



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**CELINA MORAIS LIMA**

**PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADO EM ESCOLAS PÚBLICAS  
DO ESTADO CEARÁ: METODOLOGIA, APLICAÇÃO E ANÁLISE DE CENÁRIOS**

**FORTALEZA**

**2018**

CELINA MORAIS LIMA

PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADO EM ESCOLAS PÚBLICAS DO  
ESTADO CEARÁ: METODOLOGIA, APLICAÇÃO E ANÁLISE DE CENÁRIOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do  
Centro de Tecnologia da Universidade Federal  
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. M.Sc. Tomaz Nunes  
Cavalcante Neto

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

L697p Lima, Celina.

Projeto de Eficiência Energética aplicado em Escolas Públicas do Estado Ceará :  
Metodologia, Aplicação e Análise de Cenários / Celina Lima. – 2018.  
90 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro  
de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Me. Tomaz Nunes Cavalcante Neto.

1. Diagnóstico Energético. 2. Eficiência Energética. 3. Escolas Públicas. I. Título.

CDD 621.3

---

CELINA MORAIS LIMA

PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADO EM ESCOLAS PÚBLICAS DO  
ESTADO CEARÁ: METODOLOGIA, APLICAÇÃO E ANÁLISE DE CENÁRIOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do  
Centro de Tecnologia da Universidade Federal  
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. M.Sc. Tomaz Nunes Cavalcante  
Neto (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng. Ana Beatriz Prudêncio de Almeida Rebouças  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha mãe, Maria Célia Alves Morais (*in memoriam*), minha eterna mulher maravilha, um sinônimo de mulher forte e guerreira, que sempre fez tudo ao seu alcance para uma vida e educação melhor para os filhos.

## AGRADECIMENTOS

A minha mãe, que sempre me motivou a continuar os estudos e a vida, não importa o que aconteça, serei eternamente grata por ter dividido a sua existência e ensinamentos comigo.

Ao meu pai que sempre me apoiou e contribuiu para os meus estudos.

Aos meus irmãos Cecília, Carolina, Mellky e Janete que além de serem minha família sempre me apoiaram em todas as minhas escolhas. À Sônia e à Meire, a primeira a quem sempre tive como uma segunda mãe, tenho um imenso carinho e respeito. A segunda uma amiga para toda a vida a quem sempre admirei e a quem minha mãe sempre depositou muito carinho e confiança.

Ao meu namorado Alan (Chéri!), um cara que admiro e que me acompanha há anos nessa jornada de cursos e engenharias, me apoiando, aguentando os estresses, compartilhando os bons e maus momentos da vida.

A Jô, Joice e Mariana, esse trio incrível de amigas que há anos faz parte da minha vida, aperfeiçoando sempre o conceito de amizade, e contribuindo muito para eu ser quem eu sou hoje.

À Ana Beatriz, minha grande amiga de curso, que trilhou junto comigo toda essa jornada chamada engenharia elétrica, as vezes em momentos de descontração e muitas vezes virando noites em claro estudando para provas e projetos. Uma das pessoas que mais admiro nessa vida.

Ao meu amigo Jeymyson, que se tornou um irmão, muito querido, praticamente da família hoje. Um cara que sempre admirei pela sua persistência e maturidade para a vida. Meu conselheiro e parceiro para todos os momentos, sempre me apoiando e me estimulando a crescer.

Ao Glauber, Igor e Ricardo, além de companheiros fiéis, grandes amigos que estarão comigo pelo resto da vida. Torço sempre pelo sucesso de todos nós.

À Luana, companheira do início do curso e que se tornou uma grande amiga por quem tenho um carinho enorme. Sempre me faz rir.

Ao Fábio e ao Eduardo, dois grandes presentes que este curso me deu no final, companheiros fiéis nesta batalha. Eduardo é aquele amigo para virar noites fazendo projeto, pois ele te motiva e sempre diz...algumas horas faltando pra entregar..vai dar certo negrada!!! O Fábio é um cara que admiro demais, um amigo que nunca exitará em te ajudar, os levarei para toda a vida.

Agradeço ao Professor Tomaz que foi um dos responsáveis por eu ter paixão pela engenharia elétrica, especialmente eficiência energética, sempre acreditou no meu potencial me acolhendo no seu programa PROCEN que tenho muito orgulho de ter feito parte.

Ao Professor Raimundo Furtado, que tenho uma profunda admiração não só como professor, mas como cidadão. Ele me mostrou que uma outra forma de lecionar é possível, o verdadeiro propósito dessa profissão tão especial que é estimular os outros a crescerem e buscarem conhecimento.

À Vanessa e ao Brenner, dois amigos queridos que o intercâmbio me deu. Sem eles meu intercâmbio não seria o mesmo, cheio de descobertas e novas experiências. Toujours ensemble!!

À Gabi e Anderson, por serem pessoas tão especiais e que tenho uma imensa gratidão e carinho.

À Nailza, Isabela, Priscila, Nicole, Guilherme, Marcelo, Brenim, Matheus, Zé Roberto, Ezequiel e Sofia que aqui representam todos os meus colegas de curso, que estiveram ao longo dessa trajetória do curso diariamente, nas filas do RU, estudando para as provas, apoiando-se nos projetos e nos momentos de descontração. Eu jamais conseguiria sem vocês, pois vocês fizeram parte da minha formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, órgão federal que custeou o projeto desenvolvido em cinco escolas públicas do Ceará, projeto esse que o pilar dessa monografia.

“Run, Forrest, Run!”  
(Forrest Gump)

## RESUMO

Este trabalho propõe expor uma metodologia que foi aplicada em um projeto de eficiência energética financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, no âmbito do serviço público, no caso cinco escolas públicas do estado do Ceará. Conceitos iniciais de eficiência energética são apresentados, fazendo uma breve descrição da norma de procedimentos de eficiência Energética, o PROPEE, elaborada pela Agência Nacional de Energia Elétrica, a ANEEL. Tais conceitos têm a finalidade de embasar a proposição da metodologia e análises de dados em projetos de eficiência energética, discutidos aqui neste trabalho. A metodologia está muito pautada em diagnósticos energéticos que visam determinar o potencial de economia de energia e viabilidade financeira do projeto de eficiência. O projeto de Eficiência Energética foi aplicado em cinco escolas públicas do estado do Ceará no ano de 2013-2014. Dados foram levantados, tratados e analisados para se determinar o potencial de economia de energia nessas instalações bem como a atratividade financeira do projeto empregado. Para se fazer essas análises foram realizadas visitas técnicas a essas escolas com o intuito de se realizar medições nas instalações elétricas, levantamento dos dados de iluminação, ar condicionado e rotinas de funcionamento das escolas. Após o tratamento e análise desses dados, algumas medidas de intervenção foram propostas, tais como retrofit dos sistemas de iluminação e climatização das escolas, como também medidas de sensibilização, tais como treinamentos, capacitação e palestras sobre o uso consciente de energia elétrica. Cenários de estudos foram simulados para se prever economias de energia.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética. Diagnóstico Energético. Escolas públicas.

## ABSTRACT

The purpose of this study is to describe the methodology used in an energy efficiency project financed by National Council for Scientific and Technological Development - CNPq that was applied in five public schools in the state of Ceará. Basic concepts of energy efficiency are presented with a brief description of the standard of procedures of Energy efficiency, PROPEE, made by the National Agency of Electric Energy, ANEEL. These concepts are used to support the proposal of methodology and data analysis shown in this study. The methodology strongly rely on energy diagnostics that aim to determine the energy saving potential and the financial feasibility of the project. The energy efficiency project ran from 2013 to 2014 being applied in five public schools of the state of Ceará. During this period, sets of data were collected, transformed and analyzed in order to find these facilities energy saving potential as well as the financial attractiveness of the project. In order to implement these analysis, visits were made to the schools in order to take measurements on the electrical installations and collect data regarding illumination, air-conditioning and daily working routines of the school. After collection and data analysis, improvement actions were suggested. Actions such as retrofit of the illumination and air-conditioning systems, as well as training and capacitation of the staff regarding energy conscious consumption. Scenarios of studies were simulated to predict energy savings.

**Keywords:** Energy Efficiency. Energy Diagnostics. Public Schools.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas Projeto de Eficiência Energética . . . . .	27
Figura 2 – Aula de Física com o Professor Gledson . . . . .	60
Figura 3 – Aula prática no Laboratório de Eletrotécnica do Curso de Engenharia da UFC	61
Figura 4 – Aluno realizando diagnóstico energético em sua escola . . . . .	62
Figura 5 – Bolsista utilizando o luxímetro . . . . .	62
Figura 6 – Palestra na E.E.F.M. Joaquim Alves . . . . .	63
Figura 7 – Palestra na E.E.F.M. Estado do Pará para alunos e professores . . . . .	63
Figura 8 – Modelo de negócio da eficiência energética . . . . .	65
Figura 9 – Energia Consumida Acumulada - Cenário 1 . . . . .	66
Figura 10 – Custos Cenário 1 . . . . .	67
Figura 11 – Diferença entre os Custos do Cenário 1 . . . . .	68
Figura 12 – Correlação Tarifa de Energia e Custos de Energia . . . . .	69
Figura 13 – Evolução cronológica das bandeiras tarifárias . . . . .	70
Figura 14 – Custos de Energia com Bandeiras tarifárias - Sem Retrofit . . . . .	70
Figura 15 – Evolução dos Custos de Energia - Cenário 2 . . . . .	72
Figura 16 – Custos Cenário 1 e Custos Economizados Cenário 2 . . . . .	73
Figura 17 – Custos Cenário 1 e Custos Economizados Cenário 2 . . . . .	74
Figura 18 – Custos com Bandera tarifárias - Cenário 2 . . . . .	75
Figura 19 – Custos de Energia Economizada Acumulados - Cenário 3 . . . . .	77
Figura 20 – Custos de Energia Consumida por Cenários . . . . .	78
Figura 21 – Sistema de iluminação . . . . .	87
Figura 22 – Sistema de ar condicionado . . . . .	88

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação do Projeto. . . . .	41
Tabela 2 – Conta de Energia E.E.F.M. Pe Marcelino Champagnat. . . . .	42
Tabela 3 – Conta de Energia E.E.F.M. Estado do Pará. . . . .	43
Tabela 4 – Conta de Energia E.E.F.M. Joaquim Alves. . . . .	43
Tabela 5 – Conta de Energia E.E.F.M. Walter de Sá Cavalcante. . . . .	44
Tabela 6 – Conta de Energia E.E.F.P. Paulo VI. . . . .	44
Tabela 7 – Cronograma dos levantamentos do diagnóstico energético e palestras realizadas nas escolas. . . . .	45
Tabela 8 – Relação do consumo de energia elétrica por aluno. . . . .	49
Tabela 9 – Dados de iluminação do sistema atual consolidado . . . . .	50
Tabela 10 – Dados de Climatização do sistema atual consolidado . . . . .	50
Tabela 11 – Dados de Iluminação e Climatização do sistema atual consolidado . . . . .	51
Tabela 12 – Dados da unidade consumidora. . . . .	53
Tabela 13 – Custos Anualizados - Iluminação. . . . .	54
Tabela 14 – Custos Anualizados - Climatização. . . . .	55
Tabela 15 – Custos Anualizados - Total. . . . .	55
Tabela 16 – Relação Custo-Benefício - Iluminação . . . . .	56
Tabela 17 – Relação Custo-Benefício - Climatização . . . . .	57
Tabela 18 – Relação Custo-Benefício Total . . . . .	58
Tabela 19 – Aparelhos de ar-condicionado. . . . .	59
Tabela 20 – E.E.F.M. Pe Marcelino Champagnat - Sefor / Região 6. . . . .	82
Tabela 21 – E.E.F.M. Estado do Pará - Sefor / Região 6. . . . .	82
Tabela 22 – E.E.F.M. Joaquim Alves - Sefor / Região 4. . . . .	82
Tabela 23 – E.E.F.M. Walter de Sá Cavalcante - Sefor / Região 6. . . . .	83
Tabela 24 – E.E.F.P. Paulo VI - Sefor / Região 4. . . . .	83
Tabela 25 – Integrantes Efetivos. . . . .	83
Tabela 26 – Integrantes Voluntários. . . . .	83
Tabela 27 – Demais Colaboradores. . . . .	83
Tabela 28 – Diagnóstico Energético da E.E.F.M. Pe Marcelino Champagnat. . . . .	84
Tabela 29 – Diagnóstico Energético da E.E.F.M. Estado do Pará. . . . .	84
Tabela 30 – Diagnóstico Energético da E.E.F.M. Joaquim Alves. . . . .	84

Tabela 31 – Diagnóstico Energético da E.E.F.M. Walter de Sá Cavalcante. . . . .	84
Tabela 32 – Diagnóstico Energético da E.E.F.P. Paulo VI. . . . .	85

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b>	<b>17</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b>	<b>17</b>
<b>1.3</b>	<b>Organização do texto</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Definição</b>	<b>19</b>
<b>2.2</b>	<b>Indicadores de Eficiência energética</b>	<b>20</b>
<b>2.3</b>	<b>Importância da Eficiência Energética</b>	<b>22</b>
<b>2.4</b>	<b>Normas e Regulamentações</b>	<b>22</b>
<b>2.4.1</b>	<i>PROCEL - Eletrobrás</i>	<b>23</b>
<b>2.4.2</b>	<i>Programa de Eficiência Energética (PEE) - ANEEL</i>	<b>23</b>
<b>2.4.2.1</b>	<i>Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE)</i>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>Identificação do projeto</b>	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b>Pré - Diagnóstico Energético</b>	<b>28</b>
<b>3.3</b>	<b>Diagnóstico Energético</b>	<b>29</b>
<b>3.3.1</b>	<i>Levantamento de dados</i>	<b>29</b>
<b>3.3.2</b>	<i>Análise e Tratamento dos dados</i>	<b>29</b>
<b>3.3.3</b>	<i>Estudo de Alternativas para os usos finais identificados</i>	<b>31</b>
<b>3.3.4</b>	<i>Determinação do potencial de Conservação de Energia Elétrica</i>	<b>32</b>
<b>3.3.4.1</b>	<i>Sistema de Iluminação</i>	<b>32</b>
<b>3.3.4.2</b>	<i>Sistema de Climatização</i>	<b>33</b>
<b>3.3.4.3</b>	<i>Sistema Motriz</i>	<b>34</b>
<b>3.3.5</b>	<i>Análise de Viabilidade Econômica</i>	<b>35</b>
<b>3.3.6</b>	<i>Análise tarifária e Estudos alternativos de Geração de Energia</i>	<b>38</b>
<b>3.4</b>	<b>Aplicação</b>	<b>39</b>
<b>3.5</b>	<b>Análise dos Resultados</b>	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>APLICAÇÃO DO PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ESCOLAS PÚBLICAS - ESTUDO DE CASO</b>	<b>40</b>
<b>4.1</b>	<b>Definição dos parâmetros para a escolha das escolas</b>	<b>40</b>

<b>4.2</b>	<b>Identificação do projeto</b> . . . . .	40
<b>4.3</b>	<b>Pré - Diagnóstico Energético</b> . . . . .	42
<b>4.3.1</b>	<i>E.E.F.M. Pe Marcelino Champagnat</i> . . . . .	42
<b>4.3.2</b>	<i>E.E.F.M. Estado do Pará</i> . . . . .	43
<b>4.3.3</b>	<i>E.E.F.M. Joaquim Alves</i> . . . . .	43
<b>4.3.4</b>	<i>E.E.F.M. Walter de Sá Cavalcante</i> . . . . .	44
<b>4.3.5</b>	<i>E.E.E.P. Paulo VI</i> . . . . .	44
<b>4.3.6</b>	<i>Resultado do pré-diagnóstico</i> . . . . .	45
<b>4.4</b>	<b>Diagnóstico Energético</b> . . . . .	45
<b>4.4.1</b>	<i>Levantamento de dados nas escolas</i> . . . . .	45
<b>4.4.1.1</b>	<i>Inspeção visual da instalação</i> . . . . .	47
<b>4.4.2</b>	<i>Análise e Tratamento dos dados</i> . . . . .	48
<b>4.4.2.1</b>	<i>Análise das faturas de energia elétrica e Indicadores</i> . . . . .	48
<b>4.4.2.2</b>	<i>Tratamento de dados</i> . . . . .	50
<b>4.4.3</b>	<i>Estudo de Alternativas para os usos finais identificados - Escolas Públicas</i>	51
<b>4.4.4</b>	<i>Determinação do potencial de Conservação de Energia Elétrica</i> . . . . .	51
<b>4.4.4.1</b>	<i>Características dos Equipamentos do Sistema de Iluminação</i> . . . . .	52
<b>4.4.4.2</b>	<i>Características dos Equipamentos do Sistema de Climatização (Ar Condicio-</i> <i>nado)</i> . . . . .	52
<b>4.4.4.3</b>	<i>Cálculo dos Resultados Esperados</i> . . . . .	53
<b>4.4.5</b>	<i>Análise de Viabilidade Econômica</i> . . . . .	53
<b>4.4.6</b>	<i>Análise tarifária e Estudos alternativos de Geração de Energia</i> . . . . .	58
<b>4.5</b>	<b>Aplicação</b> . . . . .	59
<b>4.6</b>	<b>Análise dos Resultados</b> . . . . .	64
<b>5</b>	<b>ESTUDO DE POTENCIAIS CENÁRIOS</b> . . . . .	65
<b>5.1</b>	<b>Cenário 1 - Evolução dos Custos de Energia sem RETROFIT</b> . . . . .	66
<b>5.1.1</b>	<i>Bandeiras Tarifárias</i> . . . . .	69
<b>5.2</b>	<b>Cenário 2 - Evolução dos custos de Energia com RETROFIT 1</b> . . . . .	71
<b>5.3</b>	<b>Cenário 3 - Evolução dos Custos de Energia com RETROFIT 2</b> . . . . .	76
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> . . . . .	79
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	81
	<b>APÊNDICES</b> . . . . .	82

<b>APÊNDICE A</b> – Dados adicionais das Escolas e do Projeto . . . . .	82
<b>APÊNDICE B</b> – Cálculo dos Resultados - Sistema Atual e Proposto . . .	86
<b>ANEXOS</b> . . . . .	86
<b>ANEXO A</b> – Tabela de substituição para lâmpadas LED . . . . .	89
<b>ANEXO B</b> – Dados técnicos dos ar condicionados - Guia LG de Ar Condi- cionado . . . . .	102

## 1 INTRODUÇÃO

Na construção de um país, social e economicamente desenvolvido, há a necessidade da interação de seus cidadãos com os processos produtivos, cujas máquinas, transportes e equipamentos necessitam de um insumo de alta relevância: a energia. Muitas formas de energia interessam, em particular, aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas a disposição dos consumidores onde e quando necessárias, tais como a eletricidade, a gasolina, o álcool, óleo diesel, gás natural, etc.

Proporcionar um melhor uso de energia é um dos desafios que se mostra não só aos países desenvolvidos, mas a todos os países do mundo. Com o crescimento constante das cidades por todo o mundo, as quais abrigam atualmente cerca de 50% da população mundial, correspondendo em torno de 75% do consumo energético e por 80% das emissões de carbono no mundo, esse desafio torna-se cada vez maior. (REVISTA O ELETRICISTA Nº57, 2010)

No Brasil, apesar da diversificação da matriz energética, ainda temos uma matriz elétrica bastante dependente da geração hidráulica. Esse cenário vem mudando ao longo da última década, principalmente pela diminuição dos custos de geração de energia eólica e fotovoltaica. Essa diminuição nos custos é devido à entrada da China no mercado de painéis fotovoltaicos, novos investimentos, novas tecnologias e novas leis que incentivam a geração distribuída no nosso país. (PNE - 2030 - EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGETICA, 2016)

Mesmo com essa diversificação, o consumo crescente de energia elétrica, impulsionado pelo crescimento econômico do país, vem diminuindo a distância entre a demanda e a oferta de energia elétrica. Dentre as soluções encontradas para esse crescimento constante tem-se a construção de novas fontes geradoras (usinas hidrelétricas, parques eólicos, parques fotovoltaicos, termelétricas, biomassa, etc), campanhas de incentivo ao uso racional da energia, combatendo o desperdício da mesma e investimentos em ações que promovam o aumento da eficiência energética.

Diante deste desafio crescente, uma medida que tem se mostrado eficaz é a Eficiência Energética. Esta medida é um dos objetivos deste trabalho por meio da avaliação do uso racional e eficiente da energia, especificamente, a energia elétrica, através da aplicação de projetos de eficiência de energia em uma determinada instalação, no caso deste trabalho em escolas públicas do estado do Ceará.

## 1.1 Justificativa

As soluções que visam o uso racional e eficiente de energia elétrica apresentam, na maioria dos casos, custo e tempo de retorno pequeno quando comparados aos valores de outras soluções. Por exemplo, o preço da economia de 1KW é menos oneroso que o preço de um novo 1KW gerado, segundo (COSTA, 2006). A grosso modo, pode-se inferir que é muito menos oneroso trocar turbinas antigas e ineficientes de uma hidrelétrica, por turbinas mais novas e eficientes para conservar 1MW, do que se construir uma outra usina hidrelétrica para se gerar esse 1MW. Logo conclui-se que economicamente conservar uma potência é mais viável do que gerar esta mesma potência.

A eficiência energética, apesar das vantagens, encontra dificuldades para uma grande disseminação, quer seja pelos custos ainda elevados de tecnologias novas e eficientes, quer seja pela falta de conscientização da população. Conscientização essa que poderia vir através de campanhas informativas, ou seja, ainda temos uma boa parte de nossa sociedade ignorante no que diz respeito a eficiência energética.

Assim, uma boa maneira para a promoção e disseminação da eficiência energética pode ser através de intervenções em instalações consumidoras com projetos de eficiência energética. Ações de eficiência como os diagnósticos energéticos otimizam os sistemas no uso final de energia elétrica, reduzindo o consumo sem comprometer o desempenho. Estes projetos são embasados por um parecer técnico e uma viabilidade financeira para a implantação dos mesmos nas instalações consumidoras, como por exemplo, algumas escolas públicas do Ceará.

Neste contexto, promover um melhor uso desta energia elétrica nas salas de aula e demais dependências da escola pública torna-se extremamente importante, pois cria uma conscientização do uso racional deste insumo, gerando um melhor aprendizado dos alunos, que serão capazes de vincular o uso da energia a economia junto à concessionária de fornecimento de energia elétrica do seu estado.

## 1.2 Objetivos

Este trabalho tem como principais objetivos:

- Contextualizar e esclarecer informações importantes sobre a eficiência energética;
- Analisar uma metodologia de projeto de eficiência energética;
- Expor a aplicação dessa metodologia em escolas públicas do estado do Ceará;

- Mostrar os resultados e novos cenários a partir de análises estimadas na aplicação de um projeto de eficiência energética.

### **1.3 Organização do texto**

O texto desta monografia está organizado em capítulos para que se proporcione uma leitura simples, com uma progressão lógica dos assuntos envolvidos no tema. Além do capítulo de introdução (Capítulo 1), este trabalho é composto por outros capítulos conforme a estrutura abaixo:

- Capítulo 2: Apresenta um breve contexto sobre Eficiência Energética;
- Capítulo 3: Analisa uma metodologia de um projeto de eficiência energética;
- Capítulo 4: Expõe a aplicação dessa metodologia em escolas públicas do estado do Ceará;
- Capítulo 5: Mostra os resultados e novos cenários a partir de análises estimadas na aplicação de um projeto de eficiência energética;
- Capítulo 6: Apresenta a conclusão deste trabalho.

## 2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Energia é uma das grandezas físicas mais importantes na ciência, pois tanto está relacionada ao trabalho realizado por um sistema como também se relaciona com a interação entre sistemas, modificando ambos os sistemas. Porém, o termo energia não se restringe somente a física, ele vai além e tem sua importância também em outras áreas como biologia, química, sociologia, economia etc. O alcance do termo energia é muito vasto e de extrema relevância para o mundo atual, haja visto as sociedades contemporâneas terem uma profunda dependência de energia (Transportes, Indústria, Serviços, Comércio, etc), fazendo com que o comércio desse insumo cresça a cada ano e movimente desde os comércios locais até os grandes comércios mundiais, passando inclusive a movimentar altos fluxos de dinheiro não só no cotidiano das cidades como em bolsas de valores ao redor do mundo. A Energia é tão valiosa na sociedade moderna que torna-se um objeto de disputa capaz de iniciar guerras. É neste cenário que cada vez mais tornou-se de fundamental importância a efficientização de todos os processos que envolvem energia. E mais importante ainda a eficiência ao máximo do uso final de energia. Assim surge o termo Eficiência Energética.(INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2014)

### 2.1 Definição

A utilização racional de energia chamada também simplesmente de eficiência energética, consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado. Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. (INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2018)

A Eficiência Energética se resume em utilizar menos energia para produzir o mesmo conforto por ela proporcionado ou o mesmo produto na indústria. A Eficiência Energética pode ser trabalhada como uma disciplina de gestão da sustentabilidade onde demonstra um potencial de integrar as mais variadas demandas da sociedade com as da natureza, ou seja, de uma forma geral a eficiência energética não significa apenas uma redução nas despesas, mas também a mitigação dos impactos ambientais. Conclui-se então que a eficiência energética muitas vezes está associada a melhoria do processo produtivo.(RIBEIRO, 2005)

Os conceitos de conservação de energia e gerenciamento de energia estão intimamente ligados ao conceito de eficiência energética, porém são diferentes.

- **Conservação de Energia**

Compreende dois estágios, o primeiro é *a eliminação dos desperdícios* que possui práticas que tem por objetivo eliminar os consumos energéticos desnecessários, chamados desperdícios de energia. Tem características fundamentalmente comportamental, ou seja, através da conscientização dos consumidores e usuários, fazendo com que o investimento empregados para essa eliminação de desperdícios seja praticamente nula. Já o segundo são as *técnicas de eficiência energética*, que por sua vez requerem um maior investimento como um retrofit ou uma introdução de um sistema de gerenciamento, operação e controle, eficientes e adequados para as instalações. Baseia em um escopo tecnológico de otimização e manutenção da eficiência energética dos equipamentos e/ou instalações. (RIBEIRO, 2005)

- **Gerenciamento de Energia**

Sistema que tem por finalidade otimizar a eficiência da energia, cuidando dos insumos para atender as necessidades do usuário, e das concessionárias, gerenciando o preço da energia, a disponibilidade de armazenamento local ou a geração de energia elétrica. Esse sistema possui diferentes equipamentos e dispositivos da instalação para gerenciar a eficiência energética, fazendo o monitoramento da instalação através de um sistema de supervisão que consiste em um conjunto de dispositivos coordenados com a finalidade de controlar e supervisionar parâmetros elétricos num sistema de distribuição de eletricidade. (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2014)

Assim, quando o insumo em questão é a *energia elétrica*, especificamente a otimização do seu uso final, pode-se inferir que trata-se da *eficiência de energia elétrica*, que é definida na norma IEC 60364-8-1 (2014).

Eficiência de Energia elétrica - EEE

Abordagem sistêmica para otimizar a eficiência do uso da energia elétrica. (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2014)

## 2.2 Indicadores de Eficiência energética

A eficiência energética pode ser medida por diferentes indicadores, esses indicadores representam a *intensidade energética* que define-se como a quantidade de energia necessária para produzir uma unidade de produto final ou serviço, dada em unidades de [energia]/[unidade

de produto ou serviço]. Os indicadores são medidos em função do equipamento, processo, tecnologia e serviço estudado, mas sua unidade pode ser expressa basicamente como a intensidade energética.(VERAS, 2010)

Segundo Patterson (1996), podem ser detectados quatro grupos mais influentes de indicadores de eficiência energética:

1. Termodinâmico

*Refere-se às análises segundo as leis da termodinâmica, da eficiência da transformação de uma forma de energia em outra (eficiência energética).*

2. Físico-termodinâmico

*Avalia os insumos energéticos necessários para produzir um determinado bem ou serviço e nesse caso, a energia que entra no sistema é mensurada em unidades termodinâmicas convencionais e a energia que sai do sistema em unidades física.*

3. Econômico-termodinâmico

*Indicador híbrido no qual o produto do processo é mensurado a preços de mercado e a energia que entra por unidades termodinâmicas convencionais.*

4. Econômico

*Mede as mudanças na eficiência energética, puramente, em valores monetários tanto da energia que entra, quanto da que sai do sistema.*

No caso do presente trabalho será muito usado kWh por aluno e kWh por área. Além desses indicadores há muitos outros, que se adequam ao contexto em que são utilizados. Alguns exemplos são:

- Consumo: kWh/mês, kWh/m<sup>2</sup>, kW/m<sup>2</sup>, kWh/hab
- Automóveis: km /l
- Caminhões: km/l/ton
- Lâmpadas: lúmen/Watts
- Economia: R\$/kWh

Lembrando que esses indicadores também podem ser relacionados ao tempo e ao espaço.

Um indicador em eficiência energética muito importante é a *elasticidade* que avalia o desempenho da eficiência energética do país em um determinado período.

Exemplo:  $\Delta$  energia consumida /  $\Delta$  PIB

### **2.3 Importância da Eficiência Energética**

A eficiência energética torna-se cada vez mais importante tanto no cenário brasileiro como no mundial devido a vários fatores:

- Economia de recursos;
  - Fatura de energia.
- Maior competitividade;
- Menor necessidade de investimentos em infra-estrutura;
- Menor impacto ambiental;
  - Menor utilização de combustíveis fósseis;
  - Menor necessidade de novas fontes de geração de energia (hidrelétricas, termelétricas, nuclear, etc).
- Maior segurança energética.

Entretanto, apesar das nítidas vantagens no uso final da energia elétrica, a eficiência energética ainda encontra barreiras para a sua disseminação como barreiras culturais, o elevado custo das novas tecnologias eficientes e questões relacionadas a qualidade da energia.

Essas barreiras vêm sendo contornadas através de programas desenvolvidos em várias esferas administrativas, contando com o apoio fundamental de alguns programas de governo, atos legislativos e iniciativas privadas que buscam incentivar o desenvolvimento de equipamentos e processos eficientes.

### **2.4 Normas e Regulamentações**

Das ações realizadas para a disseminação da eficiência energética destacam-se o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) da Eletrobrás, e o Programa de Eficiência Energética (PEE) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Este último, abordado com maior ênfase no presente trabalho, foi instituído pela Lei No 9.991, de 24 de julho de 2000 (Brasil, 2000), alterada pelas leis 10.848, de 2004, e 11.465, de 2007, que dispõe, dentre outras ações, sobre a obrigatoriedade da realização de investimentos em eficiência energética por parte das concessionárias do setor de energia elétrica.

#### **2.4.1 PROCEL - Eletrobrás**

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) promove o uso eficiente da energia elétrica, combatendo o desperdício e reduzindo os custos e os investimentos setoriais. Criado pelo governo federal em 1985, é executado pela Eletrobras, com recursos da empresa, da Reserva Global de Reversão (RGR) e de entidades internacionais.

Segundo dados da Eletrobrás, em 2015, o Procel contribuiu para uma economia de 11,7 bilhões de quilowatts-hora (kWh), o equivalente a 2,5% de todo o consumo nacional de energia elétrica naquele ano. Esse resultado representa o consumo anual de energia elétrica de aproximadamente 6,0 milhões de residências brasileiras. Os reflexos ambientais também foram significativos: as emissões de gases de efeito estufa evitadas pela economia proporcionada em 2015 alcançaram 1,453 milhão de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes, o que corresponde às emissões de 499 mil veículos em um ano.

Entre os subprogramas do programa PROCEL pode-se destacar o **Selo Procel**, o qual foi instituído em 1993. O Selo Procel de Economia de Energia indica ao consumidor, no ato da compra, os equipamentos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria. O objetivo é estimular a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a preservação do meio ambiente. (PROCEL - ELETROBRÁS, 2009)

#### **2.4.2 Programa de Eficiência Energética (PEE) - ANEEL**

O Programa de Eficiência Energética (PEE) tem como objetivo primordial promover o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Busca-se maximizar os benefícios públicos da *energia economizada* e da *demanda evitada*, promovendo a transformação do mercado de eficiência energética, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica.

O PEE foi criado em 2000, pela aprovação da Lei nº 9.991/2000. No entanto, os contratos de concessão das distribuidoras assinados a partir da criação da ANEEL já previam a obrigatoriedade de aplicar parte da Receita Operacional líquida Anual destas empresas em projetos de eficiência energética. Portanto, desde 1998 a ANEEL começou a regulamentar o

Programa, buscando maximizar os resultados obtidos com os recursos disponíveis. Ao longo do tempo, visando adequar e aprimorar o regulamento devido às mudanças de tecnologia, de mercado, ou mesmo caráter legal, foram publicadas diversas resoluções normativas, com seus respectivos manuais.(ANEEL, 2009)

Atualmente a regulamentação vigente para o PEE e que deve ser considerada para a elaboração dos projetos após a data de publicação 31/05/2016 é o **PROPEE - Procedimentos do Programa de Eficiência Energética**.

#### 2.4.2.1 *Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE)*

O PROPEE é um manual que determina os procedimentos dirigido às distribuidoras, para elaboração e execução de projetos de eficiência energética regulados pela ANEEL. Neste Manual define-se a estrutura e a forma de apresentação dos projetos, os critérios de avaliação e de fiscalização e os tipos de projetos que podem ser realizados com recursos do PEE. Apresenta os procedimentos para contabilização dos custos e apropriação dos investimentos realizados.

O PROPEE é composto de 10 (dez) módulos, que abrangem os diversos aspectos de projetos e do programa PEE, com múltiplas interligações entre eles.(ANEEL, 2013)

- Módulo 1 - Introdução - apresenta uma visão geral do PROPEE e o glossário dos termos usados;
- Módulo 2 – Gestão do Programa - apresenta os aspectos gerenciais que permeiam as ações do PEE;
- Módulo 3 – Seleção e Implantação de Projetos - apresenta a forma para seleção de projetos ao PEE e orienta quanto à forma de implantação junto ao consumidor ou interessado;
- Módulo 4 – Tipologias de Projeto - apresenta os tipos de projetos do PEE e suas características principais;
- Módulo 5 – Projetos Especiais - versa sobre projetos que, por sua relevância ou característica não típica, merece atenção especial, tanto da distribuidora quanto do regulador;
- Módulo 6 – Projetos com Geração de Energia Elétrica - a partir de Fontes Incentivadas aborda os projetos de eficiência energética com adição de fonte incentivada para atender a unidade consumidora;
- Módulo 7 – Cálculo da Viabilidade - estabelece os diferentes fatores e formas de cálculo que são considerados para verificar se um projeto é viável e pode ser executado no âmbito do PEE, assim como considerar outros possíveis benefícios que podem ser obtidos por um

projeto;

- Módulo 8 – Medição e Verificação dos Resultados - estabelece os procedimentos para uma avaliação confiável dos benefícios energéticos auferidos com os projetos;
- Módulo 9 – Avaliação dos Projetos e Programa - estabelece os procedimentos para a avaliação dos projetos do PEE, inicial e final, e do programa como um todo para o seu aprimoramento;
- Módulo 10 – Controle e Fiscalização estabelece as diretrizes para a contabilização dos gastos dos projetos e atividades de fiscalização a serem realizadas pela ANEEL.

### 3 PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O Programa de Eficência Energética (PEE) na sua essência é um conjunto de projetos que visam a eficiência energética no uso final de energia. Todo projeto do PEE apresenta características primordiais em cada etapa.

Um desses projetos tem por ação significativa a troca de equipamentos existentes por outros mais eficientes, comumente chamado de retrofit. Tal tipologia de projeto será foco do estudo desse TCC. Além deste tipo de ação no PEE, há várias ações que podem ser destacadas e que podem fazer parte dos projetos executados no âmbito do PEE como:

1. **Atividades de treinamento e capacitação**, ligadas à implementação de ações de eficiência energética, que estimulem o uso mais eficiente da energia;
2. **Projetos educacionais** visando difundir o conceito de eficiência energética e desenvolvimento sustentável na rede formal de ensino, promovendo a mudança de hábitos de consumo de energia;
3. Apoio à implantação de **projetos de gestão energética**;
4. **Projetos especiais**, conforme detalhado no Módulo 5 – Projetos Especiais, com ações demonstrativas em projetos Prioritários – como instrumento de políticas públicas de energia, Pilotos – buscando pioneirismo tecnológico e casos de sucesso, Grande Relevância – para o atendimento de casos especiais e objetivos além do energético e Cooperativos – congregando várias distribuidoras, visando obter economia de escala e atuação regional.
5. **Avaliação constante e sistemática** dos resultados obtidos, com redefinição das ações dentro do contexto de uma política nacional de eficiência energética.
6. **Divulgação do PEE**, visando a mudança dos hábitos de consumo de energia elétrica e a transparência da aplicação dos recursos do Programa.

O projeto de eficiência energética apresentado nesse TCC segue uma metodologia bem definida com várias etapas que apresentam características predominantes. Tal metodologia é aplicável a um projeto de eficiência energética que tem como base o PROPEE. As etapas estão bem definidas na Figura 1

Figura 1 – Etapas Projeto de Eficiência Energética



Fonte: o autor.

### 3.1 Identificação do projeto

Esta etapa tem por característica primordial a **identificação do tipo de projeto de Eficiência Energética** em que será enquadrado, tal como suas características e as **ações de Eficiência Energética** que serão realizadas para a execução do mesmo. Baseia-se no *módulo 4 - PROPEE - Aneel*

Quanto a tipologia os projetos podem ser classificados como:

- Industrial
- Comércio e Serviços
- Poder público
- Serviços Públicos
- Rural
- Residencial
- Baixa Renda
- Gestão Energética Municipal
- Educacional
- Iluminação Pública

Já quanto as ações de eficiência que podem ser aplicadas aos projetos têm-se:

- Melhoria de Instalação
- Educacional
- Bônus para eletrodoméstico eficiente
- Gestão Energética
- Geração com Fontes Incentivadas

- Aquecimento Solar

Vale lembrar que nem todas as ações de eficiência podem ser aplicadas a todos os projetos. Cada projeto tem ações específicas que podem ser usadas conforme o módulo 4 do PROPEE.

### 3.2 Pré - Diagnóstico Energético

O Pré-Diagnóstico Energético consiste na avaliação preliminar das oportunidades de eficiência energética nas instalações do consumidor de energia, resultando em um relatório contendo uma estimativa do investimento em ações de eficiência energética, economia de energia (e/ou redução de demanda na ponta) relacionadas e valor do diagnóstico para detalhamento das ações de eficiência energética a implementar.

A etapas do pré-diagnóstico são:

1. Levantamento de dados iniciais
2. Análises de informações
  - a) Memória de massa ou telemedição
  - b) Contas de energia:
    - i. Consumo de energia ativa [kWh]
    - ii. Consumo de energia reativa [kVARh]
    - iii. Demanda registrada [kW]
    - iv. Demanda Faturada [kW]
    - v. Fator de Carga
    - vi. Valor da Fatura [R\$]

#### 3. Visita técnica

Antes de iniciar a coleta dos dados se faz necessária uma visita preliminar na instalação com o objetivo de efetuar o primeiro contato com a mesma. Nessa visita também é possível conhecer o pessoal encarregado de dar apoio à equipe técnica no que diz respeito à locomoção, ao fornecimento de documentos e demais informações necessárias durante todo o processo de diagnóstico energético. Ainda nessa etapa pode-se destacar dois pontos primordiais:

- Visão macroscópica da instalação
  - Planejamento da estratégia de levantamento de dados
4. Modelo com estimativa do potencial de eficiência energética.

### 3.3 Diagnóstico Energético

O diagnóstico é uma avaliação detalhada das oportunidades de eficiência energética na instalação do consumidor de energia, resultando em um relatório contendo a descrição detalhada de cada ação de eficiência energética e sua implantação, o valor do investimento, economia de energia (e/ou redução de demanda na ponta) relacionada (estimativa ex ante), análise de viabilidade e, nos casos de projetos do PEE, adota-se uma estratégia de medição e verificação. Para a metodologia que será usada neste TCC, a estratégia de medição e verificação não foi adotada.

O Diagnóstico Energético possui uma sequência de etapas bem definidas. Esta é uma das fases que deve-se ter um maior rigor na execução de cada etapa para que se possa conseguir um projeto com qualidade.

#### 3.3.1 Levantamento de dados

Todos os dados necessários à determinação do potencial de conservação de energia são obtidos através de inspeções e medições.

- Inspeção: Aquisição de informações sobre as características físicas de uso das instalações.
- Medição: Medição de lúmens nos ambientes, áreas, volumes, pontos quentes, tensão, etc

Dois características são bem importantes nessa etapa e devem ser levadas em consideração pelos executantes:

- Precisão das informações coletadas;
- Levantamento deve ser realizado de forma crítica e bastante criteriosa.

#### 3.3.2 Análise e Tratamento dos dados

Conhecimento do perfil de consumo da instalação através do consumo global e consumo desagregado de usos finais da energia. Para avaliar e analisar o consumo de energia elétrica de uma instalação é necessário conhecer detalhadamente o seu perfil de consumo. É preciso determinar o consumo global de energia elétrica e o consumo por tipo de uso final.

O **consumo global** de energia elétrica é um dos parâmetros considerado para as concessionárias de energia elétrica, para o cálculo da conta de energia. O consumo global de energia elétrica pode ser obtido diretamente nas contas de energia elétrica fornecido pela concessionária ou fazer a leitura via processo de medição direta nas cabines de medição (grupo

A); Diretamente no medidor de energia elétrica da concessionária instalado em cada unidade consumidora (grupo B); Ser estimado a partir de dados levantados por inspeção nas instalações do ambiente analisado; e quando se instalada o analisador de energia no quadro geral de baixa tensão. Os valores levantados e obtidos nas contas de energia são extremamente úteis, permitem verificar a existência de multas por ultrapassar a demanda contratada, excessos de reativos (fator de potência Baixo < 0,92), entre outras informações. Na análise dos valores levantados e nas contas de energia dos dois últimos anos, permite estimar tendência de crescimento do consumo e de demanda, fazendo com que se tenha um planejamento das instalações no que diz respeito a expansão do sistema elétrico e ao seu contrato de fornecimento junto a concessionária de energia elétrica.

**Consumo desagrupado ou individualizado:** Para se determinar o potencial de conservação de energia elétrica de cada uso final é necessário fazer o levantamento individualizado nas instalações. Conhecido o consumo individual de cada uso final, facilita no estudo para determinação do potencial de conservação em termos de energia (kWh) e de custos (R\$). Existe várias maneiras de individualizar o consumo global nos usos finais. A medição direta dos circuitos de alimentação de cada uso final fornece com precisão os resultados. Quando não existe circuito de alimentação individualizado, a determinação do consumo global por uso final poderá ser determinado através dos fatores de carga de cada uso final.

A maneira mais adequada de individualizar o consumo de energia elétrica de usos finais é através da medição direta dos circuitos de alimentação equivalentes a cada uso final, como *iluminação, ar condicionado e sistema motrizes*.

Os **indicadores de energia** são muito utilizados na análise para poder averiguar o uso final desagrupado da instalação que está sendo analisada. Dentre esses indicadores um dos mais usados é o **fator de carga**, que pode ser definido pela relação entre a demanda média e a demanda máxima, durante um intervalo de tempo definido. O Fator de carga pode ser calculado como:  $F_{carga} = \frac{D_{md}}{D_{mx}}$  Quanto mais alto o fator de carga melhor, pois indica uma boa utilização da potência instalada. Alguns exemplos de indicadores utilizados na análise são:

- Consumo mensal por área útil;
- Consumo mensal por usuário equivalente;
- Consumo mensal em iluminação por área iluminada;
- Consumo mensal em ar condicionado por área climatizada;
- Consumo mensal em força motriz;

- Potência Instalada em iluminação por área iluminada;
- Potência Instalada em iluminação por número de interruptores;
- Potência Instalada em ar condicionado por área climatizada;
- Porcentagem de luminárias defeituosas;

### 3.3.3 *Estudo de Alternativas para os usos finais identificados*

Há dois tipos de medidas a serem tomadas destinadas ao uso final de energia para essa etapa:

1. **Medidas de intervenção** Para aumento da eficiência energética são necessários investimentos para a substituição dos conjuntos lâmpadas-reatores-luminárias por outros mais eficientes, substituição ou introdução de dispositivos de gerenciamento, operação e controle eficientes e adequados, sendo que estes investimentos têm retorno garantido.

#### a) ILUMINAÇÃO

- i. Substituição de iluminação existente por mais eficiente (T5 ou LED);
- ii. Instalação de sensores de movimento para controle de iluminação;
- iii. Instalação de sistemas de controle de fluxo luminoso;
- iv. Inclusão nos sistemas existentes de relógios astronômicos que se ajustam à iluminação natural de cada época do ano.

#### b) PRODUÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL

- i. Instalação em coberturas ou solo de painéis fotovoltaicos para produção de energia;
- ii. Instalação de coletores solares térmicos para aquecimento de águas (AQS);
- iii. Instalação de equipamentos de semaforização e iluminação com apoio de energia solar.

#### c) SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO E VENTILAÇÃO

- i. Substituição de sistemas de climatização individualizados por sistemas centralizados (chillers, VRV, bombas de calor, etc.).

#### d) OUTROS EQUIPAMENTOS

- i. Aquisição de equipamentos com a classificação energystar e com classificação energética  $\geq A$ ;
- ii. Substituição lâmpadas convencionais de semáforos por lâmpadas LED;
- iii. Instalação de baterias de condensadores para redução do consumo da energia

reativa.

e) **ELEVADORES, ESCADAS E PASSADEIRAS ROLANTES**

- i. Instalação de comandos eletrônicos e variadores de velocidade;
- ii. Instalação de "drives regenerativa" com devolução de energia à instalação ou à rede.

2. **Medidas de sensibilização** Eliminação dos desperdícios requer um investimento mínimo ou nulo, e os resultados são obtidos através da conscientização dos consumidores e usuários. Pois, de nada adianta contar com equipamentos de alta eficiência se o usuário não sabe utilizá-lo corretamente ou desperdiça energia.

- a) Educação dos usuários.
- b) Treinamento e capacitação sobre eficiência energética;
- c) Palestras sobre economia de energia
- d) Palestras sobre gestão de contas de energia;
- e) Fazer campanhas de sensibilização para que os usuários prefiram utilizar as escadas para os primeiros pavimentos.

### ***3.3.4 Determinação do potencial de Conservação de Energia Elétrica***

Nessa etapa estima-se o consumo de energia após a implementação de medidas tecnicamente viáveis. Determina-se também o consumo de energia desagrupado em usos finais como sistema de iluminação, sistema de climatização e sistemas motrizes. Essa parte da metodologia é baseada no módulo 4 do PROPEE, seção 4.2 - Ações de Eficiência Energética

O potencial de conservação de energia elétrica global da instalação, pode ser estimado através do potencial de conservação de cada uso final (iluminação, climatização e Motrizes) da instalação. A conservação de cada uso final pode ser calculada, estimada e pode ser implantada, tomado algumas ações que quando tomadas o retorno é de curto prazo.

#### ***3.3.4.1 Sistema de Iluminação***

As ações de eficiência energética em sistemas de iluminação artificial referem-se a:

- a) substituição de equipamentos: lâmpadas, reatores e luminárias
- b) instalação de dispositivos de controle: interruptores, sensores de presença, dimmers, etc.
- c) maior aproveitamento da iluminação natural com redução da carga da iluminação artificial.

Determina-se o potencial de economia através dos seguintes passos:

1. Agrupar as lâmpadas em Sistemas que tenham o mesmo regime de funcionamento e sejam trocadas por um determinado tipo de lâmpada - usar Sistemas diferentes para troca diferentes.
2. Tipo de lâmpada (incandescente, fluorescente, etc.) e potência nominal
3. Incluir a potência média consumida pelos reatores por cada lâmpada; especificar se são reatores eletromagnéticos ou eletrônicos
4. Quantidade de lâmpadas em cada Sistema considerado
5. Potência total instalada
6. Funcionamento médio anual (h/ano)
7. Fator de coincidência na ponta
8. Energia Consumida (MWh/ano)
9. Demanda média na ponta (kW)
10. Mesmas considerações acima. O funcionamento só será diferente se forem instalados dispositivos de controle adicionais. Troca-se o subscrito at (atual) por pr (proposto).
11. Redução de demanda na ponta (RDP)
12. RDP em termos percentuais
13. Energia economizada (EE)
14. EE em termos percentuais

#### 3.3.4.2 *Sistema de Climatização*

As ações de eficiência energética em sistemas de climatização referem-se à substituição de equipamentos individuais de janela ou equivalentes. Ações mais complexas como substituição de chillers deverão apresentar cálculos mais detalhados, de acordo com o PIMVP (EVO, 2012).

Determina-se o potencial de economia através dos seguintes passos:

1. Agrupar os aparelhos com as mesmas características de instalação e funcionamento e especificar, por tipo: tecnologia (janela, split, self contained, etc.), horas de funcionamento. Usar tipos diferentes para troca diferentes (se um tipo de equipamento for trocado por 2 tipos diferentes, considerar tipos diferentes).
2. Potência nominal de refrigeração.  
Usar dados do INMETRO (<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>) de preferência.

3. Quantidade de aparelhos do tipo considerado.
4. Potência instalada
5. Potência média consumida, considerado o regime de funcionamento do sistema e o perfil de temperatura médio assumido (igual à potência instalada vezes um fator de utilização)
6. Funcionamento médio anual
7. Fator de coincidência na ponta: deve refletir os hábitos de uso e temperaturas neste horário
8. Energia consumida anualmente
9. Demanda média na ponta – deve ser estimada em cada caso
10. Mesmas considerações acima. O funcionamento só será diferente se houver alguma mudança justificada.
11. Redução de demanda na ponta (RDP)
12. RDP em termos percentuais
13. Energia economizada (EE)

#### 3.3.4.3 *Sistema Motriz*

As ações de eficiência energética em sistemas motrizes referem-se à substituição de motores elétricos de indução com carga constante por unidades de mais alto rendimento, com ou sem adaptação da potência nominal. Ações mais complexas, envolvendo outras partes do sistema motriz (máquina acionada, sistema acionado), instalação de acionadores de velocidade ajustável (conversores de frequência), deverão apresentar cálculos mais detalhados. Determina-se o potencial de economia através dos seguintes passos:

1. Agrupar os motores com as mesmas características de instalação e funcionamento – potência, rotação, carregamento, horas de funcionamento. Usar tipos diferentes para troca diferentes (se um tipo de motor for trocado por 2 potências diferentes, considerar tipos diferentes).
2. Carga acionada / carga nominal – pode ser estimado por medição da potência, corrente ou rotação – usar, por exemplo, o software BDmotor, disponível na página do Procel Info
3. (<http://www.procelinfo.com.br>), na seção Simuladores
4. Usar, por exemplo, o valor calculado pelo BDmotor para o carregamento considerado.
5. Quantidade de motores do tipo considerado.
6. A rigor, dever-se-ia utilizar o rendimento nominal para este cálculo (não influi na economia).

7. Atentar para o regime de produção quando da medição e o médio considerado para determinação
8. das economias.
9. Funcionamento médio anual
10. Potência média na ponta / Potência média utilizada
11. Energia anual consumida estimada
12. Demanda média na ponta
13. Mesmas considerações acima. O funcionamento só será diferente se houver alguma mudança justificada.
14. Redução de demanda na ponta (RDP)
15. RDP em termos percentuais
16. Energia economizada (EE)
17. EE em termos percentuais

Há ainda mais dois sistemas que o Manual da ANEEL abrange, Sistema de Refrigeração e Sistema de aquecimento Solar, tais sistemas não serão explicitados nesse TCC, pois não se adequam a tipologia do projeto em questão estudado. O sistema Motriz também não se adequa a projeto estudado neste TCC, porém é comum e pode ser muito utilizado em projetos de tipologia industrial.

### ***3.3.5 Análise de Viabilidade Econômica***

Na maioria das vezes as medidas tomadas para a conservação de energia proporcionam grandes economias de energia elétrica, porém podem não ser economicamente viáveis. Por mais que todo investidor esteja preocupado com questões ambientais e de preservação de recursos naturais, na realidade ele deseja garantir o retorno do capital ou justificar o investimento, quando se implanta medidas de uso racional e eficiente de energia elétrica. É por esse motivo que essa etapa torna-se essencial para qualquer projeto de eficiência energética. Essa etapa é baseada no Módulo 7 - Cálculo de Viabilidade do PROPEE, será nessa etapa que se estabelecerá os diferentes fatores e formas de cálculo que são considerados para verificar se o projeto será viável, assim como considerar outros possíveis benefícios que podem ser obtidos pelo projeto.

Conforme o item 3.5 do Módulo 7 do PROPEE o principal critério para avaliação da viabilidade econômica de um projeto do PEE é a ***relação custo benefício (RCB)*** que ele proporciona. O benefício considerado é a valoração da energia economizada e da redução da

demanda na ponta durante a vida útil do projeto para o sistema elétrico. O custo são os aportes feitos para a sua realização (do PEE, do consumidor ou de terceiros).

### 3.5 Critério chave de avaliação

3.5.1 A racionalidade da avaliação de um projeto de eficiência energética feito com recurso advindo do conjunto dos consumidores de energia elétrica consiste em saber se o benefício auferido é maior que aquele que haveria se o recurso tivesse sido empregado na expansão do sistema elétrico.

3.5.2 Assim, considera-se que o benefício apurado com a valoração da energia e da demanda reduzidas ao custo unitário marginal de expansão do sistema deve ser no mínimo 25% maior que o custo do projeto. Em outras palavras, a relação custobenefício do projeto deve ser igual ou inferior a 0,8 (oito décimos).

3.5.3 Supõe-se que os 25% adicionais são considerados para fazer frente ao maior risco percebido pela sociedade às ações de eficiência energética em relação às de expansão do sistema. Essa margem de segurança pode ser reduzida à medida que as ações de eficiência energética vão ganhando credibilidade.

**3.5.4 Portanto, o critério chave que norteia a avaliação econômica de viabilidade de um projeto do PEE é que a RCB calculada pela ótica do sistema elétrico e do ponto de vista do PEE seja igual ou inferior a 0,8 (oito décimos).**

Ainda de acordo o o Manual dois tipos de avaliação quanto aos dados disponíveis devem ser feitos durante a realização do projeto:

a) avaliação ex ante, com valores estimados, na fase de definição, quando se avaliam o custo e benefício baseado em análises de campo, experiências anteriores, cálculos de engenharia e avaliações de preços no mercado; b) avaliação ex post, com valores mensurados, consideradas a economia de energia e a redução de demanda na ponta avaliadas por ações de Medição e Verificação e os custos realmente despendidos.

No caso deste TCC, o projeto realizado teve somente a avaliação ex ante. Somente este tipo de avaliação será descrito ao longo deste trabalho.

A energia economizada, medida em MWh, e a redução de demanda no horário de ponta (posto tarifário ponta), medida em kW, são os principais indicadores quantitativos para projetos de eficiência energética.

Assim define-se que para análise da viabilidade será usada a relação custo-benefício (RCB). Definido como a relação entre o Custo anualizado e o Benefício anualizado.

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T} \quad (3.1)$$

Onde:

CA<sub>T</sub>: Custo Anualizado Total [R\$ /ano]

$BA_T$ : Benefício Anualizado Total [R\$ /ano]

Se um projeto tiver mais de um uso final (iluminação, refrigeração, etc.) cada um desses usos finais deverá ter sua RCB calculada. Deverá, também, ser apresentada a RCB global do projeto, consideradas as somas dos custos e benefícios. Os projetos devem apresentar, no máximo, como regra geral, uma Relação Custo- Benefício (RCB) menor ou igual a 0,8.

### 1. Custos Anualizados ( $CA_T$ )

Desse modo o custo do projeto é determinado em função dos custos totais anualizados, que consideram custos com equipamentos, serviços, transporte, administrativos e outros.

$$CA_T = \sum_n CA_n \quad (3.2)$$

$CA_n$ : Custo Anualizado de cada equipamento<sup>1</sup> [R\$ /ano]

$$CE_T = \sum_n CE_n \quad (3.3)$$

$CE_T$ : Custo total em equipamentos [R\$]

$CE_n$ : Custo de cada equipamento [R\$]

$$CA_T = CE_n \times \frac{CT}{CE_T} \times FRC_u \quad (3.4)$$

$CT$ : Custo total do projeto [R\$]

$$FRC_u = \frac{i(1+i)^u}{(1+i)^u - 1} \quad (3.5)$$

$FRC_u$ : Fator de recuperação do capital para u anos [1/ano]

$u$ : Vida útil dos equipamentos [ano]

$i$ : taxa de desconto considerada [1/ano]

A taxa de desconto ( $i$ ) a considerar será a mesma especificada no Plano Nacional de Energia vigente na data de submissão do projeto, conforme publicado pela EPE. A vida útil ( $u$ ) deverá ser definida com base nos dados fornecidos pelo fabricante do equipamento ou estudo que apure de forma confiável este tempo de vida.

### 2. Benefícios Anualizados ( $BA_T$ )

$$BA_T = (EE \times CEE) + (RDP \times CED) \quad (3.6)$$

<sup>1</sup> inclui custos relacionados a mão de obra, etc.

BA<sub>T</sub>: Benefício Anualizado [R\$/ano]

EE: Energia anual economizada [MWh\$/ano]

CEE: Custo unitário da energia [R\$/MWh]

RDP: Demanda evitada na ponta [KW ano]

CED: Custo unitário evitado da demanda [R\$/KW ano]

Os Custo Evitado de Demanda (CED) e o Custo da Energia Evitada (CEE) unitários são calculados e fornecidos pela distribuidora de energia do Ceará (ENEL). Segundo o PROPEE o método para se achar o CED e CEE se baseia no cálculo do custo unitário de perdas técnicas no sistema elétrico, que pode ser visto no relatório CODI 19-34 (ABRADEE, 1996) – a energia e demanda evitadas correspondem a uma redução de perdas no sistema e o benefício “de evitar uma unidade de perdas é numericamente igual ao custo de fornecer uma unidade adicional de carga”.

### ***3.3.6 Análise tarifária e Estudos alternativos de Geração de Energia***

Consiste no estudo da viabilidade econômica de alternativas de cogeração ou geração independente. Nessa etapa também se determina a melhor modalidade tarifária e valores de contrato mais adequados para o consumidor. Pode-se realizar simulações tarifárias para verificar-se qual a modalidade em que mais se encaixa a instalação analisada. As modalidades tarifárias são um conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativas, considerando as seguintes modalidades:

- Azul: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia;
- Verde: modalidade tarifária horária verde: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência;
- Convencional Binômia: aplicada às unidades consumidoras do grupo A caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia. Esta modalidade será extinta a partir da revisão tarifária da distribuidora;
- Convencional Monômia: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia;

- Branca: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia.

### **3.4 Aplicação**

Após toda a análise de viabilidade financeira e estudos de tarifas se começa a fazer a aplicação das medidas e ações necessárias para a implementação do projeto que está sendo analisado.

- Ações de retorno socio-educacional como palestras ou treinamentos para educar os usuários;
- Criação de uma CICE<sup>2</sup>;
- Adequação do cronograma de execução física
- Qualificação e adequação da equipe executora do projeto;
- Ações de Retrofit;
- Mudança tarifária junto a concessionária, se viável;
- Criação de um programa permanente para o uso eficiente de energia;
- Geração distribuída, se viável;
- Implantação de painéis solares na instalação, se atrativo;

### **3.5 Análise dos Resultados**

Após a aplicação de algumas ou todas as medidas mencionadas na seção anterior verifica-se e faz-se uma nova análise da economia de energia naquela instalação após a aplicação do projeto de eficiência.

Tal medida pode se realizada fazendo o acompanhamento das contas de energia da instalação que teve as medidas de intervenção com o intuito de se confirmar a redução de energia, consequentemente a eficácia do projeto de eficiência realizado.

---

<sup>2</sup> Comissão Interna de Conservação de Energia

## **4 APLICAÇÃO DO PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ESCOLAS PÚBLICAS - ESTUDO DE CASO**

A metodologia apresentada anteriormente foi aplicada em um projeto a fim de determinar o potencial de economia de energia elétrica em cinco escolas estaduais de ensino médio da cidade de Fortaleza fazendo uso da metodologia de diagnóstico energético adotada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Contempla a participação de estudantes de ensino médio das escolas participantes e estudantes universitários do curso de engenharia elétrica da Universidade Federal do Ceará – UFC. Esta participação é para gerar o interesse pela engenharia aos alunos de ensino médio e aplicar a teoria de sala de aula da universidade pelos alunos universitários. Dentre as atividades propostas destaca-se a realização de treinamentos e capacitações aos participantes e palestras aos alunos, professores e funcionários das escolas selecionadas com o tema de uso racional da energia elétrica. Por fim, apresentar-se-á o resultado do diagnóstico energético e as soluções técnicas de redução no consumo de energia atrativas financeiramente de serem implementadas.

### **4.1 Definição dos parâmetros para a escolha das escolas**

Após algumas reuniões da equipe do projeto, onde nestes encontros foram discutidos os objetivos a serem alcançados, ficaram estabelecido os parâmetros abaixo para a escolha das escolas convidadas:

- Perfil de consumo (Três escolas em Baixa tensão e duas em Média tensão);
- Estado de conservação da instalação elétrica;
- Tipo de ensino – Regular ou profissionalizante;
- As escolas regulares deveriam funcionar nos turnos manhã, tarde e noite, enquanto a profissionalizante, devido a seu regime, apenas manhã e tarde;
- Quantidade total de cinco escolas participantes, onde seriam quatro de ensino regular e uma de ensino profissionalizante.

### **4.2 Identificação do projeto**

O tipo de projeto de EE é um Projeto para Serviços Públicos, nesse caso, setor de educação - SEDUC (secretaria de educação do Ceará), representado por 5 escolas públicas do estado Ceará e as ações de EE que serão realizadas são Melhoria de Instalação, Educacional,

Gestão Energética, Execução dos treinamentos e demais atividades para alunos das escolas, palestras sobre eficiência energética nas escolas.

A Tabela 1 exibe as informações básicas do projeto de eficiência energética em escolas públicas, desenvolvido em 2013 e 2014, financiado pelo CNPq.

Tabela 1 – Identificação do Projeto.

<b>Título do Projeto</b>	Determinação do potencial de economia de energia elétrica em escolas de nível médio de Fortaleza e Região Metropolitana.
<b>Processo</b>	Nº 455821/2012-7 Chamada CNPq/Vale S.A Nº 05/2012 – Forma Engenharia
<b>Nome do Coordenador do Projeto</b>	Profº Tomaz Nunes Cavalcante Neto
<b>Titulação do Coordenador do Projeto</b>	Mestre em Distribuição de Energia Elétrica
<b>Curso de Graduação em Engenharia a ser Estimulado</b>	Engenharia Elétrica
<b>Instituição de Execução do Projeto (IES)</b>	Universidade Federal do Ceará - UFC
<b>Instituição Co-Executora do Projeto</b>	E.E.F.M. Pe. Marcelino Champagnat Rua Daura 120 Barroso Fortaleza – CE CEP: 60862-760 e-mail: pmarcelino@escola.ce.gov.br CNPJ: 00.118.783/0087-82 Código do MEC: 23078707 Natureza. Jurídica: Pessoa jurídica de Direito Público Categoria Administrativa: Ensino técnico/profissional e de 2º grau pública estadual

As instituições participantes do projeto foram:

- **Universidade Federal do Ceará - UFC:** Instituição executora do projeto;
- **Secretaria da Educação do Estado do Ceará - SEDUC:** A Superintendência das Escolas Estaduais de Fortaleza – SEFOR, vinculada diretamente a SEDUC foi formalmente convidada por meio de ofício da Universidade Federal do Ceará – UFC.
- **Escolas Estaduais:** As escolas participantes, identificadas na Tabela 20, Tabela 21, Tabela 22, Tabela 23 e Tabela 24, foram convidadas formalmente por meio de ofício da Secretaria de Educação do Estado do Ceará – SEDUC.

A equipe de trabalho do projeto foi composta por:

- Integrantes Efetivos;
- Integrantes Voluntários;
- Demais colaboradores.

Estes participantes estão detalhados na Tabela 25, Tabela 26 e Tabela 27

### 4.3 Pré - Diagnóstico Energético

A primeira etapa do Pré- Diagnóstico foi a *Análise das Contas de Energia*, onde pode-se analisar o perfil de consumo das escolas envolvidas.

#### 4.3.1 E.E.F.M. Pe Marcelino Champagnat

A Tabela 2 mostra um histórico de contas de energia da E.E.F.M. Pe Marcelino Champagnat.

Tabela 2 – Conta de Energia E.E.F.M. Pe Marcelino Champagnat.

<b>Mês / Ano</b>	<b>Consumo - kW</b>
<b>2 / 2012</b>	5.267
<b>2 / 2013</b>	7.029
<b>3 / 2013</b>	4.565
<b>4 / 2013</b>	6.177
<b>5 / 2013</b>	6.844
<b>6 / 2013</b>	6.392
<b>7 / 2013</b>	4.172
<b>8 / 2013</b>	3.976
<b>9 / 2013</b>	6.946

Uma análise preliminar permitiu observar que:

- Diferenças ocasionadas por variações no calendário letivo das escolas.
- Preço Médio = R\$ 0,39 / kWh (Mês Fevereiro de 2012) - Preço médio definido como quociente do valor líquido da fatura pelo consumo total.
- Por dificuldades operacionais junto ao setor de engenharia da Seduc, só foi possível obter o valor líquido da fatura referente a fevereiro de 2012. Sendo este utilizado para calcular o valor médio da conta de energia desta escola.

#### 4.3.2 E.E.F.M. Estado do Pará

A Tabela 3 mostra um histórico de contas de energia da E.E.F.M. Estado do Pará, escola estadual cujo perfil de consumo é: Baixa Tensão – 380V / 220V.

Tabela 3 – Conta de Energia E.E.F.M. Estado do Pará.

<b>Mês / Ano</b>	<b>Consumo - kW</b>
<b>2 / 2013</b>	5.030
<b>3 / 2013</b>	2.963
<b>4 / 2013</b>	3.665
<b>5 / 2013</b>	4.638
<b>6 / 2013</b>	3.960
<b>7 / 2013</b>	2.082
<b>8 / 2013</b>	2.031
<b>9 / 2013</b>	4.584

Uma análise preliminar permitiu observar que:

- Diferenças ocasionadas por variações no calendário letivo das escolas.
- Preço Médio (Quociente do valor líquido da fatura pelo consumo total) = R\$ 0,32 / kWh (Mês Setembro de 2013)

#### 4.3.3 E.E.F.M. Joaquim Alves

A Tabela 4 mostra um histórico de contas de energia da E.E.F.M. Joaquim Alves, escola estadual cujo perfil de consumo é: Baixa Tensão – 380V / 220V.

Tabela 4 – Conta de Energia E.E.F.M. Joaquim Alves.

<b>Mês / Ano</b>	<b>Consumo - kW</b>
<b>2 / 2013</b>	4.359
<b>3 / 2013</b>	3.332
<b>4 / 2013</b>	4.004
<b>5 / 2013</b>	4.384
<b>6 / 2013</b>	4.475
<b>7 / 2013</b>	3.136
<b>8 / 2013</b>	2.417
<b>9 / 2013</b>	4.411

Uma análise preliminar permitiu observar que:

- Diferenças ocasionadas por variações no calendário letivo das escolas.
- Preço Médio (Quociente do valor líquido da fatura pelo consumo total) = R\$ 0,32 / kWh (Mês Setembro de 2013)

#### 4.3.4 E.E.F.M. Walter de Sá Cavalcante

A Tabela 5 mostra um histórico de contas de energia da E.E.F.M. Walter de Sá Cavalcante, escola estadual cujo perfil de consumo é: Média Tensão – 13.8kV / 380V.

Tabela 5 – Conta de Energia E.E.F.M. Walter de Sá Cavalcante.

Mês / Ano	Consumo Fora Ponta - kW	Consumo Ponta - kW	Consumo Reativo Total - kW	Demanda Contratada - kW
9 / 2013	11.690	2.229	4	60
10 / 2013	12.654	2.548	9	60

Uma análise preliminar permitiu observar que existem diferenças ocasionadas por variações no calendário letivo das escolas.

Observando o histórico dos últimos 12 meses, tem-se:

- Excedente de demanda em apenas três meses com valor inferior a 10% da demanda contratada.
- Consumo médio de 1.900kWh/mês no horário de ponta no período considerado.
- Preço Médio = R\$ 0,27 / kWh (Mês Outubro de 2013)

#### 4.3.5 E.E.E.P. Paulo VI

A Tabela 6 mostra um histórico de contas de energia da E.E.F.P. Paulo VI, escola estadual cujo perfil de consumo é: Média Tensão – 13.8kV / 380V.

Tabela 6 – Conta de Energia E.E.F.P. Paulo VI.

Mês / Ano	Consumo Fora Ponta - kW	Consumo Ponta - kW	Consumo Reativo Total - kW	Demanda Contratada - kW
9 / 2013	10.037	613	428	63
10 / 2013	10.591	478	492	63

Uma análise preliminar permitiu observar que existem diferenças ocasionadas por variações no calendário letivo das escolas.

Observando o histórico dos últimos 12 meses, tem-se:

- Excedente de demanda em apenas 3 meses, onde tem-se 1 mês com valor chegando a 12% da demanda contratada e 2 meses com valor menor que 5% da demanda contratada.
- Consumo médio de 605 kWh/mês no horário de ponta no período considerado.

- Preço Médio = R\$ 0,21 / kWh (Mês Outubro de 2013)

#### 4.3.6 Resultado do pré-diagnóstico

Após as análises das contas de energia de todas as escolas, complementada pela visita preliminar de vistoria das instalações pode-se constatar que essas 5 escolas previamente escolhidas teriam um potencial de economia de energia.

#### 4.4 Diagnóstico Energético

Diante deste resultado fez-se o cronograma dos diagnósticos energéticos que seriam realizados em cada escola envolvida no projeto, conforme mostrado na Tabela 7.

Tabela 7 – Cronograma dos levantamentos do diagnóstico energético e palestras realizadas nas escolas.

<b>Escolas</b>	<b>Levantamento - Diagnóstico Energético</b>	<b>Palestras</b>
<b>E.E.F.M.Pe Marcelino Champagnat</b>	29/1/2014	26/4/2014
<b>E.E.F.M Estado do Pará</b>	24/1/2014	8/5/2014
<b>E.E.F.M Joaquim Alves</b>	22/1/2014	24/5/2014
<b>E.E.F.M Walter de Sá Cavalcante</b>	21/1/2014	15/3/2014
<b>E.E.E.P Paulo VI</b>	23/1/2014	11/4/2014

##### 4.4.1 Levantamento de dados nas escolas

As medições foram realizadas em quase todos os ambientes da escola. Aqui destaca-se sala dos professores, secretaria, coordenação, laboratório de informática, sala de multimeios (Biblioteca) e salas de aula.

Para a medição da quantidade de lúmens nos ambientes das escolas foi utilizado o luxímetro (situando a 70 cm do piso), sendo:

- Nas salas de aula: sobre a mesa do professor (primeira medição) e em seguida nas cadeiras dos alunos (cadeira do centro – segunda medição, e cadeira ao fundo da sala – terceira medição e cadeira no canto da sala – quarta medição);
- Nos demais ambientes: foi utilizada topologia similar, considerando as mesas de trabalho dos servidores que ali trabalham.

Para avaliar alguns hábitos de uso das instalações foi feito perguntas sobre o tempo de funcionamento dos ambientes. Sendo constatado que em sua maioria, o sistema de iluminação e climatização fica funcionando em períodos em que não há pessoas nestes ambientes, deixando claro o desperdício (como no horário de almoço e horário entre os turnos de funcionamento do estabelecimento de ensino, por exemplo).

Para efeito comparativo foi realizado medição abaixo de uma fluorescente compacta de 45W onde obteve-se 90 lux e abaixo de uma luminária contendo duas lâmpadas fluorescente de 36W, onde obteve-se 180 lux. Foram verificados alguns ar condicionados sem selo procel e outros vários com selos diversos – categorias A, B, C, D. Em apenas uma escola foi encontrado dois destes equipamentos do tipo INVERTER.

Numa das escolas visitadas foi constatado uma estante de livros obstruindo a saída de ar do equipamento de climatização. Já em outra, um ar condicionado instalado a poucos centímetros do chão.

Pelo observado nas luminárias e lâmpadas que não há realização de limpeza nas mesmas. Quanto a este serviço nos ventiladores, idem. No momento das medições de iluminação das salas de aula utilizando o luxímetro, verificou-se a incidência de luz natural por meio de combogós. Mesmo assim, os valores medidos foram bem abaixo do que determina a norma NBR ABNT ISO/CIE 8995-1:2013 que trata de Iluminação de Ambientes

Sabendo que estas medições foram realizadas no período da manhã, conclui-se a deficiência maior ainda neste quesito no turno noturno e em dias de chuva.

Também por entrevista e inspeção, constatou-se a substituição do conjunto de luminárias contendo duas lâmpadas fluorescente por uma fluorescente compacta de 40W ou 45W. E já relatado anteriormente, a quantidade de lúmens produzido é menor, acrescido que esta não há proteção a ofuscamento.

Constatado em muitas salas de aula a utilização de lâmpadas de diferentes potências na mesma luminária. Reduzindo a vida útil da lâmpada e do reator. Apenas uma escola possui os reatores de suas lâmpadas do tipo eletrônico, nas demais, a maior parte era eletromagnético. Ressaltam-se aqui equipamentos de baixa qualidade.

Uma grande quantidade de lâmpadas queimadas ou faltando foi observada. As maiorias das Luminárias não apresentavam corpo espelhado. Fiação a mostra contribuindo para redução da vida útil e perda de energia.

No apêndice A tem-se a Tabela 28, Tabela 29, Tabela 30, Tabela 31 e Tabela 32, com

alguns dos ambientes analisados no levantamento técnico das respectivas escolas, com os valores de iluminação medidos e recomendados em norma específica.

#### 4.4.1.1 *Inspeção visual da instalação*

A inspeção visual da instalação realizada neste estudo corresponde ao procedimento de aquisição de informação sobre as características físicas da instalação elétrica complementadas por informações obtidas via medição utilizando aparelho específico para tal fim.

Nessa fase, as visitas feitas as escolas foram inspecionados quase que a totalidade dos ambientes de cada prédio, fazendo anotações que contemplaram as seguintes informações;

- Quantidade de lumens nos ambientes, fazendo uso do luxímetro;
- Tipos de luminárias;
- Tipos de reator das lâmpadas fluorescente tubulares;
- Existência de lâmpadas queimadas;
- Ausência de lâmpadas;
- Tipos de lâmpadas na mesma luminária;
- Incidência de iluminação natural no ambiente;
- Estado de conservação de luminárias, ar condicionados e ventiladores;
- Selo Procel nos ar-condicionados;

Consultando a Tabela 28, a Tabela 29, a Tabela 30, a Tabela 31 e a Tabela 32, podem-se verificar os valores de lúmens medidos em alguns ambientes das escolas visitas e os valores recomendados. Nota-se claramente a não conformidade da iluminação destes lugares na observação da norma ABNT ISO/CIE 8995-1:2013. Vale ressaltar que neste ambiente apresenta-se incidência de iluminação natural. Visto isto, fica notório que caso fosse feita medições no turno noturno ou em dias de chuva, esses valores seriam ainda mais distantes do recomendado. Fato que colaborou de forma acentuada as tais níveis de medição a várias lâmpadas queimadas ou ausentes nestes recintos.

Quanto às luminárias, apenas uma escola apresentou todas as luminárias com corpo espelhado. Este mecanismo contribui para uma melhor distribuição do fluxo luminoso da lâmpada, melhorando a iluminação do ambiente. Também se observou lâmpadas de potências diferentes na mesma luminária. Prática esta colabora para uma menor vida útil do reator do conjunto luminária – lâmpadas.

Nos testes para identificar o tipo de reator, constatou-se apenas uma escola com

todos os reatores eletrônicos. Nas demais, a maioria em cada prédio era do tipo eletromagnético. Em média, estes correspondem a 15% do consumo de energia elétrica do conjunto luminária – lâmpadas, enquanto aqueles, o seu consumo é quase desprezível. Mas apresenta-se uma ressalva aos do tipo eletrônicos encontrados: eram de baixa qualidade. Fato este que respalda as reclamações dos diretores e coordenadores de que a queimas de lâmpadas ocorre com muita frequência.

Por este motivo, as escolas estão tendo a prática de substituir o conjunto luminária – lâmpadas (duas lâmpadas fluorescente tubulares de 18w ou 20W ou 36W ou 40 W cada) por lâmpadas fluorescentes compactas de 45W, alegando durabilidade, financeiramente melhor e facilidade na substituição em comparação as anteriores. No entanto, visto o que foi dito anteriormente, esta substituição não demonstra satisfação final observando a finalidade ao qual se propõe o sistema de iluminação de uma sala de estudo. O índice de iluminação é bem menor e o nível de ofuscamento a professores e alunos é maior, podendo interferir no rendimento dos usuários deste ambiente.

#### ***4.4.2 Análise e Tratamento dos dados***

Para o tratamento das informações levantadas, primeiramente, os dados coletados foram separados por escola e apreciados segundo as normas da ABNT (NBR 5410 e NBR 5413). Todos os dados foram então dispostos em planilhas individuais, onde foram contabilizados as cargas de iluminação e climatização. Por fim, analisou-se os dados consolidados das escolas.

##### ***4.4.2.1 Análise das faturas de energia elétrica e Indicadores***

Embora o gerenciamento das faturas de energia não proporcione diretamente uma redução do consumo de energia elétrica, ele pode proporcionar uma economia de recursos financeiros caso políticas de uso racional e eficiente de energia elétrica seja adotada nos estabelecimento de ensino. Variações de consumo apresentadas no item 4.4 deste relatório são ocasionadas pela dinâmica e divergências no calendário letivo das escolas que envolvem dentre outros motivos o perfil das atividades desenvolvidas por cada instituição.

As escolas atendidas no padrão de baixa tensão, para um gerenciamento de sua fatura devem construir ações quanto ao consumo de energia por seus usuários. Já as escolas no padrão de fornecimento de média tensão foram observadas valores de excedente reativo. Neste caso, deve-se analisar a viabilidade de um redimensionamento de seu banco de capacitores. Quanto

à demanda contratada, foi constatado um valor adequado para instalação elétrica considerada. Mesmo tendo sido encontrado um pequeno excedente num valor inferior a 10%, em média, num período de três meses.

Em ambas as escolas de média tensão foram analisadas o consumo no horário de ponta, que compreende das 17h30min às 20h30min, período este adotado pela concessionária de energia elétrica local. A redução nos valores encontrados dependerá de uma análise do perfil de consumo do usuário da instalação para sugerir mudanças no seu comportamento. No entanto, vale ressaltar, que numa fração deste período não há aulas regulares. Então se chama a atenção para um possível desperdício de energia elétrica e conseqüentemente recursos financeiros.

Os valores de preço médio obtidos na seção 4.4 acima são indicadores satisfatórios.

Na Tabela 8, mostra-se a relação do consumo de energia elétrica por aluno, em média.

Tabela 8 – Relação do consumo de energia elétrica por aluno.

<b>Escola</b>	<b>Consumo (kWh) - 9/2013</b>	<b>Quantidade de alunos</b>	<b>Quociente (Consumo - kWh / Aluno)</b>
<b>E.E.F.M. Pe Marcelino Champagnat</b>	6.946	1.300	5,34
<b>E.E.F.M Estado do Pará</b>	4.584	600	7,64
<b>E.E.F.M Joaquim Alves</b>	4.411	900	4,90
<b>E.E.F.M Walter de Sá Cavalcante</b>	13.919	820	16,97
<b>E.E.E.P Paulo VI</b>	10.650	760	14,01

Observando os valores obtidos na relação kWh por aluno na tabela acima, a E.E.F.M Joaquim Alves possui o melhor índice de aproveitamento de energia, seguida da E.E.F.M Pe Marcelino Champagnat. Mas vale ressaltar que a escola Joaquim Alves foi a que apresentou maior quantidade de lâmpadas faltando e as que restavam, em sua maioria eram inadequadas para o uso em sala de aula, cuja a potência das mesmas era insuficiente para uma boa iluminação dentro do que estabelece a norma.

Outro fator que levou as demais escolas a terem um índice maior foi a grande quantidade de reatores eletromagnéticos encontrados. Visto que este tipo de equipamento consome mais que os reatores eletromagnéticos. Em média, corresponde a 20% da quantidade consumido no conjunto lâmpada reator.

#### 4.4.2.2 Tratamento de dados

Após realizar as análises das faturas e ter-se uma noção do consumo global de cada escola, fez-se então um tratamento dos dados coletados no levantamento a fim de se determinar o consumo desagrupado ou individualizado por cada uso final. No caso das Escolas os usos finais são *Iluminação e Climatização*.

A Tabela 9 mostra os dados consolidados das escolas individualizados para iluminação.

Tabela 9 – Dados de iluminação do sistema atual consolidado

<b>Parâmetros</b>	<b>Total</b>
<b>Potência (lâmpada+reator) [W]</b>	1.776
<b>Quantidade</b>	925
<b>Potência instalada[kW]</b>	84,18
<b>Funcionamento [h/ano]</b>	2677,43
<b>Fator de coincidência na ponta</b>	0,70
<b>Energia consumida [MWh/ano]</b>	225,39
<b>Demanda média na ponta</b>	58,93

A Tabela 10 mostra os dados consolidados das escolas individualizados para climatização.

Tabela 10 – Dados de Climatização do sistema atual consolidado

<b>Parâmetros</b>	<b>Total</b>
<b>Quantidade</b>	79
<b>Potência instalada[kW]</b>	174,95
<b>Potência média utilizadaa[kW]</b>	166,21
<b>Funcionamento [h/ano]</b>	2677,43
<b>Fator de coincidência na ponta</b>	0,70
<b>Energia consumida [MWh/ano]</b>	445,00
<b>Demanda média na ponta</b>	116,34

A Tabela 11 mostra os dados consolidados das escolas agrupados pelo uso final (iluminação e climatização).

Tabela 11 – Dados de Iluminação e Climatização do sistema atual consolidado

<b>Parâmetros</b>	<b>Total</b>
<b>Potência instalada[kW]</b>	259,13
<b>Funcionamento [h/ano]</b>	2677,43
<b>Fator de coincidência na ponta</b>	0,70
<b>Energia consumida [MWh/ano]</b>	670,39
<b>Demanda média na ponta</b>	175,27

#### **4.4.3 Estudo de Alternativas para os usos finais identificados - Escolas Públicas**

Como explicitado anteriormente, nessa etapa foram propostas dois tipos de medidas com suas respectivas ações para esse projeto de eficiência: medidas de intervenção e medidas de conscientização.

As Medidas de Intervenção foram:

- Retrofit do sistema de ILUMINAÇÃO;
- Retrofit do sistema de CLIMATIZAÇÃO.

##### **RETROFIT**

Termo utilizado principalmente em engenharia para designar o processo de modernização de algum equipamento, construção, etc.já considerado ultrapassado ou forma de forma. No caso de escolas seria uma adaptação tecnológica das instalações elétricas, hidráulicas e dos principais equipamentos instalados nas áreas comuns dos edifícios, como elevadores, sistemas de iluminação e mobiliários, dentre outros.(PNE - 2030 - EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGETICA, 2016)

As Medidas de Conscientização foram:

- Treinamento e capacitação sobre eficiência energética;
- Palestras sobre economia de energia e EE;

#### **4.4.4 Determinação do potencial de Conservação de Energia Elétrica**

O potencial de conservação de energia elétrica foi determinado com base nos sistemas de iluminação e climatização, a princípio considerados individualmente.

As características dos equipamentos por tipo de sistema são importantes para entender a tecnologia existente, que difere para cada um. As variáveis a serem consideradas também dependem do tipo de sistema a que se refere.

#### 4.4.4.1 *Características dos Equipamentos do Sistema de Iluminação*

Para o cálculo da economia, será admitido que os novos materiais (lâmpadas e reatores) terão um ganho / redução no consumo de energia correspondente ao rendimento de cada equipamento, conforme especificação do fabricante / fornecedor.

As características técnicas dos equipamentos envolvidos foram tiradas do catálogo de fabricantes e do manual para elaboração do Programa de Eficiência e os tempos médios de utilização dos aparelhos foram estimados conforme os estudos técnicos e econômicos (pré-diagnósticos), sendo dados:

- Reatores:
  - Tipo de reator: Eletrônico, de alto fator de potência.
  - Vida útil dos reatores: 10 anos
- Lâmpadas:
  - Tipo de Lâmpada: Fluorescente Tubular T5 14W e 28W; fluorescente Compacta 15W.
  - Cálculo da vida útil anual:
    - \* Fluorescente Tubular T5 14W e 28W – 20.000 h (dados do fabricante).
    - \* Fluorescente Compacta 15W – 7.500 h (dados do fabricante).
    - \* Tempo médio de utilização das lâmpadas (h/ano) – calculado pela média de tempo de utilização de cada tipo de lâmpada do agrupamento de escolas públicas.

#### 4.4.4.2 *Características dos Equipamentos do Sistema de Climatização (Ar Condicionado)*

As características técnicas dos equipamentos envolvidos (condicionadores de ar tipo janela) foram tiradas do catálogo da LG e do manual para elaboração do Programa de Eficiência e os tempos médios de utilização dos aparelhos foram estimados conforme os estudos técnicos e econômicos (pré-diagnósticos). Para o cálculo da economia, será admitido que os novos equipamentos terão um ganho / redução no consumo de energia correspondente ao rendimento de cada equipamento, conforme especificação do fabricante / fornecedor.

- Vida útil do ar-condicionado tipo split: 10 anos; Tempo médio de utilização dos aparelhos (h/ano) = 2.677,43 h/ano.
- Os equipamentos a serem utilizados neste projeto terão Selo PROCEL-INMETRO de eficiência energética.

#### 4.4.4.3 Cálculo dos Resultados Esperados

- Sistema de Iluminação

A Redução de Demanda na Ponta (RDP) e Energia Economizada (EE) para iluminação calculadas conforme o módulo 4 do Manual do PEE da Aneel são mostradas na Figura 21.

- Sistema de Refrigeração – Ar Condicionado

A Redução de Demanda na Ponta (RDP) e Energia Economizada (EE) para condicionadores de ar calculadas conforme o módulo 4 do Manual do PEE da Aneel são mostradas na Figura 22.

Conforme estabelecido no detalhamento do projeto, apresenta-se na Tabela 12, os indicadores de redução de consumo (Energia Economizada [MWh/ano] e Demanda Evitada):

Tabela 12 – Dados da unidade consumidora.

Uso Final	Energia Economizada (MWh/ano)	Demanda Evitada (kW)	Custo do Projeto (R\$)
Iluminação	48,12	12,58	R\$ 59.844,32
Ar-condicionado	102,28	26,74	R\$ 176.388,18
<b>Total</b>	<b>150,40</b>	<b>39,32</b>	<b>R\$ 236.232,50</b>

#### 4.4.5 Análise de Viabilidade Econômica

##### 1. Cálculo da Relação Custo-Benefício do Projeto

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T} \quad (4.1)$$

Onde:

CA<sub>T</sub>: Custo Anualizado Total [R\$ /ano]

BA<sub>T</sub>: Benefício Anualizado Total [R\$ /ano]

##### a) Custo Anualizado Total

- Fator de Recuperação de Capital (FRC)

$$FRC_u = \frac{i(1+i)^u}{(1+i)^u - 1} \quad (4.2)$$

u: Vida útil dos equipamentos [ano]

i: taxa de desconto considerada [1/ano] = 12%

- Custo dos Equipamentos com mesma vida útil (CPE)

$$CPE = CE + \frac{(CT - CTE)}{CTE} \times CE \quad (4.3)$$

CE: Custo somente de equipamentos de mesma vida útil (especificados na tabela abaixo); CT: Custo Total do Projeto; CTE: Custo Somente de Equipamentos.

- Custo Anualizado Total

$$CA_T = CA_{FluorescenteTubularT5(14We28W)} + CA_{CompactaFluorescente(15W)} + CA_{Reatores} + CA_{Ar - condicionado}$$

$$CA_T = 32.414,73 \text{ [R\$ /ano]}$$

Os dados para  $CA_{FluorescenteTubularT5(14We28W)}$  e  $CA_{CompactaFluorescente(15W)}$  e  $CA_{Reatores}$  seguem na Tabela 13.

Tabela 13 – Custos Anualizados - Iluminação.

Material	Qtd.	Preço Unit. (R\$)	Preço Total (R\$)	Vida Útil	FRC	CPE (R\$)	Custo Total Anualizado (R\$)
TL T5 14W	148	7,70	1.138,86	7,5	0,196	9.224,85	1.811,23
TL T5 28W	1.082	6,27	6.784,14	7,5	0,196		
Reator eletr. (1x14W)	50	48,15	2.407,30	10,0	0,163	36.645,80	5.963,93
Reator eletr. (2x14W)	49	46,84	2.294,92	10,0	0,163		
Reator eletr. (1x28W)	58	48,15	2.792,47	10,0	0,163		
Reator eletr. (2x28W)	512	46,84	23.979,52	10,0	0,163		
CPT 15W	3	6,64	19,92	2,8	0,427		
<b>Total Iluminação</b>			<b>R\$ 39.417,12</b>				<b>R\$ 7.785,06</b>

Os dados para  $CA_{Ar - condicionado}$  seguem na Tabela 14.

Os dados de custos anualizados consolidados seguem na Tabela 15.

## 2. Benefício Anualizado

- Custo Evitado de Demanda (CED) e Custo Evitado de Energia (CEE)

Custo Unitário da Demanda Evitada na Ponta - CED = R\$ 165,81 R\$/kWh.ano

Custo Unitário da Energia Evitada - CEE = R\$ 245,13 R\$/MWh

Energia Economizada - EE = 150,40 MWh/ano

Tabela 14 – Custos Anualizados - Climatização.

Material	Qtd.	Preço Unit. (R\$)	Preço Total (R\$)	Vida Útil	FRC	CPE (R\$)	Custo Total Anualizado (R\$)
ar cond. 7.500 BTU	5	883,86	4.419,30	10,0	0,163		
ar cond. 9.000 BTU	7	803,00	5.621,00	10,0	0,163		
ar cond. 12.000 BTU	8	1.073,00	8.584,00	10,0	0,163		
ar cond. 18.000 BTU	36	1.471,08	52.958,88	10,0	0,163		
ar cond. 22.000 BTU	0	2.899,00	-	10,0	0,163		
ar cond. 24.000 BTU	11	1.998,00	21.978,00	10,0	0,163		
ar cond. 30.000 BTU	12	3.035,00	36.420,00	10,0	0,163		
<b>Total Climatização</b>			<b>R\$ 129.981,18</b>				<b>R\$ 24.629,67</b>

Tabela 15 – Custos Anualizados - Total.

Material	Preço Total	Custo Total Anualizado (R\$)
Total Iluminação	R\$ 39.417,12	R\$ 7.785,06
Total Climatização	R\$ 129.981,18	R\$ 24.629,67
<b>Total Geral (CTE)</b>	<b>R\$ 169.398,30</b>	<b>R\$ 32.414,73</b>

Redução de Demanda na Ponta - RDP = 39,24 kW

$$BA_T = (EE \times CEE) + (RDP \times CED) \quad (4.4)$$

$$BA_T = 43.386,11 \text{ [R\$ /ano]}$$

### 3. RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO (RCB)

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T} \quad (4.5)$$

$$RCB = \frac{32414,73}{43386,11} \quad (4.6)$$

$$RCB = 0,75 \quad (4.7)$$

Conclui-se que o projeto possui viabilidade financeira, pois seu RCB < 0,8.

É possível analisar o RCB separadamente para iluminação, conforme Tabela 16, e para climatização, conforme Tabela 17.

Tabela 16 – Relação Custo-Benefício - Iluminação

<b>Premissas</b>	
CED - Custo Unitário Evitado de Demanda (R\$/kW.ano)	R\$ 165,81
CEE - Custo Unitário Evitado de Energia (R\$/MWh)	R\$ 245,13
C - Consumo atual (MWh/ano)	225,39
D - Demanda atual (kW)	58,93
EE - Energia Evitada (MWh/ano)	48,12
RDP - Redução de demanda na ponta (kW)	12,58
<b>Custos</b>	
CEP - Estudos e Projetos (R\$)	R\$ 6.000,00
CTE - Material e Equipamento	R\$ 39.417,12
CMOT - Mão de Obra + Transportes	R\$ 8.016,00
CMVR - Medições e Verificações dos Resultados	R\$ 3.000,00
E&S - Engenharia e Supervisão	R\$ 3.000,00
ADM - Administração Própria	-
Auditoria Contábil	R\$ 1.000,00
Descarte	R\$ 1.411,20
Marketing	R\$ 1.000,00
CT - Custo Total [CEP+CTE+CMOT+CDR+ADM]	R\$ 59.844,32
<b>Custo Anualizado Total (R\$) k</b>	<b>R\$ 7.785,06</b>
<b>Benefícios</b>	
Energia Evitada [EEXCEE]	R\$ 11.794,70
Demanda Evitada na Ponta [RPDXCED]	R\$ 2.085,84
<b>Benefício Total (R\$) - B</b>	<b>R\$ 13.880,54</b>
<b>Relação Custo Benefícios [k/B]</b>	<b>0,56</b>

O projeto de iluminação possui viabilidade financeira, pois seu RCB < 0,8.

Tabela 17 – Relação Custo-Benefício - Climatização

<b>Premissas</b>	
CED - Custo Unitário Evitado de Demanda (R\$/kW.ano)	R\$ 165,81
CEE - Custo Unitário Evitado de Energia (R\$/MWh)	R\$ 245,13
C - Consumo atual (MWh/ano)	445,00
D - Demanda atual (kW)	116,34
EE - Energia Evitada (MWh/ano)	102,28
RDP - Redução de demanda na ponta (kW)	26,74
<b>Custos</b>	
CEP - Estudos e Projetos (R\$)	R\$ 6.000,00
CTE - Material e Equipamento	R\$ 129.981,18
CMOT - Mão de Obra + Transportes	R\$ 23.380,00
CMVR - Medições e Verificações dos Resultados	R\$ 6.000,00
E&S - Engenharia e Supervisão	R\$ 6.000,00
ADM - Administração Própria	-
Auditoria Contábil	R\$ 2.000,00
Descarte	R\$ 1.027,00
Marketing	R\$ R\$ 2.000,00
CT - Custo Total [CEP+CTE+CMOT+CDR+ADM]	R\$ 176.388,18
<b>Custo Anualizado Total (R\$) k</b>	<b>R\$ 24.629,67</b>
<b>Benefícios</b>	
Energia Evitada [EEXCEE]	R\$ 25.071,74
Demanda Evitada na Ponta [RPDXCED]	R\$ 4.433,83
<b>Benefício Total (R\$) - B</b>	<b>R\$ 29.505,57</b>
<b>Relação Custo Benefícios [k/B]</b>	<b>0,83</b>

Percebe-se que o projeto de climatização não possui viabilidade financeira, pois seu RCB < 0,8. Contudo, o projeto final, de iluminação e climatização, possui RCB > 0,8 (conforme Tabela 18 e, portanto, conjuntamente, é viável.

Tabela 18 – Relação Custo-Benefício Total

<b>Premissas</b>	
CED - Custo Unitário Evitado de Demanda (R\$/kW.ano)	R\$ 165,81
CEE - Custo Unitário Evitado de Energia (R\$/MWh)	R\$ 245,13
C - Consumo atual (MWh/ano)	670,39
D - Demanda atual (kW)	175,27
EE - Energia Evitada (MWh/ano)	150,40
RDP - Redução de demanda na ponta (kW)	39,32
<b>Custos</b>	
CEP - Estudos e Projetos (R\$)	R\$ 9.000,00
CTE - Material e Equipamento	R\$ 169.398,30
CMOT - Mão de Obra + Transportes	31.396,00
CMVR - Medições e Verificações dos Resultados	9.000,00
E&S - Engenharia e Supervisão	9.000,00
ADM - Administração Própria	-
Auditoria Contábil	R\$ 3.000,00
Descarte	2.438,20
Marketing	R\$ R\$ 3.000,00
CT - Custo Total [CEP+CTE+CMOT+CDR+ADM]	R\$ 236.232,50
<b>Custo Anualizado Total (R\$) k</b>	<b>R\$ 32.414,73</b>
<b>Benefícios</b>	
Energia Evitada [EEXCEE]	R\$ 36.866,44
Demanda Evitada na Ponta [RPDXCED]	R\$ 6.519,67
<b>Benefício Total (R\$) - B</b>	<b>R\$ 43.386,11</b>
<b>Relação Custo Benefícios [k/B]</b>	<b>0,75</b>

#### 4.4.6 Análise tarifária e Estudos alternativos de Geração de Energia

A modalidade tarifária foi analisada para as 5 escolas e constatou-se que todas estavam na modalidade correta, na tarifa verde.

## 4.5 Aplicação

Após toda a análise de viabilidade financeira e estudos de tarifas deve-se fazer a aplicação das medidas e ações necessárias sugeridas na subseção 4.4.3.

### 1. Medidas de intervenção:

- Substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares convencionais por lâmpadas tubulares tipo T5 de 14W e 28W;
- Substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas de 15W;
- Substituição de todos reatores eletromagnéticos para lâmpadas fluorescentes por reatores eletrônicos de fator de potência maior que 95% certificados;
- Substituição dos aparelhos de ar condicionado, tipo janela e split, com vida útil avançada e baixa eficiência, por aparelhos tipo split de maior rendimento, reconhecido pelo PROCEL-INMETRO.

#### Especificações Técnicas

##### – Lâmpadas

Lâmpada Fluorescente compacta de 15W-640.

Lâmpada Fluorescente tubular T5 de 14W-640.

Lâmpada Fluorescente tubular T5 de 28W-640.

##### – Reatores

Eletrônico de alto fator de potência.

##### – Aparelhos de Ar-condicionado

A Tabela 19 sintetiza alguns dados dos ar-condicionados.

Tabela 19 – Aparelhos de ar-condicionado.

<b>Split</b>	<b>BTU/h</b>	<b>W1</b>	<b>W2</b>	<b>EF(W1/W2)</b>
TS-C072YMA1	7500	2197	660	3,33
TS-C092TNW5	9000	2636	814	3,28
TS-C122TNW5	12000	3515	1085	3,24
TS-C182MA1	18000	5272	1650	3,22
TS-C242C4A0	24000	7030	1745	3,02
TI30F/TE30F	30000	8787	2900	3,24

Condicionador de ar LG tipo Split Hi-Wall Smille, selo procel A, ciclo frio, função jet cool, operação sleep/timer, filtro purificador antibacteriano, garantia

total de 01 ano e vida útil de 10 anos.

OBS.: Os Retrofits dos sistemas de iluminação e climatização não foram implementados nas escolas públicas. Esse é um ponto adicional quando trata-se de um projeto na esfera pública, pois existe um fator de decisão que vai além da viabilidade econômica.

## 2. Medidas de Conscientização

### a) **Treinamento e capacitação sobre eficiência energética;**

Uma das primeiras ações realizadas neste projeto foi a execução de treinamentos para capacitação de alunos que iriam compor a equipe executora do projeto e que era alunos de uma das escolas contempladas no projeto. Tal medida está descrita no item 10.2.4 do Módulo 4 - Tipologias de Projeto, PROPEE da ANEEL.

A capacitação dos bolsistas iniciou-se com aulas de Física sobre conceitos básicos de eletricidade e circuito elétrico, ilustrada na Figura 2. Posteriormente, receberam formação sobre o uso consciente da energia elétrica. Foram orientados a como fazer a leitura de uma fatura de energia elétrica e como calcular o seu valor.

Figura 2 – Aula de Física com o Professor Gledson



Fonte: o autor.

Após estes momentos teóricos, foi posto em prática alguns destes conhecimentos construindo dois circuitos utilizando três lâmpadas um em série, e outro em paralelo. Com isso, foi possível constatar os conceitos teóricos estudados.

Em visitas a Universidade Federal do Ceará, receberam orientações sobre a vida acadêmica, o curso de engenharia elétrica, e visitaram outros cursos no evento que a universidade promove chamado de: O Centro de Tecnologia quer você.

Também, tiveram a oportunidade de terem uma aula prática no Laboratório de Eletrotécnica do Curso de Engenharia da UFC, conforme está ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Aula prática no Laboratório de Eletrotécnica do Curso de Engenharia da UFC



Fonte: o autor.

Por fim participaram ativamente dos levantamentos de diagnóstico energético, como segue ilustrado na Figura 4 e Figura 5, e palestras nas escolas envolvidas no projeto.

#### **b) Palestras sobre economia de energia e EE;**

Foram ministradas palestras com foco na conscientização do uso racional de energia elétrica. Nestas palestras foram abordados, entre outros tópicos, informações sobre como combater o desperdício de energia elétrica e dicas de utilização de forma consciente de aparelhos elétricos em casa ou no local de trabalho. Algumas dessas

Figura 4 – Aluno realizando diagnóstico energético em sua escola



Fonte: o autor.

Figura 5 – Bolsista utilizando o luxímetro



Fonte: o autor.

palestras seguem ilustradas na Figura 6 e na Figura 7.

Figura 6 – Palestra na E.E.F.M. Joaquim Alves



Fonte: o autor.

Figura 7 – Palestra na E.E.F.M. Estado do Pará para alunos e professores



Fonte: o autor.

#### 4.6 Análise dos Resultados

O projeto possibilitaria uma redução no consumo de energia elétrica da ordem de 150 MWh/ano e de demanda deslocada da ponta na ordem de 39 kW.

Esta redução no consumo total de energia representa 22,4% do total que é consumido no sistema atual. Sistemas de iluminação e Climatização apresentam, respectivamente, uma economia de redução 21% e 23%,

Em termos de custos financeiros, levando em consideração que a tarifa de energia na data em que o projeto foi realizado (setembro de 2013) era de R\$ 0,32.

Sem o retrofit o custo do consumo de energia de 670,39 (MWh/ano) seria R\$ 214,524,80 /ano.

Com o retrofit o custo do consumo de energia de 519,99 (MWh/ano) seria R\$ 166.396,80 /ano.

Logo, anualmente teríamos uma economia na conta da SEDUC de cerca de R\$ 48.128,00/ ano, somente com a implementação do retrofit nas instalações. Tendo assim, um payback em torno de 4,9 anos.

Porém, Ainda que tenha apresentado uma relação custo benefício de 0,75 para todo o projeto, valor que é inferior a 0,8, apresentando assim uma viabilidade financeira para as medidas de RETROFIT dos sistemas de iluminação e climatização como também para as outras ações de eficiência, estas não foram implementadas, impactando os resultados previstos inicialmente para este projeto de eficiência.

A elaboração de um pequeno livro intitulado "*Livreto – A eficiência da Luz*" é um dos resultados concretos deste projeto. Esta obra teve a dedicação de uma bolsista voluntária que demonstrou interesse pelo assunto ao ouvir relatos das atividades que eram desenvolvidas pelos bolsistas oficiais. Nesta perspectiva e por outro projeto semelhante que realizou na disciplina de matemática, foi convidada pelo professor que acompanha este projeto a desenvolver este trabalho. O livreto transcorre por diversos assuntos relacionados aos objetivos deste estudo. Destaca-se tópicos sobre práticas de eficiência energética em casa e na escola, mitos e verdades sobre o uso da energia elétrica e benefícios por se preocupar sobre o uso desta energia.

## 5 ESTUDO DE POTENCIAIS CENÁRIOS

Os *Retrofits* dos sistemas de iluminação e climatização iriam possibilitar uma redução significativa da ordem de 22,4% de economia de energia. Uma Energia Evitada de 150 MWh, que em termos de custo financeiro equivaleria a R\$ 166.398,20 em 2013 (Ano de Realização do projeto).

Diante da não implementação dessa medida de intervenção, irá se discutir neste capítulo os possíveis cenários de economia de energia para esse projeto de eficiência energética. Dentre esses cenários possíveis, o Cenário 1 discutirá como seria a evolução da do consumo de energia das instalações que foram beneficiadas com o Projeto de EE, mas que não implementaram os *Retrofits*, atentando para as inserção das bandeiras tarifárias que entraram em vigor em 2015.

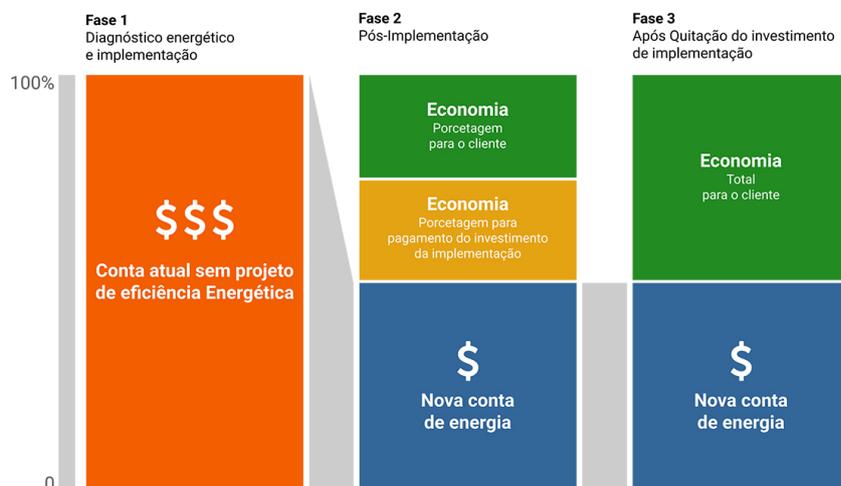
Em seguida, no Cenário 2 irá se ver a evolução da economia de energia caso tivesse sido feito o Retrofit sugerido no projeto, o qual iremos denominar RETROFIT 1.

No último cenário, Cenário 3, irá se discutir a viabilidade de um novo tipo de Retrofit, o qual se chamará RETROFIT 2, que foi elaborado com dados atualizados de mercado, tanto de equipamentos como taxas de juros. A análise de viabilidade financeira para esse novo Retrofit 2 é extremamente atrativa.

Por fim, irá se fazer uma breve análise de todos os cenários juntos, onde ficará bem evidente o modelo de negócio de qualquer projeto de eficiência que é o retorno do investimento e a posterior economia que se prolongará por um tempo.

A Figura 8 mostra os efeitos da ação de eficiência energética na conta de energia.

Figura 8 – Modelo de negócio da eficiência energética



Fonte: o autor.

## 5.1 Cenário 1 - Evolução dos Custos de Energia sem RETROFIT

O primeiro cenário irá analisar quais seriam os custos de energia acumulada das 5 instalações que fizeram parte do projeto de EE. Esse cenário mostra a evolução sem a implementação do Retrofit, primeiramente, uma evolução do consumo anualmente. Logo após terá uma evolução com bandeiras tarifárias.

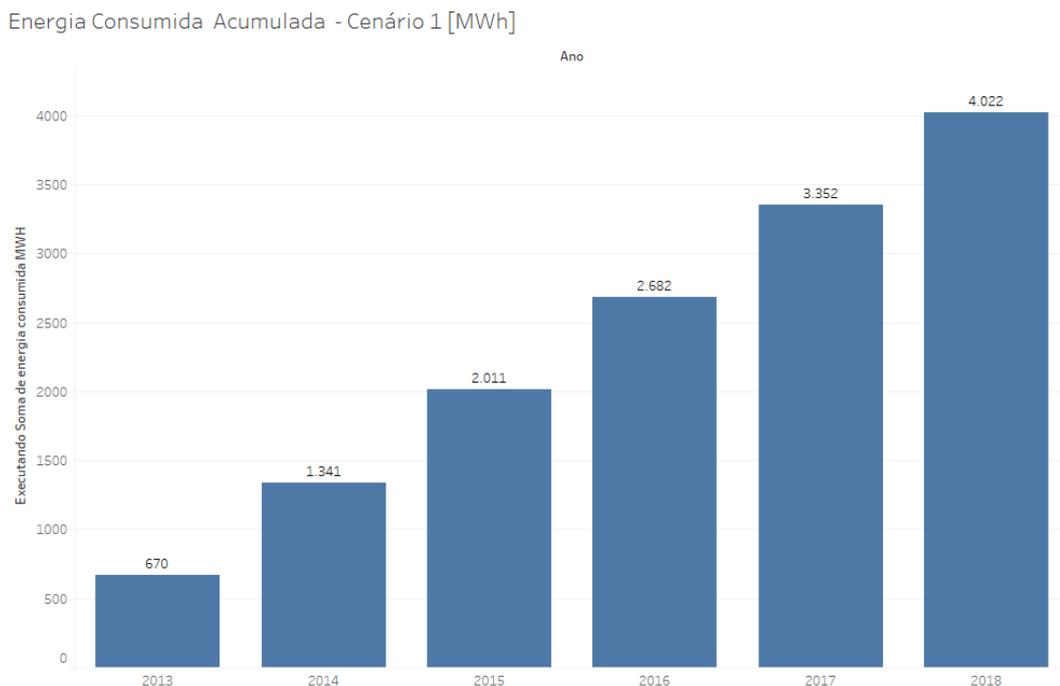
Como analisado em seção 4.6 o custo do consumo de energia das 5 instalações juntas era da ordem de 670 MWh/ano, o que equivale a 670.000 KWh/ano.

A tarifa de energia elétrica ao longo desses últimos 5 anos sofreu uma variação acumulada de 77,49%.

Em 2013, ano em que se iniciou o projeto, o preço da tarifa de energia custava R\$ 0,32 centavos. Após vários reajustes e a entrada em vigor da legislação das bandeiras tarifárias em 2015, a previsão para o consumo de energia elétrica (Sistemas de iluminação e climatização) tornou-se mais complexa.

Na Figura 9, apresenta-se a energia consumida acumulada que será a base para que a análise e estimativas serão feitas.

Figura 9 – Energia Consumida Acumulada - Cenário 1



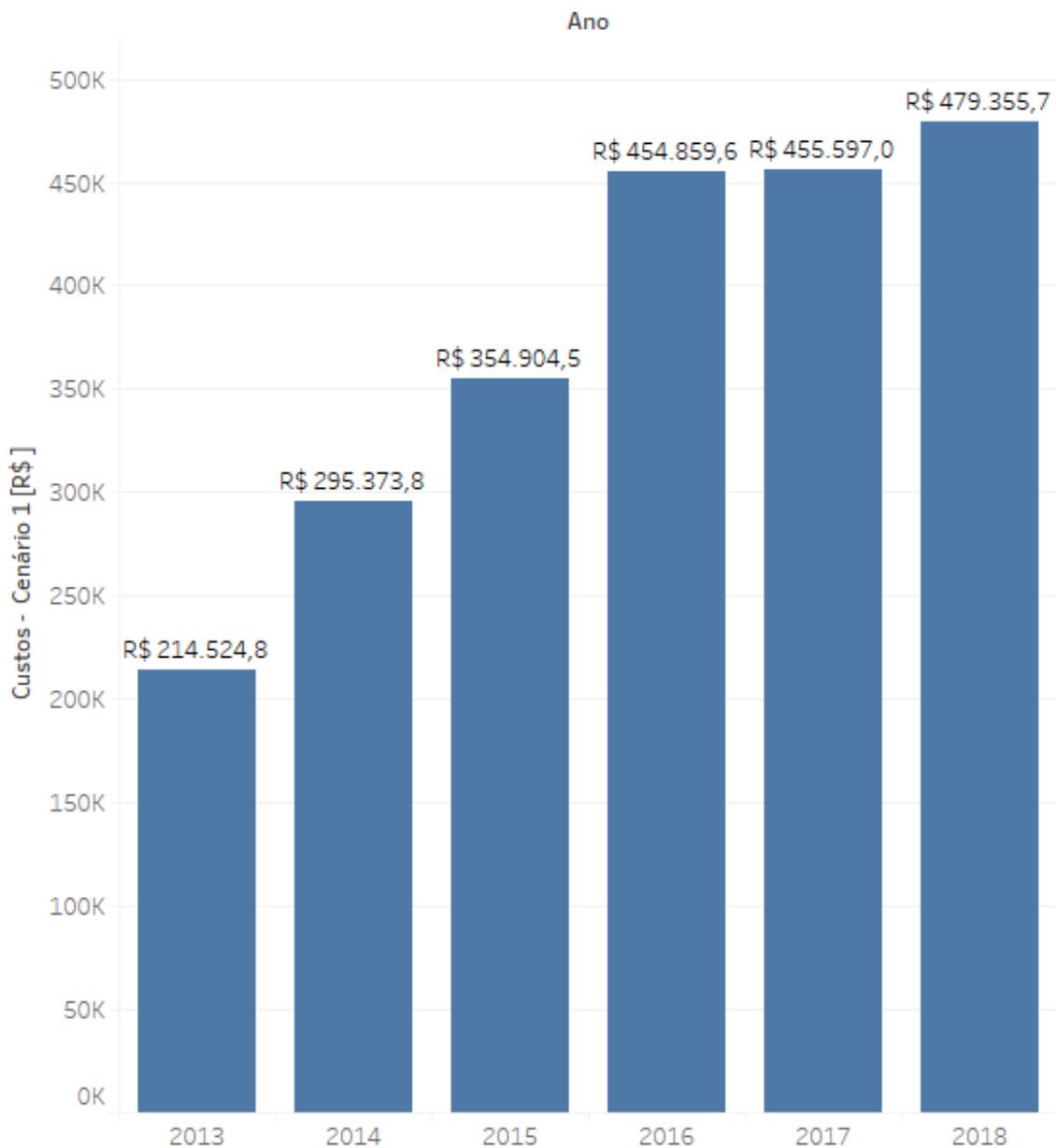
Fonte: o autor.

Nesse cenário apresentado na Figura 9 há a projeção dos valores de consumo de energia de 2013 até o ano de 2018, lembrando que em 2018 os valores absolutos são predições, pois só temos dados das tarifas até junho de 2018.

Na Figura 10 apresenta-se os custos de energia do cenário 1, o que corresponderia, portanto, ao valor anual das contas de energia.

Figura 10 – Custos Cenário 1

### Custos Cenário 1 - Sem Retrofit



Fonte: o autor.

Observa-se que no final de 2018 haverá um consumo de energia acumulada de 4.002 MWh. Não se está levando em consideração o aumento ou variação do consumo de energia destas

instalações, visto que estamos considerando somente os sistemas de iluminação e climatização. E por simplificação dos cálculos irá se admitir que não há variação no consumo de energia ao longo desses anos, ou a mesma será irrisória para efeitos de cálculo. Então admitindo o consumo de 670 MWh/ ano e um variação na ordem de 77,9% nas tarifas de energia, pode-se concluir que os custos no consumo energia vão aumentando ao longo dos anos devido o aumento significativo na tarifa de energia. O custo aumenta de R\$ 214.524,80 no final de 2013 para R\$ 479.355,70.

Isso mostra que o custo com o consumo mais que duplicou até 2018. A diferença entre o custos de 2018 e 2013 é maior que o próprio custo de 2013. Como há uma correlação linear entre o custo do consumo e o preço da tarifa de energia, logo se a tarifa duplicou ao longo desses anos, é esperado que o custo com o consumo também duplique.

A Figura 11 apresenta as diferenças entre os custos do cenário 1 para cada ano tendo como base o ano de 2013.

**Figura 11 – Diferença entre os Custos do Cenário 1**

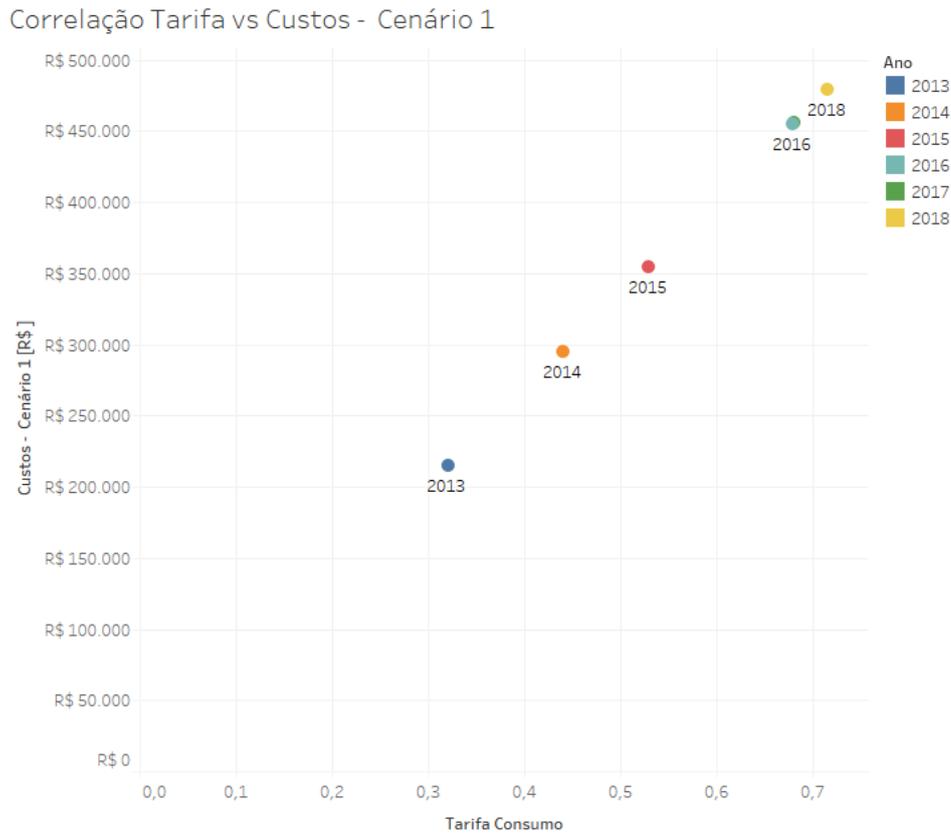
Diferença entre os Custos de Consumo de cada ano em relação a 2013 - Sem Retrofit



Fonte: o autor.

A Figura 12 apresentada abaixo evidencia a correlação entre a tarifa de energia e os custos da energia. Nesse gráfico, o coeficiente angular é, portanto, o consumo de energia. O valor da tarifa representada foi o valor médio anual.

Figura 12 – Correlação Tarifa de Energia e Custos de Energia



Fonte: o autor.

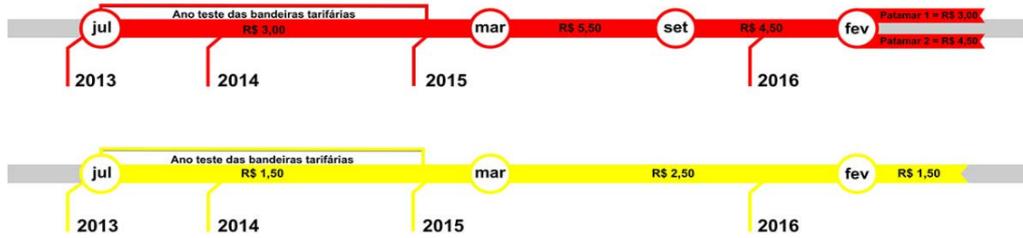
### 5.1.1 Bandeiras Tarifárias

Segundo dados da ANEEL, desde o ano de 2015, as contas de energia passaram a trazer o Sistema de Bandeiras Tarifárias, que apresenta as seguintes modalidades: verde, amarela e vermelha. Essas cores indicam se haverá ou não acréscimo no valor da energia a ser repassada ao consumidor final, em função das condições de geração de eletricidade. Cada modalidade apresenta as seguintes características:

- **Bandeira verde:** condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- **Bandeira amarela:** condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,010 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- **Bandeira vermelha - Patamar 1:** condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,030 para cada quilowatt-hora kWh consumido;
- **Bandeira vermelha - Patamar 2:** condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,050 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

A Figura 13 evidencia a evolução cronológica das bandeiras tarifárias.

Figura 13 – Evolução cronológica das bandeiras tarifárias



Fonte: ANEEL.

Diante deste novo cenário com a entrada de bandeiras tarifárias, os custos com energia tornaram-se mais variáveis a partir de 2015. Lembrando também, que os próprios valores da tarifação das bandeiras também se alteram.

A Figura 14 mostra a evolução dos custos de energia considerando a alteração das bandeiras tarifárias, em um cenário sem ações de retrofit.

Figura 14 – Custos de Energia com Bandeiras tarifárias - Sem Retrofit

Cenário 1 - Com Bandeiras Tarifárias  
 \* Bandeiras Tarifárias entraram em vigor em 2015



Fonte: o autor.

Pelo gráfico acima percebe-se que o ano de 2015, houve apenas uma bandeira tarifária e essa bandeira foi a vermelha. O motivo da bandeira vermelha permanecer por todo 2015 foi a severa crise hídrica que atingiu muitos estados, afetando de uma forma bem severa a geração de energia das hidrelétricas, aumentando assim o custo da energia elétrica, pois várias termelétricas tiveram que entrar em atividade para suprir as demandas nacionais.

Percebe-se uma variação acentuada entre as 4 tarifas, fazendo com que tenhamos uma variação de custo de energia da ordem de 6,8% para o ano de 2017, menor custo sendo de

R\$ 37.966,00 e maior custo R\$ 40.760,00.

## 5.2 Cenário 2 - Evolução dos custos de Energia com RETROFIT 1

Troca de sistema de iluminação de lâmpadas T8 por lâmpadas T5 e troca de aparelhos de ar condicionados antigos por ar condicionados com selo de eficiência nível A e Selo Procel.

- **Energia Economizada EE (MWh/ano)**

Iluminação = 48,12 (MWh/ano)

Ar-condicionado = 102,28 (MWh/ano)

**Total = 150,40 (MWh/ano)**

- **Demanda Retirada (kW)**

Iluminação = 12,58 (kW)

Ar-condicionado = 26,74 (kW)

**Total = 39,32 (kW)**

- **Custos do Projeto (R\$)**

Iluminação = R\$ 59.844,32

Ar-condicionado = R\$ 176.388,18

**Total = R\$ 236.232,50**

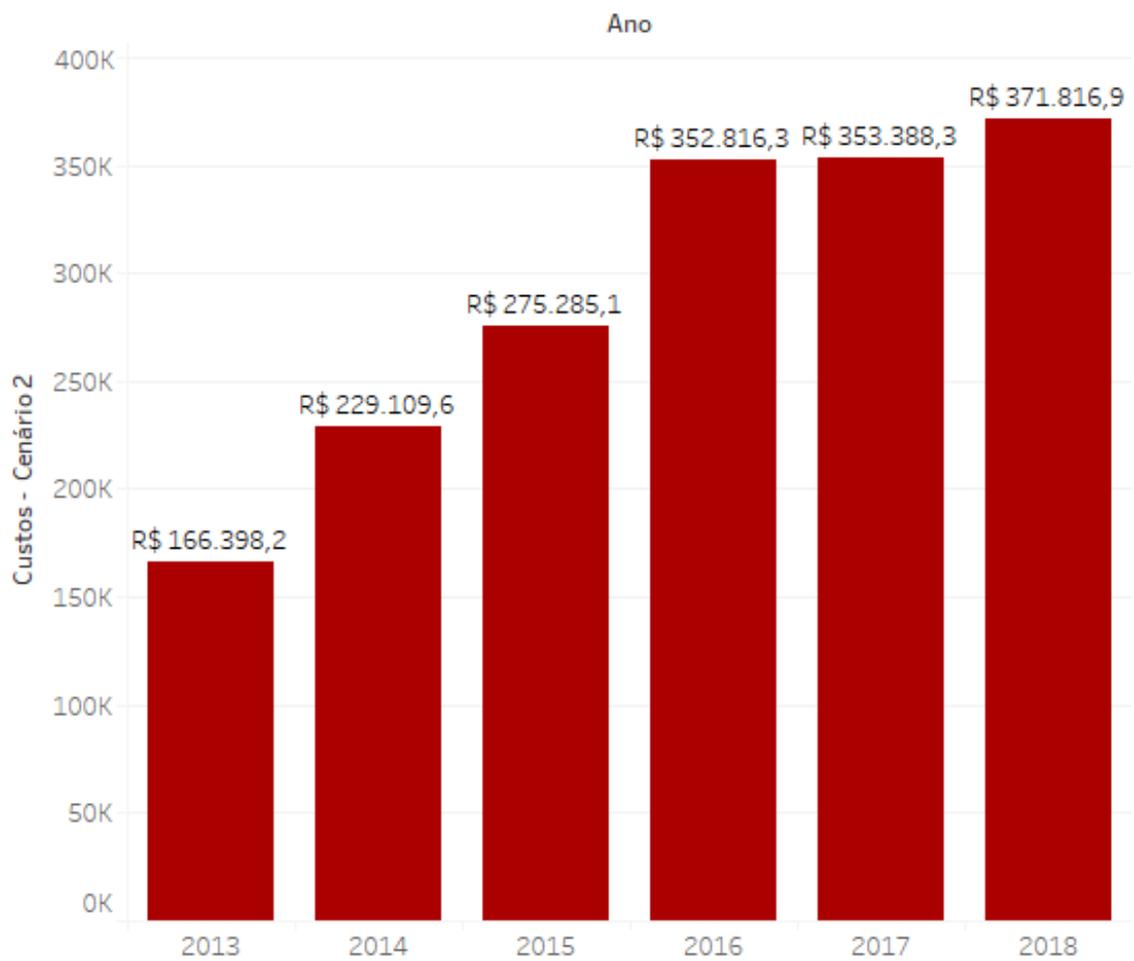
Diante destas informações e levando os mesmos parâmetros que fez-se para cenário 1, ou seja, não será considerada a variação do consumo energético das instalações desses sistemas ao longo dos anos afim de se facilitar os cálculos. Assim o consumo por ano será sempre o mesmo.

Tendo como base o Cenário 1, onde verificou-se o gasto anual de 670 MWh/ano, no cenário 2 o gasto anual de energia é de 520 MWh/ano.

Os custos de energia no cenário 2 estão indicados na Figura 15, com os valores do custo de energia sumarizados anualmente.

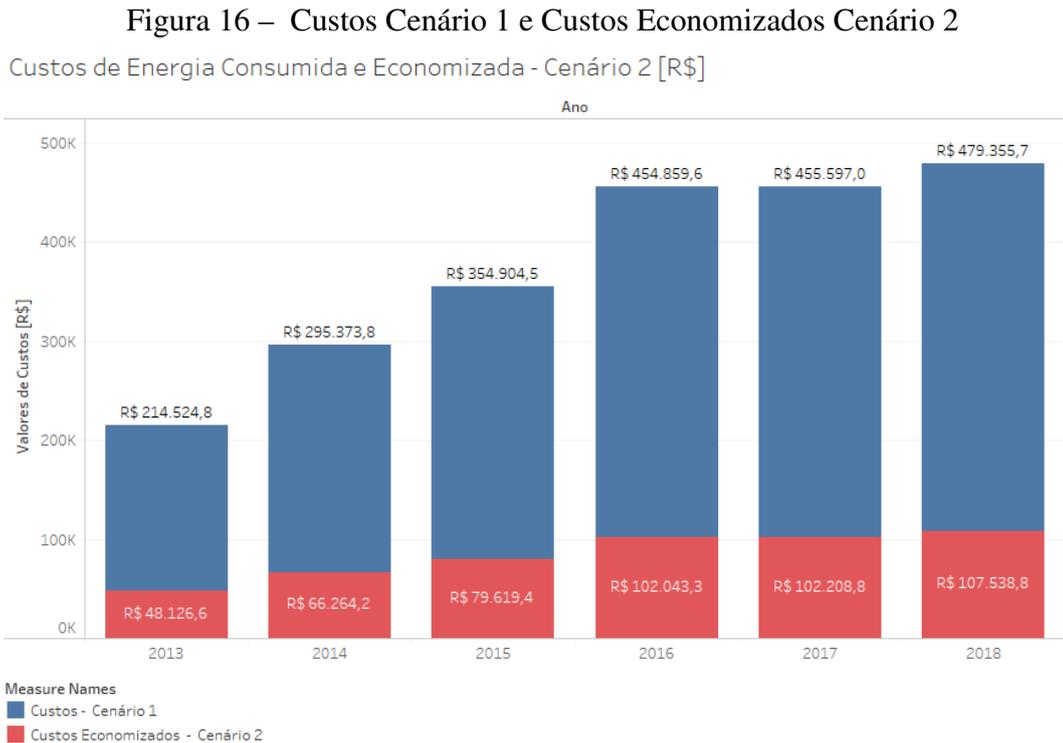
Figura 15 – Evolução dos Custos de Energia - Cenário 2

## Custos Cenário 2 - Retrofit 1



Fonte: o autor.

A Figura 16 evidencia os custos que seriam economizados no cenário 2, comparados aos custos de energia do cenário 1.



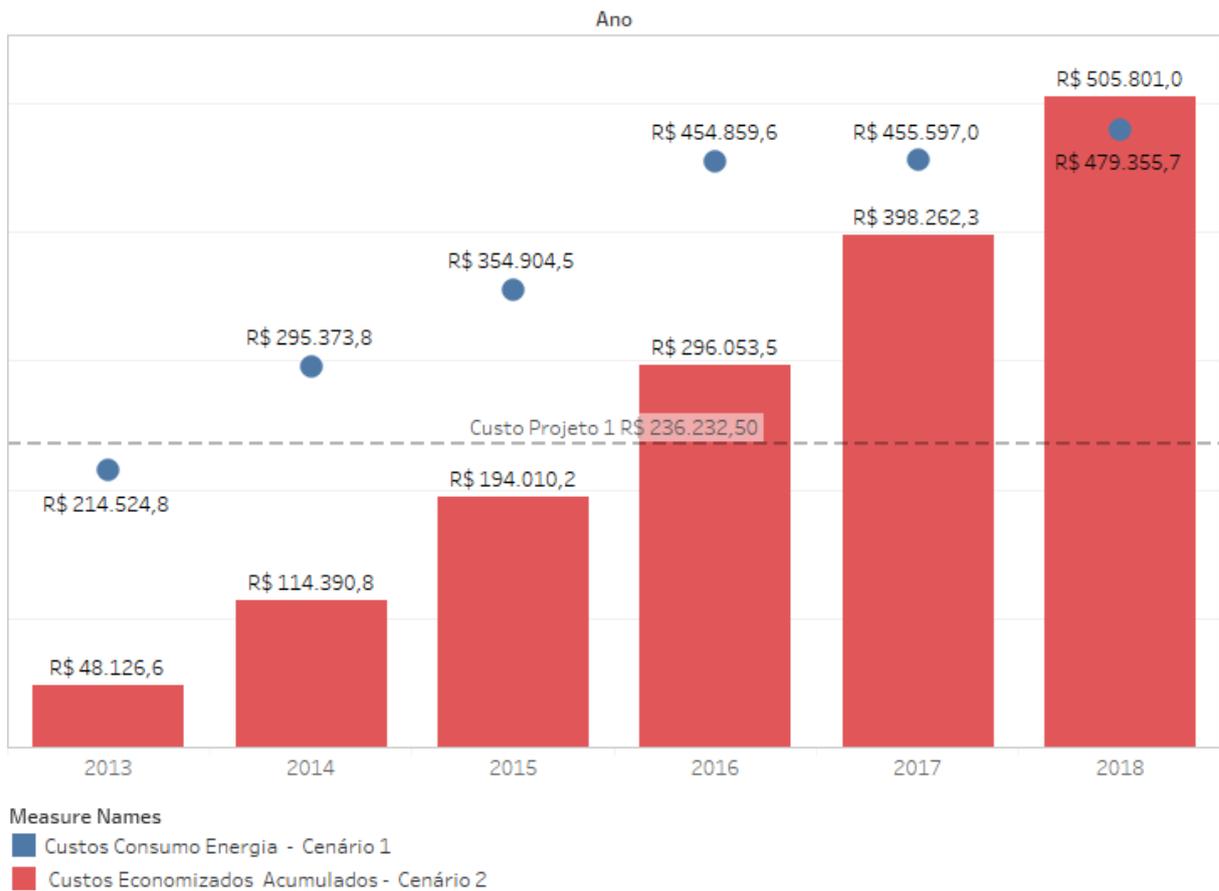
Fonte: o autor.

No Gráfico da Figura 16 nota-se que há uma economia percentual de 22,4% de energia em todos os anos. Percebe-se que a economia é muito atrativa e acompanha o crescimento dos custos de energia. Ou seja, quanto mais aumenta a tarifa e aumenta os custos com energia, mais atrativa se torna a economia. Em 2018 está prevista uma economia da ordem de R\$107.538,80.

Na Figura 17 verifica-se que no 4º ano a economia de energia supera o valor do investimento, ou seja, dos custos do projeto. Torna-se claro que o investimento compensa, pois no ano de 2018 a economia acumulada é superior ao custo de energia deste mesmo ano para o cenário 1.

Figura 17 – Custos Cenário 1 e Custos Economizados Cenário 2

Custos de Energia Economizada Acumulada - Cenário 2 [R\$]



Fonte: o autor.

No Gráfico da Figura 18 nota-se a mesma variação nos custos finais de energia, porém agora o detalhe desse gráfico é que pode-se ver nitidamente a diferença de custos, nos meses e bandeiras tarifárias em cada mês do ano, possibilitando assim verificar a economia vista na diferença entre as cores do cenário 1 (sem retrofit) para o cenário 2 (Com Retrofit). A Economia continua na ordem de 22,4%. Porém, conclui-se que maior o custo de energia devido a tarifa aplicada, o unico fator determinante na economia será o consumo, então nota-se que a economia gerada pelo retrofit é perfeitamente visível.

Figura 18 – Custos com Bandeira tarifárias - Cenário 2

Economia em Cenários com Bandeiras Tarifárias  
 \*Bandeiras Tarifárias entraram em vigor em 2015



Fonte: o autor.

### 5.3 Cenário 3 - Evolução dos Custos de Energia com RETROFIT 2

Apesar de um RCB igual a 0,75, tendo uma boa atratividade financeira para o RETROFIT dos sistemas de iluminação e climatização, estes dois retrofits não foram implementados. Naquela época a taxa de juros (i) aplicada no projeto foi de 10% a.a. (2013). De lá para cá, a mesma taxa de juros diminuiu bastante. Atualmente, essa mesma taxa de juros é 6,4% a.a. tornando-se mais atrativo ainda fazer investimentos em retrofit. Desse modo fez-se uma análise de um cenário com a possibilidade de um outro Retrofit, visto que, atualmente equipamentos como lâmpadas LED que há 4 anos atrás não eram viáveis para se fazer Retrofit, hoje são altamente recomendadas para se fazer Retrofit de iluminação, pois o preço das lâmpadas LED caíram bastante ao longo desses. Então após fazer-se a análise teve-se um novo projeto com um **RCB = 0,48**.

- **Energia Economizada EE (MWh/ano)**

Iluminação = 117,96 (MWh/ano)

Ar-condicionado = 102,23 (MWh/ano)

**Total = 220,19 (MWh/ano)**

- **Demanda Retirada (kW)**

Iluminação = 30,84 (kW)

Ar-condicionado = 26,73 (kW)

**Total = 57,57 (kW)**

- **Custos do Projeto (R\$)**

Iluminação = R\$ 47.086,30

Ar-condicionado = R\$ 208.608,00

**Total = R\$ 255.694,30**

Na época do projeto tentou-se fazer o projeto com LED, porém em 2013, tornou-se não atrativo, visto os custos de investimento no projeto para as mesmas economias de energia mencionadas acima serem muito altas. Na época o custo total do projeto era de R\$ 349.559,10.

No gráfico da Figura 19 verifica-se a economia de custos acumulada de 2013 até 2018, caso tivesse feito o Retrofit com lâmpadas LED.

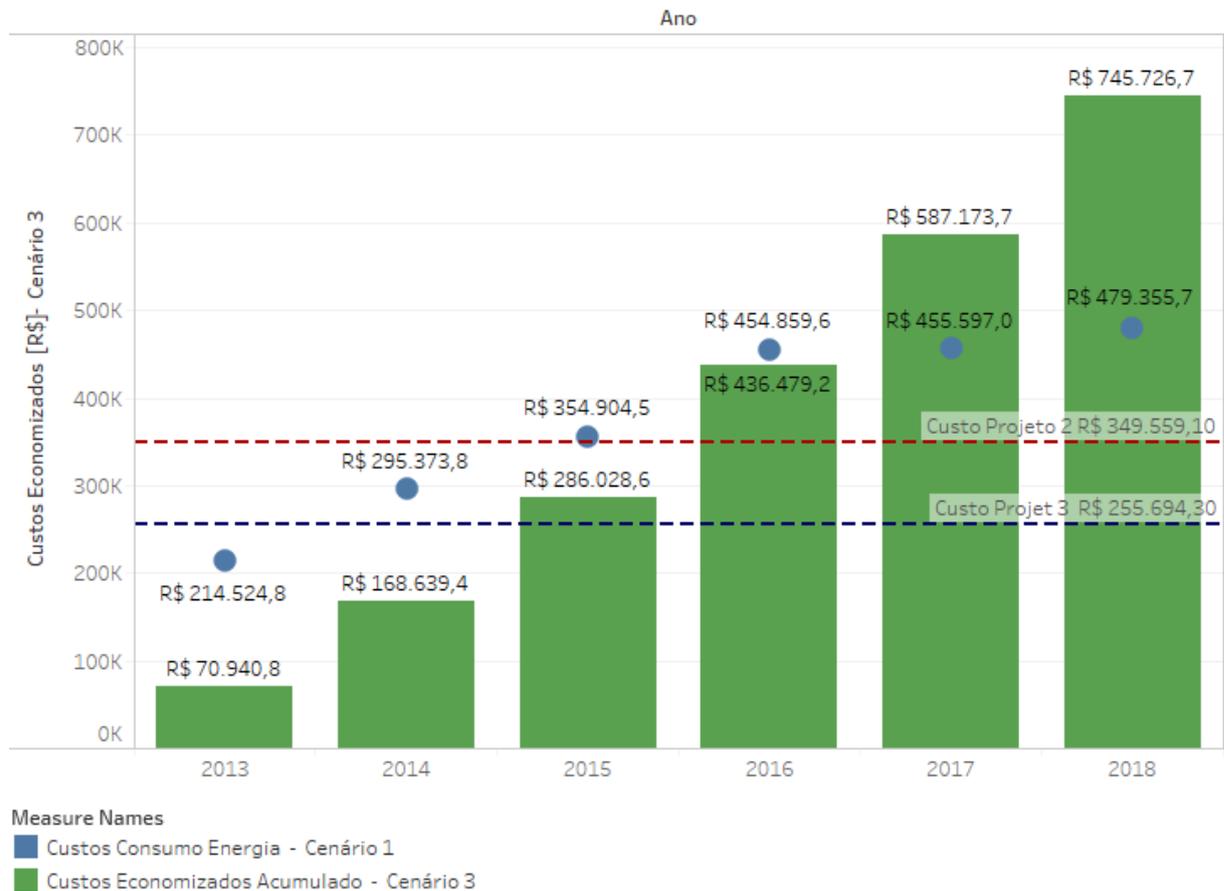
Pode-se comparar também os dois investimentos do projeto 2 (2014) e do projeto 3 (2018), observa-se uma diferença significativa do retorno do investimento, no projeto 3 se paga o investimento no 3º ano, já no projeto 4, esse retorno só no 4º ano.

O investimento no Projeto 3 têm um economia de aproximadamente 27% em relação

ao investimento do projeto 2.

Figura 19 – Custos de Energia Economizada Acumulados - Cenário 3

Custos de Energia Economizada Acumulada - Cenário 3 [R\$]



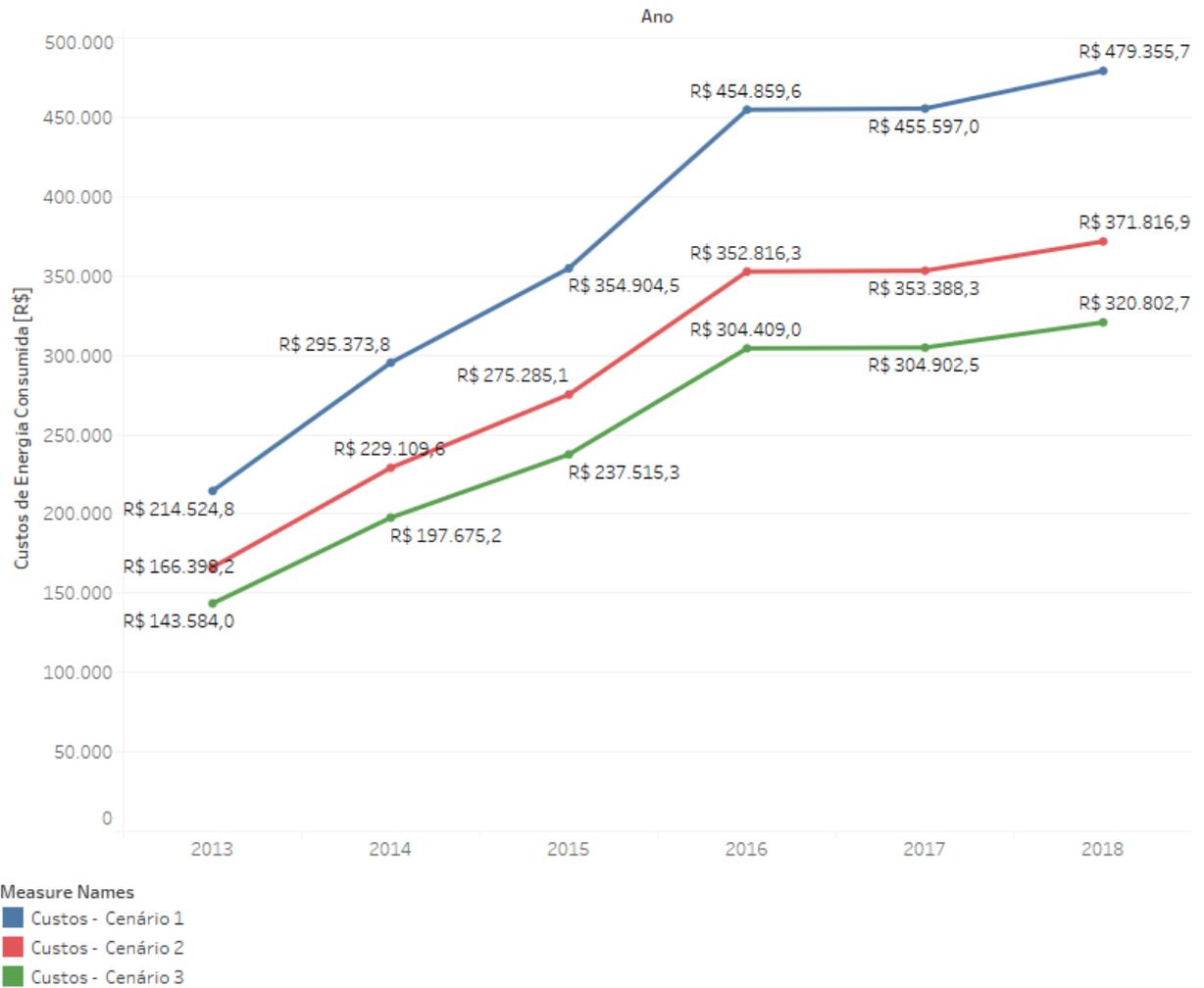
Fonte: o autor.

O gráfico da Figura 20 mostra a comparação dos custos de energia ao longo dos anos nos 3 cenários.

Figura 20 – Custos de Energia Consumida por Cenários

Custos de Energia Consumida por Cenário [R\$]

\*Não leva em consideração a bandeira tarifária



Fonte: o autor.

## 6 CONCLUSÕES

Após a elaboração deste trabalho, analisando todos os resultados tanto das análises técnicas como das análises sociais, enfatizando aqui, todas as medidas de gestão educacional relacionada a eficiência energética de maneira que possibilite o impacto no usuário final de energia elétrica através da conscientização do uso da mesma, conclui-se que ambas as análises configuram que a conscientização e informação dos usuários e envolvidos no projeto são um dos resultados mais valiosos que um projeto de eficiência energética pode proporcionar.

Este projeto, financiado pelo CNPq, possibilitou concluir que os benefícios de um projeto de eficiência são tanto para os usuários finais das instalações elétricas, no caso deste projeto, os alunos das escolas e colaboradores, como para as distribuidoras e setor elétrico de uma maneira geral: Dentre os benefícios diversos pode-se destacar para:

Distribuidoras de energia e setor elétrico:

- Postergação de investimento no Sistema Elétrico da Concessionária;
- Diminuição da curva de carga no horário de pico;

Usuários das instalações elétrica:

- Economia na conta de energia elétrica;
- Melhoria do nível de qualificação profissional com a oportunidade de agregar novas tecnologias e a Capacitação de sua equipe de manutenção;
- Melhoria no conforto para as pessoas que utilizam as dependências das instalações.
- Conscientização e informação sobre o uso adequado de energia.

A interação de alunos de ensino médio com alunos do ensino superior foi de uma relevância imensurável. Ambos realizaram trocas de experiências, receberam formação e constatarem na prática os conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula.

O relacionamento escola – universidade trouxe a academia para mais próximo da população, em particular a população estudantil das escolas públicas. Nesta aproximação, motivou estes estudantes a ingressar na universidade, que para muitos destes jovens é algo inalcançável.

As palestras de conscientização do uso racional da energia elétrica realizado nas escolas participantes mostraram que o desperdício de energia elétrica esta intrinsecamente ligada à falta de informação do usuário. E com ações de reeducação, podemos ter uma redução do consumo de energia elétrica relevante.

A criação de um grupo gestor para a disseminação do uso racional e eficiente de

energia elétrica nas escolas em que o projeto foi realizado torna-se necessária caso se queira continuar os programas de gestão de eficiência energética. Esta comissão seria formada por 4 membros assim distribuídos: Diretor (a) da escola; um professor; um aluno; Um funcionário; e o aluno fiscal de sala.

Com os seguintes objetivos:

- Levantar e acompanhar os indicadores do uso de energia elétrica.
- Controle e acompanhamento da fatura de energia.
- Propor medidas de gestão de energia elétrica.
- Fazer um cronograma para implementar estas medidas.
- Conscientizar e motivar todos os envolvidos no processo.

Toda análise dos dados possibilitou mostrar um potencial de economia de energia elétrica nas escolas participantes da ordem de 150 MWh/ano e de demanda deslocada da ponta na ordem de 39 kW. Mostrou também uma relação custo benefício de 0,75, ou seja, concluiu-se portanto que o projeto possuía uma boa atratividade financeira para a implementação do RETROFIT dos sistemas de iluminação e de ar condicionado das escolas públicas onde se realizou o projeto.

Fica registrado que apesar de muitos projetos possuírem uma boa viabilidade financeira nem sempre serão implementados, pois a implementação do projeto vai além de medidas simples, principalmente quando o projeto é para o setor público que há uma série de outras prioridades.

Conclui-se também a partir das análises de Cenários que as medidas de intervenção como Retrofit são de extrema importância, pois contribuem de fato para a eficiência das instalações elétricas de maneira individual e contribuindo de maneira geral para melhoria do setor elétrico como um todo.

Verificou-se que o custo de energia economizada é bem menor que o preço da energia, indicando que é mais viável investir em sistemas mais eficientes.

Conclui-se que a metodologia empregada, que segue os preceitos do PROPEE da ANEEL, é de fácil compreensão e replicação em outros projetos similares ou complementares a este. O estudo contribuiu relevantemente para a divulgação do tema de eficiência energética, da engenharia elétrica, da universidade e da correlação dos conhecimentos teóricos na práticos. Atingindo, assim, os objetivos propostos.

## REFERÊNCIAS

- ANEEL. **Programa de Eficiência Energética - Agência Nacional de Energia Elétrica.** [S.l.], 2009.
- ANEEL. **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética - PROPEE.** [S.l.], 2013.
- COSTA, G. J. C. d. **Iluminação econômica: cálculo e avaliação.** [S.l.]: EDIPUCRS, 2006. v. 4.
- IEC 60364-8-1. **IEC 60364-8-1:2014:** Instalações elétricas de baixa tensão – parte 8-1: Eficiência energética. São Paulo, 2014.
- INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **O que é eficiência Energética.** 2018. Disponível em: <[http://www.inee.org.br/eficiencia\\_o\\_que\\_eh.asp?Cat=eficiencia](http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia)>. Acesso em: 03 jun. 2018.
- PNE - 2030 - EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGETICA. **Plano Nacional de Energia - 2030.** Rio de Janeiro, 2016.
- PROCEL - ELETROBRÁS. **Resultados do PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.** [S.l.], 2009.
- REVISTA O ELETRICISTA Nº57. **Norma IEC 60364-8-1: Novo capítulo na redefinição de edifícios eficientes.** 2010. Disponível em: <[https://issuu.com/oelectricista/docs/oe57\\_/8](https://issuu.com/oelectricista/docs/oe57_/8)>. Acesso em: 10 jun. 2018.
- RIBEIRO, Z. B. **Parâmetros para análise de projetos de eficiência energética em eletricidade.** 2018. 144 f. Dissertação (Mestrado) — Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, 2005.
- VERAS, A. A. **Eficiência energética nas escolas públicas do Estado do Acre: Estudo de Caso da Escola Glória Peres.** 2018. 144 f. Dissertação (Mestrado) — Universidade Salvador – UNIFACS, 2010.

## APÊNDICE A – DADOS ADICIONAIS DAS ESCOLAS E DO PROJETO

As tabelas abaixo (Tabela 20, Tabela 21, Tabela 22, Tabela 23 e Tabela 24) contêm informações mais detalhadas a respeito das escolas em que o projeto foi desenvolvido.

As tabelas seguintes (Tabela 25, Tabela 26 e Tabela 27) apresentam as pessoas envolvidas durante a execução do projeto.

Tabela 20 – E.E.F.M. Pe Marcelino Champagnat - Sefor / Região 6.

<b>Código MEC</b>	23078707
<b>Classificação</b>	Ensino Regular – Manhã, Tarde e Noite
<b>Endereço</b>	Rua Daura 120 - Barroso; CEP 60862-760 Fortaleza - CE
<b>Diretor(a)</b>	Prof <sup>a</sup> Leiliane Façanha de Oliveira
<b>Nº de alunos (2013)</b>	1300
<b>Perfil de Consumo</b>	Baixa Tensão - 380V / 220V
<b>Situação neste projeto</b>	Instituição Co-Executora

Tabela 21 – E.E.F.M. Estado do Pará - Sefor / Região 6.

<b>Código MEC</b>	23068833
<b>Classificação</b>	Ensino Regular – Manhã, Tarde e Noite
<b>Endereço</b>	Rua Djalma Petit 589 - Aerolândia; CEP 60851-120 Fortaleza - CE
<b>Diretor(a)</b>	Prof <sup>o</sup> José Eduardo Nobre Maia
<b>Nº de alunos (2013)</b>	600
<b>Perfil de Consumo</b>	Baixa Tensão - 380V / 220V
<b>Situação neste projeto</b>	Instituição Convidada

Tabela 22 – E.E.F.M. Joaquim Alves - Sefor / Região 4.

<b>Código MEC</b>	23072008
<b>Classificação</b>	Ensino Regular – Manhã, Tarde e Noite
<b>Endereço</b>	Rua Estado do Rio 955 - Demócrito Rocha; CEP 60441-600; Fortaleza - CE
<b>Diretor(a)</b>	Prof <sup>o</sup> Paulo Marcelo Silva Freira
<b>Nº de alunos (2013)</b>	900
<b>Perfil de Consumo</b>	Baixa Tensão - 380V / 220V
<b>Situação neste projeto</b>	Instituição Convidada

Medição da quantidade de Lux das instalações das escolas.

Tabela 23 – E.E.F.M. Walter de Sá Cavalcante - Sefor / Região 6.

<b>Código MEC</b>	23069244
<b>Classificação</b>	Ensino Regular – Manhã, Tarde e Noite
<b>Endereço</b>	Av. Oliveira Paiva 550 - Cidade dos Funcionários; CEP 60822-133; Fortaleza - CE
<b>Diretor(a)</b>	Prof <sup>a</sup> Leoneide Monteiro de Freitas
<b>Nº de alunos (2013)</b>	820
<b>Perfil de Consumo</b>	Média Tensão - 13.8kV / 380V
<b>Situação neste projeto</b>	Instituição Convidada

Tabela 24 – E.E.F.P. Paulo VI - Sefor / Região 4.

<b>Código MEC</b>	23075864
<b>Classificação</b>	Ensino Profissionalizante – Manhã e Tarde
<b>Endereço</b>	Rua Jorge Dummar 1841 - Jardim América; CEP 60410-300; Fortaleza - CE
<b>Diretor(a)</b>	Prof <sup>a</sup> Corina Bastos Bitu
<b>Nº de alunos (2013)</b>	760
<b>Perfil de Consumo</b>	Média Tensão - 13.8kV / 380V
<b>Situação neste projeto</b>	Instituição Convidada

Tabela 25 – Integrantes Efetivos.

<b>Prof<sup>o</sup> Tomaz Nunes Cavalcante Neto</b>	Coordenador do Projeto e Professor da UFC.
<b>Prof<sup>o</sup> Francisco Glauber de Souza Cavalcante</b>	Bolsista do Projeto, Professor da Escola Pe Marcelino Champagnat e Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica da UFC.
<b>Celina Morais Lima</b>	Bolsista do Projeto e Acadêmica do Curso de Engenharia Elétrica da UFC.
<b>Jeferson da Costa Marcos</b>	Bolsista do Projeto e aluno do Ensino Médio da Escola Pe Marcelino Champagnat.
<b>Renan Souza Alexandre</b>	Bolsista do Projeto e aluno do Ensino Médio da Escola Pe Marcelino Champagnat.

Tabela 26 – Integrantes Voluntários.

<b>Ana Beatriz Prudêncio de Almeida Rebouças</b>	Acadêmica do Curso de Engenharia Elétrica da UFC.
<b>Isadora Barbosa Silva</b>	Aluna do Ensino Médio da Escola Pe Marcelino Champagnat.

Tabela 27 – Demais Colaboradores.

<b>Prof<sup>o</sup> Alexandre de Sousa Barros</b>	Professor da Escola Pe Marcelino Champagnat
<b>Prof<sup>o</sup> Francisco Gledson Rodrigues Costa</b>	Professor da Escola Pe Marcelino Champagnat
<b>Iza Maria Coelho Moita</b>	Assistente técnica da Superintendência SEFOR 2
<b>Ivon Sergio Batista Xavier</b>	Técnico em Eletrotécnica do setor de Engenharia da SEDUC
<b>Grupo de Estudos PROCEN</b>	Programa de Eficiência no Consumo de Energia Elétrica (PROCEN) da UFC.

Tabela 28 – Diagnóstico Energético da E.E.F.M. Pe Marcelino Champagnat.

<b>Ambiente</b>	<b>Área - m<sup>2</sup></b>	<b>Lux Medido</b>				<b>Lux Recomendado</b>
<b>Sala dos professores</b>	35	110	100	75	65	Mín 300 / máx 500
<b>Secretaria</b>	26	120	120	80	80	Mín 300 / máx 500
<b>Coordenação</b>	18	80	180	90	90	Mín 300 / máx 500
<b>Laboratório de Informática</b>	60	130	190	100	80	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Multimeios</b>	49	90	140	130	130	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 14</b>	48	200	150	180	120	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 12</b>	48	70	90	70	50	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 1</b>	48	100	85	60	40	Mín 300 / máx 500

Tabela 29 – Diagnóstico Energético da E.E.F.M. Estado do Pará.

<b>Ambiente</b>	<b>Área - m<sup>2</sup></b>	<b>Lux Medido</b>				<b>Lux Recomendado</b>
<b>Sala dos professores</b>	30	85	50	40	40	Mín 300 / máx 500
<b>Secretaria</b>	29	70	60	180	180	Mín 300 / máx 500
<b>Coordenação</b>	21	110	80	80	80	Mín 300 / máx 500
<b>Laboratório de Informática</b>	60	80	230	240	210	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Multimeios</b>	80	70	80	110	130	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 3</b>	48	45	80	100	450	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 5</b>	48	100	100	100	50	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 8</b>	48	140	170	140	140	Mín 300 / máx 500

Tabela 30 – Diagnóstico Energético da E.E.F.M. Joaquim Alves.

<b>Ambiente</b>	<b>Área - m<sup>2</sup></b>	<b>Lux Medido</b>				<b>Lux Recomendado</b>
<b>Sala dos professores</b>	35	70	70	70	70	Mín 300 / máx 500
<b>Secretaria</b>	20	70	70	70	70	Mín 300 / máx 500
<b>Coordenação</b>	18	80	80	80	80	Mín 300 / máx 500
<b>Laboratório de Informática</b>	47	50	60	50	30	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Multimeios</b>	54	70	70	70	70	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 2</b>	48	160	280	400	220	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 7</b>	48	140	140	60	50	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 10</b>	48	70	100	100	100	Mín 300 / máx 500

Tabela 31 – Diagnóstico Energético da E.E.F.M. Walter de Sá Cavalcante.

<b>Ambiente</b>	<b>Área - m<sup>2</sup></b>	<b>Lux Medido</b>				<b>Lux Recomendado</b>
<b>Sala dos professores</b>	25	180	210	100	100	Mín 300 / máx 500
<b>Secretaria</b>	40	200	170	180	170	Mín 300 / máx 500
<b>Coordenação</b>	23	190	50	90	80	Mín 300 / máx 500
<b>Laboratório de Informática</b>	38	170	240	200	200	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Multimeios</b>	40	240	170	110	100	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 3</b>	40	220	245	240	240	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 10</b>	40	70	130	110	180	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 14</b>	40	180	230	160	80	Mín 300 / máx 500

Tabela 32 – Diagnóstico Energético da E.E.F.P. Paulo VI.

<b>Ambiente</b>	<b>Área - m<sup>2</sup></b>	<b>Lux Medido</b>				<b>Lux Recomendado</b>
<b>Sala dos professores</b>	55	110	90	80	250	Mín 300 / máx 500
<b>Secretaria</b>	62	300	100	250	150	Mín 300 / máx 500
<b>Coordenação</b>	29	90	90	120	120	Mín 300 / máx 500
<b>Laboratório de Informática</b>	74	130	70	80	80	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Multimeios</b>	94	180	80	90	160	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 1</b>	40	100	100	100	80	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 3</b>	40	70	80	90	95	Mín 300 / máx 500
<b>Sala de Aula 7</b>	40	130	120	130	60	Mín 300 / máx 500

**APÊNDICE B – CÁLCULO DOS RESULTADOS - SISTEMA ATUAL E PROPOSTO**



Figura 22 – Sistema de ar condicionado

Sistema Atual	Split										Total			
	Janela	7.500	10.000	12.000	18.000	19.000	24.000	7.000	9.000	12.000		18.000	22.000	24.000
Equipamento BTU/h	Coefficiente de eficiência energética	2,00	1,78	1,85	1,99	2,87	2,65	2,88	2,03	2,79	2,66	2,65	2,60	2,60
	Quantidade	1	6	2	11	5	1	4	1	6	20	1	9	12
	Potência instalada	1,10	9,90	3,80	29,16	9,72	2,65	2,85	1,30	7,56	39,61	2,43	24,31	40,56
	Potência média utilizada (kW)	1,05	9,41	3,61	27,70	9,23	2,52	2,71	1,24	7,18	37,63	2,31	23,09	38,53
	Funcionamento (h/ano)	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43
	FCP (fator de coincidência na ponta)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
	Energia Consumida (MWh/ano)	2,80	25,19	9,67	74,17	24,71	6,74	7,24	3,31	19,24	100,76	6,18	61,83	103,17
Demanda média na ponta (kW)	0,73	6,59	2,53	19,39	6,46	1,76	1,89	0,85	5,03	26,34	1,62	16,17	26,97	
<b>Sistema Proposto</b>														
Equipamento BTU/h	Split										Total			
	7.500	9.000	12.000	18.000	18.000	24.000	7.500	9.000	12.000	18.000		24.000	30.000	
Coefficiente de eficiência energética	3,33	3,28	3,24	3,22	3,22	3,02	3,33	3,28	3,24	3,22	3,02	3,02	3,24	
Quantidade	1	6	2	11	5	1	4	1	6	20	1	9	12	
Potência instalada	0,66	4,82	2,17	18,02	8,19	2,33	2,64	0,80	6,51	32,76	2,33	20,96	32,56	
Potência média utilizada (kW)	0,63	4,58	2,06	17,12	7,78	2,21	2,51	0,76	6,19	31,12	2,21	19,91	30,93	
Funcionamento (h/ano)	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	2.677,43	
FCP (fator de coincidência na ponta)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	
Energia Consumida (MWh/ano)	1,68	12,27	5,52	45,83	20,83	5,92	6,71	2,04	16,56	83,32	5,92	53,30	82,81	
Demanda média na ponta (kW)	0,44	3,21	1,44	11,98	5,45	1,55	1,76	0,53	4,33	21,78	1,55	13,94	21,65	
<b>Resultados esperados</b>														
Redução da demanda na ponta (k	0,29	3,38	1,08	7,41	1,01	0,21	0,14	0,33	0,70	4,56	0,07	2,23	5,32	
Redução da demanda na ponta (%)	40%	51%	43%	38%	16%	12%	7%	38%	14%	17%	4%	14%	20%	
Energia Economizada (MWh/ano)	1,12	12,92	4,15	28,34	3,88	0,82	0,53	1,26	2,67	17,44	0,26	8,53	20,36	
Energia Economizada (%)	40%	51%	43%	38%	16%	12%	7%	38%	14%	17%	4%	14%	20%	
<b>Total</b>														<b>26,74</b>
														<b>23%</b>
														<b>102,28</b>
														<b>23%</b>

Fonte: o autor.

## **ANEXO A – TABELA DE SUBSTITUIÇÃO PARA LÂMPADAS LED**

O arquivo anexo é um guia para a substituição ou equivalência de qualquer lâmpada, fluorescente ou incandescente para LED. Muito útil para quando se vai utilizar para fazer projetos de Retrofit de iluminação.



Lâmpadas LED Philips

# Tabela de substituição

inovação ✦ você



Para mais informações acesse:  
[www.philips.com.br/lighting](http://www.philips.com.br/lighting)

**PHILIPS**

## Tradicional



Standard  
Incandescente 50W

## LED



LEDbulb  
7W e 8W

Potência	50W	7W e 8W
Vida mediana	1.000h	15.000h
Temperatura de cor	2.700K	6.500K (7W) ou 3.000K (8W)
Tensões disponíveis	127V ou 220V	110-130V ou 220-240V
Fluxo luminoso	628lm	600lm
Dimerizável	Sim	Não
Base	E27	E27
<b>Economia de energia</b>		<b>86% / 84% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 14 vezes mais</b>



Standard  
Incandescente 60W



LEDbulb  
10W

Potência	60W	10W
Vida mediana	1.000h	15.000h
Temperatura de cor	2.700K	3.000K ou 6.500K
Tensões disponíveis	127V ou 220V	110-130V ou 220-240V
Fluxo luminoso	864lm	806lm
Dimerizável	Sim	Não
Base	E27	E27
<b>Economia de energia</b>		<b>83% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 14 vezes mais</b>



Standard  
Incandescente 75W



LEDbulb  
13W

Potência	75W	13W
Vida mediana	1.000h	15.000h
Temperatura de cor	2.700K	3.000K ou 6.500K
Tensões disponíveis	127V ou 220V	110-130V ou 220-240V
Fluxo luminoso	930 lm	1.055lm
Dimerizável	Sim	Não
Base	E27	E27
<b>Economia de energia</b>		<b>82% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 14 vezes mais</b>



Observações: • Fluxo luminoso de lâmpadas incandescentes: considerado o valor médio entre fluxo luminoso em 127V e 220V. Fluxos conforme norma NBR 14671. Para o valor de 50W foi feita uma interpolação dos valores da norma.

• Lâmpadas LED Philips com vida maior ou igual a 25.000h possuem 3 anos de garantia. Casos com vida menor que 25.000h possuem 1 ano de garantia.

## Tradicional

## LED



Halógena  
Dicroica 20W



Essential LED  
MR16 2,6W

Potência	20W	2,6W
Vida mediana	2.000h	15.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K ou 6.500K
Tensões disponíveis	12V	12V
Intensidade luminosa	400cd	135lm/460cd (2700K) e 170lm/750cd (6500K)
Base	GU5.3	GU5.3
Abertura de fecho	36°	24°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>87% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 6,5 vezes mais</b>



Halógena  
Dicroica 35W



Essential LED  
MR16 4,2W

Potência	35W	4,2W
Vida mediana	2.000h	15.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K ou 6.500K
Tensões disponíveis	12V	12V
Intensidade luminosa	465cd	240lm/1100cd (2700K) e 285lm/1150cd (6500K)
Base	GU5.3	GU5.3
Abertura de fecho	36°	24°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>88% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 6,5 vezes mais</b>



Halógena  
Dicroica 50W



Essential LED  
MR16 5W

Potência	50W	5W
Vida mediana	2.000h	15.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K ou 6.500K
Tensões disponíveis	12V	12V
Intensidade luminosa	1.200cd	355lm/1100cd (2700K) e 410lm/1150cd (6500K)
Base	GU5.3	GU5.3
Abertura de fecho	36°	24°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>90% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 6,5 vezes mais</b>



Observações: • Fluxo luminoso de lâmpadas Halógenas: valores conforme produtos encontrados no mercado.

• Lâmpadas LED Philips com vida maior ou igual a 25.000h possuem 3 anos de garantia. Casos com vida menor que 25.000h possuem 1 ano de garantia.

## Tradicional

## LED



Halógena  
Dicroica 35W



LED Spot  
MR16 5W

Potência	35W	5W
Vida mediana	2.000h	15.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K
Tensões disponíveis	12V	12V
Intensidade luminosa	465cd	325lm/790cd
Base	GU5.3	GU5.3
Abertura de fecho	36°	36°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>86% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 6,5 vezes mais</b>



Halógena  
TwistLine 35W



LED GU10  
2W

Potência	35W	2W
Vida mediana	2.000h	10.000h
Temperatura de cor	2.900K	3.000K
Tensões disponíveis	127V ou 220V	220V
Intensidade luminosa	250cd (127V) e 300cd (220V)	120cd
Base	GU10	GU10
Abertura de fecho	40°	50°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>94% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 4 vezes mais</b>



Halógena  
TwistLine 35W



LED GU10  
4W

Potência	35W	4W
Vida mediana	2.000h	25.000h
Temperatura de cor	2.900K	3.000K (127V) ou 2.700K (220V)
Tensões disponíveis	127V ou 220V	127V ou 220V
Intensidade luminosa	250cd (127V) e 300cd (220V)	200lm/700cd (127V) e 235lm/560cd (220V)
Base	GU10	GU10
Abertura de fecho	40°	25° (127V) ou 36° (220V)
Dimerizável	Sim	Sim (somente 127V)
<b>Economia de energia</b>		<b>88% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 11,5 vezes mais</b>



Observações: • Fluxo luminoso de lâmpadas Halógenas: valores conforme produtos encontrados no mercado.

• Lâmpadas LED Philips com vida maior ou igual a 25.000h possuem 3 anos de garantia. Casos com vida menor que 25.000h possuem 1 ano de garantia.

## Tradicional



Halógena  
TwistLine 50W

## LED



LED GU10  
4,5W e 6W



Potência	50W	6W (127V) ou 4,5W (220V)
Vida mediana	2.000h	25.000h
Temperatura de cor	2.900K	3.000K (127V) ou 2.700K (220V)
Tensões disponíveis	127V ou 220V	127V (6W) ou 220V (4,5W)
Intensidade luminosa	300cd (127V) e 400cd (220V)	300lm/1050cd(127V) ou 270lm/550cd (220V)
Base	GU10	GU10
Abertura de fecho	40°	25° (6W) ou 36° (4,5W)
Dimerizável	Sim	Sim (somente 127V)
<b>Economia de energia</b>		<b>89% / 88% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 11,5 vezes mais</b>



Standard  
Incandescente 40W



MASTER LEDbulb  
7W



Potência	40W	7W
Vida mediana	1.000h	25.000h
Temperatura de cor	2.700K	2.700K
Tensões disponíveis	127V ou 220V	220V
Fluxo luminoso	516lm (127V) e 415lm (220V)	470lm
Dimerizável	Sim	Sim
Base	E27	E27
<b>Economia de energia</b>		<b>82% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 24 vezes mais</b>



Standard  
Incandescente 60W



MASTER LEDbulb  
12W



Potência	60W	12W
Vida mediana	1.000h	25.000h
Temperatura de cor	2.700K	2.700K
Tensões disponíveis	127V ou 220V	220V
Fluxo luminoso	864lm (127V) e 715lm (220V)	806lm
Dimerizável	Sim	Sim
Base	E27	E27
<b>Economia de energia</b>		<b>80% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 24 vezes mais</b>



Observações: • Fluxo luminoso de lâmpadas incandescentes: considerado os valores conforme norma NBR 14671.

• Lâmpadas LED Philips com vida maior ou igual a 25.000h possuem 3 anos de garantia. Casos com vida menor que 25.000h possuem 1 ano de garantia.

## Tradicional



Standard  
Incandescente 75W

## LED



**MASTER LEDbulb  
A67 13W**

Potência	75W	13W
Vida mediana	1.000h	25.000h
Temperatura de cor	2.700K	2.700K
Tensões disponíveis	127V	220V
Fluxo luminoso	1.095lm	1.055lm
Dimerizável	Sim	Sim
Base	E27	E27
<b>Economia de energia</b>		<b>82% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 24 vezes mais</b>

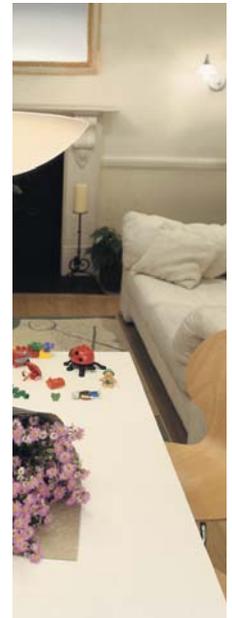


Standard  
Incandescente 100W



**MASTER LEDbulb  
A67 20W**

Potência	100W	20W
Vida mediana	1.000h	25.000h
Temperatura de cor	2.700K	2.700K
Tensões disponíveis	220V	220V
Fluxo luminoso	1.350lm	1.521lm
Dimerizável	Sim	Sim
Base	E27	E27
<b>Economia de energia</b>		<b>80% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 24 vezes mais</b>



Observações: • Fluxo luminoso de lâmpadas incandescentes: considerado os valores conforme norma NBR 14671.



Halógena  
Mini Dicroica 20W



**MASTER LEDspot  
Mini Dicroica MR11 4W**

Potência	20W	4W
Vida mediana	2.000h	25.000h
Temperatura de cor	2.700K	2.700K
Tensões disponíveis	12V	12V
Intensidade luminosa	700cd	580cd
Base	GU4	GU4
Abertura de fecho	24°	24°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>80% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 11,5 vezes mais</b>



Observações: • Fluxo luminoso de lâmpadas Halógenas: valores conforme produtos encontrados no mercado.

• Lâmpadas LED Philips com vida maior ou igual a 25.000h possuem 3 anos de garantia. Casos com vida menor que 25.000h possuem 1 ano de garantia.

## Tradicional

## LED



Halógena MR16  
Dicroica 20W

**MASTER LEDspot  
MR16 4W**

Potência	20W	4W
Vida mediana	2.000h	45.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K
Tensões disponíveis	12V	12V
Intensidade luminosa	1.800cd	210lm/1000cd
Base	GU5.3	GU5.3
Abertura de fecho	24°	24°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>80% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 21,5 vezes mais</b>



Halógena MR16  
Dicroica 35W

**MASTER LEDspot  
MR16 6,5W**

Potência	35W	6,5W
Vida mediana	2.000h	40.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K
Tensões disponíveis	12V	12V
Intensidade luminosa	465cd	1100cd
Base	GU5.3	GU5.3
Abertura de fecho	36°	36°
Dimerizável	Sim	Sim
<b>Economia de energia</b>		<b>81% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 7 vezes mais</b>



Halógena MR16  
Dicroica 50W

**MASTER LEDspot  
MR16 7W**

Potência	50W	7W
Vida mediana	2.000h	40.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K ou 4.000K
Tensões disponíveis	12V	12V
Intensidade luminosa	2.100cd (24°) e 1.200cd (36°)	1.300cd (36° 2.700K), 1.450cd (24° 2.700K e 36° 4.000K) e 2.000cd (24° 2.700K)
Base	GU5.3	GU5.3
Abertura de fecho	24° ou 36°	24° ou 36°
Dimerizável	Sim	Sim
<b>Economia de energia</b>		<b>86% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 19 vezes mais</b>



Observações: • Fluxo luminoso de lâmpadas Halógenas: valores conforme produtos encontrados no mercado.

• Lâmpadas LED Philips com vida maior ou igual a 25.000h possuem 3 anos de garantia. Casos com vida menor que 25.000h possuem 1 ano de garantia.

## Tradicional



Halógena  
Dicroica GU10 50W

## LED



**MASTER LEDspot  
GU10 6W**

Potência	50W	6W
Vida mediana	2.000h	40.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K
Tensões disponíveis	220V	220V
Intensidade luminosa	1.000cd (25°) e 463cd (40°)	1.000cd (25°) e 600cd (40°)
Base	GU10	GU10
Abertura de fecho	25° ou 40°	25° ou 40°
Dimerizável	Sim	Sim
<b>Economia de energia</b>		<b>88% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 19 vezes mais</b>



Halógena  
Dicroica GU10 50W



**MASTER LEDspot  
GU10 8W**

Potência	50W	8W
Vida mediana	2.000h	40.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K e 4.000K
Tensões disponíveis	220V	220V
Intensidade luminosa	1.000cd (25°) e 463cd (40°)	1.800cd (25°) e 900cd (40°) - 2.700K 1.900cd (25°) e 950cd (40°) - 4.000K
Base	GU10	GU10
Abertura de fecho	25° ou 40°	25° ou 40°
Dimerizável	Sim	Sim
<b>Economia de energia</b>		<b>84% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 19 vezes mais</b>



Halógena  
AR111 50W



**MASTER LEDspot  
AR111 10W**

Potência	50W	10W
Vida mediana	2.000h	45.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K
Tensões disponíveis	12V	12V
Intensidade luminosa	4.000cd (24°) e 2.000cd (40°)	3.360cd (24°) e 1.220cd (40°)
Base	G53	G53
Abertura de fecho	24° ou 40°	24° ou 40°
Dimerizável	Sim	Sim
<b>Economia de energia</b>		<b>80% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 21,5 vezes mais</b>



Observações: • Fluxo luminoso de lâmpadas Halógenas: valores conforme produtos encontrados no mercado.

• Lâmpadas LED Philips com vida maior ou igual a 25.000h possuem 3 anos de garantia. Casos com vida menor que 25.000h possuem 1 ano de garantia.

## Tradicional

## LED



Halógena  
AR111 75W



**MASTER LEDspot**  
**AR111 15W**

Potência	75W	15W
Vida mediana	2.000h	45.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K
Tensões disponíveis	12V	12V
Intensidade luminosa	5.300cd (24°) e 1.900cd (40°)	4.560cd (24°) e 1.660cd (40°)
Base	G53	G53
Abertura de fecho	24° ou 40°	24° ou 40°
Dimerizável	Sim	Sim
<b>Economia de energia</b>		<b>80% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 21,5 vezes mais</b>



Halógena  
PAR20 50W



**MASTER LEDspot**  
**PAR20 7W**

Potência	50W	7W
Vida mediana	2.000h	45.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K
Tensões disponíveis	127V ou 220V	127V ou 220V
Intensidade luminosa	1.400cd (127V) e 1.000cd (220V)	1.000cd
Base	E27	E27
Abertura de fecho	30°	25°
Dimerizável	Sim	Sim
<b>Economia de energia</b>		<b>86% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 21,5 vezes mais</b>



Halógena  
PAR30S 75W



**MASTER LEDspot**  
**PAR30S 9,5W**

Potência	75W	9,5W
Vida mediana	2.000h	45.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K
Tensões disponíveis	127V ou 220V	220-240V
Intensidade luminosa	3.400cd (127V) e 2.000cd (220V)	3.500cd
Base	E27	E27
Abertura de fecho	30°	25°
Dimerizável	Sim	Sim
<b>Economia de energia</b>		<b>87% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 21,5 vezes mais</b>



Observações: • Fluxo luminoso de lâmpadas Halógenas: valores conforme produtos encontrados no mercado.

• Lâmpadas LED Philips com vida maior ou igual a 25.000h possuem 3 anos de garantia. Casos com vida menor que 25.000h possuem 1 ano de garantia.

## Tradicional



Halógena  
PAR30 75W

## LED



**MASTER LEDspot  
PAR30 12W**

Potência	75W	12W
Vida mediana	2.000h	45.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K
Tensões disponíveis	127V ou 220V	127V ou 220V
Intensidade luminosa	3.400cd (127V) e 2.000cd (220V)	2.900cd (127V) e 2.250cd (220V)
Base	E27	E27
Abertura de fecho	30°	25°
Dimerizável	Sim	Sim
<b>Economia de energia</b>		<b>84% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 21,5 vezes mais</b>



Halógena  
PAR38 100W



**MASTER LEDspot PAR38  
14,5W\*, 17W\*\* e 18W\*\***

Potência	100W	14,5W*, 17W** e 18W**
Vida mediana	2.000h	45.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K
Tensões disponíveis	127V ou 220V	220V* e 127V ou 220V**
Intensidade luminosa	4.500cd (127V) e 3.000cd (220V)	4.700cd (14,5W), 3.500cd (17W) e 3.400cd (18W)
Base	E27	E27
Abertura de fecho	30°	25°
Dimerizável	Sim	Sim
<b>Economia de energia</b>		<b>85% / 83% / 82% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 21,5 vezes mais</b>

Observações: • Fluxo luminoso de lâmpadas Halógenas: valores conforme produtos encontrados no mercado.



Fluorescente T8, T10 e T12



**Essential LEDtube  
10W**

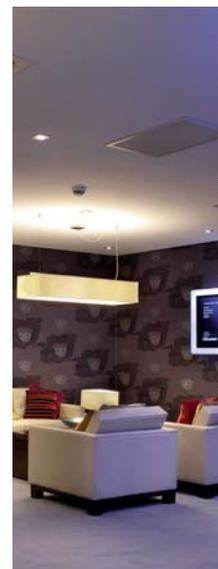
Potência	16W (T8) e 20W (T10/T12)	10W
Vida mediana	15.000h (16W) e 7.500h (20W)	30.000h
Temperatura de cor	4.000K ou 6.500K	3.000K, 4.000K ou 6.500K
Tensões disponíveis	Uso com reator	220-240V
Fluxo luminoso	1.070lm (16W) e 1.100lm (20W)	750lm (3.000K) ou 800lm (4.000K, 6.500K)
Base	G13	G13
Abertura de fecho		140°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>37% (16W) e 50% (20W) de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 1 (16W) e 3 (20W) vezes mais</b>

Obs.: • Fluxo luminoso de lâmpadas Fluorescentes Tubulares: valores conforme produtos encontrados no mercado.

• Substituição de lâmpadas fluorescentes proposta com base em instalação original com luminária de baixo rendimento.

Nível de iluminação antes e depois da substituição da lâmpada pode variar de acordo com a luminária e outros componentes.

• Lâmpadas LED Philips com vida maior ou igual a 25.000h possuem 3 anos de garantia. Casos com vida menor que 25.000h possuem 1 ano de garantia.



## Tradicional

## LED



Fluorescente T8, T10 e T12

**Essential LEDtube  
20W**

Potência	32W (T8) e 40W (T10/T12)	20W
Vida mediana	15.000h (32W) e 7.500h (40W)	30.000h
Temperatura de cor	4.000K ou 6.500K	3000K, 4000K ou 6500K
Tensões disponíveis	Uso com reator	220-240V
Fluxo luminoso	2.350lm (32W) e 2.600lm (40W)	1.500lm (3000K) ou 1600lm (4000K, 6500K)
Base	G13	G13
Abertura de fecho		140°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>41% (32W) e 53% (40W) de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 1 (32W) e 3 (40W) vezes mais</b>



Fluorescente T8, T10 e T12

**TLED CorePro  
10W e 20W**

Potência	16W (T8) e 20W (T10/T12)	10W e 20W
Vida mediana	15.000h (16W) e 7.500h (20W)	30.000h
Temperatura de cor	4.000K ou 6.500K	3.000K ou 4.000K
Tensões disponíveis	Uso com reator	100-277V
Fluxo luminoso	1.070lm (16W) e 1.100lm (20W)	750lm (10W 830), 800lm (10W 840) 1.550lm (20W 830), 1.600lm (10W 840)
Base	G13	G13
Abertura de fecho		140°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>37% (16W) e 50% (20W) de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 1 (16W) e 3 (20W) vezes mais</b>



Fluorescente T8, T10 e T12

**CorePro LEDtube  
25W**

Potência	58W (T8) e 65W (T10/T12)	25W
Vida mediana	15.000h (58W) e 7.500h (65W)	30.000h
Temperatura de cor	4.000K ou 6.500K	4.000K ou 6.500K
Tensões disponíveis	Uso com reator	220-240V
Fluxo luminoso	3.650lm (58W) e 4.100lm (65W)	2.000lm
Base	G13	G13
Abertura de fecho		140°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>56% (58W) e 61% (65W) de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 1 (58W) e 3 (65W) vezes mais</b>



Obs.: • Fluxo luminoso de lâmpadas Fluorescentes Tubulares: valores conforme produtos encontrados no mercado.

• Substituição de lâmpadas fluorescentes proposta com base em instalação original com luminária de baixo rendimento.

Nível de iluminação antes e depois da substituição da lâmpada pode variar de acordo com a luminária e outros componentes.

• Lâmpadas LED Philips com vida maior ou igual a 25.000h possuem 3 anos de garantia. Casos com vida menor que 25.000h possuem 1 ano de garantia.

## Tradicional



Fluorescente T8, T10 e T12

## LED



MASTER LEDtube

Potência	16W (T8) e 20W (T10/T12)	10W
Vida mediana	15.000h (16W) e 7.500h (20W)	40.000h
Temperatura de cor	4.000K ou 6.500K	4.000K ou 6.500K
Tensões disponíveis	Uso com reator	100-240V (multitensão)
Fluxo luminoso	1.070lm (16W) e 1.100lm (20W)	825lm
Base	G13	G13
Abertura de fecho		140°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>38% (16W) e 50% (20W) de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 1,7 (16W) e 4,3 (20W) vezes mais</b>

Potência	30W (T8)	15W
Vida mediana	15.000h	40.000h
Temperatura de cor	4.000K ou 6.500K	4.000K ou 6.500K
Tensões disponíveis	Uso com reator	100-240V (multitensão)
Fluxo luminoso	2.000lm	1.265lm
Base	G13	G13
Abertura de fecho		140°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>50% de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 2,6 vezes mais</b>

Potência	32W (T8) e 40W (T10/T12)	19W
Vida mediana	15.000h (32W) e 7.500h (40W)	40.000h
Temperatura de cor	4.000K ou 6.500K	4.000K ou 6.500K
Tensões disponíveis	Uso com reator	100-240V (multitensão)
Fluxo luminoso	2.350lm (32W) e 2.600lm (40W)	1.650lm
Base	G13	G13
Abertura de fecho		140°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>41% (32W) e 53% (40W) de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 1,7 (32W) e 4,3 (40W) vezes mais</b>

Potência	58W (T8) e 65W (T10/T12)	24W
Vida mediana	15.000h (58W) e 7.500h (65W)	40.000h
Temperatura de cor	4.000K ou 6.500K	4.000K ou 6.500K
Tensões disponíveis	Uso com reator	100-240V (multitensão)
Fluxo luminoso	3.650lm (58W) e 4.100lm (65W)	2.065lm
Base	G13	G13
Abertura de fecho		140°
Dimerizável	Sim	Não
<b>Economia de energia</b>		<b>58% (58W) e 63% (65W) de economia</b>
<b>Aumento de vida</b>		<b>Dura 2,6 (58W) e 5,3 (65W) vezes mais</b>

Obs.: • Fluxo luminoso de lâmpadas Fluorescentes Tubulares: valores conforme produtos encontrados no mercado.

• Substituição de lâmpadas fluorescentes proposta com base em instalação original com luminária de baixo rendimento.

Nível de iluminância antes e depois da substituição da lâmpada pode variar de acordo com a luminária e outros componentes.

• Lâmpadas LED Philips com vida maior ou igual a 25.000h possuem 3 anos de garantia. Casos com vida menor que 25.000h possuem 1 ano de garantia.



SPOT - Serviço Philips de Orientação Técnica  
Fone: 0800 979 19 25  
E-mail: luz.spot@philips.com • www.philips.com.br/led

Especificações e informações técnicas estão sujeitas a alterações sem prévio aviso. Janeiro/2014

[www.facebook.com/philipsbrasil](https://www.facebook.com/philipsbrasil)  
[www.twitter.com/philipsbrasil](https://www.twitter.com/philipsbrasil)  
[www.twitter.com/philipsajuda](https://www.twitter.com/philipsajuda)  
[www.youtube.com/philipsbrasil](https://www.youtube.com/philipsbrasil)



## **ANEXO B – DADOS TÉCNICOS DOS AR CONDICIONADOS - GUIA LG DE AR CONDICIONADO**

O arquivo anexo é um guia de ar-condicionados LG. Muito útil utilizar para fazer projetos de Retrofit de climatização.



# Comparar Ar condicionado residencial



[Split Libero ArtCool Inverter V, 24.000 BTU/h quente e frio.](#)  
AS-W242CRWO

[Split Libero E+, 18.000 BTU/h, Frio](#)  
LG US-Q182CSZ2

[Split Libero E+, 9.000 BTU/h, Frio](#)  
LG US-Q092WSZ2

## CAPACIDADE

Ciclo	Quente/Frio	Frio	Frio
Capacidade de Refrigeração [BTU/h]	24,000	18,000	9,000

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Tipo	Eletrônico		
Tensão (Volts)	220		
Tensão, Frequência, Fases [V, Hz, ph]	220/60/1	220/60/1	220/60/1
Potência em Refrigeração [W]	2,190	1,600	805
Potência em Aquecimento [W]	2,330		
Corrente em Refrigeração [A]	10	7,66	4,16
Corrente em Aquecimento [A]	10.6		
Consumo Mensal de Energia (com base no ciclo normatizado pelo INMETRO, de 1 hora por dia por mês) [kWh/Mês]		33,6	16,9
EER [W/W]	3.31	3,30	3,28
Classificação Energética	A	A	A
Vazão de Ar Unidade Interna (máxima) [m³/min]		17,8	8
Vazão de Ar Unidade Externa (máxima) [m³/min]		38	27
Nível de Ruído Unidade Interna (alta/média/baixa/mínima) [dB(A)]		42/40/35/29	39/33/25/19
Nível de Ruído Unidade Externa (máxima) [dB(A)]		51	47
Desumidificação [l/h]	2.60	1,62	0,83
Faixa de Temperatura Externa para Refrigeração [°C]		18-48	18-48

## CARACTERÍSTICAS

Tecnologia (tipo)	Inverter	Inverter	Inverter
Acabamento	Espelhado	Branco	Branco
Filtro Anti-Bactérias (lavável)	Sim		
Gold Protection	Sim		
Função Energy Saving	Sim	Sim	Sim
Jet Cool (resfriamento rápido)	Sim	Sim	Sim
Modo Sleep (até 7 horas)	Sim	Sim	Sim
Timer (até 24 horas)		Sim	Sim
Modo Soft Dry (suavemente seco)	Sim	Sim	Sim
Tecnologia CHAOS (brisa natural)	Sim	Sim	Sim
Deflexão de Ar Acima e Abaixo	Automático	Automático	Automático
Deflexão de Ar Direita e Esquerda	Manual	Manual	Manual
Controle Remoto	Sem fio	Sim	Sim
Compressor	Rotativo		
Gás Refrigerante	R-410	R-410A	R-410A
Faixa de Ajuste de Temperatura (refrigeração) [°C]		18-30	18-30
Filtro Multiproteção LG com Tecnologia 3M		Sim	Sim
Ionizador ION CARE		Sim	Sim
Proteção anticorrosão		Sim	Sim
Controle eletrônico de temperatura	Sim		

## DIMENSÕES

Dimensões Unidade Interna (LxAxP) [mm]	1030 x 325 x 250	1030 x 325 x 250	756 x 265 x 184
Dimensões Unidade Externa (LxAxP) [mm]	870 x 800 x 320	770 x 545 x 288	717 x 483 x 230
Peso Líquido Unidade Interna [kg]	17	14	7
Peso Líquido Unidade Externa [kg]	60	34	23
Embalagem Unidade Interna (LxAxP) [mm]		1110 x 322 x 414	835 x 255 x 356

Embalagem Unidade Externa (LxAxP) [mm]		920 x 593 x 398	837 x 531 x 327
Peso Bruto Unidade Interna [kg]		16	9
Peso Bruto Unidade Externa [kg]		37	27
Diâmetro da Tubulação (linha de líquido) [mm]	3/8" (9,52)	6,35(1/4)	6,35(1/4)
Diâmetro da Tubulação (linha de gás) [mm]	5/8" (15,88)	12,70(1/2)	9,52(3/8)
Comprimento Máximo da Linha [m]		20	15
Desnível máximo [m]		10	7
Código de Barras (unidade interna)		7893299618857	7893299609800
Código de Barras (unidade externa)		7893299618864	7893299609817



**Split Libero E+, 22.000 BTU/h, Frio** **Split Libero E+, 17.000 BTU/h, Frio** **Split Libero E+, 12.000 BTU/h, Frio**

AS-Q242CSA1

AS-Q182CSA1

LG US-Q122BSZ2

#### CAPACIDADE

Ciclo	Frio	Frio	Frio
Capacidade de Refrigeração [BTU/h]	22,000	17,000	12,000

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Tensão, Frequência, Fases [V, Hz, ph]	220/60/1	220/60/1	220/60/1
Potência em Refrigeração [W]	1990	1,538	1085
Corrente em Refrigeração [A]	9.2	7.0	5,08
Consumo Mensal de Energia (com base no ciclo normatizado pelo INMETRO, de 1 hora por dia por mês) [kWh/Mês]	41,8	32,3	22,8
EER [W/W]	3.24	3.24	3,24
Classificação Energética	A	A	A
Vazão de Ar Unidade Interna (máxima) [m³/min]	19.5(689)	17.8(629)	10
Vazão de Ar Unidade Externa (máxima) [m³/min]	50(1,766)	38(1342)	27
Nível de Ruído Unidade Interna (alta/média/baixa/mínima) [dB(A)]	45/40/35/29		39/33/25/19
Nível de Ruído Unidade Externa (máxima) [dB(A)]	53	42/40/35/29	47
Desumidificação [l/h]	1.9		0,95
Faixa de Temperatura Externa para Refrigeração [°C]	18-48	18-48	18-48

#### CARACTERÍSTICAS

Tecnologia (tipo)	Inverter	Inverter	Inverter
Acabamento	Branco	Branco	Branco
Gold Protection	Sim	Sim	Sim
Função Energy Saving	Sim	Sim	Sim
Jet Cool (resfriamento rápido)	Sim	Sim	Sim
Modo Sleep (até 7 horas)	Sim	Sim	Sim
Timer (até 24 horas)	Sim	Sim	Sim
Modo Soft Dry (suavemente seco)	Sim	Sim	Sim
Tecnologia CHAOS (brisa natural)	Sim	Sim	Sim
Deflexão de Ar Acima e Abaixo	Automático	Automático	Automático
Deflexão de Ar Direita e Esquerda	Manual	Manual	Manual
Controle Remoto	Sim	Sim	Sim
Compressor	Inverter	Inverter	Inverter
Gás Refrigerante	R-410A	R-410A	R-410A
Faixa de Ajuste de Temperatura (refrigeração) [°C]	18-30	18-30	18-30
Filtro Multiproteção LG com Tecnologia 3M			Sim
Proteção anticorrosão			Sim
Controle do Ventilador (modo refrigeração)	4	4	
Controle do Ventilador (modo ventilação)	3	3	

#### DIMENSÕES

Dimensões Unidade Interna (LxAxP) [mm]	1030 x 325 x 250	1030 x 325 x 250	885 x 285 x 210
Dimensões Unidade Externa (LxAxP) [mm]	870 x 655 x 320	770 x 545 x 288	717 x 483 x 230
Peso Líquido Unidade Interna [kg]	17(37.5)	14(30.86)	9
Peso Líquido Unidade Externa [kg]	43(94.79)	34(74.96)	26
Embalagem Unidade Interna (LxAxP) [mm]	1168 x 258 x 390	1168 x 258 x 390	973 x 284 x 389
Embalagem Unidade Externa (LxAxP) [mm]	1022 x 716 x 437	920 x 585 x 388	837 x 531 x 327
Peso Bruto Unidade Interna [kg]			11
Peso Bruto Unidade Externa [kg]			27
Diâmetro da Tubulação (linha de líquido) [mm]	6,35(1/4)	6,35(1/4)	6,35

Diâmetro da Tubulação (linha de gás) [mm]	15.88 (5/8)	12.70(1/2)	9,52(3/8)
Comprimento Máximo da Linha [m]	20	20	15
Desnível máximo [m]	10	10	7
Código de Barras (unidade interna)	7893299614699	7893299618765	7893299612787
Código de Barras (unidade externa)	7893299614705	7893299618772	7893299612800



**Split Libero E+, 8.500 BTU/h, frio**  
AS-Q092WSA0

#### CAPACIDADE

Ciclo	Frio
Capacidade de Refrigeração [BTU/h]	8,500

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Tensão, Frequência, Fases [V, Hz, ph]	220/60/1
Potência em Aquecimento [W]	769
Corrente em Refrigeração [A]	4.0
Consumo Mensal de Energia (com base no ciclo normalizado pelo INMETRO, de 1 hora por dia por mês) [kWh/Mês]	16,1
EER [W/W]	3.24
Classificação Energética	A
Vazão de Ar Unidade Interna (máxima) [m³/min]	8(283)
Vazão de Ar Unidade Externa (máxima) [m³/min]	27(953)
Nível de Ruído Unidade Interna (alta/média/baixa/mínima) [dB(A)]	39/33/25/19
Nível de Ruído Unidade Externa (máxima) [dB(A)]	47
Desumidificação [l/h]	1.0
Faixa de Temperatura Externa para Refrigeração [°C]	18-48

#### CARACTERÍSTICAS

Tecnologia (tipo)	Inverter
Acabamento	Branco
Gold Protection	Sim
Função Energy Saving	Sim
Jet Cool (resfriamento rápido)	Sim
Modo Sleep (até 7 horas)	Sim
Modo Soft Dry (suavemente seco)	Sim
Tecnologia CHAOS (brisa natural)	Sim
Deflexão de Ar Acima e Abaixo	Automático
Deflexão de Ar Direita e Esquerda	Manual
Controle Remoto	Sim
Compressor	Inverter
Gás Refrigerante	R-410A
Faixa de Ajuste de Temperatura (refrigeração) [°C]	18-30

#### DIMENSÕES

Dimensões Unidade Interna (LxAxP) [mm]	756 x 265 x 184
Dimensões Unidade Externa (LxAxP) [mm]	717 x 483 x 230
Peso Líquido Unidade Interna [kg]	7.2(15.9)
Peso Líquido Unidade Externa [kg]	23.2(51.1)
Embalagem Unidade Interna (LxAxP) [mm]	835 x 250 x 346
Embalagem Unidade Externa (LxAxP) [mm]	837 x 531 x 317
Diâmetro da Tubulação (linha de líquido) [mm]	6,35(1/4)
Diâmetro da Tubulação (linha de gás) [mm]	9,52(3/8)
Desnível máximo [m]	7
Código de Barras (unidade interna)	7893299609749
Código de Barras (unidade externa)	7893299609756