

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO
SHS 0382 – SUSTENTABILIDADE E GESTÃO AMBIENTAL

Análise da geração e descarte de lâmpadas na USP São Carlos.

JOSEFINA DIB Nº USP: 8957496

SÃO CARLOS
2018

SUMÁRIO

RESUMO	2
DIÁGNOSTICO PARTE 1	2
DIAGNÓSTICO PARTE 2	5
PRÁTICAS DE REFERÊNCIA	8
PROPOSTA DE AÇÕES DE INTERVENÇÃO TECNOLÓGICA, E INDICADORES ASSOCIADOS	10
PROPOSTA DE AÇÕES DE GESTÃO E INDICADORES ASSOCIADOS	12
ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL	13
CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
APÊNDICE	21

1. RESUMO

O projeto possui como objetivo analisar a geração e descarte de lâmpadas no Campus 1 da USP São Carlos como um todo e também por instituto. Atualmente, são geradas aproximadamente 7000 lâmpadas na USP São Carlos, as quais são enviadas para tratamento de descontaminação e reciclagem por uma empresa licenciada. Apesar de haver o descarte adequado, o registro histórico sobre a geração do resíduo por tipologia e a compra ser realizada por demanda, ainda há alguns pontos a serem melhorados. Ainda há dificuldade de acesso às informações sobre a geração do resíduo e seu descarte, e a empresa que o faz é escolhida em função do custo ao invés da metodologia utilizada. Ademais, há falta de padronização sobre o descarte. Por outro lado, em função do diagnóstico e dificuldades levantadas, existem algumas oportunidades como facilidade na padronização e transparência do processo, diminuição da taxa de geração do resíduo em função do aumento da eficiência no processo de compra, e possibilidade de trocar tecnologia e/ou lâmpada utilizada. As maiores ameaças seriam o aumento de custo para a universidade, o aumento de tarefas e etapas de gerenciamento no trabalho do USP Recicla, além de haver opções limitadas de tecnologias disponíveis na região. Finalmente, considerando as análises de viabilidade ambiental e econômica, sugere-se fazer o uso de lâmpadas LED, já que estas possuem menor impacto ambiental, devido à ausência de mercúrio e possibilidade de reciclagem, e menor custo, devido à maior eficiência e ciclo de vida. No entanto, é importante ressaltar que a substituição das lâmpadas existentes deve ser feita somente após o término da vida útil, para não gerar um resíduo adicional. Destaca-se também a importância de um plano de gestão detalhado e transparente, que padronize os procedimentos de descarte e reciclagem das lâmpadas, além de aumentar o acesso à essas informações por parte de toda a comunidade, a fim de aumentar a eficiência do processo e diminuir o risco de desperdícios (lâmpadas quebradas).

2. DIAGNÓSTICO PARTE 1

Cenário USP São Carlos

Atualmente, as lâmpadas da USP São Carlos são coletadas pelo USP Recicla, unidade responsável pelo gerenciamento de resíduos sólidos da USP São Carlos, como estabelecido pela Portaria GR Nº 5438, de 22 de Dezembro de 2011. A instituição deve atuar de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

De acordo com informações levantadas em uma visita ao USP Recicla, fornecidas por Maria Cecília H. T. Cavalheiro (chefe da seção de laboratório de resíduos químicos e responsável pelo envio de resíduos do USP Recicla) a coleta das lâmpadas é feita ao longo do ano todo, sendo que no final do ano contabilizam-se as lâmpadas destinadas ao tratamento, e no começo do ano seguinte é feito o envio para o tratamento. Dessa maneira, os dados apresentados de 2018, são em relação ao ano de 2017, e assim respectivamente para os dados dos outros anos.

O volume de material enviado para tratamento é proveniente da junção das lâmpadas de todos os institutos do Campus, tanto 1 quanto o 2. As informações coletadas sobre o número de lâmpadas está apresentada nas Figuras 1 a 3, por instituto.

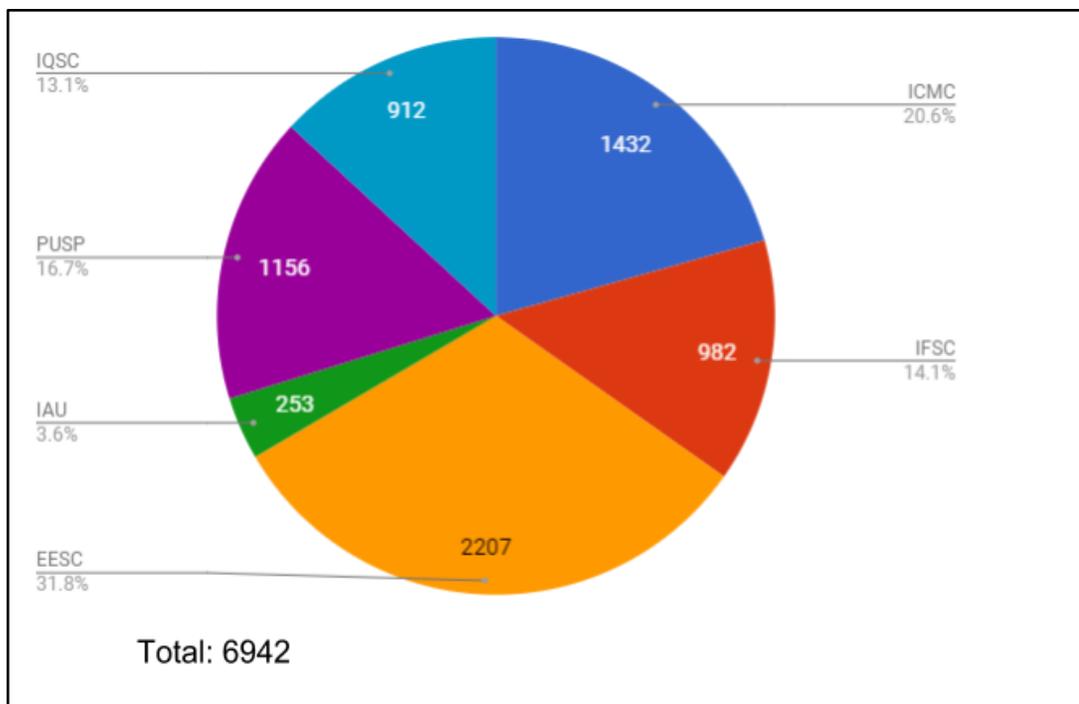


Figura 1. Número de lâmpadas enviadas para tratamento em 2018, por instituto.

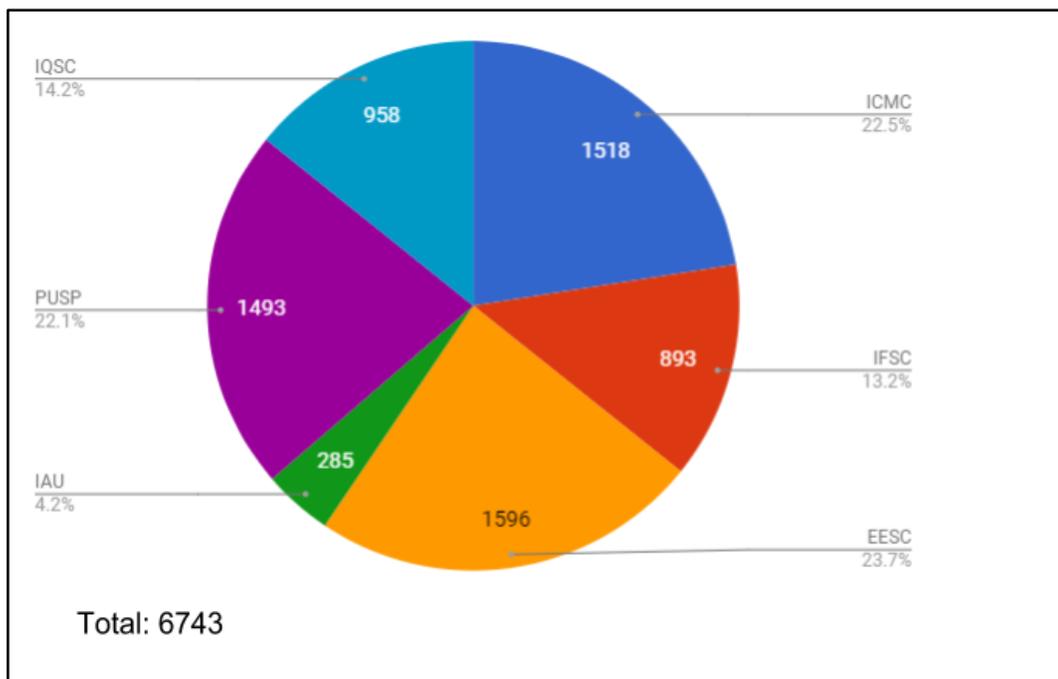


Figura 2. Número de lâmpadas enviadas para tratamento em 2017, por instituto.

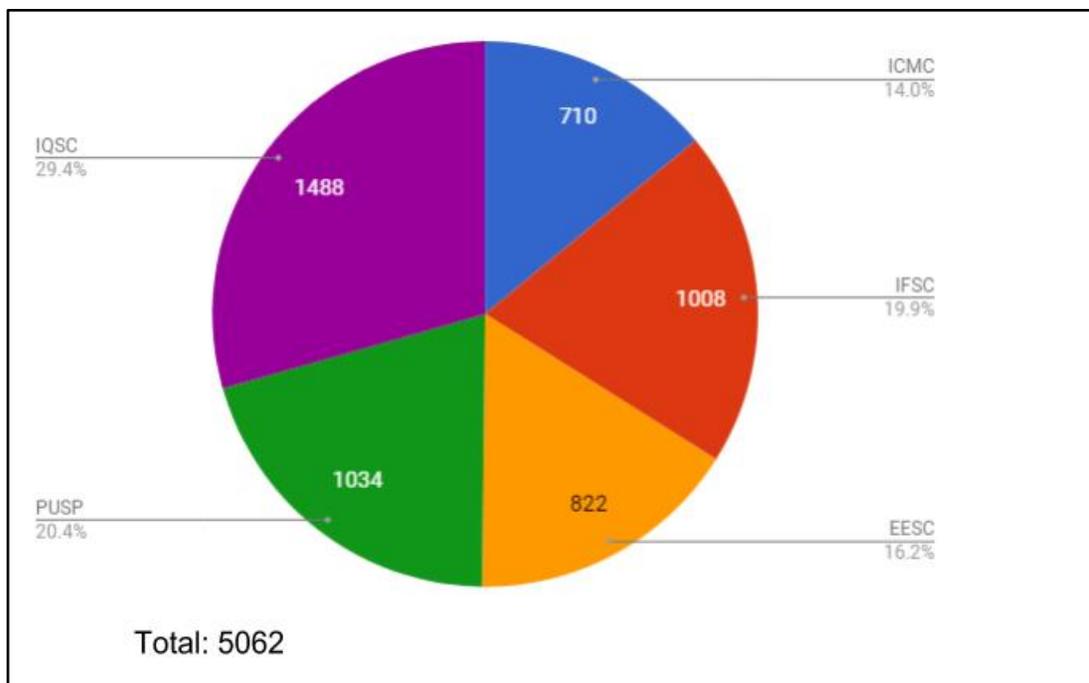


Figura 3. Número de lâmpadas enviadas para tratamento em 2016, por instituto.

Além da geração de lâmpadas por instituto, foi informada a geração do Campus por tipo de lâmpada, conforme a Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Quantidade de lâmpadas enviadas para tratamento, segundo seu tipo, nos últimos 3 anos.

Tipo de lâmpada	Quant. 2018 (un)	Quant. 2017 (un)	Quant. 2016 (un)
Fluorescentes tubulares	6291	6090	4727
Fluorescentes compactas	602	542	275
Vapor de sódio ovóide	21	72	42
Vapor metálico tubular	17	22	10
Incandescente	11	-	-
Dicrónica	-	17	-
Vapor mista ovóide	-	-	9
Quebradas	-	-	42

Além disso, foi informado que o número acumulado atualmente (até Março de 2018) já é de 2000 lâmpadas. É importante ressaltar que para os dados de 2016, foram incluídas 41 lâmpadas quebradas no volume total de lâmpadas da PUSP-SC. Para os outros anos não foram registradas lâmpadas quebradas, porém essas lâmpadas além de serem contabilizadas

nos resíduos, também são enviadas normalmente para tratamento. Como a estimativa do número de unidades quebradas é difícil, é informado também o peso em kg.

Ademais, outras informações obtidas do USP Recicla foram a forma como o tratamento é definido e o custo do mesmo. Para definir a empresa que vai realizar o tratamento, o procedimento é feito por licitação, na qual a empresa que oferecer o menor custo é escolhida. Atualmente, o tratamento é a descontaminação total, e possui um custo de R\$ 0,80 por lâmpada. A descontaminação total consiste na separação dos terminais (componentes de alumínio, soquetes plásticos e estruturas metálico-eletrônicas), do vidro (em forma de tubo, cilindro ou outro formato), do pó fosfórico (pó branco contido no interior da lâmpada) e do mercúrio, que será recuperado em seu estado líquido elementar. O vidro e o alumínio são reaproveitados.

Os custos atuais da USP para o descarte correto do total de lâmpadas e o aumento do custo e na geração de resíduo ao longo do período analisado encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Custo do descarte e tratamento das lâmpadas, e crescimento da geração do resíduo.

Ano	Custo (R\$)	Aumento em relação ao ano anterior (%)
2018	5553,6	2,9
2017	5394,4	24,9
2016	4049,6	-

Dessa maneira, percebe-se um aumento significativo no resíduo gerado, e consequentemente no custo, para a USP São Carlos do ano de 2016 para 2017. Em parte, isso deve-se ao fato de que o IAU contribuiu na quantidade lâmpadas em 2016, porém teve em 2017, gerando um aumento de mais de 200 lâmpadas. Além disso, o número de lâmpadas aumentou significativamente por instituto, especialmente a contribuição proveniente da EESC.

Concluindo, através deste diagnóstico inicial é possível perceber um aumento significativo de resíduos de lâmpadas ao longos dos 3 anos observados. Para os próximos passos, deve-se entender o motivo desse aumento e propor planos de ações para tentar reduzir a geração e otimizar o tratamento desse resíduo.

3. DIAGNÓSTICO PARTE 2

Compra de lâmpadas na USP São Carlos

Atualmente na USP São Carlos, a compra de lâmpadas fica a cargo do departamento de compras da Prefeitura do Campus. Além disso, existe um estoque de lâmpadas, porém este é limitado. A compra das lâmpadas pode ser feito por um instituto conforme uma demanda mais urgente surgir, porém há uma reserva máxima de 8000 reais para compra de aparelhos eletrônicos, não somente lâmpadas.

Nos demais casos, a compra é realizada por licitação. O pedido feito deve ser aprovado pelo diretor do departamento de compras. De modo geral, a licitação para compra de lâmpadas ocorre quando se tem uma inspeção e não há lâmpadas suficientes no estoque para realizar as trocas necessárias.

Cenário de outros campi da USP

Seguindo a política ambiental da USP, os campi de São Paulo e Ribeirão Preto também possuem um sistema de coleta e descarte adequado de lâmpadas, que funciona de maneira similar ao da USP de São Carlos.

Em relação ao campus da USP de Ribeirão Preto, o recebimento, armazenamento e o encaminhamento da descontaminação das lâmpadas fica à cargo da Prefeitura do campus (PUSP-RP). Um estudo fez um levantamento do histórico do número de lâmpadas encaminhadas para descontaminação, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Lâmpadas Fluorescentes queimadas enviadas para descontaminação e reciclagem no período de 1996 a 2011 no Campus USP Ribeirão Preto.

Ano	Nº de lâmpadas enviadas para descontaminação
1996	1.598
1997	2.121
1998	4.665
1999	1.716
2000	4.054
2001	2.548
2002	3.381
2003	1.869
2004	2.001
2005	5.227
2006	3.44
2007	5.37
2008	5.734
2009	5.612
2010	6.34
2011	5.5
2012	8.035

Além das informações presentes na Tabela 2, foi registrado que entre 1996 e 2011 houve uma mudança na empresa contratada para realizar a descontaminação. Além disso, em 2008 houve o encaminhamento de 80kg de lâmpadas quebradas e em 2011 houve o encaminhamento de 240 lâmpadas mistas, além das fluorescentes.

Assim, é possível notar que a geração de lâmpadas do campus da USP de Ribeirão preto é similar e levemente superior à geração registradas no campus de São Carlos. No entanto é importante ressaltar que o campus de São Carlos possui uma população de aproximadamente 10000 pessoas (considerando docentes, funcionários e alunos da pós e graduação), enquanto o campus de Ribeirão possui aproximadamente 17000 pessoas, o que justifica a maior geração do resíduo.

Em relação ao campus de São Paulo, o descarte adequado das lâmpadas fica a cargo do Serviço Técnico de Gestão de Resíduos da Prefeitura do Campus USP da Capital (PUSP-C). Para ter acesso ao serviço de descontaminação, as unidades do campus devem seguir os seguintes procedimentos:

1. Separar as lâmpadas e acondicioná-las nas caixas de papelão que vieram do próprio fornecedor, ou nas caixas oferecidas pela PUSP-C caso necessário.
2. Preenchimento de um rótulo de “Resíduo Industrial Perigoso” a ser colocado na caixa de papelão em que estão acondicionadas as lâmpadas.
3. Preenchimento de um formulário com o pedido para descontaminação em duas vias, uma para o Galpão de Resíduos no ato da entrega das lâmpadas, e a outra servirá como recibo, que permanece na Unidade para comprovação do descarte correto.
4. Entrega das caixas de papelão identificadas no Galpão do Serviço Técnico de Gestão de Resíduos e Recursos Naturais da PUSP-C, de acordo com um calendário estabelecido. O Galpão funciona de segunda a sexta-feira, das 07h30 às 10h30 e das 12h30 às 15h30.

Estão registradas na Tabela 4 o número de lâmpadas dos últimos dois contratos feitos pela PUSP-C, dos campi Armando de Salles Oliveira – CUASO, Quadrilátero da Saúde e Escola de Escola de Artes – QSD e Ciências e Humanidades – EACH.

Tabela 4. Quantidade de lâmpadas encaminhadas para descontaminação nas unidades da USP Capital.

Quantidade de lâmpadas tratadas	2015/2016	2016/2017
Inteiras (unidades)	48.000	58.343
Quebradas (kg)	150,5	182,1

Assim, percebe-se que a geração no campus de São Paulo é muito maior em comparação aos campus de São Carlos e Ribeirão Preto. Isso deve-se principalmente ao fato

de que o campus possui um porte e quantidade de pessoas muito maior, com aproximadamente 80 a 100 mil pessoas circulando diariamente. Além disso, é importante ressaltar que há uma maior facilidade de acesso aos dados referentes a esses resíduos, por parte de qualquer pessoa, algo que não ocorre tão facilmente no campus da USP São Carlos.

4. PRÁTICAS DE REFERÊNCIA

Segundo o relatório da A3P (Agenda Ambiental na Administração Pública) divulgado pelo Ministério do Meio Ambiente, um dos resíduos gerados em maior quantidade pela administração pública são lâmpadas fluorescentes. Ainda, ressalta-se que uma das desvantagens do uso de lâmpadas fluorescentes em relação às incandescentes é o fato de possuírem mercúrio, apesar do menor consumo de energia. No entanto, como uma das medidas propostas de compras públicas sustentáveis, recomenda-se o uso exclusivo de lâmpadas fluorescentes tubulares pela sua maior eficiência energética na elaboração de obras públicas. Dessa maneira, a o gerenciamento específico desse resíduo é de extrema importância, a fim de garantir a menor geração possível e seu descarte adequado (MMA, 2009).

Segundo outro documento publicado pelo MMA em 2014, a melhor maneira de realizar o descarte das lâmpadas queimadas é colocá-las nas embalagens originais e protegidas contra choques mecânicos para evitar sua quebra. Depois de embaladas adequadamente, o transporte deve ser feito em um recipiente resistente até a empresa de reciclagem, que deve estar devidamente licenciada pelos órgãos ambientais competentes (MMA, 2014).

Além disso, segundo um ranking elaborado pelo Greenmetrics em 2017, a instituição com a melhor classificação de gerenciamento de resíduos foi a Universidade de Wageningen, da Holanda. A universidade possui um sistema de gestão de resíduos baseado na metodologia de Hierarquia de Resíduos de Lansinsk, como demonstrado pela Figura 4.



Figura 4. Hierarquia de Resíduos de Lansinsk.

Essa ferramenta visa organizar a gestão dos resíduos através de um sistema de priorização. Assim, tem-se as etapas de prevenção, reuso, reciclagem, recuperação, e disposição, na qual os métodos que possuem ou geram menos impacto ambiental devem ser priorizados, assim como resíduos mais complexos. Em relação aos resíduos eletrônicos, a

Universidade submete-se às Diretrizes WEEE (*Waste Electrical & Electronic Equipment*) da Comissão Europeia, que se referem à redução de impacto do lixo eletrônico e seu gerenciamento, a fim de proteger os recursos naturais e saúde pública. Ademais, a Universidade de Wageningen adota o uso exclusivo de lâmpadas de LED para economia de energia. Uma vez descartadas, as lâmpadas passam por um processo de descontaminação e reciclagem, que recupera os metais. No ano de 2016, a Universidade de Wageningen reciclou 1140 kg de lâmpadas e outros objetos contendo mercúrio.

Outro caso exemplar é o da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a qual possui norma técnica sobre os procedimentos de substituição, armazenamento e destinação de lâmpadas, instituída pela Portaria nº009 de 04 de Abril de 2005. Sobre o procedimento de substituição, a norma diz que as lâmpadas devem ser acondicionadas na embalagem original (com uma identificação de que está queimada) e então encaminhadas a uma área de armazenamento específico desse resíduo, no Setor de Manutenção. Já sobre o armazenamento, as lâmpadas devem ser retiradas das embalagens individuais e colocadas em contêineres pequenos especiais para esse tipo de resíduo, desenvolvido pelo Departamento de Planejamento Físico e Obras (DPFO) da própria universidade. As lâmpadas quebradas são colocadas em contêiner separado. Uma vez feito esse procedimento, deve-se preencher um formulário de controle de troca de lâmpadas queimadas, a qual informa a quantidade de lâmpadas que devem ser trocadas e a data da troca. Para os procedimentos de substituição e armazenamento, o responsável é o eletricista do Setor de Manutenção.

Sobre o procedimento de destinação, uma empresa é contratada para realizar a descontaminação do resíduo, sendo este um serviço pago e gerenciado pelo Setor de Compras do DPFO. O encaminhamento de contêineres cheios para a empresa responsável pelo tratamento e a disponibilização de contêineres vazios para as unidades da instituição, assim como o arquivo das informações de volume de lâmpadas e formulários de troca são feitos pelo Serviço de Segurança do Trabalho do DPFO. Finalmente, o acompanhamento desses procedimentos, a assessoria técnica aos departamentos envolvidos e a fiscalização da empresa contratada são responsabilidade do Programa de Gestão de Resíduos Sólidos (DSG) e do Serviço de Segurança do Trabalho do DPFO.

5. PROPOSTA DE AÇÕES DE INTERVENÇÃO TECNOLÓGICA, E INDICADORES ASSOCIADOS

Segundo um estudo realizado por Zanicheli et. al. em 2004, o qual analisou e verificou os impactos ambientais provenientes do ciclo de vida de lâmpadas, verificou que diferentes tipos de lâmpadas possuem diferentes níveis de mercúrio, sendo este um dos componentes mais nocivos ao ambiente e ao ser humano presente na composição de todos os tipos de lâmpadas. Os dados encontram-se na Tabela 5.

Dessa maneira, é possível classificar o nível de impacto ambiental das lâmpadas, em função de sua tipologia, de modo a auxiliar o entendimento do impacto proveniente deste tipo de resíduo.

Tabela 5. Quantidade de mercúrio presente em cada tipo de lâmpada e sua variação conforme a potência.

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

Além disso, o estudo também analisa as diferentes tecnologias e alternativas existentes de descontaminação e reciclagem de lâmpadas descartadas, incluindo suas limitações. Uma das tecnologias existente é a moagem simples, na qual não há separação dos componentes mas apenas a captação de parte do mercúrio existente nas lâmpadas, sendo a única técnica que permite a recuperação de mercúrio a partir de lâmpadas fluorescentes compactas.

Um outro processo é o tratamento por sopro, como uma alternativa para a reciclagem do vidro, porém esta técnica não faz a remoção de todo o mercúrio da lâmpada, porém possui a limitação que o processo apenas evita que o mercúrio na forma gasosa escape para o meio ambiente.

Já a moagem com tratamento térmico é a mais utilizada, na qual ocorre a separação dos componentes (terminais de alumínio, pinos de latão/ componentes ferro-metálicos, vidro, poeira fosforosa rica em mercúrio e isolamento baquelítico) e a destilação do mercúrio. Assim, esta é a melhor alternativa existente no momento, pois ao contrário das outras apresentadas, esta promove a recuperação do mercúrio, possibilita a reciclagem dos constituintes das lâmpadas e não gera resíduos perigosos que seriam destinados a aterros. No entanto, este processo possui um custo mais elevado. Além disso, é importante ressaltar que não existe tecnologia para a reciclagem de lâmpadas incandescentes.

Segundo informações do diagnóstico, o histórico dos tipos de lâmpadas gerados varia ao longo dos anos, sendo composto principalmente por lâmpadas fluorescentes tubulares. Além disso, é importante notar que no ano de 2018 foram descartadas 11 lâmpadas incandescentes, para as quais não existe tratamento e possibilidade de reciclagem. Portanto, tendo em vista as informações levantadas, conclui-se que deve-se priorizar o processo de moagem com tratamento térmico e sugere-se o uso dos seguintes indicadores:

- Nível de geração: nº de lâmpadas/ha (em função da área do campus ou outra instituição)
- Nível de impacto ambiental, em função do nível de mercúrio de acordo com o tipo de lâmpada.:
 - 1 - baixo: Fluorescentes Compactas
 - 2 - médio: Fluorescentes Tubulares, Luz Mista e Vapor de Sódio
 - 3 - alto: Incandescente (não reciclável), Vapor de Mercúrio e Vapor Metálico

Os indicadores propostos foram calculados para os campi estudados anteriormente (USP São Paulo, USP Ribeirão e USP São Carlos).

Tabela 6. Nível de geração por campi, em relação aos dados mais recentes.

Campi USP	Ano	Nível de geração (nº de lâmpadas/ha)
São Carlos	2018	51.7
São Carlos	2017	50.2
Ribeirão Preto	2012	13.7
Ribeirão Preto	2011	9.4
São Paulo	2017	7.6
São Paulo	2016	6.3

Tabela 7. Impacto Ambiental gerado pelas lâmpadas na USP São Carlos.

Tipo de lâmpada	Quant. 2018 (un)	Quant. 2017 (un)	Quant. 2016 (un)	Impacto Ambiental
Fluorescentes tubulares	6291	6090	4727	Médio
Fluorescentes compactas	602	542	275	Baixo
Vapor de sódio ovóide	21	72	42	Médio
Vapor metálico tubular	17	22	10	Alto
Incandescente	11	-	-	Alto
Dicrónica (Vapor de mercúrio)	-	17	-	Alto
Vapor mista ovóide	-	-	9	Médio
Quebradas	-	-	42	-

Analisando os indicadores, percebe-se que o impacto da geração de lâmpadas na USP São Carlos é significativo, e devem ser tomadas medidas para melhorar esse cenário. Segundo a Tabela 6, percebe-se que o nível de geração de resíduo de lâmpadas da USP de São Carlos é muito superior em comparação ao dos outros dois campi, sendo no mínimo 4 vezes maior. Além disso, segundo a Tabela 7 percebe-se que o descarte de lâmpadas incluiu no último ano (2018) uma pequena, porém não menos significativa, quantidade de lâmpadas com alto impacto ambiental, devido ao seu alto teor de mercúrio na composição. Além disso, a maior quantidade de lâmpadas descartadas é de médio impacto, ou seja, contém uma quantidade relativamente alta de mercúrio. É importante ressaltar que apesar do fato de que o mercúrio é

passível de recuperação e aproveitamento por parte de diversas tecnologias de reciclagem de lâmpadas, ele ainda apresenta um potencial risco ambiental alto e portanto, é importante optar por opções que diminuam seu teor à menor quantidade possível. Portanto, sugere-se para o campus de São Carlos inserir mais restrições quanto ao tipo de lâmpada no ato do compra.

6. PROPOSTA DE AÇÕES DE GESTÃO E INDICADORES ASSOCIADOS

O gerenciamento adequado do descarte de lâmpadas é algo extremamente importante para otimizar seu aproveitamento, e assim, reduzir ao máximo danos ambientais. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, lâmpadas fluorescentes são obrigatoriamente passíveis de logística reversa, uma prática de gerenciamento muito importante. No caso da USP São Carlos e das outras universidades analisadas, a logística reversa não é colocada em prática. Assim, torna-se evidente que são poucas as empresas que a praticam de fato e de modo eficiente.

No entanto, tem-se o caso da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), na qual a coleta de lâmpadas nas unidades e centros da universidade é realizada pela empresa de manutenção da rede elétrica, a qual faz a substituição das lâmpadas ao recolher as queimadas. Dessa maneira, a universidade não é responsável por arcar com os custos do tratamento das lâmpadas, somente em casos excepcionais.

Outro ponto importante que deve ser levantado na gestão do descarte de lâmpadas é o conhecimento do processo por parte dos funcionários envolvidos. Uma pesquisa realizada por Ferreira e Gonçalves (2016), constatou que maioria dos funcionários de uma instituição financeira de grande porte tinha consciência da presença de metais nocivos ao meio ambiente em lâmpadas fluorescentes, porém não sabiam dos riscos à saúde humana. Além disso, a pesquisa constatou uma falta de padronização no processo do descarte das lâmpadas queimadas. Conseqüentemente, torna-se evidente a necessidade de treinamento dos funcionários e da padronização do processo, a fim de torná-lo mais seguro, eficiente e com desempenho mensurável.

Dessa maneira, é possível notar que no caso da USP de São Carlos, não há evidências de práticas de logística reversa e de padronização no processo de compra. Além disso, ao contrário do visto em estudos de caso de outras universidades, não têm-se informações de padronização no processo de coleta e armazenamento das lâmpadas. É importante ressaltar também que neste ano, a USP São Carlos realizou a substituição de várias lâmpadas em diversos prédios por outras mais eficientes (LED), porém não foi anunciado o que seria feito com as lâmpadas que foram trocadas, mas que ainda estão funcionando.

Concluindo, sugere-se como indicadores associados às medidas de gestão:

- Transparência da universidade em relação à geração e descarte de resíduos (divulgação de dados e práticas)
- Criação de um procedimento padronizado com mensuração de sua eficiência (se está sendo seguido e se está funcionando)
- Taxa de redução ou aumento de lâmpadas quebradas ao ano, pois pode indicar problemas no armazenamento do resíduo e falta de treinamento por parte dos funcionários

Tabela 8. Indicadores de gestão dos campi analisados.

Campi	Ano	Transparência	Procedimento Padronizado	Taxa de aumento de geração de resíduo de lâmpadas (%)
USP São Carlos	2018	Parcial. No escritório do USP Recicla tem todos os dados do descarte, porém há uma certa resistência em divulgar isso. Além disso, as informações não estão em nenhuma plataforma online.	Parcial, pois somente há informações sobre a concentração dos resíduos no USP Recicla.	2,9
USP São Carlos	2017			24,9
USP Ribeirão Preto	2012	Sim. Fornece todos os dados a respeito da geração do resíduo.	Parcial, pois somente informa que a prefeitura fica responsável.	46,1
USP Ribeirão Preto	2011			-13,2
USP São Paulo	2017	Sim. Fornece todos os dados a respeito da geração do resíduo.	Sim, há procedimento detalhado e agentes responsáveis claros por cada etapa.	21,5
USP São Paulo	2016			-

Dessa maneira, analisando os dados coletados na Tabela 8, é possível perceber a importância de um bom gerenciamento e padronização do procedimento utilizado para o correto descarte de lâmpadas. O campus de São Paulo obteve um aumento significativo de lâmpadas, porém garante uma maior segurança e transparência em relação ao seu descarte. No entanto, é importante notar que esse foi o campus com o menor nível de geração de lâmpadas. Portanto, sugere-se para o campus de São Carlos um procedimento similar ao proposto pelo campus de São Paulo.

7. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL

Para iniciar o estudo de viabilidade econômico e ambiental, escolheu-se a ferramenta matriz SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats) ou matriz FOFA (Fraquezas, Oportunidades, Forças e Ameaças). A seguir segue a matriz com um levantamento do que foi analisado no estudo, a fim de guiar a conclusão a respeito da viabilidade das soluções propostas.

Tabela 9. Matriz SWOT para analisar a geração e descarte de lâmpadas na USP de São Carlos.

<p>FORÇAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Empresa contratada para realizar a descontaminação do resíduo e o seu descarte adequado. • Informação histórica sobre a geração do resíduo, por tipologia. • Compra por demanda. 	<p>FRAQUEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de transparência ou dificuldade de acesso às informações sobre a geração do resíduo e seu descarte. • Empresa que faz a descontaminação escolhida em função do custo/preço ao invés da metodologia utilizada. • Falta de padronização sobre o descarte.
<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilidade em tornar as informações sobre o resíduo mais transparente e acessível. • Padronização do procedimento de descarte diminuirá erros ou problemas no processo de armazenamento e descarte. • Diminuição da taxa de geração do resíduo em função do aumento da eficiência no processo de compra. • Trocar tecnologia e lâmpada utilizada. 	<p>AMEAÇAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumento de custo para a universidade. • Aumento de tarefas e etapas de gerenciamento no trabalho do USP Recicla. • Opções limitadas de tecnologias disponíveis na região.

Além disso, como levantado anteriormente, o custo de descontaminação é de R\$0,80 por lâmpada, gerando um custo para a USP São Carlos de aproximadamente 4000 a 6000 reais anuais (Tabela 2). Então, fez-se um levantamento do ganho que uma empresa teria reciclando os componentes da lâmpadas, resumidos na Tabela 10. É importante ressaltar que para a análise de viabilidade econômica, assumiu-se que o custo de tratamento para os diferentes tipos de lâmpadas é o mesmo, devido a falta de acesso a essa informação.

Tabela 10. Valor dos subprodutos da reciclagem das lâmpadas (MMA, 2009).

Material	Valor (R\$/ton)
Alumínio	1200
Latão	1200
Mercúrio	1,4
Vidro	150

Dessa maneira, é possível concluir que as lâmpadas possuem valor agregado, porém como o mercúrio é o componente que apresenta maior risco ambiental e o que mais variação possui na constituição de diferentes lâmpadas, percebe-se que o lucro sob o custo de tratamento para diferentes tipos de lâmpadas não seria muito variável.

Além disso, um estudo feito por Sousa e Ferrari (2012), concluiu que o uso de lâmpadas LED é muito mais vantajoso e econômico do ponto de vista energético. Como sua duração é muito superior à das lâmpadas fluorescentes, isso representa um ciclo de vida muito maior e menor frequência de descarte, como visto pela Figura 5.

Recursos envolvidos	Unidades	Lâmpada fluorescente	Lâmpada LED
Potência	Watts	40	15
Quantidade	Unidades	50	50
Custo do produto	Real(R\$)	8	130
Vida média	Horas	7500	40000
Consumo mensal (h*dia)	Hora x Dia	220	220
Custo	R\$/(KW/h)	0,33882	0,33882
Custo inicial do sistema	Real(R\$)	400	6500
Consumo de energia por hora	KW/h	0,04	0,015
Custo de energia por hora	Real(R\$)	0,67764	0,254115
Consumo de energia mensal	KW/h	8,8	3,3
Custo de energia mensal	Real(R\$)	149,08	55,9
Custo de energia Final	Real(R\$)	27105,6	10164,6

Figura 5. Análise econômica da substituição da lâmpada fluorescente pela LED (Adaptado de Sousa e Ferrari, 2012).

Ademais, percebe-se que a USP São Carlos diminuir seu nível de geração de 50 para 10 (Tabela 6), haveria uma redução de lâmpadas para aproximadamente 1200, representando uma redução de custo de 5000 reais para 1000 reais (aproximadamente).

Em função da análise econômica, é possível realizar uma análise de viabilidade ambiental. Considerando que a lâmpada LED não possui mercúrio e também é passível de reciclagem, esta possui clara vantagem ambiental em relação aos outros tipos de lâmpada. Assim, é possível realizar uma nova matriz de impacto ambiental complementar à Tabela 7.

Tabela 11. Nível de impacto Ambiental de lâmpadas.

Tipo de lâmpada	Quant. 2018 (un)	Quant. 2017 (un)	Quant. 2016 (un)	Impacto Ambiental
Fluorescentes tubulares	6291	6090	4727	Médio
Fluorescentes compactas	602	542	275	Baixo
Vapor de sódio ovóide	21	72	42	Médio
Vapor metálico tubular	17	22	10	Alto
Incandescente	11	-	-	Alto
Dicrónica (Vapor de mercúrio)	-	17	-	Alto
Vapor mista ovóide	-	-	9	Médio
Quebradas	-	-	42	Alto
LED	-	-	-	Baixo

Assim, tem-se que as lâmpadas LED e fluorescentes possuem o menor impacto ambiental, devido a um menor risco de contaminação ambiental e humano, além de serem passíveis de reciclagem e reaproveitamento dos subprodutos gerados no processo.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando todo o estudo levantado sobre as lâmpadas nas universidades, especialmente no caso de São Carlos, os diferentes aspectos tecnológicos, e as análises de viabilidade ambiental e econômica, é possível sugerir um plano de ação para o caso da USP São Carlos. Claramente, seria mais vantajoso fazer o uso de lâmpadas LED, já que estas possuem menor impacto ambiental e menor custo. No entanto, é importante ressaltar que a substituição dessas lâmpadas deve ser feito somente após o término da vida útil das lâmpadas já instaladas, para não gerar um resíduo adicional. Caso a substituição for realizada antes, é necessário ter um plano de descarte adequado ou reaproveitamento dessas lâmpadas.

Além disso, destaca-se a importância de um plano de gestão detalhado e transparente, que padronize os procedimentos de descarte e reciclagem das lâmpadas, além de aumentar o acesso à essas informações por parte de toda a comunidade.

9. REFERÊNCIAS

Ta na mão: olhando os resíduos e repensando as práticas. Gestão de resíduos no Campus da USP de Ribeirão Preto. Programa USP Recicla / Superintendência de Gestão Ambiental. Daniela Cássia Sudan, Izabel Cristina Fröner (Orgs). São Paulo, 2013. 143p.

META DE SUSTENTABILIDADE – LÂMPADAS FLUORESCENTES. Serviço Técnico de Gestão de Resíduos da Prefeitura do Campus USP da Capital-PUSP-C. Disponível em: <<http://www.puspc.usp.br/extrato-de-sustentabilidade-lampadas/>>.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). Agenda Ambiental na Administração Pública. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/arquivos/cartilha_a3p_36.pdf>.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - Instrumento de Responsabilidade Socioambiental na Administração Pública. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80063/Cartilha%20PGRS%20MMA.pdf>>.

Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council. waste electrical and electronic equipment (WEEE). July, 2012.

University of Wageningen. Waste Policy and Implementation. Disponível em: <https://www.wur.nl/upload_mm/d/6/0/4bfd080d-8c83-4df6-990e-d6e917993953_20140325_Afvalbeleid_Wageningen_UR_versie1_engels_intranet.pdf>.

University of Wageningen. Annual environmental report 2016. May, 2017. Disponível em: <https://www.wur.nl/upload_mm/d/9/7/810db35e-91d8-45f3-861a-6ec89bd25a8a_AnnualEnvironmentalReportWUR_2016.pdf>.

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Portaria nº009 de 04 de Abril de 2005: Procedimentos de substituição, armazenamento e destinação de lâmpadas fluorescentes e multi-vapores queimadas. Disponível em: <https://www.ufmg.br/dlo/arquivo/PGR/norma_tecnica_descarte_lampada.pdf>.

Zanincheli et. al. Reciclagem de lâmpadas: Aspectos Ambientais e Tecnológicos. Centro de Ciências Exatas Ambientais e de Tecnologias Faculdade de Engenharia Ambiental. Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC). Campinas, 09 de Novembro de 2004. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/reciclagem_de_lampadas_aspectos_ambientais_e_tecnologicos.pdf>.

BRASIL, Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

PORTARIA GR Nº 5438, de 22 de Dezembro de 2011 - Programa Permanente de Educação Ambiental e Gestão Compartilhada de Resíduos da Universidade de São Paulo.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Gestão de Resíduos Sólidos: Lâmpadas Fluorescentes. Disponível em: <<http://gestaoderesiduos.ufsc.br/lampadas-fluorescentes/>>.

Ferreira GS, Gonçalves AMM. Avaliação do manuseio, acondicionamento, descarte e destinação final das lâmpadas fluorescentes em uma instituição financeira. Atas de Saúde Ambiental (São Paulo, online), ISSN: 2357-7614 – Vol. 4, JANDEZ, 2016, p. 90-97.

TORRES, I.S.M.; SOUSA, F.P.F.; FERREIRA, T.V.; LUCIANO, B.A. (2009) Lâmpadas Fluorescentes e Distorções Harmônicas: Eficiência Energética e Qualidade de Energia Elétrica. Anais do VIII CBQEE – Conferência Brasileira sobre Qualidade de Energia Elétrica, Blumenau.

APÊNDICE

PLANO DE TRABALHO

1. Tema

A Política Ambiental da USP prevê a elaboração de um Plano Diretor Ambiental com o apoio da Superintendência de Gestão Ambiental (SGA), no qual deve constar um Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGR) que também já é previsto pela Política de Resíduos da USP. O PGR deve ser construído com base na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e a Política Ambiental sugere que os campi da USP integrem seus respectivos planos. Além disso, a Portaria Nº 5438/2011 estabelece o Programa USP Recicla, o qual é responsável pelos Educação Ambiental e Gestão Compartilhada de Resíduos do campus.

Segundo a PNRS, as lâmpadas são consideradas resíduos Classe I (Perigosos) e, conseqüentemente, são resíduos com um processo de descarte mais complexo. Além disso, a política prevê medidas de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a qual deve se estender para o fabricante do produto. Dessa maneira, poderia-se introduzir o conceito de logística reversa como uma medida de responsabilidade compartilhada, na qual o fabricante realizaria a coleta do seu produto uma vez usado e pronto para o descarte.

2. Objetivo

Realizar uma análise e diagnóstico dos dados de resíduos sólidos eletrônicos, mais especificamente as lâmpadas do Campus 1 e 2 da USP de São Carlos, e com base nessas informações, traçar alternativas viáveis para melhoria do cenário atual.

3. Justificativa do tema e recorte escolhido

Os resíduos sólidos no Brasil são um grande problema, tanto em relação à quantidade gerada quanto à sua destinação. Assim, apesar de haver avanços nessa área e de existir a PNRS, ainda há muito a ser estudado e melhorado. Como exemplo de avanço nessa área dentro da USP, o Programa USP Recicla. O refeitório conta com um sistema de aproveitamento dos resíduos sólidos para compostagem por parte de grupos de extensão como o GEISA, porém esse aproveitamento é somente uma pequena parcela da geração total de resíduos. Portanto, é importante realizar uma análise dos dados existente e tentar formular novas estratégias, a fim de tornar o gerenciamento de resíduos melhor.

4. Contexto

Atualmente na USP, existem alternativas e esforços para lidar com os resíduos sólidos da maneira mais adequada possível, como por exemplo o USP recicla e o Laboratório de Resíduos Químicos (LRQ), os quais quantificam os resíduos e os direcionam para reaproveitamento ou destinação adequada quando necessário. No entanto, é possível notar que não há uma integração dos planos de ação entre os campi e os seus institutos, além de haver uma descentralização da informação. Assim, esses problemas dificultam a eficiência e o potencial do processo de redução e destinação adequada dos resíduos sólidos nos campi da USP.

No caso das lâmpadas, a USP São Carlos possui uma grande geração e, por falta de políticas de logística reversa, a própria Universidade necessita arcar com os custos do descarte

desse resíduo. Isso deve-se a falta de alternativas melhores e o fato de que o descarte ambientalmente apropriado do resíduo é complexo.

5. Metodologia

A metodologia consiste em levantar dados com o auxílio do USP recicla a respeito da geração e o gerenciamento de lâmpadas no Campus da USP São Carlos. Para complementar esses dados, será feito o levantamento de informações com empresas que tratam e coletam esse resíduo.

Com base nesse levantamento, será realizada uma análise detalhada, sobre a tendência da geração dos resíduos nos últimos anos, custos de tratamento para a USP, tipos de reaproveitamento disponíveis, e levantamento de informações sobre leis a fim de propor novos planos de ação. Será realizada uma análise de viabilidade ambiental e financeira dos planos de ação propostos.

Cronograma e descrição das atividades

Prazo	Atividade
30/03	<p>Prazo para levantamento de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dados de geração por instituto, tipo de descarte, custo para a USP, tipo de lâmpadas utilizadas, frequência de coleta, etc.
11/04	<p>Diagnóstico Parte 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cenário atual do descarte, gasto mensal para a USP, gasto de energia, etc.
30/04	<p>Entrevista/conversa com stakeholders:</p> <ul style="list-style-type: none"> Entrevistar empresas que fazem o tratamento das lâmpadas a respeito das alternativas existentes. Entrevistar empresas que realizam a logística reversa de lâmpadas em São Carlos (se houver).
25/04	<p>Diagnóstico Parte 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> Compilação e análise das informações levantadas na etapa anterior.
02/05	<p>Indicadores iniciais:</p> <ul style="list-style-type: none"> Potenciais indicadores de geração, consumo de energia, gasto econômico.
09/05	Práticas de referência
23/05	<p>Consulta ao USP recicla sobre os planos de ação traçados:</p> <ul style="list-style-type: none"> Uma vez consolidados os diagnósticos, validar as informações e potenciais propostas com o USP Recicla.
30/05	Proposta de ações de intervenção tecnológica, e indicadores associados
13/06	Proposta de ações de gestão e indicadores associados
27/06	<p>Análise de Viabilidade:</p> <ul style="list-style-type: none"> Econômica e ambiental.
04/07	Relatório final consolidado

