

### III-329 – LÂMPADAS DE MERCÚRIO QUEIMADAS UM RESÍDUO SÓLIDO CAUSADOR DE PROBLEMAS AMBIENTAIS

**Márcia Gonçalves Coelho** <sup>(1,2)</sup>

Engenheira Química pela Universidade Federal de Minas Gerais; Mestre e Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos; Membro da Comissão Gestora de Resíduos da UFU<sup>(1)</sup>; [mgcoelho@ufu.br](mailto:mgcoelho@ufu.br);

**Mauro Marques Burjaili** <sup>(1,2)</sup>

Engenheiro Químico pela UFU<sup>(1)</sup>; Mestre em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro; Doutor em Engenharia de Alimentos pela UNICAMP; Membro da Comissão Gestora de Resíduos da UFU<sup>(1)</sup>; [burjamama@yahoo.com.br](mailto:burjamama@yahoo.com.br);

**Ana Luiza Ferreira Campos Maragno** <sup>(1,3)</sup>

Engenheira Civil pela UFU<sup>(1)</sup>; Mestre e Doutora em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos - USP; Membro da Comissão Gestora de Resíduos da UFU<sup>(1)</sup> (CGR); [analumaragno@gmail.com](mailto:analumaragno@gmail.com);

**Moilton Ribeiro Franco Junior** <sup>(1,2)</sup>

Engenheiro Químico pela UFU<sup>(1,3)</sup>; Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos; Doutor em Engenharia Química pela UNICAMP; Membro da Comissão Gestora de Resíduos da UFU<sup>(1)</sup>; [moilton@ufu.br](mailto:moilton@ufu.br);

**José Luis Petricelli Castineira** <sup>(1,4)</sup>

Bacharel em Física – Físico, Mestre e Doutor pela Universidade Estadual de São Paulo – USP; Membro da Comissão Gestora de Resíduos da UFU<sup>(1)</sup> (CGR); [jlcastineira@ufu.br](mailto:jlcastineira@ufu.br);

**Endereço**<sup>(1)</sup>: UFU - Universidade Federal de Uberlândia; Avenida João Naves de Ávila, 2121; CEP.: 38408-100; Bairro Santa Mônica; Uberlândia, MG

**Endereço**<sup>(2)</sup>: Faculdade de Engenharia Química da UFU<sup>(1)</sup>; Tel.: 34 3239-4292

**Endereço**<sup>(3)</sup>: Faculdade de Engenharia Civil da UFU<sup>(1)</sup>; Tel.: 3239-4135

**Endereço**<sup>(4)</sup>: Instituto de Física da UFU<sup>(1)</sup>

#### RESUMO

Nas instituições de ensino superior, raramente é realizada a gestão adequada de lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio. A prática é depositar esse resíduo em lixo comum, o que agrava a poluição de aterros e lixões, ou armazená-lo inadequadamente, formando um passivo ambiental nos *campi*. Apresenta-se aqui um modelo de gestão desse resíduo gerado nos *campi* da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), onde havia um passivo de cerca de 35.000 de lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio, do tipo fluorescente tubular, armazenadas de forma indevida e em locais inadequados. Esse resíduo foi abordado considerando-lhe os aspectos de manuseio (manipulação e movimentação), manejo (acondicionamento, transporte e armazenamento), escolha da tecnologia a ser utilizada na reciclagem e minimização da geração. Os trabalhos foram realizados por uma equipe formal institucionalizada pela reitoria, e dentro de um planejamento estratégico com a missão de traçar uma política de gestão de todos os resíduos gerados na UFU.

**PALAVRAS-CHAVE:** lâmpadas, pós-consumo, mercúrio, contaminação, resíduos sólidos, destinação final.

#### INTRODUÇÃO

Este trabalho consta de um modelo de gestão, elaborado e executado, das lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio, oriundas dos prédios da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). As atividades foram realizadas por uma comissão – Comissão Gestora de Resíduos (CGR) – que fora institucionalizada pela reitoria para realizar um trabalho de maior amplitude: traçar uma política institucional para gestão de todos os resíduos gerados na UFU. A CGR foi solicitada pela Prefeitura de *Campus* para resolver o problema, veiculado pela mídia local, de armazenamento inadequado, no *campus* da UFU, de lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio, tipo fluorescente tubular. Na reportagem, condenava-se a UFU e elogiava-se a Prefeitura Municipal, que estaria cuidando da reciclagem das lâmpadas queimadas domésticas geradas (Fontes: <http://megaminas.globo.com/2010/03/29/descarte-irregular-de-lampadasfluorescentes-e-um-risco,29/03/2010>; [http://www.centershop.com.br/mostra\\_conteudo.php?referencia=cidade&conteudo=90232&codigo=90232,07/04/2010](http://www.centershop.com.br/mostra_conteudo.php?referencia=cidade&conteudo=90232&codigo=90232,07/04/2010)).

As lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio, do tipo fluorescente, são resíduos que requerem gerenciamento para evitar impactos ao meio ambiente, devido a manuseio, armazenamento e principalmente destinação inadequados. Mercúrio também compõe lâmpadas não fluorescentes, como as de descarga (mista, vapor de mercúrio, vapor de sódio e vapor metálico) (DURÃO; WINDMOOLLER, 2008).

As lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio exigem uma destinação final adequada para evitar a contaminação do meio ambiente e risco à saúde de seres humanos. Quando descartadas, há risco de contaminação por mercúrio por causa da possibilidade de quebra do tubo, o que levaria à emissão de vapores de mercúrio. Embora uma lâmpada quebrada libere apenas uma pequena quantidade de mercúrio, o problema ambiental pode ser gerado pelo efeito acumulativo e persistente desse metal pesado. Além disso, o descarte realizado em aterros não industriais pode fazer com que esses resíduos contaminem o solo e, mais tarde, os cursos d'água, chegando à cadeia alimentar. O ciclo de intoxicação do mercúrio causado pelo descarte inadequado dessas lâmpadas pode ocorrer não só por via respiratória, mas também por via cutânea, devido ao manuseio inadequado. Assim, esse resíduo merece cuidados especiais quanto aos procedimentos de manuseio (retirada/coleta), acondicionamento, transporte, armazenagem e destinação final (SANCHES, 2008).

As lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio são classificadas como resíduo perigoso de fontes não específicas, Classe I, sob o código F044, pela Norma ABNT 10.004/04. Esta norma classifica os resíduos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, indicando aqueles que devem ter manuseio e destinação mais rigidamente controlados (ABNT, 2004).

A vida útil de uma lâmpada de mercúrio é de 3 a 5 anos, ou um tempo de operação de, aproximadamente, 20.000 horas, sob condições normais de uso (ZANICHELII *et al.*, 2004).

Neste trabalho, os resíduos abordados se restringiram às lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio, do tipo fluorescente tubular, por elas terem constituído o passivo ambiental da UFU.

No decorrer dos trabalhos da CGR, a gestão das lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio, juntamente com a de outros resíduos, foi contemplada na Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) (Lei 12305, de 02 de agosto 2010) (BRASIL, 2010), embora já houvesse normas e resoluções para respaldar gestão de lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio, bem como de outros resíduos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, a CGR desenvolveu estudos para conhecimento do resíduo, em termos de qualificação, quantificação e periculosidade dos poluentes.

A CGR realizou, na Prefeitura de *Campus*, um levantamento dos locais de armazenamento das lâmpadas descartadas pela UFU. Em seguida, para caracterização do problema, a CGR visitou esses locais, onde fez registros fotográficos, quantificação visual dos resíduos e avaliação das condições de armazenamento.

Foram realizadas pesquisas sobre gestões desses resíduos empregadas nas seguintes instituições de ensino: Universidade de Campinas – UNICAMP; Universidade Federal de São Carlos – UFSCar; Escola de Engenharia de São Carlos – EESC – USP; Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

Empresas de pequeno, médio e grande porte foram contatadas, eletronicamente e *in loco*, para conhecimento dos procedimentos empregados de gestão desses resíduos, em relação à coleta, armazenamento, transporte e tratamento. Foram pesquisadas e contatadas as seguintes empresas: Apliquim Tecnologia Ambiental, Paulínea (SP); Brasil Recicle, Indaial (SC); Recitec – Reciclagem Técnica do Brasil do Brasil Ltda, Pedro Leopoldo (MG) e Tramppo Recicla Lâmpadas, São Paulo (SP). A CGR visitou uma empresa local, de grande porte e com certificação ISO 14000, para conhecer seus procedimentos empregados na gestão das lâmpadas pós-consumo, contendo mercúrio.

A legislação foi estudada, considerando-se a Constituição Federal, as normas da ABNT e a Política Nacional de Resíduos, aprovada em 02 de agosto de 2010. Esse procedimento foi empregado para respaldar as decisões posteriores da CGR, tomadas com base no conhecimento técnico-científico. O aparato legal foi ponderado harmonicamente com os princípios da educação ambiental, para estabelecer processos de gestão ambiental. A CGR estabeleceu contato com a Secretaria de Serviços Urbanos, para verificar como estava sendo conduzida,

particularmente a destinação, a gestão das lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio, de geração domiciliar, para verificar a possibilidade de execução de ações conjuntas das Prefeituras de *Campus* com Municipal.

## RESULTADOS

Uma lâmpada fluorescente típica é composta por um tubo selado de vidro preenchido com gás argônio à baixa pressão (2,5 Torr) e vapor de mercúrio, também à baixa pressão parcial. A quantidade de mercúrio em uma lâmpada fluorescente pode variar de acordo com o tipo de lâmpada, o fabricante e o ano de fabricação. No Quadro 1, a massa de mercúrio é mostrada, para lâmpadas de diversas potências.

**Quadro 1** – Massa de mercúrio em lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio, do tipo tubular, em gramas (g)

Tipo de Lâmpada	Potência (W)	Massa média de Mercúrio	Variação das massas médias de Mercúrio
Fluorescentes Tubulares	15 a 110	0,015	0,008 a 0,025
Fluorescentes Compactas	5 a 42	0,004	0,003 a 0,010
Luz Mista	160 a 500	0,017	0,011 a 0,045
Vapor de Mercúrio	80 a 400	0,032	0,013 a 0,080
Vapor de Sódio	70 a 1000	0,019	0,015 a 0,030
Vapor Metálico	35 a 2000	0,045	0,010 a 0,170

Fonte: ZANICHEL *et al.*, 2004.

O tubo usado numa lâmpada fluorescente padrão é fabricado com vidro; os terminais são de alumínio ou plástico; os eletrodos são de tungstênio, níquel, cobre ou ferro; o interior do tubo é revestido com uma poeira fosforosa composta por vários elementos, como mostrado no Quadro 2. Uma lâmpada padrão de 40 watts possui cerca de 4 a 6 gramas de poeira fosforosa.

**Quadro 2** - Composição da poeira fosforosa de uma lâmpada fluorescente (mg/kg da poeira fosforosa)

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

Fonte: Mercury Recovery Services, in TRUESDALE *et al.* *apud* ZANICHEL *et al.*, 2004.

### Prática em outras universidades

Mesmo com todos os problemas associados às lâmpadas pós-consumo, contendo mercúrio, poucas instituições de ensino superior realizam a gestão adequada desse resíduo. A prática é depositá-lo em lixo comum, o que agrava a poluição dos aterros municipais, ou armazená-lo inadequadamente, formando um passivo ambiental nos *campi*. Por outro lado, instituições como a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a Federal de São Carlos (UFSCar), a Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP) adotam a conduta de destinação das lâmpadas para empresas recicladoras.

### Caracterização do problema na UFU

Nas atividades de visita aos locais da UFU, de armazenamento das lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio, a CGR verificou que havia dois locais (Figura 1): um interno, no *Campus* Santa Mônica (Figura 1a), e outro externo (Figura 1b). No local interno à UFU, nota-se que as lâmpadas estão dispostas junto com carteiras, mesas, fios, reatores (Figura 1a); no local externo, em sala de barracão, junto com carteiras. Foram quantificadas 35.050 lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio intactas e 50 quebradas, como mostrado na Tabela 1.

### Gestão em empresa certificada

Na visita da CGR a uma empresa local, de grande porte e com certificação ISO 14000, foi verificado que as lâmpadas queimadas são armazenadas em dois contêineres, de aço-carbono, com local para sachê de carvão ativado, para absorver vapores de mercúrio de lâmpadas que se quebrem (Figura 2a). Esses contêineres são dotados de tampa e dispostos a céu aberto. A empresa passará a utilizar contêineres modernos, em resina de poliéster e fibra de vidro, com tampa e filtro com carvão ativo. Os preços dos contêineres variam de R\$685,00

(dimensões de 400x400x650mm; para 100 lâmpadas de 20W) a R\$3.350,00 (dimensões de 1200x1200x2500mm; para 1.000 lâmpadas de 110W). Na frequência de três vezes/ano, as lâmpadas são recolhidas desses contêineres por uma empresa com licença de operação (RECITEC), que as transporta para sua sede, em Pedro Leopoldo (MG), em veículo próprio, adequado. Nessa operação, em Uberlândia, a RECITEC também coleta lâmpadas pós-consumo de outras empresas, o que barateia o frete individual para as empresas geradoras das lâmpadas queimadas. Também, a CGR tomou conhecimento do porta-lâmpadas queimadas (Figura 2b), que previne a ocorrência de quebra e vazamento do mercúrio, para transporte da lâmpada até o local de armazenamento.



**Figura 1.** Locais de armazenamento de lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio: (a) Campus Santa Mônica e (b) barracão externo à UFU, localizado na Rua José Rezende, 5777, Bairro Custódio Pereira.



**Figura 2.** (a) Contêineres construídos em aço-carbono, de fabricação da empresa Apliquim (Paulínia, SP), dispostos a céu aberto, no pátio de empresa local e (b) Recipiente portátil, rígido e resistente, de PVC para transporte até o local de armazenamento definitivo.



**Tabela 1.** Quantidades de lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio armazenadas, na UFU

Local	Fluorescente 16, 20, 32 e 40W	Vapor de sódio (unidades)	Vapor de mercúrio (unidades)	Vapor metálico (unidades)	Quebradas (unidades)
<i>Campus Umuarama</i>	15.000	-	-	-	10
<i>Campus Santa Mônica</i>	20.000	35	05	10	40
<b>Total</b>	<b>35.000</b>	<b>35</b>	<b>05</b>	<b>10</b>	<b>50</b>

**Aparato legal**

Na Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) (Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010) (BRASIL, 2010) destacam-se dois itens fundamentais para uma gestão adequada lâmpadas de mercúrio pós-consumo contendo mercúrio:

- previsão da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (art. 30);
- obrigatoriedade da estruturação e implementação de sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de vários produtos, inclusive lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista (art. 33).

A CGR também constatou a existência de normas e resoluções anteriores à Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), aplicáveis ao gerenciamento das lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio, como indicado no Quadro 3.

**Quadro 3 – Normas e Resoluções aplicáveis às lâmpadas de mercúrio pós-consumo contendo mercúrio**

Norma/Resolução	Conteúdo	Norma/Resolução	Conteúdo
NBR 10004/04	Classificação dos Resíduos Sólidos	NBR 13463/95	Coleta de Resíduos Sólidos
NBR 10005/04	Lixiviação de Resíduos	NR 25	Resíduos Industriais
NBR 10006/04	Solubilização de Resíduos	Resolução CONAMA 06/88	Geração de resíduos nas atividades industriais
NBR 10007/04	Amostragem de Resíduos	Resolução CONAMA 275/01	Simbologia de Resíduos
NBR 12235/92	Armazenagem de Resíduos Sólidos Perigosos	NBR 10157/87	Critérios para projetos, construção e operação de aterros de resíduos perigosos
NBR 13221/94	Transporte de Resíduos	NBR 8418/83	Apresentação de Projetos de aterros de resíduos industriais perigosos

**Soluções existentes e recomendações da CGR para o gerenciamento das lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio**

**Manuseio.** Entende-se por manuseio de um resíduo toda e qualquer manipulação e movimentação do mesmo, desde seu local de origem até o local de seu tratamento ou disposição final. As lâmpadas que contêm mercúrio apresentam risco de contaminação apenas se tiverem o tubo de descarga (ampola) quebrado. No caso de lâmpadas fluorescentes, deve-se ter cuidado especial com relação ao vapor de mercúrio e ao pó de fósforo que são despreendidos das lâmpadas, quando quebradas.

A CGR recomenda que as lâmpadas, em todas as fases de movimentação – retirada, armazenamento e transporte –, devem ser manuseadas com os equipamentos de proteção (EPI's) adequados (luvas, avental, máscaras e botas plásticas) e conforme orientações do Setor de Engenharia de Segurança, realçando-se:

- Quando houver quebra acidental de uma lâmpada em local fechado, a primeira providência deve ser abrir portas e janelas para o ar circular; o local deve ser limpo, de preferência por aspiração; os cacos devem ser coletados de forma a não ferir quem os manipula e colocados em embalagem estanque, com possibilidade de ser lacrada, a fim de evitar a contínua evaporação do mercúrio liberado;

- b) As pessoas devem ser impedidas de comer e fumar durante as operações que envolvam a manipulação de lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio; as pessoas expostas de forma repetida a resíduos de lâmpadas devem ser submetidas a exames médicos periódicos, incluindo a determinação da quantidade de mercúrio e avaliação neurológica.

**Manejo.** O manejo consta das operações de coleta na fonte geradora, acondicionamento em local temporário, transporte até o local de armazenamento definitivo (abrigo) e acondicionamento definitivo (contêiner).

A CGR recomenda:

- a) *Acondicionamento temporário de lâmpadas intactas.* Essas lâmpadas devem ser acondicionadas preferencialmente em suas embalagens originais, protegidas contra eventuais choques que possam provocar a sua ruptura. Caso não seja possível reaproveitar as embalagens originais, devem-se providenciar embalagens confeccionadas com papelão reutilizado, recortado e colado no formato compatível com as lâmpadas, ou utilizar papel de jornal. Uma vez embaladas, as lâmpadas deverão ser acondicionadas em recipiente portátil, rígido e resistente, como sugerido na Figura 2b, e destinadas ao local de armazenamento definitivo. Nunca embutir os contatos elétricos das extremidades da lâmpada, martelando os pinos para o seu interior, pois os orifícios resultantes acarretam o vazamento do vapor de mercúrio.
- b) *Acondicionamento temporário de lâmpadas quebradas (casquilhos).* A coleta deverá ser feita por profissional devidamente treinado e utilizando equipamentos de proteção individual (EPI's) adequados, conforme orientação do setor de Engenharia de Segurança. Haverá dois tipos de resíduos: casquilhos, propriamente ditos, e resíduo químico na forma de pó. Os casquilhos deverão ser embalados em papel de jornal, e o conjunto selado com fita crepe. Após essa operação, o conjunto deverá ser colocado em saco plástico especial (saco plástico liso, transparente, 920x1300, espessura 0,50 mm, baixa densidade, solda fundo reforçada) e, em seguida, em recipiente portátil, rígido e resistente, com tampa, feito com chapa metálica ou material plástico - tipo bombona. O recipiente portátil, contendo o resíduo, deverá ser imediatamente destinado ao local de armazenamento definitivo. O resíduo químico na forma de pó não deverá ser varrido; deverá ser aspirado com aspirador industrial. O piso do local deverá ser coberto com uma fina lâmina de hipoclorito (água sanitária), seguida de uma solução diluída de sulfeto de sódio, em quantidades moderadas para que não escorram, devendo a primeira secar antes de ser aplicada a segunda. O hipoclorito reagirá formando cloreto de mercúrio e por sua vez o sulfeto reagirá com este cloreto, resultando em sulfeto de mercúrio, um pó escuro e fino, estável e insolúvel. Esse pó deverá ser novamente aspirado e o resíduo contido no saco de coleta do aspirador deverá ser destinado imediatamente para o local de armazenamento e acondicionamento definitivos.
- c) *Armazenamento definitivo (abrigo).* Entende-se por armazenamento definitivo (abrigo) de resíduos a sua contenção em local dentro da UFU, em área autorizada pelo órgão de controle ambiental, à espera de coleta por empresa recicladora, desde que atenda às condições básicas de segurança (ABNT – NBR 12235/1992). (i) Em nenhuma hipótese as lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio poderão ser estocadas “*in natura*” a céu aberto; (ii) Um local a ser utilizado para o armazenamento deve ser tal que o perigo de contaminação ambiental seja minimizado; (iii) A estocagem deve ser em área separada (princípio da segregação dos resíduos) e demarcada (recomenda-se marcar a área (sinalizar) com as palavras “lâmpadas pós-consumo, contendo mercúrio”); (iv) O local para armazenamento deverá ser coberto e bem ventilado, protegido do sol e das chuvas, e possuir uma base de concreto ou outro material que impeça a lixiviação e percolação de substâncias para o solo e águas subterrâneas. Deve ainda possuir um sistema de drenagem e captação de líquidos contaminados para que sejam posteriormente tratados.
- d) *Acondicionamento definitivo.* (i) O acondicionamento definitivo deve ser feito de modo a não alterar a quantidade/qualidade do resíduo; em nenhuma hipótese, as lâmpadas devem ser quebradas para serem armazenadas, pelo risco de contaminação ambiental e à saúde humana; (ii) O acondicionamento definitivo deverá ser feito em contêineres (em resina de poliéster e fibra de vidro, com tampa selada e filtro com carvão ativo, para reter eventuais fugas de mercúrio de lâmpadas que se rompam durante o manuseio). Esses contêineres devem proteger as lâmpadas contra impactos acidentais e auxiliar o transporte pela empresa recicladora. Neles serão acondicionadas as lâmpadas intactas e as quebradas acondicionadas conforme orientações indicadas anteriormente; (iii) Os contêineres deverão ser devidamente rotulados de modo a possibilitar uma rápida identificação dos resíduos armazenados; (iv) Os contêineres deverão estar sempre fechados, exceto na manipulação, adição ou remoção de lâmpadas; (v) As operações de transferência, armazenamento, adição, retirada, abertura e fechamento dos contêineres devem ser executadas com pessoal dotado do Equipamento de Proteção Individual (EPI) adequado; (vi) Os contêineres devem ser dispostos na área de armazenamento, de tal forma que possam ser inspecionados visualmente (a inspeção da área deve ser realizada periodicamente).

**Tecnologia para destinação das lâmpadas.** O maior esforço, em termos de gestão, tem sido a prevenção de geração e a reciclagem (cerca de 99% dos constituintes das lâmpadas são materiais facilmente recicláveis). Por meio da reciclagem, as alternativas de solução ambientalmente mais indicadas são os processos térmicos e a lixiviação ácida, que permitem a recuperação do mercúrio (DURÃO JR, W.A.; WINDMOOLLER, C. C., 2008). Existem vários sistemas de reciclagem em operação em diversos países da Europa, EUA e Japão. No Brasil, existem empresas como a Recitec (Pedro Leopoldo, MG), Apliquim (Paulínia, SP), Mega Reciclagem (Curitiba, PR), Brasil Recicle (Indaial, SC) e Sílex (Gravataí, RS). (NAIME E GARCIA, 2004) *apud* DURÃO JR, W.A.; WINDMOOLLER, C. C., 2008. A reciclagem se inclui, portanto, nas soluções para o problema de descarte de lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio, dentro de um conceito de cadeia de distribuição reversa, evitando-se que as mesmas sejam dispostas em aterros e lixões. Esse conceito de cadeia de distribuição reversa, ou logística reversa, consiste do conjunto de etapas onde fluem os produtos de pós-consumo, possibilitando que estes retornem ao ciclo produtivo direto ou tenham seus componentes reaproveitados em mercados secundários. (LEITE, 2003 *apud* SANCHES, 2008) Garante-se assim a preservação do meio ambiente e o uso sustentável dos recursos. A logística reversa está definida na PNRS (art. 3º/XII) como “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”. (BRASIL, 2010). Na reciclagem das lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio recuperam-se o mercúrio, o alumínio e outros metais, o vidro e o pó de fósforo, que podem ser reaproveitados tanto na construção de novas lâmpadas como na produção de outros produtos. O restante do material contaminado, que não puder ser reciclado, pode ser disposto em aterro sanitário comum. Recupera-se, pela reciclagem, 98% da matéria prima utilizada na fabricação de lâmpadas fluorescentes, possibilitando que estes materiais de pós-consumo sejam reintegrados ao processo produtivo das próprias lâmpadas ou de outros produtos. (SANCHES, 2008).

A CGR recomenda que as lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio sejam enviadas para reciclagem em empresas devidamente credenciadas em órgão ambiental estadual. Ressalte-se que o processo térmico, devidamente controlado, é a melhor alternativa atual (ZANICHEL *et al.*, 2004). A tecnologia que utiliza o sistema “*bulb eater*” (papa-lâmpadas), apesar de sua facilidade operacional e mobilidade, e proporcionalmente mais barato que outras tecnologias, a CGR não recomenda, por apresentar uma taxa de emissão de mercúrio para o meio ambiente, no processo de reciclagem.

**Recomendações da CGR quando a aspectos gerais sobre a gestão de lâmpadas na UFU.** A estratégia de gestão dos resíduos de lâmpadas deverá obedecer aos seguintes princípios:

- a) Prevenção e minimização da geração do resíduo de lâmpadas contendo mercúrio, através de estudos sobre aproveitamento de luz natural nos blocos já construídos e nas construções futuras, e da substituição por outras fontes de iluminação que não contenham ou contenham menores quantidades de mercúrio.
- b) Educação e treinamento de alunos e servidores em relação à eficientização do uso de energia elétrica.
- c) Uso da mídia interna para a conscientização da comunidade interna e externa à UFU sobre os aspectos e impactos ambientais das lâmpadas contendo mercúrio e as práticas ambientalmente corretas quanto ao seu gerenciamento.
- d) Treinamento e Conscientização dos servidores da UFU que manuseiam lâmpadas contendo mercúrio, pré e pós-consumo.
- e) Elaboração de normas internas para o manuseio de lâmpadas contendo mercúrio desde a sua compra até a sua destinação final, com todos os setores envolvidos.
- f) Uma vez que este trabalho dedica-se à abordagem das lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio, nenhuma consideração foi feita sobre o armazenamento e acondicionamento das lâmpadas pré-consumo, contendo mercúrio. Procedimentos de segurança deverão ser indicados pelo setor de Engenharia de Segurança da UFU, a fim de se avaliarem riscos quanto ao manuseio e armazenamento dessas lâmpadas pré-consumo, contendo mercúrio.
- g) A administração da UFU envolva a Prefeitura Municipal de Uberlândia na solução da coleta, tratamento e disposição final de resíduos urbanos, já que é de responsabilidade do município o gerenciamento ambientalmente correto de tais resíduos, em que se incluem as lâmpadas pós-consumo, contendo mercúrio.
- h) Envolvimento da CGR na etapa de escolha da tecnologia a ser utilizada na reciclagem de lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio utilizadas na UFU.

## CONCLUSÕES

A CGR apresentou para a Prefeitura de *Campus* um modelo de gestão das lâmpadas pós-consumo, contendo mercúrio, incluindo, não só uma destinação – a mesma proposta por outras universidades, isto é, destinação para empresas recicladoras -, mas todo um elenco de ações que consideram o manuseio (manipulação e movimentação), o manejo (acondicionamento, transporte e armazenamento) e a minimização da geração, indicando a tecnologia de moagem com tratamento térmico, já que a mesma promove a recuperação do mercúrio, a reciclagem dos constituintes das lâmpadas e não gera resíduo perigoso. Instituições como a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), a Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP) e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) adotam conduta semelhante.

Não há um sistema municipal de coleta lâmpadas pós-consumo contendo mercúrio, que poderia recolher as lâmpadas da UFU, conjuntamente com as de outros geradores do município, além das de geração doméstica. A Prefeitura Municipal não adotou uma solução ambientalmente correta de tratamento/disposição final de lâmpadas pós-consumo, contendo mercúrio. A solução adotada foi a reciclagem com tecnologia “papa-lâmpadas”, que gera mercúrio para a atmosfera. As soluções ambientalmente mais indicadas são os processos térmicos e a lixiviação ácida, que permitem a recuperação do mercúrio.

A Prefeitura de *Campus* deverá elaborar um elenco de medidas preventivas para a redução da utilização de lâmpadas fluorescentes, em termos qualitativos e quantitativos, através da substituição por outras fontes de iluminação que contenham menores quantidades de mercúrio, incluindo-se a revisão de aspectos arquitetônicos de seus prédios para permitir o aproveitamento de energia solar substitutiva parcialmente da energia elétrica para iluminação, além de ações de conscientização para condutas operacionais de usuários, nos prédios de aula e administrativos, que levem à economia de energia. A destinação das lâmpadas pós-consumo para tratamento e disposição final constitui uma das etapas dentro da hierarquia de gestão de resíduos, sendo necessário percorrer ainda os caminhos da prevenção e minimização de sua geração. Portanto, uma mudança de postura necessária rumo à sustentabilidade é um grande desafio para Universidade Federal de Uberlândia, face às dificuldades e barreiras a serem vencidas, sejam elas de ordem cultural, metodológica, técnica, financeira e político-institucional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10.004: **Resíduos sólidos – Classificação**, 2004.
2. BRASIL, **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010**, [www.planalto.gov.br/...2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/...2010/2010/lei/112305.htm), acesso em 11/05/2011.
3. DURÃO JR, W.A.; WINDMOOLLER, C. C. **A questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes**. Química Nova na Escola, p. 15-19, n. 28, maio 2008.
4. SANCHES, E.S.S. **Logística Reversa de Pós-Consumo do Setor de Lâmpadas Fluorescentes**. V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Salvador, BA, agosto 2008.
5. <http://megaminas.globo.com/2010/03/29/descarte-irregular-de-lampadasfluorescentes-e-um-risco,29/03/2010>.
6. [http://www.centershop.com.br/mostra\\_conteudo.php?referencia=cidade&conteudo=90232&codigo=90232,07/04/2010](http://www.centershop.com.br/mostra_conteudo.php?referencia=cidade&conteudo=90232&codigo=90232,07/04/2010).
7. ZANICHEL, C. ; PERUCHI, I. B.; MONTEIRO, L. A.; JOÃO, S. A. DA S.; CUNHA, V. F. **Reciclagem de lâmpadas Aspectos Ambientais e Tecnológicos**, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, SP, 2004.