

## **PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO PRÉDIO DO COLÉGIO METODISTA**

**Cleyton Silva Cardoso (\*), Alexandre Dias Pimenta, Giulia Cristofoli, Natalia Fochi De Andrade**

\* Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Coletivo N.A.S.A. – ccardoso.ambiental@gmail.com

### **RESUMO**

O crescente aumento no consumo de energia elétrica tem levado o Brasil e o mundo a buscar alternativas para suprir a demanda do consumo de energia elétrica, a fim de promover o desenvolvimento do país. A eficiência energética se apresenta como estratégia crucial para combater os efeitos negativos do aumento do consumo de energia. Diante desse cenário, criamos um projeto de estudo para o aperfeiçoamento do sistema elétrico de uma unidade escolar, o Colégio Metodista, com ênfase na iluminação artificial, visando a eficiência na consumação de energia. Realizamos um levantamento de todos os equipamentos que consomem energia elétrica contidos no Colégio Metodista, até concluirmos que a iluminação artificial é nossa melhor alternativa para aumentar a conservação de energia elétrica no edifício. Para isso, foram necessárias inúmeras pesquisas e avaliações entre contas de luz, alternativas e resultados para que obtivéssemos a melhor alternativa de um retorno sobre investimento viável para implantação da proposta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência energética, consumo de energia, iluminação artificial, energia elétrica.

### **INTRODUÇÃO**

O crescente aumento no consumo de energia elétrica tem levado o Brasil e o mundo a buscar alternativas para suprirem a demanda do consumo de energia elétrica, com o intuito de promover o desenvolvimento de cada país. Esse crescente aumento no consumo é reflexo do crescimento econômico do país e dos hábitos contemporâneos de vida da sociedade, decorrente das facilidades dos aparelhos elétricos.

A importância da eficiência energética entrou na agenda mundial, a partir dos choques no preço do petróleo nos anos 1970, levando a humanidade a perceber sua dependência do produto. Foi nesse contexto que surgiram as primeiras iniciativas em buscar fontes alternativas de energia, aumento da eficiência energética e redução do consumo.

Logo se reconheceu que um mesmo serviço poderia ser feito utilizando uma menor quantidade de energia e, conseqüentemente, gerando menores impactos ambientais e econômicos.

Pensando na evolução do aquecimento global e nos impactos ambientais irreversíveis, causados pela geração de energia elétrica, observa-se um aumento nas discussões a respeito de edificações construídas com responsabilidade ambiental, em especial, a promoção da eficiência energética em edifícios.

Segundo dados do Balanço Energético Nacional (2014), o consumo elétrico nas edificações comerciais, públicas e residenciais corresponde a 48,5%. Em vista disso, o consumo de energia em edifícios apresenta um enorme potencial para implantação de projetos de eficiência energética a fim de reduzir o consumo de energia elétrica.

Sob a perspectiva de um planejamento de médio a longo prazo, a energia conservada devido a ações de eficiência energética tem papel importante no atendimento à demanda futura de energia.

A eficiência energética em construções engloba diversos fatores como refrigeração, aquecimento e iluminação. Segundo CADDET (1995 apud GHISI, 1997), a iluminação é responsável por, aproximadamente, 30% do total de eletricidade para operar muitos edifícios comerciais, sendo que, em média, 2/3 poderia ser economizado com a utilização de sistemas eficientes de iluminação. Isto poderia representar uma economia total de 20% no consumo de eletricidade do edifício.

Neste sentido, a busca pela melhoria na eficiência e no desempenho energético das edificações se caracteriza como um dos grandes desafios da atualidade e dos períodos futuros.

### **OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho é avaliar a redução de demanda e do consumo de energia elétrica após propostas de eficiência energética no edifício do Colégio Metodista.

## **METODOLOGIA**

Estudos de eficiência energética constituem-se em excelentes formas de aumentar a conservação de energia elétrica, sem prejuízo do conforto do usuário.

O estudo exige o levantamento e a determinação do uso final de energia elétrica, ou seja, o percentual relativo ao consumo dos sistemas de iluminação, de equipamentos de ar-condicionado, de equipamentos de computação, de elevadores e de demais equipamentos consumidores de energia elétrica. Por sua vez, tal determinação do uso final de energia elétrica exige o levantamento documental e visitas técnicas à edificação.

Determinada a caracterização do consumo energético do edifício, avalia-se um sistema específico em função de sua representatividade no consumo final e da possibilidade de redução do consumo. Neste estudo, o setor que mais apresentou potencial para redução foi o sistema de iluminação artificial, por ser responsável por, aproximadamente, 30% do total de eletricidade consumida pelo edifício.

No sistema de iluminação, foi necessário o levantamento das atuais condições de iluminância dos ambientes, bem como a potência instalada por unidade de área e seu estado de conservação e manutenção. Isso permite a determinação da eficiência luminosa atual do sistema e o seu potencial de redução, através da utilização de tecnologias mais eficientes.

Após a finalização da caracterização do edifício, parte-se para a etapa do projeto, onde são levantados os equipamentos existentes no mercado.

Finalizado o projeto energeticamente eficiente, deve-se analisar a viabilidade de sua implantação, através da análise do investimento frente à economia gerada nas contas de energia elétrica do novo sistema.

De forma geral, esta metodologia pode ser apresentada da seguinte forma:

- Estimativa de usos finais;
- Avaliação do atual sistema de iluminação
- Elaboração do projeto energeticamente eficiente
- Análise da economia total gerada após implantação
- Análise de retorno do investimento



## RESULTADOS

Conforme coleta de dados, o colégio utiliza, hoje, 1408 lâmpadas fluorescentes modelo T5 nas salas de aulas, que dependem de reatores. Estas lâmpadas consomem 54Wh de potência cada uma, segundo especificação do fabricante, fornece luminosidade de 5000lm com vida útil estimada de 8.000 horas. Para funcionamento da lâmpada, se faz necessário um reator de transformação de energia alternada para continuar, que consome por hora a potência de 110W a cada duas lâmpadas. Considerando estes dados acima, temos o equivalente a 109Wh por lâmpada.



Já a lâmpada LED, que sugerida como proposta possui a potência de 18 Wh e não necessita de reator. No entanto, sua luminosidade é de 1400lm e 35.000h de vida útil, conforme o quadro 1 abaixo:

**Quadro 1. Lâmpada Fluorescente T5 Vs Tubo LED (Corredores e salas de aula).**

Fonte: Elaborado pelo autor.

| Sala de aula |            |  |  |
|--------------|------------|---|---|
| Local        | Qty lâmpad |   |   |
| 6ª Pav       | --         |   |   |
| 5ª Pav       | 346        |   |   |
| 4ª Pav       | 346        |   |   |
| 3ª Pav       | 346        |   |   |
| 2ª Pav       | 210        |   |   |
| SSª Pav      | 160        |   |   |

| Corredores |            |  |  |
|------------|------------|--|---|
| Local      | Qty lâmpad |  |   |
| 6ª Pav     | 54         |  |   |
| 5ª Pav     | 92         |  |   |
| 4ª Pav     | 61         |  |   |
| 3ª Pav     | 88         |  |   |
| 2ª Pav     | 80         |  |   |
| SSª Pav    | 92         |  |   |

|                           |                                 |                                  |                       |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| <b>Dimensões</b>          | 3cm x 120cm                     | <b>Dimensões</b>                 | 3cm x 120cm           |
| <b>Tensão de Entrada</b>  | AC100 ~ 240V (Bivolt)           | <b>Tensão de Entrada</b>         | AC100 ~ 240V (Bivolt) |
| <b>Potência</b>           | 54 W + 110W (Reator 2 lâmpadas) | <b>Potência</b>                  | 18 W                  |
| <b>Cor da Luz</b>         | Branco                          | <b>Cor da Luz</b>                | Branco                |
| <b>Ângulo de Abertura</b> | 360°                            | <b>Ângulo de Abertura</b>        | 120°                  |
| <b>Luminosidade</b>       | 5000 lm                         | <b>Luminosidade</b>              | 1400 lm               |
| <b>Vida útil Médiana</b>  | 8000 h                          | <b>Vida útil Médiana</b>         | 35000 h               |
| <b>Valor (Lampada)</b>    | R\$ 26,90                       | <b>Valor (Lampada)</b>           | R\$ 59,90             |
| <b>Valor (Reator)</b>     | R\$ 72,90                       | <b>Coparativo (Fluorescente)</b> | 60%                   |

Quando os dados de um sistema fluorescente x LED são comparados, entende-se que para cada lâmpada fluorescente, que oferece a luminosidade de 5000lm, necessita-se de aproximadamente quatro lâmpadas LED para produzir a luminosidade de 5400lm. Considerando que para cada lâmpada fluorescente o consumo é de 109Wh, e que precisamos de 4 lâmpadas LED para atender o desempenho de luminosidade superior ou equivalente, o consumo da lâmpada tubo LED ainda fica muito inferior.

Seguindo as características acima, cada lâmpada tubo LED tem o consumo de 18Wh, multiplicado por 4, tem-se o total de 72Wh contra 109Wh da fluorescente, ou seja, obtendo uma eficiência de, aproximadamente, 30% menor que o consumo da lâmpada fluorescente.

Como exemplo, em uma situação extrema onde suponha que o colégio necessite que todas as lâmpadas fluorescentes estejam ligadas ao mesmo tempo, no período de uma hora, o total será de 204.375Wh, contra os 135.000Wh tubo LED, quando subtraídos, nota-se que 69.375Wh não seriam desperdiçados.




O comparativo de vida útil à lâmpada LED apresenta-se muito superior ao da vida útil de 35.000h contra 8.000h da lâmpada fluorescente, que dura 4 vezes mais que uma lâmpada fluorescente.

Avaliando o quesito custo de aquisição no mercado, a lâmpada tubo LED tem o preço médio de R\$60,00 e o conjunto lâmpada fluorescente mais reator, já dividindo o valor do reator por 2, que é a quantidade de lâmpadas que ele atende, o valor ficará de R\$63,35. Lembrando que, para cada lâmpada fluorescente, necessitamos de 4 lâmpadas tubo LED,

portanto, o valor da lâmpada LED é de aproximadamente 75% mais caro que a fluorescente, mas considerando a vida útil que é 4 vezes superior as fluorescentes vemos que o investimento em lâmpada LED sai 5% mais barato, quando se fala de custo de aquisição e uma economia de 30% no consumo.

Conforme coleta de dados, atualmente o colégio utiliza 145 lâmpadas fluorescentes nos banheiros, estas que consomem (25Wh) de potência por lâmpada. A especificação do fabricante diz que a lâmpada fornece luminosidade de 1550lm, com vida útil de 6.000 horas, conforme quadro 2 abaixo:

**Quadro 2. Lâmpada Fluorescente x LED (Banheiros).**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

| Banheiro |             |  |  |  |
|----------|-------------|---|---|---|
| Local    | Qtd lâmpada |   |   |   |
| 6º Pav   | 9           |   |   |   |
| 5º Pav   | 29          |   |   |   |
| 4º Pav   | 31          |   |   |   |
| 3º Pav   | 36          |   |   |   |
| 2º Pav   | 36          |   |   |   |
| SSº Pav  | 4           |   |   |   |

|  |  |
|--|--|
| <b>Tensão de Entrada</b> AC100 ~ 240V (Bivolt)<br><b>Potência</b> 25 W<br><b>Cor da Luz</b> Branco<br><b>Ângulo de Abertura</b> 360 °<br><b>Luminosidade</b> 1550 lm<br><b>Vida útil Médiana</b> 6000 h<br><b>Valor (Lampada)</b> R\$ 11,38<br><b>Valor (Reator)</b> N/a | <b>Tensão de Entrada</b> AC100 ~ 240V (Bivolt)<br><b>Potência</b> 12 W<br><b>Cor da Luz</b> Branco<br><b>Ângulo de Abertura</b> 360 °<br><b>Luminosidade</b> 2835 lm<br><b>Vida útil Médiana</b> 90000 h<br><b>Valor (Lampada)</b> R\$ 19,80<br><b>Valor (Reator)</b> N/a<br><b>Coparativo (Fluorescente)</b> 60%<br><b>Coparativo (Incandescente)</b> 90% |
|--|--|

Em contrapartida, a lâmpada LED, sugerida como proposta, possui a potência de 12Wh e não necessita de reator e sua luminosidade é de 2835lm e 9.000h de vida útil.

Comparando os dados de um sistema fluorescente x LED, nota-se que o LED tem, aproximadamente, o dobro de luminosidade. Porém, quando falamos de potência consumida por hora, invertemos as informações. Enquanto a lâmpada LED consome apenas 12Wh, a lâmpada fluorescente tem a luminosidade inferior e o consumo dobrado com 25Wh, ou seja, com a lâmpada LED obtém uma eficiência de, aproximadamente, 50% menor que o consumo da lâmpada fluorescente e, aproximadamente, 45% mais luminosidade.

Como exemplo, em uma situação extrema em que o colégio necessita de todas as lâmpadas fluorescentes acesas ao mesmo tempo, no período de uma hora, teria o total de 3.625Wh, já a tubo LED teria 2.030Wh, que se dividido, diminuindo o consumo, uma vez que a lâmpada LED apresenta luminosidade 45% maior que a fluorescente, por via de regra será possível diminuir 1/3 do número de lâmpadas e ainda terão uma luminosidade superior com o consumo total de 1353Wh, que subtraídos terão 2272Wh que não seriam desperdiçados.

Quando o comparativo de vida útil à lâmpada LED é realizado, apresenta-se muito superior e com uma vida útil de 9.000h contra 6.000h da lâmpada fluorescente, que representa aproximadamente 30% a mais de horas.

Avaliando o quesito custo de aquisição no mercado, a tubo LED tem o preço médio de R\$19,80, e o conjunto da fluorescente em torno de R\$11,33. Sendo assim, o valor da lâmpada LED é, aproximadamente, 40% mais caro que a fluorescente, mas se considerar a vida útil, que é 30% maior que a fluorescente e que haverá uma redução na quantidade de lâmpadas em até 30%, ainda sim atenderiam a luminosidade. No quesito custo de aquisição, as duas tecnologias se equivalem, lembrando que no consumo mensal, a lâmpada LED é 50% menor.

A tabela 1 demonstra os dados referentes as lâmpadas fluorescentes existentes no colégio, onde esse levantamento foi realizado para quantificar e gerar esse comparativo referente a vida útil e custo. Como podemos ver na linha investimento, a última coluna (célula vermelha) demonstra que, de quatro a dez anos, haverá um investimento de R\$386.620,70 em substituição de lâmpadas e reatores fluorescentes, com estimativa superior, levando em consideração o aumento dos índices nacionais (inflação).

**Tabela 1. Tabela de custos (lâmpada fluorescente).**  
Fonte: Elaborado pelo autor.

|       | Fluorescente          | Fluorescente T5 (Corredores/Salas) | Fluorescente (Banheiros) | Fluorescente (Quadra poliesportiva) | Fluorescente (Área a céu aberto) |
|-------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| Atual | Qtd Total             | 1408                               | 145                      | 15                                  | 10                               |
|       | Vida útil (horas)     | 8000                               | 6000                     | 10000                               | 6000                             |
|       | Proporção (Vida útil) | 4                                  | 15                       | 5                                   | 15                               |
|       | Valor                 | R\$ 63,35                          | R\$ 11,38                | R\$ 45,00                           | R\$ 11,38                        |
|       | <b>Investimento</b>   | <b>R\$ 356.787,20</b>              | <b>R\$ 24.751,50</b>     | <b>R\$ 3.375,00</b>                 | <b>R\$ 1.707,00</b>              |

Valor do investimento = Valor unitário x Proporção (vida útil) x Quantidade total de lâmpadas

A tabela 2 demonstra a proposta, com o objetivo de aumentar o desempenho energético do sistema artificial de iluminação, utilizando-se lâmpadas modelo LED. Na linha de investimento da coluna lâmpada tubo LED, referentes aos corredores e salas, foi estimado um investimento de R\$168.678,40 em quatro anos. Para os banheiros, será realizado um investimento de R\$1.435,50 em 10 anos, pelo tempo de vida estimado. Para a quadra poliesportiva será realizado um investimento de R\$35.700,00 em 10 anos. Para a área a céu aberto será realizado um investimento de R\$99,00 em aproximadamente cinco anos e meio, pelo tempo de vida estimado da lâmpada. O investimento total de quatro a dez anos seria em torno de R\$205.912,90.

**Tabela 2. Tabela de custos (lâmpada Tubo LED).**  
Fonte: Elaborado pelo autor.

|          | Tubo LED              | Lâmpada Tubo LED T5 (Corredores/Salas) | Lâmpada LED (Banheiros) | Lâmpada LED (Quadra poliesportiva) | Lâmpada LED (Área a céu aberto) |
|----------|-----------------------|--|-------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Proposta | Qtd Total             | 2816                                   | 72,5                    | 75                                 | 5                               |
|          | Vida útil (horas)     | 35000                                  | 90000                   | 50000                              | 90000                           |
|          | Proporção (Vida útil) | 1                                      | 1                       | 1                                  | 1                               |
|          | Valor (Unitário)      | R\$ 59,90                              | R\$ 19,80               | R\$ 476,00                         | R\$ 19,80                       |
|          | <b>Investimento</b>   | <b>R\$ 168.678,40</b>                  | <b>R\$ 1.435,50</b>     | <b>R\$ 35.700,00</b>               | <b>R\$ 99,00</b>                |

Valor do investimento = Valor unitário x Proporção (vida útil) x Quantidade total de lâmpadas

Se forem feitas as substituições de tecnologia de iluminação artificial proposta haverá uma economia de R\$180.707,80 de 4 a 10 anos, equivalendo a uma média de R\$18 mil por ano de economia com gastos de aquisição de lâmpadas.

As tabelas 3 e 4 trazem os comparativos de consumo entre a lâmpada fluorescente e LED, levando em consideração luminosidade e potência de consumo.

A tabela 3 demonstra potência média mensal consumida por iluminação artificial do tipo fluorescente, levando em consideração que as lâmpadas são utilizadas 8 horas por dia, uma média de 22 dias úteis no período de um mês, utilizando o valor de tarifa atual, uma informação provida pela Eletropaulo. Ao multiplicar a quantidade total de kW utilizado durante o mês com o valor da tarifa, o gasto médio é de R\$4.932,15, no período de um mês.

**Tabela 3. Tabela de custos (lâmpada Tubo LED)**

|       | Fluorescente   | Fluorescente T5 (Corredores/ Salas) | Fluorescente (Banheiros) | Fluorescente (Quadra poliesportiva) | Fluorescente (Área livre) |         |
|-------|----------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------|
| Atual | Qtd Total      | 1408                                | 145                      | 15                                  | 10                        |         |
|       | Luminosidade   | 5000                                | 1500                     | 14000                               | 1500                      |         |
|       | Proporção (lm) | 1                                   | 2                        | 1                                   | 2                         |         |
|       | Pot. Und (h)   | 54                                  | 25                       | 500                                 | 25                        | w       |
|       | Pot. Total (h) | 76,0                                | 7,3                      | 7,5                                 | 0,5                       | 91,3 Kw |

|           |           |                     |                       |
|-----------|-----------|---------------------|-----------------------|
| Horas/Dia | 8         | 730,26              | Kw/dia                |
| Dias/mês  | 22        | 16.065,63           | Kw/mês                |
| Tarifa Kw | R\$ 0,307 | <b>R\$ 4.932,15</b> | Valor Total/mês (R\$) |

A tabela 4 demonstra a potência média mensal consumida por iluminação artificial, tipo LED, levando em consideração que as lâmpadas são utilizadas 8 horas por dia, uma média de 22 dias úteis no período de um mês, utilizando o valor de tarifa atual, uma informação provida pela Eletropaulo. Ao multiplicar a quantidade total de kW utilizado durante mês com o valor da tarifa temos um gasto médio de R\$2.902,49 no período de um mês.

**Tabela 4. Comparação de luminosidade e potência (Custos)**

|          | Tubo LED       | Lâmpada Tubo LED T5 (Corredores/ Salas) | Lâmpada LED (Banheiros) | Lâmpada LED (Quadra poliesportiva) | Lâmpada LED (Área livre) |           |
|----------|----------------|---|-------------------------|------------------------------------|--------------------------|-----------|
| Proposta | Qtd Total      | 2816                                    | 72,5                    | 75                                 | 5                        |           |
|          | Luminosidade   | 1400                                    | 2835                    | 3300                               | 2835                     |           |
|          | Proporção (lm) | 2                                       | 1                       | 5                                  | 1                        |           |
|          | Pot. Und (h)   | 18                                      | 12                      | 28                                 | 12                       | w         |
|          | Pot. Total (h) | 50,7                                    | 0,9                     | 2,1                                | 0,1                      | 53,7 Kw/h |

|           |           |                     |                       |
|-----------|-----------|---------------------|-----------------------|
| Horas/Dia | 8         | 429,74              | Kw/dia                |
| Dias/mês  | 22        | 9.454,37            | Kw/mês                |
| Tarifa Kw | R\$ 0,307 | <b>R\$ 2.902,49</b> | Valor Total/mês (R\$) |

## CONCLUSÕES

A redução de custo através do consumo de energia elétrica provida das lâmpadas LED é de até R\$2.029,66/mês, ou R\$24.355,90/ano.

Além disso, o investimento no sistema de iluminação artificial mais eficiente traria outros ganhos, tais como redução de riscos de contaminação humana e ambiental, devido ao mercúrio existente nas lâmpadas fluorescentes, maior vida útil estimada das lâmpadas LEDs e, consequentemente, menor gasto com a manutenção dos equipamentos elétricos do edifício, possibilidade de instalação de sensores de presença, com a utilização de lâmpadas LEDs, pois a vida útil das



lâmpadas fluorescentes é contada principalmente pelo número de acionamentos, inviabilizando a instalação de sensores com o sistema atual.

Após a análise da proposta de viabilidade técnica e retorno sobre investimento, concluímos que a proposta tem potencial para aplicação no Colégio Metodista. Sendo assim, o investimento para melhorar a eficiência do consumo de energia elétrica é justificado pelos ganhos e a redução do consumo de energia elétrica.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Balço Energético Nacional, 2014**. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2014.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf). Acesso: 27 de agosto de 2018.
2. GHISI, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para refofit em sistemas de iluminação**: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997. (Dissertação de mestrado)