

## **Análise de viabilidade econômica e ambiental com a troca de tecnologia de iluminação de uma residência em uma área rural**

**Ludmila Machado Rodrigues**

Engenheira Civil (UNIDERP)/Mestrando em Eficiência Energética e Sustentabilidade (UFMS)  
Estado de Mato Grosso do Sul

**Gabriel Edgar Hermann**

Engenheiro Eletricista (UFMS)/Mestrando em Eficiência Energética e Sustentabilidade (UFMS)  
Estado de Mato Grosso do Sul

**Andréa Teresa Riccio Barbosa**

Engenheira Eletricista (UFMS)/Mestra e Doutora em Engenharia Elétrica (UFSC)  
Estado de Mato Grosso do Sul

### **RESUMO**

Desde a invenção da lâmpada muitas tecnologias foram aperfeiçoadas ou inventadas com o intuito de produzir luz elétrica. Atualmente, buscando a sustentabilidade, novas fontes de luminosidade foram sendo desenvolvidas dentro de uma balança que leva em consideração os gastos com energia, vida útil, sustentabilidade e custo benefício. Sendo assim, as lâmpadas LED (Light Emitting Diode ou Diodos Emissores de Luz), vêm dominando o mercado por sua relação eficiente de custo benefício. Neste contexto, este artigo tem como objetivo fazer uma análise da atual conjuntura do mercado e mostrar o tempo de retorno da substituição de lâmpadas de LED em uma residência na área rural da cidade de Campo Grande MS, visto que a área rural ainda é o lugar onde se podem encontrar lâmpadas incandescentes instaladas. Os resultados obtidos, como já eram esperados, mostraram uma ótima relação custo benefício pela substituição, o que se conclui a viabilidade de tal. Por fim, um estudo baseado na revisão bibliográfica do trabalho mostra que além de terem um retorno viável economicamente, tais lâmpadas são benéficas para o meio ambiente, sendo que podem ser quase que completamente recicladas.

**Palavras-chave:** Lâmpada, Tecnologia, Elétrica, Luminosidade, Eficiente.

### **1 INTRODUÇÃO**

A busca pela sustentabilidade faz com que se torne necessário debater sobre a noção de equilíbrio entre as dimensões socioambientais, econômicas e políticas, já que o consumo de certos produtos acaba por minimizar impactos ambientais.

Em contrapartida, essa dinâmica pode incidir sobre a geração de resíduos que acabam por degradar o meio ambiente, como é o caso da substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes.

Isto ocorre, porque quando estas lâmpadas perdem sua utilidade, os seus metais traços como Mercúrio, o Antimônio e o Chumbo vão para o meio ambiente, principalmente, quando ocorre o seu descarte



inadequado. Assim, acabam afetando a fauna e a flora e agredindo de forma muito perigosa o meio ambiente (DURÃO; WINDÖLLER, 2008; ZANICHEL I et al, 2004).

Um novo conceito de iluminação vem sendo estabelecido na última década que é o emprego das lâmpadas com LED. Essa tecnologia é descrita como o terceiro estágio da lâmpada elétrica, sendo o primeiro as lâmpadas de filamentos incandescentes de Thomas Edison, que ainda continuam a ser utilizadas e o segundo as lâmpadas fluorescentes, que geram luz partindo de uma mistura de gases em um tubo revestido de fósforo.

No Brasil, em um tempo atrás, os principais tipos de lâmpadas utilizados eram as incandescentes, com custo de até cinco vezes menor do que as de nova tecnologia. Entretanto, apresentava um gasto de energia 80% mais alto e sua durabilidade era dez vezes menor em relação as lâmpadas fluorescentes, contribuindo conseqüentemente com os impactos ambientais negativos causados nos processos de geração de energia.

Deste modo, observou-se em grande escala a substituição das lâmpadas incandescentes pelas fluorescentes, visto que as fluorescentes eram indiscutivelmente mais econômicas (SEBALOS & MELO 2019).

Nota-se que os resíduos perigosos ou tóxicos, também chamados de “lixo tóxico” são aqueles que ao serem descartados de forma incorreta, acarretarão danos ao meio ambiente e aos seres vivos em longo prazo, pois suas toxinas podem ser liberadas no ar, terra e água. Tais resíduos geralmente provêm de indústrias ou comércio, mas podem ser residenciais, agrícolas, militares, fontes radioativas de hospitais, tinturarias, lavanderias, entre outros.

Deve ser destacado que a partir da Revolução Industrial, os resíduos perigosos começaram a ter significância, quando houve o aumento da urbanização, devido à população que antes vivia na zona rural migrar para as cidades em busca de oportunidades de emprego, intensificando a geração de mais resíduos (BALBIM, KRAUSE & LINKE, 2016).

Dentre os resíduos perigosos, o mercúrio aparece como grande poluidor do ambiente, principalmente se proveniente de lâmpadas fluorescentes, que representaram significativa economia doméstica, comercial e industrial, sendo muito utilizadas, sem o descarte correto.

A lâmpada fluorescente, ao se romper, libera o Mercúrio contido no seu interior em forma de vapor, que pode ser inalado e absorvido no organismo, desencadeando problemas à saúde de quem a manuseia ou pode se acumular no ambiente, causando a contaminação (MORAIS, 2013).

A gestão desse resíduo é fundamental para o descarte correto e proteção do meio ambiente e da saúde dos seres vivos. Desse modo, o processo de descontaminação de lâmpadas fluorescentes é importante, pois quando retirado o mercúrio dessas lâmpadas, os outros componentes presentes tornam-se recicláveis e podem ser transformados em novos materiais (MORAES, 2015).



A utilização do LED em forma de lâmpada, além de ser um avanço tecnológico, é muito interessante do ponto de vista dos benefícios ambientais, pois seu consumo de energia é consideravelmente inferior às lâmpadas convencionais, como as incandescentes e as fluorescentes compactas.

Outros benefícios ambientais das lâmpadas de LED são as características e possibilidades de descarte final de resíduos, além da sua durabilidade. O LED é produzido com materiais atóxicos ao meio ambiente, o que faz com que possa ser descartado sem a necessidade de uma destinação e disposição final especial. Sua durabilidade é outro aspecto interessante, pois demanda menos trocas o que, conseqüentemente, gera menos descartes no ambiente (SANTOS, BATISTA, POZZA & ROSSI, 2015).

Não obstante as vantagens de durabilidade e economia de energia, as lâmpadas LEDs representam ainda a “promessa verde” dentre as tecnologias que demandam baixa poluição e alta eficiência energética. Suas vantagens de menor consumo e maior durabilidade, comparadas a outras tecnologias, representam um menor impacto ambiental em seu uso, diminuindo a demanda por energia elétrica e conseqüentemente a necessidade de se ampliar os sistemas de produção de energia elétrica, dos quais, em sua maioria, causam algum tipo de dano ambiental em sua construção e ou operação (FERNANDES & RASOTO, 2017).

Portanto, esse trabalho 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.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral desse estudo é analisar a viabilidade econômica e ambiental através de um estudo de caso pela troca de tecnologia LED em uma residência, na área rural em Campo Grande/MS.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar um estudo de viabilidade econômica e ambiental do ponto de vista de sustentabilidade, pela substituição de lâmpadas convencionais por lâmpadas LED na residência da área rural em Campo Grande/MS;
- Verificar a viabilidade econômica de três tipos de lâmpadas diferentes;
- Analisar o impacto ambiental do descarte com as trocas de tipos diferentes de lâmpadas.

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 TECNOLOGIA DE ILUMINAÇÃO**

As lâmpadas incandescentes são lâmpadas que produzem luz esquentando o filamento de Tungstênio. A eficiência destas lâmpadas é em torno de 10 a 20 lm/W, dependendo de sua construção e de



temperatura de operação (DOE, 2012a). A vida útil de uma lâmpada incandescente é em torno de 1.000 horas (OSRAM, 2009; SIMPSON, 2008). Portanto, são consideradas fontes ineficientes de luz, pois 90% da energia de entrada é perdida como saída (BRUNNER et al., 2010), ou seja, são lâmpadas que convertem apenas 5% da eletricidade consumida em luz, sendo que o restante é eliminado em forma de calor (FERRARI, 2012).

As lâmpadas fluorescentes são aquelas em que a luz é gerada pela descarga elétrica em um gás ou um vapor interno. Para o propósito de iluminação, uma pequena quantidade de Mercúrio é introduzida no tubo e um material de Fósforo especial é usado para converter a luz ultravioleta em luz visível. Estas lâmpadas têm eficiência e tempo de vida maiores do que as lâmpadas incandescentes. O fator de conversão de uma para outra é de 4 para 1, ou seja, uma lâmpada incandescente de 60 W corresponde a uma lâmpada fluorescente de 15 W (VITO, 2007).

A lâmpada de Light Emitter Diode (Diodo Emissor de Luz – LED) é uma evolução tecnológica em destaque no mercado de lâmpadas. As lâmpadas de LED são dispositivos semicondutores preenchidos com gases e revestidos com diferentes materiais de fósforo. O LED é prático por ser pequeno e pode ser aplicadas em diversos materiais, como plásticos, madeira, e em diversos locais, como vitrines, luminárias, escritórios, residências, entre outros. A geração de luz não emite calor e, portanto, não há o aquecimento dos locais onde é instalado, o que amplia a gama de materiais que podem receber a instalação desta lâmpada.

Segundo Gianelli et al. (2009), a tecnologia LED teve início nos anos 1960 com seu primeiro uso para emissão de luz visível em 1962. A partir de 1970 essa tecnologia passou a ser comercialmente viável e os primeiros LEDs de alta luminosidade surgiram em 1980 para a partir daí serem amplamente utilizados nas mais diversas aplicações. Os componentes básicos da lâmpada LED, ainda de acordo com Gianelli et al. (2009), são: a lente plástica protetora, o eletrodo com o fio de ouro e a conexão, juntamente com o dissipador de calor, o silicone de proteção e o chip LED propriamente dito.

A tecnologia LED, de acordo com Sousa et al. (2012), representa a mais nova tendência do setor de iluminação para construções ecologicamente corretas com a finalidade de diminuir os gastos com energia elétrica e preservar o meio ambiente.

Figura 01: Lâmpadas (incandescente, fluorescente e LED)



Fonte: (SANTOS, 2015)

### 3.2 ASPECTOS AMBIENTAIS

As lâmpadas incandescentes têm comprovadamente menor eficiência quando comparadas aos demais tipos de lâmpadas existentes. A eficiência média das lâmpadas fluorescentes e das lâmpadas de LED é quase a mesma. Entretanto, estima-se que os tubos de LED tenham maior eficiência se comparados com as lâmpadas de LED.

O uso de Mercúrio em lâmpadas fluorescentes é essencial para que elas funcionem corretamente, mas sua concentração não deve exceder os 5 mg por lâmpada (REY-RAAP & GALLARDO, 2012). Já as lâmpadas incandescentes e as LED's não apresentam esta característica, embora certa quantidade de mercúrio seja utilizada, o que pode representar um risco de contaminação ao ambiente, mesmo que não ocorra a liberação do elemento tóxico enquanto o vidro da lâmpada estiver intacto.

Geralmente, o conteúdo de mercúrio varia entre 4 a 5 mg, quantidade que não causa danos diretos à saúde humana. Entretanto, o fato do mercúrio ser cumulativo na cadeia trófica faz com que estes resíduos sejam problemáticos, em especial em situações em que ocorre a acumulação das lâmpadas fluorescentes quebradas. Nestes casos, o elemento liberado pode destruir a camada protetora de ozônio na atmosfera, contaminar corpos hídricos superficiais ou águas subterrâneas e acumular-se nos biomas, na biota, entre outros (ENERGY STAR, 2010).

O mercúrio pode afetar todos os grupos de organismos e ecossistemas, incluindo microrganismos da água e solo e a fauna de uma maneira geral (WANG et al., 2012). A presença desta substância no ambiente é um risco eminente à saúde humana, e há relatos na literatura sobre casos de Alzheimer, Parkinson e mortalidade infantil relacionados à exposição à contaminação ambiental por mercúrio (WANG et al., 2012; BOSE-O'REILLY et al., 2010). Atualmente, apenas 20% das lâmpadas fluorescentes podem ser recicladas, processo que é considerado muito oneroso (AMAN et al., 2013).



Outra questão ambiental a ser ressaltada está relacionada diretamente com o consumo e aproveitamento da energia a partir da lâmpada de LED. De acordo com DOE (2012b), a lâmpada incandescente tem maior impacto ambiental comparado com as lâmpadas fluorescente e LED devido à baixa eficiência e a alta quantidade de energia requerida para produzir luz, o que aumenta as chances de desperdício de matéria no ambiente, na forma de energia.

### 3.3 DESCARTE FINAL DE RESÍDUOS

Os resíduos podem ser encontrados nos estados sólido e semissólido, e resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição. Também determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Para todos esses resíduos sólidos deve ser feita uma classificação onde se separa resíduos perigosos, os quais necessitam de descartes específicos, dos resíduos não perigosos, que podem ser depositados em aterros sanitários convencionais (NBR 10.004 - ABNT, 2004).

As lâmpadas incandescentes convencionais são produzidas a partir de vidro e metal e, portanto, não contêm materiais prejudiciais ao meio ambiente. Na verdade, não há problema em se descartar lâmpadas incandescentes em aterros sanitários. Entretanto, elas não devem ser jogadas em lixos para reciclagem de vidros, pois o tipo de vidro usado na produção de lâmpadas é diferente dos vidros convencionais. Um problema é que a vida útil das lâmpadas incandescentes é menor se comparada com as lâmpadas de LED ou fluorescentes, o que gera uma quantidade grande de resíduos a serem descartados nos aterros (SANTOS, BATISTA, POZZA & ROSSI, 2015).

As lâmpadas fluorescentes são compostas por componentes químicos altamente poluentes e tóxicos ao meio ambiente e, portanto, essas lâmpadas não podem ser descartadas em aterros públicos diretamente, como mostrado na Figura 02, necessitando de uma prévia recuperação destes compostos para evitar os danos ambientais (SANTOS, BATISTA, POZZA & ROSSI, 2015).

Segundo Sebben (2012), o Brasil é o quarto país que mais consome lâmpada fluorescente no mundo. O descarte é realizado por empresas que recebem estas lâmpadas e encaminham para reciclagem em empresas específicas. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) estabeleceu a obrigatoriedade de implantação de sistemas de logística reversa para lâmpadas fluorescentes, responsabilizando os fabricantes e distribuidores pelo descarte final (SILVA, 2013).

No caso das lâmpadas LED, 98% dos materiais em sua composição são recicláveis e não contêm metais pesados, como o mercúrio, em sua produção, sendo menos agressivas ao homem. Além disso, quando são desligadas, o seu tempo de reacendimento é menor (ECYCLE, 2012).

Figuras 02: Descarte de lâmpadas (resíduos)



Fonte: Autor

#### **4 METODOLOGIA**

Nesta pesquisa trabalhou-se, simultaneamente, com dados quantitativos, com a obtenção das cargas de uma unidade residencial e dados qualitativos com obtenção dos elementos que compõe as diversas lâmpadas, para análise dos descartes e das consequências ambientais deste descarte. Desta forma, envolve tanto as informações numéricas como informações de textos narrativos ou analíticos, caracterizando-se como uma pesquisa com método misto quanto à sua natureza.

Quanto à finalidade é uma pesquisa aplicada porque apresenta um estudo sistemático que visa a solução de problemas práticos, concretos e operacionais, nesse caso, um estudo sobre os resíduos das lâmpadas.

O objetivo da pesquisa é descritivo pois vai descrever o que ocorre no ambiente caso não seja utilizada uma lâmpada que consome mais energia e qual deles é mais nociva para o ambiente.

Os dados são de fonte primária com obtenção das características de iluminação da residência em estudo e com os dados obtidos no comércio da cidade, onde a pesquisa foi realizada. Como fonte secundária com estudo bibliográfico sobre o tema. Caracteriza-se, portanto como fonte mista quanto à procedência dos dados coletados.

E, finalmente quanto aos procedimentos de levantamento de coleta de dados a pesquisa é um estudo de caso. Nesta pesquisa fez-se um estudo de uma unidade unifamiliar rural, investigando um fenômeno dentro de um contexto real, claramente definido. Comparando os dados técnicos, foi levantada a economia



de energia elétrica envolvendo as três tecnologias de lâmpadas incandescente, fluorescente e de LED e as suas características residuais.

Nesta subseção serão apresentados os métodos utilizados para o experimento, juntamente com os resultados obtidos.

#### 4.1 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

O trabalho foi realizado em uma residência uni familiar composta por quatro pessoas na área rural da cidade de Campo Grande/MS e baseado em revisões bibliográficas sobre os diferentes tipos de lâmpadas que poderiam ser utilizadas.

Dados da residência (área da casa: 60m<sup>2</sup>):

- 1 sala
- 1 cozinha
- 2 quartos
- 2 banheiros
- 1 corredor
- 1 área de serviço
- 1 varanda
- 1 garagem

Total: 10 lâmpadas

Nessa implementação foram selecionadas as amostras de três tecnologias de lâmpada, sendo estas equivalentes para este experimento:

- Lâmpada incandescente - 60 w
- Lâmpada fluorescente compacta - 15 w
- Lâmpada de LED - 8 w

Para a análise econômica, foi realizado o cálculo para a lâmpada considerando um período de 8 horas, durante 30 dias úteis, com uma tarifa de energia elétrica de R\$ 0,924810 (base da distribuidora ENERGISA do estado de Mato Grosso do Sul no ano de 2022). Foi levantado um comparativo entre as tecnologias de lâmpadas que são apresentadas:

- Potência consumida (kW);
- Quantidade de lâmpadas (unidade);
- Energia elétrica mensal consumida (kWh/mês);





- Energia elétrica anual consumida (kWh/ano);
- Taxa de energia (R\$);
- Custo total por ano (R\$/ano).

## 4.2 ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL – SUSTENTABILIDADE

Além do aspecto econômico, a sustentabilidade do projeto pode ser observada sob alguns aspectos inter-relacionados: impactos ambientais da fabricação e pós-uso.

### 4.2.1 Impactos ambientais da fabricação e pós-uso

Por terem uma longa duração de uso, a utilização de lâmpada LED 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 os 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.

As 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.

A lâmpada 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, ou seja, medidas relacionadas à demanda de energia evitada, produzindo indiretamente menos gás carbônico na atmosfera. A energia mais verde é a energia que não é usada.

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.

## 4 RESULTADOS

Para a comparação do consumo de energia elétrica foi considerado o uso de 10 lâmpadas por 8 horas ao dia, 30 dias do mês, durante um ano (365 dias) e ao custo de 0,924810 R\$/kWh (Tabela 01).



Tabela 01: Comparativo entre as tecnologias de lâmpadas anual e mensal

TECNOLOGIA	POTÊNCIA DE LÂMPADAS (W)	kW	QUANTIDADE DE LÂMPADAS (unidade)	ENERGIA ELÉTRICA (kWh/mês)	ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA /ANO (kWh/ano)	TAXA DE ENERGIA (R\$)	CUSTO TOTAL / ANO (R\$/ANO)
LÂMPADA INCANDESCENTE	60	0,06	10	144,00	1.752,00	R\$ 0,924810	R\$ 1.620,27
LÂMPADA FLUORESCENTE	15	0,015	10	36,00	438,00		R\$ 405,07
LÂMPADA DE LED	8	0,008	10	19,20	233,60		R\$ 216,04

Fonte: Próprio autor

Sendo assim, pode-se observar que se comparada à lâmpada de LED e à lâmpada fluorescente, a incandescente aparece com um valor mais elevado de consumo, para a mesma luminosidade. Já as lâmpadas fluorescentes e LED encontram-se em uma faixa mais eficiente de consumo, com o LED consumindo praticamente a metade da lâmpada fluorescente.

A Tabela 1 a diferença entre consumo mensal é de 124,80 kWh/mês da incandescente para a LED, portanto, a lâmpada LED torna-se interessante no primeiro mês. A diferença de consumo da incandescente para a fluorescente é de R\$ 108 kWh/mês.

Como análise também foi levantado o valor das lâmpadas no comércio local de Campo Grande/MS, para a comparação com uma possível substituição entre as lâmpadas conforme mostra a Tabela 02.

Tabela 02: Comparativo entre os valores de lâmpadas no mercado local de Campo Grande MS

TECNOLOGIA	POTÊNCIA DA LÂMPADA (W)	VALOR (R\$)	Vida média útil da lâmpada (horas)	Gasto com lâmpadas para o mesmo tempo de uso (20.000 horas) (R\$)
LÂMPADA INCANDESCENTE	60	59,90	1.000	898,50
LÂMPADA FLUORESCENTE	15	15,90	5.000	47,70
LÂMPADA DE LED	8	18,90	15.000	18,90

Fonte: Próprio autor

Outro resultado interessante é que se somado os valores de cada lâmpada e de cada consumo mensal podemos observar um valor comparado a lâmpada LED de 36% a mais para a fluorescente e 435% para a lâmpada incandescente.

Nos últimos anos notou-se um aumento relativo no valor das lâmpadas incandescentes, não por serem mais eficientes, mas sim devido ao tipo de uso. Essas se tornaram muito utilizadas para a iluminação decorativa, e sendo esse um nicho especializado, seu valor de mercado foi agregado. Dessa forma, tornaram-se obsoletas, com impedimento de sua fabricação por legislação e inviáveis economicamente de serem usadas. Atualmente, o consumidor adquire lâmpadas incandescentes somente se não há outra possibilidade.



Cabe observar que houve uma migração intensa da lâmpada incandescente para as fluorescentes, principalmente depois de fabricarem as PL ou fluorescente compactas que podiam substituir as incandescentes (soquete bocal E27). Entretanto, divulgava-se que os descartes das lâmpadas deveriam ser separados do lixo comum, mas não informavam a nocividade que estas lâmpadas causavam ao meio ambiente e até para a saúde humana. Assim, não havia e não há um comprometimento da sociedade para o seu descarte adequado.

Também é possível verificar que as lâmpadas têm um tempo de vida útil médio diferente e para um mesmo tempo o valor da lâmpada LED se torna muito mais atrativa do que a fluorescente e a incandescente. O tempo de uso da LED ligada é 3 vezes maior do que a fluorescente e 15 vezes maior do que a incandescente. Essa informação é preconizada pela maioria dos fabricantes, entretanto, o que se observa é que as lâmpadas de LED não estão durando o tempo de vida que informam.

O problema é que o LED tem uma duração intensa, mas o seu driver se tiver componentes eletrônicos de qualidade ruim queimam em pouco tempo. O driver é um dispositivo que converte a corrente alternada proveniente da rede elétrica em corrente contínua de tensão adequada para que as luminárias funcionem corretamente. Para colocar lâmpadas LED com preços mais baixos no mercado, geralmente os componentes do driver são de péssima qualidade.

Um último resultado que pode ser obtido seria sobre o descarte, visto que de acordo com as revisões bibliográficas, além de ser melhor que as outras tecnologias a lâmpada LED pode ser quase que totalmente reciclada e não apresenta riscos à saúde como a fluorescente, onde o mercúrio se faz presente.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No trabalho realizado, pode-se constatar que a lâmpada de LED se mostrou mais econômica, quando comparada com as lâmpadas comumente usadas na residência. Além disso, como seu consumo de energia é menor que as demais, o retorno de investimento na troca das lâmpadas é elevado.

A lâmpada de LED é uma tecnologia que vem se aprimorando cada vez mais, o que faz acreditar que sua eficiência ainda há de aumentar com o decorrer de novas descobertas, e o preço de seus componentes possivelmente diminua ainda mais. Foi possível avaliar os benefícios da lâmpada de LED para o consumidor e o meio ambiente, uma vez que a lâmpada tem uma vida útil longa, o que garante menos troca de lâmpadas no decorrer dos anos, além da economia na conta de energia do consumidor.

Menor consumo é algo de extrema importância em propriedades rurais isoladas, que muitas vezes utilizam energia fotovoltaica off grid (não conectada à rede de energia elétrica), com o recurso do uso de baterias ou grupo gerador no período não solar.

Para o meio ambiente, é uma alternativa de mitigar a poluição, pois a composição da lâmpada de LED não é nociva e tem maior durabilidade, minimizando a quantidade de lâmpadas a serem descartadas.



Já a lâmpada incandescente tem durabilidade inferior, aumentando o número de trocas e descartes, e o vidro é composto por pequenas partículas de metal, devendo ser tratado separadamente dos vidros recicláveis.

A lâmpada fluorescente é composta por Mercúrio e sua descontaminação é um processo caro e demorado. Essa descontaminação se faz necessária, pois o mercúrio descartado de forma incorreta compromete a qualidade do solo e dos corpos d'água.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. (2004) NBR 10004: Resíduos Sólidos–Classificação. Rio de Janeiro. ANBT. 71p.

AMAN, M.M.; JASMON, G.B.; MOKHLIS, H.; BAKAR, A.H.A. (2013) Analysis of the performance of domestic lighting lamps. *Energy Policy*, v. 52, p. 482-500.

BALBIM, R.; KRAUSE, C.; LINKE, C. C., Cidade e movimento: mobilidades e interações no desenvolvimento urbano, Brasília: Ipea: ITDP, 2016. 326 p. ISBN: 978-85-7811-284-4.

BRASIL. (2010) Lei nº 12.305/10 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)> Acesso em: 29 jan. 2015.

BOSE-O'REILLY, S.; McCARTY, K.M.; STECKLINH, N.; LETTMEIER, B. (2010) Mercury exposure and children's health. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, v. 40. p. 186-215.

BRUNNER, E.J.; FORD, P.S.; MCNULTY, M.A.; THAYER, M.A. (2010) Compact fluorescent lighting and residential natural gas consumption: testing for interactive effects. *Energy Policy*, v. 38, p. 1288-1296.

DURÃO, W. A. J; WINDMÖLLER, C. C. A Questão do Mercúrio em Lâmpadas Fluorescentes. *Química nova na escola*, Nº 28, p. 15–19, 2008. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc28/04-QS-4006.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2017.

ECYCLE. (2012) Lâmpadas LED podem ser recicladas? Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/49-lampadas/685-lampadas-led-podem-ser-reciclad as.html>>. Acesso em: 7 jun. 2012.

ENERGY STAR. (2010) Information on Compact Fluorescent Light Bulbs (CFLs) and Mercury. Energy Star Program: U.S. Department of Energy. Disponível em: <[http://www.energystar.gov/ia/partners/promotions/change\\_light/downloads/Fact\\_Sheet\\_Mercury.pdf](http://www.energystar.gov/ia/partners/promotions/change_light/downloads/Fact_Sheet_Mercury.pdf)> Acesso em: 01 ago. 2012.

FERNANDES, A. L.; RASOTO, V. I. Estudo sobre a viabilidade econômica e impactos urbanos no uso de lâmpadas LED (diodo emissor de luz) na iluminação pública da cidade de Curitiba. *REVISTA FAE*, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 21 - 34, jul./dez. 2017.

FERRARI, B. (2012) Uma luz no debate ambiental: a era das lâmpadas incandescentes está chegando ao fim, e as novas tecnologias que estão despontando prometem reduzir a conta de luz e o impacto no meio ambiente. *Revista Exame*, v. 46, n. 21, p. 120.

GIANELLI, B. F. et al. O emprego de tecnologia LED na iluminação pública: seus impactos na qualidade de energia e no meio ambiente. In: *LATIN AMERICAN CONGRESS ON ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION – CLAGTEE*, 8., 2009, Ubatuba. Anais... Ubatuba, 2009.

MORAES, V. M. Resíduos de Lâmpadas Fluorescentes: Seu Contexto na PNRS e a Importância da Destinação Adequada, Monografia de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2015, 57 p.

MORAIS, A. S. C. Incorporação de Resíduo de Vidro de Lâmpada Fluorescente em Cerâmica Vermelha, Tese de Doutorado, Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do NorteFluminense, 2013.



OSRAM. (2009) Life cycle assessment of illuminants: a comparison of light bulbs, compact fluorescent lamps and LED lamps. Germany. p. 26.

REY-RAAP, N. & GALLARDO, A. (2012) Determination of mercury distribution inside spent compact fluorescent lamps by atomic absorption spectrometry. *Waste Management*, v. 32, p. 944-948.

SANTOS, T. S.; BATISTA, M.C.; POZZA, S. A.; ROSSI, L.S. (2013). Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. Limeira – SP

SEBALOS, R.; MELO, F. X. Reciclagem e descarte de lâmpadas fluorescentes. *Revista Diálogos Interdisciplinares* – 2019 vol. 8 nº 2 – ISSN 2317-3793

SEBEN, E. (2012) Alto custo dificulta o descarte de lâmpadas. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2012/outubro/alto-custo-dificulta-o-descarte-de-lampadas-afirma?tag=rr>>. Acesso em: 29 jan. 2015.

SILVA, F.R. (2013) Impactos Ambientais Associados à Logística Reversa de Lâmpadas Fluorescentes. *InterfaceHS – Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 8, n. 1, p. 42-69.

SIMPSON, R.S. (2008) *Lighting Control: Technology and Applications*. Focal Press. p. 575.

SOUSA, T. C.; FERRARI, L. de C. de B. Análise econômica da substituição de lâmpadas fluorescentes por tecnologia LED em uma empresa de manutenção de máquinas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves, 2012.

VITO. (2007) Eco-design study Lot 19-Domestic Lighting. Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs. Disponível em: <[http://www.eup4light.net/assets/pdffiles/Final\\_part1\\_2/EuP\\_Domestic\\_Part1en2\\_V11.pdf](http://www.eup4light.net/assets/pdffiles/Final_part1_2/EuP_Domestic_Part1en2_V11.pdf)> Acesso em: 13 set. 2012.

WANG, J.; FENG, X.; ANDERSON, C.W.N.; XING, Y.; SHANG, L. (2012) Remediation of mercury contaminated sites – A review. *Journal of Hazardous Materials*, v. 221-222, p. 1-8.

ZANICHELLI, C. et al. Reciclagem de lâmpadas Aspectos Ambientais e Tecnológicos. p.22, 2004. Disponível em: <[http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/reciclagem\\_de\\_lampadas\\_aspectos\\_ambientais\\_e\\_tecnologicos.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/reciclagem_de_lampadas_aspectos_ambientais_e_tecnologicos.pdf)>. Acesso em: 6 maio 2017.