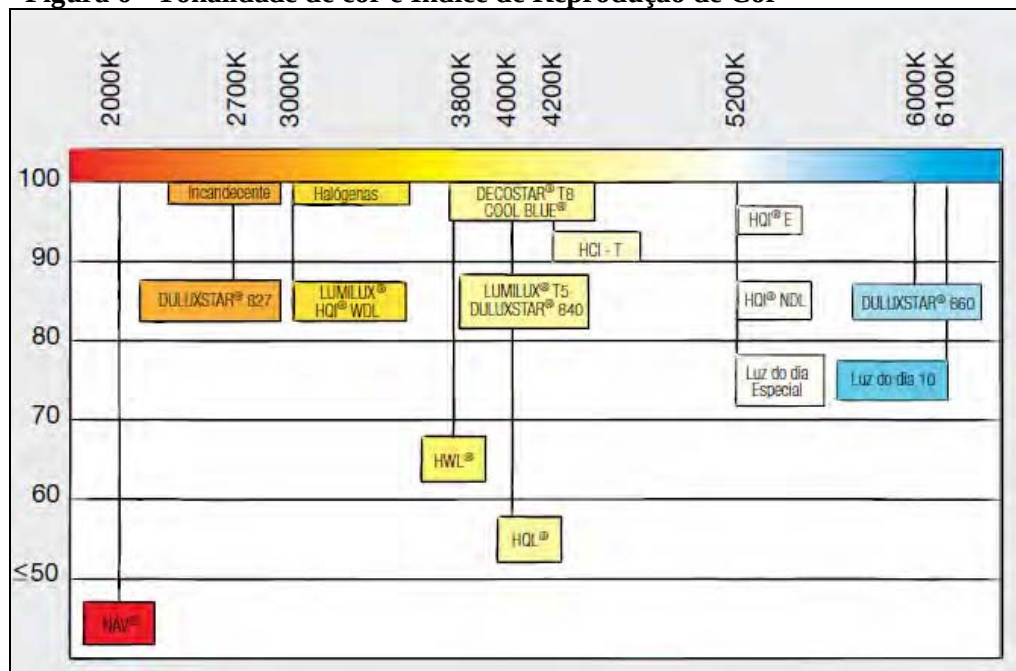
Fonte: Adaptado de Vianna e Gonçalves (2001).

Temperatura de cor - é a aparência de cor emitida por uma fonte luminosa. Quando, por exemplo, trata-se de lâmpada de cor quente ou fria, necessariamente, não está fazendo referência à temperatura física da cor, mas sim, mencionando a tonalidade de cor da luz irradiada pela fonte luminosa. A temperatura de cor é medida em Kelvin, e pode variar de 2.700k a 6.500k, sendo que valores maiores indicam tonalidades mais claras (PHILIPS, 2005).

O branco que se aproxima da luz natural do meio dia, por exemplo, possui temperatura de cor de 6500k, enquanto a luz amarela de uma lâmpada incandescente possui temperatura de cor 2700k. Luzes de aparência fria apresentam temperatura de cor em torno de 5.000k, enquanto aquelas de aparência neutra apresentam temperatura de cor em torno de 4.000k (VIANNA; GONÇALVES, 2001).

A Figura 6 a seguir correlaciona a temperatura de cor e o Índice de Reprodução de Cor de diferentes tipos de lâmpadas.

Figura 6 - Tonalidade de cor e Índice de Reprodução de Cor



Fonte: Osram (2007).

A Tabela 4 mostra os tipos de lâmpadas utilizadas atualmente nos sistemas de IP e as suas respectivas características quanto a eficiência luminosa, vida mediana, IRC e temperatura de cor correlata.

Tabela 4 - Tipos de lâmpadas utilizados na IP e suas características

Características	Tipos de lâmpadas				
	Vapor de Sódio Alta Pressão	Vapor de Mercúrio	Multivapores Metálicos	Mista	Incandescentes
Potência (W)	70 150 250 400	80 125 250 400	70 150 250 400	160 250 500	100 150 200
Eficiência luminosa (lm/W)	80 a 150	45 a 58	72 a 80	19 a 27	13 a 17
Vida Mediana (horas)	18.000 a 32.000	9.000 a 15.000	8.000 a 12.000	8.000 a 12.000	1.000
Equipamento Auxiliar	Reator e Ignitor	Reator	Reator e Ignitor	Nenhum	Nenhum
Reprodução de Cor (%)	22 a 25	40 a 55	65 a 85	61 a 63	100
Temperatura de Cor Correlata (K)	1.900 a 2.100	3.350 a 4.300	3.000 a 6.000	3.400 a 4.100	2.700

Fonte: Eletrobrás (2004).

Quanto às luminárias:

Uniformidade - é a relação entre a iluminância mínima e a média obtida na área iluminada. A característica da uniformidade de um sistema é a capacidade de minimizar ou eliminar sombras indesejadas, garantindo o conforto e a segurança para a prática da atividade referente aquela área iluminada (PHILIPS, 2005).

Ofuscamento - também conhecido como “cegueira momentânea”, é o desconforto visual causado pelo direcionamento da fonte luminosa ao olho do observador. O ofuscamento pode ser direto, ocasionado pelos componentes da fonte de luz (lâmpadas e luminárias); ou indireto, quando a luz é refletida numa superfície e, a partir daí, direcionada aos olhos do observador (PHILIPS, 2005).

Rendimento - é a relação/divisão entre o fluxo luminoso irradiado pela luminária e o fluxo luminoso total da lâmpada. Para que o rendimento da luminária seja considerado bom faz-se fundamental a adequação do refletor ao tipo de lâmpada utilizada, e com um material eficiente em termos de reflexão. O baixo rendimento luminoso é caracterizado pelo alto desperdício de luz (PHILIPS, 2005).

Grau de proteção de IP - é a característica apresentada pela lâmpada em proteger-se contra poeira e umidade. É classificado com valores que variam de 0 a 6, tanto para poeira, quanto para umidade. Sendo então, representado por dois números, referentes a cada um desses aspectos, por exemplo, IP65 (PHILIPS, 2005).

2.1.2 Componentes do Sistema de IP

A eficiência do sistema de IP depende do bom funcionamento dos componentes que o constituem, sendo que sua qualidade e a frequência de sua manutenção prolongam sua vida útil, reduzindo gastos, seja por substituições precoces, seja pelo desperdício de energia.

Com o intuito de compreender o sistema de IP, faz-se necessário conhecer alguns de seus componentes: as lâmpadas, as luminárias, os reator, os ignitores, os capacitores, os cabos de derivação, os conectores de derivação, os cabos de alimentação do sistema, as chaves magnéticas, os relés fotoelétricos, os disjuntor, as proteções de IP, os cabos de saída, os transformadores, as chaves fusível de distribuição, entre outros.

O item a seguir traz a descrição do componente do sistema de IP que está no foco deste estudo: as lâmpadas. As lâmpadas recebem aqui especial atenção em função da relação direta com a quantificação do consumo de energia elétrica, dos possíveis impactos ambientais e da qualidade do sistema oferecido a população em termos de luz direcionada ao plano de trabalho.

2.1.2.1 Lâmpadas para IP

As lâmpadas utilizadas na IP dividem-se basicamente em duas categorias: as lâmpadas incandescentes e lâmpadas de descarga, classificadas assim, de acordo com o fenômeno que produz o fluxo luminoso. As lâmpadas de descarga ou lâmpadas que contém mercúrio são classificadas em: lâmpadas fluorescentes de baixa pressão, e lâmpadas de descarga de alta intensidade (HID - high intensity discharge), tais como: lâmpada mista, vapor de mercúrio, vapor de sódio e multivapor metálico.

Os parágrafos seguintes trazem esclarecimentos sobre lâmpadas que foram ou são utilizadas em sistema de iluminação pública no Brasil:

Lâmpadas Incandescentes – Fora a categoria de lâmpadas muito utilizadas quando a IP passou a ser alimentada por energia elétrica, sendo à época ainda a lâmpada

incandescente de carvão, criada por Thomas Edson. A partir de 1907 passou-se a utilizar a lâmpada incandescente de tungstênio.

Em função de seu baixo rendimento (aproximados 17lm/W), no entanto, a lâmpada incandescente de tungstênio vem sendo substituída por outras tecnologias, apesar de apresentar um IRC de 100 (ver Figura 7). Hoje as lâmpadas incandescentes de tungstênio representam 2,1% de lâmpadas em áreas urbanas em todo o parque nacional.

Figura 7 - Lâmpada incandescente



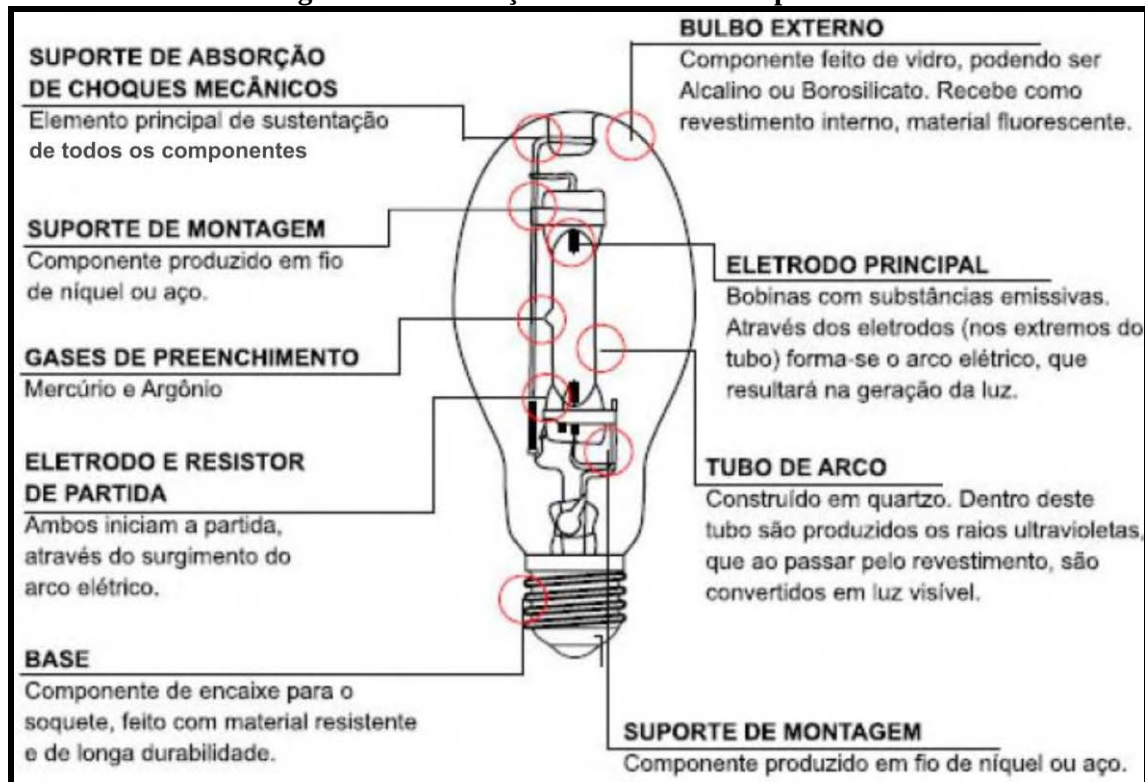
Fonte: Osram (2008).

Lâmpadas de Descarga (HID – High Intensity Discharge)

As lâmpadas de descarga de alta pressão são compostas por um bulbo de vidro fechado que contém gases inertes, vapores de metal e elementos de terras raras (ETR) para produzir descarga em arco (QUERCUS, 2001).

Este tipo de lâmpada contém no seu interior um tubo de descarga (tubo de arco), sendo de quartzo nas lâmpadas mistas, vapor de mercúrio e multivapor metálico; e tubo de descarga de óxido de alumínio na lâmpada vapor de sódio, que contém vapor de mercúrio ou mercúrio metálico em alta pressão como mostra a Figura 8. Apresentam também dois eletrodos no interior do bulbo que, ao receberem uma descarga elétrica, agitam os vapores produzindo a luz (POLANCO, 2007).

Figura 8 - Construção física de uma lâmpada de bulbo



Fonte: Zanichelli *et al.* (2004).

Lâmpadas Mistas - Este tipo de lâmpada foi desenvolvida como alternativa à utilização de lâmpadas incandescentes, já que dispensam o uso de reatores, tornando a permuta menos onerosa. Embora as lâmpadas mistas possuam rendimento superior às incandescentes, em torno de 22lm/W, apresentam rendimento inferior às lâmpadas de vapor de mercúrio, e um IRC de 61 a 63.

Lâmpadas Vapor de Mercúrio (VM) - Usadas ainda hoje na IP, o seu sistema de produção de luz decorre da passagem da corrente elétrica através de um vapor de gás sob pressão, cujo principal componente é o mercúrio. Possui um formato elipsoidal (ovóide) de bulbo fosco, com aparência de cor branco-azulado.

Largamente utilizada na IP do país, lâmpadas de vapor de mercúrio apresentam uma eficiência superior às anteriormente citadas, em torno de 55lm/W, disponíveis em potências de 80W, 425W, 250W e 400W, tendo se tornado recentemente, no entanto, alvo dos programas de eficiência do sistema, que propõem sua substituição por outras tecnologias que apresentam maior rendimento, como as lâmpadas vapor de sódio.

A Figura 9 abaixo mostra a lâmpada vapor de mercúrio.

Figura 9 - Lâmpada vapor de mercúrio



Fonte: Philips (2001).

Lâmpadas Vapor de Sódio de Alta Pressão (VSAP) - Assim como as lâmpadas VM, o seu sistema de produção de luz resulta da passagem da corrente elétrica através de vapor de gás sob pressão, sendo o sódio-mercúrio e o xenônio os seus componentes. Possuem o formato elipsoidal (ovóide) e tubular, e apresentam rendimento de 120 a 150lm/W (Figura 10). É a lâmpada com maior potencial de substituição no sistema, por oferecer um alto rendimento no tocante à relação lm/W. Embora apresentem baixo IRC, inferior a 25, não se pode afirmar que seja esta uma característica que comprometa a sua utilização, já que a IP é uma atividade que não exige alta reprodução de cores. Sua aparência de cor é branco-dourada.

Figura 10 - Lâmpada vapor de sódio



Fonte: Osram (2008)

Lâmpadas Multivapor Metálico (MVM) – semelhantemente a outras lâmpadas de descarga, o acendimento se faz com a passagem de corrente elétrica através de um tubo de descarga que contém mercúrio sob alta pressão e uma mistura de iodeto metálico. Apresenta também formato elipsoidal (ovóide) e tubular.

Confere alta eficiência luminosa, em torno de 90lm/W, possuindo indicadores inferiores apenas para as lâmpadas VSAP, sobressaindo-se, no entanto, por oferecer IRC >

65. Esse tipo de lâmpada é utilizado na IP que se destina à valorização de monumentos e fachadas, ou seja, locais que necessitem de alta qualidade de luz. Sua aparência de cor é branco-natural (ver Figura 11).

Figura 11 - Lâmpada multivapor metálico



Fonte: Osram (2008).

O Quadro abaixo apresenta tipos de lâmpadas, seu funcionamento, os componentes que as constituem e os usos mais frequentes.

Quadro 1 - Tipos de lâmpadas contendo mercúrio e sua utilização

	Tipos	Funcionamento	Componentes	Usos
Lâmpadas Incandescentes	Sem Halógeno	Irradiação termal	Vidro, Metal (alumínio), Tungstênio, Criptônio, Xenônio	Espelhos, Quadros, Mobiliário de cozinha, Áreas sociais, Exteriores
	Tungstênio-Halógeno	Irradiação termal	Vidro de quartzo, Metal (Alumínio), Tungstênio, Criptônio, Xenônio, Bromo, Cloro, Flúor, Iodo, Halógeno-Hidrog (insignif)	Museus, Hotéis, Restaurantes, Sit.Domésticas, Campos de Desporto, Parques de Estacionamento, Jardins públicos, Pistas de aeroportos
Lâmpadas Descarga Fluorescentes	Vapor de mercúrio de alta pressão	Descarga de Corrente Elétrica	Vidro, Metal (Alumínio), Mercúrio, gases inertes, estrôncio, bário, Ítrio, Chumbo, Vanádio, ETR	Ilumin. de entradas, Decoração Interior, Centros Comerciais, Vias de Trânsito, Instal. Fabris
	Vapor Metálico	Descarga de Corrente Elétrica	Vidro, Metal (Alumínio), Sal de Sódio, Mercúrio, Iodetos de metal, gases inertes, Césio, Estanho, Tálho, Estrôncio, Bário, Ítrio, Chumbo, Vanádio, ETR	Z.abertas, Recintos desportivos, Z.indust, Montras de lojas, Iluminação pública
	Vapor de Sódio de Alta Pressão	Descarga de Corrente Elétrica	Vidro, Metal (Alumínio) Gás de Sódio, Gases inertes, Mercúrio (pequenas quantid.), Bário, Ítrio, Chumbo, Estrôncio	Z.indust, Ruas, Exposições, Pontes, Linhas de comboio, Estradas, Túneis, Indústria pesada

Lâmpadas de descarga não fluorescentes de baixa pressão	Vapor de sódio de baixa pressão	Descarga de Corrente Elétrica	Vidro, alumínio, sódio, mercúrio, gases inertes, ETR	Ilumin. Pública (autoestradas, túneis, parques de estacionamento)
---	---------------------------------	-------------------------------	--	---

Fonte: Adaptado de CIR (2009 apud COSTA, 2009).

2.2 ILUMINAÇÃO PÚBLICA: OS TIPOS DE SOLUÇÕES E NORMAS

2.2.1 Brasil e as soluções do sistema de IP

Para que seja eleito o adequado sistema de IP é fundamental que se considere o conjunto de equipamentos que o compõe, dispensando especial atenção a lâmpadas e luminárias. Características próprias das lâmpadas podem contribuir para maior ou menor eficiência do sistema: o fluxo luminoso emitido por cada tipo de lâmpada, que é expresso em lumens (lm); o rendimento dessa lâmpada, que considera a quantidade de fluxo luminoso em relação a sua potência e que é expresso em lumens por watts (lm/W); a qualidade com que o tipo de luz emitida por determinada lâmpada reproduz as cores de um objeto, que é o índice de reprodução de cor (IRC); a aparência de cor da lâmpada (quente ou fria), que é medido em Kelvin (K) e que traz conforto para os usuários; a forma com que o fluxo luminoso é direcionado para a área de trabalho.

Segundo Fróes (2006), embora seja notória a evolução dos sistemas artificiais de iluminação, pouco desta evolução se ateu a qualidade da luz oferecida aos usuários: aspectos como o consumo de energia, a vida útil dos equipamentos, por exemplo, vem se sobrepondo em importância na escolha das lâmpadas utilizadas no sistema de IP.

Considerados estes parâmetros, a tecnologia considerada como mais eficiente para o sistema de IP atualmente, é a lâmpada vapor de sódio de alta pressão. E, embora apresente alto rendimento na relação lm/w, uma longa vida útil se comparada a outras lâmpadas utilizadas; sabe-se que quanto à reprodução de cor, apresenta desempenho questionável quando comparada a outros tipos de lâmpadas.

Todavia, considerada a reduzida qualidade requerida por sistemas de IP para a reprodução de cor, em atendimento aos parâmetros da NBR 5101, considera-se que seu desempenho seja satisfatório. Atribui-se por isso, maior relevância à redução do consumo de energia proporcionada por esta tecnologia.

A Tabela 5 abaixo mostra as tecnologias utilizadas no Brasil no que tange as lâmpadas empregadas na iluminação de vias públicas, e suas respectivas representações por região.

Tabela 5 - Tipos de lâmpadas utilizados na IP no Brasil

Tipo Lâmpada	REGIÃO					TOTAL	
	N	NE	CO	S	SE		
Vapor de Mercúrio	336.135	1.133.678	664.419	1.430.814	3.212.811	6.777.855	52,0%
Vapor de Sódio	144.507	1.244.822	428.028	824.885	2.614.822	5.257.062	40,3%
Multivapor	1.810	15.196	220	4.278	42.096	63.600	0,5%
Metálico							
Incandescentes	7.415	159.298	42.767	35.059	29.775	274.314	2,1%
Mistas	11.554	215.879	88.845	109.768	93.162	519.208	4,0%
Fluorescentes	626	2.978	197	90.449	6.000	100.248	0,8%
Outras	7	16.366	258	700	31.837	49.168	0,4%
TOTAL	502.054	2.788.213	1.224.732	2.495.953	6.030.503	13.041.455	100,0%

Fonte: Eletrobrás (2004).

Os atuais programas de efficientização de sistemas de iluminação, como o Reluz, por exemplo, apontam para a substituição das lâmpadas existentes vapor de mercúrio, encontradas em grande quantidade, por lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, sendo considerados para o dimensionamento do sistema, e de acordo com a ABNT, o iluminamento médio e a uniformidade, em função do tipo de via, do volume de tráfego e da intensidade de pedestres, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Dados do Projeto de Iluminação Eficiente

Dados de Iluminação Pública – Projetos
Classificação da via
Lâmpadas (tipo e potência)
Largura da via (m)
Largura da calçada (m)
Altura da montagem (m)
Disposição da posteação
Espaçamento entre vãos
Quantidade de luminárias pétalas para poste (unid.)
Parâmetros Luminotécnicos
Nível de iluminância máxima (lux)
Nível de iluminância mínimo (lux)
Nível de iluminância médio (lux)
Fator de uniformidade de iluminância médio

Fonte: Lange (2007).

O Quadro 3 apresenta as alternativas para substituição de lâmpadas, priorizando o uso das lâmpadas vapor de sódio de alta pressão em várias potências de acordo com a necessidade.

Quadro 3 - Alternativas para substituição de lâmpadas

Lâmpada Existente	Alternativa – Lâmpada Eficiente
2x Fluorescentes de 40W	VSAP 70W
Fluorescente 110W	VSAP 70W
Halógena 400W	VSAP 150W
Halógena 500W	VSAP 150W
Halógena 1000W	VSAP 250W
Halógena 1500W	VSAP 400W
Incandescente 100W a 300W	VSAP 70W
Incandescente 500W	VSAP 100W
Incandescente 1000W	VSAP 150W
Mista 160W	VSAP 70W
Mista 250W	VSAP 70W
Mista 500W	VSAP 150W
VM 80W	VSAP 70W
VM 125W	VSAP 100W
VM 250W	VSAP 150W
VM 400W	VSAP 250W
VM 700W	VSAP 400W
VSAP 350W (intercambiável)	VSAP 400W

Fonte: Lange (2007).

2.2.2 A IP e a contribuição dos países estrangeiros

Com o intuito de fazer uma analogia com o Brasil apresenta-se a seguir o cenário das tecnologias (lâmpadas) utilizadas na iluminação pública dos Estados Unidos e Peru, já que se trata de países pertencentes a um mesmo continente, embora apresentem características bastante distintas.

Estados Unidos

De acordo com o DOE – Departamento de Energia dos Estados Unidos, seu sistema de IP contava em 2002 com 37.085 milhões de pontos de iluminação de vias públicas, com quantidade superior de lâmpadas de vapor de sódio e incluindo as de baixa pressão, quando comparados a números brasileiros atuais. Este tipo de lâmpada (vapor de sódio de baixa pressão) não é utilizado na IP nacional, devido ao seu custo/benefício elevado e IRC extremamente deficiente. Outra característica observada no parque de iluminação dos EUA é a ausência de lâmpadas mistas (Tabela 6).

Tabela 6 - Distribuição de Lâmpadas de IP nos EUA

Tipo de Lâmpadas	Participação na IP
Incandescente	4%
Fluorescente	2%
Vapor de Mercúrio	20%
Vapor Metálico	5%
Vapor de Sódio Alta Pressão	59%
Vapor de Sódio Baixa Pressão	10%

Fonte: DOE (2002).

Percebe-se que 75% do sistema se encontra “eficientizado”, embora ainda empregue o representativo índice de 26% de utilização de lâmpadas pouco eficientes e com baixo rendimento.

Peru

Segundo Fróes (2006), o Peru obteve um considerável avanço no sistema de IP com a privatização, e a instalação de um programa de reforma, iniciada em 1992 com a Lei de Concesiones Eléctricas (LCE) n°. 25.884.

Fora estabelecido um índice de atendimento, que relaciona uma quantidade mínima de lâmpadas por cliente. Uma série de medidas reguladoras estimulou o avanço tecnológico do Peru, que em 1995 apresentava em seu parque de IP, 665.000 pontos, sendo 21% de lâmpada vapor de sódio. Já em 2004, esse número avançou para cerca de 997.000, sendo a utilização das lâmpadas vapor de sódio caracterizado por 82%, de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7 - Evolução da quantidade de lâmpadas existentes no Parque de IP Peruano

Anos	Vapor de Mercúrio	Vapor de Sódio	Fluorescente	Incandescente	Mista	Total
1995	422	140	2	12	89	665
1997	461	380	2	7	31	881
2001	269	698	2	2	4	975
2004	177	815	1	1	3	997

Fonte: Acevedo (2004).

Aquele país da América do Sul, assim como o Brasil, representa um sistema de IP com alta eficiência nesses termos, tornando-se um exemplo de prestação de serviço de qualidade.

2.2.3 Normas na IP

O sistema de IP, assim como outras atividades, é normatizado. No Brasil a norma aplicada é a NBR 5101 - Iluminação Pública - requisitos básicos, tendo entrado em vigor em 29 de outubro de 1992. Esta norma trata da classificação das vias públicas, de acordo com a sua função, informação fundamental para o estabelecimento de níveis mínimos de iluminância e de uniformidade de iluminância.

O objetivo é proporcionar segurança e conforto à visão dos usuários durante o período noturno, seja para vias de tráfego rápido, exigindo níveis de iluminância mais elevados; seja para vias de circulação de pedestre, de forma a conferir condições para deslocamento, visualização de detalhes e segurança.

Outras normas brasileiras são aplicáveis também aos equipamentos componentes do sistema (lâmpadas, luminárias, reatores e relé fotoelétrico).

Algumas normas brasileiras referentes à Iluminação Pública:

NBR – 15129 – Luminárias para Iluminação Pública;

NBR – IEC 60598-2-3/00 – Luminárias para IP: requisitos particulares;

NBR – IEC 662 – Lâmpada Vapor de Sódio de Alta Pressão;

NBR – IEC 188 – Lâmpada Vapor de Mercúrio de Alta Pressão;

NBR – IEC 1167 – Lâmpada Multivapor Metálico;

NBR 13598 – Reatores e Ignitores para Lâmpada Vapor de Sódio de Alta Pressão;

NBR 5125 – Reatores para Lâmpada Vapor de Mercúrio de Alta Pressão;

NBR 5170 – Reatores para Lâmpada Vapor de Mercúrio de Alta Pressão;

NBR 13593 – Reatores para Lâmpada Vapor de Vapor de Sódio de Alta Pressão;

NBR 14417 – Reatores Eletrônicos;

NBR 14418 – Reatores Eletrônicos;

NBR 5123/98 – Relé Fotoelétrico.

Normas internacionais referentes à Iluminação Pública:

CIE – 115/95 – Recomendações para iluminação de vias com tráfego de veículos e pedestres (norma européia).

2.3 IP E AS VARIÁVEIS: ECONÔMICA E AMBIENTAL

2.3.1 IP e a variável econômica

O viés econômico é especialmente determinante para a escolha do sistema.

O apagão registrado no Brasil no início do séc. XXI alertou para o tipo de sistema deficiente de iluminação utilizado no país. Anteriormente a este acontecimento e desencadeada pela Crise do petróleo ocorrida nos anos setenta desenvolveram-se pesquisas para fontes alternativas de energia. Considerado, no entanto, o custo elevado para produção e fornecimento de energia a partir de hidrelétricas e termoeletricas, por exemplo, consagrou-se a redução do consumo como a alternativa mais viável para a manutenção ou a consecução da efficientização do sistema.

Como comentado anteriormente a IP é responsável por 3,5% do consumo total de energia elétrica no país, e com expressivo potencial de redução de energia. Com isso o programa Reluz, previu uma efficientização do sistema de IP através da substituição de lâmpadas e expansão de novos pontos, com o propósito de melhorar as condições para a exploração do turismo, do comércio, do lazer noturno, e de qualidade de vida da população urbana, além de reduzir a demanda do sistema elétrico nacional (LANGE, 2007).

De acordo com dados da ABILUX (2003), no Brasil são utilizadas cerca de 80 milhões de unidades de lâmpadas de mercúrio, divididas em lâmpadas fluorescentes tubulares (56 milhões), lâmpadas fluorescentes compactas (14 milhões) e as lâmpadas de descarga à alta pressão (10 milhões). O setor industrial e de serviços, juntos, são responsáveis por 95% do consumo de lâmpadas fluorescentes tubulares, 99% de lâmpadas de descarga à alta pressão e 30% de fluorescentes compactas como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 - Mercado de lâmpadas no Brasil em 2001

Tipo de Lâmpada	Volume Comercializado (milhões)	Fornecedores Assoc. ABILUX	Fornecedores Importadores Independentes	Tipo de Usuário Urbano	Tipo de Usuário Industrial e Serviços
Fluorescentes Compactas	14	30%	70%	70%	30%
Fluorescentes Tubulares	56	90%	10%	5%	95%
Descarga de Alta Intensidade	10	80%	20%	1%	99%
Total	80	78%	22%	16%	84%

Fonte: Adaptado de ABILUX (2003).

A utilização de lâmpadas que contém mercúrio, fluorescentes e de descarga a alta pressão, são consideradas alternativas econômicas devido a características básicas de elevada eficiência energética e longa durabilidade.

São vantagens do uso destas tecnologias em relação a lâmpadas incandescentes, segundo ABILUX (2003):

- Redução de até 80% no consumo de energia elétrica;
- Vida útil entre 4 e 5 vezes mais longa;
- Elevada eficiência luminosa, de 4 a 6 vezes maior.

E com isto:

- Geram menos resíduo;
- Reduzem o consumo de recursos naturais para a geração de energia elétrica

Um estudo realizado pela Companhia Paranaense de Energia – COPEL apresentou o custo total para a substituição de lâmpadas existentes por outras mais eficientes quanto a: implantação, manutenção e consumo de energia, de acordo com a quantidade de lux proporcionadas por potência e tipo de lâmpadas e luminárias (COPEL, 1998).

Para a realização deste estudo fora desenvolvida uma comparação dos custos de investimento inicial, manutenção e operação (consumo), agrupados por conjuntos com o intuito de obter o menor custo total. No investimento inicial são considerados o custo do material, que por sua vez é composto de preço do fabricante, custo de frete e o custo de mão-de-obra de instalação. No estudo foram desconsiderados os custos administrativos, por serem equivalentes em todas as situações analisadas.

Os custos são referidos em porcentagem da lâmpada a vapor de mercúrio. Os custos de manutenção e operação referem-se a um período de 10 anos.

Os comparativos apresentam-se nas Tabelas 9, 10, 11 e 12, a seguir:

Tabela 9 - Tipos de lâmpadas para conjunto de 4 a 5 luxes

Unidade de Iluminação 2	CUSTO TOTAL EM			
	10 ANOS (%)			
Tipos de Lâmpadas (Conjunto de 4 a 5 luxes)	IMPLANTAÇÃO (Investimento Inicial)	MANUTENÇÃO	OPERAÇÃO (consumo)	TOTAL
Incandescente 300W	43	29	216	184
Luz Mista 250W	51	37	180	155
Vapor de Mercúrio 125W	100	100	100	100
Vapor de Sódio 70W	224	239	60	91

Fonte: Copel (1998).

Observa-se na Tabela 9 que a lâmpada vapor de sódio de 70W apresenta vantagem de 9% em relação a vapor de mercúrio de 125W, considerando-se que ambas possuem a mesma vida útil. Além disto, a mesma lâmpada vapor de sódio consome 40% menos energia elétrica que a vapor de mercúrio de 125W.

Não se pode deixar de mencionar que as lâmpadas vapor de sódio e vapor de mercúrio, dentro das condições apresentadas na tabela 8, possuem vantagens ainda maiores em relação à lâmpada incandescente e mista.

Na Tabela 10 abaixo se confirma que a lâmpada vapor de sódio de 150W apresenta vantagem de 22% em relação a lâmpada vapor de mercúrio de 250W, além de uma redução de 35% no consumo de energia. Ambas apresentam grande vantagem em relação a lâmpada mista de 500W.

Tabela 10 - Tipos de lâmpadas para conjunto de 8 a 10 luxes, com o mesmo resultado para luminária fechada e aberta

Unidade de Iluminação 3	CUSTO TOTAL EM 10 ANOS (%)			
Tipos de Lâmpadas (Conjunto de 8 a 10 luxes) Luminária Aberta Luz Mista 500W Vapor de Mercúrio 250W Vapor de Sódio 150W	IMPLANTAÇÃO (Investimento Inicial)	MANUTENÇÃO	OPERAÇÃO (consumo)	TOTAL
500W	61	53	185	166
Vapor de Mercúrio 250W	100	100	100	100
Vapor de Sódio 150W	149	152	65	78

Fonte: Copel (1998).

Na Tabela 11, dentro destas potências, o comparativo é feito apenas entre lâmpadas de vapor de mercúrio e vapor de sódio, sendo mais uma vez comprovadas as vantagens da segunda (27%) em relação a primeira.

Tabela 11 - Tipos de lâmpadas para conjunto de 12 a 17 luxes com luminária aberta

Unidade de Iluminação 4	CUSTO TOTAL EM 10 ANOS (%)			
Tipos de Lâmpadas (Conjunto de 12 a 17 luxes) Luminária Aberta Vapor de Mercúrio 400W Vapor de Sódio 250W	IMPLANTAÇÃO (Investimento Inicial)	MANUTENÇÃO	OPERAÇÃO (consumo)	TOTAL
Vapor de Mercúrio 400W	100	100	100	100
Vapor de Sódio 250W	117	84	67	73

Fonte: Copel (1998).

E por fim, a Tabela 12 confirma a vantagem do uso de uma lâmpada vapor de sódio de 400W em detrimento ao uso de 2 lâmpadas vapor de mercúrio de 400W, já que o fluxo luminoso de uma lâmpada vapor de sódio de 400W equivale a duas lâmpadas vapor de mercúrio de 400W.

Tabela 12 - Tipos de lâmpadas para conjunto de 20 ou mais luxes

Unidade de Iluminação 6	CUSTO TOTAL EM 10 ANOS (%)			
	IMPLANTAÇÃO (Investimento Inicial)	MANUTENÇÃO	OPERAÇÃO (consumo)	TOTAL
Vapor de Mercúrio 2 x 400W	100	100	100	100
Vapor de Sódio 400W	87	89	53	57

Fonte: Copel (1998).

Percebe-se nos Quadros mostrados anteriormente o potencial de economia de custos que a substituição de tecnologias pode proporcionar, ressaltando-se nesses casos e com esses indicadores, a lâmpada vapor de sódio como alternativa mais eficiente. A Tabela 13 apresenta a redução de potência instalada na substituição destas lâmpadas.

Tabela 13 - Valores da redução da potência instalada na substituição de lâmpadas existentes por vapor de sódio

Lâmpada Existente	Lâmpada Proposta (Vapor de Sódio)	Redução de Potência Instalada % (*)
Incandescentes		
100 W		15
150 W	VS 70W	43
200 W		58
Mista		
160 W	VS 70W	47
250 W	VS 70W	66
500 W	VS 150W	66
Vapor de Mercúrio		
80 W	VS 70W	5
125 W	VS 100W	38
250 W	VS 150W	36
400 W	VS 250W	35
700 W	VS 400W	40

*Incluindo perdas nos reatores convencionais

**Tendo como referência a comparação dos fluxos luminosos médios de cada lâmpada, informado pelos fabricantes.

Fonte: Adaptado de Almeida *et al.* (1998).

2.3.2 IP e a variável ambiental

Procurando tornar os sistemas de iluminação mais eficientes, buscaram-se tecnologias que apresentassem desempenho mais elevado, principalmente quando considerada a relação lumens/watts. Algumas dessas tecnologias apresentadas como mais eficientes, no entanto, trouxeram como inovação a inserção do mercúrio em sua composição, metal potencialmente poluidor e causador de impactos nocivos diversos, especialmente à saúde humana. Estas tecnologias foram empregadas largamente nas lâmpadas, fazendo com que necessariamente algumas delas portassem o mercúrio: vapor de mercúrio, vapor de sódio, mista, multivapor metálico, fluorescentes tubulares, circulares e compactas. E, embora cada lâmpada porte individualmente reduzida quantidade daquele metal, somadas, estas lâmpadas de IP respondem por significativo volume de mercúrio que diariamente precisa ser manipulado para substituição das lâmpadas da IP. A Tabela 14 abaixo mostra a quantidade de mercúrio contida nas lâmpadas de acordo com seu tipo e potência de cada uma.

Tabela 14 - Quantidade de mercúrio encontrada nas lâmpadas comercializadas no Brasil

Lâmpadas	Utilizadas	na Iluminação	Pública
Lâmpadas contendo mercúrio	Faixa de potências	Quantidade média de mercúrio	Faixa média de mercúrio
Mista	160W a 500W	0,017g	0,011g a 0,045g
Vapor de Mercúrio	80W a 1000W	0,032g	0,013g a 0,080g
Vapor de Sódio	70W a 1000W	0,019g	0,015g a 0,030g
Vapor Metálico	35W a 200W	0,045g	0,010g a 0,170g

Fonte: ABILUX (2001).

A preocupação no que tange ao mercúrio contido nas lâmpadas é o tratamento oferecido no momento do seu descarte, após a vida útil da lâmpada, e de que maneira é realizada a destinação final desse resíduo sólido. O descarte inadequado deste resíduo, sem tratamento especial, pode contaminar o solo, o lençol freático e os cursos d'água.

Uma das formas de contaminação do ser humano pelo mercúrio é através do poder de bioconcentração que apresenta, ou seja, o acúmulo dessa substância ocorre na passagem entre animais através da cadeia alimentar. No lodo de um lago podem ser encontrados volumes de mercúrio de 100 a 1000 superiores àqueles encontrados na água. Peixes grandes

por sua vez já podem apresentar níveis de mercúrio na ordem de 1.000.000 de vezes do encontrado na água, devido à concentração em vários tecidos vivos.

Como foi dito anteriormente, a norma ABNT 10.004/04 classifica lâmpadas que contém mercúrio como resíduos perigosos (classe I), devendo-se, portanto, conferir-lhes cuidados especiais desde a sua troca até a sua destinação final. A Eletrobrás hoje solicita das concessionárias de energia elétrica a previsão do custo do descarte de lâmpadas nos contratos de financiamento do programa Reluz (Programa Nacional de IP eficiente) para a efficientização dos sistemas de IP, e no manual deste programa já se informa que os envolvidos nas obras serão os responsáveis pela destinação final destes resíduos.

É nesse cenário de padronização de procedimentos que o conceito de logística reversa apresenta-se como alternativa para o gerenciamento dessa destinação final ou do retorno do produto ao ciclo produtivo.

A reciclagem desse produto tem sido uma alternativa ecologicamente correta, já que além de evitar a deposição do mercúrio no meio ambiente, reutiliza os materiais componentes da lâmpada. Algumas empresas atuam nessa atividade, todavia, necessitando que os incentivos sejam ampliados para que se consiga abranger um maior número de cidades e a custo mais acessível.

No Brasil, em 2010, institui-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos, através da qual se propõe que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio, mercúrio e de luz mista, todas elas portadoras de volumes de mercúrio; devam estruturar e implementar sistemas de logística reversa de forma independente do serviço público de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

O item que se segue trata da relação entre o mercúrio e a saúde humana.

2.4 IMPACTOS DO MERCÚRIO A SAÚDE HUMANA

Apesar da grande quantidade de elementos potencialmente perigosos contidos nas lâmpadas, como mostra o Quadro 4, essas substâncias se encontram em composições estáveis ou dentro da matriz de outros materiais, segundo Zanicheli *et al* (2004). Ao contrário dessas outras substâncias, o mercúrio se encontra num estado bastante volátil nas condições normais de temperatura e pressão.

Quadro 4 - Lâmpadas Potencialmente Perigosas para o Ambiente

Lâmpadas Potencialmente Perigosas para o Ambiente	
Tipos	Componentes
Vapor de mercúrio de alta pressão	Vidro, Metal (Alumínio), Mercúrio, gases inertes, estrôncio, bário, Ítrio, Chumbo, Vanádio, ETR
Vapor Metálico	Vidro, Metal (Alumínio), Sal de Sódio, Mercúrio, Iodetos de metal, gases inertes, Césio, Estanho, Tálcio, Estrôncio, Bário, Ítrio, Chumbo, Vanádio, ETR
Vapor de Sódio de Alta Pressão	Vidro, Metal (Alumínio), Gás de Sódio, Gases inertes, Mercúrio (pequenas quantid.), Bário, Ítrio, Chumbo, Estrôncio
Vapor de sódio de baixa pressão	Vidro, alumínio, sódio, mercúrio, gases inertes, ETR

Fonte: Adaptado de CIR (2009 apud COSTA, 2009).

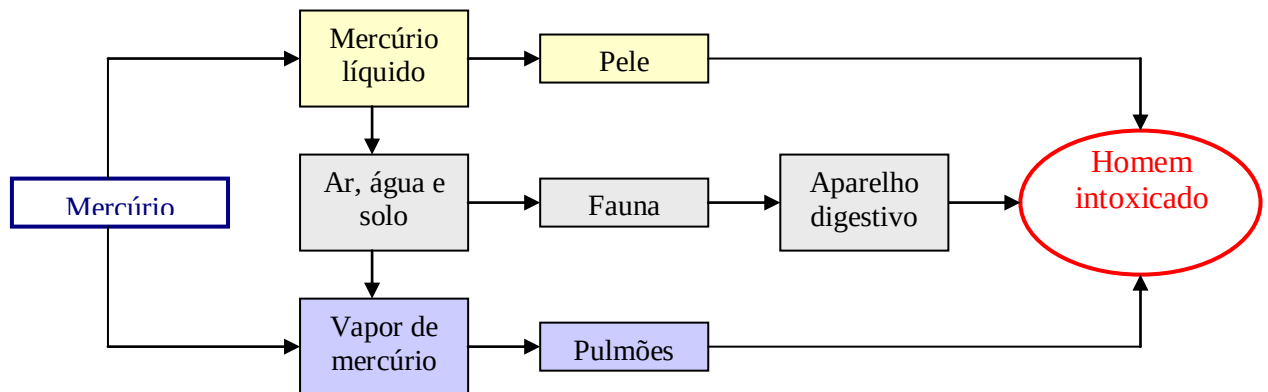
Além do perigo inerente ao descarte inadequado desse material no meio ambiente (contaminação do solo e de cursos d'água), o próprio manuseio desse material na coleta e armazenamento pode causar danos a saúde, quando consideradas as inúmeras possibilidades de rompimento de seu continente, a própria lâmpada.

De acordo com Sanches (2008), a forma de intoxicação pelo mercúrio pode ocorrer por via cutânea, decorrente do manuseio inadequado da lâmpada, e por via respiratória ao inalar vapor de mercúrio, que pode causar, dependendo da quantidade, dor de estômago, diarreia, tremores, depressão, ansiedade, gosto de metal na boca, sangramento nas gengivas, insônia, falhas de memória, fraqueza muscular, nervosismo, mudanças de humor, agressividade, dificuldade de concentração e até a demência. Ainda segundo Sanches (2008), essa intoxicação por mercúrio gera o Quadro clínico sintomático conhecido como mercurialismo, manifestado por tremores das mãos e eretismo (comportamento anormal e introvertido).

Já a intoxicação por ingestão, que pode ocorrer através da cadeia alimentar, pode causar outros efeitos desastrosos, afetando o sistema nervoso central, podendo provocar o quadro de vida vegetativa ou, dependendo do volume ingerido, o óbito.

Na Figura 12 abaixo se verifica as formas de intoxicação do homem pelo mercúrio.

Figura 12 - Ciclo de intoxicação do mercúrio



Fonte: Adaptado de Sanches (2008).

Um dos casos mais conhecidos de contaminação por mercúrio numa comunidade aconteceu na Baía de Minamata do Japão, na década de 50, onde mulheres grávidas foram expostas a grande quantidade de mercúrio pelo consumo de peixes contaminados. A consequência dessa exposição foi a geração de descendentes com múltiplos problemas neurológicos (microcefalia, hipoplasia e atrofia do cérebro).

Com o intuito de evitar os danos mencionados é que a utilização da logística reversa se torna, hoje, um mecanismo imprescindível para se gerenciar o fluxo das lâmpadas de pós-consumo da IP que contém mercúrio.

2.5 LOGÍSTICA

Com a extinção de fronteiras entre mercados consumidores, e o fluxo rápido e contínuo da informação, provocou-se uma alteração profunda na forma de prestar serviços a clientes. As organizações passaram a se preocupar com a qualidade que os produtos eram oferecidos, bem como o aumento da produtividade que esses mercados globalizados exigiam, e assim, através dessa mudança de comportamento tornou-se possível às empresas se manterem em situação de competitividade. Tudo isso, deveria ser otimizado de forma que a organização mantivesse um custo razoável.

Para isso a Logística Empresarial passou a ser utilizada como meio de garantir a qualidade e a produtividade das empresas através do planejamento do fluxo dos produtos ao longo do processo produtivo, desde a aquisição da matéria-prima até o consumo final. De acordo com Council of Logistic Managment (CLM apud LAMBERT; STOCK; ELLRAM, 1998, p. 3) comenta o gerenciamento da logística como: “O processo de planejamento,

implementação e controle eficiente, fluxo efetivo e armazenamento de bens, serviços, e informações relativas do ponto de origem ao ponto de consumo, com o propósito de atender os requisitos do consumidor.”

Todavia, o conceito de consumo na sociedade moderna vem se modificando já há algum tempo. A preocupação com o meio ambiente tem se tornado evidente provocando nas organizações mudanças significativas, a fim de manter e inclusive fidelizar esse mercado consumidor. Então, é nesse cenário que se tem empregado o conceito de logística reversa, dando suporte a logística empresarial, e assim fechando o ciclo de forma a buscar o equilíbrio ambiental.

2.5.1 Logística Reversa

A Logística Reversa preenche a lacuna deixada pela logística empresarial, tratando do gerenciamento de resíduos industriais, produtos defeituosos, do destino de produtos após o término do seu ciclo de vida ou utilização, assim como das embalagens utilizadas para o transporte ou armazenamento (SIMÕES, 2002).

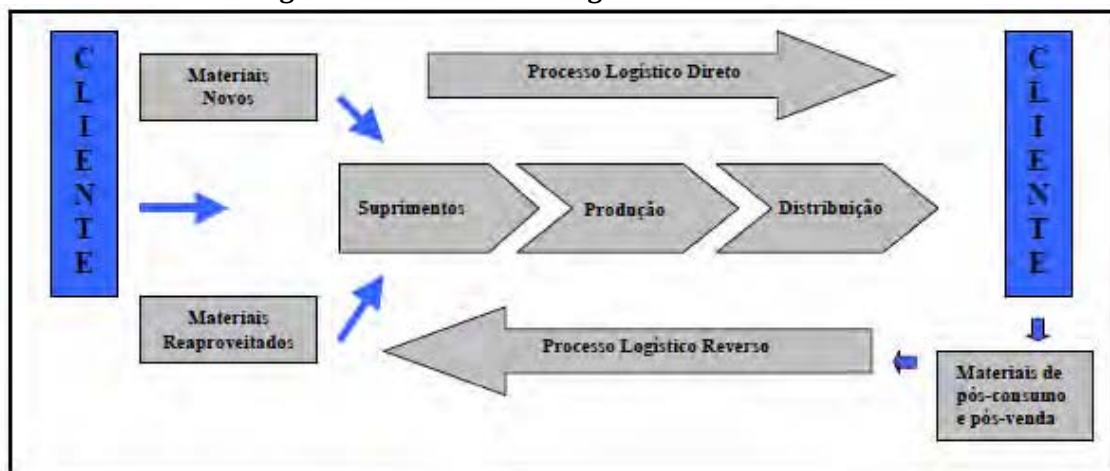
A preocupação em utilizar o fluxo reverso, ou logística reversa, vem sendo gradualmente estimulada, face ao aumento gradual, da geração de resíduos pós-consumo, comumente isentos de adequada destinação, pelo estado, pelas empresas ou pelos consumidores. O meio natural e os espaços resultantes da ação antrópica, sofrem com a ausência ou a precariedade das estratégias de manejo de resíduos ambos relacionados à manutenção da saúde humana.

Neste cenário, as organizações empresariais têm se mostrado permeáveis à necessária adaptação para que acompanhem a crescente aceitação por parte da sociedade do discurso ambiental; a resposta dos poderes públicos através de confecção de legislação específica para produtos que mereça atenção específica, o aumento da competitividade, e a preocupação de uma boa imagem corporativa. A aplicação do conceito de logística reversa tem se colocado, no intuito de minimização de impactos sócio-ambientais negativos originários da atuação de empresas e lhes conferir considerável possibilidade de sobrevivência mercadológica.

A logística reversa é definida por Guarnieri *et al* (2005), como o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, estoque em processamento e produtos acabados (e seu fluxo de informação) do ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recuperar valor ou realizar um descarte adequado.

A Figura 13 abaixo exemplifica o processo de Logística Direta e Reversa.

Figura 13 - Processo de Logística direta e reversa



Fonte: Guarnieri *et al.* (2005)

Semelhantemente, de acordo com o texto de Brasil (2010), a logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Há duas possibilidades claras de utilização do fluxo inverso: uma delas relativa aos bens de pós-venda e outra relativa aos bens de pós-consumo. A primeira refere-se basicamente ao planejamento, controle e destinação dos bens sem uso ou com pouco uso, que se reincorporam ao ciclo produtivo devido a razões diversas: devoluções, problemas de garantia, avarias, excesso de estoques, prazo de validade expirado; podendo ser reparados, reaproveitados ou descartados (GUARNIERI *et al.*, 2005). A segunda trata da operacionalização dos fluxos dos produtos retirados no final da sua vida útil, e que tenham atributos para serem desmanchados, reciclados e encaminhados para o mercado secundário de matérias-primas, ou remanufaturados e conduzidos para o mercado de componentes secundários (LIMA *et al.*, 2010).

De acordo com Leite (2003), os bens ou materiais transformam-se em produtos denominados pós-consumo e podem ser enviados a destinos finais tradicionais, como a incineração ou os aterros sanitários, considerados meios seguros de estocagem e eliminação, ou retornar ao ciclo produtivo por meio de canais de desmanche, reciclagem ou reuso, estendendo-se sua vida útil. Essas alternativas de retorno ao ciclo produtivo constituem-se no

principal foco do estudo da logística reversa e dos canais de distribuição reversos de pós-consumo.

Outro aspecto a ser levado em consideração é que para se valer da logística reversa é preciso que haja um retorno, seja financeiro, ambiental, legal, etc. Segundo Leite (2003) a logística reversa é uma área da logística empresarial que se preocupa em equacionar a multiplicidade de aspectos logísticos do retorno ao ciclo produtivo dos diferentes tipos de bens industriais, dos materiais constituintes dos mesmos e dos resíduos industriais, agregando valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

A dimensão econômica da implementação da logística reversa ainda é tida, no entanto, como um entrave à acentuação de sua difusão, especialmente quando não se computam, por exemplo, ganhos obtidos pela melhoria da imagem das organizações que aderiram ao processo e, em última instância, notórios ganhos ou reduções de custos conseguidos com o melhor processamento de matérias-primas ou reaproveitamento de resíduos.

São exatamente as técnicas e tecnologias de reciclagem utilizadas, associadas ao conceito da logística reversa os otimizadores do processo de aquisição de materiais e os recursos de produção, armazenagem e transporte, incrementando os ganhos das empresas independente das exigências e pressões das legislações pertinentes (SANCHES, 2008). Assim, as indústrias de reciclagem ganham com a comercialização de materiais recuperados, e as empresas reduzem as despesas comprando matéria-prima reciclada, mais barata.

Mesmo diante da possibilidade de se aplicarem alternativas conceituais com a logística reversa, o problema da geração de resíduos, no entanto, vem se agravando com a crescente quantidade de disposição de produtos, causados principalmente pela obsolescência, característica dos produtos modernos das mais diversas áreas (eletro-eletrônicos, informática, comunicação, etc.). Dessa forma muitos países, principalmente os europeus, que dispõem de reduzidas áreas de terra e recursos, passaram a impor leis mais restritivas, colocando os fabricantes como responsáveis pela coleta dos produtos após sua vida útil, pelos consumidores, seu processamento e reutilização.

Com o propósito de salvaguardar o meio ambiente, a sociedade e os consumidores, vários países têm criado leis cada vez mais limitativas. E segundo Simões (2002) os objetivos fundamentais são:

- Educar os consumidores para que prefiram produtos com menor potencial de danos ao meio ambiente.

- Restringir a produção de produtos perigosos ao meio ambiente.
- Responsabilizar os produtores durante todo o ciclo de vida do produto.

A tendência é então, o contínuo crescimento de normas e leis aplicadas aos fabricantes tornando praticamente obrigatória a adoção da logística reversa.

Figueiredo (1995, p. 2000 apud SIMÕES, 2002, p. 52) diz:

[...] responsabilizar o setor produtivo pela destinação dos bens produzidos e pós-utilizados, obriga os empreendedores a avaliarem cuidadosamente não apenas o produto em si, mas também as formas de embalagem, o condicionamento, a vida útil dos bens e/ou materiais utilizados, os meios de transportes e a eventual reutilização ou deposição final desses resíduos ou bens pós-utilizados.

No Brasil, até 2010, não havia padronização legal do gerenciamento de resíduos de lâmpadas contendo mercúrio. Até aquele momento, esta questão era tratada através da lei Federal nº. 9.605/98 (crimes ambientais), que pune agentes que gerem poluição passiva causadora de danos à saúde humana e aos ecossistemas e de legislações complementares a nível estadual e Municipal. No estado de São Paulo, por exemplo, a lei Estadual nº. 997/76 (prevenção e controle da poluição do meio ambiente); e a lei Estadual nº. 12.300/06 (política estadual de resíduos sólidos) já tratavam do descarte adequado de lâmpadas potencialmente perigosas ao meio ambiente.

Então, no final de 2010, foi sancionada no Brasil a lei federal que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, onde se especifica que, os fabricantes, os importadores, os distribuidores e os comerciantes de lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio, mercúrio e de luz mista, todas elas portadoras de volumes de mercúrio; deverão estruturar e implementar sistemas de logística reversa de forma independente do serviço público de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

As lâmpadas do sistema de iluminação pública estão incluídas nesse âmbito da logística reversa. Os seus materiais constituintes podem ser, em sua quase totalidade, reincorporados ao ciclo produtivo através da reciclagem (vidros e peças metálicas) e reutilização (mercúrio).

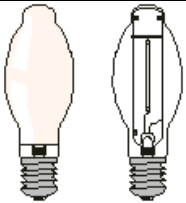
2.5.2 Fluxo Logístico Reverso das Lâmpadas

A Eletrobrás (2004) elaborou um guia de manuseio, transporte, armazenamento e destinação de descarte de lâmpadas de IP com o intuito de orientar os gestores quanto aos riscos de impacto ao meio ambiente e a saúde humana decorrentes do trato inadequado do

mercúrio contido nas lâmpadas de IP, como também salvaguardar os princípios de responsabilidade social e ambiental dos agentes participantes dos contratos de financiamento do Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente - RELUZ/PROCEL.

De acordo com a Eletrobrás (2004), **manuseio** de um resíduo significa a manipulação e movimentação do resíduo desde o seu local de origem até a sua destinação final, e nesse sentido atribui algumas recomendações resumidas no Quadro 5:

Quadro 5 - Recomendações na etapa de manuseio das lâmpadas inservíveis

Recomendações na etapa de Manuseio	Observações
Diferentemente das lâmpadas fluorescentes que ao serem quebradas liberam automaticamente vapor de mercúrio e pó fosfórico, as lâmpadas de IP que contêm mercúrio apresentam risco de contaminação apenas se tiverem o tubo de descarga ("ampola") quebrado.	
As lâmpadas devem sempre ser manuseadas com a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI's) apropriados como: luvas, avental, botas plásticas, etc., independentemente da etapa (manuseio, movimentação, transporte, armazenagem).	
No caso de quebra acidental de lâmpadas em local fechado, deve-se imediatamente abrir portas e janelas para propiciar a circulação de ar, proceder à limpeza do local através de aspiração, de preferência, e coletar e acondicionar os estilhaços em recipiente hermético, com o intuito de evitar a permanência da liberação do vapor de mercúrio.	
No momento do manuseio de lâmpadas ou de resíduos de lâmpadas os funcionários devem ser impedidos de comer e fumar, e, devem ser submetidos periodicamente a exames médicos, que quantifiquem o mercúrio, e avaliações neurológicas, principalmente para as pessoas que são expostas repetidamente a essas situações de risco.	

Fonte: Adaptado de Eletrobrás (2004).

Em relação ao **armazenamento e acondicionamento** de resíduo, entende-se que deve ser realizado em área autorizada pelo órgão de controle ambiental, e que atenda a condições básicas de segurança contidas na NBR 12235, e que sejam mantidas devido à espera de transporte para tratamento, reciclagem ou disposição final adequada. A Eletrobrás (2004) atribui as recomendações a seguir, como mostra o Quadro 6:

Quadro 6 - Recomendações na etapa de armazenamento das lâmpadas inservíveis

Recomendações na etapa de Manuseio	Observações
O estoque de lâmpadas inservíveis deve ser localizado em área separada (princípio da segregação dos resíduos), demarcada e identificada.	
Em nenhuma hipótese as lâmpadas devem ser quebradas para serem armazenadas, pelo risco de contaminação ambiental e à saúde humana.	
As lâmpadas inservíveis devem ser armazenadas em local seco e acondicionadas, de preferência, na sua embalagem original, devem também ser mantidas intactas e protegidas de eventuais choques que possam provocar a sua ruptura.	
Em caso de impossibilidade de reaproveitamento da embalagem original devem-se confeccionar embalagens com papelão, obedecendo ao tamanho e formato das lâmpadas, ou se utilizar de jornal velho para envolver as lâmpadas protegendo-as contra choques.	
As embalagens com as lâmpadas inservíveis intactas devem ser acondicionadas em qualquer recipiente portátil que possibilite o transporte e o manuseio do resíduo, desde que não permita vazamento no caso de quebra, caso contrário se utilize de caixas apropriadas para transporte (contêineres) fornecidas pelas empresas de reciclagem.	
Para as lâmpadas quebradas é necessário o acondicionamento em recipiente portátil, hermeticamente fechado, feito com chapa metálica ou material plástico (tipo bombona) revestido internamente com saco plástico especial para evitar contaminação.	Saco plástico liso, transparente, 920x1300, espessura 0,50 mm, baixa densidade, solda fundo reforçado Fonte: CEMIG
Os recipientes devem ser identificados de acordo com seu conteúdo e de modo que suportem o manuseio e as condições da área de armazenamento em relação a intempéries.	
A área de armazenamento deve ser sinalizada com o intuito de impedir o acesso de pessoas não autorizadas e deve também obedecer às condições estabelecidas pelos órgãos ambientais. Recomenda-se sinalizar a área com as palavras: “Lâmpadas para Reciclagem”.	
Os recipientes devem ser acondicionados em área, coberta, seca e ventilada, apoiados sobre base de concreto ou paletes que impeçam a infiltração de substâncias para o solo ou águas subterrâneas. Recomenda-se ainda, que a área possua drenagem e captação de líquidos contaminados.	
Com a remoção das lâmpadas para tratamento, reciclagem ou destinação final, deve-se tratar e limpar os recipientes, contêineres, tambores, bases e solo caso tenha ocorrido eventual contaminação.	

Fonte: Adaptado de Eletrobrás (2004).

Pode-se considerar o **transporte** das lâmpadas inservíveis o deslocamento dos resíduos seja nas dependências do próprio gerador, seja no transporte externo destes mesmos resíduos, e devem-se considerar basicamente três fases, apresentadas no Quadro 7, a saber:

Quadro 7 - Fases do transporte se lâmpadas inservíveis

Fases do transporte se lâmpadas inservíveis	
1 ^a	Transporte das lâmpadas retiradas do local onde estavam instaladas para um local de armazenamento intermediário ou temporário
2 ^a	Transporte das lâmpadas retiradas do local de armazenamento temporário/intermediário para um local de armazenamento central à espera de reciclagem, tratamento ou disposição final adequada.
3 ^a	Transporte do local de armazenamento central para a empresa de reciclagem, tratamento ou disposição final adequada.
Obs.: Essas fases podem ser executadas por empresas terceirizadas, ou seja, não necessariamente deve ser realizado pelo gestor direto de IP.	

Fonte: Adaptado de Eletrobrás (2004).

Para o **transporte externo** de resíduos perigosos Classe I, é necessário seguir os procedimentos da NBR 13221/94 da ABNT. E dispõe das seguintes recomendações (Quadro 8):

Quadro 8 - Recomendações na etapa de transporte das lâmpadas inservíveis

Recomendações na etapa de Transporte	Observações
Identificar o carregamento (o contêiner, o tambor e as caixas) com as seguintes informações: · data do carregamento · nº de lâmpadas · localização de onde as lâmpadas foram retiradas (origem) · destinação do carregamento	
Transportar obedecendo a critérios de segregação (não podem ser transportados juntamente com produtos alimentícios, medicamentos ou produtos destinados ao uso e/ou consumo humano ou animal, ou com embalagens destinadas a estes fins)	
Proteger contra intempéries e não tombar os recipientes, para evitar que ocorra a implosão das lâmpadas	
Os veículos devem possuir carroceria fechada de forma que os resíduos transportados não fiquem expostos	
Os veículos devem apresentar, nas três faces de sua carroceria, informação sobre o tipo de resíduo transportado e identificação da empresa ou prefeitura responsável pelo veículo (De acordo com a NBR 7500/2003, não há um símbolo específico para cargas que contém mercúrio, apenas uma denominada "Substâncias Tóxicas")	

Em caso de contratação de firma de transporte, para se proteger de responsabilidades futuras e para o controle do transporte de resíduos, o gerador deve preencher o MTR (Manifesto para Transporte de Resíduos), conforme o modelo contido na NBR 13221/94	
O transporte de resíduos deve atender 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	

Fonte: Adaptado de Eletrobrás (2004).

Quando a **destinação final** é a reciclagem, o transporte deve ser realizado pela empresa recicladora, passando a responsabilidade a ser desta empresa, exceto quando se estabelecer acordo de responsabilidade solidária. O transporte também pode ser realizado pelo gestor da iluminação pública ou por uma firma especializada em transporte de cargas perigosas, desde que se obedeçam as exigências normativas.

Segundo Eletrobrás 2004, a reciclagem é a opção mais adequada do ponto de vista ambiental para o descarte de lâmpadas de pós-consumo que contenham mercúrio. A reciclagem de lâmpadas objetiva recuperar o mercúrio, além de outros de seus componentes, evitando o comprometimento do meio. O alumínio, o vidro e o pó de fósforo podem ser reaproveitados tanto na construção de novas lâmpadas como na produção de outros produtos.

A seguir discorrem-se as recomendações para a etapa de **destinação final**, como mostra o Quadro 9:

Quadro 9 - Recomendações na etapa de reciclagem das lâmpadas inservíveis

Recomendações na etapa de Destinação Final	Observações
As lâmpadas contendo mercúrio e outros componentes tóxicos, consideradas inservíveis às instalações de iluminação pública, deverão ter uma destinação final adequada de modo que não coloquem em risco o meio ambiente e a saúde das populações	
As lâmpadas inservíveis deverão preferencialmente ser enviadas para empresas especializadas em reciclagem de lâmpadas que contêm mercúrio, devidamente credenciadas junto ao órgão ambiental estadual	
No caso da não existência, em certa região, de firma especializada em reciclagem de lâmpadas, ou inexistência de 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 (resíduo sólido) local, para solicitar orientações e cooperação para encontrar a melhor solução de destinação final do resíduo	
Cabe à concessionária de energia elétrica financiada pelo Programa Reluz o encaminhamento à ELETROBRAS de cópia(s) do Certificado (Termo) de Recepção e Responsabilidade emitido por empresa recicladora de lâmpadas	Orientação sobre o Programa Reluz

na mesma ocasião do envio do Relatório Final de Acompanhamento da Execução Física do projeto ReLuz contratado. Este Certificado informa a correta destinação final das lâmpadas inservíveis e repassa a responsabilidade deste passivo ambiental à recicladora que está responsável pelo tratamento.	
--	--

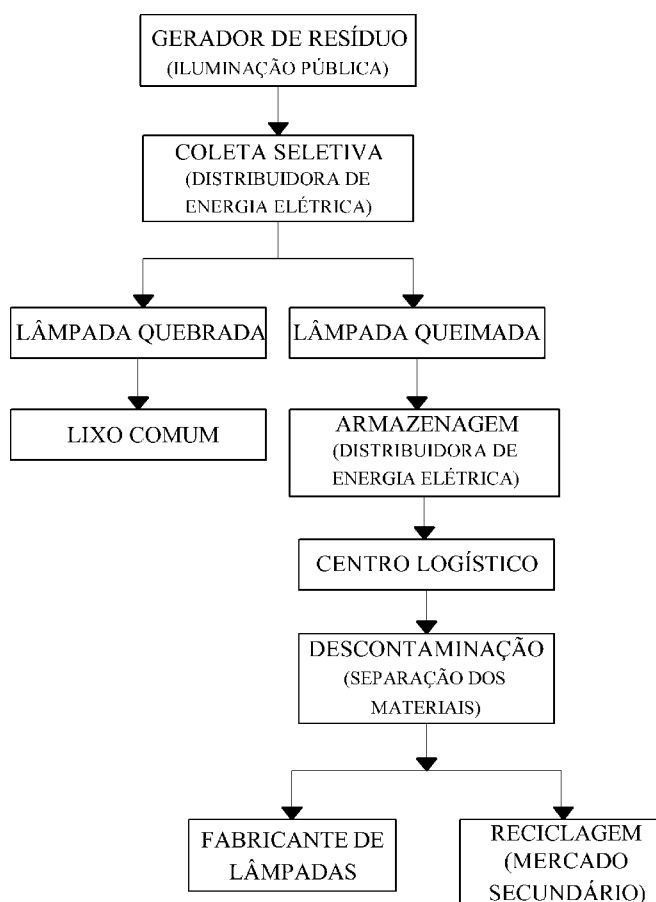
Fonte: Adaptado de Eletrobrás (2004).

Posteriormente, Sanches (2008) colocou que, a logística reversa de lâmpadas fluorescentes inclui o gerenciamento das seguintes etapas: coleta, armazenagem, manuseio e movimentação ainda no gerador de resíduos; a coleta e transporte; movimentação e armazenagem na indústria de reciclagem; e os estoques de lâmpadas fluorescentes de pós-consumo e materiais recicláveis, podendo esses resíduos ser gerados por pessoa física ou empresa.

Semelhantemente, as lâmpadas de descarga do setor de iluminação pública percorrem o mesmo fluxo reverso, diferenciando-se apenas quanto ao gerador do resíduo por se tratar de uma única fonte: a iluminação pública.

A Figura 14 apresenta este fluxo reverso.

Figura 14 – Fluxo reverso das lâmpadas de IP



Fonte: Adaptado de Sanches (2008).

As lâmpadas que contém mercúrio, classificadas como resíduos de Classe I, devem ser gerenciadas adequadamente, sendo necessário o planejamento de coleta e destinação deste resíduo de pós-consumo, prolongando o ciclo de vida e recapturando o valor dos materiais componentes através da reciclagem, reutilização ou mesmo da destinação adequada, este último quando as demais não se mostrarem viáveis técnica e economicamente.

2.6 TRATAMENTO DE LÂMPADAS DE PÓS-CONSUMO

Para se comentar a respeito do tratamento de lâmpadas contendo mercúrio faz-se necessário conhecer previamente alguns conceitos básicos e fundamentais para se atuar em programas voltados a questão ambiental. Por exemplo, o uso dos três R's, que são respectivamente redução, reutilização e reciclagem. Essa política dos três R's tornou-se mais conhecida a partir da divulgação da agenda 21, documento elaborado pelos países que participaram da ECO 92 no Rio de Janeiro.

O primeiro R trata da Redução na Fonte, ou seja, o mecanismo utilizado para reduzir ou substituir materiais que causem menos impacto ao meio ambiente. Esta deve ser a primeira alternativa a ser considerada de modo que se busque minimizar os danos ao meio ambiente (SIMÕES, 2002).

[...] quanto menores forem as quantidades de materiais extraídas do ambiente natural e 'manipuladas' nos processos de produção, menores serão as perdas inerentes ao processamento, e conseqüentemente, os problemas associados a 'estas perdas' (FIGUEIREDO, 1995, p. 195 apud SIMÕES, 2002).

A seguir discorre-se sobre algumas modificações de processo para redução na fonte, de acordo com (CETESB 1992, p. 25 apud SIMÕES, 2002, p. 47):

Alterações de matérias-primas

- substituição de matérias-primas e
- purificação de matérias-primas.

Alterações de Tecnologia

- mudanças no processo;
- mudanças no arranjo de equipamentos e tubulações;
- automatização;
- mudanças nas condições operacionais;
- redução do consumo de água e
- redução do consumo de energia.

Mudanças de procedimentos/práticas operacionais

- prevenção de perdas;
- treinamento do pessoal e
- “segregação”

O segundo R se refere à Reutilização, etapa na qual os produtos não sofrem quaisquer alterações, sendo utilizados novamente e para o mesmo emprego que foram concebidos originalmente, sendo, no máximo, higienizados para serem reutilizados. Este processo pode ser considerado como um tipo de redução na fonte.

Por fim, o terceiro R se refere à Reciclagem. Esse processo, diferentemente do anterior, transforma os componentes de um produto, da forma original sob a qual foram concebidos, para uma nova forma ou com Figuração, reduzindo-os à condição de matéria-prima secundária.

De acordo com (CETESB 1992, p. 27 apud SIMÕES, 2002), a reciclagem por recuperação de um resíduo depende dos seguintes fatores:

- proximidade da instalação de processamento;
- custos de transporte dos resíduos;
- volume de resíduos disponíveis para o reprocessamento;
- custos de estocagem do resíduo no ponto de geração ou fora do local de origem

(CETESB, 1992, p.27).

Esses aspectos são extremamente relevantes, para que se torne possível e viável a reciclagem dos produtos através do emprego da logística reversa.

2.6.1 Reciclagem de lâmpadas contendo mercúrio

Faz parte da prática comum da comunicação correlata a utilização do termo reciclagem para o tratamento das lâmpadas inservíveis. O emprego devido desse termo, no entanto, apenas deve ser utilizado com correção quando se referir a processos de reciclagem que tenham como resultado o reacendimento da lâmpada. Este tipo de procedimento ainda não é realizado em parte alguma, devido à inexistência de técnicas apropriadas para esse fim.

Desta forma para se realizar o tratamento de lâmpadas e posterior reciclagem é importante conhecer alguns termos utilizados no processo para reaproveitamento dos seus materiais constituintes para outras aplicações. Na maioria dos casos é realizada primeiramente uma desmontagem, separação, e descontaminação dos componentes das lâmpadas como preparação para a reciclagem propriamente dita. A seguir definem-se cada um destes termos:

- Desmontagem: quebra da lâmpada para captura do vapor de mercúrio contido no seu interior;
- Separação: isolamento dos materiais constituintes da lâmpada de acordo com sua gramatura através de processos de vibração e peneiramento, por exemplo;
- Descontaminação: processo pelos quais os materiais constituintes da lâmpada passam para remoção do mercúrio, sejam eles processos de lavagem, filtragem, destilação;
- Reciclagem: reaproveitamento de materiais beneficiados como matéria prima para um novo produto.

De acordo com Net Resíduos, empresa Portuguesa, após pesquisa realizada, há pelo menos doze elementos constituintes das lâmpadas que podem vir a causar dano ao meio ambiente: mercúrio, antimônio, bário, chumbo, cádmio, índio, sódio, estrôncio, tálio, vanádio, ítrio e elementos de terras raras (ETR) (ZANICHELI *et al*, 2004). Porém, em estudos pesquisados a respeito de impactos ambientais causados por lâmpadas, apenas o mercúrio e o sódio mereceram maior relevância, por se tratar de elementos com quantidades mais representativas.

A EPA (Environmental Protection Agency) americana considera o mercúrio proveniente das lâmpadas como a segunda maior fonte de mercúrio em resíduos sólidos urbanos, perdendo apenas para as pilhas.

Segundo Gama (2001) existe uma série de argumentos favoráveis a reciclagem de lâmpadas contendo mercúrio, como:

- O recebimento de um certificado garantindo que os resíduos tóxicos do mercúrio recebem tratamento adequado;
- Com o tratamento o mercúrio é completamente recuperado, não gerando outros tipos de resíduos;
- Na busca pela qualidade total o processo de reciclagem pode valer o recebimento da ISO14001;
- A preocupação do programa com a saúde dos funcionários que trabalham com as lâmpadas melhora a imagem da empresa junto ao consumidor;
- Contribuição direta e indireta com a preservação do meio ambiente;
- Colabora com a conscientização da população a respeito dos resíduos tóxicos e preservação do meio ambiente.

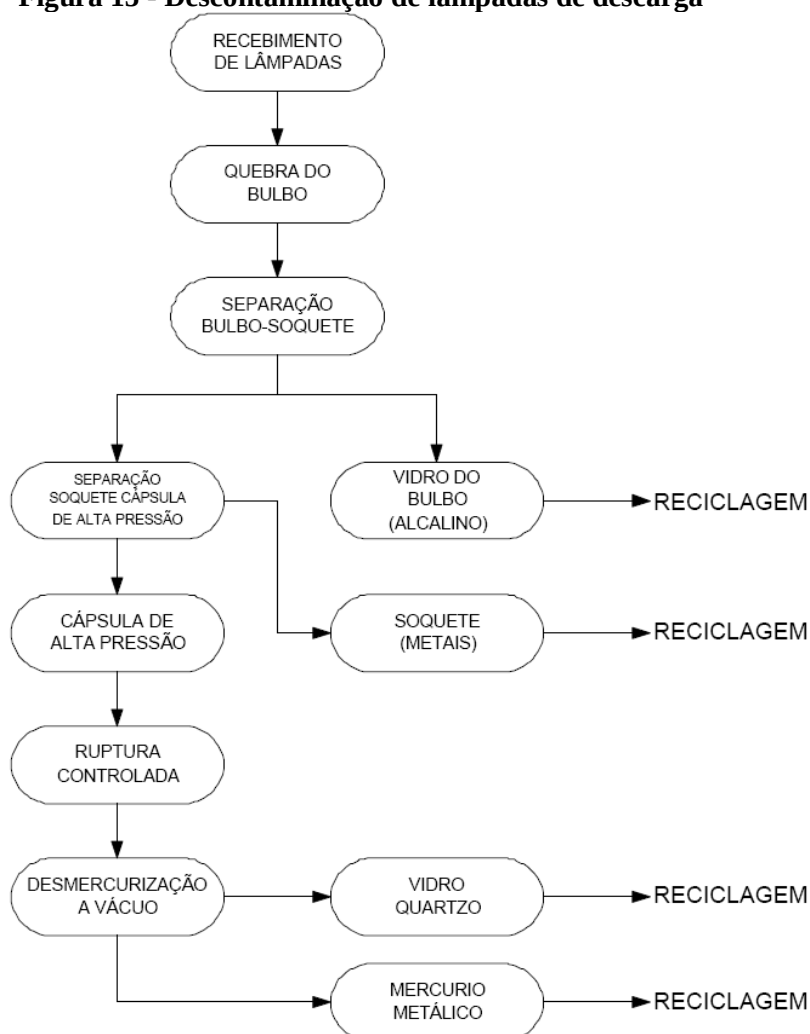
Existem basicamente seis procedimentos utilizados para a deposição, tratamento e reciclagem de lâmpadas. Segundo Zanicheli *et al* (2004), as alternativas são:

- Disposição em aterros (com ou sem um pré-tratamento);
- Moagem simples (com ou sem separação dos componentes);
- Moagem com tratamento térmico;
- Moagem com tratamento químico;
- Tratamento por sopro;
- Solidificação/Encapsulamento (cimento e ligantes orgânicos).

Os procedimentos mencionados anteriormente tratam das lâmpadas fluorescentes tubulares. Todavia, as lâmpadas de bulbo (vapor de mercúrio, vapor de sódio, luz mista, vapor metálico) da IP podem também utilizar essas ferramentas, apenas com a ressalva de se separar previamente o componente que contém o mercúrio, denominado de “tubo de arco”, para então, iniciar o processo de tratamento.

Na Figura 15 abaixo, é possível visualizar um esquema, generalizado, do processo de tratamento destas lâmpadas.

Figura 15 - Descontaminação de lâmpadas de descarga



Fonte: Yamachita *et al.* (1999).

De acordo com Zanicheli *et al* (2004) até 1993 não se conhecia alternativa para o tratamento de lâmpadas no país, sendo elas até então descartadas com o lixo comum, comumente em aterros inadequados. A partir daquele ano, propuseram-se algumas empresas a entrar nesse mercado de tratamento de lâmpadas. As mais representativas, hoje, são: Apliquim (SP), Tramppo (SP), Naturalis Brasil (SP), Mega Reciclagem (PR), Brasil Recicle (SC), Sílex (SC), Recitec (MG), HG Descontaminação (MG).

É importante salientar que 99% dos componentes constituintes das lâmpadas podem ser reciclados, constituindo-se a atividade num nicho de mercado:

- O mercúrio pode ser reutilizado na construção de novas lâmpadas, termômetros e outros produtos;
- O vidro pode ser utilizado na fabricação de contêineres não alimentícios, misturado ao asfalto e manilhas de cerâmica;
- O alumínio pode ser reciclado e utilizado para muitos fins.

A reciclagem apresenta-se, inclusive como alternativa econômica, como o procedimento apropriado para o tratamento de lâmpadas de pós-consumo, contando com relevante apelo ambiental, humano, social.

2.6.2 Processos de Descontaminação e Reciclagem de lâmpadas contendo mercúrio

É sabido que considerável parcela das etapas de manipulação às quais as lâmpadas são submetidas se inicia com a separação dos seus componentes, sendo posteriormente, realizada a descontaminação dos materiais, e então, dependendo do processo utilizado, seu posterior encaminhamento para reciclagem.

Zanicheli *et al* (2004) apresenta as seguintes definições para os termos utilizados no tratamento de lâmpadas com o intuito de minimizar o uso banal e indiscriminado do termo reciclagem de lâmpadas inservíveis, a saber:

- Disposição final: quando a lâmpada como um todo ou um de seus componentes é encaminhada diretamente para aterros, antes ou após o tratamento.
- Tratamento (destruição/descontaminação): processos utilizados para remoção do mercúrio contido na lâmpada;
- Reciclagem: reaproveitamento dos materiais constituintes das lâmpadas para outras aplicações.

O Quadro 10 mostra uma síntese das tecnologias de descontaminação de lâmpadas utilizadas atualmente e suas características:

Quadro 10 - Processos de descontaminação de lâmpadas, suas características e origem

Processos	Características	Origem
Disposição em aterro (com ou sem pré-tratamento)	- Usado para todo tipo de lâmpada - Possibilidade de emissão de mercúrio na quebra da lâmpada - Desperdiça materiais reaproveitáveis	—
Moagem/Trituração simples sem separação dos componentes	- Usado para lâmpadas fluorescentes e de descarga - Equipamento móvel - Não separa os materiais constituintes da lâmpada para possível reciclagem - Não elimina todo o mercúrio contido na lâmpada - Reduz o volume do resíduo e consequentemente o custo de transporte e armazenagem - Diminui a liberação de mercúrio para atmosfera - Quantidade de mercúrio em aterro diminui devido a captação do vapor de mercúrio nos filtros de carvão ativado durante o processo - Transforma lâmpada que contém mercúrio (perigoso classe I) para resíduo não perigoso classe II (quantidade de mercúrio no resíduo relativo a 2% do total contido na lâmpada)	Estados Unidos
Moagem/Trituração simples com separação dos componentes	- Usado para lâmpadas fluorescentes e de descarga - Unidade fixa - Possibilita a reciclagem dos materiais constituintes - Para a recuperação do mercúrio é preciso utilizar o processo de tratamento térmico	Suécia
Tratamento térmico	- Usado posteriormente ao emprego de outras técnicas (moagem com separação de componentes, tratamento por sopro, etc.) - Possibilita a reciclagem dos materiais constituintes - Recupera o mercúrio	Suécia
Tratamento químico	- Uso de sistema de lavagem (água) - Possibilita a reciclagem dos materiais constituintes - Para a recuperação do mercúrio é preciso utilizar o processo de tratamento térmico - A água pode ser reutilizada	Canadá
Tratamento por sopro	- Usado para lâmpadas fluorescentes - Possibilita a reciclagem dos materiais constituintes - Para a recuperação do mercúrio é preciso utilizar o processo de tratamento térmico	Suécia/Canadá/Alemanha
Solidificação/Encapsulamento (cimento e ligantes orgânicos)	- Usado posteriormente ao emprego de processo de separação dos componentes (via seca ou úmida) - Gerencia o lodo contaminado proveniente de tratamento químico - Desperdiça materiais reaproveitáveis - Aumenta o volume e o peso do resíduo a ser disposto - Não garante que o mercúrio seja totalmente contido de forma segura	—

Fonte: Polanco (2007); Zanichelli *et al.*, (2004); DEXTRITE, (2011); Air Cycle Corporation, (2011); MRT SYSTEM, (2011a); Quercus, (2001).

A seguir apresentam-se, detalhadamente, estes principais procedimentos para destinação final de lâmpadas fluorescentes e de descarga, no Brasil e no mundo:

2.6.2.1 Disposição em aterros (com ou sem um pré-tratamento)

A deposição de resíduos sólidos em aterros possui raízes históricas profundas. O curso do tempo trouxe consigo o aumento da consciência de que este acúmulo de resíduos, especialmente aquele feito sem acondicionamento adequado, implicava em ter várias consequências negativas: odor, proliferação de insetos disseminação de doenças. Uma das soluções encontradas para este problema foi a de aterrar estes resíduos. Para diversas circunstâncias, essa técnica continua sendo utilizada.

Hoje, porém, aterrar resíduos, especialmente os sólidos, deveria, necessariamente, implicar na utilização de critérios de engenharia e normas de operações especiais para se controlar o confinamento desses resíduos com segurança, evitando a contaminação do meio e o comprometimento da saúde humana.

Nema (2005) coloca que um estudo realizado em 2004 nos EUA conclui que os aterros modernos apresentam segurança e eficiência de longo prazo para produtos inservíveis contendo metais pesados sem ultrapassar os limites que foram estabelecidos para proteger a saúde pública e o meio ambiente. Complementa ainda, expondo que a quantidade de mercúrio liberado pela quebra de uma lâmpada é insignificante tanto de uma perspectiva de saúde humana como ambiental. E que a quebra de várias lâmpadas, quando dispostas em aterros modernos, representa um pequeno acréscimo no total das emissões de mercúrio dos EUA.

No entanto, a questão dos aterros sanitários ainda é vista como um assunto polêmico, quando se trata de resíduos perigosos e mais especificamente de um resíduo como o mercúrio. Segundo Polanco (2007) o mercúrio é um resíduo muito volátil e pode se difundir através do solo volatilizando-se para a atmosfera, como também, transformar-se em compostos orgânicos pela ação de bactérias, tornando-se mais solúvel e muito mais tóxico que o mercúrio metálico, podendo ser mais facilmente absorvido pelos organismos vivos.

Ainda que se eliminassem, porém, os riscos de contaminação dos organismos e do meio, ainda assim seria fácil constatar que a deposição de lâmpadas em aterros significaria abrir mão de materiais reaproveitáveis. De acordo com Zanichelli *et al* (2004) 99% dos materiais constituintes das lâmpadas são facilmente recicláveis: mercúrio (novas lâmpadas, termômetro, etc.), vidro (fabricação de contêineres não alimentícios, misturado ao asfalto e manilhas de cerâmica) e o alumínio (pode ser utilizado para muitos fins).

2.6.2.2 Moagem/Trituração simples (com ou sem separação dos componentes)

De acordo com Nema (2005) o uso da técnica de moagem/trituração de lâmpadas inservíveis reduz em até 80% o volume do resíduo sólido para o transporte e posterior disposição final em aterro, diminuindo assim os custos de transporte e armazenamento nos geradores. Nos EUA as empresas que utilizam essa técnica devem obedecer aos critérios da OSHA (Occupational Safety and Health Administration) em relação à qualidade do ar, sendo proibido o esmagamento não regulamentado de lâmpadas.

Esse processo de moagem/trituração de lâmpadas, normalmente, utiliza um sistema de exaustão para captação do mercúrio contido nas lâmpadas, diminuindo a liberação de mercúrio. Mas, esse tipo de processo, porém, não foca na separação dos componentes constituintes das lâmpadas, mas, na captura de parte do mercúrio emitido no momento da quebra. Dessa forma, a quantidade de mercúrio ainda presente nos produtos triturados representa uma quantidade muito inferior ao que a lâmpada possui quando inteira. E assim, a quantidade de mercúrio disposta em aterros é diminuída drasticamente, sem, todavia, ser eliminada (ZANICHELLI *et al.*, 2004).

Segundo Polanco (2007) há um sistema de moagem móvel da Dextrite (empresa canadense): trata-se de um modelo simples que conta com apenas uma unidade fragmentadora acoplada sobre um tambor de 200 litros. Esse equipamento tanto pode ser utilizado para lâmpadas fluorescentes como também para lâmpadas de descarga a alta pressão. O processo consiste em alimentar manualmente o processador com as lâmpadas, sendo os produtos fragmentados (vidro e alumínio), diretamente conduzidos à parte inferior do tambor e ficando acondicionados num saco de poliuretano. A fina poeira e o vapor de mercúrio são retidos nos filtros de carvão ativado acoplados ao equipamento (Figura 16).

Figura 16 - Sistema móvel da Dextrite modelo 25DRDA, utilizado nos EUA para moagem de lâmpadas



Fonte: DEXTRITE (2011).

No Brasil, um equipamento muito utilizado para a moagem/trituração sem separação dos componentes é o Bulb Eater, mais conhecido como “papa lâmpadas”. Esse equipamento fora desenvolvido por uma empresa americana, Air Cycle Corporation, e apresenta processo semelhante ao da Dextrite, já mencionado. Possui, no entanto, três sistemas de filtragem: o primeiro tem como objetivo coletar o pó de fósforo; o segundo, coletar as micro partículas de vidro (esses dois primeiros filtros sendo à base de celulose); e o terceiro filtro, à base de carvão ativado, para coletar o vapor de mercúrio. Esse carvão absorve o mercúrio, através de uma tela fina com micro furos, descontaminando o ar emitido que vai para o exterior (NATURALIS BRASIL, 2011).

São estas as etapas do processo do “papa lâmpadas”, segundo a empresa Naturalis Brasil (2011):

- Moagem/trituração da lâmpada através da sua introdução pelo tubo múltiplo de alimentação. Isso acontece devido a um motor elétrico que opera em posição invertida e possui em sua extremidade uma roldana ou catraca com três tiras de corrente, que quebra a lâmpada;
- Acomodação dos materiais pesados constituintes da lâmpada, como vidro e alumínio, para a parte inferior do tambor metálico de 200 litros;
- Pó de fósforo, micro partículas de vidro e vapor de mercúrio em suspensão no tambor, após a quebra da lâmpada são sugados através de um tubo coletor ligado a uma

unidade externa (blindada e com os respectivos filtros de celulose) que permite que o vapor de mercúrio seja soprado através dele para um contêiner metálico onde se encontra o terceiro filtro de carvão ativado;

- Emissão de ar descontaminado para o exterior;
- O carvão ativado, depois de saturado é levado para uma câmara de alta temperatura onde, sofrendo a ação da temperatura, o mercúrio novamente se vaporiza e é então coletado por dutos dentro da câmara, resfriado, voltando ao seu estado metálico, e novamente utilizado como matéria prima nas aplicações próprias do mercúrio. Ou os filtros de carvão ativado são encaminhados para aterros de resíduos perigosos.

O “Papa Lâmpadas” processa lâmpadas fluorescentes de todos os tamanhos e modelos, lâmpadas de descarga e incandescentes, ocorrendo alteração do diâmetro do tubo múltiplo de alimentação, de acordo com cada caso. O intuito desse processo é transformar as lâmpadas que contêm mercúrio (produto perigoso classe I) em resíduo não perigoso classe II. A Figura 17 apresenta este equipamento.

Figura 17 - Sistema móvel da Air Cycle Corporation modelo 55-VRS (Bulb Eater), utilizado no Brasil e no mundo para moagem de lâmpadas



Fonte: Air Cycle Corporation (2011).

A capacidade dos componentes desse equipamento é pré-determinada, de modo que opere em segurança (ver Tabela 15):

Tabela 15 - Capacidade dos componentes do “Papa Lâmpadas”

Componentes do “Papa Lâmpadas”	Capacidade (lâmpadas trituradas)
Tambor Metálico de 200 litros	900 lâmpadas
Filtro Primário	Conteúdo de um tambor - 900 lâmpadas
Filtro Secundário	Conteúdo de 10 tambores - 9.000 lâmpadas
Filtro Terciário (contêiner)	500.000 lâmpadas ou validade de dois anos o que ocorrer primeiro

Fonte: Adaptado de Naturalis Brasil (2011).

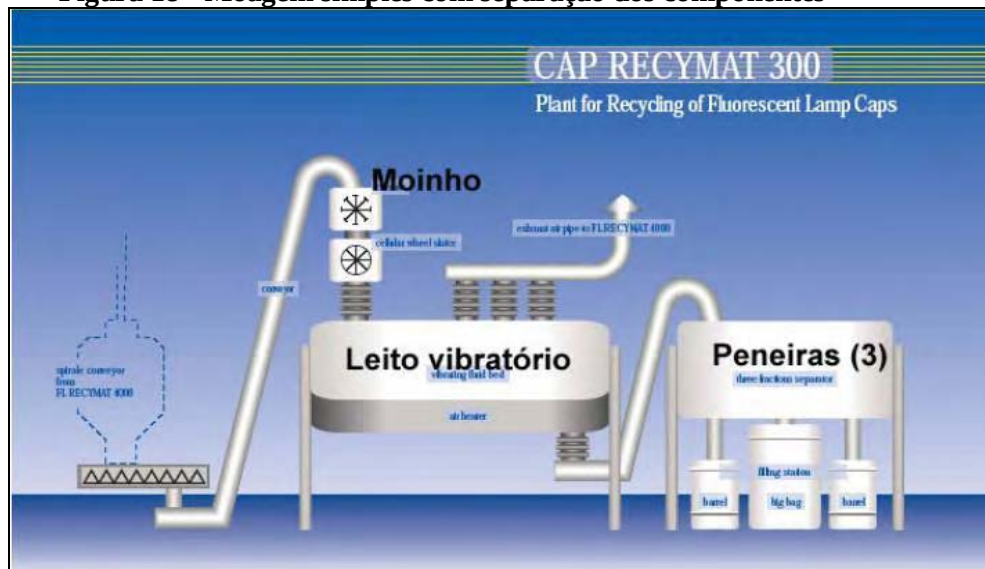
De acordo com Zanichelli *et al* (2004), a moagem simples não elimina todo o mercúrio contido na lâmpada, já que boa parte do mercúrio líquido se encontra depositado nas paredes internas do vidro: esse sistema evita que o mercúrio na forma gasosa escape para o meio ambiente; assim, evitando apenas que o mercúrio seja depositado em aterro, juntamente com os filtros e demais resíduos, se a empresa descontaminadora se utilizar de unidade de tratamento térmico.

Na Europa, esse processo não é utilizado, devido ao fato de se pretender privilegiar a redução da quantidade de resíduos perigosos, ou mesmo de se diminuir a necessidade de utilização de processos mais caros e complexos para descontaminar resíduos, além de se pretender estimular a reciclagem dos materiais constituintes e, conseqüentemente, a não deposição em aterros (QUERCUS, 2001).

Há possibilidade de se realizar a moagem/trituração com separação contínua dos componentes das lâmpadas, não sendo esta, porém, uma característica do equipamento “Papa Lâmpadas”.

Em unidade fixa pode se acoplar uma estação vibratória na saída dos materiais, e na sequência uma peneira para se realizar a separação destes componentes. Segundo Zanichelli *et al* (2004) pode-se observar esse processo, disponível comercialmente, na Figura 18 abaixo.

Figura 18 - Moagem simples com separação dos componentes



Fonte: Zanichelli (2004).

O processo de moagem/trituração com separação mecânica dos componentes da lâmpada antecede o processo de recuperação do mercúrio. A Mercury Recovery Technology (MRT SYSTEM) é uma empresa sediada na Suécia que desenvolve vários equipamentos para processar todos os tipos de lâmpadas que contêm mercúrio. Esta empresa utiliza um equipamento compacto CCS (Compact Crush & Separation Plant), apresentado na Figura 19, fácil de operar, além de sua versatilidade garantir o processamento de várias formas e tamanhos de lâmpadas fluorescentes (MRT SYSTEM, 2011a).

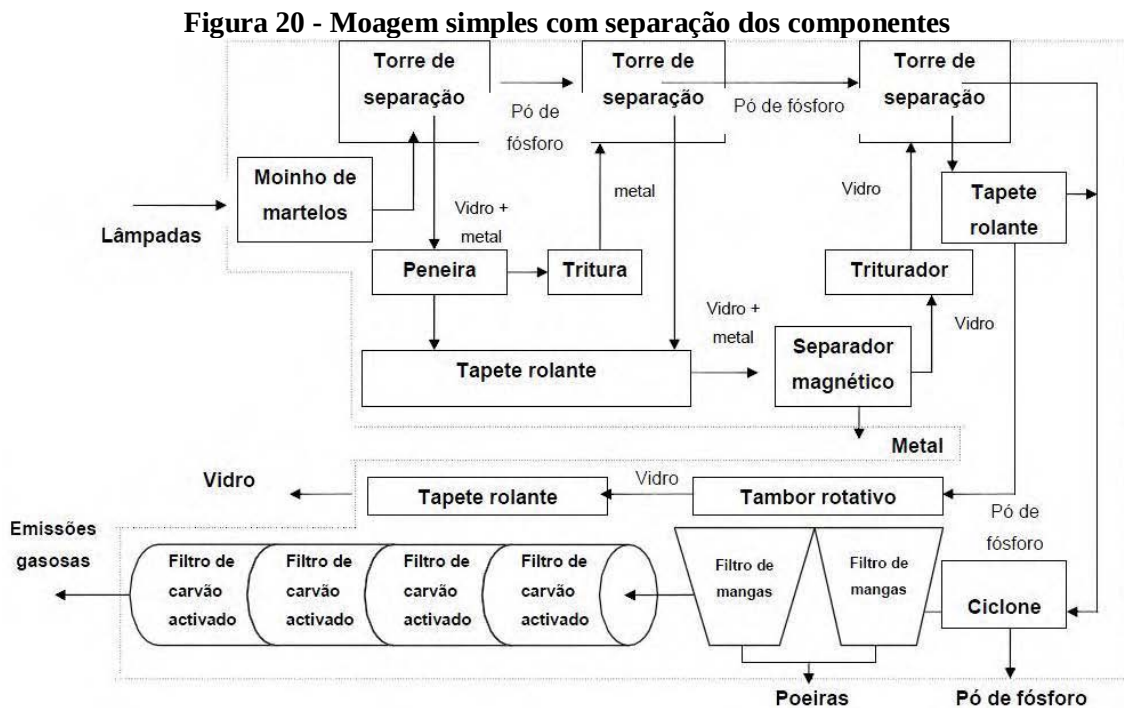
Figura 19 - Moagem simples com separação dos componentes das lâmpadas fluorescentes



Fonte: MRT SYSTEM (2011^a).

As lâmpadas são inseridas manualmente e as demais funções ocorrem automaticamente. O equipamento opera a seco, a pressão negativa e é totalmente enclausurado. Após a inserção das lâmpadas no CCS, elas seguem por várias etapas de trituração e separação dos componentes em subprodutos que atendem a rígidos padrões de pureza e baixos valores de resíduos de mercúrio. Toda a poeira à base de compostos de

fósforo dos revestimentos das lâmpadas é separado dos subprodutos em diferentes etapas através de um sistema de transporte aéreo por sucção e levado para um sistema de armazenamento instalado sob o ciclone e os filtros de manga. O ar depois de passar pelo ciclone e os filtros de manga fica livre do pó fluorescente, sendo conduzido, então, para os quatro filtros de carvão ativado para eliminar o restante do vapor de mercúrio e liberado em seguida para a atmosfera como mostra o esquema da Figura 20 abaixo.

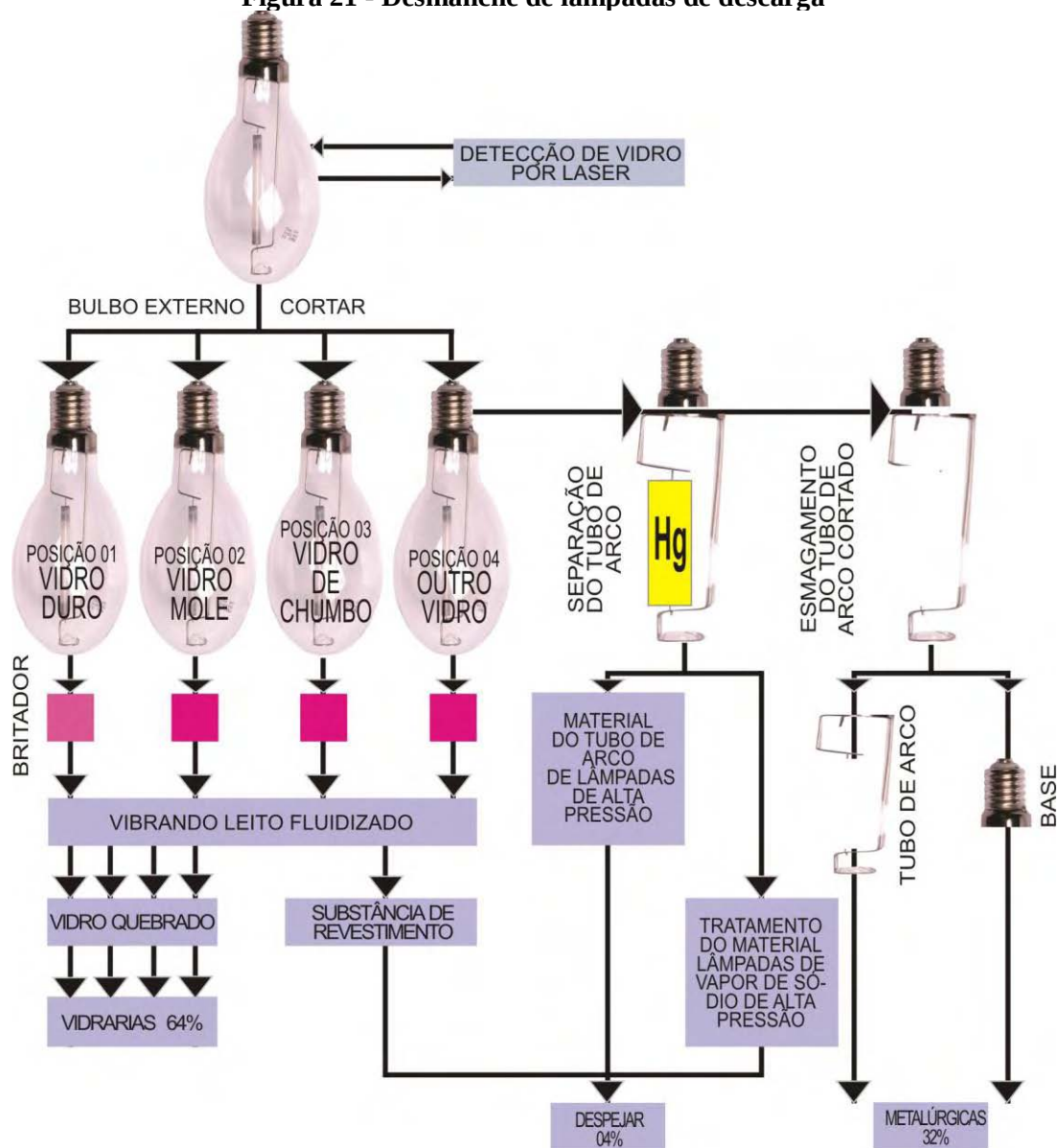


Fonte: Ambicare (apud QUERCUS, 2001).

Em relação à moagem/trituração com separação dos componentes das lâmpadas de descarga, o equipamento MRT HID Processor, da mesma empresa, trabalha em pressão negativa na qual o ar passa por um coletor de pó, um sistema de filtros e um ventilador de alta capacidade incorporado ao sistema, que reprime os vapores perigosos de mercúrio e permite que o operador trabalhe num ambiente livre de poeira contaminada.

São três etapas nesse processo, basicamente: a primeira consiste na separação e quebra do vidro (bulbo externo) através de um dispositivo de compressão (aperto) que separa o vidro da base de metal e tubo de arco. Todo o vidro é então encaminhado para a saída e recolhidos num recipiente, já que o mercúrio das lâmpadas de descarga está acondicionado apenas dentro do tubo de arco. O esquema representado na Figura 21 abaixo mostra a separação do bulbo externo e do tubo de arco.

Figura 21 - Desmanche de lâmpadas de descarga



Fonte: Zanichelli *et al.* (2004).

A segunda etapa consiste em remover, cuidadosamente, o mercúrio do tubo de arco a partir da base de metal. Posteriormente, ao passar por uma seção de britagem o vidro contaminado de mercúrio do tubo de arco é encaminhado para um contêiner apropriado. Recomenda-se a retirada do mercúrio desse subproduto através do processo de separação por via térmica (destiladores) que recupera cerca de 99,9% do teor de mercúrio, processo esse também realizado pela MRT SYSTEM. A última etapa separa as peças de metal no interior da máquina, e as bases de metal são encaminhadas automaticamente para o recipiente externo ao processador de HID, como mostra a Figura 22 (MRT SYSTEM, 2011b).

Figura 22 - Moagem simples com separação dos componentes das lâmpadas de descarga



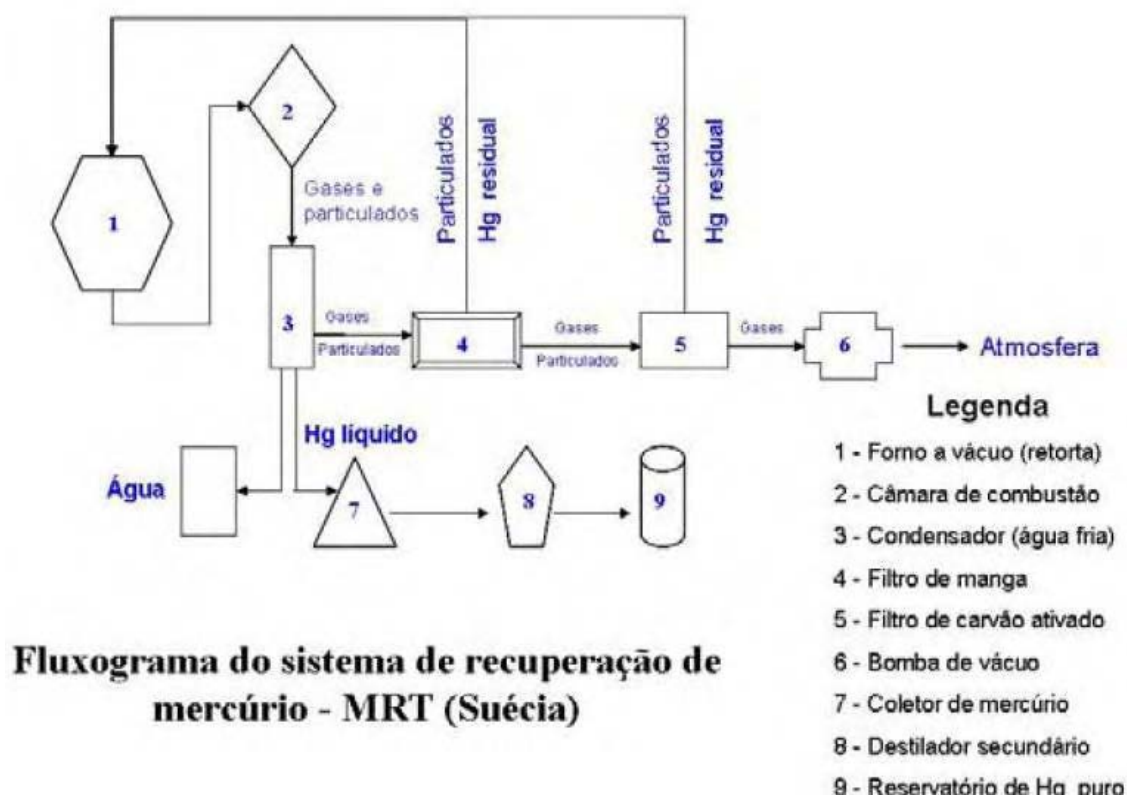
Fonte: MRT SYSTEM (2011^a).

Algumas empresas brasileiras que fazem a moagem com separação dos componentes são Sílex, Recitec, Apliquim. Para complementar o processo e realizar a recuperação do mercúrio estas empresas utilizam o tratamento por via térmica.

2.6.2.3 Moagem com tratamento térmico

O tratamento térmico é utilizado, normalmente, depois das lâmpadas passarem por um processo de moagem/trituração com separação dos componentes, e consiste principalmente na recuperação do mercúrio através da destilação. Os resíduos são aquecidos a temperatura de 357°C (temperatura acima do ponto de ebulição do mercúrio) para vaporizar o mercúrio. Posteriormente, o material vaporizado é resfriado para condensá-lo e coletá-lo como mercúrio líquido elementar. Pode ser necessário um tratamento adicional, como borbulhamento em ácido nítrico para remover impurezas, como mostra o fluxograma do processo na Figura 23 abaixo (POLANCO, 2007; ZANICHELLI *et al.*, 2004).

Figura 23 - Fluxograma do sistema de recuperação de mercúrio da MRT



Fonte: Zanichelli *et al.* (2004).

No caso do MRT Batch/Standard Distillers da MRT SYSTEM os filtros de carvão ativado ou o pó de fósforo que contenham mercúrio ou qualquer resíduo da lâmpada após a trituração são colocados numa câmara a vácuo ou numa retorta onde são aquecidos, transformando o mercúrio em vapor. Na sequência, as partículas orgânicas sofrem oxidação e são transportadas pelos gases de mercúrio numa câmara de combustão no qual passam por uma fase de condensação para o estado líquido. As emissões de gases são encaminhadas para os filtros de carvão ativado com o intuito de eliminar o restante de vapor de mercúrio, e com isso garantir que não seja liberado para a atmosfera (QUERCUS, 2001). A Figura 24 mostra o equipamento da MRT System.

Emissões fugitivas durante este processo podem ser evitadas usando-se um sistema de operação sob pressão negativa.

Figura 24 - MRT Batch/Standard Distillers da MRT SYSTEM

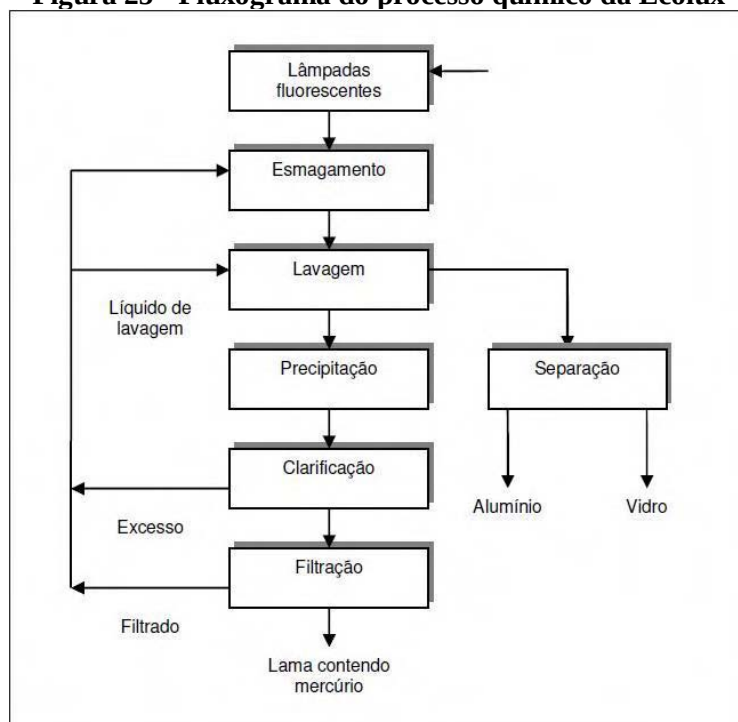


Fonte: MRT SYSTEM (2011c).

As empresas Tramppo, Sílex, Recitec, Brasil Recicle, Apliquim usam o tratamento térmico para a recuperação do mercúrio posteriormente ao emprego de outras técnicas de descontaminação de lâmpadas como moagem com separação, tratamento por sopro, etc.

2.6.2.4 Moagem com tratamento químico

Neste processo as etapas acontecem através de sistemas de lavagem, primeiramente na fase de esmagamento onde o vidro é quebrado numa cortina d'água evitando que o vapor de mercúrio escape, ocorrendo na sequência a separação do vidro e dos metais através de peneiras, onde são removidos para posterior reciclagem. A segunda etapa consiste em precipitar o líquido de lavagem que contém o pó de fósforo e o mercúrio adicionando-se produtos químicos e separando assim o pó de fósforo. O precipitado vai para um clarificador (processo químico) onde o mercúrio é transformado em HgS (precipitado), composto sólido insolúvel em água. Posteriormente é novamente filtrado e o mercúrio precipitado é separado, como mostra o fluxograma (Figura 25) abaixo (POLANCO, 2007; ZANICHELLI *et al.*, 2004).

Figura 25 - Fluxograma do processo químico da Ecolux

Fonte: Ekoteho (2006 apud POLANCO, 2007).

A água utilizada nesse processo pode ser reutilizada, e o mercúrio e o pó de fósforo precipitados podem passar por um processo de destilação, recuperando-se o mercúrio metálico, e posteriormente encaminhado à reciclagem.

No Brasil as empresas HG Descontaminação e a Mega Reciclagem utilizam-se deste tipo de processo.

2.6.2.5 Tratamento por sopro

O tratamento por sopro é utilizado basicamente para lâmpadas fluorescentes e fora desenvolvido com o intuito de reciclar diretamente o vidro já que o processo de separação dos componentes permite que o vidro permaneça intacto ainda na sua forma tubular antes de ser triturado.

A MRT SYSTEM utiliza o equipamento ECM (End Cut Machine) que processa lâmpadas fluorescentes de vários tamanhos. Este processo tem como principal característica o corte inicial das bases de alumínio da lâmpada. Para esse fim pode-se utilizar o processo padrão com o disco de corte ou através de uma linha que corta os tubos por meio de choque térmico como mostra a Figura 26 abaixo. Na sequência, o tubo de vidro, já sem os soquetes das extremidades, recebe internamente um sopro de ar para arrastar e remover o pó de fósforo

que contém o mercúrio. O tratamento do pó de fósforo é feito através da coleta por um sistema de ciclone e a purificação desta corrente de ar por meio de filtros de poeira com sistema de autolimpeza e filtros de carvão ativado (MRT SYSTEM, 2011; POLANCO, 2007).

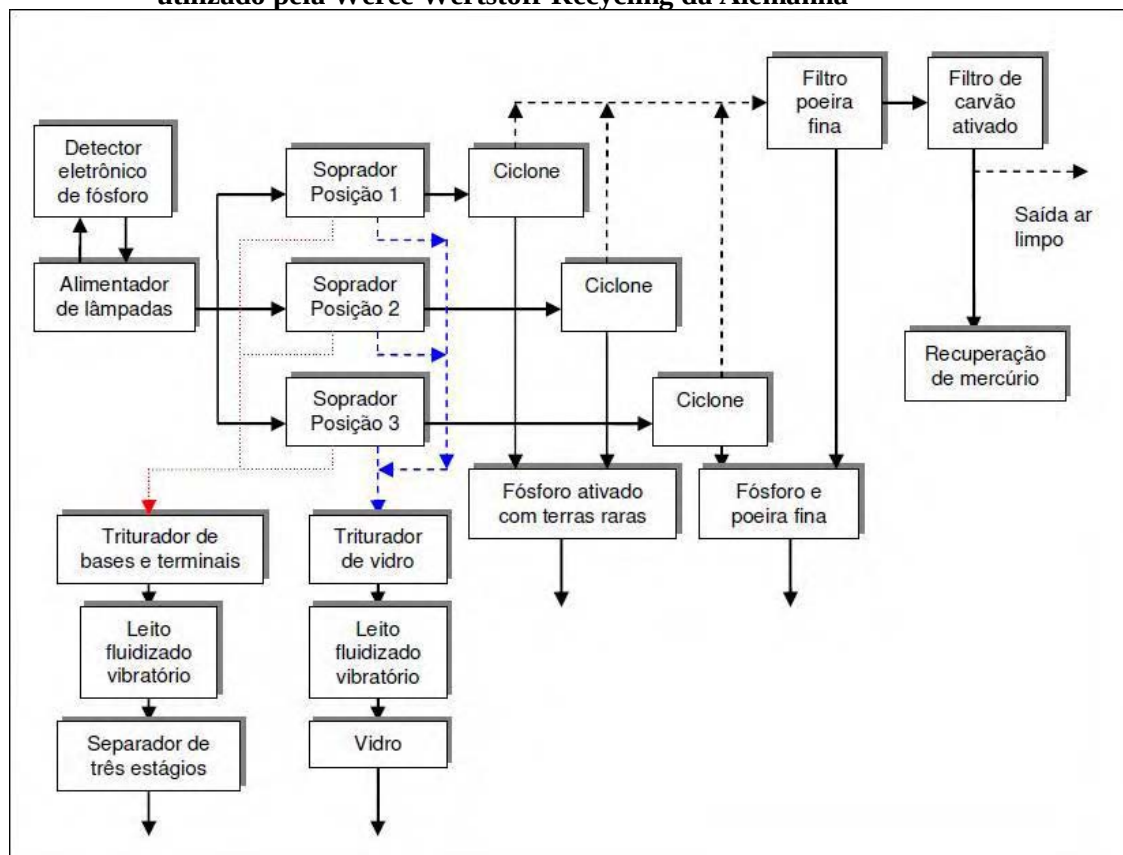
Figura 26 - MRT End Cut Machine (ECM) da MRT SYSTEM



Fonte: MRT SYSTEM (2011).

Este equipamento permite adaptar na saída das bases e terminais um separador de bases de alumínio, metais ferrosos e resíduos de vidro-chumbo. O tubo de vidro após passar pelo sistema de sopro é triturado e encaminhado pra reciclagem. O fluxograma (Figura 27) a seguir mostra o processo de tratamento por sopro.

Figura 27 - Equipamento de tratamento por sopro para lâmpadas fluorescentes tubulares utilizado pela Werc Wertstoff-Recycling da Alemanha



Fonte: Reimer (1999 apud POLANCO, 2007)

O tratamento por sopro não faz a recuperação total do mercúrio: apenas evita que o mercúrio na forma gasosa escape para a atmosfera. Para que seja feita essa recuperação é necessário utilizar o tratamento térmico, caso contrário, o mercúrio será disposto em aterro juntamente com os filtros.

No Brasil as empresas que utilizam o tratamento por sopro são a Tramppo e Brasil Recycle. No entanto, complementam o processo para a recuperação do mercúrio por via térmica.

2.6.2.6 Solidificação/Encapsulamento (cimento e ligantes orgânicos)

Para que seja possível a realização de encapsulamento é necessário que as lâmpadas passem inicialmente por processos de separação dos componentes, seja ele por via seca ou úmida. Os subprodutos gerados a partir desses processos são encapsulados em concreto e/ou ligantes orgânicos, para posteriormente ser encaminhados para aterro de resíduos sólidos.

Segundo Lacerda (2004) o uso da técnica de solidificação/estabilização em cimento Portland antes da disposição em aterro é recomendada no caso da gestão do lodo contaminado proveniente de tratamento químico. Isto porque traz consigo a facilidade de manusear o resíduo e reduzir a mobilidade de componentes tóxicos para o seu entorno.

No entanto, esta é uma técnica que traz inconvenientes como: impedir o reaproveitamento dos componentes da lâmpada para outros fins descartando-os na sua totalidade, aumentar o volume e o peso do resíduo a ser disposto, e o fato de a técnica de encapsulamento em concreto, não garantir que o mercúrio seja totalmente contido de forma segura.

A seguir o Quadro 11 apresenta, sinteticamente, as tecnologias e as respectivas empresas brasileiras que as utilizam:

Quadro 11 - Processos de descontaminação de lâmpadas e as empresas brasileiras

Processos	Utilização no Brasil
Disposição em aterro (com ou sem pré-tratamento)	Naturalis - SP
Moagem/Trituração simples sem separação dos componentes	Naturalis - SP (no próprio cliente)
Moagem/Trituração simples com separação dos componentes	Apliquim - SP Sílex - SC (no próprio cliente) Recitec – MG Mega Reciclagem - PR HG Descontaminação - MG
Tratamento térmico	Apliquim - SP Sílex - SC Recitec – MG Tramppo - SP Brasil Recicle - SC
Tratamento químico	Mega Reciclagem - PR HG Descontaminação – MG
Tratamento por sopro	Tramppo - SP Brasil Recicle – SC
Solidificação/Encapsulamento (cimento e ligantes orgânicos)	Desconhecida

Fonte: Adaptado de Polanco (2007).

Segundo a EPA dos USA a emissão de mercúrio para a atmosfera em processos de reciclagem de lâmpadas é da ordem de 1% do total de mercúrio processado. Para Nema (2005) a emissão de vapores de mercúrio, provenientes de um equipamento e de uma instalação de reciclagem bem gerenciada, varia entre 0,2 e 0,4%. No Brasil o limite de exposição ocupacional ao mercúrio elementar determinado pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) é de 0,02 mg/m³, e o limite de exposição ao mercúrio elementar sugerido

pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) é de 0,025 mg/m³.

2.7 CUSTOS DE RECICLAGEM DE LÂMPADAS

No Brasil, os custos da reciclagem de lâmpadas são atribuições ou do Estado ou do agente gerador do resíduo. E embora se admita que a reciclagem de lâmpadas de pós-consumo seja um meio para obter ganhos em melhoria de imagem corporativa das organizações, redução de custos com o reaproveitamento de resíduos, redução das despesas na aquisição de matérias-primas recicladas mais baratas; é fundamental se admitir também que o valor econômico dos materiais reciclados é muito baixo, excetuando-se o mercúrio, o que torna o custo e/ou o investimento inicial elevados.

O custo da reciclagem de lâmpadas no Brasil, segundo Polanco 2007, apresenta variação entre R\$ 0,45 e R\$ 0,75 pela unidade da lâmpada inteira e R\$ 2,56 e R\$ 4,00 por quilo de lâmpada quebrada.

A Tabela 16 apresenta uma lista com as principais empresas brasileiras atuantes no setor de reciclagem, o valor cobrado por elas e o tipo de processo utilizado.

Tabela 16 - Processos e Custos de Reciclagem no Brasil

Empresa	UF	Processo	Capacidade lâmpadas / mês	Custo (sem transporte)	em R\$
				lâmpada	kg
Aplicum	SP	Fragmentação seca + recuperação térmica de Hg	400.000	0,70	-
Brasil Recicle	SC	Corte de terminais + separação de componentes	160.000	0,45	2,56
HG	M	Trituração e separação química		0,50	-
Descontaminação	G				
Mega Reciclagem	PR	Trituração e separação química	150.000	0,45 a 0,58	2,95
Naturalis	SP	Trituração no próprio cliente e disposição dos filtros contaminados em aterro de resíduos Classe 1	38.000	0,60	-
Recitec	M	Fragmentação seca + recuperação térmica de Hg	200.000	0,75	4,00
Sílex	SC	Fragmentação seca + recuperação térmica Hg, no próprio cliente	144.000	0,55 a 0,60	3,60 a 3,70
Tramppo	SP	Sopro + recuperação térmica Hg	120.000	0,50	-

Fonte: Polanco (2007).

Os valores expostos anteriormente não computam os custos com transporte, e que podem ser cobrado das seguintes formas:

- Empresas que não cobram o frete;
- Empresas que cobram o frete de acordo com a distância até o cliente;
- Ou, o custo do transporte ficar a cargo da contratante.

Os subprodutos gerados pela descontaminação de lâmpadas são basicamente: vidro, alumínio, pinos de latão e o mercúrio. Excetuando-se o mercúrio, que retorna a seu estado de pureza, sendo por isso o valor de revenda praticamente o mesmo, os demais subprodutos apresentam baixo valor agregado. Segundo, Sucatas.com (2011) e Sanches (2008), há uma pequena variação nos preços como se verifica na Tabela 17 abaixo.

Tabela 17 - Comercialização dos materiais resultantes da descontaminação de lâmpadas

Material reciclado	Comprador de material reciclado	Valor da compra aproximado (R\$ / kg)	Economia em relação à matéria-prima nova	Observação
Alumínio	Diversos	0,90	100%	Preço de sucata
Latão	Diversos	0,90	100%	Preço de sucata
Vidro	Indústria de Cerâmica	0,02 a 0,20	100%	Preço de sucata
Mercúrio	Indústria de Termômetros, barômetros, lâmpadas	400 a 1.020,00	Praticamente inexistente	Preço de matéria-prima nova

Fonte: Adaptado de Sanches (2008).

CAPÍTULO III - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O objetivo dessa etapa é apresentar os aspectos metodológicos adotados neste trabalho para atingir os objetivos propostos. Dessa forma, apresenta-se a caracterização da pesquisa, o cenário, as estratégias de estudo, tanto para a etapa de coleta de dados, quanto para a etapa análise de dados e de variáveis e instrumentos relacionados diretamente aos objetivos específicos.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O estabelecimento da metodologia é meio utilizado para se descrever os métodos e instrumentos necessários para se realizar uma pesquisa científica (GIL, 2002). Gil (2002) classifica três tipos de pesquisa quanto à sua natureza em exploratória, descritiva e explicativa, sendo as mais aplicáveis a este estudo as categorias exploratória e descritiva.

A primeira, exploratória, em função da reduzida quantidade de estudos voltados à aplicação da logística reversa de lâmpadas de iluminação pública, que funciona como elo de familiarização com o problema, possibilitando esclarecer sobre aspectos relevantes do objeto de estudo, bem como, reconstruir ou solidificar conceitos e idéias pré-estabelecidas. A pesquisa descritiva, por sua vez, encontra sua aplicação ao facilitar a compreensão das características do objeto de estudo, especialmente quando os fatos, observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, não sofrem interferência do pesquisador. A principal finalidade da pesquisa descritiva é “a descrição das principais características de determinada população ou fenômeno” ou o “estabelecimento de relações entre variáveis” (GIL, 1999, p. 44).

Objetivando investigar a logística reversa de lâmpadas de IP, o método de pesquisa adotado é o estudo de caso, facilmente aplicável para estudos de natureza exploratória, por permitir observar um fenômeno dentro do seu contexto real, aprofundando exhaustivamente a análise do objeto, portanto, propiciando a novas constatações, novas descobertas. Fora utilizada ainda aqui a pesquisa bibliográfica e documental, por serem entendidas como alternativas adequadas à natureza deste estudo.

A pesquisa de campo, por permitir o recolhimento e a análise de documentos a partir de agentes envolvidos no processo, também se revela como igualmente adequada ao estudo, por desvelar importantes informações sobre o problema, ou mesmo por apresentar novos

aspectos fenomenológicos entre o problema e o objeto de estudo (LAKATOS; MARCONI, 1986).

Quanto à abordagem, esta pesquisa pode ser classificada como qualitativa, por estar baseada na interpretação dos fenômenos e na atribuição de seus significados, evidenciando a existência de relação dinâmica entre a realidade e o pesquisador, e tendo como focos de abordagem, o processo e o seu significado (SIMÕES, 2002). Assim, mostra-se diferente da abordagem quantitativa por não se utilizar de métodos estatísticos para análise do problema, mas, fazendo-o a partir da compreensão detalhada dos significados e características da realidade.

3.2 CENÁRIO DA PESQUISA

Este trabalho foi desenvolvido junto à empresa Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará que atua nas áreas de projeto, construção, operação e manutenção de distribuição de energia elétrica de 183 municípios do Estado. A sua força de trabalho, atualmente, é da ordem de 8.000 pessoas, sendo 1.200 funcionários próprios e 6.800 colaboradores/parceiros.

A Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará, conta com o universo de 2,5 milhões de clientes, atendidos por mais de 95 mil quilômetros de linhas de distribuição e transmissão de energia elétrica. Apresentou em 2006 a venda de 6,9 mil Gwh de energia, gerando uma receita operacional bruta de 2,3 bilhões de reais (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO CEARÁ, 2008). Todo este sistema é gerido por esta empresa privada que atua a 40 anos no Estado do Ceará.

O Estado do Ceará conta atualmente com um parque com mais de 550.000 pontos de IP os quais 403.000 são geridos pela Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará, já que o município de Fortaleza fica a cargo de outra empresa. Para melhor gerenciamento a distribuidora de energia dividiu o Estado em 6 (seis) departamentos (não estando incluída nesta divisão a região metropolitana de Fortaleza).

O departamento estudado nesta pesquisa localiza-se no extremo sul do Estado do Ceará, inserido na micro-região denominada Cariri e seu entorno, região em notório crescimento econômico e populacional. Conta esta mesma região com 29 Municípios, habitados por população superior a novecentos e vinte mil pessoas (CENSO, 2010).

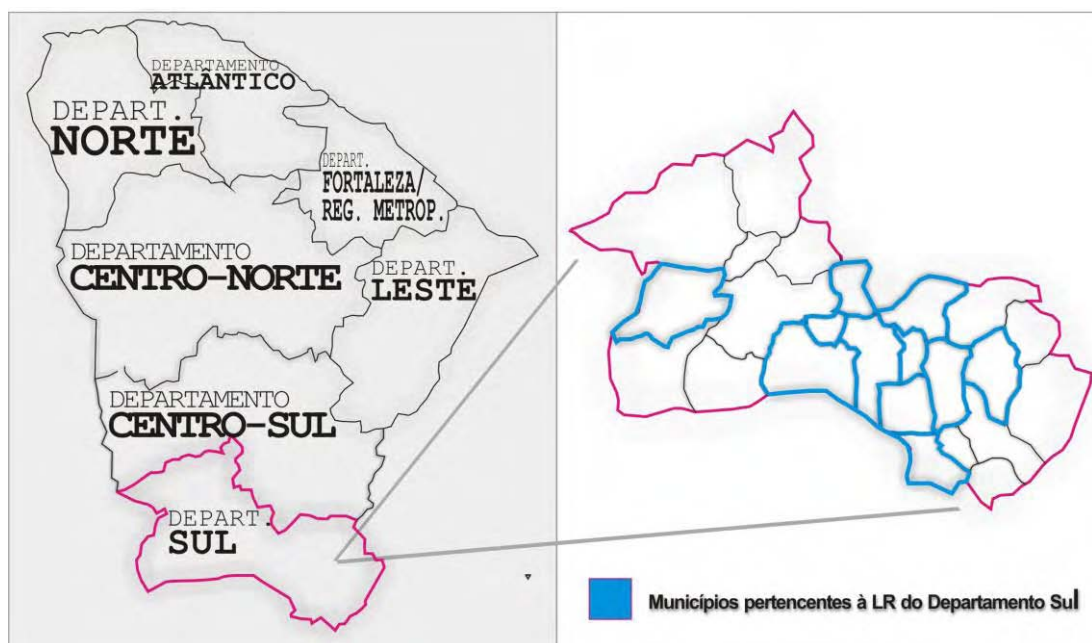
O quantitativo de pontos de IP presentes, atualmente, no Departamento Sul é de 53.652 unidades, dentre os quais apenas 37.875 pontos pertencentes a 11 municípios estão

inseridos dentro do sistema de logística reversa geridos pela Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará.

Os Municípios de Crato e Juazeiro do Norte são considerados sedes do Departamento Sul, absorvendo, no universo da iluminação pública, os serviços necessários ao funcionamento do sistema de cidades circunvizinhas que se encontram dentro do escopo de certificação da Distribuidora de Energia Elétrica, e, consequentemente do sistema de logística reversa.

É neste cenário (figura 28) que se investigou a logística reversa de lâmpadas de IP, já que se trata de uma região extremamente importante dentro do Estado do Ceará e que representa potencial em termos de melhoramento do sistema de IP e consequentemente do tratamento de lâmpadas, já que converge uma vasta região do seu entorno incluindo municípios de Estados vizinhos.

Figura 28 – Região estudada e concentração dos pontos de IP do sistema de LR

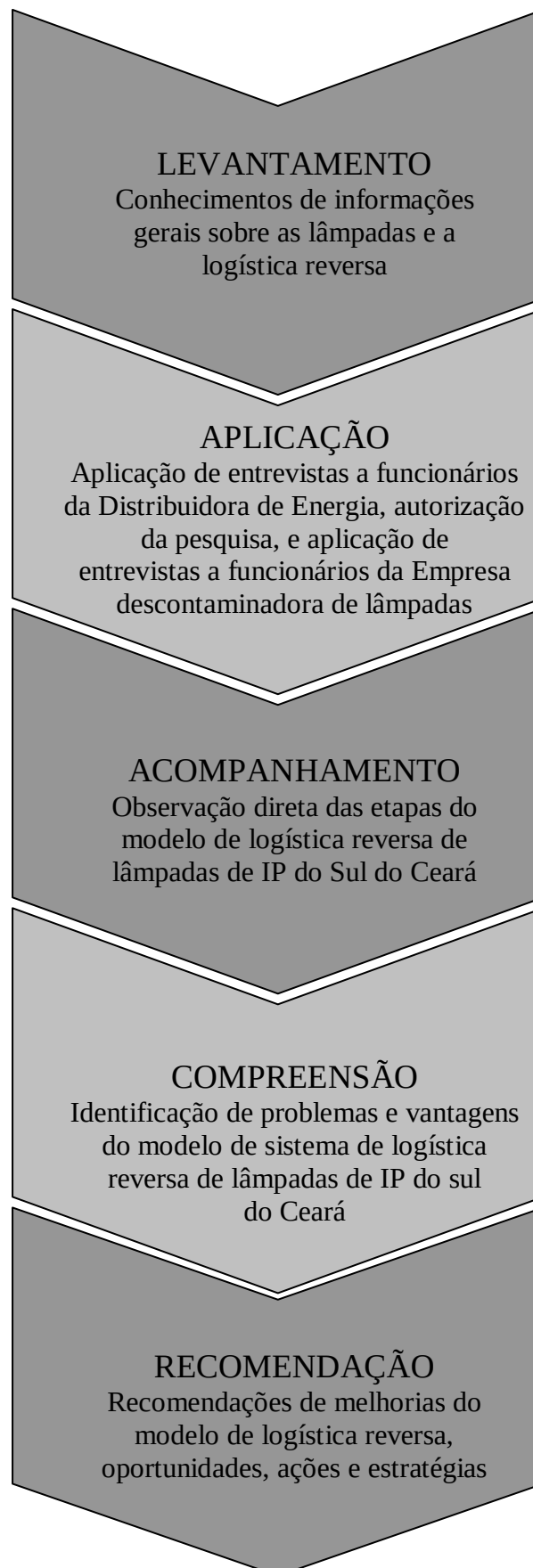


Fonte: Adaptado do mapa da Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará (2011).

3.3 ESTRATÉGIA DE ESTUDO E ETAPAS DA PESQUISA (ROTEIRO METODOLÓGICO)

Este item trata do direcionamento da pesquisa ou roteiro percorrido para se atingir os objetivos anteriormente definidos. Para tanto, dispôs-se das seguintes fases: levantamento, aplicação, acompanhamento, compreensão e difusão como mostra a Figura 29 a seguir.

Figura 29 - Direcionamento para o desenvolvimento da pesquisa ou roteiro percorrido



Fonte: pesquisa de campo, 2010.

A realização da pesquisa ocorreu de acordo com as seguintes etapas juntamente com as ferramentas utilizadas:

1ª Etapa – Levantamento - A primeira etapa compreendeu levantamentos de informações sobre cinco questões centrais: as soluções de IP, os impactos ambientais de lâmpadas pós-consumo, etapas e procedimentos de ciclo reverso de lâmpadas pós-consumo, as tecnologias de reciclagem e os custos envolvidos. Para isso fora realizada pesquisa bibliográfica, pesquisa em sítios da rede mundial de computadores, obtendo informações e experiências nacionais e internacionais; por vezes, através de contatos institucionais, por telefone ou e-mail, para que se concretizasse o levantamento de informações da realidade das empresas brasileiras no uso de tecnologias de descontaminação e reciclagem de lâmpadas.

2ª Etapa – Aplicação – Reunião e aplicação de entrevista a funcionários ocupantes de funções de gerência e coordenação da Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará, especialmente aqueles responsáveis pela área de responsabilidade social corporativa e meio ambiente, que, em reconhecendo a existência de sistema de logística reversa de lâmpadas e a relevância deste estudo, autorizaram a realização da pesquisa (Apêndice A). A execução da pesquisa propriamente dita se deu através de aplicação de entrevista semi estruturada a funcionário da Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará do Departamento Sul (Crato e Juazeiro do Norte), especialista na área específica, ocupante de coordenação, com o intuito de, através de suas informações, conhecer a dinâmica do processo de logística reversa e todas as suas etapas, os agentes envolvidos neste processo, a natureza do sistema de informação usado no controle e monitoramento; dados relativos a fornecedores, infra-estrutura, procedimentos, normas, os quantitativos de lâmpadas referentes a aquisição numérica de lâmpadas novas, quantidade de lâmpadas instaladas com suas respectivas potências e custos envolvidos (Apêndice B).

Os funcionários (três entrevistados) da Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará que ocupam estas funções apresentam experiência em suas funções, conferindo confiabilidade às informações que foram levantadas.

Foi dado prosseguimento a aplicação de entrevista semi estruturada da etapa subsequente, já no município de Fortaleza, realizada com funcionário de nível de coordenação da Distribuidora de Energia Elétrica (Apêndice B), complementando as informações das atividades/etapas do sistema de logística reversa.

À etapa final que confere a empresa que realiza o desmanche/descontaminação de lâmpadas de IP, utilizou-se também de entrevista semi estruturada com o intuito de complementar as informações relativas ao tratamento de lâmpadas propriamente dito, equipamentos utilizados, etapas do processo, tipos de materiais extraídos, vantagens e desvantagens, custos envolvidos, volumes, e destinação final dos materiais constituintes (Apêndice C).

De modo a facilitar a compreensão apresentam-se no Quadro 12, a seguir, os instrumentos utilizados de acordo com cada atividade realizada nesta etapa:

Quadro 12 - Instrumentos utilizados para cada atividade realizada na 2ª etapa da pesquisa

Atividades	Instrumentos de Pesquisa
Levantamento sobre a empresa	Entrevista semi estruturada, sítio da empresa, pesquisa documental
Levantamento dos agentes que atuam no sistema de logística reversa	Entrevista semi estruturada, observação direta
Levantamento das etapas do sistema de logística reversa de lâmpadas	Entrevista semi estruturada, observação direta, pesquisa documental, consulta a regulamentos internos
Levantamento dos quantitativos de lâmpadas do sistema de logística reversa	Entrevista semi estruturada, observação direta, pesquisa documental, consulta a regulamentos internos
Levantamento dos custos envolvidos no sistema de logística reversa de lâmpadas	Entrevista semi estruturada, observação direta, pesquisa documental
Levantamento do processo de tratamento de lâmpadas inservíveis de IP	Entrevista semi estruturada, pesquisa documental, consulta a regulamentos internos

3ª Etapa – Acompanhamento – A etapa de acompanhamento se desenvolveu através de observação direta (in loco) da execução das várias atividades/etapas externas do sistema de logística reversa relativas à coleta, armazenamento e transporte, além de consultas a documentos que incluem planos de atividades, relatórios, regulamentos internos e também diálogos com funcionários do nível de execução nas cidades de Crato e Juazeiro do Norte (Apêndice D). Neste momento, percebeu-se a necessidade de se realizar uma contagem de lâmpadas coletadas, enquanto amostra, fossem elas queimadas ou quebradas, de modo que fosse possível aferir a confiabilidade das informações fornecidas por funcionário, relativo ao quantitativo de lâmpadas coletas mensalmente (Apêndice E). O município escolhido para a contagem fora o município de Crato, por ser este o local de maior permanência do coordenador (departamento sul) das operações, consequentemente permitindo que o levantamento fosse realizado com mais precisão e confiabilidade. Essa coleta foi realizada nos

meses de janeiro, março, maio e junho de 2011, todos os dias, nos dois turnos de operações externas, e assim verificar a média de lâmpadas coletadas neste município por mês.

Foi dado prosseguimento à observação direta (in loco), no Município de Fortaleza e região metropolitana, da execução das atividades/etapas do sistema de logística reversa relativas a armazenamento e tratamento das lâmpadas no Centro Logístico Central (Apêndice D).

No Quadro 13 apresentam-se os instrumentos utilizados de acordo com cada etapa realizada no sistema logístico reverso:

Quadro 13 - Instrumentos utilizados para acompanhamento das etapas do sistema logístico reverso

Etapas do Sistema Logístico Reverso	Instrumentos de Pesquisa
Coleta de lâmpadas inservíveis no gerador de resíduo	Observação direta, registro iconográfico, verificação de preenchimento de relatórios
Transporte de lâmpadas para armazenamento temporário	Observação direta e registro iconográfico
Armazenamento de lâmpadas inservíveis	Observação direta, registro iconográfico, verificação de preenchimento de relatórios
Transporte de lâmpadas para Centro Logístico Central	Observação direta, registro iconográfico, verificação de preenchimento de relatórios
Tratamento de lâmpadas	Observação direta, registro iconográfico, entrevista semi estruturada

4ª Etapa – Compreensão - Nesta etapa foi realizada reflexão sobre o modelo de logística reversa utilizada no Estado do Ceará e consequentemente no Departamento Sul, com as recomendações de manuseio, movimentação, armazenamento e transporte, baseadas no manual da Eletrobrás (2004) e a partir do exemplo de logística reversa de lâmpadas fluorescentes utilizado por Sanches (2008). A partir daí foi possível estabelecer as vantagens do processo utilizado no Ceará, como também identificar problemas na execução das etapas do sistema de logística reversa de lâmpadas.

5ª Etapa – Recomendação - Na quinta etapa, as questões já analisadas em detalhe permitiram refletir e identificar a necessidade de indicar melhorias no sistema de logística reversa das lâmpadas de pós-consumo do Departamento Sul do Estado do Ceará, através da introdução de aspectos ambientais relevantes, revelando a existência de oportunidades de negócios, ações educativas, estratégias e relevância da utilização do sistema de logística reversa de lâmpadas de IP.

O Quadro 14, a seguir, mostra os instrumentos de reflexão dos resultados obtidos permitindo identificar recomendações a cerca do modelo de logística reversa de lâmpadas de IP utilizado no Estado do Ceará:

Quadro 14 - Instrumentos utilizados para reflexões e recomendações realizadas na 5ª etapa da pesquisa

Reflexões/Recomendações	Instrumentos de Pesquisa
Recomendações para melhoria do sistema de logística reversa de lâmpadas inservíveis	Contato Institucional Contato no meio acadêmico e na rede mundial de computadores Pesquisa Bibliográfica
Facilidades e dificuldades da implantação do sistema de logística reversa	Contato no meio acadêmico e na rede mundial de computadores
Resistências	Contato na rede mundial de computadores
Oportunidades de negócio na implantação/ampliação do sistema de logística reversa	Contato Institucional Contato no meio acadêmico e na rede mundial de computadores
Ações educativas para instituições e sociedade	Contato Institucional Contato no meio acadêmico e na rede mundial de computadores
Estratégias para aceitação e convencimento da utilização e relevância do sistema de logística reversa	Contato Institucional Contato no meio acadêmico e na rede mundial de computadores

3.4 VARIÁVEIS E INSTRUMENTOS DE PESQUISA

As variáveis e instrumentos da pesquisa foram identificados e elaborados a partir das necessidades reconhecidas nos objetivos específicos e ao longo do desenvolvimento de outras etapas da pesquisa.

A seguir, o Quadro 15 relaciona os objetivos específicos com os instrumentos e as variáveis utilizadas no estudo, de modo que haja um estreitamento no reconhecimento da ligação indissociável entre estas partes.

Quadro 15 - Lista de objetivos específicos relacionados com os instrumentos e variáveis

Objetivos Específicos	Instrumentos	Variáveis
1-Identificar as tendências de soluções de lâmpadas de IP	- Pesquisa Bibliográfica - Pesquisa em sítios na rede mundial de computadores	- Tipos de lâmpadas utilizadas - Características das lâmpadas - Quantitativos de lâmpadas - Fatores econômicos
2-Identificar os impactos ambientais das lâmpadas inservíveis	- Pesquisa Bibliográfica - Pesquisa em sítios na rede mundial de computadores	- Quantidades de mercúrio - Questões ambientais - Formas de absorção (mercúrio) - Doenças causadas ao homem
3-Identificar as tecnologias de tratamento de lâmpadas inservíveis adotadas pelas empresas e os custos envolvidos	- Pesquisa Bibliográfica - Pesquisa em sítios na rede mundial de computadores - Contatos Institucionais - Entrevistas semi estruturadas	- Empresas envolvidas - Tipos de processos - Tipo de maquinário - Quantidades de lâmpadas processadas - Tempos de processamento - Quantitativo de sobras de subprodutos - Custos de transporte - Custos de tratamento - Valores de venda
4-Identificar os agentes logísticos do ciclo reverso das lâmpadas inservíveis	- Pesquisa Bibliográfica - Pesquisa Documental - Pesquisa em sítios na rede mundial de computadores - Observação Direta	- Profissionais envolvidos - Regulamentos internos - Uso de EPI's - Registros de atividades - Registros de quantitativos
5-Verificar a realidade da logística reversa praticada no departamento sul do Estado do Ceará	- Contato Institucional - Pesquisa Documental - Consulta a Regulamentos Interno - Observação Direta - Entrevistas semi estruturadas	- Etapas da logística reversa - Regulamentos Internos - Quantidade de lâmpadas coletadas - Quantidade de lâmpadas tratadas - Reciclagem dos subprodutos - Custos de tratamento - Identificação de problemas na coleta, armazenagem e transporte - Identificação de problemas no tratamento das lâmpadas - Vantagens deste sistema de LR
6-Analisar e identificar oportunidades de melhoria no modelo de logística reversa pós-consumo das lâmpadas de iluminação pública do sul cearense	- Rede mundial de computadores - Contato Institucional - Pesquisa Bibliográfica	- Recomendações para melhoria do sistema de logística reversa - Facilidades e dificuldades da implantação do sistema de logística reversa - Resistências - Oportunidades de negócio na implantação/ampliação do sistema de logística reversa - Ações educativas - Estratégias para aceitação e convencimento da utilização e relevância do sistema de logística reversa

CAPÍTULO IV - RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES DA PESQUISA

4.1 ESTUDO DE CASO – A EMPRESA

A Distribuidora de Energia Elétrica do Estado do Ceará é uma empresa multinacional que atua, há aproximados quarenta anos, nas áreas de projeto, construção, operação e manutenção da rede de distribuição elétrica do Estado do Ceará. Na iluminação pública, gerencia o clareamento artificial de vias, independentemente da posição que ocupe na hierarquização do sistema viário, excetuando-se os canteiros centrais e equipamentos urbanos como praças e monumentos, sujeitos à estrita atuação das gestões municipais.

A empresa gerencia a prestação de seus serviços no Estado do Ceará dividindo-o em seis departamentos situados em regiões geográficas distintas, tendo em cada departamento um município/sede, a saber: Itapipoca (Departamento Atlântico), Sobral (Departamento Norte), Canindé (Departamento Centro-Norte), Limoeiro do Norte (Departamento Leste), Iguatu (Departamento Centro-Sul), Juazeiro do Norte (Departamento Sul) e a sede em Fortaleza, que conta ainda com o parque da área metropolitana (Caucaia, Cascavel, Baturité, Horizonte e Maracanaú), como mostra a Figura 30. Sendo o Departamento Sul o analisado nessa pesquisa.

O Estado do Ceará conta com um parque de iluminação pública com mais de 550.000 pontos, sendo 133.805 destes pontos, referentes ao Município de Fortaleza, todos gerenciados pela própria prefeitura municipal; e outros aproximados 404.000 pontos gerenciados pela Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará (Tabela 18), englobando os outros municípios da Região Metropolitana de Fortaleza e demais departamentos do sistema. É importante que se reforce que estes números não abarcam os pontos de iluminação de canteiros centrais, praças e monumentos de todos os municípios geridos pelas próprias municipalidades. Estes números demonstram o potencial poluidor que estes resíduos ainda podem representar.

Figura 30 – Distribuição dos departamentos no Estado do Ceará

Fonte: Adaptado do mapa da Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará, 2011.

Tabela 18 - Quantitativo de pontos de IP dos Departamentos do Estado do Ceará

Departamentos	Pontos de Iluminação
Região Metropolitana de Fortaleza	116.787
Departamento Atlântico (Itapipoca)	40.256
Departamento Norte (Sobral)	59.386
Departamento Centro-Norte (Canindé)	50.322
Departamento Leste (Limoeiro do Norte)	43.447
Departamento Centro-Sul (Iguatu)	39.787
Departamento Sul (Juazeiro do Norte)	53.652
Total	403.637

Fonte: Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará (2011).

Em 2006, a Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará recebeu a certificação, ISO 14001, pela empresa certificadora Bureau Veritas, passando a gerenciar os resíduos de pós-consumo da iluminação pública.

Contudo, a certificação ainda não atinge todos os departamentos do Estado e conseqüentemente, não atinge também todos os municípios. O Departamento Atlântico (Itapipoca) e o Departamento Leste (Limoeiro do Norte) não se encontram, até o momento, certificados, ficando fora do escopo aproximadamente 83.703 pontos de IP.

Além do manejo de lâmpadas de pós-consumo da iluminação pública, a empresa desenvolve outras ações de cunho sócio-ambiental: coleta seletiva, óleo ecológico, escola caminhos eficientes, luz solidária, troca eficiente de geladeiras, efficientização energética de prédios públicos, entre outros.

Assim, a Logística Reversa de lâmpadas de descarga realizada pela Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará, atua em quatro Departamentos (Norte, Centro-Norte, Centro-Sul e Sul) e a região metropolitana de Fortaleza, atingindo uma média de 319.934 pontos de IP.

O Departamento Sul é composto por 29 cidades computando um total de 53.652 pontos de IP geridos pela Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará (Tabela 19).

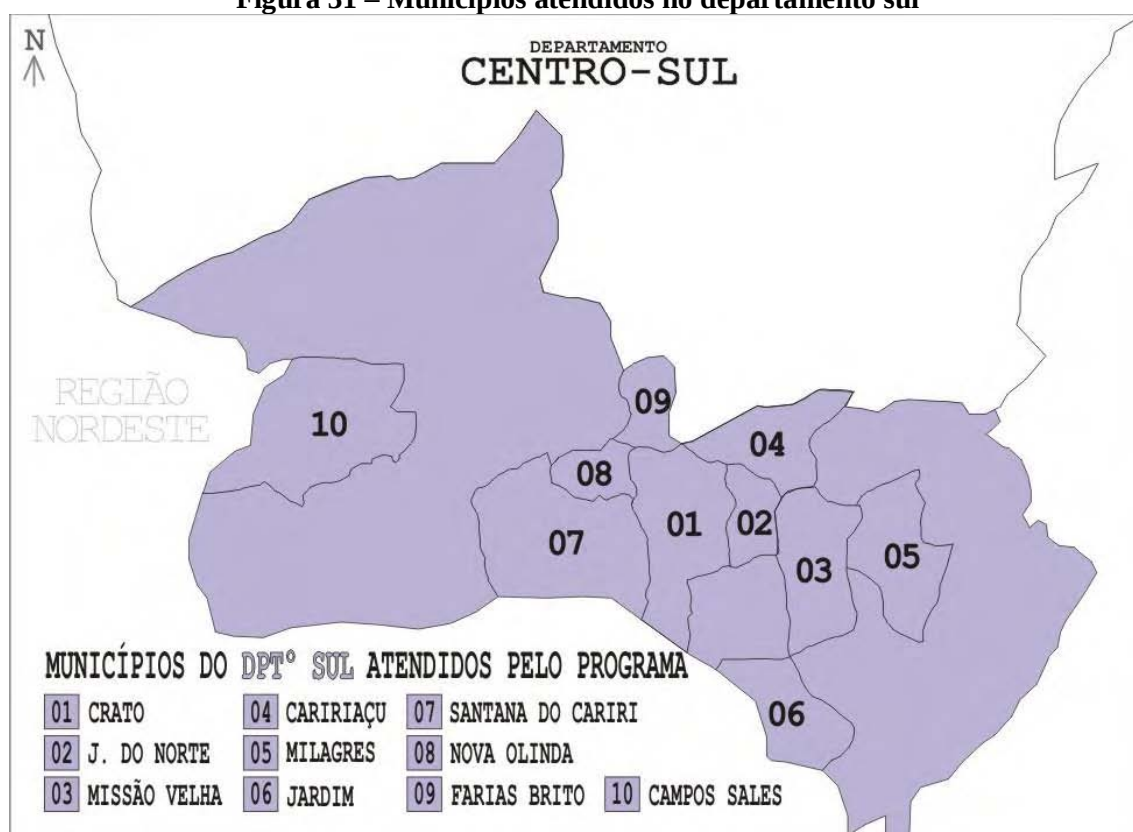
Tabela 19 - Quantitativo de pontos de IP do Departamento Sul

Municípios do Departamento Sul	Pontos de Iluminação
AURORA	1.055
GRANGEIRO	267
ABAIARA	426
AIUABA	721
ALTANEIRA	394
ANTONINA DO NORTE	558
ARARIPE	905
ASSARE	1.508
BARBALHA	3.229
BARRO	1.228
BREJO SANTO	2.796
CAMPOS SALES	2.215
CARIRIACU	1.374
CRATO	8.815
FARIAS BRITO	1.198
JARDIM	932
JATI	447
JUAZEIRO DO NORTE	15.297
MAURITI	1.901
MILAGRES	1.058
MISSAO VELHA	1.519
NOVA OLINDA	1.127
PENAFORTE	505
PORTEIRAS	690
POTENGI	501
SABOEIRO	709
SALITRE	686
SANTANA DO CARIRI	1.111
TARRAFAS	480
TOTAL	53.652

Fonte: Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará, 2011.

No Departamento Sul (ver Figura 31) as cidades que recebem lâmpadas de pós-consumo são Crato, que acolhe lâmpadas dos Municípios de Nova Olinda, Farias Brito, Santana do Cariri, Campos Sales; e Juazeiro do Norte, que recebe lâmpadas de Barbalha, Jardim, Caririacú, Missão Velha, Milagres.

Figura 31 – Municípios atendidos no departamento sul



Fonte: Adaptado do mapa da Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará, 2011.

Observa-se que apenas onze das vinte e nove cidades que compõem o Departamento Sul se encontram dentro do escopo da certificação, e, conseqüentemente, do gerenciamento das lâmpadas de pós-consumo, ou seja, 37.875 pontos de IP ou 70,6% do total do Departamento Sul, restando praticamente 30% de lâmpadas sem o devido tratamento, um número bastante expressivo.

4.2 A EMPRESA E AS LÂMPADAS

A aquisição de lâmpadas novas, pela companhia, só ocorre a partir de empresas que estejam certificadas. Essa aquisição é feita em grande quantidade e o recebimento é fracionado, de acordo com a necessidade. A quantidade de lâmpadas enviadas para os municípios de Juazeiro do Norte-CE e Crato-CE, por exemplo, cidades que administram as

lâmpadas de pós-consumo do departamento Sul, é da ordem de 300 lâmpadas por mês, sendo que estas lâmpadas são estocadas para atender à necessidade de troca de unidades queimadas ou danificadas.

As lâmpadas vapor de sódio, predominantemente utilizadas na IP, por exemplo, possuem vida útil de 24000h a 28000h, segundo os principais fabricantes, ficando acesas 12 horas diariamente, normalmente das seis horas da noite às seis horas da manhã, utilizando para isso o sistema fotoelétrico, que apaga e acende as luzes de acordo com a incidência da luz do sol.

Dessa forma, a vida útil destas lâmpadas, quando convertidas de horas para anos, seria de aproximados seis anos consecutivos sem que haja necessidade de reposição. Fatores como ventos fortes, sobrecarga na rede e problema em reatores, por exemplo, podem provocar a necessidade de reposição precoce destas lâmpadas. Para que seja efetuada a troca das lâmpadas queimadas a empresa utiliza, freqüentemente, as reclamações oriundas de munícipes, podendo efetuar a troca em até 24 horas.

A cidade do Crato, por exemplo, conta com aproximados 9.000 pontos de Iluminação Pública, sendo necessárias, em média, que se façam 50 reposições de lâmpadas a cada mês, sendo perceptível, entretanto, acréscimo na necessidade de trocas no quarto trimestre de cada ano, devido à proximidade das festas de fim de ano, segundo funcionário da Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará. No Município de Juazeiro do Norte são trocadas mensalmente, em média, 80 lâmpadas. Para que se conclua o cálculo do total de lâmpadas de pós-consumo armazenadas nestes dois municípios deve ser somado o volume de lâmpadas recebidas das demais cidades, que totalizam em média 150 unidades anuais, cada uma delas.

O montante de lâmpadas pós-consumo acolhidas no departamento sul aproxima-se de 2800 unidades anuais, transportadas semestral ou anualmente para a sede (Fortaleza) em lotes de cerca de 1500 lâmpadas.

A descontaminação de lâmpadas vem sendo realizadas pela Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará desde 2006, ano que recebeu a certificação ISO 14001. De 2006 a 2010 esse total é de 82.455 lâmpadas fluorescentes e de descarga descontaminadas, como mostra a Tabela 20 abaixo.

Tabela 20 - Controle da descontaminação de lâmpadas realizadas pela Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará

Período	Empresa	Nº de Lâmpadas	Total
2006	Aplicum	20.082	
Dez/2007	Climatech	11.818	
Abr/2009	Naturalis Brasil	48.680	
Dez/2010	Climatech	1.875	
			82.455

Fonte: Distribuidora de Energia do Ceará, 2010.

No ano de 2009 foram descontaminadas 48680 lâmpadas no estado do Ceará, incluindo neste montante, também, as lâmpadas coletadas no ano anterior (2008). Entre os tipos de lâmpadas, 16240 (33,4%) eram lâmpadas fluorescentes, utilizadas no interior das instalações da empresa, e 32440 (66,6%) lâmpadas de descarga, com predominância de vapor de sódio. Sendo a participação do departamento sul, foco central deste trabalho, em torno de 12% (computando-se os dois anos de coleta) do total das lâmpadas descontaminadas.

Segundo a ABILUX (2001), uma lâmpada vapor de sódio carrega consigo a quantidade média de 0,019g de mercúrio, para aquelas com potências de 70 a 1000W. Já a lâmpada fluorescente tubular, com potências de 15 a 110W, contém, segundo Zanicheli *et al* (2004), 0,015g de mercúrio.

Dessa forma, a ação de descontaminação realizada pela Distribuidora de Energia do Estado do Ceará em 2009 evitou que mais de 800g de mercúrio deixassem de ser lançado no meio ambiente. No entanto, esse processo ainda se encontra em evolução, já que nem todas as cidades do Estado estão cobertas por esse serviço em decorrência de não estarem incluídas na certificação da ISO 14001 da empresa.

No primeiro semestre de 2011 fora constatada uma redução na média de lâmpadas inservíveis coletadas no município de Crato, passando a aproximadas 23 lâmpadas ao mês, como mostra a tabela 21, abaixo. Assim, em função da variação do número de lâmpadas inservíveis, o Departamento Sul só envia as lâmpadas para o Centro Logístico, na região metropolitana de Fortaleza, a aproximados 540km de Juazeiro do Norte; quando se constata a viabilidade econômica deste transporte: é considerado viável o transporte, quando o valor para cada 400km atinge a cifra de R\$ 1.120,00, uma meta atingida com a disposição da quantidade de 1.500 unidades por viagem. Fica estabelecido, portanto, o valor aproximado de R\$ 0,75 para cada unidade transportada, podendo ser acrescidos R\$ 250,00 no valor do transporte para cada 100 km que possam ser acrescidos à distância percorrida, tudo isso para o transporte das

mesmas 1.500 unidades. Totalizando, dessa forma, o valor de R\$ 1.620,00 para 1.500 lâmpadas transportadas do Departamento Sul ao Centro Logístico Central.

Estes valores preestabelecidos para o transporte de lâmpadas, mostrados anteriormente, foram emitidos em 2011 por empresa habilitada, caracterizando investimento realizado pela própria Distribuidora de Energia Elétrica.

Tabela 21 - Quantitativo de lâmpadas coletadas no município de Crato em 2011

CRATO				
Mês	Lâmpada Queimada	Lâmpada Quebrada	Total de lâmpadas coletadas	Reator
JAN	49	38	87	21
MAR	22	15	37	11
MAIO	8	5	13	4
JUN	11	7	18	9
TOTAL	90	65	155	45
MÉDIA	22.5	16.25	38.75	11.25

Fonte: Pesquisa de campo realizada no município de Crato de janeiro a junho de 2011.

Verificou-se também que a porcentagem de 42% do total de lâmpadas coletadas, que se refere às lâmpadas quebradas, é bastante representativo, especialmente quando se considera que esta quantidade de lâmpadas venha sendo destruída pela banalizada prática da depredação do patrimônio público, sendo que em outros casos, esta ação de danificar a IP representa um investimento fundamental para a melhoria de condições para a prática de crimes e delitos nos espaços de uso público nas cidades brasileiras.

Neste cenário urbano resultante também de padrões anômalos de comportamento sociocultural é que a os prejuízos físicos e financeiros à IP se confundem e desdobram em prejuízos ao ambiente, à saúde pública, à segurança, à viabilização do habitat urbano, enfim. E, embora todas estas dimensões de prejuízos oriundos da quebra de lâmpadas sejam relevantes, é possível que se deva considerar que o mais relevante dos prejuízos imediatos seja o dano a saúde humana, pelo simples contato com o mercúrio contido em ampolas nas lâmpadas, seja por via respiratória, ao inalar o vapor de mercúrio, por via cutânea ao manusear inadequadamente a lâmpada, ou por ingestão, através da cadeia alimentar se uma quantidade significativa contaminar cursos d'água.

Embora a coleta das lâmpadas queimadas represente um valor superior em relação às lâmpadas quebradas, ou seja, 58% do total de lâmpadas coletadas, esse número apresenta de alguma forma uma deficiência neste serviço de coleta, pois o montante relativo ao escape de mercúrio para a atmosfera ocasionado pelas lâmpadas quebradas e sua consequente

impossibilidade de reciclagem é quase equiparada ao que pode ser encaminhado para tratamento, ou seja, um número mais representativo de lâmpadas queimadas poderiam estar gerando menos impacto ao meio ambiente, como também gerando mais oportunidade de negócios na realização do tratamento de lâmpadas e comercialização dos seus subprodutos.

4.3 LOGÍSTICA REVERSA DAS LÂMPADAS NO SUL DO CEARÁ

A lei federal sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), publicada em 2010, como dito anteriormente, definiu que na logística reversa, todos os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e cidadãos têm responsabilidade compartilhada na correta destinação do produto adquirido. No entanto, segundo o MMA apenas no segundo semestre de 2012 o país experimentará uma nova forma de lidar com determinados tipos de resíduos, incluindo neste contexto as lâmpadas que contém mercúrio. Serão fixadas regras, determinadas pelo Governo federal, para o descarte desses resíduos que estão incluídos em cinco grupos: eletroeletrônicos; remédios; embalagens; resíduos e embalagens de óleos lubrificantes; e lâmpadas fluorescentes, vapor de sódio, mercúrio e de luz mista.

Em maio de 2011 foram instalados cinco grupos de trabalho, de acordo com cada tipo de resíduos, para discutir e definir quais os tipos de produtos de cada cadeia e os tipos de resíduos que serão submetidos à logística reversa e implementá-la. A idéia é definir um modelo, orientando o cidadão sobre como ele fará a disposição de seu resíduo para que ele possa ser devolvido ao seu ciclo de vida.

Dessa forma, os fabricantes de lâmpadas ainda não estão obrigados a implantar sistemas de LR no Brasil. No caso da Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará, que já realiza essa ação desde 2006, como será descrito a seguir, a motivação foi a da implantação do Sistema de Gestão Ambiental nos padrões da ISO 14001.

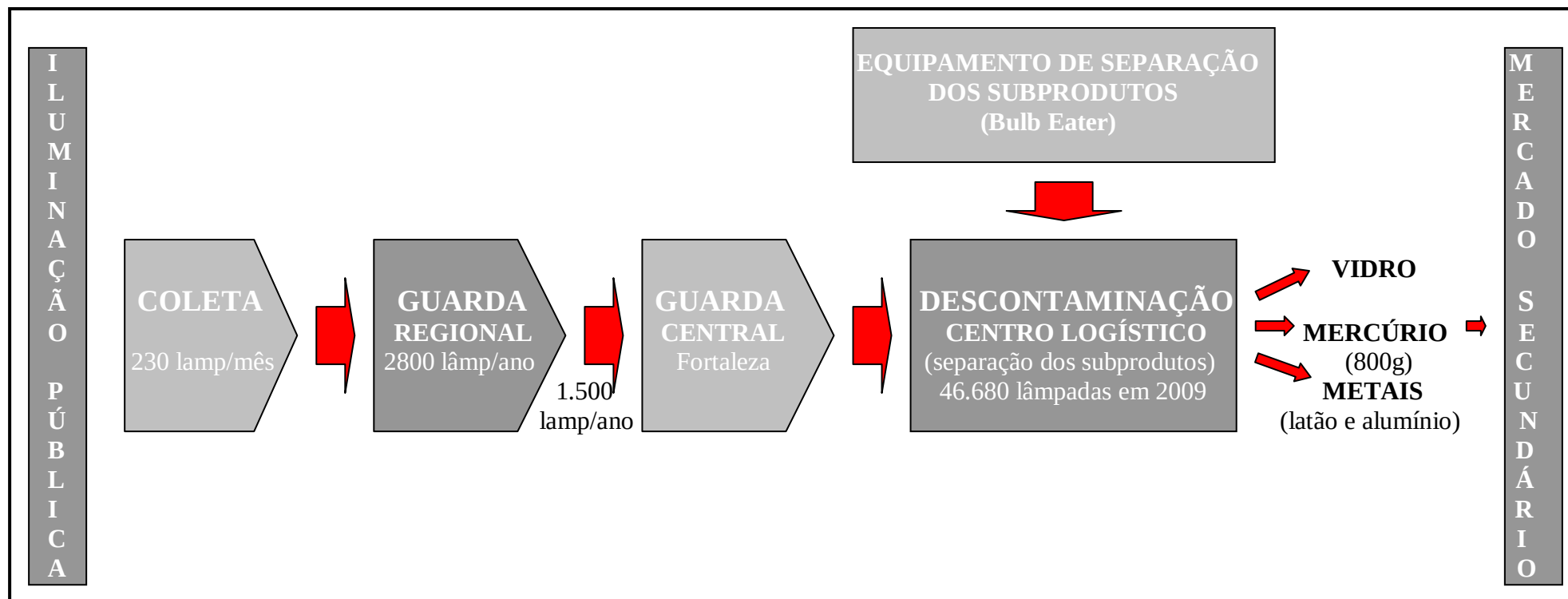
Para que se atinja a meta de erradicar a contaminação pelo mercúrio contido em lâmpadas utilizadas na iluminação pública, é necessário que se alcance a excelência em todas as etapas que compõem o processo de logística reversa: coleta de lâmpadas queimadas nas vias, manuseio, movimentação, armazenamento e transporte na geradora do resíduo e o manuseio, movimentação e armazenamento na central de descontaminação.

O cumprimento das etapas da Logística Reversa das lâmpadas de IP do Departamento Sul do Ceará envolvem a coleta no gerador de resíduo (municípios pertencentes ao programa de LR do departamento sul), que responde por aproximadas 230 lâmpadas/mês; o transporte das lâmpadas queimadas coletadas nas vias públicas para os

municípios pólos de Juazeiro do Norte e Crato; a custódia provisória nestes mesmos municípios, num montante que se aproxima de 2.800 lâmpadas/ano; o transporte destas lâmpadas para o Centro Logístico de Maracanaú (Zona Metropolitana de Fortaleza), um volume de 1.500 lâmpadas/ano; a guarda central das lâmpadas de todos os departamentos do Estado que se encontram dentro do escopo de LR da empresa neste mesmo Centro Logístico.

Na sequência das etapas, a prática da descontaminação das lâmpadas (fluorescentes e de descarga), que em 2009 foi da ordem de 46.680 unidades, através da separação de materiais, com equipamentos específicos deslocados periodicamente para o Centro Logístico (Bulb Eater); o encaminhamento dos subprodutos (vidro e metal) para aterro sanitário; e a recuperação do mercúrio para reutilização, que na descontaminação ocorrida em 2009, por exemplo, fora de aproximados 800g, como mostra a Figura 32, a seguir.

Figura 32 – Fluxo reverso das lâmpadas de IP



Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

Na Distribuidora de Energia Elétrica do Estado do Ceará seguem-se rigorosamente os procedimentos internos nas várias etapas que compõem o processo de logística reversa das lâmpadas de pós-consumo, evitando o impacto ambiental causado pelo lançamento do mercúrio das lâmpadas quebradas no meio ambiente. Conforme a seguir será descrito.

4.3.1 Coleta nas vias públicas

A partir de alertas, quase sempre emitidos por municípios sob a forma de reclamações, a equipe de plantão, dentro da sua programação se dirige ao local indicado, efetuando a troca da lâmpada. No local, o eletricista chefe comunica ao centro de operação, pelo rádio, que efetuará a manutenção.

Após uma análise prévia do local o eletricista chefe preenche um formulário de Análise Preliminar de Risco (APR) e em seguida isola o local com cones de sinalização, como mostram as Figuras 33 e 34. A equipe, composta por dois eletricistas, um executante, chefe da tarefa, e um auxiliar veste, invariavelmente, seus equipamentos de proteção individual e efetua a tarefa.

Figura 33 – Formulário Análise Preliminar de Risco (APR)

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS

N° DOC: 2010-653303 DATA: 09/11 HSC: 07:57

ASSINATURA: J. Silva

☒ Equipe em condições físicas e psicológicas

☒ Equipe conhece e aplica o saber viver

QUAIS OS PERIGOS IDENTIFICADOS?

☐ Tráfego de veículos ou de terceiros.

☐ Dificuldade de acesso ao local do serviço.

☐ Local com cães, abelhas, insetos ou peçonhentos.

☐ Visibilidade ou espaço insuficiente p/ serviço.

☒ Queda de ferramentas e materiais.

☐ Proximidade a outros circuitos energizados.

☐ Falhas de equipamentos ao serem operados.

☐ Condições do tempo (chuva, raios, ventos, etc).

☐ Existência de grupo gerador de terceiros.

☐ Desligamento ou manobra errada.

☐ Poste ou estrutura em más condições.

☐ Utilização de material explosivo.

☐ Erro no planejamento, método ou procedimento.

☐ Ameaças de terceiros.

☒ Queda.

☒ Choque Elétrico.

☒ Fragmentos nos olhos.

☐ Material cortante.

QUE MEDIDAS DEVEM SER ADOTADAS?

☒ Utilizar Roupa Retardante a chama;

Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

Figura 34 - Isolamento do local com cones



Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

Em função da complexidade e especificidade da tarefa são acrescentados outros equipamentos de proteção individual, sendo que cotidianamente são utilizados roupa anti-chama, calçado de segurança, luvas, cinturão contra quedas, óculos de proteção, mangas isolantes e refletivo do uniforme.

O documento interno utilizado pela empresa e que trata da gestão de resíduos de atividades de manutenção é o NTA-16/2010. A lâmpada queimada é retirada e enviada ao eletricitista auxiliar através do balde de içar material que a acondiciona na embalagem original da lâmpada nova que a substituiu, evitando a quebra da lâmpada durante o transporte para o pólo de guarda regional, como mostra a Figura 35. É efetuado ainda o teste da lâmpada nova, no momento exato da troca (Figura 36).

Figura 35 – Retirada da lâmpada nova da embalagem original que será utilizada para acondicionar a lâmpada queimada



Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

Figura 36 – Lâmpada queimada acondicionada na embalagem original e teste da lâmpada nova



Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

A lâmpada removida é acondicionada no tambor de metal na viatura e encaminhada para a subestação (depósito temporário), local onde se armazenam as lâmpadas de pós-consumo (Crato e Juazeiro do Norte), como mostra a Figura 37 abaixo. Em caso de quebra acidental da lâmpada, o local é limpo, e se utiliza dispositivo para aspiração, quando possível, sendo os materiais cortantes manipulados com o uso de EPI's, evitando o risco de ocorrência de ferimentos. Todo o resíduo inutilizado é acondicionado em embalagens identificadas.

Figura 37 – Lâmpada acondicionada no tambor de metal



Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

Após a realização do procedimento de manutenção, baseado no documento interno da empresa, o PEX 006/2010 (Procedimento de execução de instalação e manutenção do sistema de iluminação pública), o eletricitista executor procede a conferência da lista da atividade, que é uma planilha de inspeção indicativa do cumprimento de todas as etapas de segurança.

No acompanhamento desta etapa da coleta de lâmpadas fora identificada uma importante falha: a existência de único recipiente para acondicionar e transportar para o local de guarda provisória as lâmpadas queimadas, quebradas e os reatores.

Esta falha implica em inevitável retrabalho para garantir que lâmpadas e reatores sejam separados, aumentando, portanto, as possibilidades de risco pela necessidade de recolocar novamente uma pessoa em contato com estes materiais, que são, no mínimo, cortantes.

4.3.2 Movimentação e Armazenagem das lâmpadas na subestação

O depósito temporário da cidade do Crato-CE se localiza na subestação do município. Ao final do turno da equipe de manutenção, que se estende das 07h00min às 16h00min ou das 17h00min às 23h00min, a viatura se desloca à subestação para armazenar as lâmpadas descartadas. Para que se controle o processo de gestão de resíduos, é preenchido um documento de entrada de lâmpadas e demais resíduos no depósito temporário, RICA - 01/01 (Ficha de gestão interna de resíduos e controle ambiental) registrando o tipo (orgânico, resíduo reciclável, sucata elétrica reciclável e perigosos), o resíduo propriamente dito (lâmpadas, plástico, papel, metal, vidro, sucata de cobre, alumínio, etc.) e sua quantidade, como mostra a Figura 38.

Figura 38 – Ficha de gestão interna de resíduos e controle ambiental



Usual - OF LL - Tigrada

- RICA -
(REGISTRO DE
CONTROLE
AMBIENTAL)



FORMULÁRIO GERADO POR
OBSERVADOR

RICA 01/01
Fichas de Gestão Interna de Resíduos

Área geradora: Município CRATO Transportador: COSANIPA
Responsável: POLIO XAVIER Placa do veículo: _____
Data: 11.11.2010 Destinatário: SE CRATO

Tipo	Resíduo Gerado	Unidade	Quantidade
ORGÂNICO	Orgânicos	kg	
	Plásticos	kg	
RESÍDUOS RECICLÁVEIS	Papel	kg	
	Papelão	kg	
	Metal	kg	
	Madeira	kg	
	Vidro	kg	
	Sucata de Concreto	kg	
SUCATA ELÉTRICA RECICLÁVEL	Sucata de alumínio	kg	
	Sucata de cobre	kg	
	Sucata de transformadores	kg	
	Sucata de cabos	kg	
	Sucata de Eletrônicos	kg	2 Restos
PERIGOSOS	Lâmpadas	Unidade	4
	Pilhas e baterias	kg	
	Caruchos e toners	kg	
	Outros materiais contaminados	kg	

Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

Os resíduos são armazenados em local restrito e identificados de acordo com o tipo de resíduo sendo armazenados separadamente e identificados como resíduos perigosos, por funcionário habilitado, devidamente equipado com EPI's (Figura 39),

Figura 39 – Armazenamento de lâmpadas em local restrito



Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

O documento interno de controle de resíduos sólidos da empresa, ICA - 01/2010, classifica as lâmpadas de descarga queimadas com a cor laranja (perigoso classe I), acondicionando e armazenando temporariamente em caixas de papelão em área coberta e com restrição de acesso; cuja destinação final é a descontaminação/reciclagem (Figura 40).

Figura 40 – Acondicionamento em caixas de papelão para armazenamento temporário



Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

Durante os procedimentos realizados para o armazenamento temporário das lâmpadas inservíveis fora identificada uma deficiência: as caixas de papelão não eram o tipo de recipiente adequado para acondicionar as lâmpadas inservíveis, por permitir o vazamento de vapor de mercúrio no caso de quebra, e por não apresentarem boa resistência ao manuseio e ao empilhamento. Além disso, embora estes recipientes sejam acondicionados em área coberta, seca e ventilada, não existe o uso de bases de concreto, estrados ou paletes que impeçam a infiltração de substâncias no solo e daí em águas subterrâneas.

Outra ineficiência constatada fora a frequência reduzida do transporte de lâmpadas para o Centro Logístico, desencadeando o aumento do volume de lâmpadas, inadequadamente estocadas nas caixas de papelão citadas no parágrafo anterior, cenário que potencializa riscos de acidente/quebra de lâmpadas.

Fora constatado também o subdimensionamento do espaço destinado ao acondicionamento das lâmpadas, não comportando devidamente a quantidade de lâmpadas inservíveis que chegam à subestação; uma consequência direta da frequência reduzida no transporte.

Toda a atividade de planejamento do sistema de coleta, transporte, armazenamento e tratamento de lâmpadas, ou seja, de todo o sistema, torna-se especialmente mais comprometida, entretanto, pela constatação de outra deficiência: o cumprimento inadequado da etapa de registro de lâmpadas coletadas nas vias públicas e que adentram o setor de

armazenamento, sem que seu registro seja realizado com frequência nos dois turnos de trabalho (diurno e noturno). Esta falha desencadeia a dificuldade de quantificar as lâmpadas queimadas, quebradas coletadas nas vias públicas e assim planejar, dimensionar e justificar a necessidade de futuros programas de descontaminação de lâmpadas no próprio Departamento Sul.

4.3.3 Coleta e Transporte

Na área de armazenamento temporário, existe acesso para carga e descarga do veículo, reduzindo o trajeto e os riscos de acidente no caminho entre a área de armazenagem e o veículo. Aproximadamente 2.900 lâmpadas pós-consumo armazenadas nas cidades de Crato e Juazeiro do Norte são enviadas ao município de Fortaleza, uma ou duas vezes ao ano, para que ocorra a descontaminação e reciclagem. Para realizar essa atividade a empresa transportadora deve possuir documento de licenciamento ambiental emitido pelo órgão estadual (SEMACE), ou Municipal (Secretaria de Meio Ambiente).

O veículo utilizado para o transporte de resíduos perigosos é inspecionado antes do seu carregamento, de acordo com o documento interno NTA - 07/2010 (Inspeção de veículos de transporte de cargas perigosas) – que contém um check-list específico para a inspeção de veículo. E os resíduos são transportados em embalagens rígidas, engradados e tabladados de madeira, etc.

O condutor do veículo de cargas perigosas apresenta habilitação através da carteira de curso de Movimentação e Operação de Produtos Perigosos – MOPP, da resolução ANTT 420/2004, que comprova o seu treinamento. O veículo porta os EPI's para o motorista e o auxiliar, se existir, para caso de emergências.

Na nota fiscal consta identificação do produto e a seguinte declaração: “Certificamos que os produtos estão adequadamente embalados e acondicionados para suportar os riscos de carregamento, transporte e descarregamento, conforme regulamentação em vigor” (NBR 9735). Junto à nota fiscal é emitida pela Distribuidora de Energia Elétrica a ficha de emergência do produto, que contém as instruções e os procedimentos para serem tomados em caso de acidente, de acordo com a NBR 7503, e a quantidade de lâmpadas.

Nesse documento interno, NTA - 07/2010, é especificado o número da ONU para o resíduo (lâmpada que contém mercúrio), o nome para o embarque, a quantidade limitada de mercúrio por veículo em kg, e a quantidade por embalagem interna também por kg.

Embora esta etapa da LR de lâmpadas inservíveis dependa quase que exclusivamente da empresa transportadora, não se pode deixar de observar os eventuais problemas, como: identificar as empresas transportadoras, no Estado, que cumpram com todos esses requisitos legais, para transporte de resíduos perigosos, já que muitas delas perdem, ocasionalmente, os pré-requisitos/licenças para posteriormente recuperá-los, e isto permite que um maior número de lâmpadas sejam armazenados nos depósitos temporários que não se encontram dimensionados para um número demasiadamente grande deste resíduo, e em consequência disto ocorre o aumento da possibilidade de acidente e quebra de lâmpadas devido ao seu empilhamento.

Outro fator é que a frequência reduzida na realização do transporte das lâmpadas para o Centro Logístico Central incorre no mesmo problema de sobrecarga no armazenamento temporário e consequente possibilidade de quebra de lâmpadas, que pode contaminar, principalmente, funcionários que executam o manuseio e a movimentação das lâmpadas.

4.3.4 Movimentação e Armazenamento na sede em Fortaleza

As lâmpadas pós-consumo dos departamentos do estado do Ceará são armazenadas no Centro Logístico, em Maracanaú, região metropolitana de Fortaleza, para a realização da descontaminação das lâmpadas “in loco” (Figura 41). Os mesmos procedimentos de descarga, manuseio, e armazenamento em área restrita e adequada, são realizados por funcionários habilitados (eletricistas).

Figura 41 – Armazenamento das lâmpadas no Centro Logístico, em Maracanaú, região metropolitana de Fortaleza



Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

O documento interno de controle de resíduos sólidos da empresa ICA - 01/2010 classifica as lâmpadas de descarga queimadas com a cor laranja (perigoso classe I), acondicionando-as e armazenando-as temporariamente em caixas de papelão em área coberta e com restrição de acesso, cuja destinação final é a descontaminação/reciclagem (ver Figura 42).

Figura 42 – Armazenamento de lâmpadas em local restrito



Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

O estoque dessas lâmpadas na sede é feito visando minimizar impactos ambientais e custos excessivos ocasionados pelo transporte dessa carga para empresas recicladoras. Dessa forma, a solução encontrada é o transporte do equipamento que realiza a descontaminação das lâmpadas para as dependências do Centro Logístico, na região metropolitana de Fortaleza.

Assim como a armazenagem de lâmpadas nos pólos, alguns problemas foram identificados nesta fase, como: as caixas de papelão não são o tipo de recipiente adequado para acondicionar as lâmpadas inservíveis, por permitir o vazamento de vapor de mercúrio no caso de quebra, e por não apresentarem boa resistência ao manuseio e ao empilhamento. Além disso, embora estes recipientes sejam acondicionados em área coberta, seca e ventilada, não existe o uso de bases de concreto, estrados ou paletes que impeçam a infiltração de substâncias no solo e daí em águas subterrâneas.

Outro problema constatado fora a frequência reduzida do tratamento de lâmpadas, desencadeando o aumento do volume de lâmpadas, inadequadamente estocadas nas caixas de papelão citadas no parágrafo anterior, cenário que potencializa riscos de acidente/quebra de lâmpadas.

E por fim, o registro de lâmpadas que entram no setor de armazenamento no Centro Logístico, em Fortaleza, que nem sempre é realizado no momento da entrega das lâmpadas transportadas dos departamentos. Isto acarreta na dificuldade de quantificar essas lâmpadas inservíveis, por departamento, e com isso dimensionar e justificar novos programas de

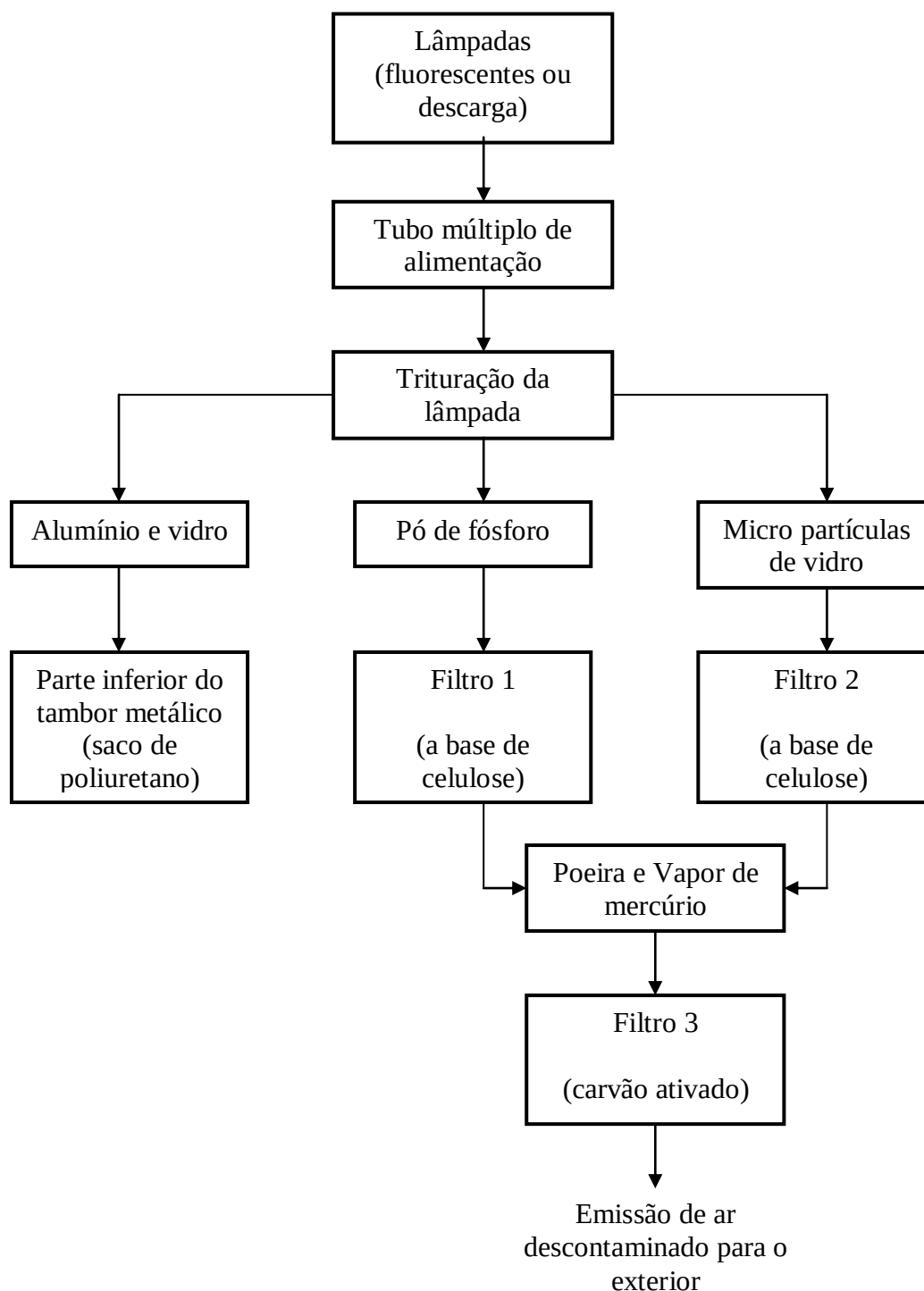
tratamento de lâmpadas, contando inclusive, com a possibilidade de descentralização deste processo no Estado, dando prioridade para Departamentos que concentrem um maior número de lâmpadas coletadas.

4.3.5 Descontaminação de lâmpadas que contém mercúrio na sede em Fortaleza

A descontaminação é feita por empresa sediada em Fortaleza, que realiza a descontaminação das lâmpadas tubulares e de descarga, utilizando para esse fim, uma máquina importada denominada Bulb Eater, num processo de moagem simples, que utiliza sistema de exaustão e um filtro de carvão ativado para capturar o vapor que contém mercúrio, contido nas lâmpadas. Processo este comentado no segundo capítulo deste mesmo estudo (Figura 43). A eficiência desse sistema é de 98,9% no controle dos vapores que contém mercúrio.

O procedimento de descontaminação das lâmpadas fluorescentes, das dependências internas da empresa, e das lâmpadas de descarga da IP, ocorre no próprio Centro Logístico em Maracanaú, região metropolitana de Fortaleza.

Figura 43 – Fluxograma do processo de descontaminação de lâmpadas, moagem simples (Bulb Eater), que ocorre no Centro Logístico na região metropolitana de Fortaleza



Fonte: Adaptado de Naturalis Brasil (2011).

Os filtros desse equipamento apresentam as seguintes capacidades: o filtro de carvão ativado comporta 500.000 lâmpadas processadas; o filtro “Hepa” (migração fina) suporta 20 tambores ou 10.000 lâmpadas e o filtro “Bag” (migração mais aberta) permite 600 lâmpadas.

O equipamento tem capacidade para armazenar o mercúrio de até 500.000 lâmpadas processadas.

A Figura 44 abaixo registra o momento da inserção da lâmpada no equipamento, neste caso fluorescente, que leva em média 2 segundos para realizar o seu processamento. O tambor de 200 kg é preenchido quando se processam entre 800 a 900 lâmpadas.

Embora, o MTE estabeleça um limite de exposição ocupacional ao mercúrio elementar, como comentado anteriormente, até o presente momento não foi realizado estudo que quantificasse a emissão de mercúrio para a atmosfera proveniente do equipamento de descontaminação utilizado, embora, apresente pontos vulneráveis para tal evento.

Dessa forma, é comum que o procedimento de descontaminação das lâmpadas ocorra ao ar livre, já que evita que a mínima quantidade de vapor que escape durante a operação seja inalado pelo operador do equipamento.

Figura 44 – Descontaminação de lâmpadas fluorescentes no Centro Logístico, Região Metropolitana de Fortaleza



Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

Neste processo, no entanto, não é realizada a separação dos componentes constituintes da lâmpada, como mostra a Figura 45, mas, a captura de parte do mercúrio emitido no momento da quebra. Entretanto, a quantidade de mercúrio presente nos produtos

triturados representa uma quantidade inferior (98%) ao que a lâmpada possui quando intacta, diminuindo, dessa forma, a quantidade de mercúrio depositado em aterros, sem, todavia, eliminá-lo, pois uma parte do mercúrio líquido se encontra depositado na superfície interna do vidro.

Figura 45 – Moagem/trituração sem separação dos componentes da lâmpada realizado na Região Metropolitana de Fortaleza em 2007



Fonte: Distribuidora de Energia Elétrica (2007).

O objetivo do processo é transformar as lâmpadas que contêm mercúrio (produto perigoso classe I) em resíduo não perigoso classe II, e/ou reduzir em até 80% o volume do resíduo sólido para o transporte e posterior deposição final em aterro.

A descontaminação das lâmpadas de bulbo, em 2009, foi realizada por empresa de São Paulo, atualmente, parceira de uma empresa também instalada no Município de Fortaleza. O equipamento utilizado foi também o Bulb Eater, com modificação apenas no tubo alimentador para inserção da lâmpada, como mostra a Figura 46 abaixo.

Figura 46 – Descontaminação de lâmpadas de descarga no Centro Logístico no Ceará



Fonte: Distribuidora de Energia Elétrica (2007).

Atualmente, os subprodutos das lâmpadas (vidro, metal) são encaminhados para aterro sanitário, e o mercúrio conduzido para reutilização. O vidro é transportado para o aterro sanitário do município de Caucaia. A destinação dos subprodutos fica a cargo das empresas que realizam os procedimentos de tratamento de lâmpadas inservíveis.

Uma das deficiências identificadas nesta etapa do sistema de LR fora outra vez o aumento de lâmpadas estocadas e o conseqüente aumento dos riscos de acidente/quebra de lâmpadas, devido à reduzida frequência de seu tratamento. Associado a esta deficiência, o processo utilizado para tratamento das lâmpadas apresenta também outro ponto vulnerável: a possível emissão de vapor de mercúrio ao meio, por falhas na boca de alimentação de lâmpadas, na montagem e no ajuste do saco plástico (coletor de material triturado) interno do tambor, na retirada do saco coletor e selagem do filtro de carvão ativado com o fragmentador.

Somada a estas falhas do tratamento de lâmpadas, ainda deve ser a inadequada deposição de parte dos subprodutos (vidros e metais) em aterro sanitário. Embora a quantidade de mercúrio contido nesses subprodutos, após o processamento, seja reduzida, esta deposição em aterro revela a ausência da utilização da reciclagem destes materiais e a sua não reinserção no ciclo produtivo, como também a ocupação de espaço valioso para sepultá-los.

O sistema de LR de lâmpadas inservíveis engloba uma série de etapas, como visto acima, que não podem ser tratadas isoladamente: elas se relacionam entre si e com fatores externos. Assim, algumas etapas, de forma comum ou eventual, costumam apresentar

deficiências que inevitavelmente reverberaram em outras. O quadro 16, a seguir, sintetiza os problemas identificados em cada etapa e as possíveis consequências.

Quadro 16 - Quadro resumo dos problemas e consequências identificados nas etapas do sistema de LR

Etapas do sistema de LR	Problemas Identificados	Consequências
Coleta nas vias públicas	- Único recipiente para acondicionar e transportar para a guarda provisória as lâmpadas queimadas, quebradas e os reatores	- Retrabalho, separar resíduos para armazenar - Permite a possibilidade de ocorrência de acidente, devido ao manuseio de material cortante
Movimentação e Armazenagem das lâmpadas na subestação	- Uso de caixas de papelão para acondicionar lâmpadas	- Permite o vazamento de vapor de mercúrio no caso de quebra, e não apresentam boa resistência ao manuseio e empilhamento
	- Inexistência do uso de bases de concreto ou paletes	- Permite a infiltração de substâncias no solo e daí em águas subterrâneas
	- A frequência reduzida do transporte de lâmpadas para o Centro Logístico	- Aumento de lâmpadas estocadas inadequadamente
	- Espaço subdimensionado para acondicionamento das lâmpadas	- Aumento dos riscos de acidente/quebra de lâmpadas, devido principalmente ao empilhamento por sistema instável em caixas de papelão
	- O registro de lâmpadas não é realizado com frequência nos dois turnos (diurno e noturno) de trabalho de manutenção do sistema de IP	- Dificulta a quantificação das lâmpadas queimadas, para dimensionar e justificar a necessidade de futuros programas de descontaminação de lâmpadas no próprio Departamento Sul
Coleta e Transporte	- Identificar as empresas transportadoras, no Estado, que cumpram com todos os requisitos legais, para transporte de resíduos perigosos	- Aumento do número de lâmpadas armazenadas nos depósitos temporários, e com isso o aumento da possibilidade de acidente e quebra de lâmpadas devido ao seu empilhamento
	- A frequência reduzida na realização do transporte das lâmpadas para o Centro Logístico Central	- Sobrecarga no armazenamento temporário e possibilidade de quebra de lâmpadas, que pode contaminar o meio ambiente e os funcionários que executam o manuseio e a movimentação das lâmpadas.

Continua

Movimentação e Armazenamento na sede em Fortaleza	- Uso de caixas de papelão para acondicionar lâmpadas	- Permite o vazamento de vapor de mercúrio no caso de quebra, e não apresentam boa resistência ao manuseio e empilhamento
	- Inexistência do uso de bases de concreto ou paletes	- Permite a infiltração de substâncias no solo e daí em águas subterrâneas
	- A frequência reduzida no tratamento de lâmpadas	- Aumento de lâmpadas estocadas inadequadamente e aumento dos riscos de acidente/quebra de lâmpadas, principalmente pelo empilhamento por sistema instável em caixas de papelão
	- O registro de lâmpadas nem sempre é realizado no momento da entrega das lâmpadas transportadas dos departamentos	- Dificuldade de quantificar as lâmpadas inservíveis, por departamento, e dimensionar e justificar novos programas de tratamento de lâmpadas, contando inclusive, com a possibilidade de descentralização deste processo no Estado, dando prioridade para Departamentos que concentrem um maior número de lâmpadas coletadas
Descontaminação de lâmpadas que contém mercúrio na sede em Fortaleza	- A frequência reduzida no tratamento de lâmpadas	- Aumento de lâmpadas estocadas inadequadamente e aumento dos riscos de acidente/quebra de lâmpadas, principalmente pelo empilhamento por sistema instável em caixas de papelão
	- O processo utilizado para tratamento das lâmpadas apresenta vários pontos vulneráveis à emissão de vapor de mercúrio	- contaminação do meio ambiente através da boca de alimentação de lâmpadas, na montagem e ajuste do saco plástico interno do tambor, na retirada do saco coletor e na selagem do filtro de carvão ativado com o fragmentador
	- Deposição de parte dos subprodutos (vidros e metais) em aterro sanitário	- ausência da utilização da reciclagem destes materiais e a sua não reinserção no ciclo produtivo, como também a ocupação de espaço valioso para aterrá-los, o que implica em desperdício

Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

É possível concluir que alguns destes problemas transitam pela esfera técnica, como mudanças de tipo de contêineres de acondicionamento de lâmpadas, por exemplo, onde questões de gerenciamento propriamente dito os poderiam minimizar.

Outros problemas se apresentam como sendo de ordem política, pois articulações de parcerias público-privadas poderiam estimular, por exemplo, o aumento da frequência do tratamento de lâmpadas.

A resolução imediata desses problemas, no entanto, não justifica a pouca abrangência do sistema de LR de lâmpadas inservíveis.

Ainda diante destes entraves, a Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará considera vantajosa e necessária a realização da descontaminação de lâmpadas de IP, justificando este parecer:

- Estudos da agência de proteção ambiental (EPA) dos EUA mostram uma taxa estimada de 3% de quebra acidental durante o manuseio de lâmpadas, resultando em exposição ao vapor de mercúrio e indicando que a ausência de tratamento e o aumento de tempo de manuseio aumentam as chances de quebra; o que indica que para a realidade cearense, que apresenta maior ausência de tratamento e percentual alarmante de lâmpadas quebradas, a otimização do processo é fundamental;

- Redução do espaço necessário para o armazenamento de lâmpadas;

- Construção de imagem positiva da empresa junto à comunidade local, pelas corretas estocagem, descontaminação e destinação dos resíduos;

- A facilitação de vantagens políticas e/ou mercadológicas com a adoção de atitudes ambientalmente corretas;

- A facilitação da obtenção da certificação ISO 14.001.

As vantagens em relação ao uso do equipamento de moagem simples em relação a outros equipamentos:

- A redução de custos, pois a tecnologia Bulb Eater é relativamente mais barata que outras utilizadas para descontaminar lâmpadas;

- A mobilidade e as reduzidas dimensões do Bulb Eater, facilitando a operação e o transporte.

4.4 CUSTO DE TRATAMENTO DE LÂMPADAS NO CEARÁ

Os custos envolvidos no tratamento de lâmpadas realizados pela Distribuidora de Energia Elétrica desde a certificação da ISO 14001 e o início do uso do sistema de LR de lâmpadas é da ordem de R\$ 60.441,00, em quatro anos, como mostra a Tabela 22.

Tabela 22 - Custo de tratamento de lâmpadas realizado pela Distribuidora de Energia Elétrica no período de 2006 a 2010

Período	2006	Dez/2007	Abr/2009	Dez/2010	Total
Empresa	Aplicum	Climatech	Naturalis Brasil	Climatech	
Nº de Lâmpadas	20.082	11.818	48.680	1.875	82.455
Custo unitário (R\$)	0,80	0,75	0,70	0,75	-
Custo total (R\$)	16.065,60	8.863,50	34.076,00	1.406,25	60.411,35

Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

Pela Tabela 22 verifica-se uma pequena variação nos custos dos serviços de descontaminação realizados pelas empresas e uma média geral de R\$ 0,73 por lâmpada, tendo sido processadas 82.455 lâmpadas, correspondentes, por sua vez, a uma média anual de 16491 lâmpadas, considerando os 5 anos do programa.

Atualmente o preço atribuído à descontaminação de lâmpadas, no Estado do Ceará (Fortaleza), varia de R\$ 0,92 a R\$ 1,34, dependendo da quantidade a ser processada. Segundo a empresa Climatech, instalada em Fortaleza, que realiza a descontaminação de lâmpadas fluorescentes para a Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará, é estabelecido um parâmetro entre o consumidor e a quantidade de lâmpadas processadas para determinar o preço do serviço, como mostra a Tabela 23 a seguir.

Tabela 23 - Preço da descontaminação de lâmpadas no Estado do Ceará

Consumidor	Quantidade	Frequência	Preço (R\$/unid.)
Pequeno	250	1 vez ao ano	1,34
Médio	500	1 vez ao ano	1,04
Grande	acima de 500	2 a 3 vezes ao ano	0,92

Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

Os valores apresentados na Tabela 23, entretanto, não computam os custos com transporte, ou seja, as lâmpadas fluorescentes e de descarga são tratadas no próprio local onde se encontram estocadas, que no caso da Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará é o Centro Logístico, localizado no Município de Maracanaú, na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF).

No entanto, as lâmpadas que são armazenadas nos Departamentos do Estado do Ceará são transportadas para esse Centro a um custo variável de acordo com a carga e a distância a ser percorrida, conforme a Tabela 24.

Tabela 24 - Custo de Transporte de lâmpadas no Estado do Ceará

Quantidade (lâmpadas)	Distância (Km)	Custo (R\$)	Taxa por lâmpada excedente (R\$)	Taxa por distância excedente (100km ou fração) (R\$)
Até 150	RMF	160,00	0,20	-
1.500 (3m ³)	Até 400	1.120,00	0,15	250,00
10.000 (20m ³)	Até 400	1.800,00	0,04	400,00

Fonte: Pesquisa de campo, 2010.

Devido à variação do custo do transporte, os Departamentos acondicionam as lâmpadas em seus depósitos temporários até que este armazenamento atinja a quantidade que torne viável a remoção ao Centro Logístico, em Fortaleza. Este número normalmente se aproxima de 1.500 lâmpadas, já que montantes de 10.000 lâmpadas exigem outras condições de armazenamento, em termos de espaço e materiais de acondicionamento. No caso dessas condições serem atendidas o custo de transporte cairia significativamente, de R\$0,75/lâmpada para R\$0,18/lâmpada, ou seja, uma redução de 76%.

A partir da Tabela 24 e das distâncias das sedes dos departamentos à Fortaleza pôde-se calcular o custo de transporte para um lote padrão de 1.500 lâmpadas inservíveis, como mostra a Tabela 25.

Tabela 25 - Custo de transporte de 1500 lâmpadas inservíveis, por departamento

Departamentos / Sede	Distância (km)	Custo Total (R\$)	Custo Unitário (R\$)
Atlântico / Itapipoca*	135	1.120,00	0,75
Norte / Sobral	232	1.120,00	0,75
Centro-Norte / Canindé	117	1.120,00	0,75
Leste / Limoeiro do Norte*	208	1.120,00	0,75
Centro-Sul / Iguatu	382	1.120,00	0,75
Sul / Juazeiro do Norte	540	1.620,00	1,08

*Departamentos que ainda não participam do sistema de LR da empresa.

Fonte: Distribuidora de Energia Elétrica, 2010.

Pode-se observar que o Departamento Sul, por ultrapassar o limite de 400km, é o Departamento que tem um custo mais elevado, no entanto a RMF tem um custo ainda maior já que paga R\$ 1,07 por lâmpada transportada. O que é parcialmente compensado pela maior flexibilidade operacional por permitir viagens com pequenas cargas. A partir desses custos unitários foram estimados os custos totais do transporte considerando a participação média de cada um dos Departamentos da empresa cobertos pelo sistema de LR (Tabela 26). Essa estimativa foi feita a partir da quantidade de pontos de iluminação e do valor obtido pela

pesquisa de campo para o Departamento Sul (2800 lâmpadas). Sendo que para a RMF foram acrescidas as lâmpadas oriundas do setor administrativo.

Tabela 26 – Estimação do custo anual de transporte para o processamento de lâmpadas, por departamento

Departamento/Sede	Pontos de Iluminação	Estimativa da Média Anual Processada	Custo de Transporte (estimado)
RMF	116.787 (36,5%)	6083	R\$#6.508,81 (42%)
Norte / Sobral	59.386 (18,6%)	3.100	R\$#2.325,00 (15%)
Centro-Norte / Canindé	50.322 (15,7%)	2.617	R\$#1.962,75 (13%)
Centro-Sul / Iguatu	39.787 (12,4%)	2.067	R\$#1.550,25 (10%)
Sul / Juazeiro do Norte	53.652 (16,8%)	2.800	R\$#3.024,00 (20%)
Total	319.934	16.667	R\$#15.369,81

Fonte: Distribuidora de Energia Elétrica, 2010.

Entre os custos de transporte destacam-se, mais uma vez, os oriundos da movimentação das lâmpadas no interior da RMF, responsáveis por 42% do total. A partir das estimativas da Tabela 26, verifica-se que os custos de transporte são equivalentes aos do serviço de descontaminação, já que juntos chegam a um pouco mais de 30 mil reais anuais. Porém há que se considerar a cobertura parcial da LR e que aqui não foram considerados os custos da coleta e estocagem das lâmpadas inservíveis, não apurados por essa pesquisa.

Atualmente, apenas o mercúrio extraído do processo de descontaminação é reaproveitado, os demais componentes junto com o mercúrio residual são encaminhados para aterro sanitário. A justificativa para esta realidade é a ausência de compradores para os subprodutos, em função, por sua vez, da inexistência de fábricas no Estado do Ceará que os reciclem.

Os dados da pesquisa indicam a retirada média de 1,4kg de mercúrio do meio ambiente, ao longo dos 5 anos de coleta e tratamento de partes das lâmpadas de iluminação do estado. Mas também é importante destacar que, considerando a eficiência do sistema de descontaminação como sendo a de 98,9%, cerca de 16g de mercúrio foram para o aterro sanitário, sendo que destes apenas 6g foram oriundos das lâmpadas da própria RMF, já que as outras 10g eram dos departamentos do interior do Estado.

4.5 VANTAGENS DA RECICLAGEM DAS LÂMPADAS DE DESCARGA DO SUL CEARENSE EM FORTALEZA

O total de lâmpadas fluorescentes tubulares e lâmpadas de descarga da Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará, descontaminadas em Fortaleza, ainda representa reduzida porção do potencial poluidor, representado pelas lâmpadas de iluminação pública ou aquelas utilizadas em ambientes internos. No entanto, é uma ação importante para o estado do Ceará e que precisa ser ainda mais estimulada e rigorosamente regulamentada.

O fato desse tipo de processo já ser realizado no próprio Estado do Ceará minimiza a possibilidade de ocorrência de impactos ambientais com o transporte desses resíduos a grandes empresas descontaminadoras e recicladoras de lâmpadas inservíveis localizadas em outras regiões, evitando-se ainda, aumento dos custos com transporte, dado o volume a ser transportado.

CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Visando a melhoria do próprio sistema de logística reversa de lâmpadas inservíveis da iluminação pública e a fundamental contribuição para a minimização dos danos ocasionados pelo contato do mercúrio com o meio ambiente e a saúde humana, diversas melhorias são recomendadas para as etapas do processo, todas elas apresentando-se como oportunidades providenciais de geração de capital, seja ele, financeiro, técnico e intelectual ou humano:

Na Coleta em vias públicas:

- Registro preciso e ininterrupto, em sistema informatizado, dos quantitativos de lâmpadas queimadas, quebradas, reatores, etc., no momento da coleta para entrega ao final do turno na área de armazenamento, podendo esta medida, inclusive, gerar uma base de dados segura para outros estudos e a continuidade das melhorias.

Armazenamento nos pólos:

- Ampliação racional da área de armazenamento na própria subestação, eliminando-se os espaços mal ocupados;
- Uso de recipientes adequados para acondicionar as lâmpadas, como contêineres metálicos e/ou de madeira, por exemplo, e que facilitem sua identificação e transporte;
- Uso de pallets ou prateleiras para apoiar e estabilizar os contêineres, reduzindo as possibilidades de infiltração de substâncias no solo e facilitando o transporte;
- Recolhimento e registro imediato, em sistema informatizado, de documento com quantitativos de materiais coletados nas vias.

Armazenamento na sede (Fortaleza):

- Distribuição uniforme de prateleiras ou pallets, na seção de estoque de lâmpadas, promovendo o uso racionalizado do espaço;
- Uso de recipientes adequados para acondicionar as lâmpadas, como contêineres metálicos e/ou de madeira, por exemplo, e que facilitem sua identificação e transporte;
- Uso de pallets ou prateleiras para apoiar e estabilizar os contêineres, reduzindo as possibilidades de infiltração de substâncias no solo e facilitando o transporte;
- Recolhimento e registro imediato, em sistema informatizado, de documento com quantitativos de materiais coletados nas vias.

Tratamento das lâmpadas:

- Descentralização do tratamento de lâmpadas em Fortaleza, distribuindo-o para outros municípios pólo do Estado, redistribuindo as possibilidades de ganhos com o sistema e reduzindo custos e riscos com transporte;
- Uso de tratamento térmico após moagem/trituração das lâmpadas para o reaproveitamento do mercúrio;
- Encaminhamento dos demais produtos à reciclagem.

É sabido que a demanda pelo uso de lâmpadas que contêm mercúrio aumenta, essencialmente em função da eficiência energética atribuída a elas, sejam essas lâmpadas de descarga à alta pressão direcionadas para IP, ou mesmo as lâmpadas fluorescentes tubulares ou compactas; uma oportunidade para a implantação ou ampliação do emprego do sistema de LR que possa atestar todos os seus benefícios.

O intuito do trabalho também é, portanto, o de apontar recomendações, fundamentais para permitir a ampliação desse sistema de LR, tão importante para gerir adequadamente o tratamento e a destinação dados às lâmpadas inservíveis que contém mercúrio. São algumas destas recomendações:

- Instalar postos de coleta de lâmpadas inservíveis nos municípios do Estado do Ceará, nos quais se coletariam lâmpadas de descarga à alta pressão e lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas, que, além de benefícios para o próprio sistema, sua própria presença em cidades menores atuaria como multiplicadora educacional passiva deste novo estado de consciência em relação ao sistema de IP;
- Proceder preciso levantamento de custo de deslocamento do equipamento que realiza o tratamento das lâmpadas (moagem simples) para pólos regionais, a fim de verificar a viabilidade do transporte daquele equipamento de Fortaleza até os pólos; para que se possa estabelecer comparação destes valores com aqueles obtidos com a prática já consagrada de deslocar as lâmpadas para serem tratadas em Fortaleza.

Da tabela 26 se pode extrair a análise comparativa entre os custos para transporte de lâmpadas, realizado atualmente, e o serviço de descontaminação, evidenciando, estimativamente que há equivalência de custo entre eles. Esta análise possibilita que se ponha em aberto a possibilidade de que o transporte do equipamento de descontaminação para os pólos, que vem apresentando evidente tendência de aumento de demanda, seja uma alternativa viável, sob todas as dimensões envolvidas pelo processo, inclusive, a econômica.

Neste cenário hipotético, o transporte (frequente e ininterrupto) do equipamento também se apresentaria como uma sugestão passível de criteriosa apreciação, vindo,

provavelmente, a permitir a redução de custos na capital, com a redução de custos com armazenamento de crescente volume de lâmpadas e redução do volume do resíduo das lâmpadas tratadas que não vão para a reciclagem, e que costumam ser lançado em aterro sanitário. É necessário ainda que seja inserido nesta discussão outro aspecto, sempre relevante, que é a possibilidade de o transporte do equipamento de descontaminação também reduzir os riscos próprios do transporte das lâmpadas.

- Realizar estudo de viabilidade econômica de existência e da locação dos pólos estratégicos do Estado que tenham maior abrangência para realizar o tratamento das lâmpadas, devendo-se para isso se considerar o posicionamento geográfico estratégico, o potencial do consumo de lâmpadas e o grau de industrialização da região.

- Estimular a interação entre município, concessionária, fabricantes, distribuidoras de lâmpadas para dividirem os custos relativos ao armazenamento, transporte e tratamento das lâmpadas, estimulados sempre pelas possibilidades de redução de custos diretos e indiretos oriundos da não implantação do sistema (ou implantação ineficiente) e por possibilidades de geração de receita; sendo sabido que a lei federal nº. 1.205, de 02 de agosto de 2010, responsabiliza todos os atores do processo pela destinação desses resíduos perigosos.

- Promover campanhas educativas no Estado e municípios para estimular e conscientizar a sociedade sobre a importância da destinação final adequada das lâmpadas inservíveis e sua possível reinserção no ciclo produtivo; iniciativa que, além da evidente redução de riscos à saúde e ao meio ambiente, deve, por exemplo, melhorar as condições do material coletado, menos danificado pela ação depredatória.

- A divulgação de oportunidades de negócio que poderão ser criados com a ampliação do sistema de LR de lâmpadas, como:

- Empresas para realizar a coleta de lâmpadas nos municípios (postos de coleta);
- Empresas para gerenciar o armazenamento de lâmpadas;
- Empresas para realizar o deslocamento das lâmpadas diretamente para tratamento na sede, ou para os pólos regionais onde ocorrerá o tratamento;
- Empresas para realizar o tratamento de lâmpadas;
- Empresas para reciclar os subprodutos das lâmpadas.

- Realizar o complemento do tratamento inicial de moagem simples com a utilização do tratamento térmico concentrado no município de Fortaleza.

Os Municípios de Juazeiro do Norte e Crato estão a aproximados 540 km de Fortaleza e, em média, a aproximados 600 km de outras capitais de estados nordestinos, fazendo com que estas cidades se apresentem como centro geográfico regional, um centro para onde convergem forças e interesses locais que excedem as fronteiras do Estado do Ceará. Esta condição involuntária privilegiada deve ser potencializada para permitir que a implantação de sistema eficiente de tratamento de lâmpadas inservíveis possa atender a regiões de outros estados, bem como, viabilizando a si próprio pelo o uso da matéria prima destas mesmas regiões circunvizinhas.

É preciso que se considere ainda que o aprimoramento técnico e administrativo na implantação e no funcionamento do sistema gerará um capital técnico e intelectual intangível rico, também com grandes possibilidades de se tornar gerador de oportunidades e receita: o "know-how" adquirido com a implantação e gestão de todo o processo.

5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As lâmpadas são componentes fundamentais aos sistemas de iluminação, estando, inclusive, relacionada a elas a própria imagem da luz. Apenas hoje é que agentes sociais diversos têm voltado sua atenção para a correta destinação que se deve dar a lâmpadas que tenham cumprido seu ciclo de funcionamento, preocupação que necessariamente faz com que se atente para o fato de que as mais difundidas eficientes e econômicas lâmpadas utilizadas cotidianamente são portadoras de metal pesado, o mercúrio em estado pulverulento, potencialmente danoso ao meio ambiente e à saúde dos seres vivos, inclusive, os humanos.

Dada a remota possibilidade de retorno destes materiais à natureza é que a aplicação do conceito da logística reversa se apresenta como alternativa coerente com a intenção de garantir que estes componentes retornem às cadeias produtivas, evitando a contaminação do meio natural ou edificado, reduzindo o risco à saúde humana, diminuindo a necessidade de reextração do mesmo tipo de componente, minimizando gastos com o descarte de resíduos e gerando ganhos com a reciclagem e reutilização de matéria-prima.

Este estudo constatou que no Estado do Ceará a aplicação do conceito da logística reversa e as práticas decorrentes desta aplicação fazem parte das ações cotidianas da Distribuidora de Energia Elétrica.

O fato, porém, de apenas alguns municípios se encontrarem dentro do escopo da certificação 14001, impede que um grande número de lâmpadas ainda não tenha a adequada destinação.

A inserção destes municípios não certificados, com possibilidade de inserção também de outras organizações, além daquelas que lidam com iluminação pública, e consumidores autônomos, ampliaria as possibilidades de expansão do programa de descontaminação e reaproveitamento de resíduos, inclusive, com a possibilidade de implantação de unidades descentralizadas de descontaminação em cada um dos departamentos em que fora subdividido o Estado do Ceará; consagrando neste segmento a solidificação de parcerias público-privadas.

A atuação de parcerias público-privadas poderia permitir, por exemplo, a aquisição de unidade móvel de descontaminação de lâmpadas, reduzindo a necessidade da guarda central e dos transportes inter-regionais. Outra frente de atuação das parcerias público-privadas poderia ser a efficientização no encaminhamento dos materiais extraídos (vidro e metais) para reciclagem, reduzindo custos e gerando receita: o mercúrio para reutilização e os outros materiais para reciclagem.

Hoje, em função do volume de lâmpadas descontaminadas, o custo da descontaminação de cada unidade varia entre R\$ 0.92 e R\$ 1.34, servindo estes valores como parâmetros para o planejamento que vislumbre a expansão do sistema de descontaminação ou para o planejamento de custos adicionais do sistema de saúde, necessários ao atendimento de pessoas que desencadeiem problemas de saúde decorrentes de seu contato com o mercúrio.

No Estado do Ceará, a redução da quantidade de mercúrio lançada no meio ambiente, possibilitada pela aplicação do conceito da logística reversa e tendo como decorrência direta a descontaminação de lâmpadas que contêm mercúrio, em 2009, fora dimensionada nesta pesquisa em aproximados 0.822kg, como resultado da descontaminação de 46.680 lâmpadas, de um total de 403.367 pontos geridos pela Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará. Deste total, 12% corresponde à contribuição do Departamento Sul, jurisdição cuja sede se localiza no Município de Juazeiro do Norte.

O montante acumulado da descontaminação de lâmpadas realizada pela Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará desde 2006 (82.455 unidades), evitou que aproximados 1,402 kg de mercúrio fossem lançados ao meio ambiente, podendo este número ser ampliado consideravelmente, dada a quantidade de lâmpadas não inseridas neste processo.

Os conceitos e os números apresentados nesta pesquisa, associados, indicam sua pequena representatividade, em termos de quantidade de lâmpadas recicladas já constatado no Brasil, apontam para as possibilidades de expansão do sistema de descontaminação de lâmpadas a partir da aplicação do conceito da logística reversa, com evidentes possibilidades de ganhos coletivos em todas as dimensões, social, econômica e ambiental.

A constatação destas reais necessidade e possibilidades de ganhos coletivos com o processo de descontaminação de lâmpadas de IP no sul cearense é uma decorrência direta do anseio pela resposta ao questionamento desta pesquisa de como esta ação vem sendo empreendida na região. Esta resposta fora obtida ao se descrever e analisar o desempenho do processo e de seus agentes, expondo as oportunidades de melhoria identificadas no modelo de logística reversa praticada na região. Para a obtenção destes resultados, foram computadas informações acerca das tendências para a aplicação de lâmpadas em IP, dos impactos ambientais desencadeáveis, e das tecnologias de tratamento e reciclagem destas lâmpadas adotadas no Brasil, abrangendo os objetivos anteriormente estabelecidos.

Para a conclusão do estudo, algumas dificuldades se manifestaram como resultado de falhas na execução de algumas das etapas do sistema de LR, especialmente na coleta e transporte das lâmpadas do Departamento para o Centro Logístico, em Fortaleza, bem como, na realização do tratamento das lâmpadas. Estas falhas desencadearam o retardo para o fechamento de etapas subseqüentes do estudo.

Além disso, as dificuldades de coleta e acesso a informações dos quantitativos de lâmpadas coletas (queimadas, quebradas), tanto no Departamento Sul, como na Sede, onde se controla as informações de todo o Estado, fora de infeliz constância. Sugere-se que em pesquisas futuras de LR de lâmpadas observem-se esses pontos, e que procurem antecipar-se, para que não haja prejuízo nos estudos.

Espera-se que a pesquisa tenha contribuído para ampliar discussões, bem como, para fomentar o interesse pela LR, conceito ainda pouco conhecido, embora de evidente aplicabilidade.

O trabalho ainda traz diluído em seu corpo sugestões, sintetizadas neste tópico, para a elaboração de trabalhos afins: que se verifique a viabilidade econômica para implementação de unidades de tratamento de lâmpadas inservíveis nos Departamentos, ou em pólos regionais; que se criem protótipos de coleta de lâmpadas que possam ficar permanentemente instalados nos municípios pólo.

REFERÊNCIAS

ABILUX - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA ILUMINAÇÃO. **3ª Reunião do Grupo de Trabalho sobre Lâmpadas Mercuriais de Câmara Técnica do CONAMA – Dados Técnicos de Lâmpadas Contendo Mercúrio** – Brasília, DF, 2001.

ABILUX - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA ILUMINAÇÃO. **Lâmpadas e o Meio Ambiente: Um Panorama Geral**. São Paulo, 2003.

ACEVEDO, M. R. **Mitos e Realidades del Alumbrado Público de Eletricidad** – Luxamerica , 2004. 10p.

AIR CYCLE CORPORATION. **The Bulb Eater Lamp Crusher**. Disponível em:<<http://www.aircycle.com/bulb-eater-premium/>>. Acesso em: 29 jul. 2011.

ALMEIDA, J. G. P.; BARBOSA, R. **Manual de Iluminação Pública Eficiente.**, Rio de Janeiro:, IBAM/PROCEL, 1998.

ANEEL. **Resolução nº 456, de 29 de novembro de 2000. Estabelece as disposições atualizadas e consolidadas, relativas às Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica**. Brasília: ANEEL, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 5101: Iluminação Pública: procedimento**. Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA (QUERCUS). **Caracterização da situação de produção e gestão de resíduos de lâmpadas em Portugal**. Portugal: Centro de Informação de Resíduos. 2001. Disponível em: <http://residuos.quercus.pt/xFiles/scContentDeployer_pt/docs/DocSite1837.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Gerenciamento dos Resíduos de Mercúrio nos Serviços de Saúde**. Brasília: MMA, 2010.

BRASIL. Presidência da República Brasileira. **Lei nº. 12.305, de 02 de ago. de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. In: Brasília, 2010. Disponível em:< <http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: abr.2011.

CETESB. **Resíduos sólidos industriais**. São Paulo, 1992.

CIR – Centro de Informação de Resíduos. **Resíduos sólidos urbanos**. Disponível em: <<http://www.netresiduos.com/cir/rsurb/lampadas.htm>>. Acesso em: 16 de agosto de. 2011.

COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO CEARÁ (2008). Departamento de Planejamento. **Planejamento Estratégico**. Ceará, 2008.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA - COPEL. **Manual de Iluminação Pública**, 1998.

COSTA, Adriano Luis. **Reciclagem de Lâmpadas que Contêm Mercúrio**: Avaliação do Método de Processamento “Papa-Lâmpadas”. Monografia de Especialização. Bahia /Salvador: UFBA, 103p., Salvador – Bahia, 2009.

DEXTRITE. **RDA Lamp Disposer**. Disponível em:
<http://www.dextrite.com/product_eng/product_eng.html>. Acesso em: 29 julho 2011.

DÍAZ F. A. et al. **Logística inversa y medio ambiente**: aspectos estratégicos y operativos. Madrid, McGraw-Hill, 353 p, 2004.

DOE – USA. **Lighting Market Characterization, Volume I**: National Lighting Inventory and Energy Consumption Estimate – DOE – US. Department of Energy, EUA, 120p. 2002.

ELETROBRAS. **Guia Técnico Procel-Reluz**., Rio de Janeiro: Eletrobrás, Procel, Rio de Janeiro, 175p., 2004.

FIGUEIREDO, Paulo J. M. **A sociedade do lixo: os resíduos, a questão energética e a crise ambiental**. Piracicaba: UNIMEP, 1995.

FRÓES, L.L. **Iluminação Pública no Brasil**: Aspectos Energéticos e Institucionais - (Dissertação) Rio de Janeiro, 2006. 161 p.

GAMA, P. H. R. P.; MORAES, C. H. V.; MARTINS, A. R. S. *et al.* Rede Cooperativa de Reciclagem: Uma Proposta de Metodologia de Trabalho para o Progresso da Humanidade Buscando o desenvolvimento Sustentável. **GIA/SNPTEE**, 6p, 2001.

GIL, A. **Como Elaborar Projeto de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GUARNIERI, P.; KOVALESKI, J. L.; STADLER, C. C. et al. A Caracterização da Logística Reversa no Ambiente Empresarial em suas Áreas de Atuação: Pós-venda e Pós-consumo Agregando Valor Econômico e Legal. **Tecnologia & Humanismo**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 120-131, 2005.

IBGE. **Censo 2010**. Disponível em:
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/Tabelas_pdf/total_populacao_ceara.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2011.

LACERDA, L. P. **Reciclagem de Lâmpadas Fluorescentes Tubulares por um Processo do Tipo Via Úmida:** Um Estudo sobre o Gerenciamento de Resíduos Gerados e o Tratamento de Lodo Contaminado por Mercúrio. (Dissertação de Mestrado) Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 1986.

LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R.; ELLRAM, L. M. **Fundamentals of Logistics Management.** New York: Irwin-McGraw-Hill, 1998.

LANGE, L. C. **Mineração de Dados em Sistema Eficiente de Iluminação Pública incluindo parâmetros Sócio-comportamentais.** (Dissertação de Mestrado) Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa.** Prentice Hall, São Paulo, 2003.

LIMA, J. G. de; SIMÕES, A.; LEITE, M. S. Mensuração dos custos em uma operação de logística reversa: o caso de uma empresa de artigos esportivos. **ABCustos Associação Brasileira de Custos**, v.5, n. 2, 2010.

LOPES, S.B. **Eficiência Energética em Sistemas de Iluminação Pública.** (Dissertação de Mestrado) Universidade de São Paulo, IEE, São Paulo, 2002.

MRT SYSTEM. **Compact Crush & Separation Plant.** Disponível em: <http://www.mrtsystem.com/images/pagepics/CCS_CS.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2011a.

MRT SYSTEM. **HID Lamp Recycling: HID Processor.** Disponível em: <<http://www.mrtsystem.com/images/pagepics/HID%20processor%20produktblad.pdf>>. Acesso em: 04 agosto 2011b.

MRT SYSTEM. **MRT Batch Process Distiller.** Disponível em: <[http://www.mrtsystem.com/images/pagepics/BPD\(3\).pdf](http://www.mrtsystem.com/images/pagepics/BPD(3).pdf)>. Acesso em: 05 ago. 2011c.

MRT SYSTEM. **MRT end Cut Machine.** Disponível em: <<http://www.mrtsystem.com/images/pagepics/ECM.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2011.

NATIONAL ELECTRIC MANUFACTURER ASSOCIATION (NEMA). **Fluorescent and other Mercury-Containing Lamps and the Environment: Mercury use, environmental benefits, disposal requirements.** Rosslyn, US, 2005. Disponível em: <<http://www.nema.org/gov/ehs/committees/lamps/upload/>>. Acesso em: 27 jul. 2011.

NATURALIS BRASIL. **“Operação Papa Lâmpadas in Company”** - Como Funciona. <http://www.naturalisbrasil.com.br/noticia_details.asp?id_noticia=18>. Acesso em: 02 ago. 2011.

OSRAM DO BRASIL. **Iluminação: Conceitos e Projetos**. 2007. Disponível em: <[Endereço eletrônico www.osram.com.br](http://www.osram.com.br)>. Acesso em: ago. 2011., 2007.

OSRAM DO BRASIL. **Linha de Produtos Osram: Lâmpadas para Iluminação Geral**. 2007/2008. Disponível em: <[Endereço eletrônico www.osram.com.br](http://www.osram.com.br)>. Acesso em: agosto 2011, 2007/2008.

OSRAM DO BRASIL. **Manual Luminotécnico Prático**. 2007. Disponível em: <[Endereço eletrônico www.osram.com.br](http://www.osram.com.br)>. Acesso em: agosto 2011. 2007.

PHILIPS. **Guia de Iluminação**. 2005. Disponível em: <www.philips.com.br>. Acesso em: ago. 2011.

PHILIPS. **Iluminação Pública**. 2001. Disponível em: <[Endereço eletrônico www.philips.com.br](http://www.philips.com.br)>. Acesso em: agosto 2011., 2001.

POLANCO, S. L. C. **A Situação da Destinação Pós-consumo de Lâmpadas de Mercúrio no Brasil**. (Dissertação de Mestrado) São Caetano do Sul: Escola de Engenharia Mauá, 2007.

SANCHES, Everton de Sá Segóbia. Logística Reversa de Pós-consumo do Setor de Lâmpadas Fluorescentes. V CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA - CONEM, 5, 2008. Salvador. **Anais...** 18 a 22 de agosto, 11p., Salvador, 18 a 22 de agosto, 11p. 2008.

SIMÕES, João Carlos Pinto. **A Logística Reversa Aplicada à Exploração e Produção de Petróleo**. (Dissertação de Mestrado) Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

SUCATAS.COM. Disponível em: www.sucatas.com. Acesso em: ago. 2011.

VIANNA, Nelson S.; GONÇALVES, Joana C. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: 378p., Virtus s/c Ltda. São Paulo – SP, 2001.

YAMACHITA, R. A.; GAMA, P.H.R.P.; HADDAD, E. C. Incentivos para a Reciclagem de Lâmpadas Visando à Conservação do Meio Ambiente. - artigo **GIA/SNPTEE**, 6p., 1999.

ZANICHELI, Claudia; PERUCHI, Ivan Bueno; MONTEIRO, Luis Augusto *et al.*; JOÃO, Suely Ap. da Silva; CUNHA, Vitor Flávio. **Reciclagem de lâmpadas Aspectos Ambientais e Tecnológicos**. Campinas: Pontifícia Universidade Católica de Campinas - Faculdade de Engenharia Ambiental, 2004.

APÊNCICE A - Guia de Entrevista sobre a Distribuidora de Energia Elétrica

Descrição da Companhia

Principais atividades:

Número de empregados:

Fornecedores e Clientes:

Área de atuação no gerenciamento de IP:

Iniciativas ambientais e de reciclagem em geral:

Há certificação ambiental?

Está envolvida com a LR de lâmpadas? Desde quando?

A) Estruturas do sistema logístico para as lâmpadas inservíveis

- 1) A estrutura da organização pelas quais as lâmpadas “fluem”**
- 2) A estrutura das atividades, por exemplo: a distribuição das atividades entre os membros/empresas do sistema logístico**

- A melhor estrutura para o sistema logístico das lâmpadas inservíveis é...
- Justificar esta afirmação

B) Gestão e Controle do sistema logístico para os das lâmpadas inservíveis

- Qual membro do sistema pode gerir todo o sistema? Porquê?
- Quais as bases importantes para exercer este poder? (exemplo: competência – gestão de tecnologias de informação, tamanho, clientes, etc.)

**APÊNDICE B – Guia de Entrevista para a empresa da cadeia das lâmpadas inservíveis
na sede (Fortaleza) e no Departamento Sul (Crato e Juazeiro do Norte)**

**Universidade Federal da Paraíba- UFPB
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEP**

Aquiteta Yllara Maria Gomes de Matos Brasil
Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia – Bloco G
Deptº de Engª de Produção
João Pessoa, Paraíba
Av. Plácido Aderaldo Castelo, 1733, sala 02
Juazeiro do Norte, Ceará
Fone: xx 88 2101 5300
Celular: xx 88 8823 6048
Email: yllarabrazil@yahoo.com.br

Guia de Entrevista para a empresa da cadeia das lâmpadas inservíveis

Data de início da atuação da Distribuidora de Energia Elétrica no Estado do Ceará?

São Seis departamentos de gerenciamento de Iluminação Pública no Estado do Ceará? Quais?

A Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará também atua na manutenção de iluminação pública no Município de Fortaleza e área metropolitana?

Como se dá a aquisição de lâmpadas novas? Qual é o ciclo de entrega para os departamentos e a quantidade?

Existe um documento que registre o recebimento de lâmpadas novas? Qual?

Quais tipos de lâmpadas são adquiridas e suas específicas potências?

Qual o valor do produto lâmpada?

Qual a vida útil das lâmpadas de IP utilizadas pela empresa?

Fatores que interferem na durabilidade das lâmpadas?

Como se dá a distribuição das lâmpadas novas para os 29 municípios pertencentes ao Departamento Sul? Juazeiro do Norte distribui?

Juazeiro do Norte e Crato recolhem as lâmpadas inservíveis de 29 municípios?

Quantidade de lâmpadas inservíveis estocadas em Crato e Juazeiro do Norte?

Quantidade de lâmpadas inservíveis estocadas em Fortaleza?

Quantas lâmpadas inservíveis o Centro Logístico Maracanaú recebe de cada departamento e a frequência?

Quantidade de pontos de Iluminação Pública no Estado do Ceará?

Quantidade de pontos de Iluminação Pública no Departamento Sul (Juazeiro)?

Quantas lâmpadas inservíveis são recolhidas por mês?

Qual empresa realiza a coleta e o transporte das lâmpadas inservíveis dos departamentos para Fortaleza?

Qual o custo de recolhimento por lâmpada?

Quais os critérios que a transportadora utilizada para cobrar o valor do transporte de lâmpadas?

Quais os critérios de seleção da empresa transportadora e como se dá essa relação?

Há pessoas treinadas e caminhões adequados para o transporte de cargas perigosas?

A empresa geradora de resíduo fornece o Manifesto de Transporte de Resíduo (MRT) de acordo com a norma 13221, a ficha emergência de acordo com a norma NBR 7503, e se informa a quantidade de lâmpadas enviadas?

Que tipo de contêineres a empresa transportadora utiliza para enviar as lâmpadas para Fortaleza?

Qual é a empresa recicladora de lâmpadas de pós-consumo?

Qual o custo, por lâmpada, para reciclar?

Qual o custo do transporte da máquina descontaminadora de lâmpadas para Fortaleza?

A empresa de desmanche/descontaminação separa as lâmpadas por tipo, tamanho, e armazena em prateleiras comuns?

Como se dá o gerenciamento do estoque das lâmpadas de pós-consumo?

Qual o local de armazenamento das lâmpadas em Fortaleza?

Quantas reciclagens de lâmpadas já aconteceram em Fortaleza?

Já ocorreu algum tratamento de lâmpadas de pós-consumo da Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará na sede da empresa descontaminadora? Quando?

Como se dá o gerenciamento dos materiais reciclados. Quem administra? A Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará ou a empresa recicladora?

Custo do processo parcial da Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará para realizar a descontaminação?

Custo do processo total da Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará para realizar a descontaminação?

**APÊNDICE C – Guia de Entrevista para a empresa de desmanche e/ou
descontaminação de lâmpadas**

**Universidade Federal da Paraíba- UFPB
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEP**

Aquiteta Yllara Maria Gomes de Matos Brasil
Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia – Bloco G
Deptº de Engª de Produção
João Pessoa, Paraíba
Av. Plácido Aderaldo Castelo, 1733, sala 02
Juazeiro do Norte, Ceará
Fone: xx 88 2101 5300
Celular: xx 88 8823 6048
Email: yllarabrasil@yahoo.com.br

**Guia de Entrevista para a empresa que realiza o desmanche e a
descontaminação das lâmpadas de bulbo inservíveis da Iluminação
Pública**

Processo:

Onde se realiza a descontaminação das **lâmpadas de bulbo** inservíveis?

Qual o tipo de máquina/processo utilizado na descontaminação das **lâmpadas de bulbo** inservíveis no ano de 2009 na Distribuidora de Energia Elétrica do Ceará?

Quais são as etapas desse processo de descontaminação/reciclagem das **lâmpadas de bulbo** inservíveis?

Quais são as vantagens desse tipo de descontaminação/reciclagem?

Quais são as desvantagens desse tipo de descontaminação/reciclagem?

Ainda é utilizado o mesmo processo e/ou máquina na descontaminação/reciclagem das **lâmpadas de bulbo** inservíveis, atualmente?

Quanto tempo leva para processar as **lâmpadas de bulbo**?

Quais os materiais extraídos após a descontaminação das **lâmpadas de bulbo**?

Quanto gera de vidro, metal, mercúrio, etc. por quantidade de **lâmpadas de bulbo** descontaminadas?

Quem e como coletam os materiais extraídos do processo de descontaminação?

Onde e como armazenam os materiais extraídos do processo de descontaminação?

Quem e como transportam os materiais extraídos do processo de descontaminação?

Qual destinação final é dada para os materiais extraídos do processo de descontaminação das **lâmpadas de bulbo**?

Volumes:

Quantidades de **lâmpadas de bulbo**, por região e por Estados, descontaminadas/recicladas (hoje)?

Quantidades de **lâmpadas de bulbo** descontaminadas/recicladas mensalmente e anualmente, no Estado do Ceará?

Valores/ Custos:

Processo:

Custo do uso da máquina descontaminadora de **lâmpadas de bulbo**?

Custo do transporte da máquina para o local de descontaminação das **lâmpadas de bulbo**?

Valor, por lâmpada, da descontaminação das **lâmpadas de bulbo**?

Vendas:

Locais e agentes que atuam no processo de venda dos materiais descontaminados das **lâmpadas de bulbo**?

Quem compra os materiais descontaminados das **lâmpadas de bulbo**?

Vidro –
Latão –
Alumínio –
Mercúrio –
Etc.

Preços dos materiais descontaminados das **lâmpadas de bulbo**?

Vidro –
Latão –
Alumínio –
Mercúrio –
Etc.

Investimento:

Custo do processo total da empresa que realiza a descontaminação?

Retorno financeiro do processo total da empresa que realiza a descontaminação?

APÊNDICE D – Roteiro para observar aspectos relacionados à estrutura da concessionária em relação as etapas da logística reversa de lâmpadas pós-consumo

Coleta, movimentação e armazenagem das lâmpadas no Departamento Sul

1. Observar e descrever a estrutura da logística reversa de lâmpadas.
2. Observar e identificar que profissional atua na coleta de lâmpadas após a sua vida útil.
3. Observar e verificar a frequência e critério para a coleta de lâmpadas após a sua vida útil.
4. Observar se os setores da empresa têm consciência da importância da logística reversa de lâmpadas.
5. Observar e verificar a existência de área destinada ao armazenamento do resíduo (lâmpada), e se há separação por tipo.
6. Observar e verificar se há circulação (acessibilidade/seletividade) suficiente para manuseio e movimentação.
7. Observar e identificar que profissional atua nas atividades de movimentação, separação e armazenagem.
8. Observar e verificar se há recipiente hermético (tambores de aço) para o caso de lâmpadas acidentalmente quebradas.
9. Observar que tipo de contêiner (metálicos, tambores, caixa de madeira) as lâmpadas são acondicionadas para serem encaminhadas para o transporte.
10. Observar como se dá a movimentação para o transporte.
11. Observar e identificar quem realiza a coleta e transporte das lâmpadas.

12. Verificar os critérios de seleção dessa empresa e como se dá essa relação.
13. Observar e verificar se há pessoas treinadas e caminhões adequados para o transporte de cargas perigosas.
14. Verificar se a empresa de transporte fornece o Manifesto de Transporte de Resíduo (MRT) de acordo com a norma 13221, a ficha emergencial de acordo com a norma NBR 7503, e se informa a quantidade de lâmpadas enviadas.

Movimentação e armazenagem no momento do desmanche e descontaminação das lâmpadas

15. Observar e identificar a que empresa descontaminadora/recicladora é destinada as lâmpadas de pós-consumo.
16. Observar e verificar a existência de área destinada ao armazenamento do resíduo (lâmpada), e se há separação por tipo, tamanho, em prateleiras comuns.
17. Observar e verificar se há circulação (acessibilidade/seletividade) suficiente para manuseio e movimentação.
18. Observar e identificar que profissional atua nas atividades de movimentação no momento do desmanche e descontaminação das lâmpadas.

APÊNDICE E – Coleta dos quantitativos de lâmpadas coletadas nos dois turnos

 UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO -PPGEP CENTRO DE TECNOLOGIA - CTEC DEPART. DE ENG ^a DE PRODUÇÃO YLLAPA M. G. DE MATOS BRASIL - ARQUITETA E URBANISTA AV. PLÁCIDO ADERBALDO CASTELO, 1733, SL. 02, JOAZEIRO DO NORTE, CEARÁ. fones: (88) 8523 6048 / (88)2101 5300					
RELATÓRIO DE COLETA DE LÂMPADAS INSERVÍVEIS					
DATA	TIPO DO RESÍDUO	QUANTIDADE TURNÓ MANHÃ	QUANTIDADE TURNÓ NOITE	TOTAL	ASSINAT.
01/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
02/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
03/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
04/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
05/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
06/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
07/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
08/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
09/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				

DATA	TIPO DO RESÍDUO	QUANTIDADE TURNOS MANHÃ	QUANTIDADE TURNOS NOITE	TOTAL	ASSINAT.
10/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	OBSERV.
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
11/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
12/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
13/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
14/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
15/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
16/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
17/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
18/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
19/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				

DATA	TIPO DO RESÍDUO	QUANTIDADE TURNOS MANHÃ	QUANTIDADE TURNOS NOITE	TOTAL	ASSINAT.
20/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
21/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
22/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
23/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
24/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
25/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
26/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
27/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
28/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
29/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				

DATA	TIPO DO RESÍDUO	QUANTIDADE TURNOS MANHÃ	QUANTIDADE TURNOS NOITE	TOTAL	ASSINAT.
30/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
31/08/2011	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				
	LÂMPADA QUEIMADA	QUANTIDADE MANHÃ	QUANTIDADE NOITE	TOTAL	
	LÂMPADA QUEBRADA				
	REATOR				