



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

**DAIANE SOARES CORREA**

**ETIQUETAGEM EM PRÉDIOS PÚBLICOS COM BASE NOS CRITÉRIOS  
PROCEL: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE CAUCAIA-CE**

**FORTALEZA**

**2022**

DAIANE SOARES CORREA

ETIQUETAGEM EM PRÉDIOS PÚBLICOS COM BASE NOS CRITÉRIOS  
PROCEL: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE CAUCAIA-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Amaral Câmara

FORTALEZA  
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- C841e Correa, Daiane Soares.  
Etiquetagem em prédios públicos com base nos critérios PROCEL: um estudo de caso no município de Caucaia-CE / Daiane Soares Correa. – 2022.  
71 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara.
1. Selo de eficiência energética. 2. Gestão de edificações públicas. 3. Certificações. I. Título.  
CDD 621.3
-

DAIANE SOARES CORREA

ETIQUETAGEM EM PRÉDIOS PÚBLICOS COM BASE NOS CRITÉRIOS  
PROCEL: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE CAUCAIA-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Aprovado em 28/01/2022.

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

Prof. Me. Tomaz Nunes Cavalcante Neto  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng. Breno Bezerra Freitas  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus e a minha família, pelo cuidado  
e carinho.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por me sustentar em todos os meus momentos. É Ele o responsável por todas as bênçãos que recebo em minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Raphael Amaral, pela oportunidade, confiança e apoio prestado. Seu entusiasmo e paciência desde o início foram essenciais neste trabalho.

Aos professores convidados para a banca, o Prof. Me. Tomaz Nunes e o Engenheiro Breno Bezerra, pelas importantes contribuições técnicas e por aceitarem fazer parte da equipe avaliadora.

Aos meus familiares e amigos, que me auxiliaram de forma direta e indireta na minha vida acadêmica. Pelo apoio e entendimento da minha ausência durante esses anos.

Um especial agradecimento aos meus pais, Antonia e Dirceu, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram em todas as circunstâncias.

“Não se apavore nem desanime,  
pois o Senhor, o seu Deus,  
estará com você por onde  
você andar.”

**(Josué 1:9:13)**

## RESUMO

Diante do cenário de escassez hídrica no país, houve como consequência o aumento nos custos da geração de energia, questão que afetou todos os setores, principalmente as contas dos prédios públicos municipais, que têm uma demanda considerável. Com isso, faz-se necessário a redução nos custos das contas de energia nesse setor, tendo em vista que as edificações apresentam tendência de crescimento energético. Nesse contexto, este trabalho objetiva mostrar a importância da análise energética em prédios públicos com base na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) e no Selo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Para isso, este estudo pretende ressaltar as melhores estratégias operacionais através da etiquetagem, tendo como foco as substituições de tecnológicas obsoletas. Com isso, verifica-se que a metodologia adotada otimiza o uso racional de energia, onde temos o menor dispêndio de energia, haja vista que esta ação visa agregar ao uso eficiente, a mudança de hábitos de consumo, a proteção ao meio ambiente e a redução de custos públicos. A análise realizada compreende alguns prédios da secretaria municipal de saúde e da secretaria municipal de educação, ciência e tecnologia na cidade de Caucaia/CE. Este estudo deverá servir de base para a análise de outros órgãos no município, que necessitam da redução do consumo de energia no setor público.

**Palavras-chave:** Selo de eficiência energética. Gestão de edificações públicas. Certificações.



## ABSTRACT

Given the scenario of water scarcity in the country, there was an increase in energy generation costs, an issue that affected all sectors, especially the bills of municipal public buildings, which have considerable demand. With this, it is necessary to reduce the costs of energy bills in this sector, given that buildings have a trend of energy growth. In this context, this work objective to show the importance of energy analysis in public buildings based on the National Energy Conservation Label (ENCE) and the Seal of the National Electric Energy Conservation Program (PROCEL). For this, this study intends to highlight the best operational strategies through labeling, focusing on the replacement of obsolete technologies. With this, it is verified that the adopted methodology optimizes the rational use of energy, where we have the lowest energy expenditure, given that this action aims to add to the efficient use, the change of consumption habits, the protection of the environment and the public cost reduction. The analysis carried out includes some buildings of the municipal health department and the municipal department of education, science and technology in the city of Caucaia/CE. This study should serve as a basis for the analysis of other bodies in the municipality, which need to reduce energy consumption in the public sector.

**Keyword:** Seal in Energy Efficiency. Public Buildings Management. Certifications.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Etiqueta para edificação construída .....                          | 22 |
| Figura 2 - Distribuição de lâmpadas presente .....                            | 28 |
| Figura 3 - Consumo de Energia na Escola 7 de Setembro EEIEF .....             | 34 |
| Figura 4 - Consumo de Energia na Escola Antônio Braga da Rocha EEIEF .....    | 34 |
| Figura 5 - Consumo de Energia na Escola Maria Inocencia de Araujo EEIEF ..... | 35 |
| Figura 6 - Consumo de Energia CAPS AD.....                                    | 35 |
| Figura 7 - Consumo de Energia UBS Manuel Gomes da Silva .....                 | 35 |
| Figura 8 - Consumo de Energia UBS Ednir Carneiro Galeno.....                  | 36 |
| Figura 9 - Quadro 1 na Escola Antonio Braga da Rocha .....                    | 38 |
| Figura 10 - Quadro 2 na Escola Antonio Braga da Rocha .....                   | 39 |
| Figura 11 - Quadro 1 na Escola 7 de Setembro .....                            | 39 |
| Figura 12 - Quadro 2 na Escola 7 de Setembro .....                            | 40 |
| Figura 13 - Quadro 3 na Escola 7 de Setembro .....                            | 40 |
| Figura 14 - Quadro 4 na Escola 7 de Setembro .....                            | 41 |
| Figura 15 - Quadro 1 no CAPS AD .....   | 42 |
| Figura 16 - Quadro 1 na UBS Ednir Carneiro Galeno .....                       | 42 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Levantamento de iluminação das escolas.....                                   | 29 |
| Tabela 2 - Levantamento de iluminação CAPS e UBS .....                                   | 30 |
| Tabela 3 - Levantamento Condicionador de ar na Escola Antonio Braga da Rocha.            | 31 |
| Tabela 4 - Levantamento Condicionador de ar na Escola 7 de Setembro .....                | 31 |
| Tabela 5 - Levantamento Condicionador de ar na Escola Maria Inocencia De Araujo<br>..... | 32 |
| Tabela 6 - Levantamento Condicionador de ar no CAPS AD.....                              | 32 |
| Tabela 7 - Levantamento Condicionador de ar na UBS Manuel Gomes da Silva .....           | 33 |
| Tabela 8 - Levantamento Condicionador de ar na UBS Ednir Carneiro Galeno .....           | 33 |
| Tabela 9 - Luminárias Fluorescentes e Condicionador de Ar (B, C, D).....                 | 37 |
| Tabela 10 - Principais problemas encontrados nos locais .....                            | 43 |
| Tabela 11 - Proposta de iluminação na escola Antonio Braga da Rocha.....                 | 47 |
| Tabela 12 - Proposta de iluminação na escola 7 de Setembro .....                         | 48 |
| Tabela 13 - Proposta de iluminação na escola Maria Inocencia de Araujo .....             | 49 |
| Tabela 14 - Proposta de iluminação no CAPS AD .....                                      | 50 |
| Tabela 15 - Proposta de iluminação na UBS Manuel Gomes da Silva.....                     | 50 |
| Tabela 16 - Proposta de iluminação na UBS Ednir Carneiro Galeno .....                    | 51 |
| Tabela 17 - Proposta de condicionamento de ar nos locais.....                            | 52 |
| Tabela 18 - Reavaliação no sistema de iluminação das escolas .....                       | 53 |
| Tabela 19 - Reavaliação no sistema de iluminação nas unidades de saúde .....             | 53 |
| Tabela 20 - Modelos dos condicionadores de ar para a máxima etiquetagem .....            | 54 |
| Tabela 21 – Demanda de potência para a proposta de iluminação nos locais .....           | 55 |
| Tabela 22 - Demanda de energia com a proposta de iluminação nos locais .....             | 56 |
| Tabela 23 - Demanda de potência com a proposta dos condicionadores de ar.....            | 57 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|             |  |
|-------------|--|
| ABNT        | Associação Brasileira de Normas Técnicas   |
| BTU         | Unidade Térmica Britânica  |
| CAPS AD     | Centros de Atenção Psicossocial Alcoólicos Anônimos  |
| DPIL        | Densidade de Potência de Iluminação  |
| DPS         | Dispositivo de Proteção Contra Surto   |
| ENCE        | Etiqueta Nacional de Conversação de Energia  |
| INMETRO     | Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia   |
| KWH         | Quilowatt-hora   |
| LED         | Diodos Emissores de Luz  |
| MME         | Ministério de Minas e Energia  |
| NBR         | Norma Brasileira   |
| NR          | Norma Regulamentadora  |
| PBE         | Programa Brasileiro de Etiquetagem   |
| PBE EDIFICA | Plano de Ação para eficiência energética das edificações brasileiras   |
| PROCEL      | Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica   |
| P&D         | Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento  |
| RTQ-C       | Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos |
| SBAC        | Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade  |
| SMECT       | Secretária Municipal de Educação, Ciência e Tecnologia   |
| SMS         | Secretária de Saúde  |
| UBS         | Unidade Básica de Saúde  |
| QGBT        | Quadro Geral de Baixa Tensão   |

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>14</b> |
| 1.1      | Justificativa .....   | 16        |
| 1.2      | Objetivos.....  | 17        |
| 1.3      | Estrutura do trabalho.....  | 17        |
| <b>2</b> | <b>EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....</b>  | <b>19</b> |
| 2.1      | O conceito .....  | 19        |
| 2.2      | Eficiência energética em edifícios públicos.....                                    | 20        |
| 2.2.1    | <i>Programas brasileiros .....</i>  | <i>20</i> |
| 2.2.2    | <i>Classificação energética em prédios públicos .....</i>                           | <i>21</i> |
| 2.2.3    | <i>Etiquetagem energética.....</i>  | <i>23</i> |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA RTQ-C .....</b>  | <b>24</b> |
| 3.1      | O método prescritivo .....  | 24        |
| 3.2      | Análise do estudo .....   | 24        |
| <b>4</b> | <b>ESTUDO DE CASO .....</b>   | <b>26</b> |
| 4.1      | ENCE .....  | 27        |
| 4.1.1    | <i>Sistema de Envoltória.....</i>   | <i>27</i> |
| 4.1.2    | <i>Sistema de Iluminação .....</i>  | <i>27</i> |
| 4.1.2.1  | <i>Sistema de Iluminação - SMECT.....</i>   | <i>28</i> |
| 4.1.2.2  | <i>Sistema de Iluminação - SMS .....</i>  | <i>29</i> |
| 4.1.3    | <i>Sistema de Condicionamento de ar.....</i>  | <i>30</i> |
| 4.1.3.1  | <i>Sistema de Condicionamento de ar - SMECT .....</i>                               | <i>30</i> |
| 4.1.3.2  | <i>Sistema de Condicionamento de ar - SMS.....</i>                                  | <i>32</i> |
| 4.2      | Avaliação do consumo de iluminação e de condicionamento do ar .....                 | 33        |
| 4.3      | Condições Elétricas dos Locais – Análise Técnica.....                               | 37        |
| <b>5</b> | <b>ANÁLISE DO ESTUDO.....</b>   | <b>45</b> |
| 5.1      | Análise de substituições de iluminação e condicionador de ar .....                  | 45        |
| 5.2      | Análise com reavaliação ENCE do sistema de iluminação e condicionamento de ar ..... | 53        |
| 5.3      | Análise da demanda de potência e energia elétrica .....                             | 54        |
| 5.4      | Sugestões em infraestrutura elétrica.....   | 57        |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÃO.....</b>   | <b>59</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>61</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ANEXO A – Tabela Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação para o nível de eficiência pretendido .....</b> | <b>65</b> |
| <b>ANEXO B – Classificação Geral da Edificação conforme o valor do Resultado Ponderado .....</b>                                   | <b>66</b> |
| <b>ANEXO C – Luminárias Propostas – Philips .....</b>  | <b>67</b> |
| <b>ANEXO D – Condicionadores de ar propostos .....</b>   | <b>69</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

No ciclo hidrológico ocorre a movimentação das águas, este varia conforme os fenômenos da natureza e a mudança de temperatura no ambiente. Esses fatores principais podem produzir anomalias climáticas, interferindo na formação das chuvas e conseqüentemente gerando grandes secas, como em 1932 (MARENGO, 2008).

As regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste são ambientes propensos à ausência de água devido às mudanças de clima e, principalmente, à elevação da temperatura no local. Com isso, essas possíveis alterações representam um risco para a geração de energia, em particular nas hidrelétricas (MARENGO 2008).

Durante a década de 1980, com o crescimento das cidades, e diretamente ligado ao consumo de energia elétrica, o Grupo Coordenador para Operação Interligada (GCOI) observou o início do esgotamento nos reservatórios e, principalmente, nos períodos secos, abaixo do nível ótimo operacional (SCHUCH, 2000). Esse grupo fazia parte do planejamento e operação do sistema elétrico. Segundo o Brasil (2002), a Eletrobras coordenava-o, e este foi substituído pelo Operador Nacional do Sistema Elétrica (ONS).

Com a mudança de clima e como conseqüências a escassez das chuvas, as secas, a baixa capacidade de armazenamento nos reservatórios e o aumento da população, não houve preocupações e intervenções. A negligência acarretou descaso das evidências por parte dos funcionários do setor, tanto pelos impactos da ação humana como pelo mau gerenciamento (GRUN, 2005).

Os eventos ocorridos nos anos anteriores já mostravam a iminência de um desastre que ocorreria em 2001: a crise energética. Macedo *et al.* (2014) abordam que essa crise, denominada o “apagão”, é resultado da falta de investimentos no setor e da escassez das chuvas, com isso, afirmam ser preciso intervenção estrutural nesta área. Logo, como pode ser observado, a oferta de energia não seria suficiente para suprir o consumo crescente do país diante dos recursos existentes.

Portanto, é importante que diversos setores da sociedade estimulem o Brasil para um local sustentável, econômico e sociável, no que se refere à produção de energia. Esse desafio é possível quando há parceria da sociedade e do governo para o desenvolvimento do país em diferentes aspectos.

O Brasil vive hoje o mesmo contexto sob condições similares ao que já foi vivenciado nos anos anteriores, visto que há uma crise hídrica vigente, que avança juntamente a um progressivo consumo de energia elétrica (TOLMASQUIM, 2000).

Esse crescimento é um dos principais desafios que, em escala global, as cidades enfrentam, outro fator ligado é o impacto ambiental. Com isso, as alternativas viáveis no setor elétrico seriam a utilização de fontes renováveis de energia com baixo impacto ambiental e a eficiência energética nas instalações. Como relatam Souza *et al.* (2011), percebe-se que o planejamento no setor elétrico é importante com políticas públicas, pois o problema da capacidade de oferta de energia é algo recorrente que acompanha a história da nação.

Devido a esse desequilíbrio entre demanda e oferta, destaca-se, principalmente, a necessidade de incrementar a eficiência energética no país, tanto para adoção de tecnologias eficientes quanto por mudanças de hábitos de uso, como medidas complementares no planejamento energético (GODOI E JUNIOR, 2009).

De acordo com Lopes, conforme citado por Fortes *et al.* (2017), questões relacionadas à eficiência, sustentabilidade e meio ambiente estão presentes no setor elétrico, marcado pelo desequilíbrio entre uma demanda crescente e uma limitação de recursos não renováveis.

O conceito de desenvolvimento sustentável, conforme Feil e Schreiber (2017), surgiu durante um documento das Organizações das Nações Unidas (ONU) em 1987, onde citam ser um processo de transformação onde há harmonia entre os recursos naturais e o desenvolvimento tecnológico. Com isso, a percepção do meio ambiente fica evidente de modo a atender as necessidades presentes e futuras.

Nesse contexto, de acordo com Souza *et al.* (2011), diversos países adotaram planejamento ligado a este tema, como exemplo tem-se a Espanha com a criação do Instituto para a Diversificação e Economia Energética (IDAE), o Canadá na criação do programa *National Action Program on Climate*, os Estados Unidos que atua por meio do *Energy Efficiency and Renewable Energy Network*. De uma forma geral, esses países buscam estimular a substituição de equipamentos obsoletos, incentivar o uso de fontes renováveis e o uso racional de energia, para assim diminuir as despesas e proteger o meio ambiente.

Ao longo desse processo, diversos programas foram implementados no Brasil, como uma forma de diminuição de energia elétrica devido à crise de abastecimento e preocupações ligadas ao meio ambiente. É nesse contexto que também surge investimento em projetos de eficiência energética.

A redução de gastos com energia elétrica se faz necessária tendo em vista o orçamento público diante das prioridades do governo brasileiro, já que o consumo no setor público é cerca de 8%. (PROCEL, 2021). Os recursos naturais e financeiros estão ficando cada vez mais escassos, portanto, é necessário o planejamento através de projetos de eficiência



energética, que estimulem a redução de custos e como consequência haja a introdução de novas tecnologias. Por isso, torna-se proeminente acionar mecanismos capazes de incentivar os municípios a uma prática mais adequada de produção de energia.

Como consequência do apagão, o Brasil vem apoiando iniciativas em busca de melhorias e mudanças na política energética brasileira, em 2001 foi publicado a Lei de Eficiência Energética.

A eficiência energética consiste em diminuir o uso de energia, ou seja, utilizá-la com menos recurso natural de modo a garantir a eficiência. Através do Decreto Presidencial, desde 1998, temos o selo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), que anualmente analisa e classifica os ensaios conforme a eficiência dos equipamentos. Além disso, há o programa de eficiência energética de prédios públicos, desde 1997, que visa à economia de energia, melhoria na qualidade nos sistemas de iluminação, refrigeração, forças-motrizes e atualização tecnológica.

Diante dessa análise, os governos que investem e incentivam a eficiência energética terão como consequências, principalmente, a diminuição da poluição do meio ambiente, a redução de gastos financeiros e a menor necessidade de importação de energia (ALTOE *et al.*, 2017).

Conclui-se que o consumo adequado de energia elétrica tem como consequência direta a economia nos cofres públicos, e afirma que todas as ações da PROCEL no ano de 2015 geraram economia de bilhões de kWh. Além disso, implica na preservação ao meio ambiente e no desenvolvimento econômico e social (GOMES *et al.*, 2019).

Com base na gestão energética, delimita-se a pergunta-problema do trabalho: como a implantação de projetos com a sua devida etiquetagem em prédios públicos no município de Caucaia-CE pode influenciar positivamente na diminuição do consumo de energia?

## **1.1 Justificativa**

Nota-se um aumento no consumo de energia elétrica no país relacionado principalmente ao aumento da população brasileira e ao crescimento econômico (FINKLER *et al.*, 2016). Por conta disso, mudanças no uso da energia elétrica em prédios públicos se tornam um assunto tão necessário atualmente.

Considerando a demanda por energia e o consequente uso nos setores essenciais da sociedade, é necessária a busca pela diversificação na matriz elétrica do Brasil e pela economia,

tanto para garantir um fornecimento contínuo, como também uma diminuição dos custos relacionados à eletricidade.

É importante ter a visão estratégica, onde o estudo da região se faz necessário para análise do seu potencial, para que assim seja possível estabelecer metas e planos de ação para melhoria nos usos da energia (JANNUZZI, 2005). De acordo com esse levantamento, traz-se uma perspectiva sobre as possibilidades reais de melhoria no que diz respeito à eficiência energética no setor público.

Desta forma, o presente estudo se justifica pela necessidade de fazer um levantamento de dados, discutir e avaliar categorias de lâmpadas e de equipamentos condicionadores de ar utilizados, as consequências destes, envolvendo o uso de energia em edifícios públicos do município de Caucaia-CE, e também de caracterizar os equipamentos de acordo com o PROCEL, em busca de esforços e perspectivas para o futuro.

## **1.2 Objetivos**

O Objetivo Geral do presente trabalho compreende em analisar alguns prédios públicos do município de Caucaia/CE, recomendar substituições de tecnologias obsoletas e suas respectivas caracterizações de equipamentos de acordo com selo PROCEL.

Para tanto, os seguintes Objetivos Específicos são traçados:

- Realizar revisão bibliográfica sobre o tema de eficiência energética;
- Realizar um estudo de caso em três prédios da secretaria municipal de saúde e três escolas da secretaria municipal de educação, ciência e tecnologia do município de Caucaia;
- Determinar as caracterizações das luminárias e dos equipamentos condicionadores de ar destes locais;
- Recomendar substituições de tecnologias obsoletas;
- Fazer uma comparação dos resultados obtidos do sistema atual com a proposta recomendada, para comprovar sua eficácia e eficiência.

## **1.3 Estrutura do trabalho**

A estrutura do trabalho é dividida em 6 capítulos, estruturados da seguinte forma: no capítulo 2 apresenta-se o estudo sobre a eficiência energética, mostrando os conceitos, os

programas existentes, as classificações e a etiquetagem sobre essa proposta. No capítulo 3 trata-se sobre a eficiência em prédios públicos através da metodologia RTQ-C, e suas recomendações, que discorre sobre o método avaliativo prescritivo.

Ademais, no capítulo 4 é apresentado um estudo de caso em seis prédios públicos, aplicando a metodologia PROCEL. Inicialmente, determinam-se os sistemas de envoltória, de iluminação e de condicionamento de ar para cada local. Em seguida, é feita a avaliação atual do consumo de iluminação e de condicionamento de ar. Ademais, são avaliadas as condições das instalações elétricas de cada edificação com base na NBR 5410/2008. Com isso, delimita-se a discussão sobre onde pode haver eventuais mudanças nos ambientes diante do melhoramento energético de cada local.

No capítulo 5 é apresentada uma proposta de eficiência energética visando a contribuição de curto a médio prazo. Por fim, no capítulo 6, a conclusão do trabalho, mostrando as considerações finais, as melhorias proporcionadas no consumo pela realização do estudo de caso e propostas de continuidade do trabalho.

## 2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Neste capítulo são apresentados os conceitos de eficiência energética, dando ênfase aos prédios públicos do município, seus principais programas e sua classificação.

### 2.1 O conceito

A eficiência energética implica diretamente na diminuição do desperdício e na perda de energia sem reduzir seu fornecimento (CANESIN, 2001). Ou seja, é uma atividade que tem como foco o melhoramento do uso energético, sem depender de grandes quantidades de recurso.

Uma das formas disso ocorrer é a partir da introdução de determinadas tecnologias em edificações antigas, como lâmpadas com diodos emissores de luz (LED), que geram o mesmo fluxo luminoso e com baixo consumo de energia devido a sua baixa potência quando comparada às lâmpadas fluorescentes e incandescentes. Além disso, é importante que o ambiente tenha iluminação natural, muitas vezes a construção não é adequada e esta não pode contribuir para a iluminância do ambiente. Portanto, faz-se necessário um retrofit do sistema de iluminação que permita obtenção energética em relação às tecnologias obsoletas (LOUÇANO, 2009).

Renovar edificações antigas através de projetos de retrofit, que os tornam modernos, para otimizar o uso da energia se faz cada vez mais necessário. Retrofit é uma técnica que busca analisar locais com baixa eficiência energética que precisam sofrer modificações na área elétrica das edificações, como consequência direta traz diminuição no consumo elétrico (MORSOLETTO, 2016).

Outra forma de buscar a eficiência está relacionada aos equipamentos eletrodomésticos, cuja escolha adequada é fundamental, como aponta Barbosa (2013). Como exemplo, há os equipamentos com etiqueta energética da classe A, já que a eficiência energética no uso final implica na diminuição da fatura mensal ao nível do consumidor final.

Ressalta-se que essa temática traz uma análise importante na área de gestão energética do ponto de vista econômico e ambiental, pois é uma melhoria contínua (SOLA *et al.*, 2007). E acrescenta que são necessárias políticas de substituição de equipamentos e de luminárias, o qual dependem de medidas governamentais no setor público. Ou seja, o uso direto dessa prática resulta em redução dos custos de energia, aumentando assim a quantidade de energia oferecida sem alterar a geração.

## **2.2 Eficiência energética em edifícios públicos**

As iniciativas no uso eficiente de energia que comprovem o impacto em prédios públicos são significativas pela contribuição na redução das emissões em contas públicas. Ademais, essa busca é essencial como política pública, pois é um efeito demonstrativo para a sociedade entre o discurso e a ação (MME, 2007).

De acordo com Louçano (2009), um edifício vai ser considerado eficiente quando propicia condições semelhantemente no local com uma redução no consumo de energia. E acrescenta que se faz necessário a utilização da informação relativa à quantidade consumida. Como resultado, teremos iluminação e equipamentos energeticamente eficientes.

Para isso, novas tecnologias precisam ser inseridas no ambiente, intervindo em seu funcionamento, visto que são locais antigos e como consequência apresentam menores desempenhos energéticos (BARBOSA, 2013). Com isso, prédios públicos são exemplos de locais para a sociedade induzir ações que aliem sustentabilidade, eficiência energética e projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Se não houver investimento em P&D na área energética, isso poderá trazer consequências negativas (JANNUZZI, 2000). Com isso, é possível potencializar de modo a promover investimentos sustentáveis e como consequência direta gerar economia, especialmente aos municípios.

Através de retrofit em prédios existentes e que tenham potencial, haverá efetivamente a eficientização destas edificações, pois trará a redução de despesas, principalmente nas unidades de ensino e saúde, que se configuram como importantes consumidores na esfera municipal devido ao grande quantitativo de edificações públicas.

Os prédios públicos identificam-se como um potencial de oportunidades para redução energética e ações voltadas à racionalização dos recursos naturais, contribuindo para a sustentabilidade e a economia financeira (BARBOSA, 2013). Portanto, ações direcionadas à melhoria energética do setor público se fazem tão necessárias haja vista a possibilidade de uma operação eficiente.

### **2.2.1 Programas brasileiros**

O Ministério de Minas e Energia, por meio do PROCEL, foi criado em 1985 pelo Governo Federal, com o intuito de disseminar o uso eficiente da energia, mudar hábitos de

consumo (SOUZA, 2011).

A partir da crise em 2001, houve a criação da Lei 10.295/2001, essa lei destaca o nível mínimo de eficiência energética, o qual considera a avaliação dos equipamentos (HADDAD, 2002). Até então não havia uma política pública clara no setor e diante dos acontecimentos, neste ano, medidas passaram a ser tomadas visando à conservação da energia elétrica.

As áreas que abrangem os programas atualmente são várias: edificações, iluminação pública, equipamentos, indústria e comércio, poder público e conhecimento (PROCEL, 2021). Desse modo, observa-se a preocupação nos principais setores para alavancar ações que viabilizem resultados a curto, a médio e a longo prazo.

Um dos programas é o selo PROCEL, o qual identifica os equipamentos e os eletrodomésticos considerados mais eficientes através de ensaios em laboratório. Com isso, temos a avaliação do consumo e do desempenho disponibilizados nos produtos.

Conforme Souza (2011), destacam-se outros programas como: Gestão Energética Municipal (GEM), Eficiência Energética no Saneamento Ambiental (SANEAR), Eficiência Energética em Edificações (EDIFICA), Eficiência Energética em Prédios Públicos (EPP), Eficiência Energética na Iluminação Pública e Sinalização Semafórica (RELUZ), Disseminação de Informações sobre Eficiência Energética (PROCEL INFO), dentre outros.

Ademais, no ano de 2009 destaca-se o Programa de Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, Públicas e de Serviços do PBE EDIFICA. Conforme Nakamura *et al.* (2013), essa etiqueta é emitida apenas pelo Organismo de Inspeção Acreditado (OIA) pelo INMETRO.

Os programas obtiveram resultados surpreendentes, como a economia de aproximadamente 22 bilhões de quilowatts-hora apenas no ano de 2020. Isso corresponde a cerca de 1,2 milhões de emissões de carbono evitadas (PROCEL, 2021).

Esses programas têm como papel estimular a eficiência energética em vários setores da economia, principalmente no setor público, que tem sua relevância como potencial de redução de demanda energética.

### ***2.2.2 Classificação energética em prédios públicos***

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), regulamentada no âmbito do SBAC, tem por objetivo informar a classificação da classe de eficiência energética de edificações (PROCEL, 2021). Através da avaliação numérica, elas são classificadas em cinco

níveis, A, B, C, D e E, onde A mostra o melhor desempenho e E o pior em relação à eficiência. Esses níveis promovem a identificação da eficiência de cada ambiente, onde podem ser concebidos na etapa de projeto ou em construções finalizadas.

Ademais, têm-se as edificações existentes, onde possuem a ENCE de edificação construída desde 2009. O PBE Edifica classificam as edificações para serem etiquetadas, conhecidas como ENCE (FERNANDES *et al.*, 2015). Esta pode ser obtida para edificações comerciais, de serviços e públicas, e edificações residenciais, sendo estas de três tipos: unidades habitacionais autônomas (casas ou apartamentos), locais multifamiliares e áreas de uso comum.

Na figura 1 é apresentado o modelo de ENCE de edificação construída para classificação máxima, o qual é obtido após a inspeção, que será detalhada posteriormente.

Figura 1 - Etiqueta para edificação construída



Fonte: ELETROBRAS (2012).

### 2.2.3 *Etiquetagem energética*

Através da aplicação do regulamento técnico de qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) é possível avaliar os requisitos técnicos. Essa vertente avalia a envoltória, a iluminação e o condicionamento do ar (SOUZA *et al.*, 2012).

O procedimento é dividido em duas partes: inspeção do projeto, podendo ser realizado pelo método prescritivo ou de simulação; e a inspeção do local através da análise in loco para o levantamento de dados.

A envoltória trata do sistema construtivo externo à edificação, acima do nível do solo, como paredes e cobertura. São avaliadas no sistema da envoltória as características dos materiais utilizados e sua localização na fachada (ELETROBRAS, 2012).

Além disso, temos a avaliação da iluminação, neste caso é observada a potência instalada nos ambientes. Depende de fatores como: divisão dos circuitos, consideração da iluminação natural e desligamento automático para o sistema de iluminação (ELETROBRAS, 2012).

Por fim, temos a análise do condicionamento do ar. Este avalia a capacidade dos equipamentos e depende de fatores como o isolamento dos dutos e eficiência dos equipamentos (ELETROBRAS, 2012).

Essas três avaliações com a bonificação são inseridas para compor a equação geral para classificação do nível de eficiência, sendo assim, é possível obter a etiquetagem em totalidade. Ademais, consegue-se em parte, para isto, faz-se necessário avaliar os pré-requisitos de um ou dois sistemas o qual deseja (SOUZA *et al.*, 2012).

Seu resultado traz importantes aspectos, tais como a tomada de decisão para mudanças ou a classificação de edificações mais eficientes do ponto de vista econômico. Em locais vistos como potencial traz diretamente a redução do consumo da energia elétrica, o qual proporciona uma área de investimento em projetos de eficiência energética.



### **3 METODOLOGIA RTQ-C**

Como foi dito, o RTQ-C é uma das metodologias que faz parte do procedimento do PBE, há dois métodos para avaliar os edifícios: o método prescritivo e o método avaliativo (SOUZA *et al.*, 2012). Este primeiro é um modelo simplificado, enquanto o segundo é uma avaliação global e mais abrangente na modelagem (CARLO E LAMBERTS, 2010). Neste trabalho será abordado apenas o método prescritivo.

#### **3.1 O método prescritivo**

Inicialmente é obtida a coleta de dados para fazer a avaliação técnica nas três vertentes ditas anteriormente. Com isso, será possível fazer a análise para aplicar as equações analíticas. As informações fornecidas serão utilizadas como entrada para fornecer as características de envoltória, de iluminação e do condicionamento de ar (SOUZA *et al.*, 2012). Com a pontuação obtida é possível classificar a edificação.

Na classificação geral da ENCE, cada sistema é avaliado separadamente, onde envoltória e iluminação têm o peso individual de 30%, e sistema de condicionamento de ar de 40%.

Para o sistema de iluminação será avaliado o pré-requisito geral e específico que serão detalhados no tópico 4.1.2. Além disso, o sistema de condicionador de ar será descrito no tópico 4.1.3.

Além da caracterização de cada sistema, será realizada a verificação da eficiência dos equipamentos condicionadores de ar de acordo com os critérios do selo PROCEL, analisadas no tópico 4.2 e no tópico 5.2.

#### **3.2 Análise do estudo**

A estratégia de pesquisa consiste em uma investigação, um método da coleta e da análise de dados, chamada estudo de caso (YIN, 2015). Com isto, é possível criar cenários através do software Excel.

A presente pesquisa foi realizada em alguns prédios das secretarias do município de Caucaia/CE, sendo elas: Secretaria Municipal de Saúde (SMS) e Secretaria Municipal de

Educação, Ciência e Tecnologia (SMECT). Compreendendo também os seguintes prédios públicos: Centro de Atenção Psicossocial Alcoólatra e Dependentes Químicos (CAPS AD), Unidade Básica de Saúde (UBS) Manuel Gomes da Silva, UBS Ednir Carneiro Galeno, escola Antonio Braga Da Rocha EEIEF, escola 7 de Setembro EEIEF e escola Maria Inocencia De Araujo EEIEF.

Os locais escolhidos para este estudo foram selecionados tendo em vista a ausência de modificações estruturais, já que nunca passaram por grandes reformas e também pelo seu tamanho padrão, de forma que expressam sua representatividade na utilização da eletricidade para análise quantitativa.

De forma geral, o horário de funcionamento das escolas se estende de segunda a sexta de 7 às 17 horas, enquanto o CAPS e as UBS de 8 às 16 horas, com intervalo de 12 às 13 horas. Devido à pandemia, as escolas atualmente estão funcionando apenas durante um turno.

Ademais, temos a análise quantitativa, este método consiste em contabilizar o fenômeno em questão e identificá-los para o estudo, no caso, refere-se às cargas relacionadas ao consumo de energia em alguns prédios públicos (FREITAS E MOSCAROLA, 2002).

Foram coletados dados fornecidos pelos relatórios da Fundação Vanzolini, entre junho e julho de 2021, que realizou vistorias nos locais, permitindo, assim, a avaliação da infraestrutura elétrica dos locais através de um levantamento fotográfico na engenharia. Além disso, foi utilizada a literatura bibliografia como base teórica nos programas e normas vigentes.

Inicialmente, através do levantamento da infraestrutura elétrica realiza-se a aplicação dos critérios PROCEL, onde temos como base o selo e o plano de ação para eficiência energética das edificações brasileiras (EDIFICA). Com isso, são desenvolvidas planilhas de cálculo no *software* Excel para avaliar o desempenho das edificações.

Dessa forma, com as informações coletadas, é possível fazer uma análise de etiquetagem e, assim, fazer um diagnóstico energético. Para tal, medidas poderão ser aplicadas como melhoria, para propor a substituição de tecnologias obsoletas e sugestões na infraestrutura de cada prédio.

#### 4 ESTUDO DE CASO

O presente estudo detém das análises efetuadas in loco visando a melhoria em termos de eficiência energética. Os dados foram fornecidos pela Fundação Vanzolini através dos levantamentos em campo, realizados nos meses de julho e de agosto de 2021. Onde o principal foco é identificar a classificação de cada sistema da ENCE para cada prédio, em seguida avaliar o consumo de iluminação e de climatização dos ambientes. Ademais, também foram avaliadas as condições elétricas das instalações.

Devido à falta de informações do projeto arquitetônico em todos os locais, somente será possível fazer a avaliação dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar. Com isso, impossibilitando a obtenção da possível ENCE Geral e Parcial, pois a avaliação da envoltória se faz obrigatória.

O primeiro prédio compreende a Escola Antonio Braga Da Rocha EEIEF, situada na Rua 112, 77 no bairro Planalto Caucaia, com 42 ambientes com dois pavimentos, constituídos principalmente por salas de aula e também salas com função administrativa.

O segundo prédio compreende a Escola 7 de Setembro EEIEF, situada na avenida dom Almeida Lustosa, 2322 no bairro Parque Guadalajara, com 30 ambientes com apenas um pavimento, composto principalmente de salas de aula e também salas com função administrativa e uma quadra de esporte.

O terceiro compreende a Escola Maria Inocencia De Araujo EEIEF, situada na rua Principal, 1407 no bairro Coite Pedreira, com 21 ambientes com apenas um pavimento, compreendendo principalmente salas de aula.

Em seguida há o CAPS AD, com 23 ambientes com apenas um pavimento, formado principalmente por consultórios médicos, situado na Rua Coronel Correia, 2112 no bairro Centro.

O quinto local será a UBS Manuel Gomes da Silva com 18 ambientes, constituídos principalmente por salas médicas, situada na rua Alaide Mateus, s/n no bairro Toco.

Por fim, o sexto é a UBS Ednir Carneiro Galeno com 10 ambientes, formados principalmente por salas médicas, situada na rua Eribaldo Rodrigues, 518 no bairro Potira.

Serão realizadas as análises em seis dos trezentos e cinco prédios públicos do município de Caucaia. Inicialmente, teremos o passo a passo na avaliação dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar para edificações públicas no tópico 4.1. Em seguida, no tópico 4.2 teremos a avaliação do consumo de iluminação e de climatização nos ambientes. Por

fim, no tópico 4.3 haverá a avaliação das condições atuais das fiações e dos dispositivos de segurança nos prédios selecionados, dando ênfase aos problemas observados na instalação.

Com isso, teremos um panorama do atual cenário, sendo possível avaliar um provável potencial nas edificações públicas relacionados à eficiência energética.

## **4.1 ENCE**

Para avaliar a ENCE, os requisitos mínimos gerais são: possuir circuito elétrico exclusivos de iluminação, de condicionamento de ar e de força para a utilização dos equipamentos em geral, e apresentar a estimativa de demanda no aquecimento de água (ELETROBRAS, 2012).

Além disso, é feito a avaliação dos requisitos mínimos específicos de cada sistema, que devem ser atendidos de acordo com seus critérios.

### **4.1.1 Sistema de Envoltória**

Segundo a ELETROBRAS (p.39, 2012), envoltória “trata-se do conjunto de elementos construtivos em contato com o meio exterior, ou seja, que compõem os fechamentos dos ambientes internos em relação ao ambiente externo”. Portanto, é o limite interno/externo de uma edificação.

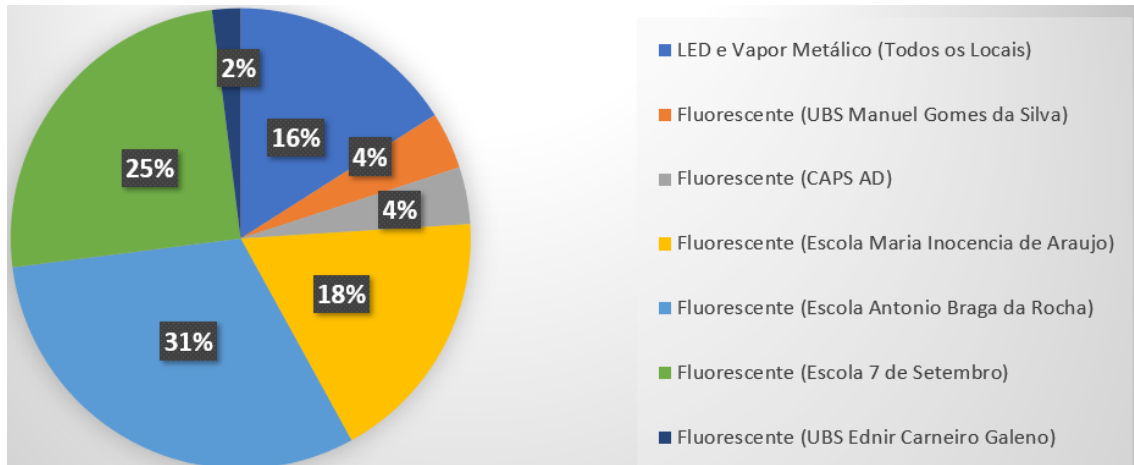
São requisitos listados para o sistema de envoltória: absorvância máxima de 0,50 para os materiais de revestimento externo das paredes e iluminação zenital que atenda ao fator solar máximo, transmitância térmica em coberturas e paredes exteriores (ELETROBRAS, 2012).

O primeiro sistema, o de envoltória, não foi desenvolvido devido à falta de informações, ou seja, por conta da ausência do projeto arquitetônico. Como as construções são antigas, seria necessário realizar uma inspeção civil para obtenção dos dados para determinação do indicador de consumo de envoltória.

### **4.1.2 Sistema de Iluminação**

Como pode ser observado através da figura 2, a iluminação dos seis prédios é composta principalmente por lâmpadas fluorescentes, totalizando 84% do total de 579 unidades nos seis locais.

Figura 2 - Distribuição de lâmpadas presente



Fonte: Próprio Autor.

Dentre os tipos, destaca-se o tipo tubular e a compacta, há o predomínio desta última nas instalações como poderá ser visto posteriormente. Será avaliado nos itens 4.1.2.1 e 4.1.2.2 os pré-requisitos gerais e os específicos, este último é feito conforme os limites do sistema de luz.

Primeiro avalia-se o pré-requisito geral da iluminação, que compreende a divisão dos circuitos de iluminação; em seguida, o desligamento automático do sistema de iluminação. Por fim, são avaliadas as contribuições da luz natural.

Para obtenção da etiqueta nível A será necessário atender aos três requisitos, no nível B é preciso obedecer à divisão do circuito de iluminação e a luz natural (MME, 2017). No nível C considera-se que há apenas a divisão do circuito atendido.

Em seguida, determina-se o pré-requisito específico conforme a área e a atividade do local através do manual RTQ-C conforme ANEXO A. Para isso, faz-se necessário consultar a tabela de limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL).

Para ser elegível a ENCE, deve prevalecer o pior nível avaliado entre pré-requisito geral e específico.

#### 4.1.2.1 Sistema de Iluminação - SMECT

Essa secretaria abrange as escolas, na primeira, Antonio Braga da Rocha, verifica-se o cumprimento dos dois pré-requisitos e não há desligamento automático do sistema luminoso, visto que este somente possui ambientes com áreas menores a 250 m<sup>2</sup>. A segunda e

a terceira escola são, respectivamente, 7 de Setembro e Maria Inocencia De Araujo, essas configuraram-se com o mesmo caso dito anteriormente da escola Antonio Braga da Rocha.

Portanto, todas essas escolas inspecionadas atingiram nível A para pré-requisito geral no sistema de iluminação.

Ademais, conforme ANEXO A, esses ambientes se adéquam na modalidade Escola/Universidade, e o seu limite para o nível A 10,7 W/m<sup>2</sup>, nível B 12,3 W/m<sup>2</sup>, nível C 13,9 W/m<sup>2</sup> e nível D 15,5 W/m<sup>2</sup>.

A potência instalada nas escolas consta na tabela a seguir, onde DPIL é a razão da potência instalada de iluminação e da área total para cada local, que compreende apenas as áreas iluminadas em cada prédio:

Tabela 1 - Levantamento de iluminação das escolas

|   | Potência instalada de iluminação (W) | Área total (m <sup>2</sup> ) | DPIL (W/m <sup>2</sup> ) |
|---|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| <b>Escola Antonio Braga da Rocha</b>    | 6579                                 | 788                          | 8,35                     |
| <b>Escola 7 de Setembro</b>             | 8232                                 | 768                          | 10,72                    |
| <b>Escola Maria Inocencia De Araujo</b> | 9800                                 | 790                          | 12,41                    |

Fonte: Próprio Autor.

Portanto, através da tabela 1, comparando o valor de DPIL com base no manual e o pré-requisito geral, é possível concluir que a escola Antonio Braga da Rocha alcançou o nível A, enquanto a escola 7 de Setembro nível B e a escola Maria Inocencia de Araujo nível C, com EqNumDPI respectivamente 5, 4 e 3.

#### 4.1.2.2 Sistema de Iluminação - SMS

Essa secretaria abrange as UBS e os CAPS, a primeira, CAPS AD, cumpre os dois pré-requisitos gerais e não há desligamento automático do sistema luminoso, dado que este somente possui ambientes com áreas menores a 250 m<sup>2</sup>. Nas UBS, Manuel Gomes da Silva e Ednir Carneiro Galeno, configura-se com o mesmo caso dito anteriormente.

Portanto, esses locais inspecionados atingiram nível A para pré-requisito geral no sistema de iluminação.

Ademais, conforme ANEXO A, esses ambientes se adéquam na modalidade Posto de Saúde/Clínica, e o seu limite para o nível A 9,4 W/m<sup>2</sup>, nível B 10,8 W/m<sup>2</sup>, nível C 12,2 W/m<sup>2</sup> e nível D 13,6 W/m<sup>2</sup>.

A potência instalada nestes locais consta na tabela a seguir, onde DPIL é a razão da potência instalada de iluminação e da área total, que compreende apenas as áreas iluminadas no local:

Tabela 2 - Levantamento de iluminação CAPS e UBS

|                                  | Potência instalada de iluminação (W) | Área total (m <sup>2</sup> ) | DPIL (W/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| <b>CAPS AD</b>                   | 808                                  | 690                          | 1,17                     |
| <b>UBS Manuel Gomes da Silva</b> | 990                                  | 109                          | 9,08                     |
| <b>UBS Ednir Carneiro Galeno</b> | 195                                  | 150                          | 1,30                     |

Fonte: Próprio Autor.

Portanto, através da tabela 2, comparando o valor de DPIL com base no manual e no pré-requisito geral, é possível concluir que CAPS AD e as duas UBS obtiveram o nível A, com EqNumDPI 5.

#### **4.1.3 Sistema de Condicionamento de ar**

Neste tópico será abordada a análise do sistema de condicionamento de ar, no tópico 4.1.3.1 e 4.1.3.2 abordarão o levantamento dos equipamentos em questão por local, que são, respectivamente, das escolas e das unidades de saúde.

O sistema de condicionamento de ar dos prédios selecionados compreende dois tipos: janela e split, os mesmos foram detalhados nos próximos tópicos segundo a classificação de eficiência PBE com seu equivalente numérico, a quantidade e a potência. Ademais, é obtida a ponderação que compreende a razão de cada unidade de potência e do total de potência no local em BTU/h. Além disso, há o resultado ponderado, sendo a multiplicação do equivalente numérico e da ponderação obtida para cada equipamento.

Com isso, é possível obter a eficiência total com o somatório do resultado ponderado para cada localidade.

##### **4.1.3.1 Sistema de Condicionamento de ar - SMECT**

A seguir, nas tabelas 3, 4 e 5 é realizado o levantamento por cada localidade do sistema de condicionamento de ar. Como pode ser observado, são elas, respectivamente: escola Antonio Braga da Rocha, escola 7 de Setembro e escola Maria Inocencia de Araujo. As

informações coletadas são realizadas com base na escala da eficiência PROCEL e o seu valor individual de potência expressa em BTU/h. Ademais, obtêm-se a ponderação e o seu respectivo resultado ponderado, ambos explicados anteriormente.

Tabela 3 - Levantamento Condicionador de ar na Escola Antonio Braga da Rocha

|                    |                              | Quantidade<br>(unidades) | Potência<br>(BTU/h) | Eficiência | Equivalente<br>numérico | Ponderação | Resultado<br>Ponderado |
|--------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|------------|-------------------------|------------|------------------------|
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 12000               | <b>B</b>   | 4                       | 0,14286    | 0,57143                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 9000                | <b>A</b>   | 5                       | 0,10714    | 0,53571                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 12000               | <b>A</b>   | 5                       | 0,14286    | 0,71429                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 12000               | <b>A</b>   | 5                       | 0,14286    | 0,71429                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 9000                | <b>C</b>   | 3                       | 0,10714    | 0,32143                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 12000               | <b>A</b>   | 5                       | 0,14286    | 0,71429                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 18000               | <b>A</b>   | 5                       | 0,21429    | 1,07143                |
| <b>TOTAL</b>       |                              | <b>7</b>                 | <b>84000</b>        |            |                         | <b>1</b>   | <b>4,64286</b>         |

Fonte: Próprio Autor.

Tabela 4 - Levantamento Condicionador de ar na Escola 7 de Setembro

|                    |                              | Quantidade<br>(unidades) | Potência<br>(BTU/h) | Eficiência | Equivalente<br>numérico | Ponderação | Resultado<br>Ponderado |
|--------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|------------|-------------------------|------------|------------------------|
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 10000               | <b>B</b>   | 4                       | 0,12195    | 0,48780                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 18000               | <b>B</b>   | 4                       | 0,21951    | 0,87805                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 18000               | <b>B</b>   | 4                       | 0,21951    | 0,87805                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 12000               | <b>C</b>   | 3                       | 0,14634    | 0,43902                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 12000               | <b>C</b>   | 3                       | 0,14634    | 0,43902                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 12000               | <b>C</b>   | 3                       | 0,14634    | 0,43902                |
| <b>TOTAL</b>       |                              | <b>6</b>                 | <b>82000</b>        |            |                         | <b>1</b>   | <b>3,56098</b>         |

Fonte: Próprio Autor.



Tabela 5 - Levantamento Condicionador de ar na Escola Maria Inocencia De Araujo

|                    |                              | Quantidade<br>(unidades) | Potência<br>(BTU/h) | Eficiência | Equivalente<br>numérico | Ponderação | Resultado<br>Ponderado |
|--------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|------------|-------------------------|------------|------------------------|
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 9000                | <b>A</b>   | 5                       | 0,16667    | 0,83333                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 9000                | <b>A</b>   | 5                       | 0,16667    | 0,83333                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 18000               | <b>A</b>   | 5                       | 0,33333    | 1,66667                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 9000                | <b>A</b>   | 5                       | 0,16667    | 0,83333                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 9000                | <b>A</b>   | 5                       | 0,16667    | 0,83333                |
| <b>TOTAL</b>       |                              | <b>5</b>                 | <b>54000</b>        |            |                         | <b>1</b>   | <b>5</b>               |

Fonte: Próprio Autor.

Portanto, a partir desses resultados e auxiliado com ANEXO B, que mostra a classificação geral conforme o somatório do resultado ponderado, é constatado que a Escola Antonio Braga da Rocha e a Escola Maria Inocencia De Araujo alcançaram o nível A de etiquetagem; no entanto, a Escola 7 de Setembro atingiu nível B.

#### 4.1.3.2 Sistema de Condicionamento de ar - SMS

A seguir, nas tabelas 6, 7 e 8 é realizado o levantamento da mesma forma que anteriormente, por cada localidade do sistema de condicionamento de ar, como pode ser observado são elas: CAPS AD, UBS Manuel Gomes da Silva e UBS Ednir Carneiro Galeno:

Tabela 6 - Levantamento Condicionador de ar no CAPS AD

|                    |                              | Quantidade<br>(unidades) | Potência<br>(BTU/h) | Eficiência | Equivalente<br>numérico | Ponderação | Resultado<br>Ponderado |
|--------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|------------|-------------------------|------------|------------------------|
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 9000                | <b>A</b>   | 5                       | 0,11111    | 0,55556                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 9000                | <b>A</b>   | 5                       | 0,11111    | 0,55556                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 18000               | <b>B</b>   | 4                       | 0,22222    | 0,88889                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 9000                | <b>A</b>   | 5                       | 0,11111    | 0,55556                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 9000                | <b>A</b>   | 5                       | 0,11111    | 0,55556                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 9000                | <b>A</b>   | 5                       | 0,11111    | 0,55556                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 9000                | <b>A</b>   | 5                       | 0,11111    | 0,55556                |
| <b>Equipamento</b> | Ar Condicionado Split        | 1                        | 9000                | <b>A</b>   | 5                       | 0,11111    | 0,55556                |
| <b>TOTAL</b>       |                              | <b>8</b>                 | <b>81000</b>        |            |                         | <b>1</b>   | <b>4,77778</b>         |

Fonte: Próprio Autor.

Tabela 7 - Levantamento Condicionador de ar na UBS Manuel Gomes da Silva

|              |                              | Quantidade<br>(unidades) | Potência<br>(BTU/h) | Eficiência | Equivalente<br>numérico | Ponderação | Resultado<br>Ponderado |
|--------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|------------|-------------------------|------------|------------------------|
| Equipamento  | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 9000                | A          | 5                       | 0,12500    | 0,62500                |
| Equipamento  | Ar Condicionado Split        | 1                        | 9000                | A          | 5                       | 0,12500    | 0,62500                |
| Equipamento  | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 18000               | A          | 5                       | 0,25000    | 1,25000                |
| Equipamento  | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 9000                | B          | 4                       | 0,12500    | 0,50000                |
| Equipamento  | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 9000                | B          | 4                       | 0,12500    | 0,50000                |
| Equipamento  | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 9000                | B          | 4                       | 0,12500    | 0,50000                |
| Equipamento  | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 9000                | B          | 4                       | 0,12500    | 0,50000                |
| <b>TOTAL</b> |                              | <b>7</b>                 | <b>72000</b>        |            |                         | <b>1</b>   | <b>4,50000</b>         |

Fonte: Próprio Autor.

Tabela 8 - Levantamento Condicionador de ar na UBS Ednir Carneiro Galeno

|              |                              | Quantidade<br>(unidades) | Potência<br>(BTU/h) | Eficiência | Equivalente<br>numérico | Ponderação | Resultado<br>Ponderado |
|--------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|------------|-------------------------|------------|------------------------|
| Equipamento  | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 9000                | B          | 4                       | 0,18750    | 0,75000                |
| Equipamento  | Ar Condicionado<br>Janeleiro | 1                        | 18000               | D          | 2                       | 0,37500    | 0,75000                |
| Equipamento  | Ar Condicionado Split        | 1                        | 12000               | A          | 5                       | 0,25000    | 1,25000                |
| Equipamento  | Ar Condicionado Split        | 1                        | 9000                | A          | 5                       | 0,18750    | 0,93750                |
| <b>TOTAL</b> |                              | <b>4</b>                 | <b>48000</b>        |            |                         | <b>1</b>   | <b>3,68750</b>         |

Fonte: Próprio Autor.

Portanto, a partir desses resultados e auxiliado com ANEXO B, o qual mostra a classificação geral consoante o somatório do resultado ponderado, é constado que CAPS AD e UBS Manuel Gomes da Silva alcançaram o nível A de etiquetagem; no entanto, a UBS Ednir Carneiro Galeno atingiu nível B.

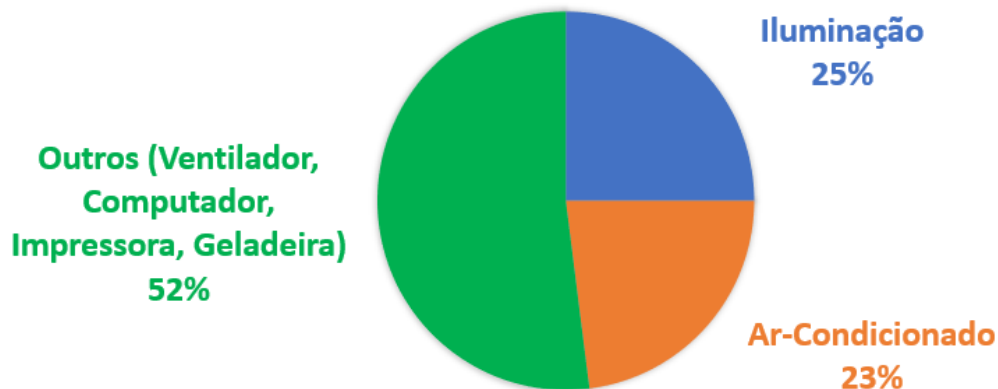
#### 4.2 Avaliação do consumo de iluminação e de condicionamento do ar

Nesta etapa será representada a estrutura da carga instalada em cada prédio. Em percentagem, os valores típicos de consumo de prédio público correspondem principalmente a 48% no uso com ar condicionado e 24% com iluminação (MAGALHÃES, 2001).

Os dados mostrados a seguir foram obtidos a partir dos relatórios feitos no levantamento em campo da Fundação Vanzolini, onde foram realizados por ambiente, repassados em planilha, e nessas estão todos os equipamentos em funcionamento. Com isso, é possível verificar o perfil de consumo de cada prédio conforme apresentado nas figuras de 3 a

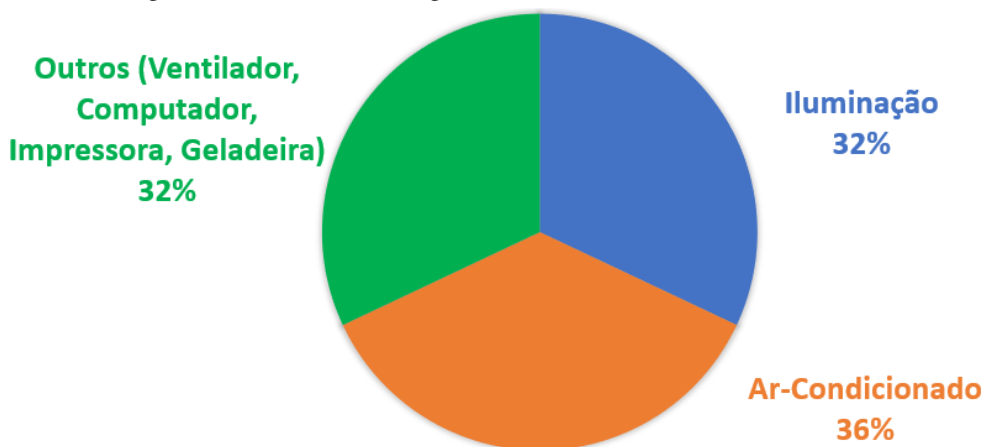
8, sendo elas, respectivamente: escola 7 de Setembro, escola Antônio Braga da Rocha, escola Maria Inocencia de Araujo, CAPS AD, UBS Manuel Gomes da Silva e UBS Ednir Carneiro Galeno.

Figura 3 - Consumo de Energia na Escola 7 de Setembro EEIEF



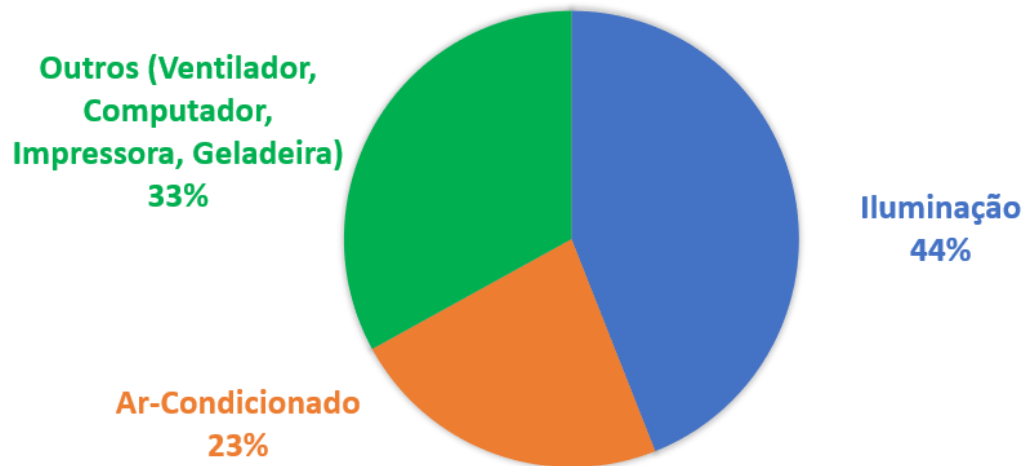
Fonte: Próprio Autor.

Figura 4 - Consumo de Energia na Escola Antônio Braga da Rocha EEIEF



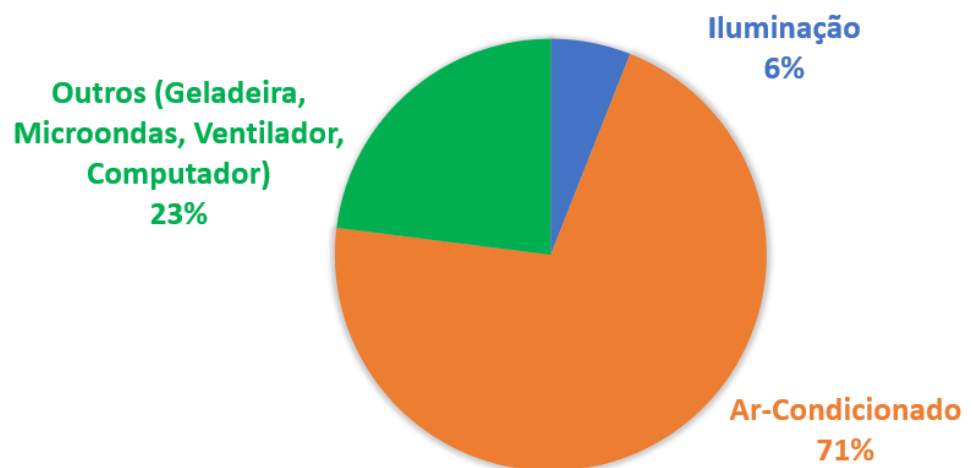
Fonte: Próprio Autor.

Figura 5 - Consumo de Energia na Escola Maria Inocencia de Araujo EEIEF



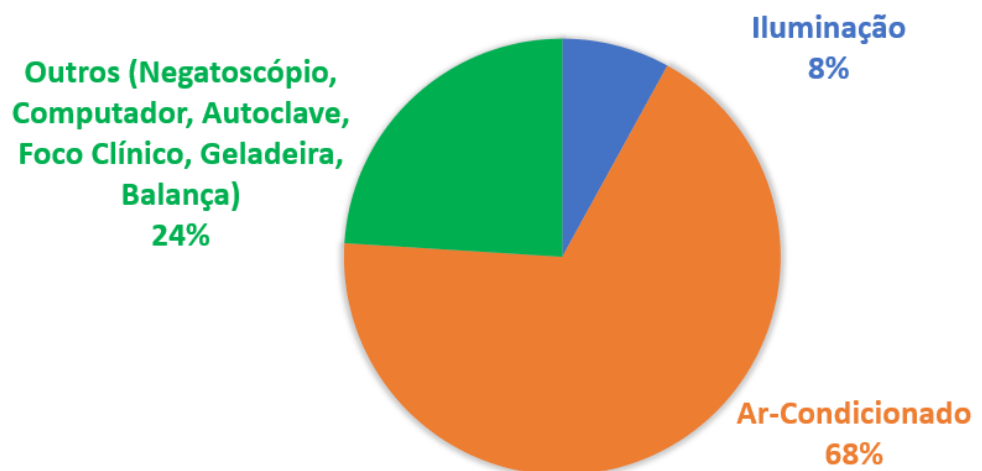
Fonte: Próprio Autor.

Figura 6 - Consumo de Energia CAPS AD



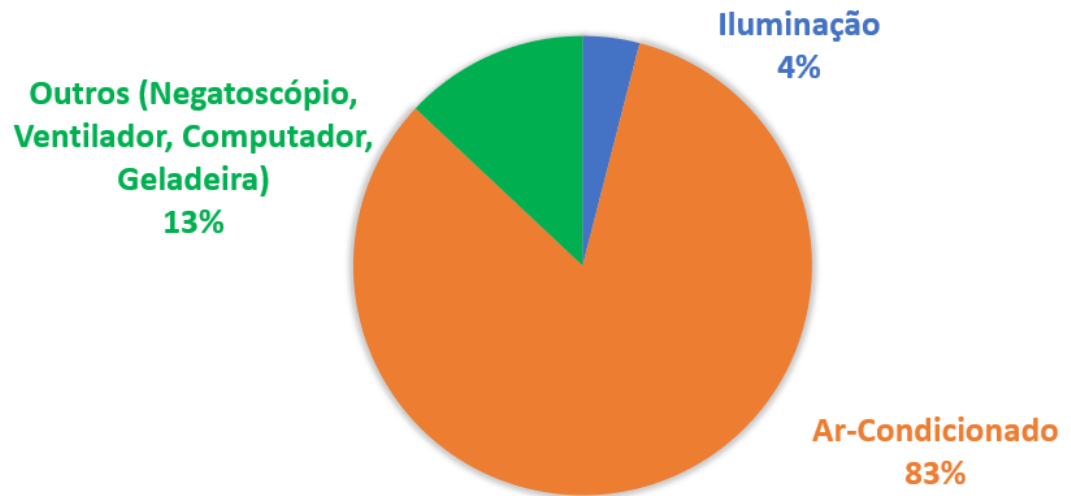
Fonte: Próprio Autor.

Figura 7 - Consumo de Energia UBS Manuel Gomes da Silva



Fonte: Próprio Autor.

Figura 8 - Consumo de Energia UBS Ednir Carneiro Galeno



Fonte: Próprio Autor.

Com isso, é possível perceber, através das figuras 6, 7 e 8, que esses locais se configuram de forma inferior à média dos prédios públicos, pois cerca de 70% do seu consumo estão representados pelo uso de ar-condicionado. Esse fato se dá, principalmente, pela utilização dos locais para atendimento ao público, que se justifica, assim, por ter áreas de atendimento clínico.

Outro fato observado através da figura 3 e da figura 4 é que esses ambientes educacionais se configuram próximos à média dos prédios públicos, neste caso, cerca de 28% do sistema de iluminação e 40% do sistema de ar-condicionado são utilizados. Isso se justifica pelo fato de serem prédios antigos, que nunca passaram por grandes reformas, apenas eventuais manutenções.

No entanto, a figura 5 representa a exceção como ambiente educacional, pois apenas 23% do uso se dá através da utilização do ar-condicionado, enquanto 44% por conta do sistema de iluminação. O local é constituído por ambientes grandes e algumas salas administrativas que passaram por pequenas mudanças nos últimos anos, principalmente a inserção de climatização nessas últimas salas.

Outro fato analisado nesses locais se refere ao uso de lâmpadas fluorescentes e de condicionadores de ar ineficientes do ponto de vista do PROCEL. Na tabela 9 é possível perceber a quantidade dessas, em que as escolas são representativas em relação ao uso da iluminação, principalmente do tipo fluorescente. Ademais, ainda na tabela, é possível analisar que todos os locais possuem ambientes com equipamentos de condicionador de ar ineficientes de acordo com sua etiquetagem.

Tabela 9 - Luminárias Fluorescentes e Condicionador de Ar (B, C, D)

| Locais                                  | Tipo de Iluminação | TOTAL      | Quantidade e tipo de condicionador de ar | Potência (BTU/h) | Eficiência |
|---|--------------------|------------|--|------------------|------------|
| <b>Escola Antonio Braga da Rocha</b>    | Fluorescente       | 181        | 1 Ar Condicionado Janelheiro             | 12000            | B          |
|   |                    |            | 1 Ar Condicionado Split                  | 9000             | C          |
| <b>Escola 7 de Setembro</b>             | Fluorescente       | 143        | 1 Ar Condicionado Janelheiro             | 10000            | B          |
|   |                    |            | 2 Ar Condicionado Janelheiro             | 18000            | B          |
|   |                    |            | 3 Ar Condicionado Split                  | 12000            | C          |
| <b>Escola Maria Inocencia De Araujo</b> | Fluorescente       | 106        | -  | -                | -          |
| <b>CAPS AD</b>                          | Fluorescente       | 21         | 1 Ar Condicionado Janelheiro             | 18000            | B          |
| <b>UBS Manuel Gomes da Silva</b>        | Fluorescente       | 22         | 4 Ar Condicionado Janelheiro             | 9000             | B          |
| <b>UBS Ednir Carneiro Galeno</b>        | Fluorescente       | 11         | 1 Ar Condicionado Janelheiro             | 9000             | B          |
|   |                    |            | 1 Ar Condicionado Janelheiro             | 18000            | D          |
|   | <b>TOTAL</b>       | <b>484</b> | <b>15</b>                                |                  |            |

Fonte: Próprio Autor.

De modo a ter uma verificação do cenário atual, a busca por dados estatísticos auxiliará na proposta de melhorias a serem indicadas. Desde já, essas informações trazem um indicativo de áreas de investimento visando à eficiência energética.

#### 4.3 Condições Elétricas dos Locais – Análise Técnica

Visando à efficientização dos circuitos nas instalações elétricas e auxiliado com a norma de instalações elétricas de baixa tensão, NBR5410/2008, neste tópico, busca-se avaliar as condições atuais de cada local e, observado a ocorrência de incoerências, será relatado. Tais fatos podem possivelmente causar perdas diretas ou mau funcionamento dos equipamentos e da iluminação.

A preocupação na temática da eficiência energética em prédios públicos engloba desde equipamentos mais eficientes até o correto dimensionamento dos cabos e dispositivos, evitando, assim, queda de energia e alto consumo. Ademais, a observância se há circuitos de reserva para instalações futuras, circuito com sobrecarga e fases desbalanceadas se faz necessária.

Convém salientar que a descrição que será detalhada visa também garantir a

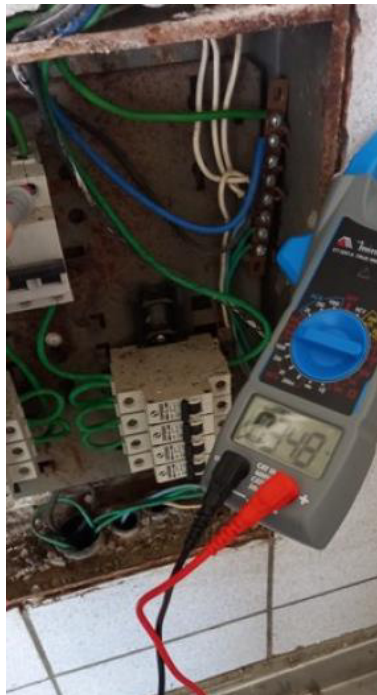
segurança das instalações. A partir do levantamento de campo realizado pelos técnicos da Fundação Vanzolini, faz-se o estudo do relatório nas localidades.

Inicialmente, observam-se as medições nos quadros e nos pontos de tomada. Em seguida, verifica-se o dimensionamento dos circuitos nos quadros, se foram realizados conforme a norma de baixa tensão e o estado da isolamento dos condutores elétricos. Por fim, constata-se a existência ou não de aterramento em cada local.

Na primeira escola, Antônio Braga da Rocha, com fornecimento elétrico trifásico, segundo as informações obtidas em campo, observa-se em todas as salas e corredores a tensão fora do padrão e a ausência de aterramento na escola.

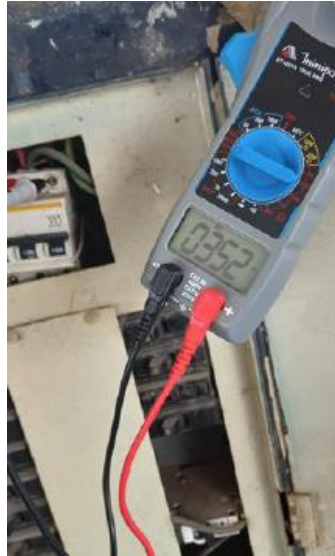
Conclui-se que no decorrer dos ambientes, conforme as distâncias, o cabo sofre resistência em vários pontos, modificando assim o valor da tensão elétrica. Com isso, verifica-se a medição em todos os pontos de tomadas e nos dois quadros de baixa tensão do local, sendo estes últimos com tensão fora do padrão como pode ser vistos nas figuras 9 e 10:

Figura 9 - Quadro 1 na Escola Antonio Braga da Rocha



Fonte: Fundação Vanzolini.

Figura 10 - Quadro 2 na Escola Antonio Braga da Rocha

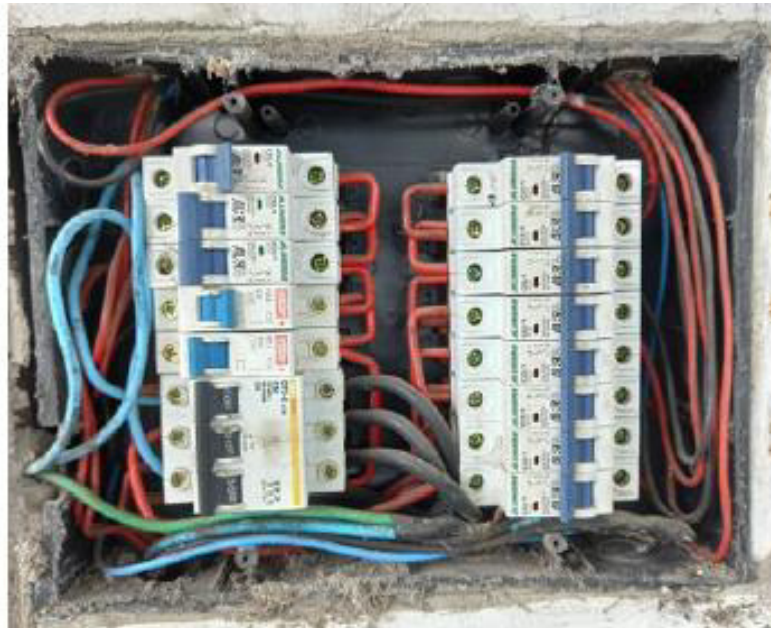


Fonte: Fundação Vanzolini.

Além disso, verifica-se que essa escola não possui aterramento.

Na segunda escola, 7 de Setembro, com fornecimento elétrico trifásico, conforme as informações obtidas, observa-se ausências do barramento neutro e do barramento de aterramento em um dos quadros de baixa tensão, conforme a figura 11:

Figura 11 - Quadro 1 na Escola 7 de Setembro



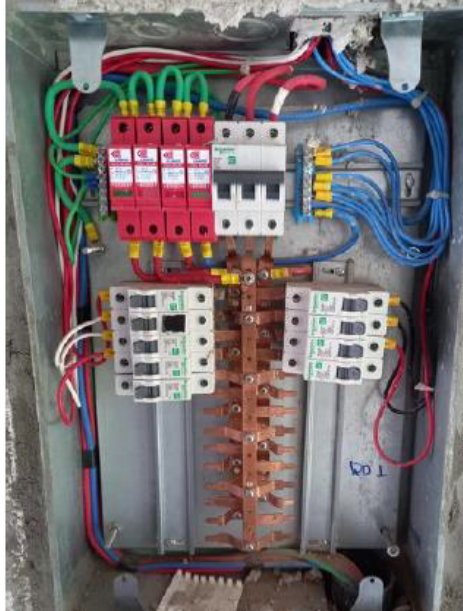
Fonte: Fundação Vanzolini.

Ademais, verifica-se o comprometimento na isolação de alguns condutores neste primeiro quadro. Em seguida, no segundo quadro na figura 12, são verificados dois dispositivos



de proteção contra surto (DPS), que não oferecem nenhuma proteção ao circuito.

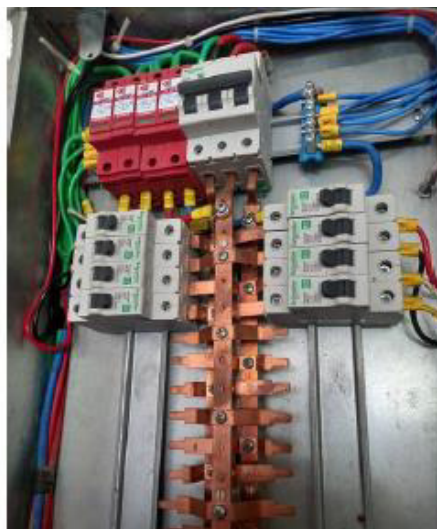
Figura 12 - Quadro 2 na Escola 7 de Setembro



Fonte: Fundação Vanzolini.

No terceiro quadro verifica-se um DPS sem funcionamento e o disjuntor geral especificado não atende a seção nominal, não oferecendo a devida proteção à instalação, onde a especificação do disjuntor trifásico é de 40 amperes para um cabo de 6 mm<sup>2</sup>, visto na figura 13:

Figura 13 - Quadro 3 na Escola 7 de Setembro



Fonte: Fundação Vanzolini.

Além desses, no outro quadro geral de baixa tensão verifica-se que o disjuntor geral especificado não atende a seção nominal, não oferecendo sua devida proteção à instalação, onde a especificação do disjuntor trifásico é de 63 amperes para um cabo de 10 mm<sup>2</sup>, visto na figura 14:

Figura 14 - Quadro 4 na Escola 7 de Setembro



Fonte: Fundação Vanzolini.

Na terceira escola, Maria Inocencia de Araujo, com fornecimento elétrico trifásico, não houve nenhuma divergência conforme os relatórios.

No CAPS AD, com fornecimento elétrico trifásico, segundo as informações obtidas em campo, observa-se ausência de barramento neutro e aterramento em um dos quadros de baixa tensão, conforme a figura 15:

Figura 15 - Quadro 1 no CAPS AD

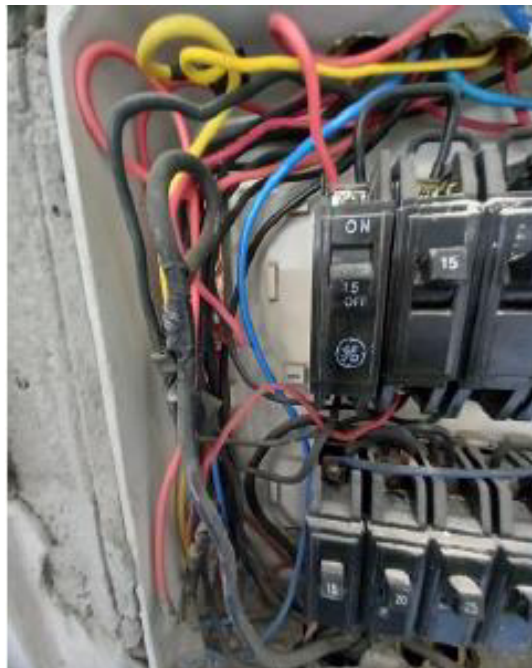


Fonte: Fundação Vanzolini.

Na UBS Manuel Gomes da Silva, com fornecimento elétrico trifásico, não houve nenhuma divergência nos quadros.

Na UBS Ednir Carneiro Galeno, conforme as informações obtidas em campo, observa-se ausência de barramento neutro e aterramento no quadro de baixa tensão. Ademais, há isolações comprometidas em alguns cabos, conforme figura 16:

Figura 16 - Quadro 1 na UBS Ednir Carneiro Galeno



Fonte: Fundação Vanzolini.

Assim, como resultado, as informações dessas análises são organizadas de modo a mostrar um panorama com os principais problemas observados vista na tabela 10:

Tabela 10 - Principais problemas encontrados nos locais

| Local                            | Especificação do Quadro | Tipo de Fornecimento | Tensão fora do padrão | Dimensionamento (não conforme) |                  | Ausência de barramento |   | Isolação do condutor comprometida | Ausência de aterramento no local |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|------------------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|
|                                  |                         |                      |                       | Alimentador                    | DPS (inoperante) | N                      | T |                                   |                                  |
| Escola Antonio Braga da Rocha    | Quadro 1                | Trifásico            | X                     |                                |                  |                        | X |                                   | X                                |
|                                  | Quadro 2                |                      | X                     |                                |                  |                        | X |                                   |                                  |
| Escola 7 de Setembro             | Quadro 1                | Trifásico            |                       |                                |                  | X                      | X | X                                 |                                  |
|                                  | Quadro 2                |                      |                       |                                | X                |                        |   |                                   |                                  |
|                                  | Quadro 3                |                      | X                     | X                              |                  |                        |   |                                   |                                  |
|                                  | Quadro 4                |                      | X                     |                                |                  |                        |   |                                   |                                  |
| Escola Maria Inocencia De Araujo |                         | Trifásico            |                       |                                |                  |                        |   |                                   |                                  |
| CAPS AD                          | Quadro 1                | Trifásico            |                       |                                |                  | X                      | X |                                   |                                  |
| UBS Manuel Gomes da Silva        |                         | Trifásico            |                       |                                |                  |                        |   |                                   |                                  |
| UBS Ednir Carneiro Galeno        | Quadro 1                | Trifásico            |                       |                                |                  | X                      | X | X                                 |                                  |

Fonte: Fundação Vanzolini.

Portanto, os principais problemas observados são delimitados como sendo: a tensão fora do padrão na instalação, isolação do condutor comprometida, o dimensionamento (não conforme) do disjuntor geral chamado alimentador e a existência de DPS inoperante no quadro.

Além disso, constata-se a ausência de barramento nos quadros, seja de neutro (N) ou terra (T) na maioria dos locais. O problema que exige maior atenção é a falta de aterramento em um dos locais, não garantindo o funcionamento adequado nas proteções e podendo trazer inseguranças à instalação.

Ademais, nota-se o uso de extensão na sala do almoxarifado da escola Antonio Braga da Rocha e na biblioteca da escola Escola 7 de Setembro e na sala dos professores da escola Escola Maria Inocencia De Araujo. Percebe-se também o uso de adaptador do tipo benjamin nos seguintes locais: sala da coordenação e na secretária da Escola 7 de Setembro, na cantina da Escola Maria Inocencia De Araujo, na coordenação administrativa do CAPS AD, na sala de enfermagem e cozinha da UBS Manuel Gomes da Silva e na sala de procedimentos da

UBS Ednir Carneiro Galeno.

## 5 ANÁLISE DO ESTUDO

A proposta a curto prazo é sugerir pequenas mudanças, que visem à diminuição no consumo de energia. A recomendação no tópico 5.1 consiste em substituições das luminárias ineficientes, como as fluorescentes, por LED, nos locais que fazem o uso exclusivo das lâmpadas fluorescentes; outra medida expressa é a reavaliação dos condicionadores de ar nos locais, após a escolha por equipamentos com a máxima eficiência de acordo com PROCEL. Ademais, haja vista a necessidade, sugestões de melhorias na infraestrutura elétrica de cada local também são feitas.

Com isso, no tópico 5.2 haverá uma reavaliação na etiquetagem das edificações em relação ao melhoramento da eficiência em comparação com os resultados obtidos anteriormente, esses nos sistemas de iluminação e de condicionamento de ar de acordo com PBE.

Essa readequação tornará os prédios públicos mais eficientes, para isso, o tópico 5.3 expressará o nível de desempenho dos sistemas conforme a demanda obtida. Além disso, tratará também sobre diminuição dos impactos e na preservação dos recursos naturais, com um setor com hábitos mais conscientes.

Ademais, no tópico 5.4 realiza-se um estudo com possíveis sugestões de melhorias nas condições da infraestrutura elétrica diante da análise feita.

### 5.1 Análise de substituições de iluminação e condicionador de ar

A previsão da carga de iluminação foi realizada por meio de um software conhecido como DIALUX, com base na norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013, que considera as características, finalidade e qualidade de iluminação dos diferentes cômodos, além de outros critérios luminotécnicos mais específicos que visam a eficiência energética e o conforto do usuário.

Diante disso, além das dimensões, nível de lux e finalidades de cada ambiente, os critérios de luminosidade considerados pelo DIALUX, que contribuem diretamente para um ambiente agradável e confortável, e comum a todos os cômodos, foram os seguintes: grau de reflexão no teto – 70%; grau de reflexão nas paredes – 50% e grau de reflexão no solo – 20%; fator de manutenção – 0.8. Ressalta-se que o grau de reflexão está relacionado à temperatura e à iluminação do ambiente, enquanto o fator de manutenção se relaciona ao tempo de vida útil da lâmpada utilizada.

Além disso, utilizaram-se no projeto os seguintes modelos de luminárias com suas respectivas potências, bem como os seus respectivos fabricantes: DN470B LED20S/830 C – 18,3 W – Philips, LED40S/830 PSD A20 – 27 W – Philips. Os catálogos referentes a estes modelos de luminárias se encontram no ANEXO C ao final deste documento.

Destaca-se ainda que, para efeito prático deste projeto luminotécnico, adotou-se fator de potência unitário. Assim, as tabelas seguintes especificam detalhadamente o nível de lux, tanto o existente, quanto o necessário, conforme a NBR 5413/1992, onde expressa o quantitativo e a potência necessária em cada ambiente. Ademais, foram selecionados ambientes de cada prédio que faziam o uso exclusivo de lâmpadas fluorescentes.

Em cada local realiza-se a medição da quantidade de luz por ambiente através de um luxímetro, os dados foram selecionados e apresentados nas tabelas seguintes. Para cada prédio pôde-se comparar os níveis de lux atual e o necessário baseado no tópico 5.3 da NBR 5413/1992.

Conforme a iluminância em lux por categoria de atividade nesta norma, para as escolas, avalia-se apoiado no tópico 5.3.13 dessa norma para caracterização desses ambientes e para as unidades de saúde o tópico 5.3.28 da mesma.

Na escola Antonio Braga da Rocha foram selecionadas 15 salas de aula, sala almoxarifado, sala direção, sala secretaria, sala professores, sala recepção, sala atendimento educacional especializado e sala da coordenação.

Salas como direção, secretaria, recepção e coordenação foram avaliadas como sala de reuniões variando 150 lux, 200 lux e 300 lux, e nestes locais utiliza-se o valor médio. Salas dos professores e de atendimento educacional especializado também foram avaliadas na mesma categoria de ambiente anterior, porém utiliza-se o valor mais alto nestes dois, tendo em vista a importância do máximo valor de iluminância. Ademais, salas de aula podem variar de 200 lux, 300 lux e 500 lux, respectivamente na ordem de precisão.

De modo a ter um detalhamento, é realizado o levantamento de luminância apenas das salas de todos os locais que serão avaliados para substituição de luminárias, observados na tabela 11:

Tabela 11 - Proposta de iluminação na escola Antonio Braga da Rocha

| Local                                 | Iluminância média atual (lux)        | Iluminância NBR 5413 (lux) | Luminária Tubular Existente (W) | Luminária Compacta Existente (W) | Luminária Proposta (W) |
|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| <b>Sala</b>                           | <b>Escola Antonio Braga da Rocha</b> |                            |                                 |                                  |                        |
| 1                                     | 180                                  | 200                        |                                 | 5x18                             | 3x27                   |
| 2                                     | 347                                  | 300                        | 2x28                            | 4x18                             | 4x27                   |
| 3                                     | 450                                  | 300                        | 8x28                            | 2x18                             | 10x18,3                |
| 4                                     | 343                                  | 300                        | 1x28                            | 5x18                             | 3x27                   |
| 5                                     | 544                                  | 500                        | 2x28                            | 3x18                             | 9x18,3                 |
| 6                                     | 489                                  | 500                        | 8x28                            | 2x18                             | 7x27                   |
| 7                                     | 382                                  | 300                        | 1x28                            | 5x18                             | 8x18,3                 |
| 8                                     | 324                                  | 300                        |                                 | 4x18                             | 2x27                   |
| 9                                     | 354                                  | 300                        |                                 | 5x18                             | 2x27                   |
| 10                                    | 482                                  | 300                        |                                 | 4x18                             | 2x7                    |
| 11                                    | 329                                  | 300                        |                                 | 5x18                             | 2x27                   |
| 12                                    | 436                                  | 300                        | 2x28                            |                                  | 3x27                   |
| 13                                    | 425                                  | 300                        | 2x28                            |                                  | 3x27                   |
| 14                                    | 497                                  | 300                        | 4x28                            |                                  | 6x18,3                 |
| 15                                    | 350                                  | 300                        | 4x28                            | 2x18                             | 4x27                   |
| Almoxarifado                          | 197                                  | 200                        | 2x28                            | 1x18                             | 3x27                   |
| Direção                               | 160                                  | 200                        |                                 | 1x18                             | 27                     |
| Secretaria                            | 180                                  | 200                        |                                 | 2x18                             | 2x18x3                 |
| Professores                           | 490                                  | 300                        | 8x28                            | 4x18                             | 12x18,3                |
| Recepção                              | 160                                  | 200                        |                                 | 1x32                             | 3x18,3                 |
| Atendimento Educacional Especializado | 290                                  | 300                        | 4x28                            |                                  | 6x18,3                 |
| Coordenação                           | 199                                  | 200                        | 2x28                            |                                  | 3x27                   |

Fonte: Próprio Autor.

Na escola 7 de Setembro foram selecionadas 21 salas de aula, sala secretaria, sala coordenação e sala professores. Analisado consoante a norma, nos locais diferentes das salas de aula configura-se o alto valor de iluminância. No entanto, nas salas de aula utiliza-se o valor médio, porém, em duas dessas utiliza-se o menor valor, tendo em vista que são locais sem uso. Com isso, é possível observar os dados na tabela 12.



Tabela 12 - Proposta de iluminação na escola 7 de Setembro

| Local       | Iluminância média atual (lux) | Iluminância NBR 5413 (lux) | Luminária Tubular Existente (W) | Luminária Compacta Existente (W) | Luminária Proposta (W) |
|-------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| <b>Sala</b> | <b>Escola 7 de Setembro</b>   |                            |                                 |                                  |                        |
| 1           | 230                           | 200                        |                                 | 3x15                             | 2x27                   |
| 2           | 345                           | 300                        | 2x20                            |                                  | 3x18,3                 |
| 3           | 299                           | 300                        |                                 | 4x15                             | 2x27                   |
| 4           | 250                           | 300                        |                                 | 6x15                             | 8x18,3                 |
| 5           | 298                           | 300                        |                                 | 6x15                             | 8x18,3                 |
| 6           | 293                           | 300                        |                                 | 6x20                             | 5x27                   |
| 7           | 296                           | 300                        |                                 | 6x15                             | 8x18,3                 |
| 8           | 210                           | 200                        |                                 | 1x15                             | 18,3                   |
| 9           | 301                           | 300                        | 2x20                            | 3x15                             | 9x18,3                 |
| 10          | 297                           | 300                        |                                 | 6x15                             | 8x18,3                 |
| 11          | 298                           | 300                        |                                 | 6x15                             | 8x18,3                 |
| 12          | 303                           | 300                        |                                 | 6x15                             | 8x18,3                 |
| 13          | 309                           | 300                        |                                 | 6x15                             | 8x18,3                 |
| 14          | 311                           | 300                        |                                 | 6x15                             | 8x18,3                 |
| 15          | 291                           | 300                        |                                 | 5x15                             | 7x18,3                 |
| 16          | 312                           | 300                        |                                 | 6x15                             | 8x18,3                 |
| 17          | 310                           | 300                        |                                 | 6x15                             | 8x18,3                 |
| 18          | 329                           | 300                        |                                 | 6x15                             | 8x18,3                 |
| 19          | 311                           | 300                        |                                 | 6x15                             | 8x18,3                 |
| 20          | 333                           | 300                        |                                 | 6x15                             | 8x18,3                 |
| 21          | 323                           | 300                        |                                 | 6x15                             | 8x18,3                 |
| Secretaria  | 293                           | 300                        | 4x40                            |                                  | 4x27                   |
| Coordenação | 277                           | 300                        | 2x40                            | 1x15                             | 5x18,3                 |
| Professores | 329                           | 300                        | 6x20                            |                                  | 3x27                   |

Fonte: Próprio Autor.

Na escola Maria Inocencia De Araujo foram selecionadas 11 salas de aula, sala secretaria, sala professores e sala direção. Auxiliado com a norma, salas de aula utiliza-se o valor médio e salas diferentes disso seleciona-se a máxima iluminância. Com isso, é possível observar os dados na tabela 13.

Tabela 13 - Proposta de iluminação na escola Maria Inocencia de Araujo

| Local       | Iluminância média atual (lux)           | Iluminância NBR 5413 (lux) | Luminária Tubular Existente (W) | Luminária Compacta Existente (W) | Luminária Proposta (W) |
|-------------|---|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| <b>Sala</b> | <b>Escola Maria Inocencia De Araujo</b> |                            |                                 |                                  |                        |
| 1           | 431                                     | 300                        |                                 | 5x32                             | 9x18,3                 |
| 2           | 398                                     | 300                        |                                 | 5x32                             | 9x18,3                 |
| 3           | 450                                     | 300                        |                                 | 3x32                             | 5x18,3                 |
| 4           | 468                                     | 300                        |                                 | 6x32                             | 10x18,3                |
| 5           | 433                                     | 300                        |                                 | 6x32                             | 10x18,3                |
| 6           | 452                                     | 300                        |                                 | 6x32                             | 10x18,3                |
| 7           | 430                                     | 300                        |                                 | 6x32                             | 10x18,3                |
| 8           | 421                                     | 300                        |                                 | 6x32                             | 10x18,3                |
| 9           | 433                                     | 300                        |                                 | 6x32                             | 10x18,3                |
| 10          | 471                                     | 300                        |                                 | 6x32                             | 10x18,3                |
| 11          | 397                                     | 300                        |                                 | 6x32                             | 10x18,3                |
| Secretaria  | 412                                     | 300                        |                                 | 5x32                             | 9x18,3                 |
| Professores | 460                                     | 300                        |                                 | 6x32                             | 10x18,3                |
| Direção     | 399                                     | 300                        | 2x36                            | 1x32                             | 3x27                   |

Fonte: Próprio Autor.

No CAPS AD foram selecionadas 11 salas, que engloba consultório de atendimento. Em concordância com a norma, enquadram-se esses ambientes como salas de diagnóstico e terapêutica geral, onde se têm os seguintes valores: 150 lux, 200 lux e 300 lux. Nesses locais utilizam-se os valores médio e máximo de iluminância, como podem ser observados na tabela 14.

Tabela 14 - Proposta de iluminação no CAPS AD

| Local       | Iluminância média atual (lux) | Iluminância NBR 5413 (lux) | Luminária Tubular Existente (W) | Luminária Compacta Existente (W) | Luminária Proposta (W) |
|-------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| <b>Sala</b> | <b>CAPS AD</b>                |                            |                                 |                                  |                        |
| 1           | 233                           | 200                        |                                 | 1x40                             | 2x27                   |
| 2           | 211                           | 200                        |                                 | 1x40                             | 2x27                   |
| 3           | 234                           | 200                        |                                 | 1x40                             | 2x27                   |
| 4           | 223                           | 200                        |                                 | 1x40                             | 2x27                   |
| 5           | 268                           | 300                        |                                 | 3x40                             | 4x27                   |
| 6           | 213                           | 200                        |                                 | 1x40                             | 2x27                   |
| 7           | 287                           | 300                        |                                 | 3x32                             | 4x27                   |
| 8           | 289                           | 300                        |                                 | 3x32                             | 4x27                   |
| 9           | 197                           | 200                        |                                 | 3x32                             | 2x27                   |
| 10          | 199                           | 200                        |                                 | 3x32                             | 2x27                   |
| 11          | 202                           | 200                        |                                 | 3x32                             | 2x27                   |

Fonte: Próprio Autor.

Na UBS Manuel Gomes da Silva foram selecionadas 5 salas, que também engloba consultório de atendimento. Nestes locais configura-se da mesma forma dita anteriormente e utilizam-se valores médio e máximo de lux. Com isso, é possível observar os dados na tabela 15.

Tabela 15 - Proposta de iluminação na UBS Manuel Gomes da Silva

| Local       | Iluminância média atual (lux)    | Iluminância NBR 5413 (lux) | Luminária Tubular Existente (W) | Luminária Compacta Existente (W) | Luminária Proposta (W) |
|-------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| <b>Sala</b> | <b>UBS Manuel Gomes da Silva</b> |                            |                                 |                                  |                        |
| 1           | 268                              | 300                        |                                 | 4x20                             | 2x27                   |
| 2           | 277                              | 300                        |                                 | 4x20                             | 2x27                   |
| 3           | 265                              | 300                        |                                 | 4x20                             | 2x27                   |
| 4           | 233                              | 200                        |                                 | 4x20                             | 2x27                   |
| 5           | 279                              | 300                        |                                 | 4x20                             | 2x27                   |

Fonte: Próprio Autor.

Na UBS Ednir Carneiro Galeno foram selecionadas 6 salas, que também compreende consultório de atendimento. Em todos os ambientes se configuram o nível médio de luminância, haja vista que não tem relevância máxima e a atividade é executada diariamente. Com isso, é possível observar os dados na tabela 16.

Tabela 16 - Proposta de iluminação na UBS Ednir Carneiro Galeno

| Local       | Iluminância média atual (lux)    | Iluminância NBR 5413 (lux) | Luminária Tubular Existente (W) | Luminária Compacta Existente (W) | Luminária Proposta (W) |
|-------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| <b>Sala</b> | <b>UBS Ednir Carneiro Galeno</b> |                            |                                 |                                  |                        |
| 1           | 189                              | 200                        |                                 | 1x25                             | 18,3                   |
| 2           | 202                              | 200                        |                                 | 1x25                             | 18,3                   |
| 3           | 199                              | 200                        |                                 | 1x25                             | 18,3                   |
| 4           | 269                              | 200                        |                                 | 2x15                             | 27                     |
| 5           | 233                              | 200                        |                                 | 2x15                             | 27                     |
| 6           | 212                              | 200                        |                                 | 1x25                             | 18,3                   |

Fonte: Próprio Autor.

De uma forma geral, a iluminação natural se faz presente em todos os locais inspecionados. De modo a atender o objetivo proposto, utiliza-se essa informação como influência para incentivar o desligamento de lâmpadas próximas à janela, haja vista o baixo fluxo luminoso necessário nessas regiões.

Além disso, a proposta também inclui a substituição dos condicionados de ar com selo PROCEL diferente de A.

Para o dimensionamento dos condicionadores de ar, foi primeiramente realizado o cálculo da potência térmica mínima em BTU's (British Termal Unit – Unidade Térmica Britânica) para manter o ambiente em uma situação de conforto térmico, bem como a escolha do modelo do ar-condicionado. Assim, o cálculo foi baseado no site WebArCondicionado, que considera os seguintes dados: para cada metro quadrado do cômodo em questão, multiplica-se por 600 BTUs; para cada pessoa adicional soma-se 600 BTUs (a primeira pessoa não é contabilizada); cada equipamento eletrônico presente no cômodo soma-se 600 BTUs; se o cômodo ficar diretamente exposto ao sol, aconselha-se considerar 800 BTUs para cada medida.

Dessa forma, no cálculo da potência térmica foram utilizadas as equações a seguir. Respectivamente para cômodos com exposição direta do sol e demais cômodos:

$$P = A*800 + (NP - 1) *800 + QEP *800$$

$$P = A*600 + (NP - 1) *600 + QEP *600$$

Onde P é a potência em BTU, A é a área de cada cômodo, NP é o número de pessoas presentes em cada cômodo e QEP é a quantidade de equipamento eletrônico existente em cada cômodo. Com isso é possível obter os seguintes dados da potência obtida na tabela 17:

Tabela 17 - Proposta de condicionamento de ar nos locais

| Locais                                  | Ambiente                      | Área (m <sup>2</sup> ) | Tipo de condicionador de ar Existente | Potência (BTU/h) | Eficiência | NP | QEP | Potência Obtida (BTU/h) | Potência Proposta (BTU/h) |
|---|-------------------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------|------------|----|-----|-------------------------|---------------------------|
| <b>Escola Antonio Braga da Rocha</b>    | Laboratório de Informática    | 53                     | Ar Condicionado Janelheiro            | 12000            | B          | 2  | 2   | 44800                   | 1x36000+<br>1x9000        |
|   | Sala Direção                  | 19,5                   | Ar Condicionado Split                 | 9000             | C          | 2  | 2   | 18000                   | 1x18000                   |
| <b>Escola 7 de Setembro</b>             | Sala 1 (Atendimento Especial) | 31,6                   | Ar Condicionado Janelheiro            | 10000            | B          | 3  | 0   | 26880                   | 1x18000+<br>1x9000        |
|   | Sala Terapia Ocupacional      | 42                     | Ar Condicionado Janelheiro            | 18000            | B          | 4  | 0   | 36000                   | 1x36000                   |
|   | Sala 7 (Sala de acolhimento)  | 41                     | Ar Condicionado Janelheiro            | 18000            | B          | 5  | 0   | 36000                   | 1x36000                   |
|   | Sala Coordenação              | 17,5                   | Ar Condicionado Split                 | 12000            | C          | 2  | 4   | 18000                   | 1x18000                   |
|   | Secretaria                    | 30,5                   | Ar Condicionado Split                 | 12000            | C          | 4  | 5   | 30800                   | 1x24000+<br>1x7000        |
|   | Sala 8                        | 61                     | Ar Condicionado Split                 | 12000            | C          | 3  | 1   | 51200                   | 1x30000+<br>1x24000       |
| <b>Escola Maria Inocencia De Araujo</b> |                               |                        | -                                     | -                | -          |    |     |                         |                           |
| <b>CAPS AD</b>                          | Sala de Enfermagem            | 42                     | Ar Condicionado Janelheiro            | 18000            | B          | 4  | 0   | 36000                   | 1x36000                   |
| <b>UBS Manuel Gomes da Silva</b>        | Sala de Vacina                | 35,5                   | Ar Condicionado Janelheiro            | 9000             | B          | 2  | 2   | 30800                   | 1x24000+<br>1x7000        |
|   | Sala de Enfermagem            | 34,4                   | Ar Condicionado Janelheiro            | 9000             | B          | 3  | 2   | 30720                   | 1x24000+<br>1x7000        |
|   | Sala do Médico 1              | 25                     | Ar Condicionado Janelheiro            | 9000             | B          | 2  | 1   | 21600                   | 1x22000                   |
|   | Sala do Médico 2              | 26,8                   | Ar Condicionado Janelheiro            | 9000             | B          | 2  | 2   | 23840                   | 1x24000                   |
| <b>UBS Ednir Carneiro Galeno</b>        | Sala 6 (Consultório médico)   | 14                     | Ar Condicionado Janelheiro            | 9000             | B          | 2  | 0   | 12000                   | 1x12000                   |
|   | Sala 4 (Sala de Vacina)       | 42                     | Ar Condicionado Janelheiro            | 18000            | D          | 3  | 1   | 36000                   | 2x18000                   |

Fonte: Próprio Autor.

Ademais, também é proposta a quantidade de BTU/h com valores comerciais dos equipamentos.

## 5.2 Análise com reavaliação ENCE do sistema de iluminação e condicionamento de ar

Com as substituições de lâmpadas fluorescentes dos ambientes fechados, como as salas nas escolas, é possível refazer a classificação ENCE, onde o foco era a troca de tecnologias obsoletas, como as luminárias, vistas na tabela 18:

Tabela 18 - Reavaliação no sistema de iluminação das escolas

|   | Potência instalada de iluminação (W) | Área total (m <sup>2</sup> ) | DPIL (W/m <sup>2</sup> ) |
|---|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| <b>Escola Antonio Braga da Rocha</b>    | 6365,2                               | 788                          | 8,08                     |
| <b>Escola 7 de Setembro</b>             | 8206,1                               | 768                          | 10,69                    |
| <b>Escola Maria Inocencia De Araujo</b> | 9705,6                               | 790                          | 12,29                    |

Fonte: Próprio Autor.

Portanto, observa-se que houve alteração na classificação, onde a escola 7 de Setembro passou de nível B para o nível A e a escola Maria Inocencia de Araujo de nível C para o nível B.

Além disso, também é realizada a análise nos outros três prédios, visto na tabela 19:

Tabela 19 - Reavaliação no sistema de iluminação nas unidades de saúde

|                                  | Potência instalada de iluminação (W) | Área total (m <sup>2</sup> ) | DPIL (W/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| <b>CAPS AD</b>                   | 796                                  | 690                          | 1,15                     |
| <b>UBS Manuel Gomes da Silva</b> | 860                                  | 109                          | 7,89                     |
| <b>UBS Ednir Carneiro Galeno</b> | 162,2                                | 150                          | 1,08                     |

Fonte: Próprio Autor.

Ademais, a Escola Antonio Braga da Rocha e os três prédios da Secretaria de Saúde mantiveram-se no mesmo nível de eficiência, haja vista deterem na avaliação o nível máximo.

Logo, com a substituição de apenas algumas lâmpadas fluorescente foi possível perceber avanços na etiquetagem. Portanto, a ENCE é uma das formas de evidenciar o menor dispêndio de consumo de energia elétrica. Isso reflete na economia ao consumidor e em benefícios ao meio ambiente diante da melhoria da gestão energética, em que o principal desafio é aliar a eficiência energética, o consumo e o uso da energia.

Em seguida, na tabela 20, é verificada a proposta de etiquetagem dos condicionadores de ar, onde todos os equipamentos foram escolhidos com o nível A.

Tabela 20 - Modelos dos condicionadores de ar para a máxima etiquetagem

| Local                                   | Sala                          | Modelo                    | Potência Nominal (W) | Selo PROCEL |
|---|-------------------------------|---------------------------|----------------------|-------------|
| <b>Escola Antonio Braga da Rocha</b>    | Laboratório de Informática    | Split Philco 36000 BTU/h  | 3770                 | A           |
|   | Laboratório de Informática    | Split Gree 9000 BTU/h     | 813                  | A           |
|   | Sala Direção                  | Split Gree 18000 BTU/h    | 1628                 | A           |
| <b>Escola 7 de Setembro</b>             | Sala 1 (Atendimento Especial) | Split Gree 18000 BTU/h    | 1628                 | A           |
|   | Sala 1 (Atendimento Especial) | Split Gree 9000 BTU/h     | 813                  | A           |
|   | Sala Terapia Ocupacional      | Split Philco 36000 BTU/h  | 3770                 | A           |
|   | Sala 7 (Sala de acolhimento)  | Split Philco 36000 BTU/h  | 3770                 | A           |
|   | Sala Coordenação              | Split Gree 18000 BTU/h    | 1628                 | A           |
|   | Secretaria                    | Split Fujitsu 24000 BTU/h | 2440                 | A           |
|   | Secretaria                    | Split Consul 7000 BTU/h   | 638                  | A           |
|   | Sala 8                        | Split Elgin 30000 BTU/h   | 2515                 | A           |
|   | Sala 8                        | Split Fujitsu 24000 BTU/h | 2440                 | A           |
| <b>Escola Maria Inocencia De Araujo</b> | -                             | -                         | -                    | A           |
| <b>CAPS AD</b>                          | Sala de Enfermagem            | Split Philco 36000 BTU/h  | 3770                 | A           |
| <b>UBS Manuel Gomes da Silva</b>        | Sala de Vacina                | Split Fujitsu 24000 BTU/h | 2440                 | A           |
|   | Sala de Vacina                | Split Consul 7000 BTU/h   | 638                  | A           |
|   | Sala de Enfermagem            | Split Fujitsu 24000 BTU/h | 2440                 | A           |
|   | Sala de Enfermagem            | Split Consul 7000 BTU/h   | 638                  | A           |
|   | Sala do Médico 1              | Split Consul 22000 BTU/h  | 2008                 | A           |
|   | Sala do Médico 2              | Split Fujitsu 24000 BTU/h | 2440                 | A           |
| <b>UBS Ednir Carneiro Galeno</b>        | Sala 6 (Consultório médico)   | Split Samsung 12000 BTU/h | 1085                 | A           |
|   | Sala 4 (Sala de Vacina)       | 2 Split Gree 18000 BTU/h  | 2x1628               | A           |

Fonte: Próprio Autor.

### 5.3 Análise da demanda de potência e energia elétrica

Através das inserções das lâmpadas LED é possível ter uma estimativa de demanda de energia na iluminação proposta, vista na tabela 21 conforme a quantidade e a sua potência:

Tabela 21 – Demanda de potência para a proposta de iluminação nos locais

| Local   | Tipo                       | Quantidade | Potência (W) | Carga Instalada (kW) |
|---|----------------------------|------------|--------------|----------------------|
| Escola Antonio Braga da Rocha                                 | PHILIPS LED40S/830 PSD A20 | 42         | 27           | 1,134                |
|   | PHILIPS LED20S/830 C       | 56         | 18,3         | 1,0248               |
| Escola 7 de Setembro  | PHILIPS LED40S/830 PSD A20 | 16         | 27           | 0,432                |
|   | PHILIPS LED20S/830 C       | 137        | 18,3         | 2,507                |
| Escola Maria Inocencia De Araujo                              | PHILIPS LED40S/830 PSD A20 | 3          | 27           | 0,081                |
|   | PHILIPS LED20S/830 C       | 122        | 18,3         | 2,233                |
| CAPS AD   | PHILIPS LED40S/830 PSD A20 | 28         | 27           | 0,756                |
|   | PHILIPS LED20S/830 C       | 0          | 18,3         | 0                    |
| UBS Manuel Gomes da Silva                                     | PHILIPS LED40S/830 PSD A20 | 10         | 27           | 0,270                |
|   | PHILIPS LED20S/830 C       | 0          | 18,3         | 0                    |
| UBS Ednir Carneiro Galeno                                     | PHILIPS LED40S/830 PSD A20 | 2          | 27           | 0,054                |
|   | PHILIPS LED20S/830 C       | 4          | 18,3         | 0,073                |
| <b>Diminuição desta parcela de demanda com a proposta LED</b> |                            |            |              | <b>6%</b>            |

Fonte: Próprio Autor.

Com isso, tem-se a estimativa de consumo de energia na iluminação dos locais, através da quantidade, da potência e do tempo de uso das luminárias, sendo possível obter a energia consumida em quilowatt-hora (kWh) por dia, mês e ano. Ademais, foi considerada a possível utilização durante 20 dias por mês, em que cada dia corresponderia ao pior cenário de utilização, com 9 horas, e considerando também o valor da tarifa cobrado pela concessionária Enel do estado do Ceará no mês de Setembro de 2021 em R\$ 0,81644 para consumidor do grupo B:



Tabela 22 - Demanda de energia com a proposta de iluminação nos locais

| Local                            | Tipo                       | Quantidade | Potência (W) | Tempo (horas) | kWh (dia) | kWh (mês) | kWh (ano) |
|----------------------------------|----------------------------|------------|--------------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Escola Antonio Braga da Rocha    | PHILIPS LED40S/830 PSD A20 | 42         | 27           | 9             | 8,333     | 166,652   | 1999,821  |
|                                  | PHILIPS LED20S/830 C       | 56         | 18,3         | 9             | 7,530     | 150,604   | 1807,245  |
| Escola 7 de Setembro             | PHILIPS LED40S/830 PSD A20 | 16         | 27           | 9             | 3,174     | 63,486    | 761,836   |
|                                  | PHILIPS LED20S/830 C       | 137        | 18,3         | 9             | 18,422    | 368,441   | 4421,297  |
| Escola Maria Inocencia De Araujo | PHILIPS LED40S/830 PSD A20 | 3          | 27           | 9             | 0,595     | 11,904    | 142,844   |
|                                  | PHILIPS LED20S/830 C       | 122        | 18,3         | 9             | 16,405    | 328,101   | 3937,213  |
| CAPS AD                          | PHILIPS LED40S/830 PSD A20 | 28         | 27           | 9             | 5,555     | 111,101   | 1333,214  |
|                                  | PHILIPS LED20S/830 C       | 0          | 18,3         | 9             | 0         | 0         | 0         |
| UBS Manuel Gomes da Silva        | PHILIPS LED40S/830 PSD A20 | 10         | 27           | 9             | 1,984     | 39,679    | 476,148   |
|                                  | PHILIPS LED20S/830 C       | 0          | 18,3         | 9             | 0         | 0         | 0         |
| UBS Ednir Carneiro Galeno        | PHILIPS LED40S/830 PSD A20 | 2          | 27           | 9             | 0,397     | 7,936     | 95,230    |
|                                  | PHILIPS LED20S/830 C       | 4          | 18,3         | 9             | 0,538     | 10,757    | 129,089   |
| Economia total em kWh (dia)      |                            |            |              | 68,522        |           |           |           |
| Economia total em kWh (mês)      |                            |            |              | 1370,439      |           |           |           |
| Economia total em kWh (ano)      |                            |            |              | 16445,264     |           |           |           |

Fonte: Próprio Autor.

Com isso, conforme a tabela 22, a economia total por dia, apenas considerando a proposta desse sistema de iluminação em relação ao existente, resulta na economia de 68,522 kWh por dia, 1370,439 por mês e 16445,264 por ano.

Em seguida, na tabela 23, temos a proposta com as substituições dos condicionadores de ar, em que é possível ter uma estimativa de demanda de energia apresentada:

Tabela 23 - Demanda de potência com a proposta dos condicionadores de ar

| Local                                      | Sala                          | BTU Proposto | Potência Nominal (W) | Consumo de Energia (kWh/mês) |
|--|-------------------------------|--------------|----------------------|------------------------------|
| <b>Escola Antonio Braga da Rocha</b>       | Laboratório de Informática    | 36000        | 3770                 | 73,4                         |
|  | Laboratório de Informática    | 9000         | 813                  | 17,1                         |
|  | Sala Direção                  | 18000        | 1628                 | 34,2                         |
| <b>Escola 7 de Setembro</b>                | Sala 1 (Atendimento Especial) | 18000        | 1628                 | 34,2                         |
|  | Sala 1 (Atendimento Especial) | 9000         | 813                  | 17,1                         |
|  | Sala Terapia Ocupacional      | 36000        | 3770                 | 73,4                         |
|  | Sala 7 (Sala de acolhimento)  | 36000        | 3770                 | 73,4                         |
|  | Sala Coordenação              | 18000        | 1628                 | 34,2                         |
|  | Secretaria                    | 24000        | 2440                 | 45,4                         |
|  | Secretaria                    | 7000         | 638                  | 13,4                         |
|  | Sala 8                        | 30000        | 2515                 | 54,1                         |
|  | Sala 8                        | 24000        | 2440                 | 45,4                         |
| <b>Escola Maria Inocencia De Araujo</b>    | -                             | -            | -                    | -                            |
| <b>CAPS AD</b>                             | Sala de Enfermagem            | 36000        | 3770                 | 73,4                         |
| <b>UBS Manuel Gomes da Silva</b>           | Sala de Vacina                | 24000        | 2440                 | 45,4                         |
|  | Sala de Vacina                | 7000         | 638                  | 13,4                         |
|  | Sala de Enfermagem            | 24000        | 2440                 | 45,4                         |
|  | Sala de Enfermagem            | 7000         | 638                  | 13,4                         |
|  | Sala do Médico 1              | 22000        | 2008                 | 42,2                         |
|  | Sala do Médico 2              | 24000        | 2440                 | 45,4                         |
| <b>UBS Ednir Carneiro Galeno</b>           | Sala 6 (Consultório médico)   | 12000        | 1085                 | 22,8                         |
|  | Sala 4 (Sala de Vacina)       | 2x18000      | 3256                 | 68,4                         |
| <b>CONSUMO TOTAL</b>                       |                               |              |                      | <b>885,1</b>                 |
| <b>Diminuição desta parcela de consumo</b> |                               |              |                      | <b>27%</b>                   |

Fonte: Próprio Autor.

Portanto, com os equipamentos com a máxima eficiência com selo A, temos o consumo mensal de 885,1 kWh/mês, o qual compreende uma economia de 27% em relação ao consumo dos equipamentos existentes. Esse resultado mostra como esse perfil está condicionado aos prédios públicos, onde a reavaliação dos ambientes e o seu correto dimensionamento se fazem necessários.

#### 5.4 Sugestões em infraestrutura elétrica

Considerando o sistema atual da edificação, é possível mostrar as possibilidades diante do ajuste das instalações com a norma NBR 5410/2008, esses ajustes visam,

principalmente, a garantia da segurança.

Diante disso, os possíveis problemas vistos nas edificações públicas são: surtos de tensão, sobrecarga nos circuitos, erros de dimensionamento de cabos e disjuntores, ausência de aterramento e isolações comprometidas por falta de manutenção preventiva nas instalações.

Esses problemas geram impactos nas instalações, como variação de tensão nas tomadas, possibilidade de choques elétricos, falta de proteção no disjuntor termomagnético e no dispositivo de proteção contra surtos, tornando esses últimos inoperantes.

Com isso, a adoção de medidas de proteção nas instalações se faz necessária, tais como o dimensionamento de todos os circuitos da instalação com base nas atuais cargas de cada local, um sistema de aterramento nos locais em que este não existe e substituições de dispositivos que estão inoperantes. Ademais, uma manutenção preventiva nos condutores também é necessária, observando seu correto isolamento e sua integridade.

Outras medidas seriam evitar o uso de benjamins e extensões, utilizando-o apenas a curto período e cujo somatório de potências seja compatível com o condutor. Caso haja necessidade da utilização permanente, deve-se contactar um profissional habilitado para readequar a instalação. O uso desses equipamentos deve ser verificado em todos os locais analisados neste estudo.

Nos locais em que o disjuntor está com maior capacidade, como na escola 7 de Setembro, deve-se reavaliar o dimensionamento da instalação elétrica do quadro 3 e do quadro 4, seja substituindo o disjuntor geral, seja realizando todo o projeto elétrico desses ambientes.

A substituição de DPS no quadro 2 e 3 da Escola 7 de Setembro se faz necessária, visto que esses não estão funcionando, portanto, seus circuitos estão sem proteção para sobretensões transitórias.

Outra medida seria a inserção de aterramento nos locais em que não há, como na escola Antonio Braga da Rocha. Além disso, a introdução de barramentos de aterramento no quadro 1 e 2 da escola dita anteriormente e no quadro 1 dos seguintes locais: Escola 7 de Setembro, CAPS AD e UBS Ednir Carneiro Galeno.

O resultado quantitativo é difícil de mensurar, mas tem significado qualitativo, como aumento da vida útil dos equipamentos da instalação, redução nos custos de eventuais manutenções, prevenção de choques e danos maiores na segurança da instalação.

## 6 CONCLUSÃO

Inicialmente foram analisados os sistemas de iluminação e de condicionamento de ar atuais com base na metodologia do PBE EDIFICA. Para o primeiro sistema, a escola Antonio Braga da Rocha, CAPS AD e as duas UBS alcançaram o nível A, enquanto a escola 7 de Setembro nível B e a escola Maria Inocencia de Araujo nível C. Ademais, no sistema de condicionamento de ar, a escola Antonio Braga da Rocha, a escola Maria Inocencia de Araujo, CAPS AD e UBS Manuel Gomes da Silva alcançaram o nível A de etiquetagem, no entanto, a Escola 7 de Setembro e a UBS Ednir Carneiro Galeno nível B.

Em seguida, por uma revisão energética, foi proposto recomendações, especialmente na iluminação e no condicionador de ar, em que analisou-se os pontos críticos de consumo existentes em cada edificação. Para o sistema de iluminação consistiu na substituição das luminárias fluorescentes por LED em ambientes fechados, onde havia o uso exclusivamente das primeiras. No sistema de condicionador de ar ocorreu a substituição de equipamentos com etiquetagem diferente da máxima eficiência para o nível A.

Com os resultados, realizou-se uma nova avaliação da etiquetagem nos sistemas de iluminação e de condicionamento de ar, pois a proposta dessas substituições visa oferecer uma diminuição na utilização da energia, sendo feita de forma eficiente. Além do mais, com esse trabalho, buscou-se mitigar o consumo de energia como um dos objetos da gestão de consumo. Desse modo, garantir a etiquetagem com base nos critérios PROCEL.

Portanto, com essa análise, a escola Antonio Braga da Rocha e os três prédios da Secretaria de Saúde mantiveram-se no mesmo nível de eficiência, haja vista deterem o nível máximo no sistema de iluminação na avaliação. Inclusive, obtiveram mudanças nesse sistema, a escola 7 de Setembro nível A e a escola Maria Inocencia de Araujo nível B. Ademais, no sistema de condicionamento de ar todos os locais passaram a utilizar equipamentos com etiquetagem nível A.

Por fim, através da referência do consumo existente nas tecnologias obsoletas, foi apresentado também o nível típico de consumo com as mudanças realizadas em todos os locais, permitindo a comparação e a avaliação de desempenho geral, em que o resultado mostrou uma redução de consumo de iluminação em 6% com base apenas na carga instalada.

Ademais, temos uma redução de consumo em kWh/mês em 27% nos condicionadores de ar, que corresponde a uma possível economia mensal de aproximadamente 326 kWh. Já no sistema de iluminação, a proposta trará uma provável economia mensal aproximada de 1370 kWh.

Haja vista a ocorrência da diminuição de carga em cada prédio público, consequentemente, teve-se a redução nos custos e no recurso ambiental. Este estudo não visou à contabilização da economia, mas sim a uma proposta de redução no consumo de energia elétrica em relação à iluminação e aos condicionadores de ar, a segurança das instalações obedecendo à NBR 5410/2008 e a eficiência com base nos critérios PROCEL.

Para trabalhos futuros, sugere-se a caracterização do sistema de envoltória para poder realizar a classificação geral de cada edificação e a aplicação a outras categorias de proposta para os resultados, como obtenção das contas de energia de modo a ter o real histórico do consumo. Ademais, para um estudo mais detalhado, ao nível econômico, no retrofit parcial, seriam necessárias mais informações para reavaliar as possíveis mudanças nos circuitos elétricos e arquitetônicos de cada local.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **Norma Brasileira - Iluminância de interiores NBR 5413:1992.**
- ABNT. **Norma Brasileira - Instalações Elétricas de Baixa Tensão NBR 5410:2004 versão corrigida, 2008.**
- ALTOE, L. *et al.* **Políticas públicas de incentivo à eficiência energética.** Estudos Avançados, v. 31, n. 89, pp. 285-297. 2017.
- BARBOSA, A. M. **Eficiência energética e energias renováveis em edifícios.** 2013. Dissertação de mestrado, Pós graduação de Engenharia, ISEP. Porto, 2013.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil.** 2. ed. Brasília, p.243, 2002.
- CANESIN, C. A. **Qualidade da energia elétrica, eficiência e racionalização, desperdício versus desconhecimento.** Ilha Solteira: UNESP, p. 22, 2001.
- CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. **Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v.10, n.2, p.7-26, 2010.
- CONSUL. **Catálogo Ar Condicionado Split 7000 BTU/h.** Disponível em:< [https://www.continentalcenter.com.br/ar-split-consul-bem-estar-7000-btus-frio2]>. Acesso em 04/10/2021.
- CONSUL. **Catálogo Ar Condicionado Split 22000 BTU/h.** Disponível em:< [https://wcarcondicionado.lojaintegrada.com.br/produto/ar-condicionado-split-22000-btus-frio-220v-consul-bem-estar-cbv22cbbna.html]>. Acesso em 04/10/2021.
- ELETROBRAS. **Manual para Aplicação do RTQ-C,** v, 4.2, Versão 1, 2012.
- ELGIN. **Catálogo Ar Condicionado Split 30000 BTU/h.** Disponível em:< [https://www.poloar.com.br/ar-condicionado-split-hi-wall-elgin-eco-power-30000-btu-h-frio-220v/p]>. Acesso em 04/10/2021.
- FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados.** Cadernos EBAPE.BR, v. 15, n. 3, pp. 667-681. 2017.
- FERNANDES, J. L *et al.* **Um Estudo de Caso de Sustentabilidade Aplicada a Construção Civil Conforme Etiquetagem do Programa PBE Edifica.** Revista Augustus, v. 20, n. 40, p. 28-45. Rio de Janeiro. 2015.
- FINKLER, A. *et al.* **Relação do Crescimento Econômico e Consumo de Energia Elétrica.** XXIV Seminário de Iniciação Científica da Unijuí. 2016.
- FORTES, M. Z. *et al.* **Análise da adoção de medidores inteligentes como instrumento da política pública de eficiência energética.** Engevista, v. 19, n. 2, p. 316-327, 2017.

FREITAS, H.; MOSCAROLA, J. **Observação à decisão: métodos de pesquisa e de análise quantitativa e qualitativa de dados**. 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1676-56482002000100006>>. Acesso em 09/09/2021.

FUJITSU. **Catálogo Ar Condicionado Split 24000 BTU/h**. Disponível em: <[https://www.americanas.com.br/produto/3366741719?pfm\\_carac=ar-condicionado-inverter-24000btus&pfm\\_index=1&pfm\\_page=search&pfm\\_pos=grid&pfm\\_type=search\\_page&offerId=60baa58152131c3c81c4a9b0&cor=Branco&voltagem=220V%2F220V](https://www.americanas.com.br/produto/3366741719?pfm_carac=ar-condicionado-inverter-24000btus&pfm_index=1&pfm_page=search&pfm_pos=grid&pfm_type=search_page&offerId=60baa58152131c3c81c4a9b0&cor=Branco&voltagem=220V%2F220V)>. Acesso em 04/10/2021.

GODOI, J.M.A; JUNIOR, S.O. **Gestão da Eficiência Energética**. II International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo. 2009.

GOMES, A.C. *et al.* **Procel Reluz–Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes**. Procel Reluz–Iluminação Pública E Sinalização Semafórica Eficientes, p. 1-388–416. Uberlândia. 2019.

GREE. **Catálogo Ar Condicionado Split 9000 BTU/h**. Disponível em: <[https://www.americanas.com.br/produto/98702739?pfm\\_carac=ar-condicionado-split-9000-btusselo&pfm\\_index=11&pfm\\_page=search&pfm\\_pos=grid&pfm\\_type=search\\_page&offerId=5e453d9e79bf8430cb4d631c&buyboxToken=smartbuybox-acom-v2-60669166-2311-43a0aa04ade525df94c820211021%2017%3A12%3A490300&cor=Branco&voltagem=220V%2F220V](https://www.americanas.com.br/produto/98702739?pfm_carac=ar-condicionado-split-9000-btusselo&pfm_index=11&pfm_page=search&pfm_pos=grid&pfm_type=search_page&offerId=5e453d9e79bf8430cb4d631c&buyboxToken=smartbuybox-acom-v2-60669166-2311-43a0aa04ade525df94c820211021%2017%3A12%3A490300&cor=Branco&voltagem=220V%2F220V)>. Acesso em 04/10/2021.

GREE. **Catálogo Ar Condicionado Split 18000 BTU/h**. Disponível em: <[https://www.americanas.com.br/produto/1489372917?pfm\\_carac=split-18000-btus-quentefrioselo&pfm\\_index=3&pfm\\_page=search&pfm\\_pos=grid&pfm\\_type=search\\_page&offerId=6155fe7409c351890dc8ba63&buyboxToken=smartbuybox-acom-v2-ecfe41de-63dc-4832a0f51cef56d6591820211021%2017%3A27%3A020300&cor=Branco&voltagem=220V](https://www.americanas.com.br/produto/1489372917?pfm_carac=split-18000-btus-quentefrioselo&pfm_index=3&pfm_page=search&pfm_pos=grid&pfm_type=search_page&offerId=6155fe7409c351890dc8ba63&buyboxToken=smartbuybox-acom-v2-ecfe41de-63dc-4832a0f51cef56d6591820211021%2017%3A27%3A020300&cor=Branco&voltagem=220V)>. Acesso em 04/10/2021.

GRUN, R. **Apagão cognitivo: A Crise Energética e sua Sociologia**. 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0011-52582005000400005>>. Acesso em 04/08/2021.

HADDAD, J. **A lei de eficiência energética e os possíveis impactos nos setores produtivos**. 2002. Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC000000002200200100006&lng=en&nrm=iso](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000002200200100006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 04/08/2021.

JANNUZZI, G. M. **Políticas públicas para eficiência energética e energia renovável no novo contexto de mercado: uma análise da experiência recente dos EUA e do Brasil**. Campinas, SP: Autores Associados. 2000.

JANNUZZI, G. M. **Power sector reforms in Brazil and its impacts on energy efficiency and research and development activities**. Energy Policy, v.3, p.1753-62, 2005.

LOUÇANO, N. R. **Eficiência energética em edifícios: Gestão do sistema iluminação**. 2009. Dissertação de mestrado, Pós graduação de Engenharia, IBP. Bragança, 2009.

MACEDO, H. R. *et al.* **Expansão e Perspectivas do Sistema de Transmissão Brasileiro após a Crise Energética de 2001**. 5ª JICE-JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO. Tocantins. 2014

MAGALHAES, L. C. **Orientações Gerais para Conservação de Energia em Prédios Públicos**. ELETROBRÁS – PROCEL. Brasília, p.53, 2001.

MARENGO, J. A. **Água e Mudanças Climáticas**. 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200006>>. Acesso em 04/08/2021.

MME. **Plano Nacional de Energia 2030**. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004742>>. Acesso em 05/08/2021.

MME. **Manual para Aplicação do RTQ-C: Versão 4** [online]. 2017. Rio de Janeiro : Procel Edifica. Disponível em: <[http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual\\_rtqc2016.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual_rtqc2016.pdf)>. Acesso em 04/08/2021.

MORSOLETTO, A. **Análise do uso final de energia elétrica de um edifício comercial na cidade de Florianópolis**. 2016. Trabalho de conclusão do curso, Centro de Tecnologia, UFST. Florianópolis, 2016.

NAKAMURA, N. K. *et al.* **Impactos de medidas de conservação de energia propostas no PBE Edifica para o nível de eficiência energética de envoltórias de um edifício naturalmente condicionado**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 105-19, 2013.

PHILCO. **Catálogo Ar Condicionado Split 36000 BTU/h**. Disponível em:< [<https://www.dufrio.com.br/ar-condicionado-split-philco-36000-btus-frio-220v-pac36000pfm5.html>]>. Acesso em 04/10/2021.

PHILIPS. **Catálogo de Luminárias Philips**. Disponível em:< [<https://www.lighting.philips.com.br/prof>]>. Acesso em 04/10/2021.

PROCEL. **Site Institucional**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B0C24456E-2980-4704-B2CB-9B5518636BBE%7D>>. Acesso em 28/09/2021.

SAMSUNG. **Catálogo Ar Condicionado Split 12000 BTU/h**. Disponível em:< [<https://m.bemol.com.br/ar-condicionado-split-12000-btus-samsung-inverter-ultra-220v-classe-a-1085w-ar12avhzdwknaz-ar12avhzdwkxaz-p1092526>]>. Acesso em 04/10/2021.

SCHUCH, G.B. **Um Modelo para Estudos da Demanda De Energia Elétrica em Ambiente Competitivo**. Dissertação de doutorado, Pós graduação de Engenharia. Santa Catarina, 2000.

SOLA, A. V. H. *et al.* **Análise dos fatores determinantes para eficiência energética**. 2007. Disponível em: <<https://producaonline.org.br/rpo/article/view/86>>. Acesso em: 28/09/2021.

SOUZA, A. D. *et al.* **Os programas brasileiros em eficiência energética como agentes de reposicionamento do setor elétrico**. Revista Tecnologia e Sociedade, v. 7, n. 12, p. 1-7, 2011.



SOUZA, A. *et al.* **Gestão da eficiência energética em edificações das instituições públicas de ensino: um estudo aplicado ao sistema de iluminação da UTFPR sob a ótica técnica e econômica.** Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 6, n. 1, p. 190-209, 2012.

TOLMASQUIM, M. **As origens da crise energética brasileira.** Ambiente & Sociedade - Ano III. 2000.

YIN, R. K. **Estudo de Caso-: Planejamento e métodos.** Bookman editora, 2015.

## ANEXO A – Tabela Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação para o nível de eficiência pretendido

**Tabela 4.1** : Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área da edificação

| Função da edificação        | Densidade de Potência de Iluminação limite<br>W/m <sup>2</sup> (Nível A) | Densidade de Potência de Iluminação limite<br>W/m <sup>2</sup> (Nível B) | Densidade de Potência de Iluminação limite<br>W/m <sup>2</sup> (Nível C) | Densidade de Potência de Iluminação limite<br>W/m <sup>2</sup> (Nível D) |
|-----------------------------|--|--|--|--|
| Academia                    | 9,5  | 10,9   | 12,4   | 13,8   |
| Armazém                     | 7,1  | 8,2  | 9,2  | 10,3   |
| Biblioteca                  | 12,7   | 14,6   | 16,5   | 18,4   |
| Bombeiros                   | 7,6  | 8,7  | 9,9  | 11,0   |
| Centro de Convenções        | 11,6   | 13,3   | 15,1   | 16,8   |
| Cinema                      | 8,9  | 10,2   | 11,6   | 12,9   |
| Comércio                    | 15,1   | 17,4   | 19,6   | 21,9   |
| Correios                    | 9,4  | 10,8   | 12,2   | 13,6   |
| Venda e Locação de Veículos | 8,8  | 10,1   | 11,4   | 12,8   |
| Escola/Universidade         | 10,7   | 12,3   | 13,9   | 15,5   |
| Escritório                  | 9,7  | 11,2   | 12,6   | 14,1   |
| Estádio de esportes         | 8,4  | 9,7  | 10,9   | 12,2   |
| Garagem – Ed. Garagem       | 2,7  | 3,1  | 3,5  | 3,9  |
| Ginásio                     | 10,8   | 12,4   | 14,0   | 15,7   |
| Hospedagem, Dormitório      | 6,6  | 7,6  | 8,6  | 9,6  |
| Hospital                    | 13,0   | 15,0   | 16,9   | 18,9   |
| Hotel                       | 10,8   | 12,4   | 14,0   | 15,7   |
| Igreja/Templo               | 11,3   | 13,0   | 14,7   | 16,4   |
| Restaurante                 | 9,6  | 11,0   | 12,5   | 13,9   |
| Restaurante: Bar/Lazer      | 10,7   | 12,3   | 13,9   | 15,5   |
| Restaurante: Fast-food      | 9,7  | 11,2   | 12,6   | 14,1   |
| Museu                       | 11,4   | 13,1   | 14,8   | 16,5   |
| Oficina                     | 12,9   | 14,8   | 16,8   | 18,7   |
| Penitenciária               | 10,4   | 12,0   | 13,5   | 15,1   |
| Posto de Saúde/Clinica      | 9,4  | 10,8   | 12,2   | 13,6   |
| Posto Policial              | 10,3   | 11,8   | 13,4   | 14,9   |
| Prefeitura – Inst. Gov.     | 9,9  | 11,4   | 12,9   | 14,4   |
| Teatro                      | 15,0   | 17,3   | 19,5   | 21,8   |
| Transportes                 | 8,3  | 9,5  | 10,8   | 12,0   |
| Tribunal                    | 11,3   | 13,0   | 14,7   | 16,4   |

Fonte: ELETROBRAS (2012).

**ANEXO B – Classificação Geral da Edificação conforme o valor do Resultado Ponderado**

**Tabela 2.3. Classificação Geral**

| CLASSIFICAÇÃO FINAL | PT                   |
|---------------------|----------------------|
| A                   | $\geq 4,5$ a 5       |
| B                   | $\geq 3,5$ a $< 4,5$ |
| C                   | $\geq 2,5$ a $< 3,5$ |
| D                   | $\geq 1,5$ a $< 2,5$ |
| E                   | $< 1,5$              |

Fonte: ELETROBRAS (2012).

## ANEXO C – Luminárias Propostas – Philips



### Maxos LED

4MX850 491 LED40S/830 PSD WB WH

|  |  |   |                                       |
|--|--|---|---------------------------------------|
| UL mark                                  | -  | Dimensions (Height x Width x Depth)                     | 50 x 63 x 1478 mm (2 x 2.5 x 58.2 in) |
| Warranty period                          | 5 years  | <b>Approval and Application</b>                         |                                       |
| Remarks                                  | *-Per Lighting Europe guidance paper<br>*Evaluating performance of LED based luminaires - January 2018*: statistically there is no relevant difference in lumen maintenance between B50 and for example B10. Therefore the median useful life (B50) value also represents the B10 value. | Ingress protection code                                 | IP20 [ Finger-protected]              |
| Constant light output                    | No   | Mech. Impact protection code                            | IK02 [ 0.2 J standard]                |
| Number of products on MCB of 16 A type B | 24   | <b>Initial Performance (IEC Compliant)</b>              |                                       |
| EU RoHS compliant                        | Yes  | Initial luminous flux (system flux)                     | 4000 lm                               |
| Service tag                              | Yes  | Luminous flux tolerance                                 | +/-10%                                |
| Product family code                      | 4MX850 [ Maxos Led Industry]   | Initial LED luminaire efficacy                          | 148 lm/W                              |
| Unified glare rating CEN                 | Not applicable   | Init. Corr. Color Temperature                           | 3000 K                                |
|  |  | Init. Color Rendering Index                             | 880                                   |
|  |  | Initial chromaticity                                    | (0.43, 0.40) SDCM <3.5                |
|  |  | Initial Input power                                     | 27 W                                  |
|  |  | Power consumption tolerance                             | +/-10%                                |
|  |  | <b>Over Time Performance (IEC Compliant)</b>            |                                       |
| <b>Operating and Electrical</b>          |  | Control gear failure rate at median useful life 50000 h | 5 %                                   |
| Input Voltage                            | 220-240 V  | Lumen maintenance at median useful life* 50000 h        | L80                                   |
| Input Frequency                          | 50 to 60 Hz  |   |                                       |
| Control signal voltage                   | 0-16 V DC DALI   | <b>Application Conditions</b>                           |                                       |
| Inrush current                           | 21 A   | Ambient temperature range                               | -20 to +35 °C                         |
| Inrush time                              | 0.280 ms   | Performance ambient temperature Tq                      | 25 °C                                 |
| Power Factor (Min)                       | 0.9  | Maximum dim level                                       | 1%                                    |
|  |  | Suitable for random switching                           | Not applicable                        |
| <b>Controls and Dimming</b>              |  |   |                                       |
| Dimmable                                 | Yes  | <b>Product Data</b>                                     |                                       |
|  |  | Full product code                                       | 403073266167199                       |
| <b>Mechanical and Housing</b>            |  | Order product name                                      | 4MX850 491 LED40S/830 PSD WB WH       |
| Trunking length                          | 491 [ 1 unit for TLS 49 W]   | EAN/UPC - Product                                       | 4030732661671                         |
| Housing Material                         | Steel  | Order code  | 910629121826                          |
| Reflector material                       | -  | Numerator - Quantity Per Pack                           | 1                                     |
| Optic material                           | Polymethyl methacrylate  | Numerator - Packs per outer box                         | 3                                     |
| Optical cover/lens material              | Polymethyl methacrylate  | Material Nr. (12NC)                                     | 910629121826                          |
| Fixation material                        | Steel  | Net Weight (Piece)                                      | 1.765 kg                              |
| Optical cover/lens finish                | Clear  |   |                                       |
| Overall length                           | 1478 mm  |   |                                       |
| Overall width                            | 63 mm  |   |                                       |
| Overall height                           | 50 mm  |   |                                       |
| Color                                    | White  |   |                                       |



Fonte: PHILIPS (2021).



## GreenSpace

|   |   |  |                                     |                        |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------|
|   | B10. Therefore, the median useful life (B50) value also represents the B10 value. |  | <b>Mech. impact protection code</b> | IK02 [ 0.2 J standard] |
| <b>Constant light output</b>                    | No  | <b>Initial Performance (IEC Compliant)</b>                     |                                     |                        |
| <b>Number of products on MCB of 16 A type B</b> | 36  | <b>Initial luminous flux (system flux)</b>                     | 2100 lm                             |                        |
| <b>EU RoHS compliant</b>                        | Yes   | <b>Luminous flux tolerance</b>                                 | +/-10%                              |                        |
| <b>Service tag</b>                              | Yes   | <b>Initial LED luminaire efficacy</b>                          | 126 lm/W                            |                        |
| <b>Product family code</b>                      | DN470B [ 200mm]   | <b>Init. Corr. Color Temperature</b>                           | 3000 K                              |                        |
| <b>Unified glare rating CEN</b>                 | 22  | <b>Init. Color Rendering Index</b>                             | >80                                 |                        |
| <b>Light Technical</b>                          |   | <b>Initial chromaticity</b>                                    | (0.43, 0.40) SDCM<3.5               |                        |
| <b>Optical cover/lens type accessory</b>        | -   | <b>Initial input power</b>                                     | 16.8 W                              |                        |
| <b>Operating and Electrical</b>                 |   | <b>Power consumption tolerance</b>                             | +/-10%                              |                        |
| <b>Input Voltage</b>                            | 220-240 V   | <b>Over Time Performance (IEC Compliant)</b>                   |                                     |                        |
| <b>Input Frequency</b>                          | 50 to 60 Hz   | <b>Control gear failure rate at median useful life 50000 h</b> | 5 %                                 |                        |
| <b>Initial CLO power consumption</b>            | - W W   | <b>Lumen maintenance at median useful life* L80 50000 h</b>    | L80                                 |                        |
| <b>Average CLO power consumption</b>            | - W W   | <b>Application Conditions</b>                                  |                                     |                        |
| <b>Inrush current</b>                           | 15.8 A  | <b>Ambient temperature range</b>                               | +10 to +40 °C                       |                        |
| <b>Inrush time</b>                              | 0.224 ms  | <b>Performance ambient temperature Tq</b>                      | 25 °C                               |                        |
| <b>Power Factor (Min)</b>                       | 0.9   | <b>Maximum dim level</b>                                       | Not applicable                      |                        |
| <b>Controls and Dimming</b>                     |   | <b>Suitable for random switching</b>                           | Yes                                 |                        |
| <b>Dimmable</b>                                 | No  | <b>Product Data</b>  |                                     |                        |
| <b>Mechanical and Housing</b>                   |   | <b>Full product code</b>                                       | 871869979327200                     |                        |

Fonte: PHILIPS (2021).

## ANEXO D – Condicionadores de ar propostos

### Split PHILCO – 36000 BTU/h

|                                     |               |                                 |   |
|-------------------------------------|---------------|---------------------------------|---|
| Altura Condensadora                 | 75,9 cm       | Altura Evaporadora              | 23,5 cm   |
| Largura Condensadora                | 55,4 cm       | Largura Evaporadora             | 127,5 cm  |
| Peso Condensadora                   | 62,0 kg       | Profundidade Evaporadora        | 67,5 cm   |
| Controle Remoto                     | Sim           | Peso Evaporadora                | 35,0 kg   |
| Swing                               | Sim           | Filtro Anti-bactéria            | Sim   |
| Capacidade                          | 36000 BTUs    | Esfriamento Rápido (Turbo)      | Sim   |
| Selo ProceI                         | Sim           | Ciclo                           | Frio  |
| Timer                               | Sim           | Voltagem                        | 220V  |
| Gás Refrigerante                    | R-410A        | Sleep                           | Sim   |
| Compressor                          | Rotativo      | Tecnologia                      | Convencional  |
| Classificação Energética            | A             | Serpentina                      | Cobre   |
| Filtro de Ar Removível              | Sim           | Frequência do Aparelho          | 60 Hz   |
| Vazão de Ar (m³/h)                  | 1100 m³/h     | Cor                             | Branco  |
| Modelo                              | PAC36000PFM5  | Potência Nominal                | 3770 W  |
| Consumo de Energia                  | 73,4 Kw/h mês | Modos de Funcionamento          | Refrigerar, Aquecimento, Desumidificar, Ventilar e Automático |
| Garantia Instalador Não Credenciado | 3 Meses       | Garantia Instalador Credenciado | 12 Meses  |

Fonte: PHILCO (2021).

### Split GREE – 9000 BTU/h

|  |   |
|--|---|
| Ean condensadora                                     | 7898303868495   |
| Potência (W)   | 813W  |
| Imagem 1   | <a href="http://cdn.centralar.com.br/centralar/produtos/PRO_Fot2307_1_Full.jpg">http://cdn.centralar.com.br/centralar/produtos/PRO_Fot2307_1_Full.jpg</a> |
| Controle da direção do ar ( para cima - para baixo ) | Automatico  |
| Swing  | Sim   |
| Unidade externa - altura ( mm )                      | 540   |
| Modelo / familia                                     | 9000  |
| Compressor   | Inverter  |
| Voltagem   | 220V  |

Fonte: GREE (2021).

## Split GREE – 18000 BTU/h

|   |   |
|---|---|
| Name                                    | Ar Condicionado Split Hw On/off Eco Garden Gree 18000 Btus Frio 220V Monofasico GWC18QD-D3NNB4C   |
| Condição do item                        | Novo  |
| Voltagem - evaporadora 1                | 220V  |
| Indicador de temperatura na evaporadora | Sim   |
| Compressor                              | Fixo  |
| Unidade interna - profundidade ( mm )   | 220   |
| Nível de ruído interno                  | 44  |
| Classificação Energética                | A   |
| Profundidade - evaporadora 1            | 22,0  |
| Selo Procel                             | A   |
| Função brisa                            | Sim   |
| Classificação energética ( inmetro )    | A   |
| Selo procel                             | Sim   |
| Modelo / família                        | 18000   |
| Imagem 1                                | <a href="http://cdn.centralar.com.br/centralar/produtos/PRO_Fot2212_1_Full.jpg">http://cdn.centralar.com.br/centralar/produtos/PRO_Fot2212_1_Full.jpg</a> |
| Potência (W)                            | 1628W   |
| Diâmetro da linha de líquido            | 1/4 pol   |

Fonte: GREE (2021).

## Split FUJITSU – 24000 BTU/h

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| Marca                    | Fujitsu    |
| Modelo                   | ASBG30JFBB |
| Voltagem                 | 220V       |
| Compressor               | Inverter   |
| Fabricante               | Fujitsu    |
| Selo Procel              | A          |
| Vazão de Ar              | 1.100      |
| Potência (W)             | 2440W      |
| Consumo (KW/h)           | 45,4       |
| Controle Remoto          | Sim        |
| Mais Informações         | Cobre      |
| Controle de Temperatura  | Não        |
| Classificação Energética | A          |

Fonte: FUJITSU (2021).

### Split CONSUL – 7000 BTU/h

| Especificações Técnicas       |  |
|-------------------------------|--|
| Código                        | CBV07DBBNA   |
| Tensão                        | 220V   |
| Cor                           | Branco   |
| Capacidade                    | 7.000 Btus   |
| Ciclo                         | Frio   |
| Selo Procel                   | A  |
| Gás                           | R22  |
| Consumo Aproximado de Energia | Não Informado pelo Fabricante                        |
| Potência                      | 638  |
| Vazão                         | 420 m³/h   |
| Controle                      | Sim  |
| Dimensões                     | 75 x 25,2 x 19,2 cm(int) / 71,5 x 48,2 x 24 cm (ext) |
| Garantia                      | 1 ano  |
| Corrente (A)                  | 3 A  |

Fonte: CONSUL (2021).

### Split ELGIN – 30000 BTU/h

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| Capacidade (BTU/H)    | 30.000 BTU/h    |
| Tipo                  | Refrigeração    |
| Marca                 | Elgin           |
| Estilo                | Split Hi-Wall   |
| Ciclo                 | Frio            |
| Alimentação           | 220V            |
| Fase                  | Monofásico      |
| Eficiência Energética | Classificação A |
| Consumo (W)           | 2515            |
| Corrente (A)          | 15,6            |

Fonte: ELGIN (2021).



### Split CONSUL – 22000 BTU/h

Código da evaporadora: CBV22CBBNA  
 Código da condensadora: CBY22CBBNA

Capacidade de refrigeração (BTU/h): 22.000  
 Classificação energética: A  
 Tensão (V): 220  
 Frequência (Hz): 60  
 Potência Elétrica (W): 2008  
 Corrente (A): 9,5  
 Vazão de ar (m<sup>3</sup>/h): 960  
 Compressor: Rotativo  
 COP (W/W): 3,21  
 EER (BTU/Wh): 10,95  
 Consumo Mensal (KWh/mês): 42,2  
 Bitola de tubulação de conexão:  
 Líquida: 3/8  
 Gás: 5/8

Fonte: CONSUL (2021).

### Split SAMSUNG – 12000 BTU/h

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Referência                  | <b>AR12AVHZDWKNAZ / AR12AVHZDWKXAZ</b> |
| Cor                         | <b>Branco Gelo</b>                     |
| Capacidade térmica          | <b>12.000Btus</b>                      |
| Tensão Elétrica             | <b>220V</b>                            |
| Potência                    | <b>1085W</b>                           |
| Nível econômico             | <b>Classe A</b>                        |
| Consumo de Energia(KWh/mês) | <b>22,8</b>                            |
| Compressor                  | <b>Inverter</b>                        |

Fonte: SAMSUNG (2021).