

RELATÓRIO REFERENTE À DISCIPLINA SHS0416

Gestão Ambiental - Escola de Engenharia de São Carlos - EESC

Departamento de Engenharia Elétrica e Computação

SEL Universidade de São Paulo – USP

Orientador:

Prof. Dr. Tadeu Fabricio Malheiros

Departamento de Hidráulica e Saneamento

Escola de Engenharia de São Carlos – EESC Universidade de São Paulo – USP

Projeto:

Análise de viabilidade econômico-ambiental referente à troca de tecnologia de iluminação Fluorescentes/Led das Salas de Aula do Bloco Didático “D” da Escola de Engenharia de São Carlos.

Aluno:

Sérgio Zauner Gimenes

Num. USP: 5489151

Sumário

Introdução:.....	3
Ojetivos:	4
Conceitos Preliminares.....	5
Cenário para as Tecnologias de Iluminação no Brasil	6
Tecnologia de Fabricação, Uso e Descarte de Lâmpadas Fluorescentes	9
Tecnologia de Fabricação, Uso e Descarte de Lâmpadas LED	11
Estudo de Viabilidade.....	12
Descrição do Ambiente em Estudo	12
O descarte	16
Estudo de Viabilidade Ambiental – Sustentabilidade.	17
Impactos Ambientais da Fabricação.	17
Influência Socioeconômica na Vizinhança e Impactos Ambientais Após o Uso.	18
Proposta de Indicadores para Avaliação da Eficácia.....	19
Conclusões:	21

Introdução:

Trata-se de um estudo comparativo, visando a implementação consciente de um sistema de iluminação mais eficiente do ponto de vista energético e do qual analisar-se-á a viabilidade econômica e ambiental da troca de tecnologias.

A lâmpada fluorescente possui um princípio de funcionamento diferente das lâmpadas incandescentes. Ela é classificada entre as lâmpadas de descarga. Nas lâmpadas de descarga, a luz é produzida pela passagem da corrente elétrica em um gás ou mistura de gases contidos em um tubo. Isto acontece quando uma tensão elevada é aplicada em seus eletrodos, vencendo a rigidez dielétrica do meio gasoso, este processo é conhecido como ignição da lâmpada.

Em ambientes pequenos que necessitem de um consumo de energia reduzido, aconselha-se o uso das lâmpadas fluorescentes compactas, principalmente em aplicações residenciais, no entanto, em ambientes externos como parques, rodovias, estacionamentos e iluminação pública, o mais indicado é o uso de lâmpadas de vapor de sódio em alta pressão.

No início dos anos 60, surgiram os Diodos Emissores de Luz (Light Emitting Diode, LED). O LED é um dispositivo semicondutor que tem como princípio de funcionamento a eletroluminescência, emitindo luz através da combinação de elétrons e lacunas em um material sólido (Sá Junior, 2007a). Possuem a característica de emitir luz em uma faixa específica do espectro visível, principalmente nas cores azul, verde, vermelho e branco e suas combinações. Também são encontrados LEDs operando na faixa de ultravioleta e infravermelho.

Primeiramente utilizados em iluminação indicativa (indicando quando os equipamentos elétricos e eletrônicos estavam ligados), agora o desenvolvimento de LEDs mais potentes e com maior luminosidade tornou possível sua utilização em outras aplicações como semáforos, iluminação de emergência, lanternas e iluminação de ambientes (Bullough, 2003).

Atualmente, estes dispositivos apresentam maior eficácia luminosa agregada à longa vida útil comparados às lâmpadas fluorescentes (Cervi, 2005a). Além disso, o índice de reprodução de cores e a temperatura de cor são satisfatórios para o uso em iluminação de interiores. Sua discricção é outra vantagem na arquitetura, por seu tamanho reduzido.

Ojetivos:

- 1- Realizar um estudo de viabilidade econômico-ambiental do ponto de vista da sustentabilidade, para a substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED no Bloco didático de aulas "D" da EESC – USP.
- 2- Elaborar indicadores para o acompanhamento em caso de viabilidade do projeto.
- 3- Exemplificar estudo de viabilidade econômica com cálculo luminotécnico.

Conceitos Preliminares

Vida útil de uma lâmpada:

É definida através do tempo em horas, no qual cerca de 25% do fluxo luminoso das lâmpadas testadas foi depreciado. Portanto a vida útil é o tempo recomendado para uso de uma lâmpada mantendo sua eficiência luminosa.

Vida mediana de uma lâmpada:

É definida através do tempo em horas, do qual 50% das lâmpadas de um grupo representativo, testadas sob condições controladas de operação, tiveram queima. Portanto a vida mediana significa a durabilidade de uma lâmpada, ou seja, o tempo que a mesma irá operar até se queimar.

Depreciação do Fluxo Luminoso:

Ao longo da vida útil da lâmpada, é comum ocorrer uma diminuição do fluxo luminoso que sai da luminária, em razão da própria depreciação normal do fluxo da lâmpada e devido ao acúmulo de poeira sobre as superfícies da lâmpada e do refletor. Este fator deve ser considerado no cálculo do projeto de iluminação, a fim de preservar a luminância média (lux) projetada sobre o ambiente ao longo da vida útil da lâmpada.

Temperatura de Cor em uma lâmpada:

Expressa a aparência de cor da luz emitida pela fonte de luz. A sua unidade de medida é o Kelvin (K). Quanto mais alta a temperatura de cor, mais clara é a tonalidade de cor da luz. Ex.: uma lâmpada de temperatura de cor de 2.700 K tem tonalidade suave (amarelada), já uma outra de 6.500 K tem tonalidade clara (branca).

Fonte: Philips do Brasil. http://www.lighting.philips.com.br/connect/support/faq_lampadas.wpd

Cenário para as Tecnologias de Iluminação no Brasil

A produção brasileira de lâmpadas é ínfima comparada à atual importação. A grande quantidade de lâmpadas no mercado brasileiro é oriunda de importações principalmente da China. Não existem pesquisas conclusivas sobre a quantidade de lâmpadas comercializadas, portanto, os dados podem apresentar diferenças a partir de cada fonte. A Avant e outras fontes trabalham com os seguintes números em comum: Compactas fluorescentes 190 milhões/ano; Fluorescentes tubulares 95 milhões/ano e Fluorescentes compactas sem reator integrado 18 milhões/ano. Todas essas lâmpadas devem ser recicladas, pois são chamadas lâmpadas mercuriais, isso é, contém pequena dosagem de mercúrio para permitir o seu acendimento.

Outra informação que varia conforme a fonte é disposição dessas lâmpadas. Segundo a recicladora Ambiansys (2007), apenas 6% das lâmpadas descartadas passam por algum processo de reciclagem; aproximadamente 95% dos usuários pertencem ao comércio, indústria ou serviços; apenas 5% são residenciais; 10% dos municípios brasileiros dispõem seus resíduos domiciliares em aterros sanitários e aproximadamente 77% dos usuários brasileiros descartam lâmpadas fluorescentes queimadas em lixões, aterros industriais ou sanitários. Segundo a Eletrobrás (2008), que se enquadra como grande consumidora e, por isso, incluída na responsabilidade compartilhada da PNRS (Política nacional de Resíduos Sólidos), há 15 milhões de pontos de iluminação pública instalados no país. A quantidade e os tipos das lâmpadas instaladas no Brasil são apresentados na Figura abaixo.

Tipos e quantidade de Lâmpadas na iluminação pública brasileira

Tipo de Lâmpada	Quantidade	
Vapor de Sódio	9.294.611	62,93%
Vapor de Mercúrio	4.703.012	31,84%
Mista	328.427	2,22%
Incandescente	210.417	1,42%
Fluorescente	119.535	0,81%
Multi-Vapor Metálico	108.173	0,73%
Outras	5.134	0,03%
TOTAL	14.769.309	100%

Fonte: ELETROBRÁS. **Iluminação Pública no Brasil**. Disponível em:

<http://www.eletronbras.gov.br/elb/procel/main.asp?TeamID=%7BEB94AEAO-B206-43DE-8FBE-6D70F3C44E57%7D>

Pode se observar que aproximadamente 98% das lâmpadas utilizadas na iluminação pública possuem gases tóxicos, principalmente o mercúrio, em sua composição e necessitam de tratamento adequado quando inservível.

Quanto ao volume de lâmpadas incandescentes ainda existentes no mercado, o número é surpreendente, como pode ser visto no depoimento de Cricci ao site da Uol em outubro de 2011, relatando que mesmo após dez anos da entrada das lâmpadas fluorescentes no mercado brasileiro, 50% das residências brasileiras ainda resistem ao uso desse tipo de iluminação. Cricci afirma que o mercado de lâmpadas fluorescentes cresce cerca de 20% ao ano. Considerado um índice muito pequeno, quando comparado ao tamanho do mercado.

Segundo ele, o preço elevado das fluorescentes e a vasta oferta de produtos sem certificação técnica que assolaram o mercado nos primeiros anos contribuíram para acentuar a resistência do consumidor frente à nova tecnologia. “A ausência de uma legislação específica fez com que o mercado fosse invadido por produtos de péssima qualidade, surgindo um preconceito contra a lâmpada compacta, em função da concorrência com aquelas sem qualidade lumínica, vida curta e ausência de garantia”. Agora, essa decepção é bem menos provável.

Em dezembro de 2010, entrou em vigor legislação do Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) obrigando todos os produtos do gênero a exibirem um selo que ateste o cumprimento das exigências do órgão quanto a seu desempenho. É a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Ence). Com as novas portarias banindo o consumo das incandescentes certamente a lâmpada fluorescente alcançará predominância no mercado. Segundo Silva (2010) o Ministério de Minas e Energia (MME) publicou, no início de janeiro de 2010, as Portarias nº 1007 e 1008, onde estabelece o fim da comercialização de lâmpadas incandescentes no país até 2016. De acordo com dados da Secretaria de Planejamento Energético do MME, cerca de 300 milhões dessas lâmpadas são vendidas no país por ano. Estima-se que com essa medida o país será capaz de economizar, até 2030, cerca de 10 TWh/ano.

A Abilumi (Associação Brasileira de Importadores de Produtos de Iluminação) destaca que se a lâmpada incandescente fosse banida no Brasil a economia anual seria de cerca de R\$ 1,4 bilhões/ano. Devido à necessidade da descontaminação das lâmpadas fluorescentes, no Brasil existem diversas empresas responsáveis pelo serviço, dentre elas: Apliquim Brasil Recycle, Naturalis Brasil, Tramppo, Hg Descontaminação, Recitec, Sílex, Mega Reciclagem e RL Higiene. A imagem a seguir apresenta algumas dessas prestadoras de serviço de tratamento de lâmpadas e o valor cobrado pelo tratamento.

Prestadores de serviço de tratamento de lâmpadas e custos inerentes

Empresa	Custo	Observação/Limitação
Apliquim Brasil Recicle	R\$ 100,00 / 100 UN	Fazem o recolhimento com faturamento mínimo de até 1000 lâmpadas: R\$1.420,00. Para Hg líquido depende de cada caso.
Hg Descontaminação	R\$ 68,00 / 100 UN + R\$ 50,00 / coleta	-
Mega Reciclagem	R\$ 54,00 / 100 UN	-
Naturalis Brasil	Não informou	-
Recitec	-Lâmpadas inteiras queimadas: R\$0,95/UN - Lâmpadas quebradas: R\$5,00/UM - Transporte em Belo Horizonte: R\$300,00.	- Impostos não incluídos
Bulbox Destinação de Lâmpadas -Ambiensys Gestão Ambiental -Servmetro Construção e Meio Ambiente	- R\$ 67,00 / 100 UN - Faturamento mínimo de R\$200,00. - Abaixo de R\$500,00 é cobrada taxa de deslocamento no valor de R\$100,00.	- A Servmetro é a gestora da Bulbox em BH. - Informaram que possuem licença da prefeitura e da SEMAD.
Tramppo	R\$1,50/uni	-
Leroy Merlin	Gratuitamente	Reciclagem na Tramppo

Fonte: Adaptado de CUSSOL, N.A.M. CICLO DE DEBATES SAÚDE SEM DANO – PROJETO HOSPITAIS SAUDÁVEIS, 1, 2011, Belo Horizonte. **Alternativas de substituição e descarte de equipamentos que contêm mercúrio.**

Tecnologia de Fabricação, Uso e Descarte de Lâmpadas Fluorescentes

A lâmpada fluorescente é uma lâmpada de descarga de baixa pressão, na qual a luz é predominantemente produzida por pós-fluorescentes ativados pela energia ultravioleta da descarga.

As lâmpadas fluorescentes contêm em seu interior uma pequena quantidade de vapor de mercúrio e gases inertes. Com a passagem da corrente elétrica, os elétrons chocam-se com os átomos de mercúrio. Com este choque, é transferida energia para os elétrons de mercúrio que irão passar para uma órbita superior em torno do átomo. Quando estes elétrons regressam para sua órbita original, eles emitem energia na forma de ultravioleta. A radiação ultravioleta é convertida em forma de luz visível pela camada de pós-fluorescentes que revestem o bulbo internamente.

A lâmpada geralmente tem formato tubular longo (TL) ou compacta (PL), com um eletrodo em cada extremidade, contém vapor de mercúrio sob baixa pressão, com uma pequena quantidade de gás inerte para facilitar a partida. A superfície interna do bulbo é coberta com um pó fluorescente, cuja composição determina a quantidade e cor da luz emitida.

Apesar da praticidade, durabilidade e economia da lâmpada fluorescente, em seu interior, existe um metal pesado acumulativo nos seres vivos e danoso à saúde: o mercúrio.

Devido à presença deste metal, o descarte correto de lâmpadas fluorescentes se torna delicado.

O mercúrio muitas vezes acompanha o chumbo na composição das lâmpadas. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o valor máximo de mercúrio que pode estar concentrado em uma unidade é de 100 miligramas de mercúrio por quilo do resíduo. O contato com a substância em níveis mais altos pode gerar sérios problemas à saúde populacional. O maior problema acontece quando a substância é inalada, o que pode causar problemas neurológicos e até hidragirismo (intoxicação que causa tosse, dispnéia, dores no peito e outros problemas mais graves).

Na questão ambiental, quando o mercúrio é despejado de maneira irregular em rios, por exemplo, ele volatiliza e passa para a atmosfera, causando chuvas contaminadas. Pode ocorrer também de microorganismos absorverem o mercúrio, tornando-o orgânico em vez de metálico. Animais aquáticos e plantas podem reter o mercúrio e assim contaminar o meio ambiente sem que exista chance de erradicação.

O mercúrio é liberado ao longo de duas semanas após seu descarte. Apenas nos EUA, são liberadas na natureza entre duas e quatro toneladas de mercúrio anualmente.

Processos realizados em locais especializados são responsáveis por retirar o mercúrio das lâmpadas fluorescentes, assim elimina-se a possibilidade de contaminações ambientais e intoxicações.

A descontaminação das lâmpadas fluorescentes varia de acordo com o modelo do produto. Porém, esse processo se resume em separar os terminais (componentes de alumínio, soquetes plásticos e estruturas metálico-eletrônicas), o vidro (em forma de tubo, cilindro ou outro formato), o pó fosfórico (pó branco contido no interior da lâmpada) e, principalmente, o mercúrio, que será, no fim, recuperado em seu estado líquido elementar. Os processos ocorrem da seguinte maneira:

1. Todo processo se dá por meio de equipamentos instalados sob circunstâncias especiais e em ambiente controlado, para que não haja fuga de vapores e a contaminação do ambiente e das pessoas;
2. Em ambiente enclausurado e sob pressão negativa, as lâmpadas são rompidas, os soquetes/terminais das lâmpadas são separados e passam por um processo de segregação. O pó de fósforo contaminado com mercúrio é retido e segue para o processo de desmercurização;
3. Os resíduos de vidro são limpos e testados, de modo que a concentração de mercúrio neles não exceda 1,3 mg/kg. Se estiver dentro dessas especificações, o vidro é reciclado para a fabricação de produtos não alimentícios;
4. Depois de limpos, o alumínio e os pinos de latão são enviados para a reciclagem em uma fundição, e, no caso desses materiais, o mercúrio não deve exceder o limite de 20 mg/kg;
5. A poeira de fósforo é enviada para a destilação, onde o material é aquecido até vaporizar o mercúrio (em temperaturas acima de 357°, ponto de ebulição do mercúrio). O material vaporizado a partir desse processo é então condensado e coletado em recipientes especiais ou decantadores. O mercúrio obtido passa por uma nova destilação, a fim de se remover suas impurezas;
6. A única parte da lâmpada que não é reciclada é o baquelite existente nas extremidades da lâmpada.
7. O vapor de mercúrio capturado na etapa de ruptura da lâmpada segue para o Sistema de Controle de Emissão de Gases, composto por filtros de cartucho, para retenção do particulado, e filtro de carvão ativado, que retém os vapores de mercúrio.

Mais recentemente, uma solução "parcial" tem sido divulgada com maior frequência no mercado: os trituradores de lâmpadas compactos, popularmente chamados de papa lâmpadas, porém seu uso ainda não mostrou-se o mais eficaz devido à questão do descarte e pós tratamento dos resíduos.

Fonte: QUÍMICA NOVA NA ESCOLA A Questão do Mercúrio em Lâmpadas Fluorescentes N° 28, MAIO 2008

Tecnologia de Fabricação, Uso e Descarte de Lâmpadas LED

Os LED's são semicondutores que emitem luz quando energizados. Em uma junção p-n polarizada diretamente, o lado p que contém em sua maioria lacunas (falta de elétrons) e o n essencialmente cargas negativas (excesso de elétrons), se movimentam de tal maneira que os elétrons movimentam-se num sentido e as lacunas em sentido contrário. Uma parte dessa energia é emitida na forma de calor e a outra em forma de fótons (BOYLESTAD, 2004).

A combinação de diferentes materiais semicondutores utilizados na construção do LED influencia na produção de diferentes cores (comprimento de onda) e na eficiência do dispositivo. Pode-se citar as principais combinações: AlInGaP (fosforeto de alumínio-índio-gálio) que produz as cores vermelha e âmbar, e o InGaN (nitreto de índio-gálio) que emite as cores azul, verde e ciano (RANGEL, 2011).

A luz branca produzida pelos LEDs atuais possibilitou obter comprimentos de onda mais próximos do limite da visão humana. Basicamente existem três maneiras de produzir a luz branca nos LEDs :

A primeira técnica mistura as luzes de três fontes monocromáticas, a vermelha, verde e azul, processo conhecido como RGB, em inglês red, green e blue. A combinação destas cores produz uma fonte de luz branca sensível ao olho humano. XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos Salvador, BA, Brasil, 08 a 11 de outubro de 2013.

Na segunda utiliza-se de um LED ultravioleta (UV) que excita o fósforo, este está depositado no material semicondutor do LED ultravioleta. Com isto faz-se a conversão da luz UV para luz branca, semelhante a uma lâmpada fluorescente comum.

A terceira forma usa um LED azul para excitar o fósforo. Parte da luz azul emitida converte-se em amarela devido a presença do fósforo, assim a combinação da cor azul com a amarela produz a luz branca (SALES, 2011). As lâmpadas de LED podem proporcionar uma economia de até 80% em relação às demais.

Devido a sua elevada vida útil, variando-se de 20.000 a 50.000 horas e uma perda de fluxo luminoso de 30%, as lâmpadas requerem o mínimo de manutenção. Os fabricantes informam eficiências luminosas de até 110 lm/W. Para LEDs brancos com temperatura de 3000 K, o índice de reprodução varia de 85 a 90. Há a disponibilidade de temperatura de cor de 2.700 K a 8000 K, o que compatibiliza com as lâmpadas utilizadas em indústrias. As Lâmpadas de LED não irradiam comprimentos de onda ultravioletas e infravermelhos.

É uma tecnologia ecológica, pois não utiliza mercúrio, chumbo ou materiais que agredem o meio ambiente, assim, cerca de 98% dos materiais que compõem a podem ser reciclados, e acidentes ambientais são improváveis, após o uso e descarte inadequados.

Estudo de Viabilidade

Descrição do Ambiente em Estudo

Trata-se de um Bloco Didático com 15 salas, sendo que cada uma possui em média 64 lâmpadas.

Os corredores também serão iluminados e possuem 20 lâmpadas cada, totalizando 50 lâmpadas distribuídas externamente às salas.

O total de lâmpadas será 114 unidades, distribuídas em 57 luminárias, cada uma com um reator.

A potência das lâmpadas varia entre 32 e 40w, (foram encontradas algumas divergências nas informações)

Para um primeiro estudo, de forma simplificada, cada lâmpada LED de 18W/20W substituirá uma lâmpada fluorescente de 40W.

Para a comparação do consumo de energia elétrica apenas, foi considerado o uso de 2 lâmpadas por 8 horas do dia, 20 dias do mês, durante 12 meses, ao custo de 0,52 R\$/kWh.

Fluorescente tubular T8:

$$\text{Custo anual fluo} = 2\text{lâmpadas} \times 8\text{horas} \times 20\text{dias} \times 12\text{meses} \times 0,52 \frac{\text{R\$}}{\text{kWh}} \times 0,040\text{kW}$$

$$\text{Custo anual fluo} = \text{R\$}79,872$$

LED tubular:

$$\text{Custo anual LED} = 2\text{lâmpadas} \times 8\text{horas} \times 20\text{dias} \times 12\text{meses} \times 0,52 \frac{\text{R\$}}{\text{kWh}} \times 0,018\text{kW}$$

$$\text{Custo anual LED} = \text{R\$}35,798$$

Considerando de 7500h a vida útil média das lâmpadas fluorescentes e reator, a necessidade de troca dos equipamentos ocorrerá aproximadamente a cada 4 anos, dentro do perfil de uso citado.

Abaixo temos a relação de materiais e mão de obra para manutenção de uma luminária para os dois tipos de iluminação proposta.

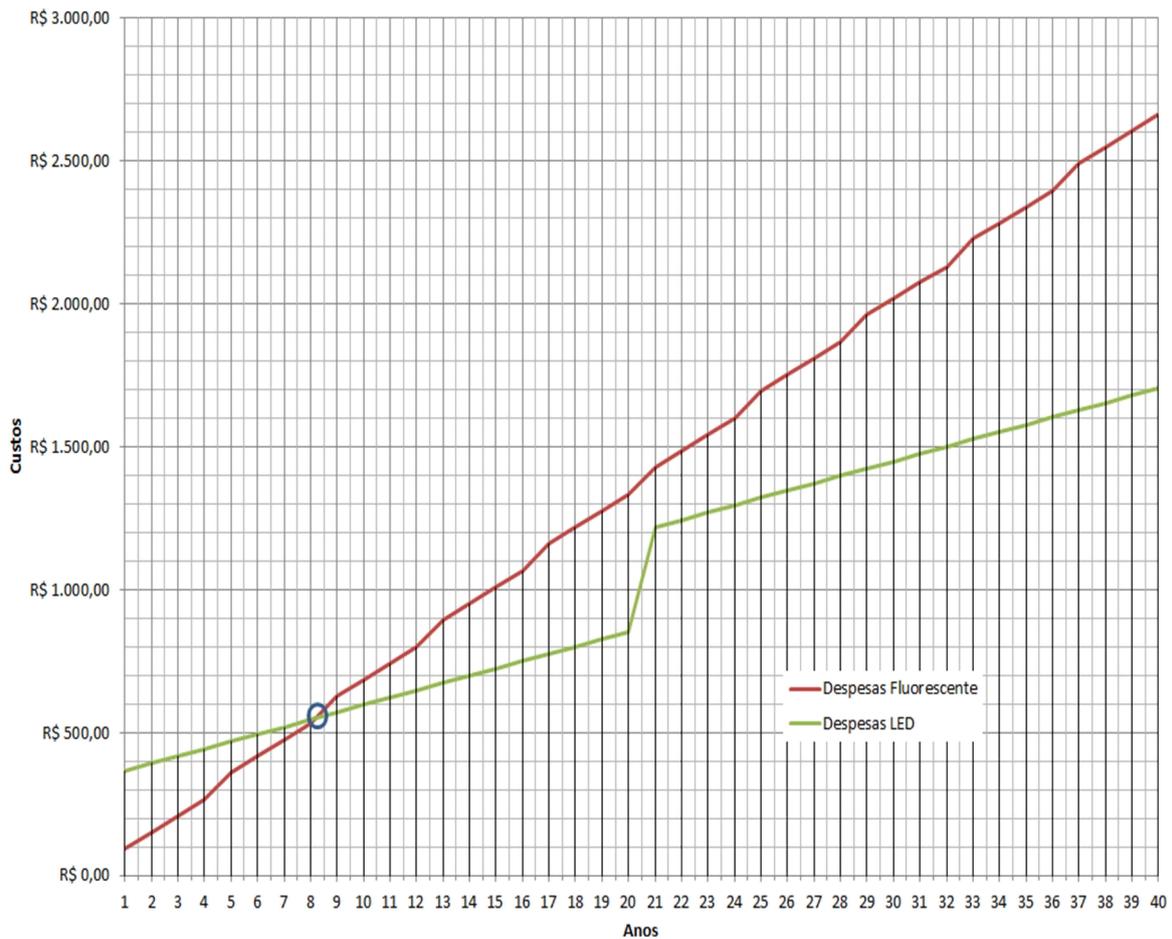
Item	Quantidade	Preço/unidade	Custo	Total
Reator eletrônico bivolt 2x40W	1	R\$ 16,00	R\$ 16,00	R\$ 39,00
Lâmpada fluorescente tubular T8 40W	2	R\$ 4,00	R\$ 8,00	
Mão de obra para manutenção	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00	
Lâmpada LED tubular 18W bivolt CONEXLED	2	R\$ 168,00	R\$ 336,00	R\$ 341,00
Mão de obra para manutenção	1	R\$ 5,00	R\$ 5,00	

Estes custos foram lançados na tabela seguinte, onde também foram considerados os custos com energia elétrica. A projeção foi feita para 40 anos, pois é o ciclo de duração e troca de uma lâmpada LED esperada.

Ano	Custos Fluorescente	Despesas Fluorescente	Custos LED	Despesas LED
1	95,83	R\$ 95,83	366,57	R\$ 366,57
2	56,83	R\$ 152,66	25,57	R\$ 392,15
3	56,83	R\$ 209,50	25,57	R\$ 417,72
4	56,83	R\$ 266,33	25,57	R\$ 443,30
5	95,83	R\$ 362,16	25,57	R\$ 468,87
6	56,83	R\$ 418,99	25,57	R\$ 494,45
7	56,83	R\$ 475,82	25,57	R\$ 520,02
8*	56,83	R\$ 532,668	25,57	R\$ 545,60
9	95,83	R\$ 628,49	25,57	R\$ 571,17
10	56,83	R\$ 685,32	25,57	R\$ 596,74
11	56,83	R\$ 742,15	25,57	R\$ 622,32
12	56,83	R\$ 798,98	25,57	R\$ 647,89
13	95,83	R\$ 894,82	25,57	R\$ 673,47
14	56,83	R\$ 951,65	25,57	R\$ 699,04
15	56,83	R\$ 1.008,48	25,57	R\$ 724,62
16	56,83	R\$ 1.065,31	25,57	R\$ 750,19
17	95,83	R\$ 1.161,14	25,57	R\$ 775,76
18	56,83	R\$ 1.217,98	25,57	R\$ 801,34
19	56,83	R\$ 1.274,81	25,57	R\$ 826,91
20	56,83	R\$ 1.331,64	25,57	R\$ 852,49
21	95,83	R\$ 1.427,47	366,57	R\$ 1.219,06
22	56,83	R\$ 1.484,30	25,57	R\$ 1.244,64
23	56,83	R\$ 1.541,14	25,57	R\$ 1.270,21
24	56,83	R\$ 1.597,97	25,57	R\$ 1.295,79
25	95,83	R\$ 1.693,80	25,57	R\$ 1.321,36
26	56,83	R\$ 1.750,63	25,57	R\$ 1.346,93
27	56,83	R\$ 1.807,46	25,57	R\$ 1.372,51
28	56,83	R\$ 1.864,30	25,57	R\$ 1.398,08
29	95,83	R\$ 1.960,13	25,57	R\$ 1.423,66
30	56,83	R\$ 2.016,96	25,57	R\$ 1.449,23
31	56,83	R\$ 2.073,79	25,57	R\$ 1.474,81
32	56,83	R\$ 2.130,62	25,57	R\$ 1.500,38
33	95,83	R\$ 2.226,46	25,57	R\$ 1.525,96
34	56,83	R\$ 2.283,29	25,57	R\$ 1.551,53
35	56,83	R\$ 2.340,12	25,57	R\$ 1.577,10
36	56,83	R\$ 2.396,95	25,57	R\$ 1.602,68
37	95,83	R\$ 2.492,78	25,57	R\$ 1.628,25
38	56,83	R\$ 2.549,62	25,57	R\$ 1.653,83
39	56,83	R\$ 2.606,45	25,57	R\$ 1.679,40
40	56,83	R\$ 2.663,28	25,57	R\$ 1.704,98

*Tempo de amortização

O gráfico abaixo foi gerado a partir da tabela anterior e ilustra a comparação dos custos do sistema LED e Fluorescente.



As curvas de custos se encontram em aproximadamente 8 anos, que seria o tempo necessário para recuperar os investimentos em iluminação a LED. No entanto, a depreciação luminosa ao longo de sua vida útil (<15%), a durabilidade, economia de energia e o respaldo político-social em se utilizar a tecnologia LED podem ser fatores de peso na decisão do investimento.

É importante salientar que neste estudo foi considerada uma durabilidade otimista para as lâmpadas fluorescentes, o que nem sempre ocorre vide a baixa qualidade de lâmpadas fluorescentes e reatores disponíveis no mercado brasileiro. Além disso, há a expectativa de redução do preço das lâmpadas LED, fato que vem ocorrendo ano após ano, isto traria uma aceleração no retorno do investimento.

Outras vantagens das lâmpadas tubulares LED são a facilidade de instalação, pois não há necessidade do uso de reatores, nem emenda de fios; basta desconectar a lâmpada do soquete e conectar a nova. As lâmpadas LED aquecem menos, retirando carga do sistema de ar condicionado.

Outra opção à substituição dos conjuntos de luminárias é a troca gradual do sistema, a cada reator ou lâmpada queimados, pode-se aproveitar o deslocamento do profissional e a mão de obra para substituir os reatores e lâmpadas queimados pela nova solução.

Tal estratégia demandaria um reduzido investimento inicial e diluiria os custos ao longo do tempo, beneficiando economicamente o investimento e reduzindo o período de amortização, melhorando ainda mais a relação custo-benefício.

A instalação já feita poderá ser utilizada, uma vez que a potência elétrica consumida pelas luminárias com tecnologia LED é menor que a das fluorescentes já utilizadas. Assim, as instalações estariam superdimensionadas durante o uso da nova tecnologia.

O descarte

Atualmente, o descarte de lâmpadas na EESC é realizado com periodicidade variável. O evento ocorre assim que a área destinada à reserva das lâmpadas alcança seu limite de armazenagem.

A capacidade de estocagem está em aproximadamente 12000 lâmpadas.

O tempo entre cada coleta oscila entre um e dois anos, dependendo da quantidade descartada.

O custo médio por descarte de lâmpadas fluorescentes praticado no mercado está em aproximadamente R\$ 1,00 por unidade.

A Universidade, através de um processo licitatório conseguiu encaminhar para descarte adequado o último lote de aproximadamente 11500 unidades ao custo de R\$7000,00.

O custo do encaminhamento consciente é posteriormente rateado entre os departamentos da unidade de modo proporcional à quantidade de lâmpadas consumidas naquele período.

Estudo de Viabilidade Ambiental – Sustentabilidade.

Além do aspecto econômico puro, a sustentabilidade do projeto pode ser observada sob alguns aspectos inter-relacionados:

- 1 – Impactos ambientais da fabricação;
- 2 – Influência socioeconômica e ambiental na vizinhança;
- 3 – Impactos ambientais após o uso;

Impactos Ambientais da Fabricação.

As lâmpadas de Led são livres do Mercúrio, poupando a saúde humana de alguns malefícios que esse metal pode causar. Exposições a altas quantidades de Hg podem causar danos permanentes em nosso cérebro, distúrbios no sistema nervoso central, perda de memória, doenças cardíacas, insuficiência renal, danos ao fígado, perda de visão, perda sensitiva e tremores. Um tubo de lâmpada fluorescente contém 23mg de Mercúrio que pode contaminar até 30.000 litros de água, criando danos pelos próximos 50 anos. Um vazamento desse metal em uma fábrica pode causar danos irreparáveis ao meio ambiente circunvizinho.

Por terem uma longa duração de uso, a utilização de Led's reduz o descarte de lâmpadas, que sem uma reciclagem adequada são despejadas na natureza. Estima-se que apenas 6% dos 100 milhões de lâmpadas fluorescentes vendidas são recicladas, e as restantes são descartadas em aterros sanitários, sem nenhum tratamento específico, contaminando solo e a água com metais pesados.

As Lâmpadas Convencionais possuem alto consumo de energia. Destacam-se as incandescentes: 90% da energia consumida não é transformada em luz, mas em calor. Recentemente uma medida Governo Federal suspendeu a fabricação de lâmpadas incandescentes, que devem sair do mercado até 2016 por não atenderem aos níveis mínimos de eficiência energética.

O LED consome em média de 70 a 90% menos energia do que as lâmpadas convencionais pois não requer grande aquecimento para gerar luz. Consumindo menos energia, não desperdiça energia com aquecimento desnecessário, e conseqüentemente produz menos gás carbônico.

Uma lâmpada LED pode ser até 98% reciclada, e mesmo que descartada de modo irresponsável, acarreta um dano ambiental muito menor que as com tecnologia anterior.

Influência Socioeconômica na Vizinhança e Impactos Ambientais Após o Uso.

O Brasil não possui uma política de incentivo ao uso, comércio ou fabricação de luminárias LED, apesar disso, há inúmeras empresas fabricantes de luminárias se instalando no território nacional.

Atualmente não há fabricantes de qualquer tipo de semicondutores instalados no Brasil, assim, todo LED utilizado em qualquer tipo de aplicação nacional é importado, grandemente da China e Taiwan.

As poucas empresas fabricantes de luminárias LED brasileiras têm contribuído amplamente com projetos sociais no entorno de onde estão sediadas e em regiões distantes, que normalmente recebem pouco apoio governo para desenvolverem-se.

Outro aspecto de interesse social é a criação de empregos, que contribui para a melhoria da condição de vida populacional e a aumento do PIB regional.

Em comunidades muito pobres, há muitas famílias que vivem da exploração de lixões. Lâmpadas fluorescentes possuem vidro, o qual, devido ao descarte incorreto, quebra-se durante o transporte e pode ferir e contaminar os indivíduos que utilizam desse meio de sobrevivência. Além de, contaminar lençóis freáticos, lagos e rios. Tais problemas não aconteceriam se luminárias LED fossem as únicas utilizadas, por exemplo.

Proposta de Indicadores para Avaliação da Eficácia.

Alguns indicadores podem ser utilizados para o levantamento da efetividade / porcentagem de aplicação de novas tecnologias de iluminação.

Um indicador razoável seria a porcentagem de lâmpadas substituídas que possuem a nova tecnologia, comparada à quantidade de lâmpadas antigas. Tais dados poderiam também ser cruzados com dados de consumo de energia elétrica.

O indicador será um indicativo da quantidade de lâmpadas a ser substituídas.

O indicador possui a limitação de não informar diretamente a quantidade de lâmpadas que ainda deverão ser trocadas.

O indicador será útil apenas durante o processo de troca de tecnologias, para avaliação de economia com gastos de energia e cálculo de amortização.

Os dados serão obtidos junto à prefeitura do campus e do departamento.

A medição, a princípio poderá ser bimestral, e após acompanhamento, a periodicidade poderá ser estendida.

Para a obtenção dos dados, as fichas de manutenção deverão ser acessadas e interpretadas a fim de computar apenas os dados pertinentes.

Quando as lâmpadas antigas forem totalmente substituídas, não constarão mais nos registros de manutenção; assim:

Lf = quantidade de lâmpadas fluorescentes removidas

LI = quantidade de lâmpadas LED removidas

I = coeficiente de substituição

$$I = [1 - (Lf / LI)] \times 100$$

Quanto mais próximo de 100, maior a porcentagem de lâmpadas LED instaladas.

Se optar-se pela substituição gradual, proposta que pode ser muito atrativa sob o ponto de vista financeiro, e facilmente justificável perante as autoridades, pode utilizar-se tal indicador como um nível de uso da nova tecnologia frente à antiga.

Um outro indicador, um pouco mais sofisticado, poderia avaliar o impacto ambiental, o custo em horas de manutenção e combustível gasto para o atendimento a chamados de troca de lâmpadas. Avaliando a tecnologia antiga versus a nova.

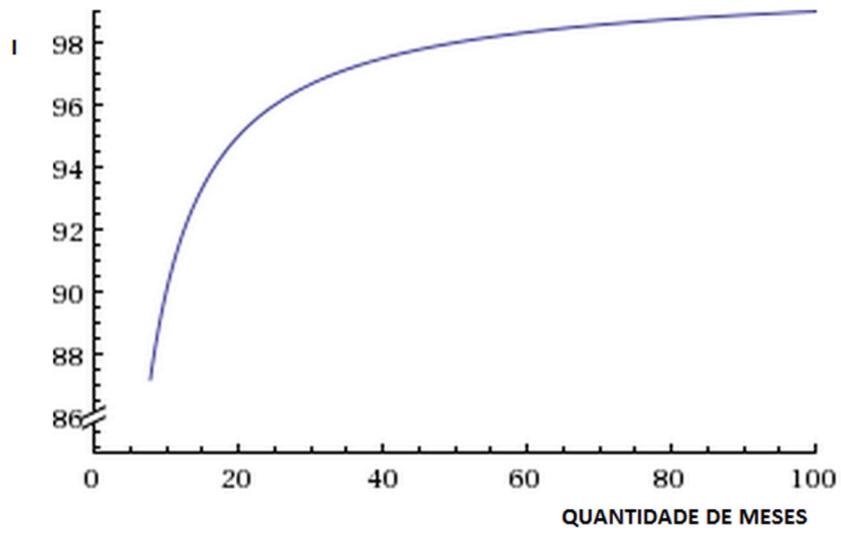


Gráfico ilustrando a tendência do indicador I no tempo.

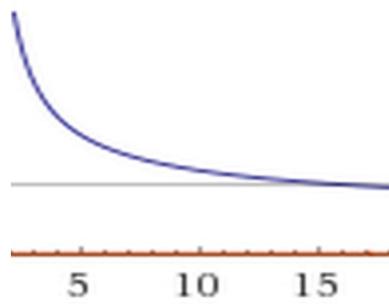


Gráfico ilustrando a expectativa de queda no consumo de energia elétrica ao longo do tempo.

Conclusões:

A Política Nacional de Resíduos instituiu a obrigatoriedade de implementação de logística reversa para as lâmpadas fluorescentes, considerando o fato de estas serem um resíduo perigoso.

O órgão setorial pertinente está se estruturando para a implementação dos pontos de coleta necessários para que os usuários destinem adequadamente suas lâmpadas. Porém, em função das características das lâmpadas (construídas em material de vidro, frágeis), e do metal existente em seu interior, um cuidado maior deve ser adotado em todos os elos deste ciclo reverso. As lâmpadas podem, em maior e menor grau, causar impactos ambientais na geração, no acondicionamento, no transporte, no tratamento e na reciclagem dos componentes.

Assim, a tecnologia da lâmpada fluorescente mostrou-se mais danosa ao meio ambiente do que a LED. Após o estudo de viabilidade ambiental do ponto de vista da sustentabilidade, a luminária LED mostrou-se mais viável também do ponto de vista econômico. Considerando-se uma aplicação imediata, a amortização do investimento deu-se após 8 anos, no pior caso onde foram substituídas também as calhas porta-lâmpadas. Se for considerada uma substituição gradual das luminárias, o processo de amortização será menor.

Portanto a implementação da tecnologia LED tornou-se viável.