

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA**

**LUCIAN CAMPOS DOS SANTOS**

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA AUMENTO  
DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA ESCOLA ESTADUAL DO  
CENTRO DE MANAUS**

**MANAUS**

**2019**

**LUCIAN CAMPOS DOS SANTOS**

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA AUMENTO  
DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA ESCOLA ESTADUAL DO  
CENTRO DE MANAUS**

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Israel Gondres Torné

Manaus  
2019

**Universidade do Estado do Amazonas – UEA**  
**Escola Superior de Tecnologia - EST**

*Reitor:*

**Prof. Cleinaldo de Almeida Costa**

*Vice-Reitor:*

**Prof. Cleto Cavalcante de Souza Leal**

*Diretor da Escola Superior de Tecnologia:*

**Prof. Ingrid Sammyne Gadelha Figueiredo**

*Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:*

**Prof. Walfredo Lucena da Costa Lucena Filho**

*Banca Avaliadora composta por:*

*Data da defesa: <11/12/2019>*

**Prof. Dr. Israel Gondres Torné**

**Prof. Dr. Daniel Guzman Del Rio**

**Prof. Dr. Edry Antonio Garcia Cisneros**

## **CIP – Catalogação na Publicação**

Santos, Lucian Campos dos

Estudo de viabilidade técnica e econômica para aumento de eficiência energética em uma Escola Estadual no centro de Manaus / Lucian Campos dos Santos; orientado por Israel Gondres Torne. – Manaus: 2019. 81 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2019.

1. Eficiência Energética. 2. Levantamento de carga. 3. Análise do sistema elétrico. 4. Análise tarifária. 5. Iluminação. 6. Climatização. 7. Viabilização econômica de projetos. I. Gondres Torné, Israel.

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA AUMENTO DE  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA ESCOLA ESTADUAL DO CENTRO DE  
MANAUS

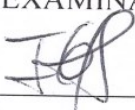
Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

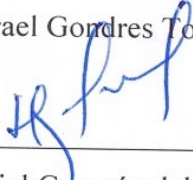
Nota obtida: 8,63


Data aprovação banca: 11/12/2019

Área de concentração: Eficiência Energética.

BANCA EXAMINADORA

  
Orientador: Prof. Dr. Israel Gondres Torné

  
Avaliador: Prof. Dr. Daniel Guzmán del Rio

  
Avaliador: Prof. Dr. Edry Antonio Garcia Cisneros

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho a minha amada prima Amanda Piraice Gomes, que se foi há pouco tempo, mas que em vida me proporcionou grandes momentos de felicidade desde a infância até a vida adulta. Para sempre em meu coração você viverá.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este projeto de pesquisa com saúde e forças para chegar até o final.

Agradeço aos meus pais por sempre me incentivarem e acreditarem que eu seria capaz de superar os obstáculos que a vida me apresentou. Esta monografia é a prova de que os esforços deles pela minha educação não foram em vão e valeram a pena.

Agradeço confiança depositada na minha proposta de projeto pelo professor Dr. Israel Gondres Torné, orientador do meu trabalho. Obrigado por me manter motivado durante todo o processo.

Agradeço à minha namorada que sempre esteve ao meu lado durante todo o meu percurso acadêmico.

Agradeço a família Ampla Energia, que de braços abertos me acolheram quando eu mais precisava e proporcionaram grandes experiências de trabalho que levarei por toda a minha vida.

A todos os meus amigos do curso de graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos para chegar até o final desse curso.

Finalmente, também agradeço à Universidade do Estado do Amazonas e a todos os professores do meu curso pela elevada qualidade do ensino oferecido.

## RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo para aumento da eficiência energética no sistema elétrico da Escola Estadual Profª Eunice Serrano Telles de Souza, realizado a partir do levantamento das cargas instaladas no prédio, análise das faturas de energia elétrica, estudo dos principais fatores de consumo de energia elétrica do prédio, análise do sistema elétrico e verificação dos principais pontos de desperdício de energia elétrica.

Identificados os problemas presentes no sistema elétrico da Escola, são apresentadas propostas para a redução do consumo de energia elétrica no local que são comprovadas através de cálculos viabilidade técnica e econômica, onde são enfatizados os segmentos de iluminação, instalação elétrica predial e climatização que possuem grande influência no consumo de energia elétrica do local.

As propostas apresentadas tornarão o local de estudo mais eficiente energeticamente, evitando desperdício do dinheiro público. Além disso, buscou-se criar a consciência e a necessidade dos alunos em adotar práticas simples que poderiam ajudar na economia de energia elétrica, tanto na escola quanto em suas próprias casas, acreditando que os mesmos sejam semeadores de tudo que lhes foi passado.

Ao todo os resultados obtidos nesse estudo de viabilidade técnica representariam uma redução de R\$54.028,12 com pagamento de fatura de energia elétrica, comprovando a importância da aplicação das propostas apresentadas nesse estudo.

**Palavras-chave:** eficiência energética, levantamento de carga, análise do sistema elétrico, análise tarifária, iluminação, climatização, viabilização econômica de projetos.

## ABSTRACT

This work presents a study to increase energy efficiency in the electrical system of the Prof. Eunice Serrano Telles de Souza State School, carried out from the survey of the loads installed in the building, analysis of electricity bills, study of the main factors of energy consumption of the building, analysis of the electrical system and verification of the main points of waste of electric energy.

Identifying the problems present in the school's electrical system, proposals are presented for the reduction of electricity consumption at the site, which are proven through technical and economic feasibility calculations, where the lighting, building electrical installation and air conditioning segments that have great emphasis are emphasized influence on local electricity consumption.

The proposals presented will make the study site more energy efficient, avoiding waste of public money. In addition, we sought to create awareness and the need for students to adopt simple practices that could help in saving electricity, both at school and in their own homes, believing that they are sowers of everything that was passed to them.

In all, the results obtained in this technical feasibility study would represent a reduction of R \$ 54,028.12 with payment of electricity bills, proving the importance of applying the proposals presented in this study.

**Keywords:** energy efficiency, load lifting, electrical system analysis, tariff analysis, lighting, climatization, economic viability of projects.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etiqueta Padrão para Equipamentos .....	19
Figura 2 – Selo Procel Edificações .....	20
Figura 3 - Fluxo luminoso de uma lâmpada .....	24
Figura 4 – Exemplo de potência ativa .....	28
Figura 5 – Exemplo de potência reativa.....	29
Figura 6 - Representação do triângulo das potências .....	29
Figura 7 - Exemplo de fluxo de caixa.....	36
Figura 8 - Alicate Amperímetro .....	40
Figura 9 - Luxímetro digital.....	41
Figura 10 - Lâmpada Fluorescente Tubular.....	43
Figura 11 - Lâmpadas da Escola.....	44
Figura 12 - Placa de especificação ar condicionado tipo janela 18.000BTU .....	45
Figura 13 - Placa de especificação ar condicionado tipo janela 30.000BTU .....	45
Figura 14 - Placa de especificação ar condicionado tipo split 12.000BTU.....	46
Figura 15 - Imagem de um quadro elétrico com superaquecimento da Escola .....	55
Figura 16 - Cabos saindo da subestação: ressecados, ruídos e já apresentando sinais de que principio de incêndio.....	55
Figura 17 - Estrutura das janelas das salas de aula .....	58
Figura 18 - Isolação de uma instalação do ar-condicionado.....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de Iluminância Médios Recomendados pela NBR ISO/CIE 8995 .....	22
Tabela 2 - Fatores de Manutenção .....	22
Tabela 3 - Faixa do comprimento de onda para o espectro visível.....	23
Tabela 4 - Dados utilizados para obtenção do gráfico de Pareto.....	47
Tabela 5 - Demanda Mensal Escola Estadual Profª Eunice Serrano Telles de Souza .....	49
Tabela 6 - Tabela de valores faturados com a demanda atual contratada .....	50
Tabela 7 - Planilha de valores faturados com a demanda proposta .....	51
Tabela 8 - Comparativo entre as modalidades horo sazonal azul e verde .....	52
Tabela 9 - Comparativo do mês de setembro na modalidade horo sazonal azul com demanda proposta .....	53
Tabela 10 - Comparativo do mês de setembro na modalidade horo sazonal verde com demanda proposta .....	53
Tabela 11 - Panorama atual do sistema de refrigeração da Escola .....	54
Tabela 12 - Panorama atual do sistema de iluminação .....	59
Tabela 13 - Consumo diário com lâmpadas fluorescentes na E.E. Eunice Serrano .....	60
Tabela 14 - Valores de iluminância medidos.....	62
Tabela 15 - Consumo diário com lâmpadas tubulares LED .....	63

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição das cargas instaladas por grupo na E.E. Eunice Serrano .....	47
Gráfico 2 - Gráfico de Pareto .....	48
Gráfico 3 - Gráfico de Demanda Faturada em 12 meses .....	49
Gráfico 4 - Análise da fatura do mês de setembro de 2019.....	65
Gráfico 5 - Histórico da demanda proposta para E.E. Eunice Serrano.....	66
Gráfico 6 - Comparativo entre as modalidades tarifárias.....	67

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>1 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
1.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	16
1.1.1 Norma Internacional de Gestão de Energia.....	17
1.1.2 Programas de Eficiência Energética no Brasil.....	18
1.2 ILUMINAÇÃO .....	20
1.2.1 Eficiência Luminosa (EL) de uma Fonte .....	21
1.2.2 Fator de Utilização (Fu) .....	21
1.2.3 Luminância (L) .....	21
1.2.4 Iluminância (E) .....	21
1.2.5 Fator de Manutenção (Fm) .....	22
1.2.6 Índice de Reprodução de Cor (IRC).....	23
1.2.7 Espectro Eletromagnético .....	23
1.2.8 Fluxo Luminoso ( $\phi$ ).....	23
1.3 TIPOS DE LÂMPADAS.....	24
1.3.1 Fluorescentes.....	24
1.3.2 Halógenas.....	24
1.3.3 Dicroicas .....	25
1.3.4 Vapor de mercúrio .....	25
1.3.5 De sódio, baixa pressão .....	25
1.3.6 De sódio, alta pressão .....	25
1.3.6 Mista.....	25
1.3.7 Fluorescentes compactas .....	26
1.3.8 LED .....	26
1.4 MEDIDAS PARA AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO .....	26
1.5 CLIMATIZAÇÃO.....	27
1.5.1 Definição de Condicionamento de Ar .....	27
1.5.2 Conforto Térmico .....	27
1.5.3 Importância do sistema de ar-condicionado em uma instalação.....	27
1.6 ESTUDO DO FATOR DE POTÊNCIA .....	28
1.6.1 Potência Ativa, Reativa e Aparente .....	28
1.6.2 Definição de fator de potência .....	30

<b>1.6.3 Problemas ocasionados pelo baixo fator de potência .....</b>	<b>30</b>
<b>1.6.4 Principais causas do baixo fator de potência .....</b>	<b>30</b>
<b>1.6.5 Métodos para correção do baixo fator de potência e seus benefícios.....</b>	<b>31</b>
<b>1.7 ANÁLISE TARIFÁRIA.....</b>	<b>31</b>
<b>1.7.1 Definições e Conceitos .....</b>	<b>32</b>
<b>1.7.2 Classificação dos consumidores.....</b>	<b>33</b>
<b>1.7.3 Estrutura Tarifária .....</b>	<b>34</b>
<b>1.7.4 Enquadramento Tarifário.....</b>	<b>35</b>
<b>1.8 VIABILIZAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS.....</b>	<b>36</b>
<b>1.8.1 Fluxo de Caixa .....</b>	<b>36</b>
<b>1.8.2 Valor presente líquido (VPL) .....</b>	<b>37</b>
<b>1.8.3 Tempo de retorno de capital (TRC) .....</b>	<b>37</b>
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>39</b>
<b>2.1 LEVANTAMENTO DAS CARGAS INSTALADAS.....</b>	<b>39</b>
<b>2.2 ANÁLISES DA FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA.....</b>	<b>40</b>
<b>2.3 COLETA DE DADOS .....</b>	<b>41</b>
<b>2.4 ANÁLISES DE VIABILIDADE ECONÔMICA .....</b>	<b>42</b>
<b>3 IMPLEMENTAÇÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>65</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE A – Tabela de dados obtidos no levantamento de carga da Escola .....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO A – Planilha elaborada para o levantamento de carga.....</b>	<b>81</b>

## INTRODUÇÃO

A energia elétrica mostrou-se ao longo da história como um elemento indispensável para o desenvolvimento econômico e para a qualidade de vida de qualquer nação.

O aumento do consumo acaba refletindo diretamente na necessidade cada vez maior de geração e obtenção de novas fontes de energia. Entretanto, apenas aumentar a geração de energia elétrica de forma desenfreada não é a solução para atender a crescente demanda, pois percebe-se que há muito desperdício e uso ineficiente da energia já gerada.

Diversos países no mundo já adotaram normas e certificações energéticas visando melhorar o desempenho energético. Em 2001, no Brasil, o país passou por uma crise de abastecimento no setor elétrico denominada “Crise do Apagão”. Nesta época o país passou por longo período de estiagem, reduzindo a contribuição energética advinda pelas hidrelétricas para o sistema – responsável naquela época por 72,9% da matriz brasileira (BARDELIN, 2004).

Após a crise, diferentes ações destinadas à promoção da eficiência energética têm mostrado progressos significantes. O Brasil é identificado por ser um dos precursores do desenvolvimento de alternativas energéticas eficientes, além da implantação de instrumentos que possibilitam a utilização da energia de forma correta, não somente para edifícios públicos, mas em toda a conjuntura de produção e consumo de energia em nível nacional (TOLMASQUIM, 2012).

O uso eficiente de energia elétrica trás para o consumidor redução de gastos com consumo de energia elétrica, melhoria dos sistemas presentes em sua instalação elétrica, além de uma imagem associada à preservação da natureza, o que é muito valorizado atualmente.

Segundo a Secretaria de Estado de Educação, SEDUC, o Estado do Amazonas possui atualmente cerca de 400 mil estudantes matriculados em todas as 595 escolas que estão distribuídas entre a capital e todos os municípios do Estado. A grande maioria delas é equipada com ar-condicionado, sistema de iluminação, computadores e outros equipamentos que consomem energia elétrica diariamente.

No passado, todas essas escolas possuíam apenas ventiladores e equipamentos que consumiam pouca energia. Com o passar dos anos todas foram recebendo melhorias, inclusive com a instalação de ar-condicionado e equipamentos que ajudassem a excelência do ensino tais como as lousas digitais, computadores, etc.

Atualmente, muitas dessas escolas não possuem instalações elétricas prediais adequadas para suportar a demanda de carga, haja visto que várias possuem prédios antigos dos quais os sistemas elétricos foram projetados há muito tempo sem o devido cuidado com possíveis alterações futuras, como por exemplo, a troca de ventiladores por ar-condicionado. Tudo isso acaba não só gerando risco de acidentes, como também o aumento considerável do consumo de energia.

É importante destacar ainda que, de forma geral, os usuários de edifícios públicos apresentam certa despreocupação em relação ao uso correto da energia, visto que as despesas com energia elétrica estão envolvidas com o custeio das instituições aos cofres públicos.

Dentro desse contexto, o presente trabalho visa apresentar um estudo para aumento da eficiência energética no sistema elétrico da Escola Estadual Prof<sup>a</sup> Eunice Serrano Telles de Souza a partir coleta e análise de dados dos parâmetros energéticos para estudo e verificação dos problemas existentes no sistema elétrico, além de cálculos que comprovem a viabilidade técnica e econômica das soluções a serem propostas para a eliminação das dificuldades a serem encontradas, enfatizando os segmentos de iluminação, instalação elétrica predial e climatização que possuem grande influência no consumo de energia elétrica.

O problema que esse trabalho se propõe a resolver é a ausência de um estudo integrado sobre eficiência energética nessa Escola que apresente propostas para o grande consumo de energia no local.

Esse trabalho tem como hipótese de que é possível o estudo de viabilidade técnica e econômica para aumento da eficiência energética nessa Escola por meio da análise do sistema elétrico da Escola, a partir do levantamento das cargas instaladas, análise das faturas de energia elétrica e estudo dos equipamentos de fornecimento de energia elétrica da mesma, avaliando as principais dificuldades existentes nesse sistema e realizando cálculos técnicos e de avaliação econômica sobre os investimentos que poderão ser feitos no sistema elétrico dessa Escola.

Para isso estabeleceu-se como objetivo geral apresentar um estudo de viabilidade técnica e econômica para aumento de eficiência energética na Escola, através da análise dos parâmetros elétricos, realizando levantamento das cargas instaladas, estudo da instalação elétrica, bem como do sistema de iluminação e climatização predial da Escola para a identificação de possíveis problemas existentes e ao final propor soluções de eficiência energética comprovadas através da apresentação de cálculos técnicos e econômicos.

Os objetivos específicos são realizar o levantamento das cargas instaladas no prédio, análise das faturas de energia elétrica, estudo dos principais fatores de consumo de energia

elétrica do prédio, análise do sistema elétrico e verificação dos principais pontos de desperdício de energia elétrica. Além de apresentar propostas para redução do consumo de energia elétrica do prédio e demonstrar a viabilidade econômica de cada proposta por meio da análise de investimentos que consiste nos principais métodos de avaliação de projetos em eficiência energética.

O presente projeto se justifica pela necessidade, na Escola Estadual Eunice Serrano, de um estudo que vise o aumento da eficiência energética para uma consequente redução dos custos com gastos públicos em energia elétrica que essa Escola gera mensalmente, buscando provar a viabilidade econômica do melhor aproveitamento dessa energia além de conscientizar alunos e funcionários sobre seu uso racional e a contribuição com a questão ambiental que é tão importante atualmente.

Além dos motivos mencionados o referente estudo envolve a utilização de vários conceitos estudados nas disciplinas de Engenharia Elétrica, tais como: Circuitos Elétricos I e II, Conversão de Energia, Máquinas Elétricas, Eletrônica de potência, Eletromagnetismo, Eficiência Energética, Física III e IV, Instalações Elétricas e Introdução a Economia.

O presente trabalho encontra-se dividido em quatro capítulos.

A primeira seção está destinada ao referencial teórico, importante para compreensão dos itens abordados no trabalho, dando ênfase a conceitos de eficiência energética, iluminação, climatização, análise tarifária e viabilização de projetos.

A segunda seção é a metodologia, nela serão descritas as etapas que serão seguidas para o desenvolvimento do projeto: o tipo de pesquisa, método utilizado, quais os procedimentos técnicos e os equipamentos utilizados, levantamento de carga instalada, análise das tarifas de energia elétrica e cálculos sobre a viabilidade econômica do projeto.

A terceira seção está destinada à implementação, nela será descrita a execução dos passos da metodologia.

A quarta seção está destinada a análise e interpretação dos resultados, onde serão descritas as informações sobre os valores da possível redução do consumo de energia elétrica com a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED, por exemplo. Por fim, apresenta-se a conclusão, nela é feita uma relação entre o que foi pretendido e o que se obteve.



## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentadas as principais informações que tangem a elaboração do trabalho, onde são mostrados conceitos sobre eficiência energética, componentes da tarifa de energia elétrica, eficiência na área de iluminação, climatização e avaliação econômica de investimentos.

### 1.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Patterson (1996) destaca o entendimento de “eficiência energética” como um processo associado a um menor uso de energia por cada unidade de produção. Assim, mais relevante é a apuração de indicadores que expressem a variação na eficiência energética. Esses indicadores são em geral agrupados em quatro categorias principais, a saber:

- Termodinâmicos: baseados inteiramente na ciência da termodinâmica, indicam a relação entre o processo real e o ideal quanto á necessidade de uso de energia;
- Físicos-termodinâmicos: consideram a quantidade de energia requerida em unidades termodinâmicas, mas as saídas (produtos) são expressas em unidades físicas;
- Econômicos-termodinâmicos: têm como referência a energia requerida em unidades termodinâmicas, mas os produtos são expressos em unidades econômicas (valores monetários)
- Econômicos: tanto a energia requerida como os produtos são expressos em grandezas econômicas.

Hordeski (2005) descreve o termo eficiência como a capacidade de equipamentos que operam em ciclos ou processos produzirem os resultados esperados. Por outro lado, o conceito apresentado pela International Energy Agency (IEA, 2007) – de que eficiência energética é a obtenção de serviços energéticos, como produção, transporte e calor, por unidade de energia utilizada, como gás natural, carvão ou eletricidade – é análogo ao apresentado por Rasnkin et al. (2002), que utiliza o termo “atividade” para relacionar o uso de energia, ou melhor, a necessidade de sua redução.

Aumentar a eficiência energética significa reduzir o consumo de energia primária necessário para a produção de um determinado serviço. A redução pode ocorrer em qualquer etapa do processo de produção. Pode também ocorrer devido à substituição de uma forma de energia por outra no uso final conforme relatório do INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (2013).

Segundo Nogueira (2007), “a racionalização do uso da energia possibilita melhor qualidade de vida, gerando conseqüentemente, crescimento econômico, emprego e competitividade. Uma política de ação referente à eficiência energética tem como meta o emprego de técnicas e práticas capazes de promover o uso inteligente da energia, reduzindo custos e produzindo ganhos de produtividade e de lucratividade, na perspectiva do desenvolvimento sustentável”.

Para este projeto, será definido o conceito de que eficiência energética é a relação entre a quantidade final utilizada e de um bem produzido ou serviço realizado. Dentro dessa conceituação, eficiência está associada à quantidade efetiva de energia utilizada e não à quantidade mínima teoricamente necessária para realizar um serviço. Em outras palavras é obter o melhor desempenho na produção de um serviço com o menor gasto de energia.

### **1.1.1 Norma Internacional de Gestão de Energia**

A ABNT NBR ISO 50001: 2018 - Sistemas de gestão de energia - Requisitos com orientação para uso, transformou o desempenho energético das organizações em todo o mundo quando foi publicado pela primeira vez em 2011, dando-lhes uma ferramenta estratégica para usar sua energia de forma mais eficiente e eficaz. Ela fornece uma estrutura para gerenciar o desempenho e abordar os custos de energia, ao mesmo tempo em que ajuda as empresas a reduzir seu impacto ambiental para atender às metas de redução de emissões.

Esta norma acaba de ser revisada, tornando-se ainda mais eficaz para enfrentar os desafios energéticos do mundo. Seu objetivo é permitir que as organizações determinem os sistemas e processos necessários para melhorar de forma contínua o desempenho energético. Isso oferece as organizações estratégias e técnicas de eficiência energética, de redução de custos e diminuição das emissões de gases e outros impactos ao meio ambiente através do gerenciamento sistemático da energia. Outro ponto positivo é a comunicação com transparência sobre gestão de recursos energéticos que serve de referência para comparação com outras empresas, e na medição e documentação quanto à intensidade energética. Também

facilita a integração com outros sistemas de gestão, como por exemplo, ambiental, saúde e segurança.

No início, a Norma tinha como foco a indústria, mas decidiu-se, posteriormente, abranger todas as empresas, independente do tamanho ou da atividade. Visto que, trará uma maior disponibilidade de energia ao mercado, aumentando a competitividade das organizações e um impacto positivo considerável nas mudanças climáticas. As empresas deveram mapear seu perfil energético para atender onde e como a energia está sendo usada, e a partir disso, identificar oportunidades de redução com indicadores de desempenho claros para que seja possível alcançar os resultados esperados (PROGRAMA NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2010).

### **1.1.2 Programas de Eficiência Energética no Brasil**

Em 1984, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) iniciou a discussão com a sociedade sobre a criação de programas de avaliação com foco no desempenho dos equipamentos, com a finalidade de contribuir para a racionalização do uso da energia no Brasil através da prestação de informações sobre a eficiência energética dos equipamentos disponíveis no mercado nacional.

Inicialmente pensado para o setor automotivo, este projeto foi redirecionado, ampliado e ganhou o nome de Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

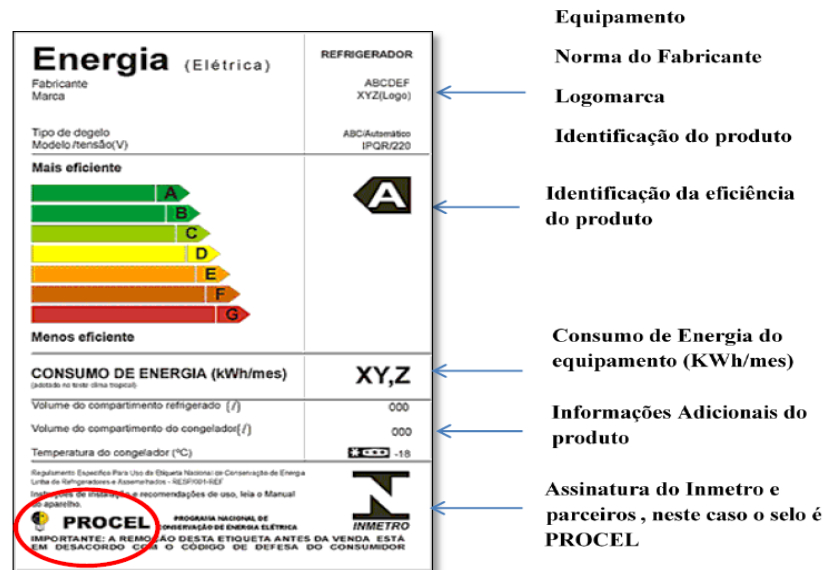
Fazem parte do PBE programas de avaliação da conformidade que utilizam a etiqueta nacional de conservação da energia para prestar informações sobre o desempenho dos produtos no que diz respeito a sua eficiência energética.

Atualmente, o PBE é composto por 38 programas de avaliação de conformidade em diferentes fases de implementação, que contemplam desde a etiquetagem de produtos da linha branca como fogões, refrigeradores e condicionadores de ar até os veículos e as edificações.

Com a adesão voluntária dos fabricantes, o PBE pode contar atualmente um colaborador importante: a Eletrobrás com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), que premia os equipamentos mais eficientes.

A obtenção dos selos de conformidade conforme a figura 1 é realizada somente com base nos dados de consumo obtidos nas medições realizadas pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem, nos laboratórios de referência indicados pelo INMETRO.

Figura 1 – Etiqueta Padrão para Equipamentos



Fonte: (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008)

O objetivo dos programas de eficiência energética são o de promover o uso eficiente da energia 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.

O Brasil, detentor do Programa de Conservação de Energia Elétrica, PROCEL, desde 1985, tendo passado por uma crise energética em 2001, tem várias leis, decretos aplicáveis a prédios públicos e várias iniciativas ministeriais, que buscam a racionalização do consumo de recursos energéticos nos prédios públicos. A busca da eficiência energética nas edificações públicas tem um papel fundamental como política pública tanto como efeito demonstrativo quanto como indutor do mercado. Mais importante ainda, mostra para a sociedade a coerência do governo entre o discurso e a ação. (PLANO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2010).

O PROCEL estimula o uso racional da energia elétrica em edificações desde sua fundação, mas, com a criação do PROCEL EDIFICA, as ações foram aumentando e ficando organizadas com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente.

Através deste criou-se a “Etiqueta PBE Edifica” que classifica de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) a eficiência energética dos edifícios, semelhante a que encontramos em eletrodomésticos e veículos.

Dependendo do critério de desempenho avaliado, a etiqueta recebe nomes diferentes. Quando a principal informação é a eficiência energética do produto ou da edificação, por exemplo, ela se chama Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

Entretanto é mais uma identificação do que um certificado, considerando que ela apenas classifica o desempenho. Qualquer edificação que solicitar a etiqueta pode recebê-la, mesmo tendo um mau desempenho na avaliação.

O Selo Procel Edificações da figura 2 a seguir também faz parte do programa Procel Edifica, mas diferente da etiqueta que apenas classifica, o selo identifica as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria. Assim sendo, só podem receber o selo as edificações que obtiverem ótimo resultado na avaliação do programa; classe A em cada um dos três sistemas analisados.

Figura 2 – Selo Procel Edificações



Fonte: RANGEL, Juliana.

## 1.2 ILUMINAÇÃO

A iluminação é responsável por, aproximadamente, 23% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no setor comercial e serviços públicos e 1% no setor industrial (SANTOS, 2007). Portanto, trata-se de um item fundamental na busca do objetivo central do estudo em questão. Uma simples combinação de lâmpadas, reatores e refletores, associados a conscientização de hábitos saudáveis na sua utilização podem ser aplicados para

reduzir o consumo de energia elétrica. A seguir serão apresentadas as principais definições relacionadas a iluminação (VIANA,2012):

### **1.2.1 Eficiência Luminosa (EL) de uma Fonte**

É o quociente do fluxo luminoso total emitido por uma fonte de luz em lúmens e a potência por ela consumida em Watts. Por exemplo, para uma lâmpada incandescente de 100 W que produz um fluxo luminoso de 1.470 lúmens, possuiu uma EL de 14,7 lm/W; por outro lado, uma lâmpada fluorescente compacta de 23 W, que produz um fluxo luminoso de 1500 lúmens, possuiu uma EL de 65,2 lm/W.

### **1.2.2 Fator de Utilização (Fu)**

É a razão do fluxo utilizado pelo fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas. É um índice da luminária e influi no rendimento desta. Por exemplo, uma luminária para lâmpada fluorescente com fator de utilização de 0,82, com uma lâmpada que produz fluxo luminoso de 3.100 lúmens, fornecerá um fluxo utilizado de 2.542 lúmens.

### **1.2.3 Luminância (L)**

A luminância se refere às percepções visuais e sensações fisiológicas de luz indicando o quanto de energia luminosa pode ser percebida pelo olho humano quando refletida por um objeto. Na indústria de monitores, a luminância é usada para quantificar o brilho dos monitores. Há uma variedade de unidades utilizadas para luminância. A unidade SI para luminância é candela/metro quadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). Diferente da Iluminância, a Luminância é a luz refletida, sendo visível.

### **1.2.4 Iluminância (E)**

É definida como sendo o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada, ou ainda, em um ponto de uma superfície, a densidade superficial de fluxo luminoso recebido. A unidade de medida usual é o lux, definido como sendo a iluminância de uma superfície plana,

de área igual a  $1 m^2$ , que recebe, na direção perpendicular, um fluxo luminoso igual a 1lm, uniformemente distribuído.

Considerando os ambientes de trabalho, a iluminância é definida como iluminância média no plano de trabalho, cujos valores recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 da ABNT estão apresentados na tabela 1:

Tabela 1 - Níveis de Iluminância Médios Recomendados pela NBR ISO/CIE 8995

Tipo de Ambiente, Tarefa ou Atividade	Iluminância (lux)
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos.	500
Sala dos professores.	300
Sala de ensino de computador.	500
Salas de aplicação e laboratórios.	500
Corredores.	100

Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013

### 1.2.5 Fator de Manutenção (Fm)

É a razão da iluminância média no plano de trabalho, após um período de uso, pela iluminância média obtida sob as mesmas condições da instalação nova. Este fator depende do período de uso sem limpeza e do tipo de ambiente (limpo, médio ou sujo), conforme a tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Fatores de Manutenção

Período de Uso Sem Limpeza (meses)	Ambiente Limpo	Ambiente Médio	Ambiente Sujo
0	1,00	1,00	1,00
2	0,97	0,92	0,85
4	0,95	0,87	0,76
6	0,93	0,85	0,70
8	0,92	0,82	0,66
10	0,91	0,80	0,63
12	0,90	0,78	0,61
14	0,89	0,77	0,59
16	0,88	0,76	0,57
18	0,87	0,75	0,56
20	0,86	0,74	0,54

Fonte: MAMEDE, 2010.

### 1.2.6 Índice de Reprodução de Cor (IRC)

O IRC, no sistema internacional de medidas, é um número de 0 a 100 que classifica a qualidade relativa de reprodução de cor de uma fonte, quando comparada com uma fonte padrão de referência da mesma temperatura de cor. O IRC identifica a aparência como as cores dos objetos e pessoas serão percebidas quando iluminados pela fonte de luz em questão. Quanto maior o IRC, melhor será o equilíbrio entre as cores.

### 1.2.7 Espectro Eletromagnético

O espectro eletromagnético contém uma série de radiações, que são fenômenos vibratórios, cuja velocidade ( $v$ ) de propagação é constante e que diferem entre si por sua frequência ( $f$ ) e por seu comprimento de onda ( $\lambda$ ). Tal que  $v = \lambda.f$ . Para o estudo da iluminação, é especialmente importante o grupo de radiações compreendidas entre os comprimentos de onda de 380 e 780 nanômetros (nm), pois elas são capazes de estimular a retina do olho humano.

Tabela 3 - Faixa do comprimento de onda para o espectro visível

Comprimento de onda (nm)	Cor
380 a 436	Violeta
436 a 495	Azul
495 a 566	Verde
566 a 589	Amarelo
589 a 627	Laranja
627 a 780	Vermelho

FONTE: VIANA, A.N.C.

### 1.2.8 Fluxo Luminoso ( $\phi$ )

O conceito de fluxo luminoso é de grande importância para os estudos de iluminação, pois é uma grandeza fotométrica derivada da intensidade luminosa. Ele está contido no fluxo



energético (ou fluxo radiante) e este, por sua vez, é uma energia resultante da radiação (energia radiante). Em síntese, o fluxo luminoso é a quantidade total de luz emitida por uma fonte luminosa em todas as direções capaz de produzir estímulo visual. Esta energia radiante a qual chamamos de fluxo luminoso pode ser quantificada através de uma grandeza chamada de lúmen (lm).

Figura 3 - Fluxo luminoso de uma lâmpada



FONTE: VIANA, A.N.C.

### 1.3 TIPOS DE LÂMPADAS

#### 1.3.1 Fluorescentes

São compostas por um gás ionizado que emite radiação ultravioleta incidindo sobre uma camada fluorescente na superfície dos tubos de vidro e que se transforma em luz visível. As lâmpadas fluorescentes necessitam de um reator para seu funcionamento, é possível encontrar modelos com reatores externos ou integrados. Possuem grande versatilidade em termos de aplicação, podendo ser utilizadas tanto em residências quanto em empresas. Possuem uma vida útil mais elevada se comparada com a lâmpada incandescente (cerca de 7.500 horas) e sua eficiência luminosa é cinco vezes maior: superam os 70 lm/W, porém com uma reprodução de cores inferior (IRC entre 70 e 85).

#### 1.3.2 Halógenas

Essas lâmpadas possuem filamento de tungstênio e trabalham em conjunto com o gás halogênio em tensão de rede (NASCIMENTO, 2013), também permitem uma perfeita reprodução de cores (IRC acima de 95). As lâmpadas halógenas são compactas e, portanto,

adequadas à montagem de vitrines e à decoração em geral. Sua vida útil é de 2.000 horas e admitem o uso de dimmers.

### **1.3.3 Dicroicas**

São os aperfeiçoamentos das lâmpadas halógenas por terem um refletor capaz de concentrar o fecho luminoso e ao mesmo tempo mandar para trás parte do calor emitido. Têm vida útil de cerca de 3.000 horas e elevada reprodução de cores (IRC acima de 95). Podem ser adaptadas a um dimmer.

### **1.3.4 Vapor de mercúrio**

É uma lâmpada de reação (processo semelhante ao das fluorescentes). Seu índice de reprodução de cores é baixo (IRC entre 40 e 60) e sua vida útil em torno de 24.000 h. Emite cerca de 55 lm/W. Utilizada tradicionalmente na iluminação pública, emite luz branca e exige base especial.

### **1.3.5 De sódio, baixa pressão**

É uma lâmpada de reação (processo semelhante ao das fluorescentes), atingindo cerca de 130 lm/W. Sua vida útil é de 14.000 a 24.000 h e possui baixa reprodução de cores (IRC 20). Por ser robusta e relativamente barata, vem sendo largamente empregada na iluminação pública e exige base especial.

### **1.3.6 De sódio, alta pressão**

É uma lâmpada de reação (processo semelhante ao das fluorescentes). Sua vantagem é possuir uma melhor reprodução de cores em relação à de vapor de sódio de baixa pressão, porém sua eficiência e vida útil são menores. Também exigem uma base especial.

### **1.3.6 Mista**

Combina uma incandescente e um tubo de descarga com alta pressão. Funciona em tensão de 220 V, sem reator. Emite cerca de 25 lm/W, com baixa reprodução de cores (IRC 60). Possui vida útil de cerca de 6.000 horas.

### 1.3.7 Fluorescentes compactas

São lâmpadas fluorescentes com o tubo em "U", simples, duplo ou triplo (estes últimos de maior potência) ou ainda na forma circular, com o mesmo formato de bocal das incandescentes comuns (E27). Emitem cerca entre 50 e 70 lm/W, com alta reprodução de cores (ICR entre 80 e 90).

### 1.3.8 LED

Consiste em um material semicondutor que, quando energizado, emite luz visível. Os modelos encontrados comercialmente atingem geralmente entre 80 e 100 lm/W, com vida útil superior a 15.000 horas, podendo variar muito de acordo com cada fabricante. Possuem boa reprodução de cores (IRC entre 80 e 95).

Outros benefícios da lâmpada LED são a variedade de cores, dimensões reduzidas, alta resistência a choques e vibrações, não gera radiação ultravioleta e infravermelha, baixo consumo de energia e pouca dissipação de calor, redução nos gastos de manutenção, permitindo a sua utilização em locais de difícil acesso, possibilidade de utilização com sistemas fotovoltaicos em locais isolados (VIANA, 2012).

## 1.4 MEDIDAS PARA AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Abaixo seguem algumas medidas indicadas para melhorar a eficiência energética de sistemas de iluminação:

- A iluminação dos ambientes deve ser desligada quando não houver a presença de pessoas. Se possível utilizar sensores de presença para ativar a iluminação;
- Evitar o uso de refratores opacos que eleva o índice de absorção dos raios em até 30%;
- Buscar equivalência entre as lâmpadas utilizadas no sistema de iluminação com as lâmpadas LED existentes no mercado e se possível realizar a substituição delas.
- Realizar a limpeza com certa frequência de paredes, do forro e das janelas. Normalmente o projetista da iluminação indica o tempo entre as manutenções.

## 1.5 CLIMATIZAÇÃO

### 1.5.1 Definição de Condicionamento de Ar

Condicionamento de ar é o processo de tratamento do ar, de modo a ajustar simultaneamente a temperatura, a umidade, a pureza e a distribuição (velocidade) de ar, para atender as necessidades de um determinado recinto (CREDER, 2004).

A ABNT através da norma, NBR-6401, estabelece o conceito de que o condicionamento de ar, qualquer que seja a finalidade a que se destine, implica preliminarmente, na limitação entre os seguintes valores pré-estabelecidos das grandezas discriminadas e representativas das condições que devem coexistir nos recintos, no período de tempo em que se considera a aplicação do processo: temperatura do ar termômetro de bulbo seco, umidade relativa do ar, movimentação do ar, grau de pureza do ar, nível de ruído admissível e porcentagem ou volume de renovação do ar.

### 1.5.2 Conforto Térmico

A condição do conforto térmico para um indivíduo se caracteriza pela satisfação deste com as condições térmicas do ambiente onde se encontra. Neste caso, pode-se dizer que existe uma situação de equilíbrio térmico, quando o indivíduo perde para o ambiente a mesma quantidade de calor produzida por seu metabolismo (TRANE, 1980).

Sabe-se que vários fatores influem sobre o conforto térmico do ser humano: temperatura efetiva, geração e controle do calor no corpo humano, calor e umidade perdido pelo corpo, movimentação do ar, ação de superfícies quentes ou frias no espaço ocupado pela pessoa, estratificação do ar, tipo de atividade, idade, sexo, clima, época do ano, roupa, permanência (choque térmico) (MATOS, 2016)

### 1.5.3 Importância do sistema de ar-condicionado em uma instalação

Em uma edificação comercial, o sistema de ar condicionado é responsável por aproximadamente 55% do consumo de energia elétrica, envolvendo as atividades de aquecimento, refrigeração e movimentação do ar. O aumento do custo da energia elétrica tem motivado o desenvolvimento de novas tecnologias para redução do consumo. Para os sistemas

de ar condicionado, têm sido introduzidas tecnologias como sistemas de volume de ar variável (VAV), sistemas de controle com malha fechada para bombas de distribuição de água, com inversores de frequência e controle de desempenho para compressores de refrigeração (SAUER Jr, H.J.; HOWELL, R.H.; COAD, W.J, 2001).

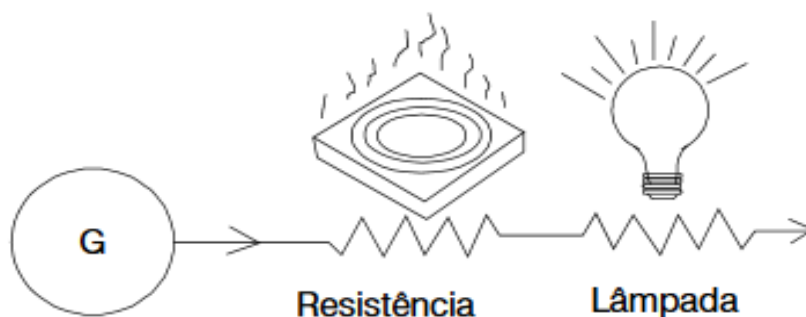
A Escola que será alvo do estudo está instalada em um prédio antigo da década de 80, tendo passado por uma reforma pela última vez no ano de 2004. Com isso, todo o sistema de ar-condicionado da Instituição possui uma instalação que possui mais de 10 anos de utilização. Isso acaba dando margem para outra justificativa de uma atenção especial a esse sistema haja visto que, em termos comparativos, os sistemas atuais chegam a ser 60% mais eficientes, com relação custo-benefício mais favorável quanto à economia de energia e investimento direto (BOLZANI,2004).

## 1.6 ESTUDO DO FATOR DE POTÊNCIA

Considerando o fato de que a potência reativa não produz trabalho útil, porém, deve ser transportada desde a geração até a unidade consumidora, sem que as empresas concessionárias transformem esta energia em receita, a Resolução nº 456 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), de 29 de novembro de 2000 (ANEEL, 2000), estabeleceu em 0,92 o valor mínimo para o fator de potência de referência, indutivo ou capacitivo, das instalações elétricas das unidades consumidoras.

### 1.6.1 Potência Ativa, Reativa e Aparente

Figura 4 – Exemplo de potência ativa

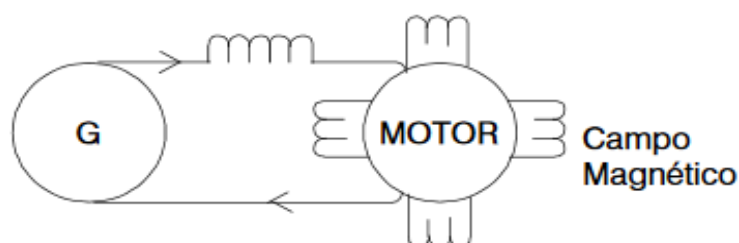


Fonte: WEG INDÚSTRIAS S.A

**Potência ativa:** a figura 4 mostrada anteriormente é um exemplo dessa potência que efetivamente realiza trabalho gerando calor, luz, movimento, etc. É medida em kW. Ou ainda podendo ser definida como a transformação de energia elétrica em qualquer forma de energia útil, como, por exemplo: luminosa, térmica, entre outras, sem a necessidade de uma transformação intermediária de energia (FRANCHI, 2008).

**Potência Reativa:** é a energia intermediária necessária para qualquer equipamento, como, por exemplo: motores, transformadores, reatores, capacitores, entre outros (FRANCHI, 2008). Também podendo ser definida como a potência usada apenas para criar e manter os campos eletromagnéticos das cargas indutivas (WEG INDÚSTRIAS S.A., 2009). É medida em kVAr. A figura 5 ilustra esta definição.

Figura 5 – Exemplo de potência reativa

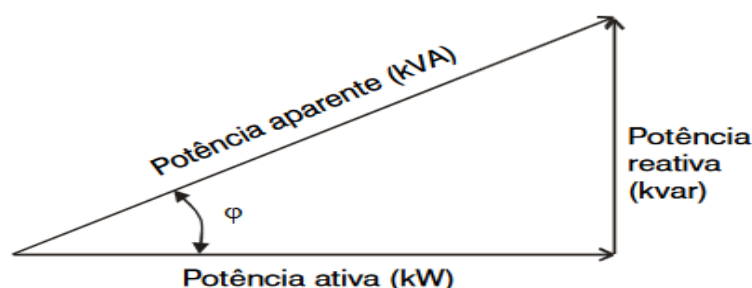


Fonte: WEG INDÚSTRIAS S.A

Assim, enquanto a potência ativa é sempre consumida na execução de trabalho, a potência reativa, além de não produzir trabalho, circula entre a carga e a fonte de alimentação, ocupando um espaço no sistema elétrico que poderia ser utilizado para fornecer mais energia ativa (WEG INDÚSTRIAS S.A., 2009)

**Potência aparente:** A potência aparente  $S$  é a soma fasorial da potência ativa  $P$  com a potência reativa  $Q$ , conforme o triângulo das potências apresentado a seguir.

Figura 6 - Representação do triângulo das potências



Fonte: WEG INDÚSTRIAS S.A

### 1.6.2 Definição de fator de potência

Em síntese, e em termos qualitativos, o fator de potência é um índice adimensional que representa a energia ativa perante a energia total (aparente e reativa) absorvida por um equipamento (ou uma instalação), com esse valor alternando entre 0 (zero) e (um) indutivo ou capacitivo (SILVA, 2009).

Matematicamente, o fator de potência pode ser definido como a relação entre o comportamento ativo da potência e o valor total desta mesma potência (MAMEDE,2010), conforme a equação 1 abaixo:

$$F_p = \frac{P}{S} \quad (1)$$

Sendo:

$F_p$  – Fator de potência da carga, adimensional;

$P$  – Potência ativa, Watts (W);

$S$  – Potência aparente ou potência total da carga, VA

### 1.6.3 Problemas ocasionados pelo baixo fator de potência

Os problemas clássicos associados a um baixo fator de potência são (CODI, 2004):

- Favorecimento à ocorrência de sobrecargas na rede elétrica;
- Aumento das perdas de energia em condutores, em decorrência da circulação de maiores parcelas de correntes de natureza reativa;
- Redução dos níveis de tensão, principalmente em pontos mais distantes da origem da alimentação elétrica, devido às quedas de tensão originadas nos circuitos pela circulação de maiores níveis de corrente;
- Comprometimento de parcela da capacidade dos transformadores e alimentadores apenas para suprimento da energia reativa (subutilização do sistema elétrico);

### 1.6.4 Principais causas do baixo fator de potência

A seguir estão descritas as principais causas de um baixo fator de potência em uma instalação elétrica (MAMEDE, 2010):

- Motores superdimensionados para as máquinas a eles acoplados;
- Grande número de reatores de baixo fator de potência suprimindo lâmpadas de descarga (lâmpadas fluorescentes, vapor de mercúrio, etc.);
- Equipamentos eletrônicos, instalação de ar-condicionado, etc.

### **1.6.5 Métodos para correção do baixo fator de potência e seus benefícios**

Basicamente, há três métodos passíveis de utilização para a correção do fator de potência (CEMIG, 1997), (COTRIM, 2008):

- Aumento do consumo de energia reativa;
- Utilização de motores síncronos de energia ativa;
- Utilização de banco de capacitores.

A instalação de capacitores em paralelo com a carga é a solução mais empregada na correção do fator de potência em instalações industriais, comerciais e do sistema de distribuição e de potência, a fim de reduzir a potência reativa demandada à rede e que os geradores da concessionária deveriam fornecer na ausência destes capacitores, uma vez que estes fornecem energia reativa ao sistema elétrico onde estão ligados (ANICETO, 2016). É o método mais econômico e o que permite maior flexibilidade de aplicação (MONTENEGRO, 2012). Estes capacitores podem ser instalados na entrada ou então próximos às cargas individuais, reduzindo as perdas e aumentando a capacidade disponível no sistema, bem como melhorar o nível de tensão (DUAILIBE, 2000).

Os benefícios para a correção do baixo fator de potência são (ANICETO, 2016): redução significativa do custo de energia e aumento da eficiência energética, melhor aproveitamento da capacidade dos transformadores, diminuição do custo de geração e consequente aumento da capacidade de geração para atender mais consumidores.

## **1.7 ANÁLISE TARIFÁRIA**

Entender a maneira como é cobrada a energia elétrica e como são realizados os cálculos dos valores apresentados nas contas de energia elétrica é decisivo para a tomada de decisão em projetos de eficiência energética. Através da análise das informações de consumo de (kWh) e demanda (kW), contidas nas faturas de energia elétrica, é possível estudar a relação entre hábitos e consumo de qualquer instalação e verificar, por exemplo, se a relação



contratual está adequada a instalação. A resolução 414 da ANEEL de 9 de setembro de 2010 e outras resoluções que a complementam são os documentos que estabelecem as condições gerais de fornecimento de energia elétrica no Brasil.

### **1.7.1 Definições e Conceitos**

É necessário conhecer alguns conceitos e definições para a realização de uma análise tarifária (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2010):

Consumo de energia elétrica é a quantidade de potência elétrica consumida em um período de tempo, podendo ser medida em quilowatt-hora (kWh) ou em megawatt-hora (MWh).

Demanda é a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reactivo (kVar).

Demanda contratada é a demanda de potência ativa a ser obrigatoriamente e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

Demanda de ultrapassagem é a parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa em quilowatts (kW).

Demanda faturável é o valor da demanda de potência ativa, considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em (kW).

Demanda medida é a maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 minutos durante o período de faturamento expressa em (kW).

Energia elétrica é o produto da potência elétrica pelo intervalo de tempo de utilização de um equipamento ou de funcionamento de uma instalação (residencial, comercial ou industrial).

Fatura de energia elétrica é a nota fiscal que apresenta o valor dos serviços utilizados pelo consumidor em determinado período de faturamento.

Horário de ponta é o período de 3 (três) horas consecutivas exceto sábados, domingos e feriados nacionais, definido pela concessionária, em função das características de seu sistema elétrico. No Amazonas esse horário definido pela concessionária é de 20 horas às 23 horas e nesse horário o custo de demanda e consumo são elevados.

Horário fora de ponta corresponde às demais 21 horas do dia, que não sejam às referentes ao horário de ponta.

Período seco é o período normalmente de poucas chuvas compreendido pelos meses de maio a novembro (7 meses). As tarifas são mais elevadas durante esse período.

Período úmido é o período compreendido pelos meses de dezembro a abril (5 meses). É, geralmente, o período com mais chuvas.

Potência é a quantidade de energia elétrica solicitada por um aparelho em seu funcionamento.

Tarifa é o preço da unidade de energia elétrica e da demanda de potência ativa. No Amazonas é cobrada em quilowatt-hora, mas em alguns lugares do Brasil é cobrada em megawatt-hora.

Tarifa binômia é o conjunto de tarifas de fornecimento aplicadas ao grupo A, composto por preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica (kWh) e à demanda faturável (kW).

Tarifa monômia é a tarifa de fornecimento de energia elétrica aplicada ao grupo B (baixa tensão), constituída por preços aplicáveis unicamente ao consumo de energia elétrica ativa (kWh).

### 1.7.2 Classificação dos consumidores

No Brasil, as unidades consumidoras são classificadas em dois grupos tarifários: **grupo A**, que tem tarifa binômia e **grupo B**, que tem tarifa monômia. O agrupamento é definido em função do nível de tensão em que são atendidos e também em função da demanda (kW).

Os consumidores atendidos em alta tensão, acima de 2,3 kV, como indústrias, *shopping centers* e alguns edifícios comerciais, são classificados no grupo A.

Esse grupo é subdividido de acordo com a tensão de atendimento, como mostrado a seguir.

Subgrupo A1 - para o nível de tensão de 230 kV ou mais;

Subgrupo A2 - para o nível de tensão de 88 kV a 138 kV;

Subgrupo A3 - para o nível de tensão de 69 kV;

Subgrupo A3a - para o nível de tensão de 30 kV a 44 kV;

Subgrupo A4 - para o nível de tensão de 2,3 kV a 25 kV;

Subgrupo AS - tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

As unidades consumidoras atendidas em tensão abaixo de 2,3 kV são classificadas no grupo B. Em geral, estão nesta classe as residências, lojas, agências bancárias, pequenas oficinas, edifícios residenciais e grande parte dos edifícios comerciais que na sua maioria são atendidos nas tensões de 127 ou 220 volts.

O grupo B é dividido em subgrupos, de acordo com a atividade do consumidor, conforme apresentados a seguir:

Subgrupo B1 – residencial e residencial baixa renda;

Subgrupo B2 – rural e cooperativa de eletrificação rural;

Subgrupo B3 – demais classes;

Subgrupo B4 – iluminação pública.

### 1.7.3 Estrutura Tarifária

Estrutura tarifária é o conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativa, de acordo com a modalidade de fornecimento.

No Brasil, as tarifas do grupo A possuem três modalidades de fornecimento que são:

**Modalidade tarifária convencional** - essa modalidade exige um contrato onde o consumidor assina um contrato específico com a concessionária, no qual se pactua um único valor de demanda (demanda contratada) independente da hora do dia.

Os consumidores do grupo A subgrupos A3a, A4 ou AS, podem ser enquadrados na estrutura tarifária Convencional quando a demanda contratada for inferior a 300 kW.

A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo, a demanda e, caso exista, a demanda de ultrapassagem.

**Modalidade tarifária horo sazonal verde** - essa modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária, no qual se pactua a demanda pretendida pelo consumidor, independentemente da hora do dia.

A opção de enquadramento na estrutura tarifária verde somente é possível para as unidades consumidoras do grupo A, subgrupos A3a, A4 e AS.

A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo (na ponta e fora dela), a demanda e a demanda de ultrapassagem.

**Modalidade tarifária horo sazonal azul** - essa modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária, no qual se pactua tanto o valor da demanda

pretendida pelo consumidor no horário de ponta (demanda contratada na ponta) quanto o valor pretendido nas horas fora de ponta (demanda contratada fora de ponta).

Aos consumidores dos subgrupos A1, A2 ou A3, é obrigatório o enquadramento na estrutura tarifária horo sazonal azul é opcional para os consumidores dos subgrupos A3a, A4 e AS.

A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta pela soma de parcelas referentes ao consumo e demanda e, caso exista, ultrapassagem. Em todas as parcelas observa-se a diferenciação entre hora de ponta e hora fora de ponta.

Em todas as modalidades se a demanda medida ultrapassar em 10% o valor da demanda contratada, paga-se demanda de ultrapassagem que corresponde a duas vezes o valor da tarifa de demanda.

#### 1.7.4 Enquadramento Tarifário

O enquadramento tarifário correto pode minimizar custos evitando cobranças desnecessárias para os consumidores, por isso é sempre conveniente verificar se a demanda contratada é a correta, pois valores errôneos de contratação de demanda podem trazer enormes prejuízos, uma vez que se a demanda real for muito maior do que a contratada, o consumidor pagará uma multa por ultrapassagem. Por outro lado, se a demanda contratada for maior do que o necessário o consumidor pagará por uma demanda que não está sendo utilizada.

Segundo o Manual de Tarifação de Energia Elétrica da PROCEL o valor da demanda contratual não deve ser maior que o resultado calculado a partir da equação 2 abaixo:

$$Demanda\ Contratual = \frac{D_{m\acute{a}x}}{K} \quad (2)$$

Onde:

$D_{m\acute{a}x}$  - Demanda Máxima Medida no Período de Análise

$K = 1,1$  – Constante que representa o valor máximo de demanda permitida já acrescido dos 10% de tolerância previsto na legislação.

## 1.8 VIABILIZAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS

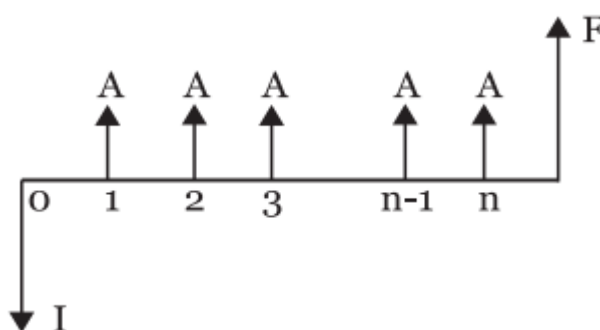
As decisões de investimento de alternativas e projetos de economia e uso eficiente da energia passam, necessariamente, por uma análise de viabilidade econômica. Tais questões podem se apresentar de duas formas diferentes: ou deseja-se decidir sobre a escolha entre duas alternativas mutuamente excludentes, ou deseja-se conhecer a economicidade de uma dada alternativa (VIANA, 2012).

Na análise, utiliza-se de métodos econômicos que permitem traduzir a atratividade de um investimento. Dentre os métodos utilizados, destacam-se o valor presente líquido (VPL) e o tempo de retorno de capital (TRC). Além disso, é importante frisar que para a execução de tais análises também procura-se moldar o problema real em uma forma padrão denominada fluxo de caixa que, assim como os métodos anteriores, será explanado a seguir:

### 1.8.1 Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa é uma maneira simplificada de se representar graficamente as receitas e as despesas de um projeto ao longo do tempo. Nesta modelagem, tudo o que for ganho, benefício, receita e semelhantes, é representado por uma seta apontando para cima. Por outro lado, tudo o que for gasto, despesa, investimento, custo e outros são representados por uma seta para baixo. A figura 7 a seguir apresenta um fluxo de caixa onde foi feito um investimento  $I$  no instante zero (seta para baixo) que resultará em um retorno anual  $A$  (seta para cima) durante  $n$  períodos de tempo, ou em um valor futuro  $F$  após este mesmo período (VIANA, 2012).

Figura 7 - Exemplo de fluxo de caixa



FONTE: VIANA, A.N.C.

### 1.8.2 Valor presente líquido (VPL)

O valor presente líquido de um fluxo de caixa é o valor monetário de todo o fluxo no tempo real atual ou ao iniciar um investimento. Para ter esse valor, é necessário somar as receitas líquidas futuras descontadas ao valor presente com uma taxa de desconto (ou taxa mínima de atratividade), que em outras palavras, nada mais é do que o retorno mínimo que espera para um projeto ser aceito (CAMARGO, 2017). Esse método é bastante interessante quando se deseja comparar alternativas mutuamente excludentes. De modo que, todos os benefícios e custos em seus diversos instantes no tempo, sejam trazidos para o presente (VIANA,2012). A seguir é mostrada a equação para cálculo do VPL:

$$VPL = -k + \sum_{i=1}^N \frac{F_{ci}}{(1+TD)^i} \quad (3)$$

*VPL* – Valor Presente Líquido;

*k* – investimento inicial;

*F<sub>ci</sub>* – fluxo de caixa descontado que corresponde à diferença entre as receitas e despesas realizadas a cada período considerado, em R\$;

*TD* – taxa de desconto;

*i* – tempo em anos

*N* – número de períodos

### 1.8.3 Tempo de retorno de capital (TRC)

O critério de tempo de retorno de capital, ou *payback*, é, sem dúvida, o mais difundido no meio técnico para análises de viabilidade econômica, principalmente devido a sua facilidade de aplicação, pois através dele é possível observar quanto tempo é necessário para que os benefícios se igualem ao investimento.

O *payback* simples (ou período de *payback*) é o método mais simples para se analisar a viabilidade de um investimento. É definido como o número de período (anos, meses, semanas, etc.) para se recuperar o investimento inicial. Para se calcular o período de *payback* de um projeto basta somar os valores dos fluxos de caixas auferidos, período a período, até que essa soma se iguale ao valor do investimento inicial (PRATES, 2016). Esse método se

mostra simples e rápido, além de ser uma medida de risco de investimento, entretanto ele possui a desvantagem de não considerar o valor do dinheiro no tempo, os fluxos de caixa após o período de payback nem tão pouco o custo de capital da empresa.

O tempo de retorno de capital (TRC) pode ser calculado algebricamente a partir da equação abaixo:

$$TRC = \frac{k}{RM} \quad (4)$$

Onde:

TRC – Tempo de Retorno de capital;

k – Investimento Inicial;

RM – Retorno Mensal (valor economizado por mês).

Existe também outro método semelhante ao payback simples, chamado de payback descontado, com o adicional de usar uma taxa de desconto antes de proceder a soma dos fluxos de caixa. Outra definição é de que o retorno descontado é o número de períodos que zera o valor líquido presente, ou anual, do empreendimento. Neste caso, a taxa de juros adotada é o próprio custo de capital. Esse método pode ser calculado algebricamente pela equação a seguir (VIANA,2012):

$$n = - \frac{\ln\left(\frac{1-I}{A.i}\right)}{\ln(1+i)} \quad (5)$$

Onde:

n – tempo de retorno;

I – investimento inicial;

A – economia mensal;

i – taxa de juros ao mês.

## 2 METODOLOGIA

A princípio, foram realizadas pesquisas bibliográficas nas áreas de instalações elétricas, normas regulamentadoras sobre eficiência energética, análise e correção de fator de potência, climatização e ar-condicionado, luminotécnica, e estudos sobre avaliação econômica. Essas pesquisas serviram de embasamento teórico para a execução das formas mais atuais e econômicas de se proceder com o projeto em questão.

Nas seções a seguir são apresentadas as partes da metodologia empregada em um estudo de eficiência energética, sendo elas referentes ao levantamento da carga instalada no prédio, análise das tarifas de energia elétrica, coleta de dados referentes ao consumo do local, além da análise das características do sistema e propostas para o uso eficiente da energia elétrica com cálculos que mostrem a projeção e a redução do consumo de energia elétrica caso as propostas sejam implantadas.

Para a etapa da avaliação econômica serão utilizados os métodos de análise de investimentos: Valor Presente Líquido (VPL) e Tempo de retorno de capital (TRC) que foram citados no referencial teórico.

### 2.1 LEVANTAMENTO DAS CARGAS INSTALADAS

O levantamento de carga é o primeiro passo a ser dado em qualquer estudo sobre eficiência energética em uma instalação. Faz-se necessário o levantamento dessas cargas instaladas para conhecer os tipos de equipamentos que funcionam no local avaliado, a quantidade de horas e os horários que são utilizados, além de poder verificar a potência consumida por cada equipamento que determina a parcela de consumo a qual cada aparelho possui no consumo total de energia elétrica da edificação.

É recomendado utilizar tabelas divididas por segmentos do sistema elétrico (Iluminação, ar-condicionado, equipamentos diversos) e esse segmentos subdivididos por característica de cada equipamento (tipo de equipamento, quantidade, potência, tensão, corrente). No anexo A, está o modelo de tabela elaborada para o levantamento de cargas na E.E. Eunice Serrano Telles de Souza.

Os dados para preenchimento dessas tabelas foram obtidos através de inspeção visual ou através da consulta de manuais de especificação de cada aparelho presente na escola.



Além disso, foram utilizados alguns instrumentos de medição para obter dados mais fiéis sobre os equipamentos.

O alicate amperímetro da marca Minipa modelo ET-3200B (figura 8), foi utilizado para medir tensão e corrente dos aparelhos elétricos e quadros de distribuição da escola.

Figura 8 - Alicate Amperímetro



Fonte: Próprio autor

## 2.2 ANÁLISES DA FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA

A análise da fatura de energia elétrica é um dos pontos-chave a serem observados em qualquer projeto de eficiência energética. Através dessas faturas é possível, por exemplo, se constatar em quais meses há um maior consumo de energia elétrica no local.

Durante a análise deve-se buscar primeiramente a existência de penalizações com consumo de energia reativa e em seguida averiguar se a demanda contratada está adequada para a demanda medida do mês de análise, bem como verificar se está adequada ao histórico de consumo do local, tendo como parâmetro as faturas dos últimos 12 meses.

Também é importante verificar o consumo em horário de ponta e fora de ponta, demanda máxima e a opção tarifária aderida pelo cliente. Através de todos esses dados é possível identificar os problemas da instalação e propor soluções para evitar desperdícios.

### 2.3 COLETA DE DADOS

Para o presente estudo optou-se por abordar os segmentos de iluminação e climatização da instituição. A coleta dos dados de iluminação foi realizada com o auxílio de um luxímetro digital da marca Minipa modelo MLM-1010 (Figura 9) em todos os ambientes da escola. Com esse aparelho é possível efetuar medições de iluminâncias em ambientes com iluminação natural ou artificial em tempo real.

Figura 9 - Luxímetro digital



Fonte: Próprio autor

De acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1 de 2013 da ABNT, cada ambiente tem um determinado nível de iluminação a ser adequado para a realização de determinada tarefa. Além disso, a norma também estabelece as distâncias entre os pontos de medição de iluminância. Para isso é preciso utilizar uma trena métrica para medir a distância proposta pela norma.

A iluminância é medida em LUX (lx) que é a unidade de medida utilizada pelo luxímetro, simplificada a equação 6 utilizada para o LUX:

$$lx = \frac{lm}{A} \quad (6)$$

Onde:

$Im$  – lumens incidente;

$A$  – área de incidência em metros quadrados ( $m^2$ ).

Depois de realizada as medições, os dados medidos são comparados com os especificados na NBR ISO/CIE 8995-1 da ABNT para certificação que a quantidade de LUX exigido para cada local está de acordo com o especificado em norma.

Posteriormente analisa-se a quantidade de lux para outros tipos de lâmpadas que forem apresentadas como propostas para aumento da eficiência energética do sistema de iluminação para certificar que atendem o que pede a norma e que são adequadas e recomendadas para a utilização em determinado ambiente.

#### 2.4 ANÁLISES DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Após a análise de todos os dados obtidos, são elaboradas propostas que visam aumentar a eficiência energética da instalação através de cálculos técnicos que irão comprovar quanto cada proposta vai trazer de redução no consumo de energia elétrica no local, bem como em quanto tempo haverá o retorno do investimento. Os dados referentes à análise de investimento consideram impreterivelmente a vida útil dos equipamentos e a redução anual de custos.

Somente após a análise de cada alternativa e dos seus custos, pode-se afirmar a melhor escolha para investimento, neste caso, só é viável se permitir lucro em um determinado tempo para este retorno de investimento.

### 3 IMPLEMENTAÇÃO

O local escolhido para a realização desse estudo foi a Escola Estadual Prof.<sup>a</sup> Eunice Serrano Telles de Souza, localizada no centro histórico de Manaus. Essa escola de nível fundamental e médio, nos turnos matutino e vespertino respectivamente, funciona de segunda a sexta-feira de 07h00min às 22h00min e está localizada na Rua Monsenhor Coutinho, 301, Centro.

A primeira etapa do projeto foi o levantamento da carga instalada na escola, que foi realizado nos meses de Agosto e Setembro de 2019. Para a obtenção dos dados dos segmentos de iluminação foi verificado em cada local da escola os tipos de lâmpadas utilizadas, tipo de reator para lâmpadas fluorescentes tubulares, quantidade de cada lâmpada, potência nominal e as horas de utilização por semana nos horários de ponta e fora de ponta.

Através deste levantamento foi possível observar que todas as lâmpadas instaladas na instituição apresentavam o mesmo padrão: são do tipo fluorescente tubular e todas apresentavam as mesmas características independentemente do ambiente em que estavam instaladas.

Figura 10 - Lâmpada Fluorescente Tubular



Fonte: Próprio Autor

Também foi possível observar a qualidade da instalação elétrica da escola. Muitas dessas lâmpadas costumam apresentar problemas muito antes do esperado devido à qualidade da instalação elétrica da instituição. Cabos velhos, ressecados e mal dimensionados foram apenas alguns dos vários problemas encontrados.

Figura 11 - Lâmpadas da Escola



Fonte: Próprio autor

Após obter os dados de iluminação, partiu-se para o segmento que mais pesa na conta de energia de qualquer consumidor: climatização. Nessa etapa foram observadas diversas informações como tipo de equipamento (Split ou de janela), fabricante, classe do aparelho, capacidade de refrigeração em BTU/h, quantidade de aparelhos, potência nominal, e a quantidade de horas que esses equipamentos ficavam em funcionamento nos horários de ponta e fora de ponta.

Durante essa etapa também se observou o mesmo padrão apresentado na iluminação: Todos os ares-condicionados instalados na escola eram do mesmo fabricante e apresentavam as mesmas características, havendo somente uma pequena diferenciação nas salas de aula onde havia sempre um ar-condicionado de 18.000BTU/h e um de 30.000BTU/h. Nas dependências administrativas (secretaria, diretoria, secretaria, biblioteca, etc.) todos apresentavam somente um ar-condicionado de 18.000BTU/h. O único ar-condicionado Split da escola é de 12.000 e encontra-se instalado no depósito de merenda.

O tempo de funcionamento dos ares-condicionados foi definido baseado no horário de funcionamento da escola, uma vez que esses aparelhos são ligados no turno matutino, próximo ao início das aulas as 07h00min, e são desligados somente no turno noturno, próximo as 22h00min quando as aulas acabam não havendo nenhum horário durante todo esse

período em que eles sejam desligados. Abaixo são apresentadas as figuras 12,13 e 14 com os dados obtidos através da inspeção da placa dos ares-condicionados instalados na escola.

Figura 12 - Placa de especificação ar condicionado tipo janela 18.000BTU

<b>VG</b> (CONDICIONADOR DE AR) TIPO JANELA	
Modelo: EXT18WR26	(18000 BTU/h)
Tensão Nominal	220V
Frequência	60Hz
Capacidade de Refrigeração	(18000 BTU/h)
Potência Nominal	1611W
Corrente Nominal	8,0A
Circulação de Ar	663m <sup>3</sup> /h
Grau de Proteção da Unidade	IP24
Classe de Proteção de Choque	I
Gás Refrigerante	R22/650g
Nível de ruído ( Máximo)	52dB(A)
Peso	53 Kg
Stand by	1W
<b>Fabricado na China</b>	

Fonte: Próprio autor

Figura 13 - Placa de especificação ar condicionado tipo janela 30.000BTU

<b>EXTRA INFORMÁTICA</b> <b>VG</b> (CONDICIONADOR DE AR) TIPO 'MONOBLOCO-JANELA	
Modelo: EXT30WR26	(30.000 BTU)
Tensão Nominal	220V
Frequência	60Hz
Capacidade de Refrigeração	30.000BTU
Potência Nominal	3.010W
Corrente Nominal	14,8A
Recirculação de Ar	1.000m <sup>3</sup> /h
Grau de Proteção da Unidade	IP24
Classe de proteção de choque	I
Gás refrigerante	R22
Carga Gás	880g
Nível de ruído ( Máximo)	52dB(A)
Peso	54 Kg
<b>Fabricado na China</b>	

Fonte: Próprio autor

Figura 14 - Placa de especificação ar condicionado tipo split 12.000BTU

(Parede Alta) TIPO "SPLIT" UNIDADE INTERNA	
MOD. EXT-12-INT/EXT-12-EXT	(12000 BTU/h)
MOD. Evaporadora	EXT-12-INT
Grau de Proteção	IPX0
Classe de Proteção de Choque	I
Tensão Nominal	220V
Frequência	60Hz
Capacidade de Refrigeração	12000 BTU/h
Potência Nominal	1088W
Corrente Nominal	4.9A
Gás Refrigerante	R410A/470g
Pressão Máxima de Operação	4,15MPa
Pressão de Projeto	Alta 4,15MPa Baixa 1,9MPa
Nível de Ruído (Máximo)	42dB(A)
Peso	7.5kg
<b>FABRICADO NA CHINA</b>	

Fonte: Próprio autor

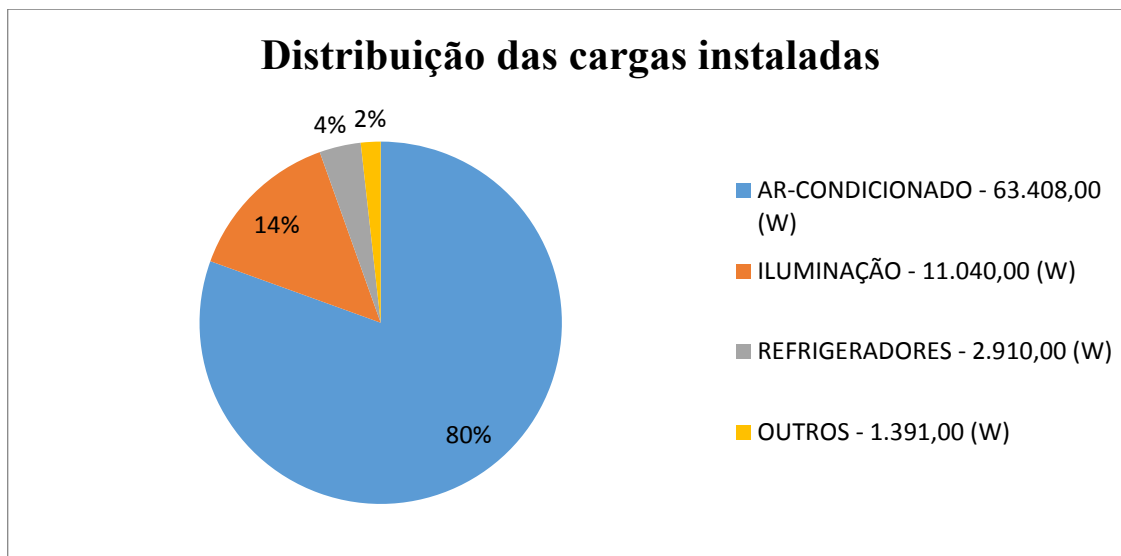
Para organizar todos os dados obtidos durante o levantamento de carga foi elaborada uma tabela de acordo com as características elétricas encontradas. Essa tabela com todas as informações coletadas estão no apêndice A.

A partir desse levantamento, dividiu-se a carga da escola em grupos:

- Ar-condicionado: do tipo janela de 18.000/30.000BTUS e Split de 12.000 BTU;
- Iluminação: Luminárias 2x40w / 3x40w;
- Computadores: Mini-Pc Intel Atom X5-Z8350 1.92GHz;
- Refrigeradores: Freezers e geladeiras;
- Outros: Cafeteiras, impressora, câmeras, roteadores.

Em seguida gerou-se um gráfico da distribuição das cargas instaladas, em porcentagem, conforme os grupos de equipamentos, conforme o gráfico 1 a seguir.

Gráfico 1 - Distribuição das cargas instaladas por grupo na E.E. Eunice Serrano



Fonte: Próprio autor

Analisando-se o gráfico, percebe-se que o segmento de climatização representa 80% da carga instalada com 63.408,00 W, o de iluminação representa 14% com 11.040,00 W e que as demais cargas juntas representam apenas 6% do total.

Com essas informações em mãos elaborou-se o gráfico 2 para ter uma melhor visualização do todo e poder observar em quais setores da escola havia a maior concentração de carga, fazendo assim com que se criassem estratégias mais assertivas em relação às áreas que deveriam ter maior atenção em relação ao estudo.

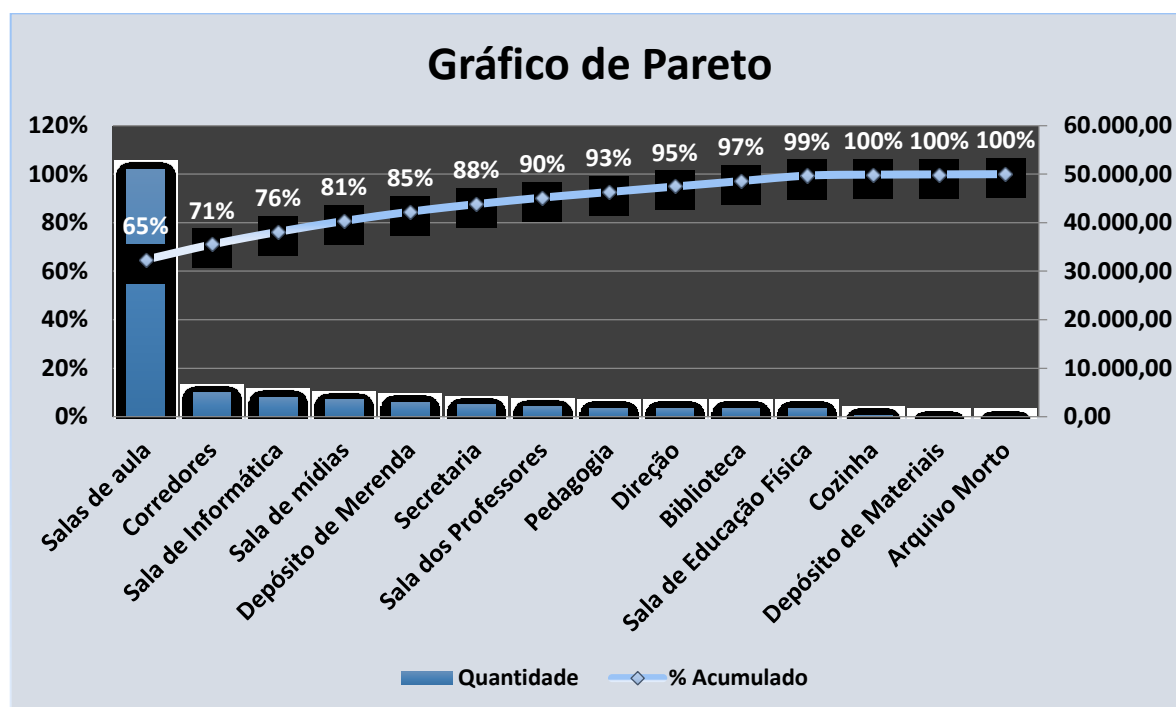
Tabela 4 - Dados utilizados para obtenção do gráfico de Pareto

Defeito/Problema	Quantidade	%	% Acumulado
Salas de aula	51.010,00	65%	65%
Corredores	4.938,00	6%	71%
Sala de Informática	4.082,00	5%	76%
Sala de mídias	3.542,00	4%	81%
Depósito de Merenda	3.010,00	4%	85%
Secretaria	2.448,00	3%	88%
Sala dos Professores	2.114,00	3%	90%
Pedagogia	1.798,00	2%	93%
Direção	1.798,00	2%	95%
Biblioteca	1.771,00	2%	97%
Sala de Educação Física	1.771,00	2%	99%
Cozinha	307,00	0%	100%
Depósito de Materiais	80,00	0%	100%
Arquivo Morto	80,00	0%	100%
<b>Total</b>	<b>78749</b>	<b>100%</b>	

Fonte: Próprio autor



Gráfico 2 - Gráfico de Pareto



Fonte: Próprio autor

Analisando-se o gráfico, observou-se que 65% da carga instalada estão nas salas de aula, tornando-se assim umas das prioridades a serem observadas nesse estudo. Essa escola possui 10 salas de aulas, possuindo cada uma delas dois ares-condicionados e 12 lâmpadas instaladas em cada uma, o que contribuiu bastante para o maior ser o setor com a maior carga.

A segunda etapa foi à análise tarifária da escola, analisando as faturas de energia elétrica do período de Setembro de 2018 a Setembro de 2019 e utilizou-se como fatura base a do mês de Setembro de 2019. De acordo com a fatura de energia a Instituição, ela enquadra-se no subgrupo A4 de classificação de consumidor, classe 5 – poder público, subclasse 02 – poder estadual, modalidade tarifária horo-sazonal verde e tensão de fornecimento 13,8 kV.

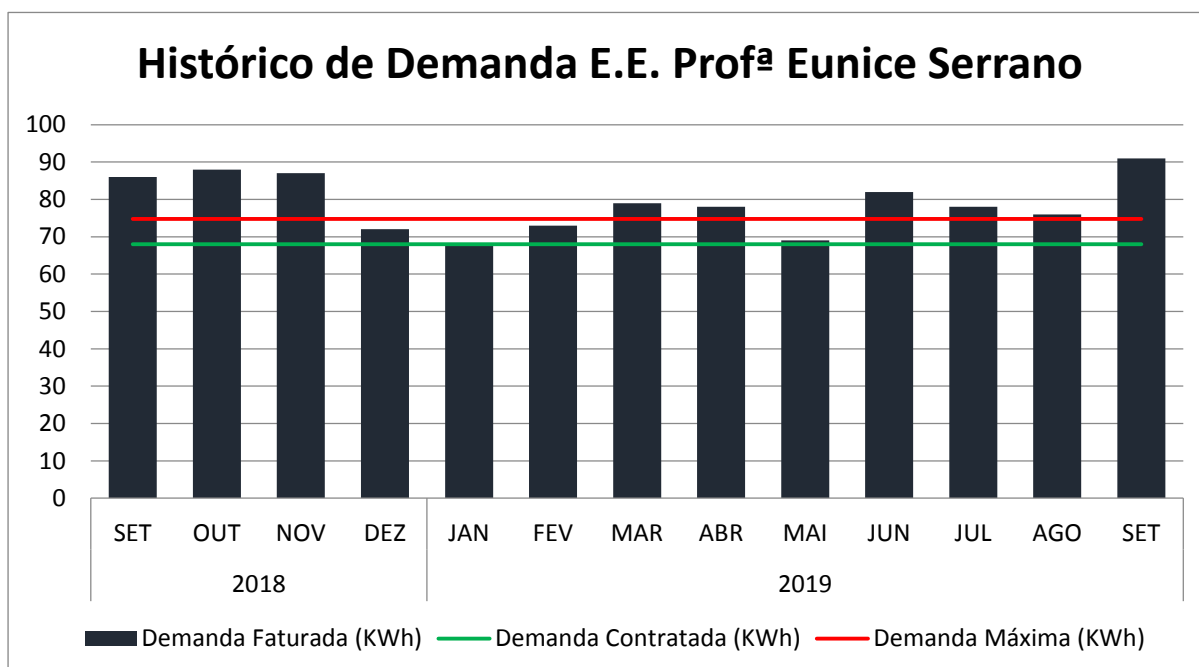
Em seguida foi feita a análise de demanda das faturas no período estudado para determinar se a demanda contratada atualmente é a mais adequada para as necessidades da Escola ou se é necessário uma revisão no contrato com a concessionária de energia estabelecendo um valor demanda que faça uma amortização nas faturas referente a esse ponto. A tabela e o gráfico a seguir apresentam o histórico de demanda faturada, demanda contratada e a demanda máxima permitida sem penalizações do período de Setembro de 2018 a Setembro de 2019.

Tabela 5 - Demanda Mensal Escola Estadual Profª Eunice Serrano Telles de Souza

PERÍODO		Demanda Faturada (KWh)	Demanda Contratada (KWh)	Demanda Máxima (KWh)
2018	SET	86	68	74,8
	OUT	88	68	74,8
	NOV	87	68	74,8
	DEZ	72	68	74,8
2019	JAN	68	68	74,8
	FEV	73	68	74,8
	MAR	79	68	74,8
	ABR	78	68	74,8
	MAI	69	68	74,8
	JUN	82	68	74,8
	JUL	78	68	74,8
	AGO	76	68	74,8
	SET	91	68	74,8

Fonte: Próprio autor

Gráfico 3 - Gráfico de Demanda Faturada em 12 meses



Fonte: Próprio autor

Através da análise do gráfico 3 foi possível observar que com exceção do mês de Janeiro, onde não há aula na Escola, em todos os outros meses a demanda faturada

ultrapassou a demanda contratada e a demanda máxima que é de 10% do valor contratado sem que sejam aplicadas penalizações sobre o consumo de demanda.

Os valores praticados pela Amazonas Energia para cobrança de demanda são os determinados pela Resolução Homologatória nº 2.478 de 30 de Outubro de 2018 da ANEEL que diz que o valor de kW de demanda, para o subgrupo A4 na modalidade tarifária horosazonal verde é de R\$16,60/kW (dezesesseis reais e sessenta centavos), bem como o valor cobrado para a demanda de ultrapassagem é de R\$33,20 (trinta e três reais e vinte centavos) para cada kW ultrapassado. O consumo fora de ponta é taxado em R\$0,412270/kW e o consumo na ponta é fixado em R\$1,420720.

Partindo-se desses valores, montou-se a tabela 6, fazendo-se um comparativo das demandas faturadas e das demandas de ultrapassagem nos últimos 12 meses com os referidos valores.

Tabela 6 - Tabela de valores faturados com a demanda atual contratada

		Tarifa Horosazonal Verde						Contrato Demanda Atual (kW)	
		Consumo Fora de Ponta	Consumo Ponta	Demanda	Ultrapassagem				
		R\$ 0,412270	R\$ 1,420720	R\$ 16,60	R\$ 33,20			68	
PERÍODO	Consumo Fora de Ponta (KWh)	Consumo Ponta (KWh)	Demanda Faturada (KWh)	Consumo Fora de Ponta (RS)	Consumo Ponta (RS)	Demanda (RS)	Ultrapassagem (RS)	Valor Total Fatura (RS)	
2019	SET	21.771	1.599	91	R\$ 8.975,53	R\$ 2.271,73	R\$ 1.510,60	R\$ 763,60	R\$ 13.521,46
	AGO	20.848	1.353	76	R\$ 8.595,00	R\$ 1.922,23	R\$ 1.261,60	R\$ 265,60	R\$ 12.044,44
	JUL	24.354	1.722	78	R\$ 10.040,42	R\$ 2.446,48	R\$ 1.294,80	R\$ 332,00	R\$ 14.113,70
	JUN	18.327	1.414	82	R\$ 7.555,67	R\$ 2.008,90	R\$ 1.361,20	R\$ 464,80	R\$ 11.390,57
	MAI	8.856	492	69	R\$ 3.651,06	R\$ 698,99	R\$ 1.145,40	R\$ 33,20	R\$ 5.528,66
	ABR	14.083	615	78	R\$ 5.806,00	R\$ 873,74	R\$ 1.294,80	R\$ 332,00	R\$ 8.306,54
	MAR	17.281	1.045	79	R\$ 7.124,44	R\$ 1.484,65	R\$ 1.311,40	R\$ 365,20	R\$ 10.285,69
	FEV	15.436	1.107	73	R\$ 6.363,80	R\$ 1.572,74	R\$ 1.211,80	R\$ 166,00	R\$ 9.314,34
	JAN	6.765	307	68	R\$ 2.789,01	R\$ 436,16	R\$ 1.128,80	R\$ 0,00	R\$ 4.353,97
2018	DEZ	14.022	738	73	R\$ 5.780,85	R\$ 1.048,49	R\$ 1.211,80	R\$ 166,00	R\$ 8.207,14
	NOV	18.265	1.045	87	R\$ 7.530,11	R\$ 1.484,65	R\$ 1.444,20	R\$ 630,80	R\$ 11.089,76
	OUT	21.955	1.230	88	R\$ 9.051,39	R\$ 1.747,49	R\$ 1.460,80	R\$ 664,00	R\$ 12.923,67
	SET	19.434	1.168	86	R\$ 8.012,06	R\$ 1.659,40	R\$ 1.427,60	R\$ 597,60	R\$ 11.696,66
							<b>TOTAL</b>	<b>RS 132.776,60</b>	

Fonte: Próprio autor

O gráfico 3 e a tabela 6 apresentados mostram a necessidade de se calcular um novo valor para o contrato de demanda desta Escola. Para isso, utilizou-se equação 2, referente ao enquadramento tarifário, que nada mais é do que o quociente da demanda máxima medida no período de análise pela constante “k” que representa o valor máximo de demanda permitida já

acrescido os 10% de tolerância previsto na legislação. Com isso, obteve-se o valor de 83 kW como valor ideal para o contrato de demanda da instituição. Esse valor foi simulado na planilha anterior, conforme a tabela 7 abaixo.

Tabela 7 - Planilha de valores faturados com a demanda proposta

Tarifa Horosazonal Verde									
Consumo Fora de Ponta	Consumo Ponta	Demanda	Ultrapassagem	Contrato Demanda Proposto (kW)					
RS 0,412270	RS 1,420720	RS 16,60	RS 33,20	83					
PERÍODO	Consumo Fora de Ponta (KWh)	Consumo Ponta (KWh)	Demanda Faturada (KWh)	Consumo Fora de Ponta (RS)	Consumo Ponta (RS)	Demanda (RS)	Ultrapassagem (RS)	Valor Total Fatura (RS)	
2019	SET	21.771	1.599	91	RS 8.975,53	RS 2.271,73	RS 1.510,60	RS 0,00	RS 12.757,86
	AGO	20.848	1.353	76	RS 8.595,00	RS 1.922,23	RS 1.377,80	RS 0,00	RS 11.895,04
	JUL	24.354	1.722	78	RS 10.040,42	RS 2.446,48	RS 1.377,80	RS 0,00	RS 13.864,70
	JUN	18.327	1.414	82	RS 7.555,67	RS 2.008,90	RS 1.377,80	RS 0,00	RS 10.942,37
	MAI	8.856	492	69	RS 3.651,06	RS 698,99	RS 1.377,80	RS 0,00	RS 5.727,86
	ABR	14.083	615	78	RS 5.806,00	RS 873,74	RS 1.377,80	RS 0,00	RS 8.057,54
	MAR	17.281	1.045	79	RS 7.124,44	RS 1.484,65	RS 1.377,80	RS 0,00	RS 9.986,89
	FEV	15.436	1.107	73	RS 6.363,80	RS 1.572,74	RS 1.377,80	RS 0,00	RS 9.314,34
	JAN	6.765	307	68	RS 2.789,01	RS 436,16	RS 1.377,80	RS 0,00	RS 4.602,97
2018	DEZ	14.022	738	73	RS 5.780,85	RS 1.048,49	RS 1.377,80	RS 0,00	RS 8.207,14
	NOV	18.265	1.045	87	RS 7.530,11	RS 1.484,65	RS 1.444,20	RS 0,00	RS 10.458,96
	OUT	21.955	1.230	88	RS 9.051,39	RS 1.747,49	RS 1.460,80	RS 0,00	RS 12.259,67
	SET	19.434	1.168	86	RS 8.012,06	RS 1.659,40	RS 1.427,60	RS 0,00	RS 11.099,06
<b>TOTAL</b>								<b>RS 129.174,40</b>	

Fonte: Próprio autor

Com este valor proposto a demanda contratada iria ultrapassar demanda faturada em alguns meses, entretanto não iria ultrapassar os 10% de tolerância previstos na legislação, o que não iria causar penalizações nas tarifas da escola por excesso de demanda. Com isso o valor total gastos com energia elétrica iria para R\$129.174,40.

Vale ressaltar que esse ano de 2019 foi atípico, com greve de professores no mês de Maio e com redução de turmas 2 turmas no turno vespertino e 2 turmas no turno noturno no mês de Julho. O que demonstra que claramente está havendo desperdício de energia elétrica nesta Escola, pois após a redução das turmas esperava-se que a conta consequentemente diminui-se a fatura, entretanto no mês de Setembro de 2019 registrou-se o maior valor de demanda faturada nos últimos 12 meses.

Por fim, realizou-se a análise relativa à modalidade tarifária. Como a Escola enquadra-se no subgrupo A4, classe 5, subclasse 2 - poder público, ela possui apenas duas opções de enquadramento tarifário: a atual que é a horo sazonal verde e a horo sazonal azul que será simulada. A tabela 8 a seguir apresenta um comparativo entre os valores atuais cobrados pela concessionária de energia nas duas modalidades.

Tabela 8 - Comparativo entre as modalidades horo sazonal azul e verde

			VALOR kWh (R\$)
<b><u>AZUL</u></b>	<b><u>Demanda:</u></b>	Ponta	31,9333250
		Fora Ponta	19,8532520
		Ultrap.Ponta	63,8666500
		Ultrap.F.Ponta	39,7065040
	<b><u>Consumo-R\$ kWh:</u></b>	Ponta	0,7315730
		F.Ponta	0,5291860
<b><u>VERDE</u></b>	<b><u>Demanda: kW</u></b>	Faturada	16,600000
		Ultrapassagem	33,200000
	<b><u>Consumo-R\$ kWh:</u></b>	Ponta	1,420720
		F.Ponta	0,412270

Fonte: Próprio autor

Apenas analisando os valores apresentados já se percebe que a modalidade horo sazonal verde é a mais adequada às características da escola, devido à tarifa ser mais baixa no horário de maior consumo da Escola, que é no período fora de ponta, tendo o valor de R\$ 0,412270 para a modalidade horo sazonal verde contra R\$ 0,5291860 na modalidade horo sazonal azul. Também se observa que contratando uma demanda adequada as características da Escola, mais uma vez a modalidade horo sazonal verde se mostrará mais vantajosa, possuindo um valor de R\$16,60/kW contra R\$19,8532520 da modalidade horo sazonal azul.

Para comprovar estas observações, nesta etapa utilizou-se a fatura do mês de referência (setembro de 2019) para realizar o estudo e simulação da modalidade tarifária azul. Utilizou-se o valor de 75 kW como sendo o valor contratado de demanda para a ponta, devido existir um consumo diferenciado para ponta e fora de ponta nesta modalidade. Este valor foi obtido através da análise de todos os valores medidos na ponta durante o período de análise das faturas, onde o valor máximo medido na ponta foi de 82 kW e utilizando-se novamente da equação 2 obteve-se o valor de 75 kW. O mesmo foi feito para o consumo

fora de ponta e obteve-se o valor de 83 kW, os quais foram utilizados nas simulações a seguir nas tabelas 9 e 10, para que não houvesse pagamento de multa por excedentes.

Tabela 9 - Comparativo do mês de setembro na modalidade horo sazonal azul com demanda proposta

Modalidade Tarifária	Descrição	Valor Tarifa (R\$)	Consumo (kW)	Custo	Custo total	
<b>AZUL</b>	<b><u>Demanda:</u></b>	Ponta	31,9333250 X	78	R\$ 2.490,80	<b>R\$ 16.988,14</b>
		Fora Ponta	19,8532520 X	91	R\$ 1.806,65	
		Ultrap.Ponta	63,8666500 X	0	R\$ 0,00	
		Ultrap.F.Ponta	39,7065040 X	0	R\$ 0,00	
	<b><u>Consumo-R\$ kWh:</u></b>	Ponta	0,7315730 X	1.599	R\$ 1.169,79	
		F.Ponta	0,5291860 X	21.771	R\$ 11.520,91	

Fonte: Próprio autor

Tabela 10 - Comparativo do mês de setembro na modalidade horo sazonal verde com demanda proposta

Modalidade Tarifária	Descrição	Valor Tarifa (R\$)	Consumo (kW)	Custo	Custo total	
<b>VERDE</b>	<b><u>Demanda: kW</u></b>	Faturada	16,600000 x	91	R\$ 1.510,60	<b>R\$ 12.757,86</b>
		Ultrapassagem	33,200000 x	0	R\$ 0,00	
	<b><u>Consumo-R\$ kWh:</u></b>	Ponta	1,420720 x	1599	R\$ 2.271,73	
		F.Ponta	0,412270 x	21771	R\$ 8.975,53	

Fonte: Próprio autor

Após as simulações, pode-se comprovar que de que mesmo com a mudança da demanda contratada a modalidade horo sazonal verde é a mais adequada a esse sistema, com valor de R\$12.757,86 contra R\$16.988,14 na modalidade horo sazonal azul no mesmo período.

Concluída a etapa de análise das modalidades tarifárias de energia, partiu-se para a análise dos dados obtidos durante o levantamento de carga feito na instituição, dando ênfase ao sistema de climatização e iluminação do prédio.

Com o levantamento de cargas em mãos, gerou-se uma tabela com o panorama atual do sistema de climatização da Escola, que também pode ser observado de forma mais detalhada no apêndice A deste estudo.

Tabela 11 - Panorama atual do sistema de refrigeração da Escola

Capacidade de refrigeração (BTU/h)	Qntd	Potência Nominal (W)	Tipo	Fabricante	Classificação Procel
12.000	1	1088	Split	VG	A
18.000	20	1611	Janela		A
30.000	10	3010	Janela		A

Fonte: Próprio autor

Observou-se que mais de 60% dos aparelhos instalados são de 18000 BTU/h e de que todos possuem selo de classificação PROCEL A. No grupo dos ares-condicionados de 18.000BTU/h também há uma ressalva de que esses aparelhos possuem cerca de 5 anos de uso e já estão desgastados e com baixa capacidade de refrigeração, diferentemente do grupo dos de 30.000 BTU/h que chegaram nesse ano de 2019.

Uma solicitação de substituição já foi realizada desde o início desse ano para a substituição desses aparelhos, entretanto até o presente momento apenas 10 ares-condicionados chegaram.

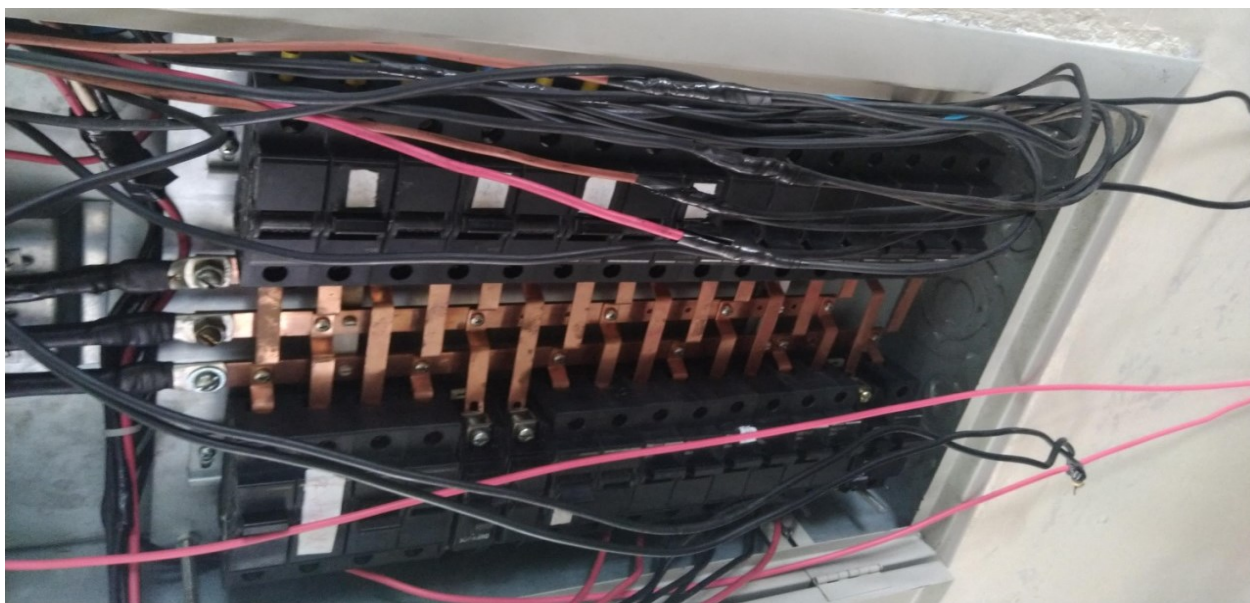
É importante frisar que juntamente com a solicitação desses aparelhos também foi solicitada a troca de parte da fiação elétrica de forma emergencial, pois, durante esse estudo constatou-se inúmeros problemas na instalação elétrica dessa escola como cabos ressecados, velhos, ruídos e mal dimensionados, quadros de distribuição desbalanceados e com superaquecimento, além de problemas na própria subestação da escola.

Tudo isso foi comprovado através de cálculos apresentados a SEDUC e supervisão in loco do engenheiro do referido órgão, Sr. Vitor Bacuri Torres, que posteriormente foi a Escola verificar a denúncia referente ao perigo eminente de incêndio e de que a instalação elétrica não suportaria a adição da carga de mais 10 ares-condicionados de 30.000BTU/h.

Com isso foi realizada a troca parcial do cabeamento da Escola, desde a subestação até os quadros que futuramente receberiam essa nova carga.

A seguir são imagens realizadas durante esse estudo que comprovam os problemas identificados. A figura 15 apresenta um quadro elétrico com superaquecimento, desbalanceado e com fios remendados. Já a figura 16 mostra os cabos que saiam da subestação da Escola para alimentar esses quadros que também estavam comprometidos.

Figura 15 - Imagem de um quadro elétrico com superaquecimento da Escola



Fonte: Próprio autor

Figura 16 - Cabos saindo da subestação: ressecados, ruídos e já apresentando sinais de que princípio de incêndio



Fonte: Próprio autor

Em relação aos ares-condicionados, todos esses aparelhos funcionam praticamente o dia inteiro ligados, sem interrupção, das 07h00min às 22h00min de segunda a sexta-feira. Considerando que cada sala de aula possui um ar-condicionado de 18.000 BTU/h e um de 30.000BTU/h, com potências de 1.611 W e 3.010 W respectivamente, cada sala possui uma potência instalada de 4.621 W.



Utilizando as taxas atuais da Amazonas Energia cobrados na ponta e fora de ponta, calculou-se o consumo aproximado que cada sala de aula representa na fatura de energia elétrica por mês:

$$R\$_{sala\ de\ aula} = [(CE_{fp} \times R\$_{fp}) + (CE_p \times R\$_p)] \times dias$$

$$R\$_{sala\ de\ aula} = [(4,621 \times 11 \times 0,412270) + (4,621 \times 3 \times 1,420720)] \times 20$$

$$R\$_{sala\ de\ aula} = (20,95 + 19,69) \times 20$$

$$R\$_{sala\ de\ aula} = 812,28 \text{ R\$/mês}$$

Aqui é importante observar as taxas cobradas. Para o consumo na ponta a taxa chega a ser quase 4 vezes o valor cobrado no horário fora de ponta. Com isso às 3 horas de consumo na ponta equivalem a praticamente às 11 horas de consumo fora de ponta, apresentando os valores de R\$20,95 e R\$19,69, respectivamente.

Durante a transição de horários do turno matutino para o vespertino e do turno vespertino para o noturno, há sempre o desperdício de energia, pois todas essas salas ficam com esses aparelhos ligados sem que haja ninguém dentro de sala de aula.

No turno noturno é aonde há o maior desperdício de energia elétrica, pois existem atualmente somente 4 turmas em sala de aula, entretanto por diversas vezes todas as salas permanecem com os ares-condicionados ligados, havendo um desperdício de aproximadamente R\$6,56/hora para cada sala que permanece com esses aparelhos em funcionamento sem necessidade.

A proposta para esse caso seria a conscientização sobre o desperdício de energia elétrica e sobre o uso desses aparelhos por parte dos alunos, professores e funcionários da Escola através de palestras com o intuito de impulsionar o consumo de energia elétrica consciente na escola e apresentar estratégias de redução de desperdícios que fossem aplicadas de maneira simples no dia a dia de todos como o uso correto dos condicionadores de ar, iluminação e equipamentos eletrônicos.

Com medidas simples, desligando os aparelhos todos os dias ao final de cada aula e ligando eles 30 minutos antes das aulas iniciarem para o turno seguinte, cada sala de aula iria deixar esses aparelhos desligados todos os dias por no mínimo 2 horas. No turno noturno, desligando os aparelhos das salas que não estão funcionando, seriam mais 3 horas. Para demonstrar isso em números, calculou-se o quanto seria economizado por mês com essas atitudes:

Analisando primeiramente a economia no turno diurno, desligando os aparelhos as 11:30 e ligando as 12:30 na transição do turno matutino para o vespertino e desligando as 17:30 e religando as 18:30, teremos a economia de no mínimo 2 horas por dia, logo:

$$R\$_{economia\ diurno} = [(CE_{fp} \times R\$_{fp})] \times qntd\ salas\ de\ aula \times dias$$

$$R\$_{economia\ diurno} = [(4,621 \times 2 \times 0,412270)] \times 10 \times 20$$

$$R\$_{economia\ diurno} = R\$ 762,83$$

Para o turno noturno, considerando que o funcionamento se dá no horário de ponta e que atualmente há somente 4 salas em funcionamento, todos os dias haveria uma redução de 3 horas de consumo para cada sala que está desocupada, logo:

$$R\$_{economia\ noturno} = [(CE_p \times R\$_p)] \times qntd\ salas\ de\ aula \times dias$$

$$R\$_{economia\ noturno} = [(4,621 \times 3 \times 1,420720)] \times 6 \times 20$$

$$R\$_{economia\ noturno} = R\$ 2.364,98$$

Calculando a economia total mensal, temos:

$$R\$_{economia\ mensal} = R\$_{economia\ diurno} + R\$_{economia\ noturno}$$

$$R\$_{economia\ mensal} = R\$ 762,83 + R\$ 2.364,98$$

$$R\$_{economia\ mensal} = R\$ 3.127,81$$

Com isso observa-se que a Escola teria uma redução de R\$ 3.127,81 a cada mês somente com as propostas apresentadas. Em um ano, o valor economizado nas faturas de energia elétrica seria de R\$ 37.533,72. Tudo isso sem investir nenhum centavo, apenas adotando bons hábitos.

Ainda sobre os aparelhos de ar condicionado, salienta-se que a Escola se encontra localizada na esquina com a Rua Epaminondas, que é o corredor central de ônibus no Centro de Manaus. Consequentemente há muita poluição no ar e eles acabam ficando sujos muito rapidamente.

Visto isso, vale ressaltar um ponto importante: A ausência de manutenção preventiva. Pelo tempo de funcionamento diário, esses aparelhos deveriam receber uma manutenção preventiva com a limpeza dos filtros, por exemplo, pelo menos a cada 30 dias, conforme a

resolução RE-09 da ANVISA. Entretanto isso é feito apenas uma ou duas vezes durante o ano inteiro, quando é realizada a limpeza total desses condicionadores. Para se ter uma ideia do prejuízo que isso trás, dos 10 ares-condicionados que chegaram esse ano, pelo menos 3 já apresentaram problemas.

A manutenção corretiva empregada nessa e em todas as Escolas do Estado do Amazonas, acaba sendo muito dispendiosa, pois esse tipo de manutenção como o próprio nome sugere, consiste na correção de problemas conforme as falhas surgem, sendo na maioria das vezes necessária a substituição de peças, componentes danificados, desgastados ou até mesmo o próprio equipamento, causando prejuízos altíssimos.

Em contrapartida, sugere-se que para evitar danos ao patrimônio, seja feita a manutenção preventiva, que nada mais é do que um conjunto de estratégias de monitoramento e controle empregadas com o objetivo de impedir (ou amenizar) falhas quanto ao desempenho de máquinas e equipamentos, sejam eles hidráulicos, automotivos ou industriais.

Contrário à corretiva, essa manutenção sempre é planejada, sendo realizada de maneira periódica com base em um cronograma e/ou índice de funcionamento. Além de gerar menos custos, esse tipo de manutenção faz com que máquinas e equipamentos operem com máximo desempenho. Por se tratar de uma manutenção programada, os desgastes e danos ocorridos são muito menores, fazendo com que os custos com reposição de peças e componentes sejam minimizados.

Figura 17 - Estrutura das janelas das salas de aula



Fonte: Próprio autor

Outro fator que coopera para a ineficiência desses aparelhos é a própria estrutura das janelas das salas de aula, que embora aproveite bem a luz do sol em determinados horários do dia, compromete muito a refrigeração do ambiente, pois existe muita troca de calor com o ambiente externo através das inúmeras brechas que existem entre uma vidraça e outra (Figura 17), além da própria isolamento do ar-condicionado durante a sua instalação, conforme a figura 18 a seguir.

Figura 18 - Isolação de uma instalação do ar-condicionado



Fonte: Próprio autor

Finalizado a análise referente à climatização, partiu-se para a iluminação. A partir dos dados obtidos no levantamento de carga, gerou-se uma planilha com a atual situação do sistema de iluminação da Escola, conforme a tabela 12 abaixo:

Tabela 12 - Panorama atual do sistema de iluminação

LOCAL	Lâmpada Tubular Fluorescente 40W	Potência Total (W)
SALAS DE AULA	120	4800
SALA DOS PROFESSORES	4	160
SALA DE INFORMÁTICA	8	320

SALA DE EDUCAÇÃO FÍSICA	4	160
SALA DE MÍDIAS	8	320
DIREÇÃO	4	160
SECRETARIA	4	160
PEDAGOGIA	4	160
BIBLIOTECA	4	160
COZINHA	4	160
DEPÓSITO MERENDA	4	160
DEPÓSITO DE MATERIAIS	2	80
ARQUIVO MORTO	2	80
CORREDOR PRINCIPAL (ENTRADA AO BANHEIRO FUNCIONÁRIOS)	40	1600
CORREDOR CENTRAL 1º ANDAR	8	320
CORREDOR LATERAL ESQUERDO 1º ANDAR (SL 01 Á LAB INFORMÁTICA)	12	480
CORREDOR LATERAL DIREITO 1º ANDAR (ÁREA COBERTA ED. FÍSICA)	16	640
CORREDOR CENTRAL 2º ANDAR	4	160
CORREDOR LATERAL ESQUERDO 2º ANDAR (SL 03 A SL 06)	12	480
CORREDOR LATERAL DIREITO 2º ANDAR (SL 07 A SL 10)	12	480
<b>TOTAL</b>	<b>276</b>	<b>11.040</b>

Fonte: Próprio autor

Para se conseguir o consumo aproximado diário com iluminação, foi feito um levantamento de quantidades de salas de aula utilizadas, além de verificar o horário de funcionamento das salas administrativas conforme a tabela abaixo.

Tabela 13 - Consumo diário com lâmpadas fluorescentes na E.E. Eunice Serrano

CONSUMO DIÁRIO COM LÂMPADAS FLUORESCENTES				
LOCAL	Lâmpada Tubular Fluorescente 40W	Consumo de: 07:00 - 18:00 (kW)	Consumo de: 18:00 - 22:00 (kW)	Potência Total (kW)
SALAS DE AULA	120	52,80	19,20	72,00
SALA DOS PROFESSORES	4	1,76	0,64	2,40
SALA DE INFORMÁTICA	8	3,52	-	3,52
SALA DE EDUCAÇÃO FÍSICA	4	1,76	0,64	2,40
SALA DE MÍDIAS	8	3,52	-	3,52

DIREÇÃO	4	1,76	0,64	2,40
SECRETARIA	4	1,76	0,64	2,40
PEDAGOGIA	4	1,76	0,64	2,40
BIBLIOTECA	4	1,76	0,64	2,40
COZINHA	4	1,76	0,64	2,40
DEPÓSITO MERENDA	4	1,76	0,64	2,40
DEPÓSITO DE MATERIAIS	2	0,88	0,32	1,20
ARQUIVO MORTO	2	0,88	0,32	1,20
CORREDOR PRINCIPAL (ENTRADA AO BANHEIRO FUNCIONÁRIOS)	40	-	6,40	6,40
CORREDOR CENTRAL 1º ANDAR	8	-	1,28	1,28
CORREDOR LATERAL ESQUERDO 1º ANDAR (SL 01 Á LAB INFORMÁTICA)	12	5,28	1,92	7,20
CORREDOR LATERAL DIREITO 1º ANDAR (ÁREA COBERTA ED. FÍSICA)	16	-	2,56	2,56
CORREDOR CENTRAL 2º ANDAR	4	-	0,64	0,64
CORREDOR LATERAL ESQUERDO 2º ANDAR (SL 03 A SL 06)	12	5,28	1,92	7,20
CORREDOR LATERAL DIREITO 2º ANDAR (SL 07 A SL 10)	12	-	1,92	1,92
<b>TOTAL</b>	<b>276</b>	<b>86,24</b>	<b>41,60</b>	<b>127,84</b>

Fonte: Próprio autor

Com o consumo diário em mãos foi possível calcular o consumo mensal, multiplicando-se o consumo diário pela quantidade de dias de funcionamento da escola durante um mês, ou seja, 20 dias úteis:

$$CE = (CE_{dia} \times 20 \text{ dias/mês})$$

$$CE = (127,84 \times 20) = 2.556,8 \text{ kWh/mês}$$

Atualmente, 100% do sistema de iluminação da Escola é composto por lâmpadas tubulares fluorescentes e, conforme os cálculos apresentados, representa um consumo de 2.556,8 kWh/mês. Esse tipo de lâmpada desperdiça uma enorme quantidade de energia elétrica, pois 80% desse consumo são somente para gerar calor, enquanto que somente 20% dessa energia são utilizadas para gerar luminosidade, além desse tipo de lâmpadas serem danosas ao meio ambiente por utilizarem mercúrio em sua composição.

A proposta para aumento de eficiência energética no segmento de iluminação é a substituição de todas as lâmpadas tubulares fluorescentes por lâmpadas tubulares LED, considerando-se não apenas os valores de potência, como também verificar a equivalência entre as lâmpadas para que seja mantido no mínimo a mesma luminosidade atual.

Para isso foram feitos ensaios em uma sala da Escola para a verificação da iluminância que cada tipo de lâmpada apresentava. Nesses ensaios foram utilizados dois tipos de lâmpadas: As lâmpadas tubulares fluorescentes de 40 W da fabricante OSRAM utilizadas atualmente na escola e lâmpadas LED de 18 W da fabricante Artek, propostas para a substituição.

Durante a realização dos ensaios, utilizou-se um par de lâmpadas de cada modelo, de acordo como modelo de calha instalada no local, isolando-as das outras através do desligamento das demais lâmpadas do local. Também optou-se por realizar os experimentos no turno noturno para que não houvesse interferência da luz natural presente em todas as salas e para que fosse possível saber a iluminância real dessas lâmpadas no pior cenário.

As medições foram realizadas em duas alturas diferentes: a 0,75 metros do chão, que é a altura da mesa utilizada em sala de aula, a 1,65 metros do chão, que é a altura média dos alunos e professores e a 1,0 metro da luminária para se ter noção da iluminância real. Esse processo foi realizado primeiramente com as lâmpadas tubulares já instaladas e em seguida elas foram substituídas pelas lâmpadas LED para que se fosse feito o comparativo. Os valores obtidos encontram-se na tabela a seguir:

Tabela 14 - Valores de iluminância medidos

<b>Tipo</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Altura da medição (m)</b>	<b>Iluminância (lux)</b>
Tubular Fluorescente	OSRAM	40	0,75 do chão	87
			1,65 do chão	150
			1,00 da luminária	389
Tubular LED	Artek	18	0,75 do chão	102
			1,65 do chão	190
			1,00 da luminária	427

Fonte: Próprio autor

A partir da análise dos ensaios, comprovou-se que a lâmpada tubular LED da fabricante Artek se mostrou bem mais eficiente do que as lâmpadas tubulares fluorescentes, tendo inclusive valor muito similar as que as já estão instaladas na Escola, pois para se ter duas lâmpadas tubulares fluorescentes instaladas, haveria o gasto de R\$ 6,11 para cada

lâmpada + o valor do reator eletrônico de 2x40W no valor de R\$19,50, totalizando R\$31,72, enquanto cada lâmpada tubular LED custa R\$15,39, totalizando R\$34,89 o par, já mostrando um indicativo de que a substituição dessas lâmpadas é economicamente viável.

Assim como nas lâmpadas tubulares fluorescentes, criou-se uma tabela para se estabelecer o consumo diário com lâmpadas tubulares LED, conforme a tabela a seguir:

Tabela 15 - Consumo diário com lâmpadas tubulares LED

<b>CONSUMO DIÁRIO COM LÂMPADAS TUBULARES LED</b>				
<b>LOCAL</b>	<b>Lâmpada Tubular LED 18W</b>	<b>Consumo de: 07:00 - 18:00 (kW)</b>	<b>Consumo de: 18:00 - 22:00 (kW)</b>	<b>Potência Total (kW)</b>
SALAS DE AULA	120	23,76	8,64	32,40
SALA DOS PROFESSORES	4	0,79	0,29	1,08
SALA DE INFORMÁTICA	8	1,58	-	1,58
SALA DE EDUCAÇÃO FÍSICA	4	0,79	0,29	1,08
SALA DE MÍDIAS	8	1,58	-	1,58
DIREÇÃO	4	0,79	0,29	1,08
SECRETARIA	4	0,79	0,29	1,08
PEDAGOGIA	4	0,79	0,29	1,08
BIBLIOTECA	4	0,79	0,29	1,08
COZINHA	4	0,79	0,29	1,08
DEPÓSITO MERENDA	4	0,79	0,29	1,08
DEPÓSITO DE MATERIAIS	2	0,40	0,14	0,54
ARQUIVO MORTO	2	0,40	0,14	0,54
CORREDOR PRINCIPAL (ENTRADA AO BANHEIRO FUNCIONÁRIOS)	40	-	2,88	2,88
CORREDOR CENTRAL 1º ANDAR	8	-	0,58	0,58
CORREDOR LATERAL ESQUERDO 1º ANDAR (SL 01 Á LAB INFORMÁTICA)	12	2,38	0,86	3,24
CORREDOR LATERAL DIREITO 1º ANDAR (ÁREA COBERTA ED. FÍSICA)	16	-	1,15	1,15
CORREDOR CENTRAL 2º ANDAR	4	-	0,29	0,29
CORREDOR LATERAL ESQUERDO 2º ANDAR (SL 03 A SL 06)	12	2,38	0,86	3,24
CORREDOR LATERAL DIREITO 2º ANDAR (SL 07 A SL 10)	12	-	0,86	0,86
<b>TOTAL</b>	<b>276</b>	<b>38,81</b>	<b>18,72</b>	<b>57,53</b>

Fonte: Próprio autor



Em seguida utilizou-se o mesmo procedimento utilizado para cálculo do consumo mensal das lâmpadas fluorescentes com as lâmpadas LED:

$$CE = (CE_{dia} \times 20 \text{ dias/mês})$$
$$CE = (57,53 \times 20) = 1.150,6 \text{ kWh mes}$$

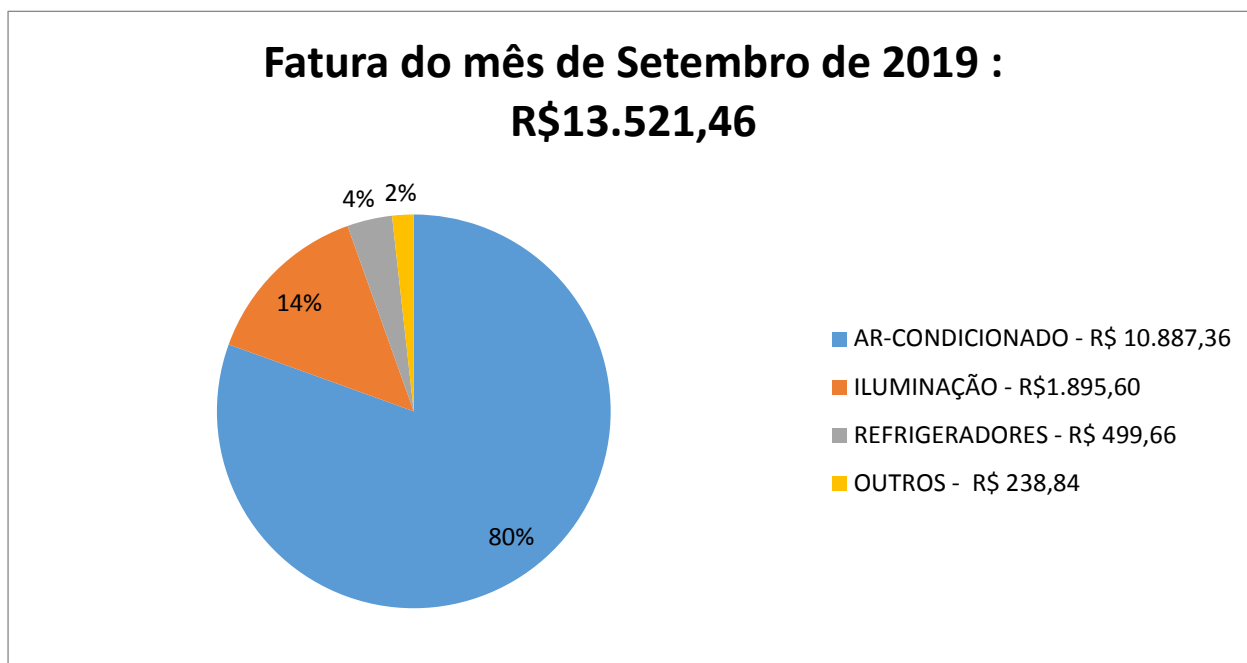
Fazendo um comparativo entre o consumo das lâmpadas fluorescentes atualmente instaladas com as lâmpadas LED observa-se uma redução de 45% no consumo mensal, com 2.556,8 kWh/mês utilizando-se as lâmpadas tubulares fluorescentes e 1.150,60 kWh/mês utilizando as lâmpadas tubulares LED.

#### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O levantamento de cargas realizado na Escola permitiu uma ampla visão sobre todos os equipamentos instalados e quais deles apresentavam uma porcentagem maior de consumo na fatura. A partir desse levantamento subdividiu-se a Escola em 4 grandes grupos : ar-condicionado, iluminação, refrigeradores e outros, estabelecendo-se a porcentagem de cada um em relação ao todo.

Tomando como base a fatura do mês de Setembro de 2019, utilizou-se as porcentagens encontradas durante o levantamento de carga para quantificar em valores o quanto cada grupo desses representou na fatura do referido mês.

Gráfico 4 - Análise da fatura do mês de setembro de 2019



Fonte: Próprio autor

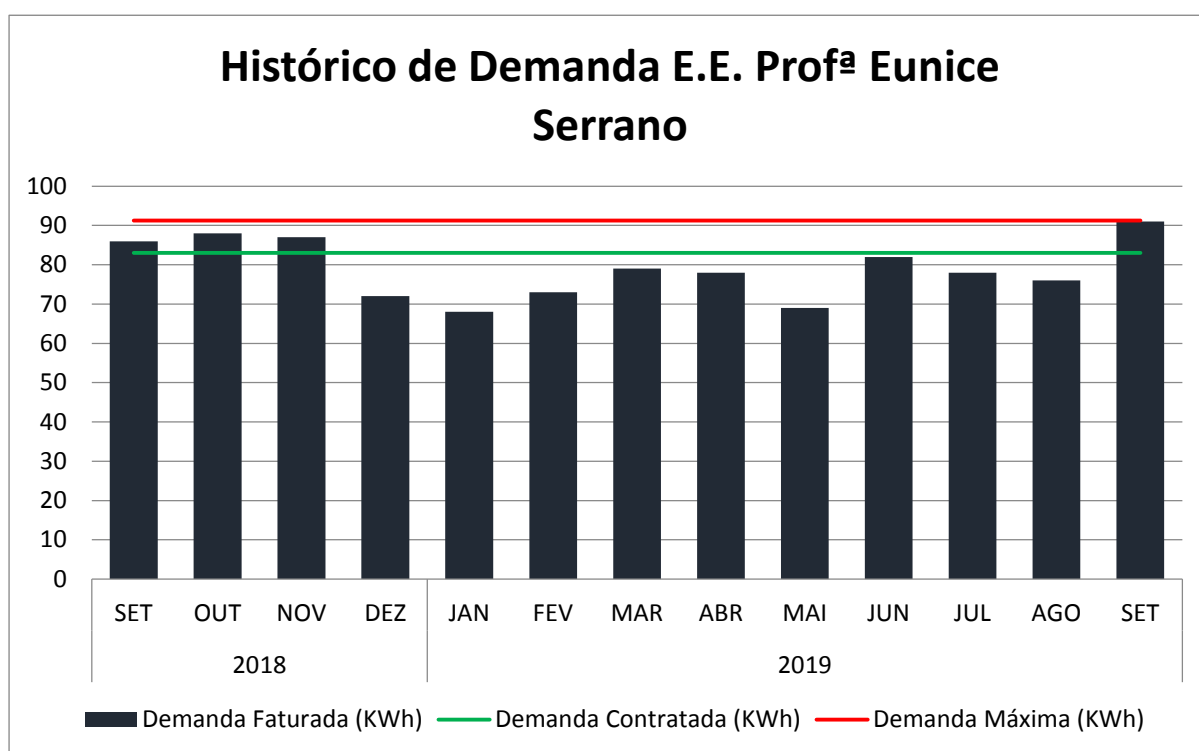
Partindo-se desse panorama atual e analisando as dificuldades de cada segmento, buscou-se apresentar propostas para a redução do consumo de energia na referida Escola, levando em conta todas as peculiaridades encontradas.

No que tange a análise das faturas de energia elétrica, observou-se a possibilidade de redução de gastos com o fornecimento de energia através da mudança do contrato atual de demanda, pois, notou-se que com o atual contrato a Escola foi penalizada em 8 dos 12 meses de estudo, isso porque durante o período de estudo houve férias, redução de turmas e greve

dos professores durante quase 40 dias nesse ano, caso contrário haveria sido penalizado ainda mais.

Observado todas essas peculiaridades, encontrou-se o valor de 83 kW como sendo a demanda ideal a ser contratado para a atual situação de consumo da Escola e simulou-se esse valor com os dados das dozes faturas utilizadas durante o estudo, conforme o gráfico 5 abaixo:

Gráfico 5 - Histórico da demanda proposta para E.E. Eunice Serrano



Fonte: Próprio autor

Considerando que o perfil de consumo de demanda dos próximos doze meses seja próximo aos dos meses em que houve aula normalmente com 100% das salas em funcionamento, ou seja, setembro, outubro e novembro de 2018, recomenda-se solicitar da concessionária de energia a revisão imediata do contrato, haja visto que a demanda atual contratada não atende as necessidades da Instituição.

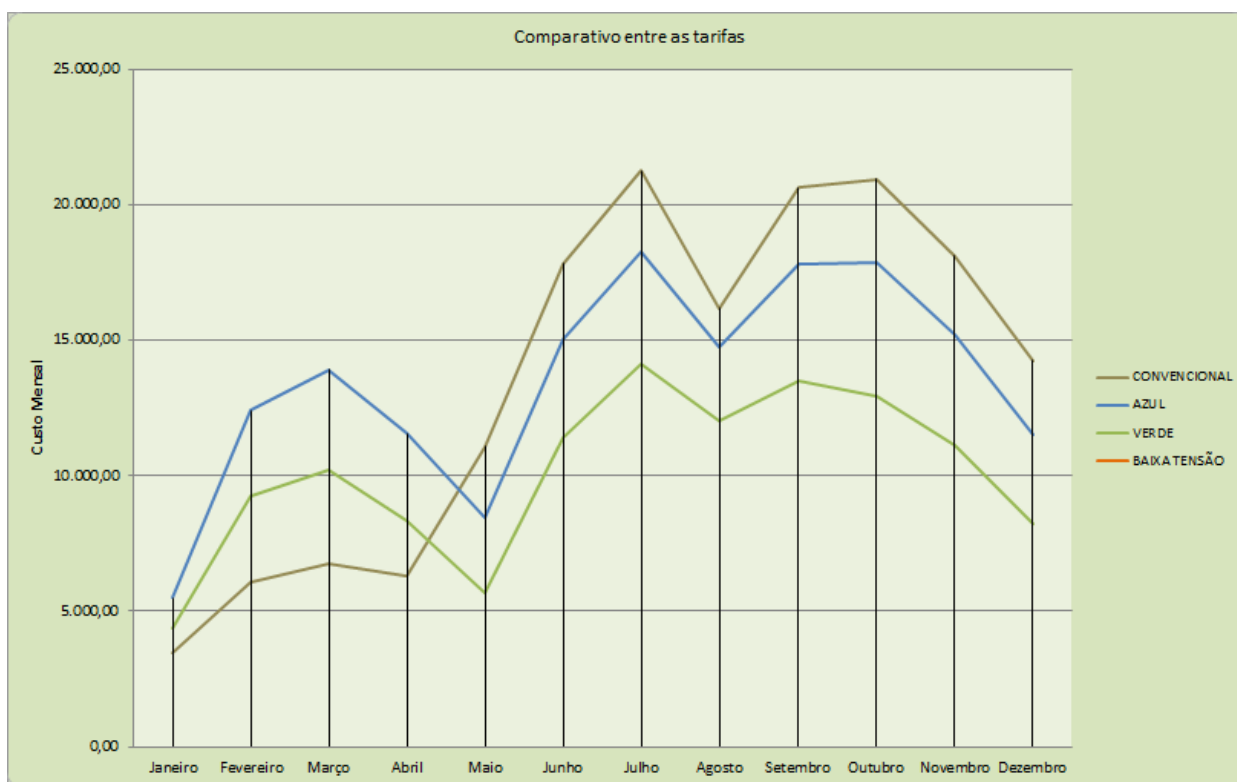
Embora o contrato previsto esteja abaixo do consumo máximo nos meses de referência, não haveria pagamento por excesso de demanda consumida em nenhum dos meses de faturamento, pois estaria dentro dos 10% de tolerância prevista pela concessionária. Com isso haveria uma economia de cerca de R\$ 4.000,00 anualmente apenas com essa mudança.

Medida essa que não requer avaliação econômica, já que não requer qualquer tipo de investimento para solicitar a revisão do contrato de fornecimento.

Na análise das modalidades tarifárias, verificou-se na simulação do mês de Setembro de 2019 que se pagaria R\$12.757,86 após a mudança para a demanda proposta, enquanto que na modalidade horo sazonal azul se pagaria R\$16.988,14, ou seja, que seria pago R\$4.230,28 a mais somente em um mês caso a Escola tivesse optado pela modalidade azul, mostrando a importância de se escolher a modalidade correta.

Entretanto, para se ter uma visão mais ampla na tomada de decisão, fez-se uma comparação anual entre as modalidades tarifárias conforme o gráfico 6 abaixo:

Gráfico 6 - Comparativo entre as modalidades tarifárias



Fonte: Próprio autor

Analisando-se o gráfico é possível constatar que a tarifa na modalidade horo sazonal azul é maior em todos os meses, possuindo um valor anual total de R\$162.223,63, enquanto que na modalidade horo sazonal verde atualmente contratada esse valor seria de R\$121.079,95, havendo uma diferença de R\$41.143,69 que seriam pagos durante um ano caso

fosse essa a modalidade contratada, constatando-se assim de que a modalidade horo sazonal verde é de fato a ideal para esta Instituição.

No que diz respeito aos ares-condicionados, que é o grupo que apresentou disparadamente o maior consumo, a proposta se refere à substituição de 10 ares-condicionados que já estão obsoletos e com mau funcionamento por aparelhos novos. Entretanto, como atualmente a SEDUC só dispõe de aparelhos de 30.000BTU/h com selo Procel B e os aparelhos instalados na escola são de 18.000BTU/h selo Procel A, fatalmente haverá um maior consumo de energia e o investimento não seria economicamente viável.

Em relação à instalação elétrica, obteve-se resultados que não podem ser mensurados. Durante todo o processo de elaboração desse estudo foram feitas diversas solicitações referente aos diversos problemas encontrados nessa Escola, muitas delas atendidas somente após muita insistência, denúncias ou até mesmo quando se acontecia o pior, que foi o caso de um princípio de incêndio que houve nesse ano com relação à instalação elétrica da escola.

Alguns dos problemas que foram identificados e resolvidos durante esse estudo são:

- Dimensionamento do cabeamento correto utilizado na Escola;
- Substituição do cabeamento que sai da subestação e chega aos quadros de ares-condicionados para suportar as novas cargas de maior valor que chegaram e que ainda irão chegar na Escola;
- Manutenção nos quadros elétricos com reaperto, substituição de cabeamento e balanceamento de carga, evitando o superaquecimento dos mesmos;
- Balanceamento de carga na subestação;
- Substituição de fusível de entrada mal dimensionado da subestação;
- Conscientização do corpo docente e discente da Escola em relação ao consumo consciente de energia elétrica.
- Conscientização dos pais de alunos através dos alunos e do grupo presença digital;

Em relação ao sistema de iluminação foi proposta a substituição de todas as lâmpadas tubulares fluorescentes por lâmpadas tubulares LED através da análise dos resultados do estudo de viabilidade econômica.

Primeiramente foi verificado o custo mensal com as lâmpadas fluorescentes. Para isso foi considerado o consumo diário calculado no horário fora de ponta de 86,24 kWh/dia e de

41,60 kWh/dia consumido em horário de ponta de segunda a sexta. Os valores cobrados pela Amazonas Energia no horário fora de ponta são de R\$ 0,412270 no horário fora de ponta e de 1,420720 no horário de ponta. Com essas informações, calculou-se o custo mensal com as lâmpadas existentes.

$$R\$_{fluor} = [(CE_{fp} \times R\$_{fp}) + (CE_p \times R\$_p)] \times dias$$

$$R\$_{fluor} = [(86,24 \times 0,412270) + (41,60 \times 1,420720)] \times 20$$

$$R\$_{fluor} = 1.893,12 \text{ R\$/mês}$$

Para as lâmpadas LED foi considerado o valor calculado de 38,81 kWh/dia consumido em horário fora de ponta e 18,72 kWh/dia consumido em horário de ponta nos dias de segunda a sexta-feira. Com isso obteve-se:

$$R\$_{LED} = [(CE_{fp} \times R\$_{fp}) + (CE_p \times R\$_p)] \times dias$$

$$R\$_{LED} = [(38,81 \times 0,412270) + (18,72 \times 1,420720)] \times 20$$

$$R\$_{LED} = 851,92 \text{ R\$/mês}$$

A economia mensal com a substituição das lâmpadas tubulares fluorescentes pelas LED será de:

$$R\$_{mês} = 1.893,12 - 851,92 = \text{R\$ } 1.041,2/\text{mês}$$

Já o ganho anual (li) é obtido multiplicando esse valor por 12 meses:

$$li = (R\$_{fluor} - R\$_{LED}) \times 12_{meses}$$

$$li = 1.041,2 \times 12 = \text{R\$ } 12.494,40$$

Para a substituição das lâmpadas é necessária a compra de 276 unidades de lâmpadas tubulares LED de 18 W. Essas lâmpadas possuem o valor unitário de R\$ 15,39, porém foi adicionado um valor de R\$50,00 referente à mão de obra para retirada da lâmpada fluorescente e instalação da lâmpada LED. Logo o investimento inicial “K” é de:

$$K = n^{\circ}_{lâmp} \times R\$_{lâmp+mão \ de \ obra}$$

$$K = 276 \times R\$65,39 = R\$ 18.047,64$$

As lâmpadas LED indicadas na proposta possuem vida útil de 25.000 horas e como as lâmpadas a serem substituídas ficam ligadas em média 14 horas por dia em 220 dias do ano, em um ano as lâmpadas ficam ligadas 3080 horas. Portanto a durabilidade dessas lâmpadas no sistema será de aproximadamente 8 anos.

Com isso foi calculado o valor de depreciação:

$$Dep = \frac{k}{n}$$

Onde:

Dep = depreciação

k = investimento inicial

n = vida útil em anos

$$Dep = \frac{R\$ 18.047,64}{8} = R\$ 2.255,95$$

O fluxo de caixa é definido pela seguinte fórmula:

$$Fci = (Ii - Dep) \times \left(1 - \frac{IR}{100}\right) + Dep$$

Para este estudo, IR considerado foi no valor de 33%. Substituindo todos os valores na fórmula do Fci, tem-se:

$$Fci = (12.494,40 - 2.255,95) \times \left(1 - \frac{33}{100}\right) + 2.255,95$$

$$Fci = 9.115,71$$

Para verificar se irá compensar financeiramente o investimento, o valor presente líquido tem que ser maior que zero, que é encontrado pela seguinte fórmula:

$$VPL = -k + \sum_{i=1}^n \frac{Fci}{(1 + Td)^i}$$

$$VPL = -18.047,64 + \left[ \frac{9.115,71}{(1+0,12)^1} + \frac{9.115,71}{(1+0,12)^2} + \frac{9.115,71}{(1+0,12)^3} + \frac{9.115,71}{(1+0,12)^4} + \frac{9.115,71}{(1+0,12)^5} + \frac{9.115,71}{(1+0,12)^6} + \frac{9.115,71}{(1+0,12)^7} + \frac{9.115,71}{(1+0,12)^8} \right]$$

$$VPL = -18.047,64 + 9.116,83 + 7.266,98 + 6.488,38 + 5.793,19 + 5.172,49 + 4.618,30 + 4.123,48 + 3.681,68$$

$$VPL = R\$ 28.213,69$$

Finalmente, calculou-se o tempo de retorno de capital, mostrando em quanto meses haveria o retorno do capital investido:

$$TRC = \frac{k}{RM} = \frac{18.047,64}{1.041,20} = 17,33 \text{ meses}$$

Com  $VPL > 0$ , comprova-se a viabilidade do projeto. O valor encontrado seria o de quanto se economizaria aproximadamente em 8 anos. Observa-se também que a partir do terceiro ano o valor do investimento já seria compensado, gerando um saldo de R\$ 4.824,55 já no terceiro ano. A TRC encontrada também é muito menor que a vida útil das lâmpadas também comprovando que é atrativo realizar o investimento.



## CONCLUSÃO

A partir da análise in loco, levantamento de carga, análises dos parâmetros elétricos e das faturas de energia elétrica pode-se observar todas as dificuldades que esse sistema possui e apresentaram-se propostas que tornarão o local de estudo mais eficiente energeticamente, evitando desperdício do dinheiro público. Além disso, buscou-se criar a consciência e a necessidade dos alunos em adotar práticas simples que poderiam ajudar na economia de energia elétrica, tanto na escola quanto em suas próprias casas, acreditando que os mesmos sejam semeadores de tudo que lhes foi passado.

Através do levantamento de carga pode-se caracterizar, quantificar e dividir a potência instalada na Escola em grupos para que fosse possível observar onde haviam os maiores consumos e houvesse foco onde de fato deveria haver mais atenção.

Analisando as faturas de energia elétrica também foi possível identificar problemas relacionados ao atual contrato de demanda da Escola, que durante anos vem pagando por excesso de demanda. Valor esse que, embora não seja tão significativo em relação ao todo, aproximadamente R\$4.000,00/ano, é algo que poderia ser evitado de pagar com uma simples mudança de contrato que não iria gerar custo algum para o Estado.

Também se mostrou que apesar de todos os problemas expostos, a Escola encontra-se na modalidade tarifária correta, ou seja, a modalidade horo sazonal verde, pois, caso a Instituição tivesse optado pela modalidade horo sazonal azul haveria uma diferença de quase R\$42.000,00 que seria pago a mais anualmente simplesmente por ter optado pela modalidade tarifária incorreta.

No que diz respeito à climatização, mostrou-se que a melhor alternativa a ser feita era relacionada à conscientização dos alunos, professores e funcionários da Escola sobre o uso consciente da energia, desligando os aparelhos após o final das aulas. Adotando essa simples atitude haveria uma redução de aproximadamente R\$3.127,81/mês chegando a uma economia anual de R\$37.533,72. Tudo isso sem investimento algum, apenas adotando boas práticas que podem ser utilizadas não somente na Escola, como também na casa de todos os alunos, professores e funcionários, chegando inclusive aos pais de alunos através de seus filhos que serão semeadores do conhecimento adquirido.

A proposta de substituição das lâmpadas tubulares fluorescentes por lâmpadas tubulares LED mostrou-se economicamente viável reduzindo o consumo de energia elétrica em 1.406,2 W por mês e uma economia de R\$1.041,20/mês e R\$12.494,40 anualmente.

Ao todo os resultados obtidos nesse estudo de viabilidade técnica representariam uma redução de R\$53.630,32 com pagamento de fatura de energia elétrica, comprovando a importância da aplicação das propostas apresentadas nesse estudo.

Para trabalhos futuros, sugere-se a reavaliação do projeto do sistema de climatização para verificar se está adequadamente dimensionado, bem como a instalação de janelas que aproveitem melhor a luz solar, mas que não troquem tanto calor com o meio externo.

Também se sugere a análise dos transformadores instalados no sistema elétrico do prédio para apresentação de soluções referentes à correção de fator de potência e às perdas com energia reativa desse sistema, bem como o desenho da planta elétrica e diagrama unifilar da escola que atualmente não existe. Além disso, realizar palestras periodicamente sobre o uso eficiente de energia elétrica através de palestras para alunos e professores da Escola, mantendo-os sempre conscientes sobre essa importante questão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 -**Iluminação de ambientes de trabalho**. Disponível em: <http://www.abntcolecao.com.br>. Acesso em: 30/04/2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA ,**Resolução ANEEL, nº 414 de 9 de setembro de 2010**, Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?version=1.0>>. Acesso em: 26/05/2019.
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução ANEEL nº 456**. Brasília: ANEEL, 2000.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT “**Iluminância de interiores – Especificação**”, NBR 5413, Brasil, 1982.
- ANICETO, Diego Machado. **Importância da correção do fator de potência nas instalações elétricas industriais**. Goiânia, 2016.
- BARDELIN, C.E.A. **Os Efeitos do racionamento de energia elétrica ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no consumo de energia elétrica**. Dissertação apresentada á Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.
- BOLZANI, C.A.M., **Residências Inteligentes**, 1a. ed., Ed Livraria da Física, São Paulo, 2004.
- CAMARGO, Renata. **Veja como o valor presente líquido (VPL) ajuda na análise de viabilidade de um investimento**. Disponível em: <<https://www.treasy.com.br/blog/valor-presente-liquido-vpl>>. Acesso em 15/04/2019.
- COMITÊ DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de Orientação aos consumidores: Energia Reativa Excedente**. CODI, 2004.

CEMIG, 1997 CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Estudo de Distribuição ED-5.28: **Melhoria do Fator de Potência em Instalações Consumidoras**. Belo Horizonte: CEMIG, 1997.

COTRIM, 2008 COTRIM, Ademaro A. M. B.; KINDERMANN, Geraldo (revisão e adaptação técnica). **Compensação da energia reativa. In: Instalações Elétricas**. 4ª edição. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

CREDER, Hélio. **Instalações de Ar Condicionado**, 6º Ed. Rio de Janeiro, 2004

DUALIBE, Paulo. **Capacitores: Instalação e correção do fator de potência**. São Paulo, 2000.

FRANCHI, C. M. **Acionamentos Elétricos**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2008.

HORDESKI, M. **Dictionary of Energy Efficienty Technologies**. Lilburn, GA (Estados Unidos): The Fairmont Press, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, ***O que é eficiência energética?***. Rio de Janeiro, 2013. 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 30/04/2019.

MONTENEGRO, Fabio. **Correção do fator de potência**. São Paulo, 2012.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MATOS, Serafim. **CLIMATIZAÇÃO**. Paraná, 2016.

NASCIMENTO, Alan. **Grandezas e Cálculos Luminotécnicos**. São Paulo: IPOG, 2013.

PLANO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Premissas e Diretrizes Básicas**. Rio de Janeiro, 2010.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, **Catálogo Selo Procel**, 2008. Disponível em

<<http://www.eletronbras.com/CatalogoSeloProcel2008/artigo.html?cod=artigo>>. Acesso em: 20/04/2019

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). **Sistemas de Ar Condicionado**. Rio de Janeiro, 2011.

PRATES, Wladimir Ribeiro. **Qual a diferença entre payback simples e descontado?**, 04/05/2016. Disponível em: <<http://www.wrprates.com/qual-e-a-diferenca-entre-payback-simples-e-descontado/>>. Acesso em 15/04/2019.

PATTERSON, M. **What is Energy Efficiency? - Concepts, Indicators and Methodological Issues**. Energy Policy v. 24, n.5, p. 377-390, 1996.

RANGEL, Juliana. SELO PROCEL EDIFICAÇÕES: CERTIFICADO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. SustetArqui, 12/03/2015. Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/selo-procel-edificacoes/>. Acesso em: 25/04/2019.

RASKIN, P. *et al.* **Great Transition: The Promise and Lure of The Times Ahead**. Boston, MA (Estados Unidos): Stockholm Environment Institute, 2002.

SAUER Jr, H.J. ; HOWELL, R.H.; COAD, W.J. **Principles of Heating and air Conditioning**, ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc., Atlanta, 2001.

SANTOS, A. H. M., et. alli. **Eficiência Energética Teoria & Prática**, 1ª. Edição, Eletrobras / PROCEL Educação, Universidade Federal de Itajubá, Fupai, Itajubá, 2007.

SILVA, M. C. I. **Correção do Fator de Potência de Cargas Indústrias com Dinâmicas Rápidas**. PPGEE – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Belo Horizonte – MG, 2009. Disponível em: <[www.ppgee.ufmg.br/defesas/129M.PDF](http://www.ppgee.ufmg.br/defesas/129M.PDF)>. Acesso em: 13/04/2019.

TOLMASQUIM, M.T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 26, 2012.

TRANE Company. “**Air Conditioning Manual**”, Milwaukee, USA, 1980.

VIANA, A.N.C., et. ali. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. 1ª. Edição, Elektro, Universidade Federal de Itajubá, Excen, Fupai, Campinas, 2012.

WEG INDÚSTRIAS S.A. **Manual para Correção do Fator de Potência**. Jaraguá do Sul, 2009.

**APÊNDICE A – Tabela de dados obtidos no levantamento de carga da Escola**

<b>LEVANTAMENTO DE CARGA E.E.EUNICE SERRANO TELLES DE SOUZA</b>				
<b>LOCAL</b>	<b>EQUIPAMENTO</b>	<b>QNTD</b>	<b>POT (W)</b>	<b>POT TOTAL (W)</b>
SALA DE AULA 01	Lâmpada tubular fluorescente	12	40	480
	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Ar condicionado VG 30.000 BTUS	1	3010	3010
SALA DE AULA 02	Lâmpada tubular fluorescente	12	40	480
	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Ar condicionado VG 30.000 BTUS	1	3010	3010
SALA DE AULA 03	Lâmpada tubular fluorescente	12	40	480
	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Ar condicionado VG 30.000 BTUS	1	3010	3010
SALA DE AULA 04	Lâmpada tubular fluorescente	12	40	480
	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Ar condicionado VG 30.000 BTUS	1	3010	3010
SALA DE AULA 05	Lâmpada tubular fluorescente	12	40	480
	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Ar condicionado VG 30.000 BTUS	1	3010	3010
SALA DE AULA 06	Lâmpada tubular fluorescente	12	40	480
	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Ar condicionado VG 30.000 BTUS	1	3010	3010
SALA DE AULA 07	Lâmpada tubular fluorescente	12	40	480
	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Ar condicionado VG 30.000 BTUS	1	3010	3010
SALA DE AULA 08	Lâmpada tubular fluorescente	12	40	480
	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Ar condicionado VG 30.000 BTUS	1	3010	3010
SALA DE AULA 09	Lâmpada tubular fluorescente	12	40	480
	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Ar condicionado VG 30.000 BTUS	1	3010	3010
SALA DE AULA 10	Lâmpada tubular fluorescente	12	40	480
	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Ar condicionado VG 30.000 BTUS	1	3010	3010
SALA DOS PROFESSORES	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Lâmpada tubular fluorescente	4	40	160
	Mini Pc Intel Atom X5 Z8300	3	12	36
	Monitor 18,5" AOC	3	15	45
	Freezer Vertical Fricon 501L	1	262	262
SALA DE INFORMÁTICA	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	2	1611	3222
	Lâmpada tubular fluorescente	8	40	320
	Mini Pc Intel Atom X5 Z8300	20	12	240

	Monitor 18,5" Phillips 193V	20	15	300
SALA DE EDUCAÇÃO FÍSICA	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Lâmpada tubular fluorescente	4	40	160
SALA DE MÍDIAS	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	2	1611	3222
	Lâmpada tubular fluorescente	8	40	320
DIREÇÃO	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Lâmpada tubular fluorescente	4	40	160
	Mini Pc	1	12	12
	Monitor 18,5" AOC	1	15	15
SECRETARIA	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Lâmpada tubular fluorescente	4	40	160
	Mini Pc	1	12	12
	Monitor 18,5" AOC	1	15	15
	Impressora Samsung ProXpress	1	50	50
	Bebedouro	1	50	50
	Cafeteira Malory	1	550	550
PEDAGOGIA	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Lâmpada tubular fluorescente	4	40	160
	Mini Pc	1	12	12
	Monitor 18,5" AOC	1	15	15
BIBLIOTECA	Ar condicionado VG 18.000 BTUS	1	1611	1611
	Lâmpada tubular fluorescente	4	40	160
COZINHA	Geladeira Consul 405 L	1	72	72
	Ventilador de Coluna Fan Way	1	75	75
	Lâmpada tubular fluorescente	4	40	160
DEPÓSITO MERENDA	Ar Condicionado VG Split 12.000BTU	1	1088	1088
	Freezer Horizontal Metalfrio 546L	3	500	1500
	Freezer Vertical Fricon 501L	1	262	262
	Lâmpada tubular fluorescente	4	40	160
DEPÓSITO DE MATERIAIS	Lâmpada tubular fluorescente	2	40	80
ARQUIVO MORTO	Lâmpada tubular fluorescente	2	40	80
CORREDOR PRINCIPAL (ENTRADA AO BANHEIRO FUNCIONÁRIOS)	Lâmpada tubular fluorescente	40	40	1600
	Roteador Intelbras Win 240	2	3	6
	Camêra Intelbras VHD 1120	2	2	4
CORREDOR CENTRAL 1º ANDAR	Bebedouro Esmaltec	2	77	154
	Bebedouro Industrial Karina K-200	2	305	610
	Camêra Intelbras VHD 1120	2	2	4
	Lâmpada tubular fluorescente	8	40	320
CORREDOR LATERAL ESQUERDO 1º ANDAR (SL 01 Á LAB INFORMÁTICA)	Lâmpada tubular fluorescente	12	40	480



CORREDOR LATERAL DIREITO 1º ANDAR (ÁREA COBERTA ED. FÍSICA)	Lâmpada tubular fluorescente	16	40	640
CORREDOR CENTRAL 2º ANDAR	Lâmpada tubular fluorescente	4	40	160
CORREDOR LATERAL ESQUERDO 2º ANDAR (SL 03 A SL 06)	Lâmpada tubular fluorescente	12	40	480
CORREDOR LATERAL DIREITO 2º ANDAR (SL 07 A SL 10)	Lâmpada tubular fluorescente	12	40	480

## ANEXO A – Planilha elaborada para o levantamento de carga

E.E. EUNICE SERRANO TELLES DE SOUZA												
PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE CARGA INSTALADA												
Local/Setor:	Nome/№ Sala	Dimensões da sala		largura:	Comprimento:		Altura:					
<b>SISTEMA DE LUMINAÇÃO</b>												
Tipo de lâmpada	Quantidade	Tipo de Reator	Potência Reator (W)	FP Reator	Potência Lâmpada (W)	Potência Total (W)	Potência Lâmpada (VA)	Potência Total (VA)	Fator de Potência	Tensão Nominal (V)	Utilização [horas/dia]	Utilização [horas/dia]
<b>Total</b>												
<b>OBSERVAÇÕES:</b>												
<b>APARELHOS DIVERSOS</b>												
Aparelho	Fabricante	Modelo	Qntd.	Capacidade (BTU/h)	Potência Aparelho (W)	Potência Total (W)	Potência Aparelho (VA)	Potência Total (VA)	Fator de Potência	Tensão Nominal (V)	Utilização [horas/dia]	Utilização [horas/dia]
<b>Total</b>												
<b>OBSERVAÇÕES</b>												