

# **PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Érika Líbero Bueno

**Estudo de viabilidade técnica e econômica da substituição de lâmpadas  
fluorescente por lâmpadas de LED**

Novembro

2013

# **PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Érika Líbero Bueno

## **Estudo de viabilidade técnica e econômica da substituição de lâmpadas fluorescente por lâmpadas de LED**

Monografia apresentado como forma de  
avaliação final do Curso de Especialização  
em Energias Renováveis, Geração Distribuída  
e Eficiência Energética, orientador Professor  
Enio Akira Kato.

Novembro

2013

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Bueno, Érika Líbero**

**Estudo de viabilidade técnica e econômica da substituição de Lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED. -- São Paulo, 2013.**

**63 p.**

**Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.**

**1.Lâmpadas fluorescentes 2.Lâmpadas de LED I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II. t.**

Nome: BUENO, Érika Líbero

Título: Estudo de viabilidade técnica e econômica da substituição de lâmpadas fluorescente por lâmpadas de LED.

Monografia apresentada como forma de avaliação final do Curso de Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof.: \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof.: \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof.: \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família, pelo incentivo.

Um agradecimento especial ao Alexandre, meu amigo e parceiro de todas as horas.

Ao meu orientador Enio A. Kato pelo apoio e orientação.

## **RESUMO**

A eficiência energética tem sido muito discutida nos últimos anos, principalmente devido ao custo de geração, escassez de recursos naturais, aspectos ambientais. Por isso, muitos programas têm sido desenvolvidos para um melhor uso da energia e maiores benefícios para o setor energético. O uso consciente e racional da energia demonstrou ser uma solução mais rápida, simples e econômica ao invés de uma geração mais eficiente. A substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED são alternativas para economia de energia, por serem mais eficientes, porém com o alto custo das lâmpadas de LED, é necessário analisar a viabilidade econômica desta substituição e analisar o retorno financeiro. Além disso, o uso de equipamentos para reduzir o uso da energia, como os sensores de presença, também podem colaborar para esta economia com um baixo investimento inicial.

**Palavras chave:** Eficiência Energética; Lâmpadas de LED, Iluminação.

## **ABSTRACT**

Energy efficiency has been much discussed in recent years, mainly due to the generation cost, scarcity of natural resources, environmental aspects. Therefore, many programs have been developed for a better use of energy and greater benefits for the energy sector. The conscious and rational use of energy proved to be a quick, simple and economical solution rather than a more efficient generation. Replacing fluorescent lamps with LED lamps are energy saving alternatives, by being more efficient, but with the high cost of LED lamps, it is necessary to analyze the economic feasibility of this substitution and analyze the financial return. Furthermore, the use of equipment to reduce energy use, such as occupancy sensors, can also contribute to this economy with a low initial investment.

Keywords: Energy Efficiency, LED lamps; Lighting.

## ÍNDICE DE TABELAS

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Tipos de Lâmpadas. ....                                                            | 19 |
| Tabela 2: Tabela apresentando um exemplo de investimento e valores de receita esperado. .... | 27 |
| Tabela 3: Levantamento de luminárias e lâmpadas T8 por ambiente. ....                        | 31 |
| Tabela 4: Consumo das Lâmpadas T8 por ambiente. ....                                         | 33 |
| Tabela 5: Período de substituição das lâmpadas T8 em anos. ....                              | 35 |
| Tabela 6: Despesas com o uso de lâmpadas T8. ....                                            | 37 |
| Tabela 7: Consumo do sistema com lâmpadas de LED. ....                                       | 39 |
| Tabela 8: Período de substituição das lâmpadas de LED em anos. ....                          | 42 |
| Tabela 9: Despesas da Alternativa 1. ....                                                    | 43 |
| Tabela 10: Economia anual da Alternativa 1 em relação ao sistema com lâmpadas T8. ....       | 44 |
| Tabela 11: Payback Simples da Alternativa 1. ....                                            | 44 |
| Tabela 12: Valor Presente anual da Alternativa 1. ....                                       | 45 |
| Tabela 13: Fluxo de Caixa para o cálculo da Taxa Interna de Retorno. ....                    | 46 |
| Tabela 14: Consumo de energia total com as alterações. ....                                  | 47 |
| Tabela 15: Período de substituição das lâmpadas de LED e T8 em anos. ....                    | 50 |
| Tabela 16: Despesas da Alternativa 2. ....                                                   | 51 |
| Tabela 17: Economia anual da Alternativa 1 em relação ao sistema com lâmpadas T8. ....       | 52 |
| Tabela 18: Payback Simples da Alternativa 2. ....                                            | 52 |
| Tabela 19: Valor Presente anual da Alternativa 2. ....                                       | 53 |
| Tabela 20: Fluxo de Caixa para o cálculo da Taxa Interna de Retorno. ....                    | 54 |
| Tabela 21: Comparação de viabilidade das duas alternativas. ....                             | 55 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Variação do PIB e variação do consumo de energia (1998 - 2007). Fonte: [ANEEL, 2013] p.39. ....  | 14 |
| Figura 2: Evolução do consumo final de energia elétrica no Brasil. Fonte: Fonte [BARROS, 2010] p. 27. .... | 15 |
| Figura 3: Desperdício gerado pela lâmpada incandescente. Fonte: BONA 2010, p.32. ....                      | 20 |
| Figura 4: Reflexão da luz com a redução do diâmetro das lâmpadas. Fonte [SALOMÃO, 2010] p55. ....          | 21 |
| Figura 5: Foto do conjunto luminária e lâmpadas existentes. ....                                           | 32 |

## SUMÁRIO

|          |                                                            |           |
|----------|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                    | <b>12</b> |
| 1.1      | Considerações Iniciais .....                               | 12        |
| 1.2      | OBJETIVOS .....                                            | 12        |
| 1.3      | JUSTIFICATIVA.....                                         | 13        |
| <b>2</b> | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>                          | <b>14</b> |
| 2.1      | Consumo Energético no Brasil .....                         | 14        |
| 2.2      | Eficiência Energética .....                                | 16        |
| 2.2.1    | Introdução .....                                           | 16        |
| 2.2.2    | Importância da Eficiência Energética.....                  | 16        |
| 2.2.3    | Usos de Energia e Abordagens da Eficiência Energética..... | 17        |
| 2.3      | Sistemas de Iluminação.....                                | 19        |
| 2.3.1    | Introdução .....                                           | 19        |
| 2.3.2    | Tipos de Lâmpadas .....                                    | 19        |
| 2.3.3    | Reatores.....                                              | 24        |
| 2.3.4    | Comandos de Circuitos de Iluminação.....                   | 25        |
| 2.4      | Análise de Viabilidade .....                               | 26        |
| 2.4.1    | Introdução .....                                           | 26        |
| 2.4.2    | Payback.....                                               | 26        |
| 2.4.3    | VPL .....                                                  | 28        |
| 2.4.4    | TIR.....                                                   | 29        |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>                                    | <b>30</b> |
| 3.1      | Introdução .....                                           | 30        |
| 3.2      | Levantamento das Lâmpadas T8 Existentes.....               | 30        |
| 3.3      | Consumo de Energia pela Iluminação Atual.....              | 32        |
| 3.4      | Gastos Financeiros com o sistema de iluminação atual.....  | 34        |
| 3.4.1    | Tempo de vida da lâmpada.....                              | 34        |
| 3.4.2    | Tarifa de Energia .....                                    | 36        |
| 3.4.3    | Despesas do sistema de iluminação com lâmpadas T8 .....    | 37        |
| 3.5      | Proposta de Melhoria .....                                 | 38        |
| 3.5.1    | Considerações.....                                         | 38        |
| 3.5.2    | Alternativa 1: Sistema com todas as lâmpadas de LED .....  | 39        |
| 3.5.3    | Alternativa 2: Sistema de menor investimento inicial ..... | 47        |

|            |                                                       |           |
|------------|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4</b>   | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                   | <b>55</b> |
| <b>5</b>   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                     | <b>56</b> |
| <b>6</b>   | <b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>                  | <b>57</b> |
| <b>7</b>   | <b>ANEXO.....</b>                                     | <b>59</b> |
| <b>7.1</b> | <b>Anexo 1: Ficha técnica Lâmpada LED OSRAM .....</b> | <b>59</b> |

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 Considerações Iniciais**

O uso racional da energia tem sido alvo de muitas discussões e debates no mundo tanto pelo seu custo que aumenta cada vez mais, quanto pela escassez dos recursos e combustíveis. Por esse motivo a eficiência energética aparenta ser a solução mais rápida, simples e econômica, e está ao alcance de todos os usuários.

Este trabalho propõe duas alternativas de projeto de eficiência energética para uma instituição de ensino, substituindo lâmpadas fluorescentes T8 por lâmpadas de LED. Na Alternativa 1 é proposto a substituição de todas as lâmpadas T8 por lâmpadas de LED. A Alternativa 2 propõe substituição das lâmpadas T8 por lâmpadas de LED em alguns ambientes de maior consumo e uso de sensores de presença nos sanitários.

## **1.2 OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho é apresentar duas alternativas para redução do consumo de energia de uma instituição de ensino substituindo lâmpadas fluorescentes (T8) por lâmpadas de LED tubulares e analisar a viabilidade econômica de cada uma.

O trabalho terá as seguintes etapas:

- Levantamento do uso e consumo atual do sistema de iluminação utilizando lâmpadas T8;
- Apresentação da Alternativa 1, que substitui todas as lâmpadas T8 por lâmpadas de LED, independente do uso e simular seu novo consumo e analisar a viabilidade econômica

- Apresentação da Alternativa 2, com substituição das lâmpadas T8 por lâmpadas de LED em locais de maior uso e instalação de sensores de presença em alguns ambientes de menor circulação de pessoas, mantendo as lâmpadas fluorescentes, simular seu novo consumo e analisar a viabilidade econômica.

### **1.3 JUSTIFICATIVA**

Segundo dados do Atlas da ANEEL [ANEEL, 2013], o consumo de energia é um dos indicadores para o desenvolvimento econômico e social. Uma população consome mais energia quando tem mais acesso e mais condições financeiras. Com o aumento do poder aquisitivo há um aumento de consumo de energia, aumentando a necessidade de gerar mais energia e melhorar o consumo, através de tecnologias mais eficientes ou de redução do consumo.

Lâmpadas de LED são opções de redução de consumo de energia elétrica em substituição das lâmpadas fluorescentes, pois são mais eficientes e tem menor consumo de energia, porém seu alto custo ainda é uma barreira a ser enfrentada, sendo necessária uma análise de viabilidade econômica para verificar se o investimento vale a pena para o investidor.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo oferece as informações necessárias para o entendimento da pesquisa.

### 2.1 Consumo Energético no Brasil

Um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico é o consumo de energia. [ANEEL, 2013].

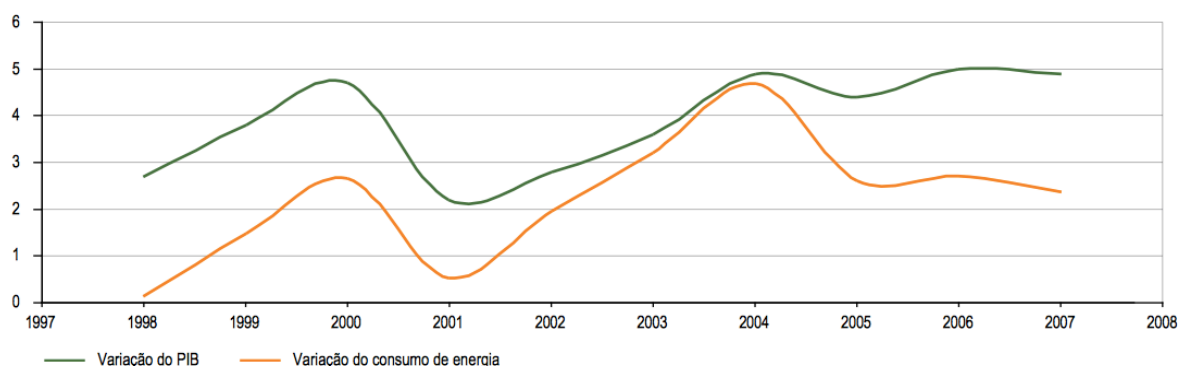


Figura 1: Variação do PIB e variação do consumo de energia (1998 - 2007). Fonte: [ANEEL, 2013] p.39.

Outra variável que determina o consumo de energia é o crescimento da população, tanto pela taxa de natalidade e mortalidade quanto pela medição de fluxos migratórios.

Em 2009, devido a crise econômica, o Brasil teve um consumo de energia elétrica abaixo do esperado e a previsão de crescimento da demanda entre 2010 e 2019 é de 5,1% ao ano [BARROS, 2010].

De acordo com o Plano Nacional de Energia (PNE), a previsão de consumo de energia elétrica no Brasil está entre 859 TWh e 1245 TWh, de acordo com o crescimento do País neste período. [BARROS, 2010]

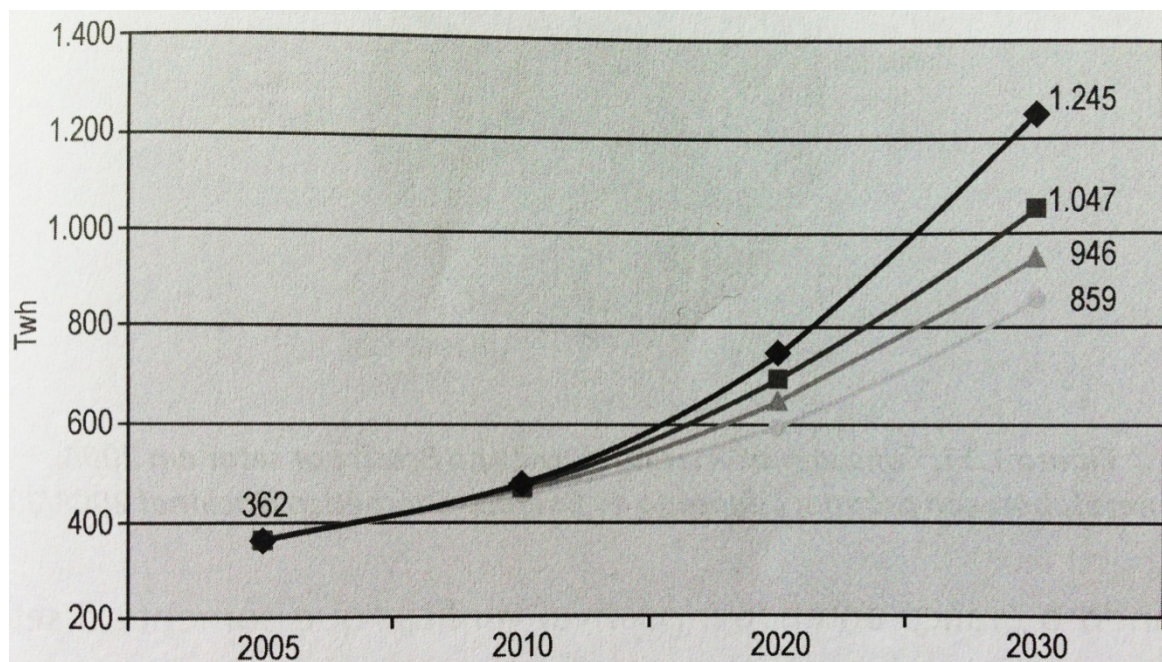


Figura 2: Evolução do consumo final de energia elétrica no Brasil. Fonte: Fonte [BARROS, 2010] p. 27.

Embora o aumento do consumo possa indicar desenvolvimento econômico e melhoria na qualidade de vida, também pode ter aspectos negativos, como a possibilidade de esgotamento das fontes de energia, impactos ambientais e elevados investimentos necessários para geração de energia.

Uma das maneiras mais modernas utilizadas para manter a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico e ainda conter o consumo de energia elétrica tem sido o estímulo ao uso eficiente da energia. No Brasil o Ministério de Minas e Energia (MME) criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado pela Eletrobrás. Além disso, a legislação determina que as distribuidoras destinem parte de sua receita operacional líquida a programas e ações de eficiência energética. Estes programas devem ser aprovados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). [ANEEL, 2013]

## **2.2 Eficiência Energética**

### **2.2.1 Introdução**

“Em tempos em que o aquecimento global e as mudanças climáticas são motivo de preocupação no mundo, a melhoria da eficiência energética é a solução mais econômica, eficaz e rápida para minimizar impactos ambientais acarretados pela utilização da energia.” [PETROBRAS, 2013]

### **2.2.2 Importância da Eficiência Energética**

Com o aumento dos custos de energia se faz mais necessária a eficiência energética. Devido as perdas na geração e transmissão de energia elétrica, a economia de uma unidade do lado da demanda representa a economia de 3 unidades do lado da oferta, ou seja, economizar uma unidade de energia no uso final é mais vantajoso que construir uma usina elétrica com o dobro da eficiência da atual. [SCHNEIDER, 2013]

A economia de energia pode ser alcançada de duas formas:

#### **2.2.2.1 Diminuição do Consumo**

Diminuir o consumo significa deixar de usar algum equipamento ou usar por menos tempo. Por exemplo, apagando algumas lâmpadas o consumo é reduzido, porém deixa de ter iluminação em algum local que poderia ser necessário.



### **2.2.2.2 Eficiência Energética**

A economia alcançada pela eficiência energética significa o uso eficiente da energia. Por exemplo, substituindo as lâmpadas por outras de melhor eficiência. Neste caso não é necessário desligar as lâmpadas para obter uma economia.

Projetos de economia de energia são de baixo risco, pois o custo de um investimento em eficiência energética será recuperado ao longo do tempo e a economia no custo da energia poderá ser investida em novos projetos. [SCHNEIDER, 2013]

### **2.2.3 Usos de Energia e Abordagens da Eficiência Energética**

Os principais usos de energia em edificações são:

- Iluminação
- Aquecimento;
- Ar condicionado;
- Ventilação;
- Motores.

Há duas abordagens diferentes de eficiência energética:

#### **2.2.3.1 Eficiência Energética Passiva**

A eficiência energética passiva visa a economia de energia com o uso de materiais e equipamentos que utilizem menos energia em seu funcionamento, exemplo:

- Reparo de Fugas;
- Substituição de Lâmpadas;
- Isolamento Térmico

### **2.2.3.2 Eficiência Energética Ativa**

A eficiência energética Ativa busca maximizar os ganhos da eficiência energética passiva com o uso de automação e regulação, assegurando que funcionem somente quando necessário, por exemplo:

- Sensores Temporais,
- Sensores de Presença

## 2.3 Sistemas de Iluminação

### 2.3.1 Introdução

Um sistema de iluminação baseia-se em diversos aspectos técnicos, tais como as características do espectro eletromagnético do comprimento de onda da luz utilizada e os tipos de lâmpadas e luminárias empregadas. [BONA, 2010]

### 2.3.2 Tipos de Lâmpadas

As lâmpadas poder ser classificadas como incandescentes, de descarga e LED.

Tabela 1: Tipos de Lâmpadas.

|                |               |                |
|----------------|---------------|----------------|
| Incandescentes |               | Convencional   |
|                |               | Halógena       |
| Descarga       | Baixa Pressão | Fluorescente   |
|                |               | Sódio          |
|                | Alta Pressão  | Mercúrio       |
|                |               | Sódio          |
|                |               | Vapor metálico |
| LED            |               |                |

### 2.3.2.1 Lâmpadas Incandescentes

A lâmpada incandescente é composta por um bulbo de vidro (transparente ou leitoso) e um filamento de tungstênio, que, quando submetido a uma tensão elétrica, percorre uma corrente em seu filamento produzindo luz. O grande problema deste tipo de lâmpada é sua baixa eficiência, pois a maior parte da energia consumida é transformada em calor, conforme figura abaixo.

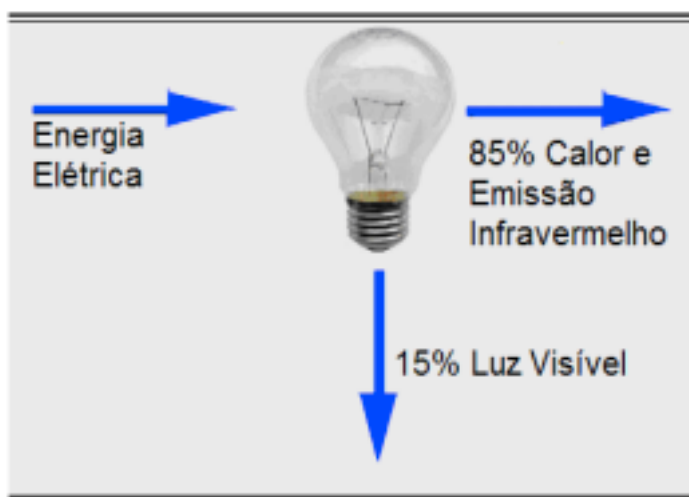


Figura 3: Desperdício gerado pela lâmpada incandescente. Fonte: BONA 2010, p.32.

No Brasil o Ministro de Minas e Energia, através da Portaria Interministerial No 1.007, de 31 de Dezembro de 2010 determinou a proibição da produção e importação das lâmpadas incandescentes. A proibição deverá seguir o calendário que consta na Portaria. [PLANALTO, 2013]

### 2.3.2.2 Lâmpadas de Descarga

Lâmpadas de descarga produzem luz através da excitação de vapores metálicos. Seu funcionamento consiste em aplicar uma diferença de potencial entre dois eletrodos nas extremidades de um tubo preenchido com uma mistura de gás

inerte com vapor metálico. Estas lâmpadas podem ser divididas em função da pressão dos gases: baixa pressão ( $<1\text{bar}$ ) e de alta pressão ( $>1\text{bar}$ ). [SILVA, 2011]

#### 2.3.2.2.1 Lâmpadas de Descarga de Baixa Pressão.

Faz parte deste grupo as lâmpadas fluorescentes tubulares, que possui uma mistura de gás inerte com uma pequena quantidade de mercúrio em baixa pressão.

Elas podem ser encontradas em três formatos: tubulares, compactas e circulares.

As lâmpadas tubulares podem ter diâmetros variados:

T12: 38 mm

T10: 32 mm

T8: 26 mm

T5: 16 mm

Quanto menor o seu diâmetro maior será a reflexão da luz (Figura 4)

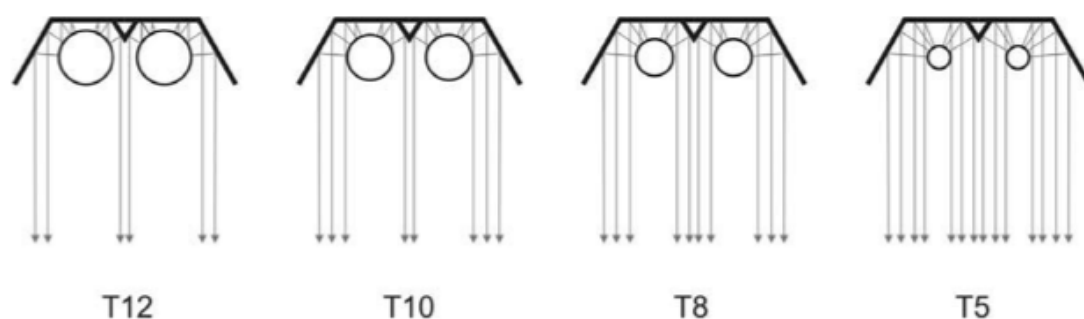


Figura 4: Reflexão da luz com a redução do diâmetro das lâmpadas. Fonte [SALOMÃO, 2010] p55.

#### **2.3.2.2 Lâmpadas de Descarga de Alta Pressão.**

As lâmpadas de descarga de alta pressão possuem um pequeno tubo de descarga de vidro de quartzo, que contém uma mistura de gás com vapor de mercúrio. Produz uma luz branca azulada, devido ao vácuo na faixa espectral do vermelho, mas pode atingir outras temperaturas de cor através do revestimento fluorescente. Necessitam de um tempo de arrefecimento para serem reacendidas e levam alguns minutos para atingirem a sua luz máxima [SILVA, 2011]

#### **2.3.2.3 Lâmpadas de LED**

O Diodo Emissor de Luz, em inglês **Light Emitting Diode**, o LED, é um componente semicondutor que converte a corrente elétrica em luz visível. [SALOMÃO, 2010].

Segundo [SALOMÃO, 2010], suas principais características são o baixo consumo individual e a prolongada vida útil, porém ainda apresenta um mercado restrito no Brasil pelo alto custo do investimento. Ainda segundo [SALOMÃO, 2010], algumas vantagens e desvantagens:

Vantagens:

- Emissão de luz direcional, reduzindo o desperdício da luz emitida na parte superior da lâmpada;
- Grande resistência mecânica já que não possui vidro nem filamentos delicados em sua composição;
- Acionamento imediato;

- Resistente a acionamentos cíclicos, ou seja, a vida útil não é afetada pelos números de acionamentos diários;
- Controle versátil de intensidade e cor;
- Não emite radiação ultravioleta e infravermelha;
- Vida útil em torno de 50.000 horas;
- Não contem mercúrio;
- Irradia menos calor.

#### Desvantagens:

- Alto custo de investimento se comparado com uma lâmpada de mesmo fluxo luminoso nominal;
- Dependência da temperatura de operação. Em temperatura elevada ou superaquecimento do dispositivo pode levar a sua falha e redução sensível da vida útil, principalmente em LEDs de baixa qualidade, o que diferencia dos de boa qualidade. É necessário garantir a dissipação térmica adequada para o ambiente;
- Sensibilidade à tensão de alimentação;
- Preocupação que os LEDs azuis e brancos ultrapassem os limites de segurança do perigo da luz azul. O uso indiscriminado do LED acaba gerando uma concentração maior de luz azul.

As lâmpadas de LED também podem ser encontradas em formato tubular para substituição das lâmpadas fluorescentes como, por exemplo, a lâmpada das OSRAM modelo ST8-HB4 18W (Anexo I). Este modelo será utilizado para os cálculos deste trabalho.

#### **2.3.2.4 Tempo de Vida de uma lâmpada**

##### **Vida útil**

A vida útil de uma lâmpada é definida pelo tempo (em horas), no qual cerca de 25% do fluxo luminoso das lâmpadas testadas foi depreciado, ou seja, é o tempo recomendado para uso de uma lâmpada mantendo a sua eficiência luminosa. Após esse período, é recomendada a sua substituição, mesmo que a lâmpada esteja funcionando. [PHILIPS, 2013]

##### **Vida mediana**

A vida mediana de uma lâmpada é definida pelo tempo (em horas), do qual 50% das lâmpadas de um grupo representativo, testadas sob condições de operação, tiveram queima, portanto, é a durabilidade de uma lâmpada, ou seja, o tempo que irá operar até queimar. [PHILIPS, 2013]

Para este trabalho, será utilizada a vida útil da lâmpada.

#### **2.3.3 Reatores**

Os reatores fazem parte do sistema de iluminação e têm a finalidade de limitar a corrente da lâmpada, tanto na partida como durante seu funcionamento, utilizando valores preestabelecidos. Podem ser classificados como eletromagnéticos e eletrônicos. [SALOMÃO, 2010]

As lâmpadas de descarga necessitam de reatores para o seu funcionamento, diferente das lâmpadas incandescentes que são ligadas diretamente na fonte de energia. As lâmpadas de LED também não necessitam de reatores, porém necessitam de uma fonte de energia.



#### **2.3.4 Comandos de Circuitos de Iluminação**

Segundo [SILVA, 2011], os circuitos de iluminação são controlados por comandos manuais ou automáticos.

O comando manual pode ser feito por interruptores, comutadores, disjuntores, etc. O comando automático pode utilizar interruptores horários, interruptores crepusculares, por detectores de movimento e/ou presença. [SILVA, 2011]

## **2.4 Análise de Viabilidade**

### **2.4.1 Introdução**

Algumas técnicas para redução de consumo de energia elétrica podem ou não requerer um investimento inicial. Por exemplo, um treinamento interno para conscientização do uso da energia, apagando as luzes ao sair de um ambiente, não necessita de investimento inicial, já a substituição das lâmpadas existentes por outra mais eficiente, necessitará de investimento inicial e o ganho virá apenas após a economia com esta ação.

Para saber se o investimento dará retorno financeiro ao investidor, é necessária a realização de uma análise de viabilidade financeira.

Este capítulo apresenta o conceito de análise de viabilidade econômica que será utilizado neste trabalho.

### **2.4.2 Payback**

#### **2.4.2.1 Payback Simples**

Segundo [BARROS, 2010], o payback é o modelo de análise que apresenta o tempo que o investidor leva para recuperar o valor investido. Este método pode ser usado como critério de escolha ou priorização de projetos diferentes. O Pay Back simples calcula o tempo de retorno, porém não leva em consideração a taxa de juros.

O cálculo para o payback simples é dado pela fórmula [BARROS, 2010]:

$$Payback = \frac{Valor\ do\ Investimento}{Valor\ da\ Receita\ Esperada}$$

Exemplo:

Para um projeto com investimento inicial de R\$10.000 e receita esperada de R\$ 3.000/ano, conforme tabela 2:

Tabela 2: Tabela apresentando um exemplo de investimento e valores de receita esperado.

| Ano | Capital        | Acumulado      |
|-----|----------------|----------------|
| 0   | R\$(10.000,00) | R\$(10.000,00) |
| 1   | R\$ 3.000,00   | R\$ (7.000,00) |
| 2   | R\$ 3.000,00   | R\$ (4.000,00) |
| 3   | R\$ 3.000,00   | R\$ (1.000,00) |
| 4   | R\$ 3.000,00   | R\$ 2.000,00   |

O PayBack calculado é de 3,33 anos.

Este valor também pode ser encontrado através da tabela:

O último ano que o valor acumulado é negativo (3 anos) mais o módulo da divisão entre o valor acumulado do ano 3 e o capital do ano seguinte (R\$ 1.000/ R\$ 3.000), 0,33. Payback=3,33 anos.

### 2.4.3 VPL

A análise econômica da viabilidade de um empreendimento não pode deixar de considerar o valor do dinheiro no tempo, que é desenvolvida comparando-se o somatório de fluxos de juros correspondente ao uso do capital. Esse método de análise, conhecido na literatura como Valor Presente Líquido (VPL), se resume na soma algébrica dos fluxos de fundo descontado por uma taxa determinada. [BONA, 2010]

O VPL pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} - I$$

Onde:

I - Investimento útil inicial;

R - Renda líquida obtida no período;

i - Taxa de desconto;

n - Vida útil do empreendimento

#### 2.4.4 TIR

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é calculada de forma similar ao VPL, a diferença é que no VPL já esta definida a taxa de juros considerada sendo o resultado o valor financeiro.

No caso da TIR, o que seria o valor monetário é igual a 0 (zero) e o que seria a taxa de juros no cálculo do VPL é o resultado do cálculo, ou seja, a taxa de retorno do investimento. Esta taxa deve ser comparada com a taxa de juros aplicada pelo mercado, para que o investidor possa avaliar se o investimento trará mais retorno no projeto ou em uma aplicação bancária, por exemplo.

$$0 = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1 + TIR)^j} - I$$

I - Investimento útil inicial;

R - Renda líquida obtida no período;

n - Vida útil do empreendimento

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Introdução**

Este trabalho pretende apresentar duas alternativas para melhoria da eficiência energética no sistema de iluminação de uma instituição de ensino.

Para melhoria, foi proposta a substituição das lâmpadas T8 por lâmpadas de LED, mantendo as luminárias existentes.

#### **3.2 Levantamento das Lâmpadas T8 Existentes**

Foi feito um levantamento de todas as luminárias com lâmpadas T8 da instituição. O levantamento foi feito visitando todos os ambientes e quantificando as luminárias e lâmpadas, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Levantamento de luminárias e lâmpadas T8 por ambiente.

| Ambiente                                   | Qtde<br>Luminárias | Qtde<br>Lâmpadas |
|--------------------------------------------|--------------------|------------------|
| Biblioteca                                 | 20                 | 40               |
| Corredor                                   | 20                 | 40               |
| Recepção + Sala de Espera                  | 15                 | 30               |
| Sala Aula Controle de Acesso               | 10                 | 20               |
| Sala 1 Bloco 1                             | 6                  | 12               |
| Sala de Reunião                            | 5                  | 10               |
| Sanitário Feminino Bloco 1                 | 2                  | 4                |
| Sanitário Masculino Bloco 1                | 2                  | 4                |
| Sanitário Feminino Docentes                | 1                  | 2                |
| Sanitário Masculino Docentes               | 1                  | 2                |
| Secretaria                                 | 10                 | 20               |
| Auditório                                  | 20                 | 40               |
| Diretoria                                  | 6                  | 12               |
| Corredor Externo                           | 5                  | 10               |
| Pavilhão Social                            | 19                 | 38               |
| Laboratório Eletromecânica                 | 12                 | 24               |
| Laboratório Eletônica Analógica Industrial | 12                 | 24               |
| Laboratório Instalações Elétricas          | 35                 | 70               |
| Corredor Laboratórios                      | 4                  | 8                |
| Cantina                                    | 4                  | 8                |
| Sala Orientação Educacional                | 3                  | 6                |
| Depósito                                   | 4                  | 8                |
| Sanitário Feminino - Pavilhão Social       | 3                  | 6                |
| Sanitário Masculino - Pavilhão Social      | 3                  | 6                |
| Sanitário Deficiente - Pavilhão Social     | 1                  | 2                |
| Corredor central                           | 16                 | 32               |
| Laboratório de Informática 1               | 8                  | 16               |
| Laboratório de Informática 2               | 8                  | 16               |
| Laboratório de Logística                   | 12                 | 24               |
| Sala 2 Térreo                              | 8                  | 16               |
| Laboratório de Máquinas Elétricas          | 16                 | 32               |
| Laboratório de Automação                   | 16                 | 32               |
| Laboratório de Média Tensão                | 8                  | 16               |
| Laboratório de Mecânica                    | 16                 | 32               |
| Sala 1 Térreo                              | 4                  | 8                |
| Sala dos professores                       | 4                  | 8                |
| Sala Orientação de Estágios                | 4                  | 8                |
| Sanitário Feminino - Térreo                | 2                  | 4                |
| Sanitário Masculino -Térreo                | 2                  | 4                |
| Sanitário Feminino Funcionários - Térreo   | 2                  | 4                |
| Sanitário Masculino Funcionários - Térreo  | 2                  | 4                |
| Corredor                                   | 23                 | 46               |
| Sala 3 - 1o andar                          | 4                  | 8                |
| Sala 4 - 1o andar                          | 12                 | 24               |
| Sala 5 - 1o andar                          | 8                  | 16               |
| Sala 6 - 1o andar                          | 12                 | 24               |
| Manutenção                                 | 6                  | 12               |
| Laboratório de redes                       | 4                  | 8                |
| Sanitário Feminino - 1o andar              | 2                  | 4                |
| Sanitário Masculino - 1o andar             | 2                  | 4                |
| <b>TOTAL</b>                               | <b>424</b>         | <b>848</b>       |



Figura 5: Foto do conjunto luminária e lâmpadas existentes.

### **3.3 Consumo de Energia pela Iluminação Atual**

Para o cálculo da energia consumida pelo sistema atual com lâmpadas T8, é necessário o tempo que cada ambiente permanece com as lâmpadas acesas.

A instituição de ensino funciona todos os dias, exceto domingos e feriados. Durante os meses de janeiro e julho, mesmo não havendo cursos regulares, há cursos de curta duração. Portanto, para efeito de cálculo, será mantido o mesmo uso para todos os meses do ano.

Considerações:

- Potência da lâmpada: 32 W
- Potência do reator: 12,5 W
- Dias úteis: 22 dias úteis por mês
- Sábados: 4 sábados por mês



Tabela 4: Consumo das Lâmpadas T8 por ambiente.

| Ambiente                                   | Qtde Luminárias | Qtde Lâmpadas | Uso dia útil (h/dia) | Uso sábados (h/dia) | Uso no Mês (h/mês) | Potência Total (W) | Consumo Mensal de Energia (kWh) |
|--------------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|
| Biblioteca                                 | 20              | 40            | 12                   | 8                   | 296                | 1530               | 452,9                           |
| Corredor                                   | 20              | 40            | 15                   | 10                  | 370                | 1530               | 566,1                           |
| Recepção + Sala de Espera                  | 15              | 30            | 15                   | 10                  | 370                | 1147,5             | 424,6                           |
| Sala Aula Controle de Acesso               | 10              | 20            | 5                    | 10                  | 150                | 765                | 114,8                           |
| Sala 1 Bloco 1                             | 6               | 12            | 10                   | 10                  | 260                | 459                | 119,3                           |
| Sala de Reunião                            | 5               | 10            | 4                    | 4                   | 104                | 382,5              | 39,8                            |
| Sanitário Feminino Bloco 1                 | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370                | 153                | 56,6                            |
| Sanitário Masculino Bloco 1                | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370                | 153                | 56,6                            |
| Sanitário Feminino Docentes                | 1               | 2             | 15                   | 10                  | 370                | 76,5               | 28,3                            |
| Sanitário Masculino Docentes               | 1               | 2             | 15                   | 10                  | 370                | 76,5               | 28,3                            |
| Secretaria                                 | 10              | 20            | 10                   | 10                  | 260                | 765                | 198,9                           |
| Auditório                                  | 20              | 40            | 4                    | 10                  | 128                | 1530               | 195,8                           |
| Diretoria                                  | 6               | 12            | 10                   | 10                  | 260                | 459                | 119,3                           |
| Corredor Externo                           | 5               | 10            | 15                   | 10                  | 370                | 382,5              | 141,5                           |
| Pavilhão Social                            | 19              | 38            | 15                   | 10                  | 370                | 1453,5             | 537,8                           |
| Laboratório Eletromecânica                 | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260                | 918                | 238,7                           |
| Laboratório Eletônica Analógica Industrial | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260                | 918                | 238,7                           |
| Laboratório Instalações Elétricas          | 35              | 70            | 10                   | 10                  | 260                | 2677,5             | 696,2                           |
| Corredor Laboratórios                      | 4               | 8             | 15                   | 10                  | 370                | 306                | 113,2                           |
| Cantina                                    | 4               | 8             | 15                   | 10                  | 370                | 306                | 113,2                           |
| Sala Orientação Educacional                | 3               | 6             | 10                   | 4                   | 236                | 229,5              | 54,2                            |
| Depósito                                   | 4               | 8             | 10                   | 10                  | 260                | 306                | 79,6                            |
| Sanitário Feminino - Pavilhão Social       | 3               | 6             | 15                   | 10                  | 370                | 229,5              | 84,9                            |
| Sanitário Masculino - Pavilhão Social      | 3               | 6             | 15                   | 10                  | 370                | 229,5              | 84,9                            |
| Sanitário Deficiente - Pavilhão Social     | 1               | 2             | 15                   | 10                  | 370                | 76,5               | 28,3                            |
| Corredor central                           | 16              | 32            | 15                   | 10                  | 370                | 1224               | 452,9                           |
| Laboratório de Informática 1               | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260                | 612                | 159,1                           |
| Laboratório de Informática 2               | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260                | 612                | 159,1                           |
| Laboratório de Logística                   | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260                | 918                | 238,7                           |
| Sala 2 Térreo                              | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260                | 612                | 159,1                           |
| Laboratório de Máquinas Elétricas          | 16              | 32            | 10                   | 10                  | 260                | 1224               | 318,2                           |
| Laboratório de Automação                   | 16              | 32            | 10                   | 10                  | 260                | 1224               | 318,2                           |
| Laboratório de Média Tensão                | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260                | 612                | 159,1                           |
| Laboratório de Mecânica                    | 16              | 32            | 10                   | 10                  | 260                | 1224               | 318,2                           |
| Sala 1 Térreo                              | 4               | 8             | 10                   | 10                  | 260                | 306                | 79,6                            |
| Sala dos professores                       | 4               | 8             | 15                   | 10                  | 370                | 306                | 113,2                           |
| Sala Orientação de Estágios                | 4               | 8             | 10                   | 4                   | 236                | 306                | 72,2                            |
| Sanitário Feminino - Térreo                | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370                | 153                | 56,6                            |
| Sanitário Masculino -Térreo                | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370                | 153                | 56,6                            |
| Sanitário Feminino Funcionários - Térreo   | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370                | 153                | 56,6                            |
| Sanitário Masculino Funcionários - Térreo  | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370                | 153                | 56,6                            |
| Corredor                                   | 23              | 46            | 15                   | 10                  | 370                | 1759,5             | 651,0                           |
| Sala 3 - 1o andar                          | 4               | 8             | 10                   | 10                  | 260                | 306                | 79,6                            |
| Sala 4 - 1o andar                          | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260                | 918                | 238,7                           |
| Sala 5 - 1o andar                          | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260                | 612                | 159,1                           |
| Sala 6 - 1o andar                          | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260                | 918                | 238,7                           |
| Manutenção                                 | 6               | 12            | 10                   | 10                  | 260                | 459                | 119,3                           |
| Laboratório de redes                       | 4               | 8             | 8                    | 10                  | 216                | 306                | 66,1                            |
| Sanitário Feminino - 1o andar              | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370                | 153                | 56,6                            |
| Sanitário Masculino - 1o andar             | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370                | 153                | 56,6                            |
| <b>TOTAL</b>                               | <b>424</b>      | <b>848</b>    | <b>593</b>           | <b>480</b>          | <b>14966</b>       | <b>32436</b>       | <b>9252,4</b>                   |

### 3.4 Gastos Financeiros com o sistema de iluminação atual

Para o cálculo dos gastos do sistema atual, foram considerados os gastos com energia elétrica e despesas com substituição das lâmpadas.

#### 3.4.1 Tempo de vida da lâmpada

Foi considerado o tempo de vida útil das lâmpadas, ou seja, o tempo que devem ser trocadas devido à perda de seu potencial luminoso, mesmo que ainda esteja funcionando. Desta forma, o cálculo do período de substituição (em anos) das lâmpadas é dado por:

Vida Útil da lâmpada: 8.500 horas

Uso da lâmpada: depende do ambiente (em horas)

Uso no ano: 12 meses/ano

$$Substituição_{T8} = \frac{Vida\ útil(h)}{Uso\ da\ lâmpada(h/mês) \times 12(mês/ano)}$$

#### Considerações:

A instituição não possui um registro de substituição de lâmpadas por ambiente, portanto, para este trabalho foi considerado que as lâmpadas são novas e serão substituídas conforme Tabela 5.

Tabela 5: Período de substituição das lâmpadas T8 em anos.

| Ambiente                                    | Qtde Lâmpadas | Uso no Mês (h/mês) | Substituição (anos) |
|---------------------------------------------|---------------|--------------------|---------------------|
| Biblioteca                                  | 40            | 296                | 2,39                |
| Corredor                                    | 40            | 370                | 1,91                |
| Recepção + Sala de Espera                   | 30            | 370                | 1,91                |
| Sala Aula Controle de Acesso                | 20            | 150                | 4,72                |
| Sala 1 Bloco 1                              | 12            | 260                | 2,72                |
| Sala de Reunião                             | 10            | 104                | 6,81                |
| Sanitário Feminino Bloco 1                  | 4             | 370                | 1,91                |
| Sanitário Masculino Bloco 1                 | 4             | 370                | 1,91                |
| Sanitário Feminino Docentes                 | 2             | 370                | 1,91                |
| Sanitário Masculino Docentes                | 2             | 370                | 1,91                |
| Secretaria                                  | 20            | 260                | 2,72                |
| Auditório                                   | 40            | 128                | 5,53                |
| Diretoria                                   | 12            | 260                | 2,72                |
| Corredor Externo                            | 10            | 370                | 1,91                |
| Pavilhão Social                             | 38            | 370                | 1,91                |
| Laboratório Eletromecânica                  | 24            | 260                | 2,72                |
| Laboratório Eletrônica Analógica Industrial | 24            | 260                | 2,72                |
| Laboratório Instalações Elétricas           | 70            | 260                | 2,72                |
| Corredor Laboratórios                       | 8             | 370                | 1,91                |
| Cantina                                     | 8             | 370                | 1,91                |
| Sala Orientação Educacional                 | 6             | 236                | 3,00                |
| Depósito                                    | 8             | 260                | 2,72                |
| Sanitário Feminino - Pavilhão Social        | 6             | 370                | 1,91                |
| Sanitário Masculino - Pavilhão Social       | 6             | 370                | 1,91                |
| Sanitário Deficiente - Pavilhão Social      | 2             | 370                | 1,91                |
| Corredor central                            | 32            | 370                | 1,91                |
| Laboratório de Informática 1                | 16            | 260                | 2,72                |
| Laboratório de Informática 2                | 16            | 260                | 2,72                |
| Laboratório de Logística                    | 24            | 260                | 2,72                |
| Sala 2 Térreo                               | 16            | 260                | 2,72                |
| Laboratório de Máquinas Elétricas           | 32            | 260                | 2,72                |
| Laboratório de Automação                    | 32            | 260                | 2,72                |
| Laboratório de Média Tensão                 | 16            | 260                | 2,72                |
| Laboratório de Mecânica                     | 32            | 260                | 2,72                |
| Sala 1 Térreo                               | 8             | 260                | 2,72                |
| Sala dos professores                        | 8             | 370                | 1,91                |
| Sala Orientação de Estágios                 | 8             | 236                | 3,00                |
| Sanitário Feminino - Térreo                 | 4             | 370                | 1,91                |
| Sanitário Masculino -Térreo                 | 4             | 370                | 1,91                |
| Sanitário Feminino Funcionários - Térreo    | 4             | 370                | 1,91                |
| Sanitário Masculino Funcionários - Térreo   | 4             | 370                | 1,91                |
| Corredor                                    | 46            | 370                | 1,91                |
| Sala 3 - 1o andar                           | 8             | 260                | 2,72                |
| Sala 4 - 1o andar                           | 24            | 260                | 2,72                |
| Sala 5 - 1o andar                           | 16            | 260                | 2,72                |
| Sala 6 - 1o andar                           | 24            | 260                | 2,72                |
| Manutenção                                  | 12            | 260                | 2,72                |
| Laboratório de redes                        | 8             | 216                | 3,28                |
| Sanitário Feminino - 1o andar               | 4             | 370                | 1,91                |
| Sanitário Masculino - 1o andar              | 4             | 370                | 1,91                |

### 3.4.2 Tarifa de Energia

O valor de tarifa de energia utilizada é a tarifa média, calculada por:

$$\text{Tarifa Média (R\$/kWh)} = \frac{\text{Valor total da fatura (R\$)}}{\text{Consumo Total (kWh)}}$$

Para este cálculo será utilizada uma conta de energia da instituição, referente ao mês de Julho de 2013:

$$\text{Tarifa Média (R\$/kWh)} = \frac{4.261,01 \text{ (R\$)}}{13.670,80 \text{ (kWh)}}$$

$$\text{Tarifa Média} = \text{R\$ } 0,31168/\text{kWh}$$

Para os cálculos de viabilidade econômica será considerado um aumento do valor da tarifa em 6% ao ano, índice próximo à inflação de 2012 que fechou o ano em 5,84%. [GLOBO, 2013]

### 3.4.3 Despesas do sistema de iluminação com lâmpadas T8

Os gastos, por ano, do sistema de iluminação considera os valores da tarifa e o gasto com lâmpadas, de acordo com o tempo de vida útil, para o período de 10 anos. Os gastos não consideram os custos com Mão de Obra, pois não necessita de mão de obra especializada e já há um recurso disponível na manutenção para realizar esta atividade.

#### Considerações:

Preço da lâmpada: R\$ 10,00

Tabela 6: Despesas com o uso de lâmpadas T8.

| Despesas T8 |                       |                 |                                  |                 |                  |
|-------------|-----------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|------------------|
|             | Lâmpadas Substituídas | Despesa Energia | Despesa Substituição de Lâmpadas | Gasto Anual     | Gasto Acumulado  |
| Ano 1       | 0                     | R\$ (34.605,34) | R\$ -                            | R\$ (34.605,34) | R\$ (34.605,34)  |
| Ano 2       | 302                   | R\$ (36.681,66) | R\$ (3.020,00)                   | R\$ (39.701,66) | R\$ (74.307,00)  |
| Ano 3       | 54                    | R\$ (38.882,56) | R\$ (540,00)                     | R\$ (39.422,56) | R\$ (113.729,56) |
| Ano 4       | 302                   | R\$ (41.215,51) | R\$ (3.020,00)                   | R\$ (44.235,51) | R\$ (157.965,08) |
| Ano 5       | 104                   | R\$ (43.688,44) | R\$ (1.040,00)                   | R\$ (44.728,44) | R\$ (202.693,52) |
| Ano 6       | 412                   | R\$ (46.309,75) | R\$ (4.120,00)                   | R\$ (50.429,75) | R\$ (253.123,27) |
| Ano 7       | 0                     | R\$ (49.088,34) | R\$ -                            | R\$ (49.088,34) | R\$ (302.211,61) |
| Ano 8       | 312                   | R\$ (52.033,64) | R\$ (3.120,00)                   | R\$ (55.153,64) | R\$ (357.365,25) |
| Ano 9       | 54                    | R\$ (55.155,66) | R\$ (540,00)                     | R\$ (55.695,66) | R\$ (413.060,90) |
| Ano 10      | 406                   | R\$ (58.464,99) | R\$ (4.060,00)                   | R\$ (62.524,99) | R\$ (475.585,90) |

### **3.5 Proposta de Melhoria**

Este trabalho sugere duas alternativas para melhoria da eficiência energética e redução de consumo substituindo lâmpadas T8 por lâmpadas de LED, mantendo a luminária para evitar despesas com reformas e novas instalações.

Alternativa 1: apresenta uma proposta de redução de consumo substituindo todas as lâmpadas T8 por lâmpadas de LED, sem alteração no uso.

Alternativa 2: propõe uma redução do consumo substituindo as lâmpadas T8 por LED nos ambientes de maior consumo e reduzindo o uso em alguns ambientes, mantendo as lâmpadas T8.

#### **3.5.1 Considerações**

Para os cálculos das Alternativas 1 e 2 foram feitas algumas considerações:

- Potência da Lâmpada LED: 18 W
- Potência do Reator: Não utiliza reatores
- Vida Útil da lâmpada: 40.000 horas
- Uso da lâmpada: depende do ambiente (em horas)
- Uso no ano: 12 meses/ano
- Valor da lâmpada de LED: R\$ 100,00
- Valor do sensor de presença: R\$ 50,00
- Mão de Obra: R\$ 0,00. Para este trabalho, não foi considerado os custos com mão de obra, pois não necessita de mão de obra especializada e já há um recurso disponível na manutenção para realizar esta atividade.

### 3.5.2 Alternativa 1: Sistema com todas as lâmpadas de LED

Para esta alternativa, foi considerada a substituição de todas as lâmpadas T8 existentes por lâmpadas de LED, sem alterar o uso atual dos ambientes.

#### 3.5.2.1 Consumo de Energia

A Tabela 8 apresenta o consumo por ambiente utilizando lâmpadas de LED em todos os ambientes.

Tabela 7: Consumo do sistema com lâmpadas de LED.

| Ambiente                                    | Qtde Luminárias | Qtde Lâmpadas | Uso dia útil (h/dia) | Uso sábados (h/dia) | Uso Mês (h/mês) | Potência Total (W) | Consumo Mensal de Energia (kWh) |
|---------------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|---------------------------------|
| Biblioteca                                  | 20              | 40            | 12                   | 8                   | 296             | 720,0              | 213,1                           |
| Corredor da Biblioteca                      | 20              | 40            | 15                   | 10                  | 370             | 720,0              | 266,4                           |
| Recepção + Sala de Espera                   | 15              | 30            | 15                   | 10                  | 370             | 540,0              | 199,8                           |
| Sala Aula Controle de Acesso                | 10              | 20            | 5                    | 10                  | 150             | 360,0              | 54,0                            |
| Sala 1 Bloco 1                              | 6               | 12            | 10                   | 10                  | 260             | 216,0              | 56,2                            |
| Sala de Reunião                             | 5               | 10            | 4                    | 4                   | 104             | 180,0              | 18,7                            |
| Sanitário Feminino Bloco 1                  | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370             | 72,0               | 26,6                            |
| Sanitário Masculino Bloco 1                 | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370             | 72,0               | 26,6                            |
| Sanitário Feminino Docentes                 | 1               | 2             | 15                   | 10                  | 370             | 36,0               | 13,3                            |
| Sanitário Masculino Docentes                | 1               | 2             | 15                   | 10                  | 370             | 36,0               | 13,3                            |
| Secretaria                                  | 10              | 20            | 10                   | 10                  | 260             | 360,0              | 93,6                            |
| Auditório                                   | 20              | 40            | 4                    | 10                  | 128             | 720,0              | 92,2                            |
| Diretoria                                   | 6               | 12            | 10                   | 10                  | 260             | 216,0              | 56,2                            |
| Corredor Externo                            | 5               | 10            | 15                   | 10                  | 370             | 180,0              | 66,6                            |
| Pavilhão Social                             | 19              | 38            | 15                   | 10                  | 370             | 684,0              | 253,1                           |
| Laboratório Eletromecânica                  | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260             | 432,0              | 112,3                           |
| Laboratório Eletrônica Analógica Industrial | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260             | 432,0              | 112,3                           |
| Laboratório Instalações Elétricas           | 35              | 70            | 10                   | 10                  | 260             | 1260,0             | 327,6                           |
| Corredor Laboratórios                       | 4               | 8             | 15                   | 10                  | 370             | 144,0              | 53,3                            |
| Cantina                                     | 4               | 8             | 15                   | 10                  | 370             | 144,0              | 53,3                            |
| Sala Orientação Educacional                 | 3               | 6             | 10                   | 4                   | 236             | 108,0              | 25,5                            |
| Depósito                                    | 4               | 8             | 10                   | 10                  | 260             | 144,0              | 37,4                            |
| Sanitário Feminino - Pavilhão Social        | 3               | 6             | 15                   | 10                  | 370             | 108,0              | 40,0                            |
| Sanitário Masculino - Pavilhão Social       | 3               | 6             | 15                   | 10                  | 370             | 108,0              | 40,0                            |
| Sanitário Deficiente - Pavilhão Social      | 1               | 2             | 15                   | 10                  | 370             | 36,0               | 13,3                            |
| Corredor central                            | 16              | 32            | 15                   | 10                  | 370             | 576,0              | 213,1                           |
| Laboratório de Informática 1                | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260             | 288,0              | 74,9                            |
| Laboratório de Informática 2                | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260             | 288,0              | 74,9                            |
| Laboratório de Logística                    | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260             | 432,0              | 112,3                           |
| Sala 2 Térreo                               | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260             | 288,0              | 74,9                            |
| Laboratório de Máquinas Elétricas           | 16              | 32            | 10                   | 10                  | 260             | 576,0              | 149,8                           |
| Laboratório de Automação                    | 16              | 32            | 10                   | 10                  | 260             | 576,0              | 149,8                           |
| Laboratório de Média Tensão                 | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260             | 288,0              | 74,9                            |
| Laboratório de Mecânica                     | 16              | 32            | 10                   | 10                  | 260             | 576,0              | 149,8                           |
| Sala 1 Térreo                               | 4               | 8             | 10                   | 10                  | 260             | 144,0              | 37,4                            |
| Sala dos professores                        | 4               | 8             | 15                   | 10                  | 370             | 144,0              | 53,3                            |
| Sala Orientação de Estágios                 | 4               | 8             | 10                   | 4                   | 236             | 144,0              | 34,0                            |
| Sanitário Feminino - Térreo                 | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370             | 72,0               | 26,6                            |
| Sanitário Masculino - Térreo                | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370             | 72,0               | 26,6                            |
| Sanitário Feminino Funcionários - Térreo    | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370             | 72,0               | 26,6                            |
| Sanitário Masculino Funcionários - Térreo   | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370             | 72,0               | 26,6                            |
| Corredor - 1o andar                         | 23              | 46            | 15                   | 10                  | 370             | 828,0              | 306,4                           |
| Sala 3 - 1o andar                           | 4               | 8             | 10                   | 10                  | 260             | 144,0              | 37,4                            |
| Sala 4 - 1o andar                           | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260             | 432,0              | 112,3                           |
| Sala 5 - 1o andar                           | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260             | 288,0              | 74,9                            |
| Sala 6 - 1o andar                           | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260             | 432,0              | 112,3                           |
| Manutenção                                  | 6               | 12            | 10                   | 10                  | 260             | 216,0              | 56,2                            |
| Laboratório de redes                        | 4               | 8             | 8                    | 10                  | 216             | 144,0              | 31,1                            |
| Sanitário Feminino - 1o andar               | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370             | 72,0               | 26,6                            |
| Sanitário Masculino - 1o andar              | 2               | 4             | 15                   | 10                  | 370             | 72,0               | 26,6                            |
| <b>TOTAL</b>                                | <b>424</b>      | <b>848</b>    | <b>593</b>           | <b>480</b>          | <b>14966</b>    | <b>15264,0</b>     | <b>4354,1</b>                   |

### 3.5.2.2 Despesas

As despesas consideradas são: investimento inicial, despesas com energia e despesa com substituição de lâmpadas.

#### 3.5.2.2.1 Investimento Inicial

O investimento inicial (Investimento Inicial<sub>1</sub>) para alterar todas as lâmpadas T8 por lâmpadas de LED deve considerar a quantidade de lâmpadas (Qtde L<sub>LED</sub>) que serão substituídas e o valor da lâmpada de LED (R\$ L<sub>LED</sub>):

$$\text{Investimento Inicial}_1 = \text{Qtde } L_{LED} \times R\$ L_{LED}$$

$$\text{Investimento Inicial}_1 = 848 \times 100,00$$

$$\text{Investimento Inicial}_1 = R\$84.800,00$$

#### 3.5.2.2.2 Despesas com energia

Considerando o consumo anual de 4354,1kWh, conforme Tabela 7, e a tarifa de energia de R\$ 0,31168, a despesa com energia por ano é de:

$$\text{Despesa com energia} = \text{Consumo Anual} \times \text{Tarifa de Energia}$$

$$\text{Despesa com energia} = 4354,1 \times 0,31168 \times 12$$

$$\text{Despesa com energia} = R\$ 16.285,03/\text{ano}$$



Para os anos seguintes, foi considerado um aumento de 6% do valor da tarifa de energia.

#### **3.5.2.2.3 Despesas com substituição de lâmpadas**

As despesas com substituição de lâmpadas consideram a quantidade de lâmpadas substituídas e o valor da lâmpada.

O período de substituição das lâmpadas considera o tempo de vida útil e é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8: Período de substituição das lâmpadas de LED em anos.

| Ambiente                                    | Qtde Lâmpadas | Uso Mês (h/mês) | Vida Útil anos |
|---------------------------------------------|---------------|-----------------|----------------|
| Biblioteca                                  | 40            | 296             | 11,26          |
| Corredor da Biblioteca                      | 40            | 370             | 9,01           |
| Recepção + Sala de Espera                   | 30            | 370             | 9,01           |
| Sala Aula Controle de Acesso                | 20            | 150             | 22,22          |
| Sala 1 Bloco 1                              | 12            | 260             | 12,82          |
| Sala de Reunião                             | 10            | 104             | 32,05          |
| Sanitário Feminino Bloco 1                  | 4             | 370             | 9,01           |
| Sanitário Masculino Bloco 1                 | 4             | 370             | 9,01           |
| Sanitário Feminino Docentes                 | 2             | 370             | 9,01           |
| Sanitário Masculino Docentes                | 2             | 370             | 9,01           |
| Secretaria                                  | 20            | 260             | 12,82          |
| Auditório                                   | 40            | 128             | 26,04          |
| Diretoria                                   | 12            | 260             | 12,82          |
| Corredor Externo                            | 10            | 370             | 9,01           |
| Pavilhão Social                             | 38            | 370             | 9,01           |
| Laboratório Eletromecânica                  | 24            | 260             | 12,82          |
| Laboratório Eletrônica Analógica Industrial | 24            | 260             | 12,82          |
| Laboratório Instalações Elétricas           | 70            | 260             | 12,82          |
| Corredor Laboratórios                       | 8             | 370             | 9,01           |
| Cantina                                     | 8             | 370             | 9,01           |
| Sala Orientação Educacional                 | 6             | 236             | 14,12          |
| Depósito                                    | 8             | 260             | 12,82          |
| Sanitário Feminino - Pavilhão Social        | 6             | 370             | 9,01           |
| Sanitário Masculino - Pavilhão Social       | 6             | 370             | 9,01           |
| Sanitário Deficiente - Pavilhão Social      | 2             | 370             | 9,01           |
| Corredor central                            | 32            | 370             | 9,01           |
| Laboratório de Informática 1                | 16            | 260             | 12,82          |
| Laboratório de Informática 2                | 16            | 260             | 12,82          |
| Laboratório de Logística                    | 24            | 260             | 12,82          |
| Sala 2 Térreo                               | 16            | 260             | 12,82          |
| Laboratório de Máquinas Elétricas           | 32            | 260             | 12,82          |
| Laboratório de Automação                    | 32            | 260             | 12,82          |
| Laboratório de Média Tensão                 | 16            | 260             | 12,82          |
| Laboratório de Mecânica                     | 32            | 260             | 12,82          |
| Sala 1 Térreo                               | 8             | 260             | 12,82          |
| Sala dos professores                        | 8             | 370             | 9,01           |
| Sala Orientação de Estágios                 | 8             | 236             | 14,12          |
| Sanitário Feminino - Térreo                 | 4             | 370             | 9,01           |
| Sanitário Masculino -Térreo                 | 4             | 370             | 9,01           |
| Sanitário Feminino Funcionários - Térreo    | 4             | 370             | 9,01           |
| Sanitário Masculino Funcionários - Térreo   | 4             | 370             | 9,01           |
| Corredor - 1o andar                         | 46            | 370             | 9,01           |
| Sala 3 - 1o andar                           | 8             | 260             | 12,82          |
| Sala 4 - 1o andar                           | 24            | 260             | 12,82          |
| Sala 5 - 1o andar                           | 16            | 260             | 12,82          |
| Sala 6 - 1o andar                           | 24            | 260             | 12,82          |
| Manutenção                                  | 12            | 260             | 12,82          |
| Laboratório de redes                        | 8             | 216             | 15,43          |
| Sanitário Feminino - 1o andar               | 4             | 370             | 9,01           |
| Sanitário Masculino - 1o andar              | 4             | 370             | 9,01           |

### 3.5.2.2.4 Total das despesas Alternativa 1

As despesas consideradas na Alternativa 1 são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9: Despesas da Alternativa 1.

|                      | Despesas Alternativa 1 |                 |                                  |                |                 |
|----------------------|------------------------|-----------------|----------------------------------|----------------|-----------------|
|                      | Lampadas Substituidas  | Despesa Energia | Despesa Substituição de Lâmpadas | Gasto Anual    | Gasto Acumulado |
| Investimento Inicial | 848                    |                 | R\$ (84.800,00)                  | R\$(84.800,00) | R\$ (84.800,00) |
| Ano 1                | 0                      | R\$(16.285,03)  | R\$ -                            | R\$(16.285,03) | R\$(101.085,03) |
| Ano 2                | 0                      | R\$(17.424,98)  | R\$ -                            | R\$(17.424,98) | R\$(118.510,01) |
| Ano 3                | 0                      | R\$(18.644,73)  | R\$ -                            | R\$(18.644,73) | R\$(137.154,74) |
| Ano 4                | 0                      | R\$(19.949,86)  | R\$ -                            | R\$(19.949,86) | R\$(157.104,60) |
| Ano 5                | 0                      | R\$(21.346,35)  | R\$ -                            | R\$(21.346,35) | R\$(178.450,96) |
| Ano 6                | 0                      | R\$(22.840,60)  | R\$ -                            | R\$(22.840,60) | R\$(201.291,55) |
| Ano 7                | 0                      | R\$(24.439,44)  | R\$ -                            | R\$(24.439,44) | R\$(225.730,99) |
| Ano 8                | 0                      | R\$(26.150,20)  | R\$ -                            | R\$(26.150,20) | R\$(251.881,19) |
| Ano 9                | 0                      | R\$(27.980,71)  | R\$ -                            | R\$(27.980,71) | R\$(279.861,91) |
| Ano 10               | 270                    | R\$(29.939,36)  | R\$ (27.000,00)                  | R\$(56.939,36) | R\$(336.801,27) |

### 3.5.2.3 Análise de Viabilidade Econômica

#### 3.5.2.3.1 PayBack Simples

A Tabela 10 apresenta a economia anual da Alternativa 1 em relação ao sistema atual.

Tabela 10: Economia anual da Alternativa 1 em relação ao sistema com lâmpadas T8.

| Ano    | Economia/ano  |
|--------|---------------|
| Ano 1  | R\$ 18.320,31 |
| Ano 2  | R\$ 22.276,68 |
| Ano 3  | R\$ 20.777,83 |
| Ano 4  | R\$ 24.285,65 |
| Ano 5  | R\$ 23.382,09 |
| Ano 6  | R\$ 27.589,15 |
| Ano 7  | R\$ 24.648,90 |
| Ano 8  | R\$ 29.003,44 |
| Ano 9  | R\$ 27.714,94 |
| Ano 10 | R\$ 5.585,63  |

Considerando o investimento inicial de R\$ 84.800,00, o retorno sobre o investimento a cada ano pode ser visto através da Tabela 11.

Tabela 11: Payback Simples da Alternativa 1.

| Investimento Inicial | Ano    | Economia/ano    | Payback Simples |
|----------------------|--------|-----------------|-----------------|
| R\$ (84.800,00)      | Início | R\$ (84.800,00) | R\$ (84.800,00) |
|                      | Ano 1  | R\$ 18.320,31   | R\$ (66.479,69) |
|                      | Ano 2  | R\$ 22.276,68   | R\$ (44.203,01) |
|                      | Ano 3  | R\$ 20.777,83   | R\$ (23.425,18) |
|                      | Ano 4  | R\$ 24.285,65   | R\$ 860,47      |
|                      | Ano 5  | R\$ 23.382,09   | R\$ 24.242,56   |
|                      | Ano 6  | R\$ 27.589,15   | R\$ 51.831,72   |
|                      | Ano 7  | R\$ 24.648,90   | R\$ 76.480,62   |
|                      | Ano 8  | R\$ 29.003,44   | R\$ 105.484,05  |
|                      | Ano 9  | R\$ 27.714,94   | R\$ 133.199,00  |
|                      | Ano 10 | R\$ 5.585,63    | R\$ 138.784,63  |

### Calculo do Payback simples

O último ano em que o saldo é negativo: 3 anos

Módulo da divisão entre o valor acumulado do ano 3 |23.425,18| e o capital do ano seguinte, ano 4 |24.285,65|: 0,96

Portanto, o payback da Alternativa 1 é de 3,96 anos.

### 3.5.2.3.2 VPL

O VPL do fluxo de caixa de cada ano da Alternativa 1, considerando a taxa de 6% ao ano, é apresentada na Tabela 12.

Tabela 12: Valor Presente anual da Alternativa 1.

| Ano    | <b>Economia/ano</b> | <b>VP</b>     |
|--------|---------------------|---------------|
| Ano 1  | R\$ 18.320,31       | R\$ 17.283,31 |
| Ano 2  | R\$ 22.276,68       | R\$ 19.826,16 |
| Ano 3  | R\$ 20.777,83       | R\$ 17.445,47 |
| Ano 4  | R\$ 24.285,65       | R\$ 19.236,51 |
| Ano 5  | R\$ 23.382,09       | R\$ 17.472,46 |
| Ano 6  | R\$ 27.589,15       | R\$ 19.449,27 |
| Ano 7  | R\$ 24.648,90       | R\$ 16.392,92 |
| Ano 8  | R\$ 29.003,44       | R\$ 18.197,12 |
| Ano 9  | R\$ 27.714,94       | R\$ 16.404,43 |
| Ano 10 | R\$ 5.585,63        | R\$ 3.118,99  |

O VPL total do projeto considera a diferença entre a soma dos VP e o investimento inicial, portanto:

$$VPL = R\$ 164.826,64 - R\$ 84.800,00$$

$$VPL = R\$ 80.026,64$$

O VPL para a Alternativa 1 é positivo, portanto é obtido um retorno maior que o retorno mínimo exigido (valor do investimento).

### 3.5.2.3.3 TIR

A taxa interna de retorno, considerando o investimento de R\$ 84.800,00, e os fluxos de caixa conforme Tabela 13.

Tabela 13: Fluxo de Caixa para o cálculo da Taxa Interna de Retorno.

| Ano    | <b>Economia/ano</b> |
|--------|---------------------|
| Início | R\$ (84.800,00)     |
| Ano 1  | R\$ 18.320,31       |
| Ano 2  | R\$ 22.276,68       |
| Ano 3  | R\$ 20.777,83       |
| Ano 4  | R\$ 24.285,65       |
| Ano 5  | R\$ 23.382,09       |
| Ano 6  | R\$ 27.589,15       |
| Ano 7  | R\$ 24.648,90       |
| Ano 8  | R\$ 29.003,44       |
| Ano 9  | R\$ 27.714,94       |
| Ano 10 | R\$ 5.585,63        |

O valor da TIR para a Alternativa 1 é de 22,7%.

### 3.5.3 Alternativa 2: Sistema de menor investimento inicial

Para esta alternativa, serão feitas substituição das lâmpadas T8 por lâmpadas de LED nos locais de maior consumo e também considerando uso de sensores de presença em locais de baixa circulação de pessoas.

#### 3.5.3.1 Consumo de Energia

O consumo de energia total com as alterações é apresentado na Tabela 14.

Tabela 14: Consumo de energia total com as alterações.

| Ambiente                                    | Qtde Luminárias | Qtde Lâmpadas | Uso dia útil (h/dia) | Uso sábados (h/dia) | Uso Mês (h/mês) | Potência da Lâmpada (W) | Potência do Reator (W) | Potência Total (W) | Consumo Mensal de Energia (kWh) | Alterações         |
|---------------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|
| Biblioteca                                  | 20              | 40            | 12                   | 8                   | 296             | 18                      | 0                      | 720,0              | 213,1                           | Lâmpada de LED     |
| Corredor da Biblioteca                      | 20              | 40            | 15                   | 10                  | 370             | 18                      | 0                      | 720,0              | 266,4                           | Lâmpada de LED     |
| Recepção + Sala de Espera                   | 15              | 30            | 15                   | 10                  | 370             | 18                      | 0                      | 540,0              | 199,8                           | Lâmpada de LED     |
| Sala Aula Controle de Acesso                | 10              | 20            | 5                    | 10                  | 150             | 32                      | 12,5                   | 765,0              | 114,8                           |                    |
| Sala 1 Bloco 1                              | 6               | 12            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 459,0              | 119,3                           |                    |
| Sala de Reunião                             | 5               | 10            | 4                    | 4                   | 104             | 32                      | 12,5                   | 382,5              | 39,8                            |                    |
| Sanitário Feminino Bloco 1                  | 2               | 4             | 3                    | 3                   | 78              | 32                      | 12,5                   | 153,0              | 11,9                            | Sensor de Presença |
| Sanitário Masculino Bloco 1                 | 2               | 4             | 3                    | 3                   | 78              | 32                      | 12,5                   | 153,0              | 11,9                            | Sensor de Presença |
| Sanitário Feminino Docentes                 | 1               | 2             | 3                    | 3                   | 78              | 32                      | 12,5                   | 76,5               | 6,0                             | Sensor de Presença |
| Sanitário Masculino Docentes                | 1               | 2             | 3                    | 3                   | 78              | 32                      | 12,5                   | 76,5               | 6,0                             | Sensor de Presença |
| Secretaria                                  | 10              | 20            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 765,0              | 198,9                           |                    |
| Auditório                                   | 20              | 40            | 4                    | 10                  | 128             | 32                      | 12,5                   | 1530,0             | 195,8                           |                    |
| Diretoria                                   | 6               | 12            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 459,0              | 119,3                           |                    |
| Corredor Externo                            | 5               | 10            | 15                   | 10                  | 370             | 32                      | 12,5                   | 382,5              | 141,5                           |                    |
| Pavilhão Social                             | 19              | 38            | 15                   | 10                  | 370             | 18                      | 0                      | 684,0              | 253,1                           | Lâmpada de LED     |
| Laboratório Eletromecânica                  | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 918,0              | 238,7                           |                    |
| Laboratório Eletrônica Analógica Industrial | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 918,0              | 238,7                           |                    |
| Laboratório Instalações Elétricas           | 35              | 70            | 10                   | 10                  | 260             | 18                      | 0                      | 1260,0             | 327,6                           | Lâmpada de LED     |
| Corredor Laboratórios                       | 4               | 8             | 15                   | 10                  | 370             | 32                      | 12,5                   | 306,0              | 113,2                           |                    |
| Cantina                                     | 4               | 8             | 15                   | 10                  | 370             | 32                      | 12,5                   | 306,0              | 113,2                           |                    |
| Sala Orientação Educacional                 | 3               | 6             | 10                   | 4                   | 236             | 32                      | 12,5                   | 229,5              | 54,2                            |                    |
| Depósito                                    | 4               | 8             | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 306,0              | 79,6                            |                    |
| Sanitário Feminino - Pavilhão Social        | 3               | 6             | 3                    | 3                   | 78              | 32                      | 12,5                   | 229,5              | 17,9                            | Sensor de Presença |
| Sanitário Masculino - Pavilhão Social       | 3               | 6             | 3                    | 3                   | 78              | 32                      | 12,5                   | 229,5              | 17,9                            | Sensor de Presença |
| Sanitário Deficiente - Pavilhão Social      | 1               | 2             | 0,5                  | 0,5                 | 13              | 32                      | 12,5                   | 76,5               | 1,0                             | Sensor de Presença |
| Corredor central                            | 16              | 32            | 15                   | 10                  | 370             | 18                      | 0                      | 576,0              | 213,1                           | Lâmpada de LED     |
| Laboratório de Informática 1                | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 612,0              | 159,1                           |                    |
| Laboratório de Informática 2                | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 612,0              | 159,1                           |                    |
| Laboratório de Logística                    | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 918,0              | 238,7                           |                    |
| Sala 2 Térreo                               | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 612,0              | 159,1                           |                    |
| Laboratório de Máquinas Elétricas           | 16              | 32            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 1224,0             | 318,2                           |                    |
| Laboratório de Automação                    | 16              | 32            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 1224,0             | 318,2                           |                    |
| Laboratório de Média Tensão                 | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 612,0              | 159,1                           |                    |
| Laboratório de Mecânica                     | 16              | 32            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 1224,0             | 318,2                           |                    |
| Sala 1 Térreo                               | 4               | 8             | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 306,0              | 79,6                            |                    |
| Sala dos professores                        | 4               | 8             | 15                   | 10                  | 370             | 32                      | 12,5                   | 306,0              | 113,2                           |                    |
| Sala Orientação de Estágios                 | 4               | 8             | 10                   | 4                   | 236             | 32                      | 12,5                   | 306,0              | 72,2                            |                    |
| Sanitário Feminino - Térreo                 | 2               | 4             | 3                    | 3                   | 78              | 32                      | 12,5                   | 153,0              | 11,9                            | Sensor de Presença |
| Sanitário Masculino - Térreo                | 2               | 4             | 3                    | 3                   | 78              | 32                      | 12,5                   | 153,0              | 11,9                            | Sensor de Presença |
| Sanitário Feminino Funcionários - Térreo    | 2               | 4             | 2                    | 2                   | 52              | 32                      | 12,5                   | 153,0              | 8,0                             | Sensor de Presença |
| Sanitário Masculino Funcionários - Térreo   | 2               | 4             | 2                    | 2                   | 52              | 32                      | 12,5                   | 153,0              | 8,0                             | Sensor de Presença |
| Corredor - 1o andar                         | 23              | 46            | 15                   | 10                  | 370             | 18                      | 0                      | 828,0              | 306,4                           | Lâmpada de LED     |
| Sala 3 - 1o andar                           | 4               | 8             | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 306,0              | 79,6                            |                    |
| Sala 4 - 1o andar                           | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 918,0              | 238,7                           |                    |
| Sala 5 - 1o andar                           | 8               | 16            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 612,0              | 159,1                           |                    |
| Sala 6 - 1o andar                           | 12              | 24            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 918,0              | 238,7                           |                    |
| Manutenção                                  | 6               | 12            | 10                   | 10                  | 260             | 32                      | 12,5                   | 459,0              | 119,3                           |                    |
| Laboratório de redes                        | 4               | 8             | 8                    | 10                  | 216             | 32                      | 12,5                   | 306,0              | 66,1                            |                    |
| Sanitário Feminino - 1o andar               | 2               | 4             | 1                    | 1                   | 26              | 32                      | 12,5                   | 153,0              | 4,0                             | Sensor de Presença |
| Sanitário Masculino - 1o andar              | 2               | 4             | 1                    | 1                   | 26              | 32                      | 12,5                   | 153,0              | 4,0                             | Sensor de Presença |
| TOTAL                                       | 424             | 848           | 428,5                | 380,5               | 10949           |                         |                        | 26442,0            | 6663,2                          |                    |

### 3.5.3.2 Despesas

As despesas consideradas são: investimento inicial, despesas com energia e despesa com substituição de lâmpadas.

#### 3.5.3.2.1 Investimento Inicial

O investimento inicial para alterar as lâmpadas T8 por lâmpadas de LED deve considerar a quantidade de lâmpadas que serão substituídas ( $Qtde\ L_{LED}$ ), o valor da lâmpada de LED ( $R\$ L_{LED}$ ), os sensores de presença ( $Qtde\ S$ ) e o valor dos sensores de presença ( $R\$ S$ ):

$$Investimento\ Inicial_2 = (Qtde\ L_{LED} \times R\$ L_{LED}) + (Qtde\ S \times R\$ S)$$

$$Investimento\ Inicial_2 = (296 \times 100,00) + (12 \times 30,00)$$

$$Investimento\ Inicial_2 = R\$30.200,00$$

#### 3.5.3.2.2 Despesas com energia

Considerando o consumo anual de 6663,2kWh, conforme Tabela 14, e a tarifa de energia de R\$ 0,31168, a despesa com energia por ano é de:

$$Despesa\ com\ energia = Consumo\ Mensal \times Tarifa\ de\ Energia \times 12$$

$$Despesa\ com\ energia = 6663,2 \times 0,31168 \times 12$$

$$Despesa\ com\ energia = R\$ 24.921,43/ano$$



Para os anos seguintes, foi considerado um aumento de 6% do valor da tarifa de energia.

#### **3.5.3.2.3 Despesas com substituição de lâmpadas**

As despesas com substituição de lâmpadas consideram a quantidade de lâmpadas substituídas e o valor da lâmpada.

O período de substituição das lâmpadas considera o tempo de vida útil e é apresentado na Tabela 15.

Tabela 15: Período de substituição das lâmpadas de LED e T8 em anos.

| Ambiente                               | Qtde Lâmpadas | Uso Mês (h/mês) | Vida Útil anos | Tipo de Lâmpada |
|----------------------------------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Biblioteca                             | 40            | 296             | 11,26          | LED             |
| Corredor da Biblioteca                 | 40            | 370             | 9,01           | LED             |
| Recepção + Sala de Espera              | 30            | 370             | 9,01           | LED             |
| Sala Aula Controle de Acesso           | 20            | 150             | 4,72           | T8              |
| Sala 1 Bloco 1                         | 12            | 260             | 2,72           | T8              |
| Sala de Reunião                        | 10            | 104             | 6,81           | T8              |
| Sanitário Feminino Bloco 1             | 4             | 78              | 9,08           | T8              |
| Sanitário Masculino Bloco 1            | 4             | 78              | 9,08           | T8              |
| Sanitário Feminino Docentes            | 2             | 78              | 9,08           | T8              |
| Sanitário Masculino Docentes           | 2             | 78              | 9,08           | T8              |
| Secretaria                             | 20            | 260             | 2,72           | T8              |
| Auditório                              | 40            | 128             | 5,53           | T8              |
| Diretoria                              | 12            | 260             | 2,72           | T8              |
| Corredor Externo                       | 10            | 370             | 1,91           | T8              |
| Pavilhão Social                        | 38            | 370             | 9,01           | LED             |
| Laboratório Eletromecânica             | 24            | 260             | 2,72           | T8              |
| Laboratório Eletrônica Analógica Indu  | 24            | 260             | 2,72           | T8              |
| Laboratório Instalações Elétricas      | 70            | 260             | 12,82          | LED             |
| Corredor Laboratórios                  | 8             | 370             | 1,91           | T8              |
| Cantina                                | 8             | 370             | 1,91           | T8              |
| Sala Orientação Educacional            | 6             | 236             | 3,00           | T8              |
| Depósito                               | 8             | 260             | 2,72           | T8              |
| Sanitário Feminino - Pavilhão Social   | 6             | 78              | 9,08           | T8              |
| Sanitário Masculino - Pavilhão Social  | 6             | 78              | 9,08           | T8              |
| Sanitário Deficiente - Pavilhão Social | 2             | 13              | 54,49          | T8              |
| Corredor central                       | 32            | 370             | 9,01           | LED             |
| Laboratório de Informática 1           | 16            | 260             | 2,72           | T8              |
| Laboratório de Informática 2           | 16            | 260             | 2,72           | T8              |
| Laboratório de Logística               | 24            | 260             | 2,72           | T8              |
| Sala 2 Térreo                          | 16            | 260             | 2,72           | T8              |
| Laboratório de Máquinas Elétricas      | 32            | 260             | 2,72           | T8              |
| Laboratório de Automação               | 32            | 260             | 2,72           | T8              |
| Laboratório de Média Tensão            | 16            | 260             | 2,72           | T8              |
| Laboratório de Mecânica                | 32            | 260             | 2,72           | T8              |
| Sala 1 Térreo                          | 8             | 260             | 2,72           | T8              |
| Sala dos professores                   | 8             | 370             | 1,91           | T8              |
| Sala Orientação de Estágios            | 8             | 236             | 3,00           | T8              |
| Sanitário Feminino - Térreo            | 4             | 78              | 9,08           | T8              |
| Sanitário Masculino -Térreo            | 4             | 78              | 9,08           | T8              |
| Sanitário Feminino Funcionários - Tér  | 4             | 52              | 13,62          | T8              |
| Sanitário Masculino Funcionários - Té  | 4             | 52              | 13,62          | T8              |
| Corredor - 1o andar                    | 46            | 370             | 9,01           | LED             |
| Sala 3 - 1o andar                      | 8             | 260             | 2,72           | T8              |
| Sala 4 - 1o andar                      | 24            | 260             | 2,72           | T8              |
| Sala 5 - 1o andar                      | 16            | 260             | 2,72           | T8              |
| Sala 6 - 1o andar                      | 24            | 260             | 2,72           | T8              |
| Manutenção                             | 12            | 260             | 2,72           | T8              |
| Laboratório de redes                   | 8             | 216             | 3,28           | T8              |
| Sanitário Feminino - 1o andar          | 4             | 26              | 27,24          | T8              |
| Sanitário Masculino - 1o andar         | 4             | 26              | 27,24          | T8              |

### 3.5.3.2.4 Total das despesas Alternativa 2

As despesas consideradas na Alternativa 2 são apresentadas na Tabela 16.

Tabela 16: Despesas da Alternativa 2.

|                      | Despesas Alternativa 2   |                           |                 |                                  |                                   |                 |                  |
|----------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|------------------|
|                      | Lâmpadas T8 Substituídas | Lâmpadas LED Substituídas | Despesa Energia | Despesa Substituição de Lâmpadas | Despesas com Sensores de Presença | Gasto Anual     | Gasto Acumulado  |
| Investimento Inicial | 0                        | 296                       |                 | R\$(29.600,00)                   | R\$ (600,00)                      | R\$ (30.200,00) | R\$ (30.200,00)  |
| Ano 1                | 42                       | 0                         | R\$ (24.921,43) | R\$ (420,00)                     |                                   | R\$ (25.341,43) | R\$ (55.541,43)  |
| Ano 2                | 34                       | 0                         | R\$ (26.416,72) | R\$ (340,00)                     |                                   | R\$ (26.756,72) | R\$ (82.298,15)  |
| Ano 3                | 390                      | 0                         | R\$ (28.001,72) | R\$ (3.900,00)                   |                                   | R\$ (31.901,72) | R\$ (114.199,86) |
| Ano 4                | 42                       | 0                         | R\$ (29.681,82) | R\$ (420,00)                     |                                   | R\$ (30.101,82) | R\$ (144.301,69) |
| Ano 5                | 20                       | 0                         | R\$ (31.462,73) | R\$ (200,00)                     |                                   | R\$ (31.662,73) | R\$ (175.964,42) |
| Ano 6                | 464                      | 0                         | R\$ (33.350,50) | R\$ (4.640,00)                   |                                   | R\$ (37.990,50) | R\$ (213.954,91) |
| Ano 7                | 10                       | 0                         | R\$ (35.351,52) | R\$ (100,00)                     |                                   | R\$ (35.451,52) | R\$ (249.406,44) |
| Ano 8                | 42                       | 0                         | R\$ (37.472,62) | R\$ (420,00)                     |                                   | R\$ (37.892,62) | R\$ (287.299,05) |
| Ano 9                | 390                      | 186                       | R\$ (39.720,97) | R\$(22.500,00)                   |                                   | R\$ (62.220,97) | R\$ (349.520,03) |
| Ano 10               | 104                      | 0                         | R\$ (42.104,23) | R\$ (1.040,00)                   |                                   | R\$ (43.144,23) | R\$ (392.664,26) |

### 3.5.3.3 Análise de Viabilidade Econômica

#### 3.5.3.3.1 PayBack Simples

A Tabela 17 apresenta a economia anual da Alternativa 2 em relação ao sistema atual.

Tabela 17: Economia anual da Alternativa 1 em relação ao sistema com lâmpadas T8.

| Ano    | Economia/ano   |
|--------|----------------|
| Ano 1  | R\$ 9.263,91   |
| Ano 2  | R\$ 12.944,95  |
| Ano 3  | R\$ 7.520,84   |
| Ano 4  | R\$ 14.133,69  |
| Ano 5  | R\$ 13.065,71  |
| Ano 6  | R\$ 12.439,26  |
| Ano 7  | R\$ 13.636,81  |
| Ano 8  | R\$ 17.261,02  |
| Ano 9  | R\$ (6.525,32) |
| Ano 10 | R\$ 19.380,76  |

Considerando o investimento inicial de R\$ 30.200,00, o retorno sobre o investimento a cada ano pode ser visto através da Tabela 18.

Tabela 18: Payback Simples da Alternativa 2.

| Investimento Inicial com Lâmpadas | Ano    | Economia/ano    | PayBack Simples |
|-----------------------------------|--------|-----------------|-----------------|
| R\$ (30.200,00)                   | Início | R\$ (30.200,00) | R\$ (30.200,00) |
|                                   | Ano 1  | R\$ 9.263,91    | R\$ (20.936,09) |
|                                   | Ano 2  | R\$ 12.944,95   | R\$ (7.991,14)  |
|                                   | Ano 3  | R\$ 7.520,84    | R\$ (470,30)    |
|                                   | Ano 4  | R\$ 14.133,69   | R\$ 13.663,39   |
|                                   | Ano 5  | R\$ 13.065,71   | R\$ 26.729,10   |
|                                   | Ano 6  | R\$ 12.439,26   | R\$ 39.168,36   |
|                                   | Ano 7  | R\$ 13.636,81   | R\$ 52.805,17   |
|                                   | Ano 8  | R\$ 17.261,02   | R\$ 70.066,19   |
|                                   | Ano 9  | R\$ (6.525,32)  | R\$ 63.540,87   |
|                                   | Ano 10 | R\$ 19.380,76   | R\$ 82.921,64   |

### Calculo do Payback simples

O último ano em que o saldo é negativo: 3 anos

Módulo da divisão entre o valor acumulado do ano 3 |470,30| e o capital do ano seguinte, ano 4 |14.133,69|: 0,03

Portanto, o payback da Alternativa 1 é de 3,03 anos.

### 3.5.3.3.2 VPL

O VPL do fluxo de caixa de cada ano da Alternativa 2, considerando a taxa de 6% ao ano, é apresentada na Tabela 19.

Tabela 19: Valor Presente anual da Alternativa 2.

| Ano    | Economia/ano    | VP              |
|--------|-----------------|-----------------|
| Início | R\$ (30.200,00) | R\$ (30.200,00) |
| Ano 1  | R\$ 9.263,91    | R\$ 8.739,54    |
| Ano 2  | R\$ 12.944,95   | R\$ 11.520,96   |
| Ano 3  | R\$ 7.520,84    | R\$ 6.314,64    |
| Ano 4  | R\$ 14.133,69   | R\$ 11.195,21   |
| Ano 5  | R\$ 13.065,71   | R\$ 9.763,46    |
| Ano 6  | R\$ 12.439,26   | R\$ 8.769,19    |
| Ano 7  | R\$ 13.636,81   | R\$ 9.069,26    |
| Ano 8  | R\$ 17.261,02   | R\$ 10.829,78   |
| Ano 9  | R\$ (6.525,32)  | R\$ (3.862,33)  |
| Ano 10 | R\$ 19.380,76   | R\$ 10.822,12   |

O VPL total do projeto considera a diferença entre a soma dos VP e o investimento inicial, portanto:

$$VPL = R\$ 83.161,82 - R\$ 30.200,00$$

$$VPL = R\$ 52.961,82$$

O VPL para a Alternativa 2 é positivo, portanto é obtido um retorno maior que o retorno mínimo exigido (valor do investimento).

### 3.5.3.3.3 TIR

A taxa interna de retorno, considerando o investimento de R\$ 30.200,00, e os fluxos de caixa conforme Tabela 20.

Tabela 20: Fluxo de Caixa para o cálculo da Taxa Interna de Retorno.

| Ano    | Economia/ano    |
|--------|-----------------|
| Início | R\$ (30.200,00) |
| Ano 1  | R\$ 9.263,91    |
| Ano 2  | R\$ 12.944,95   |
| Ano 3  | R\$ 7.520,84    |
| Ano 4  | R\$ 14.133,69   |
| Ano 5  | R\$ 13.065,71   |
| Ano 6  | R\$ 12.439,26   |
| Ano 7  | R\$ 13.636,81   |
| Ano 8  | R\$ 17.261,02   |
| Ano 9  | R\$ (6.525,32)  |
| Ano 10 | R\$ 19.380,76   |

O valor da TIR para a Alternativa 2 é de 34,7%.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este projeto apresentou duas alternativas para melhoria da eficiência energética e redução de custos. A primeira propõe um alto investimento, porém uma economia de energia maior que a segunda alternativa, que possui a vantagem de não necessitar de um alto investimento inicial.

Analisando os valores de payback, VPL e TIR das duas alternativas, apresentados na Tabela 21:

Tabela 21: Comparação de viabilidade das duas alternativas

|                | <b>Alternativa 1</b> | <b>Alternativa 2</b> |
|----------------|----------------------|----------------------|
| <b>payback</b> | 3,96 anos            | 3,03 anos            |
| <b>VPL</b>     | R\$ 80.026,64        | R\$ 52.961,82        |
| <b>TIR</b>     | 22,7%                | 34,7%                |

A Alternativa 1 se supera à Alternativa 2 no VPL ao final dos 10 anos, em contrapartida a Alternativa 2 possui o payback e a TIR melhor que a Alternativa 1. Neste caso, a Alternativa 2 seria mais viável, pois com um tempo de retorno de investimento menor, a economia pode colaborar com novos investimentos.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A expectativa de redução dos custos das lâmpadas de LED nos próximos anos pode motivar a fazer as substituições das lâmpadas T8 de forma gradativa (Alternativa 2), não sendo necessário um desembolso alto no início, como apresentado na Alternativa 1.

A economia obtida com um projeto de eficiência energética, ou parte dela, pode ser reinvestida em novos projetos de eficiência energética.

Aspectos ambientais também podem ser considerados como uma vantagem na substituição do sistema, pois lâmpadas em LED não necessitam descartes especiais e também não possuem metais pesados, como mercúrio e chumbo.

Além dos aspectos econômicos, o projeto de eficiência energética pode contribuir com a imagem da instituição do ponto de vista ambiental e sustentável.



## 6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

[ANEEL, 2013] ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Data de acesso: 23 jul. 2013.

[BARROS, 2010] BARROS, BENJAMIM. F. et al. **Gerenciamento de Energia**. São Paulo: Editora Erica, 2010.

[BONA, 2010] BONA, JOSE de. **Estudo de diferentes tecnologias, métodos e processos para efficientização energética de sistemas de iluminação de aviários**. 2010. 288f. Curitiba, 2010. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Instituto de Engenharia do Paraná, 2010.

[GLOBO, 2013] Inflação oficial fecha 2012 em 5,84%, aponta IBGE. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2013/01/inflacao-oficial-fecha-2012-em-584-aponta-ibge.html>> . Acesso em 13 dez. 2013.

[PETROBRAS, 2013] PETROBRAS MAGAZINE. **Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.hotsitespetrobras.com.br/petrobrasmagazine/edicoes/edicao55/pt/eficienciaenergetica/eficienciaenergetica.html>> . Acesso em 17 dez. 2013.

[PHILIPS, 2013] PHILIPS. **Lâmpadas**. Disponível em: <[http://www.lighting.philips.com.br/connect/support/faq\\_lampadas.wpd](http://www.lighting.philips.com.br/connect/support/faq_lampadas.wpd)>. Acesso em: 17 dez. 2013

[PLANALTO, 2013] PLANALTO. **Lâmpadas incandescentes com potências de 61 a 100 watts não podem mais ser produzidas ou importadas pelo Brasil**. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/imprensa/noticias-de-governo/lampadas-incandescentes-com-potencias-de-61-a-100-watts-nao-podem-mais-ser-produzidas-ou-importadas-pelo-brasil>> Acesso em: 08 dez. 2013.

[SALOMÃO, 2010] SALOMÃO, THAIS M. **Eficiência energética: projeto luminotécnicos em plantas industriais**. 2010. 197p. São Paulo, 2010. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo , 2010.

[SCHNEIDER, 2013] ENERGY UNIVERSITY. **Fundamentos da Eficiência Energética**. Schneider Electric. Disponível em: <[http://energy.schneideruniversities.com/content/lessons/214//Energy%20Efficiency%20Fundamentals%20Script%20rev7%20-%20BZ24-08-10\\_2011.6.21/scorm.htm](http://energy.schneideruniversities.com/content/lessons/214//Energy%20Efficiency%20Fundamentals%20Script%20rev7%20-%20BZ24-08-10_2011.6.21/scorm.htm)>. Acesso em: 18 jul. 2013.

[SILVA, 2011] SILVA, NUNO G. M. M, **Análise da viabilidade de mudança dos sistemas de iluminação de um estabelecimento de ensino superior para outros mais eficientes**. 2011. 89f. Coimbra, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 2011.

## 7 ANEXO

### 7.1 Anexo 1: Ficha técnica Lâmpada LED OSRAM

Ficha técnica do produto



**ST8-HB4 18 W/830 1200 mm**

SubstiTUBE Basic | Lâmpadas LED tubulares



#### Áreas de aplicação

- Salas de resfriamento e salas de armazenamento
- Corredores, escadarias, garagens
- Ideal para tarefas de iluminação simples

#### Benefícios do produto

- Substituição rápida, simples e segura sem religação
- Baixo custo de manutenção graças a sua vida útil longa
- Acendimento instantâneo, portanto, ideal para uso em combinação com tecnologia de sensor
- Resistência máxima às mudanças de cargas
- Operação correta mesmo à baixas temperaturas

#### Características do produto

- LED alternativo às lâmpadas fluorescentes T8 clássicas em luminárias CCG
- Iluminação uniforme
- Ângulo do feixe amplo: 160° x 120°
- Reator eletrônico / fonte integrado com fator de potência alto
- Sem mercúrio e em conformidade com RoHS
- Tipo de proteção: IP20



## Ficha técnica do produto

### Dados técnicos

#### Dados Elétricos

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| Potência nominal       | 18 W                    |
| Potência de construção | 18 W                    |
| Tensão nominal         | 230 V                   |
| Frequência de operação | 50...60 Hz              |
| Corrente nominal       | 0.08 A                  |
| Tipo de corrente       | Corrente alternada (AC) |
| Energy consumption     | 18 kWh/1000h            |

#### Dados Luminotécnicos

|                                        |                     |
|----------------------------------------|---------------------|
| Light color as per EN 12464-1 [calc.]  | Branco Quente       |
| Temperatura de cor (K)                 | 3000 K              |
| Fluxo luminoso nominal                 | 1750 lm             |
| Fluxo luminoso                         | 1750 lm             |
| Ângulo de abertura                     | 160 °x120 °         |
| Índice de reprodução de cor (IRC)      | > 80                |
| Manutenção de Lumen (fim vida nominal) | 0.70                |
| Desvio padrão de combinação de cores   | ≤6 sdc <sub>m</sub> |
| Nominal beam angle                     | 160.00 °            |
| Rated beam angle                       | 160.00 °            |

#### Dimensões e peso



#### Product line drawing

|             |           |
|-------------|-----------|
| Comprimento | 1213.0 mm |
| Comprimento | 1212.0 mm |

## Ficha técnica do produto

|                  |          |
|------------------|----------|
| Diâmetro do tubo | 27.8 mm  |
| Diâmetro da base | 27.8 mm  |
| Peso do produto  | 200.00 g |
| Diâmetro máximo  | 28.0 mm  |

## Cores e materiais

|              |     |
|--------------|-----|
| Sem mercúrio | Sim |
|--------------|-----|

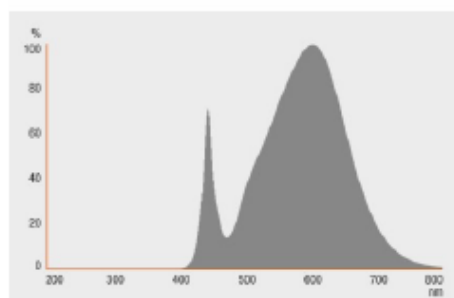
## Temperatura

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Temperatura ambiente | -20...+45 °C |
|----------------------|--------------|

## Espectativa de Vida

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| Vida nominal          | 40000 h |
| Vida                  | 40000 h |
| Número de acendimento | 200000  |

## Informação adicional do produto



## Distribuição espectral

|                |     |
|----------------|-----|
| Soquete (base) | G13 |
| Novo artigo    | NEW |

## Atributos

## Ficha técnica do produto

|             |     |
|-------------|-----|
| Dimerizável | Não |
|-------------|-----|

### Normas e Certificações

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Normas                  | CE |
| Energy efficiency class | A+ |

### Categoria específica para o país

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| ILCOS | DR-18/30/18-G13-26/1200 |
|-------|-------------------------|

### Especificações para país

| Código do produto | METEL-Code | SEG no. | STK-Number | UK Org |
|-------------------|------------|---------|------------|--------|
| 4052899913943     | -          | 8334359 | -          | -      |

## Ficha técnica do produto

### Dados de Logística

| Código do produto | Descrição do produto        | Embalagem unitária<br>(peças/unidade) | Dimensões<br>(profundidade x<br>largura x altura) | Volume   | Peso bruto |
|-------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|------------|
| 4052899913943     | ST8-HB4 18 W/830<br>1200 mm |                                       | 33 mm x 33 mm x<br>1314 mm                        | 1.43 dm³ | 280.00 g   |
| 4052899914032     | ST8-HB4 18 W/830<br>1200 mm |                                       | - x - x -                                         |          |            |

The mentioned product code describes the smallest quantity unit which can be ordered. One shipping unit can contain one or more single products. When placing an order, for the quantity please enter single or multiples of a shipping unit.

### Literatura informação

Para mais informações consulte

► [www.osram.com/substitute](http://www.osram.com/substitute)

### Retratação

Sujeito a alteração sem prévio aviso. Sempre utilize a versão mais recente.