

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
PROGRAMA DE ENERGIA**

SARI HANNELE KOIVUKANGAS

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SOB PERSPECTIVAS TÉCNICAS NOS
USOS FINAIS APLICADA AO CASO DE UMA ESCOLA**

SÃO PAULO

2022

SARI HANNELE KOIVUKANGAS

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SOB PERSPECTIVAS TÉCNICAS NOS USOS FINAIS
APLICADA AO CASO DE UMA ESCOLA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo para a obtenção de Título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. HédioTatizawa

Versão Corrigida

SÃO PAULO
2022

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Koivukangas, Sari Hannele.

Eficiência energética sob perspectivas técnicas nos usos finais aplicada ao caso de uma escola. / Sari Hannele Koivukangas; orientador: Hédio Tatizawa. – São Paulo, 2022.

117 f.: il; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo.

1. Eficiência energética. 2. Conservação de energia. 3. Escolas. I. Título.

Elaborado por Maria Penha da Silva Oliveira CRB-8/6961

Nome: KOIVUKANGAS, Sari Hannele

Título: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SOB PERSPECTIVAS TÉCNICAS NOS USOS
FINAIS APLICADA AO CASO DE UMA ESCOLA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Energia do Instituto de Energia e
Ambiente da Universidade de São Paulo para a
obtenção de Título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: _____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Presidente Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente, por suas lições importantes para o meu desenvolvimento como profissional, em especial ao meu orientador, Dr. Hédio Tatizawa.

Ao Dr. Ildo Sauer e Dr. Fernando Mario Rodrigues Marquês, pelas contribuições no exame de qualificação.

Ao Claudiney Gonçalves Primo, pela ajuda nas medições.

Às bibliotecárias Maria de Fatima Atanzio Mochizuki e Maria Penha da Silva Oliveira.

À direção do Colégio Oito de Maio, que me permitiu incluir nessa pesquisa um caso real, sempre apoiando e oferecendo a ajuda necessária para que a mesma fosse realizada em um período tão complicado para uma escola como o do Covid-19.

À Ângela Beraldo e Luciana Pereira dos Santos Cunha, do Colégio 8 de Maio, por sua ajuda, paciência e interesse nessa pesquisa.

À direção das Faculdades Trilógicas Keppe & Pacheco e Nossa Senhora de Todos os Povos, que me proporcionam todo o apoio na realização dessa pesquisa.

Ao Marcos Fernando Vescovi Pera, João Leo Pinto Lima, Denilson Teixeira, Carlos Cesar Sóos e Susan Berkley.

RESUMO

KOIVUKANGAS, Sari Hannele. Eficiência Energética sob Perspectivas Técnicas nos Usos Finais Aplicada ao Caso de uma Escola. 2020 f. 122. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Programa de Pós-Graduação em Energia – Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

A situação da economia de escassez do nosso planeta demanda o uso eficiente de recursos. Existem novas tecnologias mais eficientes que possam aumentar o bem-estar humano e planetário, sendo necessário dirigir esforços para mais pesquisas e informação sobre elas. Esta pesquisa trata do tema da conservação de energia elétrica nos usos finais de eletricidade em escolas. Seu objetivo é buscar soluções existentes para melhorar a eficiência energética, sem diminuir o conforto ambiental, além de verificar a possível economia de energia e a viabilidade econômico-financeira da substituição do sistema vigente. Para isso, foi necessário compreender a eficiência energética e caracterizar os usos finais nas escolas. As escolas usam energia elétrica principalmente para conforto visual (iluminação), conforto térmico (condicionamento de ar e aquecimento de água) e atividades de cozinha (cocção e preservação de alimentos). Na escola estudada, os dados foram levantados de modo *top-down* através de medição direta e de pesquisa documental e de modo *bottom-up* por levantamento de consumos desagregados, utilizando medições diretas e indiretas; e quando não aplicáveis, utilizando valores das placas de identificação de aparelhos e informações de fabricantes, publicações especializadas ou consolidados pela prática junto ao conhecimento de horas de uso dos aparelhos. A análise de dados foi feita para o total e cada área de atividade separadamente: administração, salas de aula (ensino-aprendizado), cozinha e outras (corredores e quintal). No caso da escola estudada, o maior consumo e maior possibilidade de conservação de energia foram encontrados na cozinha. Nas salas de aula existe uma possibilidade de conservação de energia através de substituição de ventiladores e equipamentos eletrônicos. A análise dos resultados permite identificar e priorizar oportunidades de redução do consumo de energia elétrica na instituição pesquisada, e pode servir de modelo para outras instituições educacionais particulares ou públicas. Além disso, entender o uso de energia na escola e como ele pode ser medido pode auxiliar na aplicação desses resultados em outros tipos de edifícios.

Palavras-chaves: Eficiência energética. Escola. Tecnologia. Usos finais.

ABSTRACT

KOIVUKANGAS, Sari Hannele. **Energy Efficiency from technical perspective related to End Uses at School applied to a Case Study**, 2020, 122f. Master's thesis. Graduate Program in Energy Institute of Energy and Environment, University of São Paulo, São Paulo, 2022.

The scarcity economy on our planet demands the efficient use of resources. There are new more efficient technologies that can increase human and planetary well-being. The world needs more research and information about them. This research seeks to understand energy efficiency in electrical end uses in schools. Its objective is to search for existing solutions to improve energy efficiency without decreasing environmental comfort. We also calculate the possible energy savings, cost and payback time of the possible replacement to assess their economic viability. Schools use electricity mainly for visual comfort (lighting), thermal comfort (air conditioning and water heating) and kitchen activities (food preservation and cooking). In the case study school, the data were collected both top-down through direct measurement and documental research and bottom-up through disaggregated consumption using direct and indirect measurements, and when not applicable, using values from the appliance identification plates, information from manufacturers, specialized publications or those consolidated by practice and collecting information about the working hours of the devices. Data analysis was done for the whole and for each separate activity area: administration, classrooms (teaching-learning), kitchen and others (corridors and yard). In this study case, the highest consumption and greatest possibility for energy conservation was found in the kitchen. It is also possible to conserve energy by replacing fans and electronic equipment. The results analysis allows identifying and prioritizing opportunities to reduce electricity consumption in the researched institution, and it can serve as a model for other private or public educational institutions. In addition, understanding how schools use energy and how this can be measured can support applying these findings to other types of buildings.

Key words: Energy efficiency. School. Technology. End Uses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Selo PROCEL com nível de eficiência A.	33
Figura 2 – Modelo do selo da ENCE com níveis de eficiência A.	35
Figura 3 – Componentes da Tarifa de Energia Elétrica (R\$) (não inclui o ICMS).....	55
Figura 4 – Luxímetro digital utilizado na pesquisa	63
Figura 5 – Placa de identificação do condicionador de ar.	64
Figura 6 – Medidor Peacefair, modelo PZEM-022 utilizado na pesquisa.....	65
Figura 7 – Medidor <i>Fluke 376 True RMs Clamp Meter</i> utilizado na pesquisa	65
Figura 8 – <i>Software e hardware</i> da Energia das Coisas	67
Figura 9 – Colégio 8 de Maio.....	72
Figura 10 – Planta do Colégio 8 de Maio.....	72
Figura 11 – Comparativo de consumos no Colégio 8 de Maio entre 01/01/2019 - 02/03/2022	73
Figura 12 – Comparativo do consumo de energia no Brasil 2019 / 2020. (MW méd)	74
Figura 13 – Comparativo de consumos no Colégio 8 de Maio de 2019 a 2021.....	75
Figura 14 – Relação entre demanda e o fator de potência no 8 de Maio.....	76
Figura 15 – Demanda média (kW) por hora em um dia letivo no 8 de Maio.....	77
Figura 16 – Demanda média (kW) por hora em um dia não letivo no 8 de Maio.....	78
Figura 17 – Demanda média (kW) por hora em um dia no final da semana no 8 de Maio.....	78
Figura 18 – Demanda média (kW) de uma semana letiva por hora no 8 de Maio	79
Figura 19 – Demanda média (kW) de uma semana não letivo por hora no 8 de Maio	79
Figura 20 – Demanda média (kW) em um dia letivo no 8 de Maio com diferentes atividades	80

Figura 21 – Estimativa do Consumo de eletricidade por atividade em porcentagem no Colégio 8 de Maio em fevereiro de 2022	83
Figura 22 – Estimativa do consumo de eletricidade por iluminação por setor em porcentagem no Colégio 8 de Maio em fevereiro de 2022.....	84
Figura 23 – Estimativa de Consumo de eletricidade por condicionamento ambiental em porcentagem no Colégio 8 de Maio em fevereiro de 2022.....	87
Figura 24 – Uma sala de aula do 8 de Maio.....	89
Figura 25 – Consumo por área: Equipamentos Eletrônicos.....	90
Figura 26 – Demanda média (kW) em dois dias letivos em 2021 e 2022	92
Figura 27 – Composição da conta do Colégio 8 de Maio de 02 de Março de 2022 (R\$).....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de alunos na educação básica no Brasil, no setor público e privado, na educação infantil, ensino fundamental e médio, em milhões.	26
Tabela 2 – Dados climatológicas de Itapecerica da Serra	27
Tabela 3 – Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) em Escolas para o nível de eficiência pretendido (Método da área do edifício)	36
Tabela 4 – Variáveis que afetam o conforto ambiental	41
Tabela 5 – Soluções para o conforto ambiental.....	42
Tabela 6 – Recomendações de iluminação para ambiente escolar em lux e IRC	50
Tabela 7 – Comparativo de Tipos de Lâmpadas: Vida Útil, Eficiência e Carga Térmica	52
Tabela 8 – Equipamentos monitorados para esta pesquisa.....	66
Tabela 9 – Equipamentos no Colégio 8 de Maio.....	81
Tabela 10 – Estimativa do Consumo de eletricidade por atividade no Colégio 8 de Maio em.... fevereiro de 2022	82
Tabela 11 – Valores de lúmens medidos no Colégio 8 de Maio.	83
Tabela 12 – Tipos e quantidades de lâmpadas e suas potências no Colégio 8 de Maio.....	85
Tabela 13 – Potência elétrica de iluminação limite para o 8 de Maio por nível de EE.....	85
Tabela 14 – DPI da sala de música.....	86
Tabela 15 – Equipamentos de ar condicionado no 8 de Maio.....	88
Tabela 16 – Estimativa de Consumo de Equipamentos eletrônicos por mês	90
Tabela 17 – Equipamentos de conservação de alimentos e cocção elétricos, suas quantidades, potências, fator de potência e consumo mensal.....	91
Tabela 18 – Indicadores de eficiência energética no Colégio 8 de Maio por mês (anos de 2019 e 2020)	93

Tabela 19 – Indicadores da eficiência energética no Colégio 8 de Maio por ano (2019, 2020 e 2021)	94
Tabela 20 – Tempo de retorno do investimento em ventiladores ou motores eficientes.....	98
Tabela 21 – Tempo de retorno do investimento em equipamentos novos de conservação de alimentos	98

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	amperes
a.a.	per ano
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APO	análise pós-ocupação
Art.	Artigo
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BTU	Unidade Termal Britânica
C	Celsius
CA	Conforto Acústico
cal/m ³	Carga Térmica
cd/m ²	candela por metro quadrado
CFABS	Combat Fire Bombeiros e Segurança
Cfb	Clima Oceânico Temperado
CHPS	<i>Collaborative for High Performance Schools</i>
CIP	Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública
CL	Conforto Luminoso
CNP	Conselho Nacional do Petróleo
CO ₂	dióxido de carbono
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
COVID-19	Coronavirus Disease 2019 (doença do coronavírus)
CQ	Conforto de Qualidade de Ar
CREG	Câmara de Regras Excepcionais para Gestão Hidroenergética
CT	Conforto Térmico
DOE	O Departamento de Energia dos EUA (DOE)
DOU	Diário Oficial da União
DPI	A Densidade de Potência total de Iluminação
DPIL	A densidade de potência de iluminação
EDC	Energia das Coisas
EE	Eficiência Energética
Em	Iluminância Média
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPP	Eficiência Energética nos Prédios Públicos
EUA	Estados Unidos de América
F.D.E	Fundação para o Desenvolvimento da Educação
FLC	Lâmpada fluorescente compacta

Fm	Fator de manutenção
FP	Fator de Potência
GEM	Gestão Energética Municipal
Gkg	Gigakilogramas
GLD	Gerenciamento do Lado de Demanda
h	hora
HCHO	formaldeído
HFC	hidrofluorcarbonetos
i	juros
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
IRC	Índice de Reprodução de Cores
ISO	International Standard Organization
kV	Quilovolt
kVARh	Consumo de energia reativa
kWh	Quilowatt-hora
$1/d^2$	intensidade luminosa e o quadrado da distância
LED	O Diodo Emissor de Luz (Light Emitting Diode)
Lm	lúmen
lm.W	lúmens por watt
L/s	litros por segundo
lx	lux
m	metro
m ²	Metro Quadrado
m ³ /s	volume em metros cúbicos por segundo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MWh	Megawatt-hora
MW méd	Megawatt Média
n	quantidade de unidades
N/m ²	pressão
NBR	norma brasileira
Nº	Número
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PASEP	Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PEE	O Programa de Eficiência Energética
PEN	Política Energética Nacional
PIR	Planejamento Integrado de Recursos
PIS	Programas de Integração Social
PNEf	O Plano Nacional de Eficiência energética
PPGE	Programa de Pós-Graduação em Energia
ppm	partes por milhão
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROPEE	Manual de Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
PUC	Pontifícia Universidade Católica
R\$	Reais
S	O período Seco
SINPHA	Sistema de Informação de Posse e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos
TCC	temperatura de cor correlata
TE	Tarifa de Energia
TIR	A taxa interna de retorno
TRD	O tempo de retorno descontado
TRS	Tempo de Retorno Simples
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
U	O período Úmido
VOCs	compostos orgânicos voláteis totais,
W	watt
W/m ²	potência total instalada por área

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 PAPEL DA ESCOLA NA SOCIEDADE E O COLÉGIO 8 DE MAIO	25
2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: CONCEITOS E DEFINIÇÕES	27
2.3 PANORAMA E PESQUISA EM EFICIENCIA ENERGETICA NO MUNDO E NO BRASIL	29
2.4 ESTUDOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS ESCOLAS	38
2.5 OS USOS FINAIS NA ESCOLA	40
2.6 CÁLCULOS DE TARIFA E VIABILIDADE ECONÔMICA	52
3 METODOLOGIA.....	59
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	59
3.1.1 Estudo de Caso	60
3.1.2 Pesquisa Documental.....	61
3.1.3 Pesquisa de Campo - Coleta de Dados	61
3.2 PARTICIPANTES DA PESQUISA: POPULAÇÃO E AMOSTRA	62
3.2.1 Caracterização dos Edifícios e Usuários.....	62
3.3 COLETA DE DADOS E TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DO CONSUMO DESAGREGADO ...	62
3.3.1 Potência Elétrica e Consumo de Cada Equipamento.....	64
3.3.2 Curva de Carga e Fator de Potência	66
3.3.3 Indicadores da Intensidade Energética	67
3.4 ANÁLISE DE DADOS	68
3.5 PESQUISA DE TECNOLOGIAS SUBSTITUTIVAS	68
3.6 LIMITAÇÃO DA PESQUISA	69

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO DA ESCOLA 8 DE MAIO E SEUS USUÁRIOS	71
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS VIA INSPECÇÃO VISUAL E MEDIÇÕES	76
4.2.1 Medições de <i>top-down</i> e curvas de carga	77
4.2.2 Levantamento de usos finais	80
4.3 INDICADORES	92
4.4 ANÁLISE PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO CASO	94
4.4.1 Substituição de Tecnologias	95
4.4.2 Utilização do Espaço	100
4.4.3 Avaliação da Fatura e da Tarifa	100
5. CONCLUSÕES	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

1. INTRODUÇÃO

A situação da economia de escassez do nosso planeta demanda o uso racional de recursos. O uso de energia, ao mesmo tempo que traz benefícios para o conforto e produtividade, acarreta em problemas ambientais como a poluição e esgotamento de recursos utilizados para a sua produção. A energia elétrica é um recurso que pode ser utilizado de maneira mais eficiente. O seu consumo está relacionado à tecnologia aplicada, às necessidades e aos hábitos dos indivíduos que a utilizam.

No Brasil, o consumo de energia elétrica nas edificações corresponde a cerca de 45% do consumo faturado no país. Essa energia é consumida na operação e manutenção das edificações e nos sistemas artificiais que proporcionam conforto ambiental para seus usuários, como iluminação, climatização e aquecimento de água. Estima-se um potencial de redução deste consumo em 50% para novas edificações e de 30% para aquelas que promoverem reformas que contemplem os conceitos de eficiência energética em edificações. (PROCEL, 2021).

Surgem novas tecnologias mais eficientes que podem diminuir os gastos e melhorar a qualidade de vida, mas encontram certas barreiras de entrada no mercado, tais como alto investimento inicial, competitividade do mercado, dilema de produtores, conflitos de interesses, desconhecimento das referidas tecnologias e suas vantagens na economia de energia, e, conseqüentemente, na alocação dos recursos financeiros, como também na questão do meio ambiente.

Para este estudo, pesquisou-se a realidade energética de uma escola particular no Município de Itapecerica da Serra, SP, no período que foi do início de 2019 ao início de 2022. Esta realidade teve uma mudança drástica durante o período da pesquisa, devido à crise de pandemia Covid-19 que iniciou em março de 2020, sendo encerradas as atividades escolares presenciais, somente retomando parcialmente em fevereiro de 2021 sob novas orientações e regulamentações, diante do assim chamado *Novo Normal*.

A sociedade se acostumou a consumir energia de uma determinada maneira. Será que há outras maneiras? As novas técnicas podem trazer eficiência energética para as escolas? Para responder essas perguntas temos que primeiramente nos debruçar sobre o consumo de energia das escolas para entender como elas operam, e somente após o entendimento da realidade da escola, verificar as possíveis intervenções e seus impactos.

A crescente preocupação com o meio ambiente tem levado a um maior interesse por estudos sobre eficiência energética. O governo elaborou a Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001 e o decreto no. 4.059, de 19 de dezembro de 2001, sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, a fim de abordar este assunto.

Escolheu-se estudar a eficiência energética em escolas por serem ambientes que afetam um grande número de pessoas, sendo locais propícios para mudanças de hábito, e porque a minha própria atuação sempre foi em escolas e faculdades, onde as queixas dos professores e alunos em relação às condições térmicas, acústicas e de qualidade do ar são frequentes; sendo assim, a análise de resultados poderá se beneficiar de uma visão de dentro da sala de aula, e auxiliar aos que tomam decisões relacionadas a eficiência energética.

O objetivo deste trabalho é verificar se é possível reduzir o consumo de energia elétrica através do uso de possíveis tecnologias mais eficientes em escolas. Para isso, será necessário compreender a eficiência energética e caracterizar os usos da energia elétrica na escola para sugerir melhorias tecnológicas. Com isso, busca-se verificar quais seriam os custos evitados e o tempo de retorno do investimento necessário para a conservação de energia.

A hipótese desta pesquisa culmina na seguinte afirmação: A escola estudada pode ser mais eficiente energeticamente através de substituições tecnológicas, sem afetar o seu desempenho na sua finalidade de formação do indivíduo.

Esta dissertação está organizada em 5 capítulos; o capítulo 1, de introdução, contém a justificativa e os objetivos do trabalho; o capítulo 2 apresenta um breve contexto sobre a Eficiência Energética e a Escola; o capítulo 3 mostra a metodologia deste estudo; o capítulo 4 expõe os resultados obtidos no estudo de caso; o capítulo 5 apresenta as conclusões e indica caminhos para pesquisas futuras, e por fim, encontra-se as referências bibliográficas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica deste estudo está dividida em quatro áreas: 1) escola 2) eficiência energética e seu panorama, 3) tipos de usos finais na escola e suas características e 4) cálculos financeiros.

2.1 PAPEL DA ESCOLA NA SOCIEDADE E O COLÉGIO 8 DE MAIO

A escola tem um papel importante na sociedade na formação de pessoas, não somente em termos de conhecimentos, mas também de valores e hábitos. O papel da escola pode ser visto de vários ângulos: educar, transformar, proteger, desalienar, multiplicar conhecimento, criar, curar, capacitar, orientar, direcionar, preparar, socializar, realizar etc. Segundo Barbosa (2004), o papel da escola hoje em dia no Brasil é complexo, e embora devesse ser um local de transformação social, na prática, se tornou um lugar de alienação e estagnação conforme os interesses dos poderes estabelecidos. De qualquer forma, é um lugar onde as crianças e jovens passam grande parte do seu tempo, e que envolve também os pais e uma grande quantidade de profissionais.

A escola é exemplo e sempre ensina algo. Quando a escola adota uma prática, uma atividade, um tipo de gestão, ela está ensinando e dando exemplo — ensinando alunos, pais de alunos, professores, gestores e enfim, toda a sociedade aprende. Uma escola que adota diretrizes socioambientais e conseqüentemente gera economia de recursos e efeitos positivos no meio ambiente, atrai o olhar da sociedade, abarcando não somente a comunidade escolar, mas todos do lugar. (BRASIL, 2017)

Durante o período da realização desta pesquisa, a escola passou por uma intensa transformação no significado do seu papel e no seu modo de operar, devido à crise de Covid-19 e o subsequente “novo normal”. Reis, Pinto e Silva, Marinho Meirelles. (p. 232, 2021) descrevem essa transformação de seguinte modo:

Sob o pretexto da inexorabilidade do “novo normal” estão sendo adotadas práticas no campo da educação que, embora não sejam inéditas, aceleram sobremodo o que já estava em curso. Nessa lógica podemos reconhecer no campo da educação que a ideia de um “novo normal” tem forte rebatimento sobre o trabalho docente e sobre o processo ensino-aprendizagem. Do que é possível apreender até o momento, entre os elementos presentes no discurso e na prática do “novo normal”, podemos destacar: a apologia à flexibilidade

e tudo o que isso possa implicar no trabalho educacional; a prática, incontestemente e a despeito de seus embaraços, do ensino a distância (EaD) ou a sua ultraflexibilização, que seria o ensino híbrido; a hegemonia do trabalho remoto — *home office*; a integração e automação digital; e novas relações de trabalho, caracterizadas pelo estreitamento da relação público-privado, pela utilização de instrumentos de trabalho próprios e por novas formas de vínculos contratuais, entre outros. (REIS; PINTO E SILVA; MARINHO MEIRELLES p. 232, 2021)

No Brasil, são 43,3 milhões de crianças e jovens matriculados nas escolas públicas e privadas. Na tabela 1, podemos ver a distribuição desses alunos em escolas públicas e privadas, na educação infantil, ensino fundamental e ensino médio conforme o Censo 2019. Houve uma diminuição de 3 milhões de alunos em comparação ao Censo 1999, e verifica-se que a participação de setor privado passou de 12 % para 20%. (INEP, 2019)

Tabela 1 – Número de alunos na educação básica no Brasil, no setor público e privado, na educação infantil, ensino fundamental e médio, em milhões.

	Escola Pública	Escola Privada	Total	Total em %
Ensino Infantil	6,4	2,5	8,9	21%
Ensino Fundamental	22	5,2	26,9	62%
Ensino Médio	6,6	0,9	7,5	17%
Total	34,7	8,6	43,3	100%
Total em %	80%	20%	100%	100%

Fonte: (INEP, 2019)

O Colégio 8 de Maio é uma escola particular de educação infantil, ensino fundamental e médio. Está situada em Itapecerica de Serra, num local arborizado e caracteristicamente no meio da natureza. O objetivo principal do Colégio 8 de Maio é a formação humana, e ele foi fundado em 1983 para contribuir com a educação e o desenvolvimento cultural da região de Itapecerica da Serra. Conta com 80 professores e mais 50 funcionários para atenderem 880 alunos que se dividem em 170 alunos na Educação Infantil, 550 alunos no Ensino Fundamental e 150 alunos no Ensino Médio; exatamente na mesma proporção do Brasil, conforme demonstrado na Tabela 1. Os três terrenos onde se localiza o complexo escolar possuem área equivalente a 134.000 m² e tem 6361m² de área construída. As escolas fundamental e média se localizam na Area 1 cujo terreno é de 54.128m² e tem área construída de 3946m². Sua instalação elétrica, no 0042802997, é trifásica e de subgrupo B3, sendo esse o objeto deste estudo.

De acordo com o zoneamento climático brasileiro, estabelecido pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005), Itapecerica da Serra é classificado com clima Oceânico temperado (Cfb) de acordo com a classificação de *Köppen-Geiger*. Em Itapecerica da Serra a temperatura média é 19,2°C. O mês mais quente do ano é fevereiro com uma temperatura média de 22,2°C; e a temperatura média de julho é a temperatura média mais baixa de todo o ano, ou seja 15,9°C, conforme a Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Dados climatológicas de Itapecerica da Serra

Temperatura	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média °C	21,9	22,2	21,3	19,8	17,2	16,4	15,9	16,8	18,1	19,4	19,7	21,2
Mínima °C	19	19,1	18,4	16,8	14	12,8	12	12,6	14,2	15,8	16,5	18,1
Máxima °C	26	26,5	25,5	24,2	21,6	21,3	21,1	22,4	23,6	24,5	24,1	25,5
Chuva mm	296	243	231	105	82	62	76	55	117	145	192	242
Umidade %	84	84	85	83	81	80	78	76	78	82	84	84
Dias chuvosos	19	16	17	11	9	6	6	6	10	13	15	17

Fonte: CLIMATE-DATA, 2021

Em Itapecerica da Serra, o verão é curto, morno, abafado, com precipitação e de céu quase encoberto; o inverno é ameno e de céu parcialmente encoberto. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 11°C a 27°C e raramente é inferior a 12°C ou superior a 27°C. (CLIMATE-DATA, 2021) Em Itapecerica da Serra, a energia solar de ondas curtas incidente diária média passa por variações sazonais moderadas ao longo do ano. O período mais radiante dura 2,8 meses, de 16 de outubro a 9 de janeiro, com média diária de energia de ondas curtas incidente por metro quadrado acima de 6,0 kWh. O dia mais radiante do ano é 22 de novembro, com média de 6,5 kWh. O período mais escuro do ano dura 2,7 meses, de 9 de maio a 31 de julho, com média diária de energia de ondas curtas incidente por metro quadrado abaixo de 4,3 kWh. O dia mais escuro do ano é 24 de junho, com média de 3,7 kWh. (WEATHERSPARK, 2021).

2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A eficiência energética, na sua concepção ampla, pode ser vista como a obtenção do mesmo produto ou bem-estar com o menor dispêndio de energia, assim gastando menos recursos naturais, podendo ser classificada pela sua característica predominante em: 1) comportamental, 2) técnica, e 3) de substituição energética (BRASIL, 2011). Segundo Ribeiro (2005), as principais áreas da eficiência energética são: a) planejamento integrado dos recursos, b)

eficiência na geração, transmissão e distribuição, e c) eficiência no uso final. Esta última trata-se de tecnologias e práticas que estimulam a eficiência energética ao nível do consumidor final e inclui motores, iluminação, aquecimento, ventilação, condicionamento de ar, entre outros, além de tecnologias que propiciem a conservação e o melhor uso da energia, tais como geradores de energia solar e aparelhos de controle de consumo de energia. O presente estudo tem como foco a última dessas categorias, ou seja, eficiência nos usos finais.

Em relação ao tema eficiência energética existe um extenso material publicado pelos órgãos do governo brasileiro, cujo conhecimento sustenta a realização desta pesquisa, tais como a Lei no. 10.295, de 17 de outubro de 2001 e o decreto no. 4.059, de 19 de dezembro de 2001 sobre a Política Nacional de Conservação, que é um instrumento que determina a existência de níveis mínimos de eficiência energética (ou máximos de consumo específico de energia) de máquinas e aparelhos consumidores de energia (elétrica, derivados de petróleo ou outros insumos energéticos) fabricados ou comercializados no país, bem como de edificações construídas, com base em indicadores técnicos pertinentes e de forma compulsória, e Uso Racional de Energia, o Guia para Eficientização Energética nas Edificações Públicas, que apresenta os fundamentos necessários para que o gestor público possa avaliar, após a realização do diagnóstico energético, as sugestões de modificações no sistema de iluminação para fins de maior eficiência energética e o Plano Nacional de Energia 2030 do Ministério de Minas e Energia, que avalia tendências na produção e no uso da energia e baliza as estratégias alternativas para expansão da oferta de energia nas próximas décadas. Eficiência Energética (EE) pode ser entendida, de acordo com Ministério de Minas e Energia, como “Por definição, a eficiência energética é a relação entre a quantidade de energia final utilizada e de um bem produzido ou serviço realizado” (BRASIL, p. 5, 2007). A promoção da eficiência energética abrange desde suas fontes primárias até seu aproveitamento.

Segundo Marques et al. (2006), a conservação de energia apresenta dois caminhos: 1) Vertente humana e 2) Vertente tecnológica. A primeira trata-se de mudanças de hábito baseadas na informação e hábitos, atitudes, valores, crenças, estilos de vida, como também normas e legislações. Exemplos de ações humanas são: dar preferência à luz natural durante o dia; reduzir o tempo de banho com o chuveiro elétrico; iluminar os ambientes com lâmpadas fluorescentes compactas ou de LED; apagar as luzes ao sair dos ambientes; evitar deixar a geladeira aberta por muito tempo e manter em boas condições a borracha de vedação da porta. Para o sucesso de qualquer projeto de eficiência energética, entende-se que o envolvimento e a colaboração

dos envolvidos é fundamental. A segunda vertente diz respeito à melhoria de tecnologia, processos e sua utilização sem comprometer o produto final. Significa utilizar processos e equipamentos que tenham o melhor desempenho na produção dos serviços com um menor consumo de eletricidade. Este trabalho tem enfoque na vertente tecnológica, sem desconsiderar a existência da vertente humana. Nessa linha, a definição de eficiência energética utilizada nesse trabalho compreende a capacidade de utilizar a menor quantidade de energia sem perda de qualidade para produzir a mesma quantidade de iluminação, transporte, aquecimento ou outro serviço baseado em energia. Ainda, define-se a tecnologia como um produto da ciência e da engenharia que envolve um conjunto de instrumentos, métodos e técnicas que visam a resolução de problemas. É uma aplicação prática do conhecimento científico em diversas áreas de pesquisa. (D'ARC, 2021)

O Fator de Potência (FP) é um dos principais indicadores de eficiência energética de uma instalação elétrica. Ele expressa a relação entre a potência ativa, a qual é responsável por realizar trabalho, e a total absorvida. Um baixo fator de potência significa que a energia está sendo mal aproveitada, e o consumidor acaba pagando um preço maior por kWh de energia ativa que realmente utiliza. Um fator de potência próximo de 1 indica pouco consumo de energia reativa em relação à energia ativa, ou seja, melhor eficiência. (ANDRADE, 2020). A Resolução Normativa Nº 414 de 9 de setembro de 2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica diz no artigo 95 que consumidores do grupo A sejam taxados caso apresentem um fator de potência abaixo de 0,92. Os consumidores do grupo B não têm fator de potência de referência e não podem ser cobrados pelo consumo de energia elétrica reativa excedente (ANEEL, 2013). As principais causas do baixo fator de potência são 1) os motores de indução operando em vazio ou com pequenas cargas; 2) transformadores em vazio ou com pouca carga; 3) lâmpadas de descarga: fluorescentes, vapor de mercúrio, vapor de sódio – sem reatores de alto fator de potência 4) grande quantidade de motores de pequena potência e 5) tensão acima da nominal. (BARRETO, 2017).

2.3 PANORAMA E PESQUISA EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO MUNDO E NO BRASIL

A melhoria em eficiência energética tem sido promovida por ações voluntárias e pela regulamentação, tendo seu início nos anos setenta nos Estados Unidos e outros países desenvolvidos, juntamente com a crise do petróleo, que levou a iniciativas que procuraram conscientizar os consumidores sobre o uso racional e eficiente da energia, tais como o

estabelecimento de normas, incentivos fiscais e descontos tarifários para a aquisição de equipamentos mais eficientes, além de consideráveis investimentos em pesquisa e desenvolvimento. (DIXON et al., 2010). Inicialmente, os programas de eficiência energética foram estimulados através de regulação, Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e campanhas financiadas pelo poder público (JANUZZI, 2000). A partir dos anos 80, as companhias de eletricidade adotaram o Planejamento Integrado de Recursos (PIR) e investiram nos programas de Gerenciamento do Lado da Demanda (GLD) que são um conjunto de medidas e ações destinadas a melhorar a eficiência energética do uso final da eletricidade, em termos de redução do pico de carga ou da demanda máxima (kW) e/ou de redução do consumo de energia (kWh). Naquele tempo, as principais estratégias eram: 1) redução do pico, 2) preenchimento de vales, 3) mudanças da carga, 4) conservação estratégica, 5) crescimento estratégico da carga e curva de carga flexível, motivado pelo fato que a conservação de energia tinha se tornado mais atraente do que novas usinas ou sistemas de transmissão (GELLINGS, 1985).

Um dos estudiosos precursores sobre o uso eficiente de energia elétrica foi Yergin (1979) que considerava o sistema eficiente de energia uma fonte de energia que não produz poluição e não gera resíduos radioativos. Ele também percebeu que os consumidores finais são desinformados sobre a adoção de práticas, estímulos e tecnologias que favorecem a eficiência energética. Portanto, segundo ele, cabe ao poder público regular políticas e programas que viabilizem o uso eficiente de energia.

Em 1987, a *American Council for an Energy-Efficient Economy* publicou o livro *Energy Efficiency: Perspectives on Individual Behavior*, como resultado do seu painel *Human Dimension*. Nos Estados Unidos, Programas de Eficiência Energética como *Energy Star Program* e *Green Lights Program*, programa voluntário voltado para iluminação, tiveram um impacto internacional. Os estados americanos pioneiros na regulamentação para eficiência energética têm sido Califórnia, Washington e Wisconsin; em Washington as companhias ganhavam um bônus de 2% dos seus investimentos em eficiência energética; na Califórnia foi feito o *Electric Revenue Adjust Mechanism* (ERAM), um desacoplamento entre vendas e receitas, e em Wisconsin um programa de financiamento de juros baixos para os consumidores investirem em medidas de eficiência energética. (JANUZZI, 2000).

O Brasil começou a formular legislações de incentivo à eficiência energética na década de 1980. A primeira iniciativa do poder público para incentivar o uso de medidas de eficiência energética em nível nacional ocorreu em 1981, com a criação do Programa Conserve que visava promover

a conservação de energia na indústria, o desenvolvimento de produtos eficientes e a substituição de fontes energéticas importadas por fontes nacionais. Dentro do programa, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), preparou vários manuais de conservação de energia para setores industriais (MARQUES et al., 2006).

Em 1985, instituiu-se o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) através da Portaria Interministerial n. 1.877, conjuntamente entre os Ministérios de Minas e Energia e o da Indústria e Comércio Exterior, que visa promover o uso racional de energia elétrica em todo o país, incluindo o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) (BRASIL, 1985). O decreto N° 9.863, DE 27 DE JUNHO DE 2019, Art. 2º diz:

O Procel, em consonância com as diretrizes do Conselho Nacional de Política Energética e da Política de Eficiência Energética do Ministério de Minas e Energia, objetiva promover as ações de eficiência energética elétrica na geração, transmissão e distribuição de energia, bem como para o usuário final, destinadas a: I - aumentar a competitividade do País; II - postergar investimentos no setor elétrico; e III - reduzir a emissão de gases de efeito estufa e, conseqüentemente, diminuir os impactos ambientais associados. (BRASIL, p.1, 2019).

Também no início dos anos 80, começou-se a difundir as auditorias energéticas, em particular nas indústrias, devido ao aumento dos custos de energia, e introduziu-se o termo “auditoria energética” no Brasil através dos trabalhos do Conselho Nacional do Petróleo – CNP (1985), Rocchiccioli (1981) e Gorecki (1982) (MARQUES et al., 2006).

Em 1988, com a coordenação da Eletrobrás, o Procel realizou a primeira pesquisa quantitativa de campo, “Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo”, na classe residencial. Foram entrevistados 10.818 consumidores, em 291 municípios, de 23 estados e o Distrito Federal, e contou com a participação de 27 concessionárias. Posteriormente, outras pesquisas com um escopo mais amplo foram realizadas envolvendo Eletrobras/Procel e Puc-Rio, este último abrangendo os seguintes segmentos de consumo: residencial, comercial/industrial (baixa tensão), comercial/industrial (alta tensão) e poderes públicos (alta tensão). Os resultados foram publicados em 2007 e estão disponíveis no Sistema de Informação de Posse e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos (SINPHA). (PROCEL, 2022).

O PROCEL foi transformado em Programa de Governo em 1991, o que ampliou a sua abrangência e responsabilidade. Seu principal objetivo é promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para eliminar os desperdícios e reduzir os custos e

os investimentos setoriais. As metas de longo prazo do PROCEL, descritas no Plano 2015 (BRASIL, 2006) são: 1) redução nas perdas técnicas na transmissão e distribuição da energia; 2) racionalização do uso da energia elétrica e aumento da eficiência energética em aparelhos elétricos, através da adoção do Selo PROCEL. (FERREIRA, 2006).

O Procel patrocinou a elaboração de alguns métodos de auditoria energética, a saber: 1) Diagnóstico Energético em que se levanta o consumo por uso final de eletricidade e o compara com uma amostra dos principais setores produtivos; 2) Auto-avaliação dos pontos de desperdício de energia elétrica, isto é, um roteiro simples sistemático aplicado pelo consumidor para identificar pontos de desperdício e avaliar as economias adquiridas. Embora esse método seja limitado, sua grande vantagem está nos benefícios imediatos; e 3) Estudo de Otimização Energética que inclui análises econômicas e considera tanto o uso de combustíveis como de energia elétrica, propõe alternativas e prioriza as ações para melhorar a eficiência energética. Trata-se de uma metodologia mais profunda, porém mais demorada e custosa que as anteriores. Além desses métodos, existem vários programas computacionais para auxiliar as análises energéticas, como por exemplo, o aplicativo *Mark IV Plus* disponibilizado pela Eletrobras (MARQUES et al. 2006).

Em 1997, a Lei n. 9.478 estabeleceu a Política Energética Nacional (PEN) e criou o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional de Petróleo, que visa o aproveitamento racional das fontes de energia, a conservação energética e a preservação do meio ambiente (BRASIL, 1997).

Em 2001, a Lei n.10.295/2001 lançou a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, que tem como objetivo a otimização do uso da energia elétrica, e que delega ao Poder Executivo o desenvolvimento de mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações. Seu plano de ação contempla seis vertentes básicas para arquitetura bioclimática, a saber: 1) indicadores de eficiência energética em edificações; 2) certificação de materiais e equipamentos; 3) procedimentos para regulamentação / legislação; 4) mecanismos para aporte de recursos financeiros e remoção de barreiras para implementação de projetos; 5) projetos educacionais; e 6) projetos de interesse social (BRASIL, 2001a). A lei foi complementada pelo Decreto n.4.059/2001, que prevê a criação de um Grupo Técnico para Eficientização (BRASIL, 2001b). Segundo Altoé et al., (2017) a criação da lei foi motivada principalmente pela crise nacional de energia elétrica ocorrida no mesmo ano, e a crise foi superada devido a mecanismos

de Gestão de Lado de Demanda (GLD), como mudança de hábitos de consumo e substituição de equipamentos menos eficientes.

Em 2001, houve a crise de suprimento elétrico no Brasil que impulsionou a mobilização dos consumidores para usar energia de forma racional e a larga difusão de procedimentos e equipamentos eficientes, que reduziu as necessidades de eletricidade sem afetar significativamente a atividade econômica. Em 2003, avaliou-se que ao longo de 18 anos no PROCEL foram implementadas medidas que economizaram cerca de 19 milhões de MWh por ano, evitando investimentos de 13 bilhões de dólares. (MARQUES et al., 2006).

O selo PROCEL, criado por decreto presidencial em 1993, é um instrumento promocional do programa concedido anualmente aos equipamentos que apresentam os melhores índices de eficiência energética dentro de sua categoria. O Selo PROCEL indica os produtos mais eficientes dentro de cada categoria com o objetivo de informar ao consumidor sobre a eficiência energética do equipamento, isto é, quanto de energia os equipamentos consomem para fazer um determinado trabalho e sua relação com os demais equipamentos. Encontra-se nesta etiqueta informações relevantes como: equipamento, marca, fabricante, consumo de energia em kWh e uma escala de eficiência energética graduada de A até G, em que o equipamento classificado como A é o mais eficiente e o G como o menos eficiente conforme demonstra a Figura 1.

Figura 1 – Selo PROCEL com nível de eficiência A.



Fonte: PROCEL, 2021

O Selo Procel Eletrobras atua em parceria com o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), cujo principal produto é a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). A parceria Eletrobras e Inmetro

procura garantir os recursos necessários à criação de uma infraestrutura laboratorial, de forma que todos os produtos possam ser submetidos a ensaios específicos para comprovar o seu desempenho.

O objetivo é encorajar os consumidores a adquirir produtos mais eficientes e incentivar a indústria e o setor público a se tornarem mais eficientes energeticamente; e para tanto o Procel tem diversas linhas de atuação, que abrangem diferentes segmentos de consumo de energia. Sua atuação é concretizada por meio de subprogramas específicos, como: 1) Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (Procel Info), 2) Eficiência Energética em Edificações (Procel Edifica), 3) Eficiência Energética em Equipamentos (Procel Selo), 4) Eficiência Energética Industrial (Procel Indústria), 5) Eficiência Energética no Saneamento Ambiental (Procel Sanear), 6) Eficiência Energética nos Prédios Públicos (Procel EPP), 7) Gestão Energética Municipal (Procel GEM), 8) Informação e Cidadania (Procel Educação) e 9) Eficiência Energética na Iluminação Pública e Sinalização Semafórica (Procel Reluz). Além de especificações técnicas, o programa inclui campanhas de conscientização de consumidores e capacitação de professores, para que ensinem como não desperdiçar a energia elétrica, além do apoio a projetos de otimização do sistema elétrico em prédios públicos. (PROCEL, 2020).

Em 1992, Ornstein publicou o primeiro livro brasileiro dedicado ao assunto de eficiência energética nos edifícios promovendo a cultura de avaliação de desempenho do edifício (ORNSTEIN, BRUNA e ROMERO, 1995). Em 2004, foi criado o programa PROCEL Edifica, que prevê a necessidade de investir em capacitação técnica de profissionais da construção civil na área da eficiência energética e a incorporação de conceitos de eficiência energética nos estudos de planejamento urbano e nos códigos de obras dos municípios brasileiros. Em 2009, o governo lançou o programa de certificação de eficiência energética para edifícios comerciais, públicos e de serviços, e em 2010, para os edifícios residenciais. (ALTOÉ, 2017). De acordo com o Procel (2007), o potencial técnico de economia em edificações existentes é estimado em 25%.

Em 2014, a certificação tornou-se mandatória para edifícios públicos federais, continuando voluntária para os edifícios públicos estaduais e municipais, comerciais e residenciais. Nos edifícios comerciais, de serviços e públicos são avaliados três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Nas unidades habitacionais são avaliados a envoltória e o sistema de aquecimento de água. (BRASIL, 2014).

No período de 2010 a 2016, dentro do programa Procel Edifica, foi criado um novo método para avaliar a eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos, divididos em dois caminhos, prescritivo simplificado e de simulação. Na simulação, usa-se edifícios referenciais para efeito de comparação. No método prescritivo usa-se equações, tabelas e parâmetros limites, para obter uma pontuação que indica o nível de eficiência parcial do sistema e total do edifício. Ele avalia separadamente o nível de EE dos sistemas da envoltória, de iluminação e de condicionamento de ar da construção, para chegar a uma classificação geral da edificação. (ELETROBRAS, 2016).

Os requisitos técnicos para a classificação do nível de A de EE dos edifícios são: 1) o edifício deve ter a separação de circuitos elétricos por uso final da energia ou um equipamento possibilitando a medição e consequente análise do consumo desagregado; 2) para prédios em que pelo menos 10% de energia é consumida para aquecimento de água, toda a demanda de água quente deve ser atendida por um sistema de aquecimento solar, aquecedores a gás do tipo instantâneo, sistema de aquecimento de água por bombas de calor ou caldeira a gás; 3) aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos, torneiras elétricas e aquecedores elétricos de hidromassagem devem i) possuir eficiência energética superior a 95%, ii) participar do Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE/INMETRO, e iii) os três primeiros devem ter potência menor ou igual a 4.600W e o último menor ou igual a 5.000W; 4) Aquecedores elétricos por acumulação (boiler) devem possuir etiqueta com classificação A; 5) as tubulações metálicas ou não para água quente devem possuir isolamento térmico com espessura mínima ditada pela norma. (ELETROBRAS, 2016). A figura 2 demonstra o selo da ENCE para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas.

Figura 2 – Modelo do selo da ENCE com níveis de eficiência A.



Fonte: PROCEL, 2021

Quanto à envoltória, as exigências são ligadas à 1) transmitância térmica da cobertura e das paredes externas; 2) cores e absorvância térmica das superfícies externas e 3) iluminação zenital. Ainda abrange o percentual de aberturas na fachada numa relação de transmitância térmica versus o uso de iluminação natural, considerando diferentes realidades climáticas do Brasil. O método determina um procedimento para o indicador de consumo da envoltória para diferentes climas e tamanhos de edifícios (ELETROBRAS, 2016).

Em relação aos usos finais, este método se ocupa de ar condicionado e iluminação. Os pré-requisitos do sistema de iluminação estão relacionados: 1) à divisão dos circuitos de iluminação, incluindo um controle manual e no caso de ambientes acima de 250m², deve ter a divisão do sistema em parcelas menores; 2) à contribuição de luz natural, por exemplo, as luminárias próximas às janelas devem possuir um dispositivo de desligamento independente do restante do sistema; e 3) a um sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado ou pelos sensores com suas devidas exceções. (ELETROBRAS, 2016).

Quanto à iluminação, usa-se alternativamente o método da área ou o das atividades do edifício. Este avalia o sistema de iluminação de forma geral, e deve ser aplicado quando a edificação possua no máximo 3 atividades principais ou quando as atividades ocupam mais de 30% da área do edifício. Aquele avalia cada ambiente e seu uso de forma individual, podendo ainda proporcionar uma bonificação com o aumento da densidade de potência limite em função do espaço interno dos ambientes. A Densidade de Potência total de Iluminação (DPI) é definida como a razão entre a densidade de potência total instalada por área (W/m²) para cada 100 lux de iluminância. A DPI é o parâmetro para limitar os níveis de eficiência do sistema de iluminação. A Tabela 3 demonstra a DPI para escolas. (ELETROBRAS, 2016).

Tabela 3 – Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) em Escolas para o nível de eficiência pretendido (Método da área do edifício)

Densidade de Potência de Iluminação Limite W/m	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D
Escola	10,7	12,3	13,9	15,5

Fonte: ELETROBRAS, 2016.

Os pré-requisitos do sistema de ar condicionado incluem: 1) o isolamento térmico das tubulações de fluido; 2) o sistema de aquecimento deve atender aos indicadores mínimos de eficiência energética que são definidos para os sistemas (i) de bombas de calor, (ii) sistemas unitários de condicionamento de ar com ciclo reverso e (iii) os de aquecedores de acumulação a gás. (ELETROBRAS, 2016). Caso os ar condicionados sejam regulamentados, o método de

cálculo utiliza a classificação do Selo PROCEL do equipamento; e se não forem regulamentados, precisam atender condições mínimas determinadas para cada nível, que dependem do controle de temperatura por zona, geral e por faixa de temperatura, aquecimento suplementar, aquecimento e resfriamento simultâneo, sistema de desligamento automático, isolamento de zonas, controle e dimensionamento do sistema de ventilação e dos sistemas hidráulicos, equipamentos de rejeição de calor e controle de velocidade do ventilador. Caso o edifício possua áreas não condicionadas ou ventiladas naturalmente, é necessário comprovar o conforto térmico adequado. (ELETROBRAS, 2016).

O Programa de Eficiência Energética (PEE) foi criado em 2000, pela aprovação da Lei no 9.991/2000. Seu objetivo é promover o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica da melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada, promovendo a transformação do mercado de eficiência energética, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica. Na sua essência, o PEE visa a eficiência energética no uso final de energia e é regulamentado pela ANEEL. Seu instrumento é o Manual de Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE). (ANEEL, 2021a).

O PROPEE é composto de 10 (dez) módulos, sendo eles: 1) Introdução; 2) Gestão do Programa 3) Seleção e Implantação de Projetos 4) Tipologias de Projeto; 5) Projetos 6) Projetos com Geração de Energia Elétrica; 7) Cálculo da Viabilidade; 8) Medição e Verificação dos Resultados; 9) Avaliação dos Projetos e Programa e 10) Controle e Fiscalização. Seus projetos incluem a troca de equipamentos existentes por outros mais eficientes, além de 1) Atividades de treinamento e capacitação; 2) Projetos educacionais; 3) Apoio à implantação de projetos de gestão energética; 4) Projetos especiais 5) Avaliação constante e sistemática dos resultados obtidos e 6) Divulgação do PEE. (ANEEL, 2021a). Os projetos do PEE têm as seguintes etapas: 1) Identificação do Projeto; 2) Pré-Diagnóstico Energético, incluindo i) Levantamento de dados iniciais, ii) Análises de informações, iii) Visita técnica e iv) Modelo com estimativa do potencial de eficiência energética; 3) Diagnóstico Energético que inclui i) Levantamento de dados, ii) Análise e Tratamento dos dados iii) Estudo de Alternativas para os usos finais identificados que podem ser medidas de intervenções ou de sensibilidade, iv) Determinação do potencial de Conservação de Energia Elétrica e v) Análise de Viabilidade Econômica, vi) Análise tarifária e Estudos alternativos de Geração de Energia; 4) Aplicação e 5) Análise dos Resultados.

Outros instrumentos importantes de eficiência energética no Brasil são o Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2022) e o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) que descreve ações possíveis para conservar energia, tais como mecanismos que estimulem os empreendedores a contratar serviço de consultoria em eficiência energética e de modernizar a indústria nacional por meio da adoção de auditorias energéticas e incentivos fiscais para a substituição de equipamentos ineficientes (BRASIL, 2011). Em países europeus, como Alemanha e França, os governos oferecem incentivos fiscais para a realização de auditorias energéticas no setor industrial (FLEITER et al., 2012).

Segundo Altoé et al. (2017), embora os setores residencial, comercial e de serviços não sejam a prioridade de políticas públicas para eficiência energética, a redução da demanda de energia desses setores não deve ser ignorada e deveria incluir as seguintes medidas: i) certificação energética de edifícios; ii) uso de eletrodomésticos eficientes; iii) geração descentralizada de energia elétrica e térmica por fontes renováveis, como energia eólica, solar fotovoltaica e solar térmica; e iv) promoção de campanhas de conscientização da população quanto ao uso racional de energia.

2.4 ESTUDOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS ESCOLAS

Os primeiros prédios de projetos de eficiência energética em vários países têm sido justamente as escolas; por exemplo na Europa, são os primeiros a aplicarem a diretiva para prédios de zero energia / neutros em energia (LEHTINEN et al., 2018).

Em relação aos projetos de eficiência energética, Barros, Gedra e Borelli (2015) consideram importante identificar o resultado do uso de energia. Examinando a questão da eficiência energética do ponto de vista de uma escola, pode-se resumir que o ponto central do resultado deva ser o aprendizado ou desenvolvimento humano. Para se atingir resultado na escola, utiliza-se energia, principalmente, para conforto térmico (refrigeração, ventilação e aquecimento) e conforto luminoso (lâmpadas), além de tecnologias eletrônicas de aprendizado, como televisão, som, computador, também utilizados no trabalho administrativo de uma escola. Em muitas escolas, a energia também é utilizada para as atividades de cozinha.

A *California Energy Commission* (2019a) foi novamente pioneira e lançou dois programas de eficiência energética nas escolas: *Collaborative for High Performance Schools (CHPS)* (2001) e *Bright School Program* (2004). O primeiro, *CHPS*, considera cada elemento da edificação - janelas, paredes, materiais etc. como parte integrante de um sistema, e estabelece que as

edificações, além de serem eficientes energeticamente, possuam ambientes termicamente confortáveis, bem iluminados e com toda a infraestrutura para um ensino de qualidade. Emite-se um certificado estabelecendo os critérios para a seleção das escolas de Alta Performance, como também se produz um manual de referência para escolas de Alta Performance na Califórnia, dividido em quatro partes: 1) informativo das vantagens, processos e questões financeiras associadas; 2) detalhes técnicos para os profissionais relacionados à eficiência dos sistemas de iluminação natural, qualidade do ar, manutenção etc.; 3) a certificação do *CHPS* e 4) informação para os usuários sobre a manutenção do edifício. Além disso, o *CHPS* também organiza workshops educacionais para profissionais e incentivos financeiros para municípios. O segundo programa, *Bright School Program*, oferece suporte técnico, tal como um diagnóstico energético da edificação ou as especificações para compra de equipamentos, tanto para novos projetos como para a adequação de edifícios, e consiste em identificar qual sistema de eficiência energética será mais adequado para cada escola e quais medidas seriam mais eficientes para a redução do consumo. (*California Energy Commission*, 2019b)

No Brasil, o PROCEL nas Escolas é um projeto transdisciplinar ligado ao meio ambiente, da Eletrobrás/PROCEL, Concessionárias de Energia Elétrica do País e professores de todas as disciplinas aplicadas nas escolas. O canal de comunicação é a "Educação Ambiental", através da metodologia "A Natureza da Paisagem - Energia - Recurso da Vida". O material didático, desenvolvido especificamente para este projeto, é disponibilizado gratuitamente para as escolas. Além das escolas de ensino fundamental e médio, este programa também trabalha em parceria com escolas técnicas e universidades brasileiras com o objetivo de disseminar a disciplina "Conservação e Uso Eficiente de Energia" entre seus cursos. (FERREIRA, 2006).

Na Europa, um projeto denominado *The School of the Future* (DAISEY; ANGELL; APTE ; 2003) trouxe *insights* para novos questionamentos sobre usos finais de energia em escolas tais como paradoxos de eficiência energética em edifícios escolares, quando os projetos de eficiência energética acabavam por comprometer a saúde dos alunos, principalmente quanto ao sistema respiratório; no entanto, por terem sido realizados em condições climáticas um tanto diferentes das do Brasil, justificam a necessidade de pesquisas brasileiras nesse campo

São diversas as barreiras que impedem a realização de eficiência energética: 1) tarifas relativamente baixas (quando comparadas aos padrões internacionais) e que representam uma pequena parte dos custos operacionais; 2) falta de incentivos financeiros para programas de gestão pelo lado da demanda (GLD) em comparação aos do lado da oferta; 3) baixa atratividade

dos investimentos de melhoria da eficiência energética, altas taxas de juros inibindo a substituição de bens de consumo (tais como eletrodomésticos) por modelos mais novos e, portanto, mais eficientes; 4) falta de informação para grande parte da população sobre medidas e potencial de conservação de energia, 5) regulamentação, e 6) resistência em mudar os hábitos e a cultura de minimizar o primeiro custo (YERGIN, 1979, GELLER et al., 2004; MME, 2007).

Segundo Geller et al. (2004) políticas nacionais para promover o uso de medidas de eficiência energética, foram moderadamente bem-sucedidas. No passado, não se dava importância aos trabalhos sobre o uso eficiente de energia e se estimulava o aumento da oferta de energia. Quando os órgãos públicos aplicavam recursos para obras de ampliação e reformas de suas instalações, não levavam em conta projetos de eficiência energética. Altoé et al. (2017) consideram que há muito espaço para ampliar a gestão governamental na área de eficiência energética no Brasil, através de instrumentos legais de incentivo à geração descentralizada de energia por fontes renováveis e de incentivo à eficiência energética, e que as políticas de eficiência energética ainda são incipientes se comparadas ao contexto internacional.

O Departamento de Energia dos EUA (DOE) financiou vários estudos procurando entender a falta de participação do consumidor residencial em políticas de uso eficiente de energia. Um deles foi feito por Stern e Aronson (1984) que procuravam: 1) Melhorar a precisão das previsões sobre a resposta comportamental aos incentivos financeiros (concedidos aos consumidores), 2) aumentar o conhecimento dos efeitos das abordagens não econômicas na mudança de comportamento; 3) aumentar a capacidade do público de fazer escolha entre as novas tecnologias energéticas existentes; 4) antecipar as consequências de políticas energéticas alternativas de energia. Segundo Stern e Aronson (1984), o motivo da pequena participação dos consumidores públicos nos incentivos concedidos pelo governo ou concessionárias norte-americanas, foi o fato de que nem sempre os consumidores agem racionalmente.

2.5 OS USOS FINAIS NA ESCOLA

O uso de energia na escola é ligado ao conforto ambiental que afeta diretamente a qualidade do ensino-aprendizado. O conforto ambiental inclui as condições térmicas, higrotérmicas, acústicas, luminosas e visuais (MÄHLMANN et al., 2018), podendo-se ainda adicionar a esta lista a qualidade do ar e as condições energéticas, todos sendo também associados às características pessoais ou psicofisiológicas, como idade, sexo, peso, roupas etc. As mudanças na temperatura de um ambiente afetam as habilidades do aluno relacionadas a concentração e

compreensão. Segundo Burgos, Grigoletti e Paixão (2015), ambientes quentes reduzem o desempenho cognitivo do aluno, enquanto temperaturas mais baixas reduzem a destreza manual. Ferreira e Cardoso (2014) verificaram que a falta de concentração no aprendizado está associada ao ar interno das salas de aula com valores de CO₂ maiores que 984 ppm (p = 0,002). A qualidade ou o tipo da luz apresentam influência na concentração e aprendizagem do aluno. A Tabela 4 demonstra variáveis que afetam o conforto ambiental.

Tabela 4 – Variáveis que afetam o conforto ambiental

Conforto Termico (CT)	Conforto Luminoso (CL)	Conforto de Qualidade de Ar (CQ)	Conforto acústico (CA)
Temperatura	Arquitetura	Quantidade de oxigênio	Tempo de reverberação
Umidade Relativa	Luz natural	Quantidade de partículas	Aberturas
Velocidade do Vento	Localidade geográfica	Velocidade do Vento	Materiais de Construção
Direção do Vento	Estação do ano	Direção do Vento	Equipamentos
Arquitetura	Lâmpada	Aberturas	
Corpo humano	Luminária		
Vestimenta	Posição e altura da lâmpada		
Sexo	Manutenção/ Limpeza		
Idade	Cor das paredes, teto e piso		
Metabolismo	Refletância das paredes, teto e piso		
Expectativa	Idade		
Controle pessoal sobre as variáveis			
Vegetação			
Atividades do edifício (ex. Iluminação)			

Fonte: (FROTA; SCHIFFER, 1999; DE VECCHI, 2011; KARJALAINEN, 2012).

O conforto ambiental pode ser melhorado com o consumo de energia, isto é, proporcionando iluminação, ventilação mecânica, resfriamento ou aquecimento do ar interno, o que, por sua vez, aumenta o custo do ensino e impacta o meio ambiente. (BURGOS; GRIGOLETTI; PAIXÃO, 2015). As análises energéticas geralmente não são acompanhadas da análise de conforto. Ferreira (2006) ressalta que a avaliação dos problemas de sustentabilidade na arquitetura deveria focar a qualidade ambiental dos edifícios, e não simplesmente a economia de energia. A Tabela 5 demonstra algumas soluções, seus possíveis benefícios e malefícios.

Tabela 5 – Soluções para o conforto ambiental

Soluções para CA	Usa energia	Altera	Benefício	Malefício
Ventilação natural (aberturas)	Não	CT, CQ, CL, CA	Deslocamento do ar (temperatura, umidade e partículas)	Objetos leves e partículas voando, desarranjo de penteados ou roupas
Altura do pé-direito	Não	CT, CQ, CL	O ar quente sobe, possibilidade de maior quantidade de oxigênio	O ar quente sobe, o local da lâmpada
Ventilador mecânico	Sim	CT, CQ, CA	Deslocamento do ar (temperatura, umidade e partículas)	Objetos leves e partículas voando, desarranjo de penteados ou roupas, barulho
Ar condicionado	Sim	CT, CQ, CA	Controle da temperatura, umidade, pureza, e ventilação do ar	Secura nos olhos, garganta seca, nariz entupido e coceira nos olhos; poluição térmica
Aquecedor	Sim	CT, CA	Aumento da temperatura	Barulho
Bomba de calor	Sim	CT, CA	Controle da temperatura	Barulho
Refrigeradores	Sim	CT, CA	Conservação do alimento	Barulho
Vegetação	Não	CT, CQ, CA	Aumenta o oxigênio e sombra	Necessidade de manutenção
Lâmpada	Sim	CL, CA	Melhor visibilidade	Gera calor, ruído, ofuscamento
Luz Natural (aberturas)	Não	CL, CT, CA	Melhor visibilidade	Barulho, calor ou frio, ofuscamento, desperdício de luz à noite
Manutenção das lâmpadas	Não	CL, CT	Melhor eficiência	Custo
Cor da Parede	Não	CL	Parede mais clara reflete mais luz	Cor clara da parede suja mais fácil

Fonte: FROTA; SCHIFFER, 1999; DE VECCHI, 2011; KARJALAINEN, 2012.

A sensação de conforto térmico está relacionada às trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ao seu redor. A arquitetura trabalha para minimizar os efeitos adversos do clima sobre o ser humano. As variáveis climáticas principais que afetam essa troca térmica são: 1) temperatura, 2) umidade relativa e 3) velocidade e direção do vento que podem estar associadas às trocas secas (convecção e radiação) ou às trocas úmidas (umidade relativa). (FROTA; SCHIFFER, 1999). Além disso, a vestimenta, sexo, idade, metabolismo, expectativas, controle pessoal sobre a temperatura ou velocidade do ar etc. afetam a sensação de conforto térmico.

(DE VECCHI, 2011). As mulheres, fisiologicamente, toleram ambientes mais quentes que os homens. A constituição corporal também é um dos motivos para as diferenças de sensação térmica entre os dois gêneros. As mulheres, possuem em média 20% menos massa corpórea e 14% mais gordura do que os homens, além de uma superfície corporal 18% menor. A temperatura superficial das mulheres também costuma ser inferior, e a temperatura interna média $0,2^{\circ}\text{C}$ superior à dos homens. A taxa de gordura corporal é um dos pontos mais importantes para as diferenças termofisiológicas entre as pessoas. A gordura funciona como um isolamento térmico, e por isso, em pessoas obesas, a perda de calor é reduzida e a sensação térmica é elevada. (KARJALAINEN, 2012).

De acordo com a norma técnica ASHRAE Standard, 55-92, “Conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico” envolvendo variáveis físicas, subjetivas e ambientais. As variáveis ambientais, se baseiam nas reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar, e são aquelas em que o construtor ou administrador de uma escola pode tecnicamente influenciar. Ainda, as atividades no edifício causam cargas de calor que podem ser oriundas da iluminação e ventilação como também das pessoas e da radiação do sol pela janela. No caso de haver necessidade de aquecimento, essa carga deve ser aproveitada, mas caso contrário, deve ser minimizada. (LEHTINEN et al, 2018). De modo geral, considera-se que o conforto ótimo é alcançado quando a temperatura do ar está geralmente entre 23°C e 25°C . (DE VECCHI, 2011).

A ventilação é estreitamente ligada ao conforto térmico. Assim, a circulação do ar pode melhorar a eficiência energética. A ventilação promove as trocas de calor entre a pele e o meio, através da convecção e evaporação e possibilita a sensação de neutralidade térmica a temperaturas mais elevadas. Nos ambientes ventilados, os usuários toleram temperaturas do ar até 4°C mais elevadas quando comparadas à temperatura interna de um ambiente, com a ressalva que nas temperaturas entre 33°C e 37°C , a velocidade do ar não tem efeito significativo na sensação térmica. (NICOL, 2004). Além do conforto térmico, a ventilação tem um papel importante para a qualidade do ar interno, desde que o ar do exterior tenha boa qualidade. A fraca qualidade do ar nas salas de aula associa-se ao desenvolvimento de patologias respiratórias e dificuldade de concentração. (FERREIRA; CARDOSO, 2014). Para sua melhoria, sugere-se o uso de vegetação projetada em pontos estratégicos, junto às aberturas para captação do ar. Se isso não for possível ou não for previsto, deve ser fornecido ao ambiente interno um sistema de refrigeração mecânico.

A ventilação é o processo de renovação do ar de um recinto, onde o objetivo fundamental é o de controlar a pureza e o deslocamento do ar em ambientes fechados. Embora dentro de certos limites a substituição do ar também controle a temperatura e a umidade do ambiente. (COSTA, 2005). A ventilação natural é um dos principais fenômenos que afetam a sensação de conforto térmico em regiões de clima tropical. Nos edifícios, o dimensionamento das aberturas de entrada e saída para fins de ventilação natural pode significar uma importante economia de energia com sistemas de condicionamento de ar. Em outras palavras, deixar as portas e janelas abertas é uma forma de provocar esse processo. No entanto, junto com o ar fresco podem entrar outros desconfortos ambientais tais como o barulho. A ventilação natural é benéfica por possibilitar o condicionamento passivo, sem consumo energético. Além disso, diversos estudos indicam que os usuários aceitam temperaturas mais elevadas em ambientes naturalmente ventilados, o que permite a expansão ainda maior do *setpoint* de refrigeração.

No Brasil, usa-se condicionadores de ar e ventiladores para resfriar ambientes. Em alguns outros países usam-se bombas de calor. O princípio de eficiência energética dita que o ambiente deve ser ventilado e climatizado quando e onde for necessário. Por exemplo, se a pessoa está num ambiente com ar condicionado usando jaqueta de inverno, gorro e luvas, não está sendo o sistema o mais eficiente energeticamente.

O ventilador é um gerador mecânico de fluxo gasoso utilizado para converter energia mecânica de rotação, aplicada em seus eixos, sendo sopradores ou exaustores dependendo da direção do fluxo de ar. A função do ventilador não é somente resfriar, mas também de trocar o ar na sala de aula, pois o ar da sala de aula fica viciado devido à exalação de CO₂. Um grande número de pessoas exalando CO₂, combinado com falta de ventilação, afeta a saúde e o aprendizado dos alunos negativamente. A existência de teores de CO₂ elevados em escolas é devida à elevada densidade de ocupação e à insuficiente ventilação. Concentrações de CO₂ internas acima de 1000 ppm são consideradas indicativas de taxas de ventilação inaceitáveis. (DAISEY; ANGELL; APTE; 2003) Por isso, numa sala de aula, os ventiladores podem ser acionados também nos meses de temperaturas mais baixas.

Os campos eletromagnéticos, causados por equipamentos elétricos e linhas de transmissão atraem impurezas, partículas químicas e gases que afetam a qualidade do ar. (HENSHAW, 1996). Outros poluentes comuns na sala de aula são compostos orgânicos voláteis totais (VOCs), formaldeído (HCHO), elementos microbiológicos e fungos, problemas muitas vezes associados com a síndrome de prédios doentes. A maioria das pesquisas relativas à qualidade

do ar foi realizada em climas diferentes do Brasil, e constata que a maioria das salas de aula não é ventilada adequadamente, devido à necessidade de mantê-las quentes e termicamente isoladas, para fins de eficiência energética. Nesses casos, atenção especial deveria ser dada à ventilação; estudo que se torna importante também no Brasil, à medida que aumenta o uso de ar condicionados que necessitam de bom isolamento, e pode-se tirar lições dos erros feitos em outros países. Para melhorar a qualidade do ar, como também o conforto térmico, recomenda-se plantar vegetação, responsável pela produção de oxigênio, próximo às aberturas. A vegetação pode aumentar o conforto térmico e energético provendo sombras e aspectos energéticos.

No estudo sobre conforto térmico e aceitabilidade da velocidade do ar em salas de aula, feito por DeVecchi (2011), verificou-se que o uso de ventiladores pode provocar sensação agradável causada pela movimentação de ar, ausência de choque térmico quando se muda de um ambiente ao outro, o não resfriamento do ambiente a ponto de se sentir frio e seco como ocorre em ambientes com o uso dos condicionadores de ar e, sua grande vantagem econômica é a economia de energia nas estações mais amenas. Por outro lado, os ventiladores podem causar insatisfação com a movimentação do ar contínua no corpo, dificuldade de concentração durante a atividade causada pelo barulho do equipamento, voo de papéis, problemas respiratórios causados pela flutuação de poeira sedimentada e pó proveniente de giz.

Os alunos expostos a ambientes ventilados toleraram temperaturas mais altas, sendo que a velocidade do ar aceitável pode chegar até 2,5 m/s. Embora normas internacionais como a ASHRAE 55-2004 e ISO 7730/05 limitam valores da velocidade do ar superiores a 0,8 m/s, vários estudiosos consideram aceitáveis os valores de 0,5 a 2,5 m/s, sendo o limite máximo baseado em problemas práticos, por exemplo, o voo de papéis sobre a mesa e desarranjo de penteados, e não as exigências fisiológicas de conforto térmico. Esses estudos não se baseiam nas condições climáticas brasileiras, e pode se dizer que se o ambiente for quente demais, o movimento do ar é percebido como uma brisa agradável, e se o ambiente for frio demais, o movimento do ar é percebido como uma desagradável corrente de ar (OSELAND e HUMPHREYS, 1994 apud DeVecchi, 2011).

Seu funcionamento tem duas variáveis principais: 1) pressão (N/m^2) e 2) vazão que é o volume de ar ventilado em um segundo (m^3/s). Sua modalidade para ventilação de ambientes pode ser de teto, de parede, pedestal, de mesa ou outros, cada qual aplicado dependendo da necessidade. Na listagem do PROCEL, realizada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), a eficiência energética de ventiladores de teto $[(m^3/s)/W]^*$ é a razão

entre a vazão média de ar produzido (m^3/s) e a potência elétrica (W), sendo a mesma para os ventiladores de parede, de pedestal e de mesa, normatizada pelo tamanho da pá, como indica o asterisco. A escala de classes vai de A até E, e as velocidades são divididas em alta, média e baixa. As eficiências energéticas comparadas são referentes ao consumo de energia mediante o uso do equipamento por 1 hora por dia por mês.

A norma NBR 16041-3 (ABNT, 2008) estabelece a quantidade de ar externo aceitável para ventilação em função de número de pessoas e tamanho do recinto, dependendo das atividades que normalmente ocorrem naquele espaço. Para uma sala de aula de $48m^2$ com 40 alunos, a taxa de renovação do ar deve ficar em torno de 290L/s, sendo o mínimo de vazão de 215L/s com a finalidade de evitar os efeitos adversos à saúde.

Os exaustores são usados nos ambientes onde há alguma fonte de contaminação do ar (cozinhas, banheiros, laboratórios, etc.). Os exaustores criam uma pressão negativa que suga o ar quente ou impuro, transportando-o para fora do ambiente. Os próprios ventiladores podem também funcionar como exaustores. As vantagens desse sistema são a conservação de energia, baixo custo e facilidade de instalação. (LAMBERTS et al., 1996.)

Geladeiras, freezers e condicionadores de ar usam um ciclo termodinâmico, através do qual o calor é extraído do ambiente a ser refrigerado e é enviado para o ambiente externo. Entre os ciclos de refrigeração, os principais são o ciclo de refrigeração padrão por compressão, o ciclo de refrigeração por absorção e o ciclo de refrigeração por magnetismo. Esses aparelhos se ligam e desligam periodicamente, conforme a necessidade de refrigeração. A eficiência de refrigeração pode ser melhorada, além de questões técnicas, por dimensionamento para temperaturas recomendadas através de termostato de controle. Os equipamentos de geração de frio são, geralmente, dimensionados para operarem em média de 16 a 18 horas para cada ciclo de 24 horas. Na falta de acessórios de controle (termostatos ou pressostatos), o funcionamento do equipamento será contínuo, o que provoca desperdício de energia. Também para esses espaços precisa-se escolher lâmpadas eficientes para que não aumentem a carga térmica. (MARQUES et al., 2006).

Um sistema de condicionamento de ar visa o controle simultâneo, num ambiente delimitado, da temperatura, umidade, pureza, e ventilação do ar. De acordo com o Procel (2007) até o ano de 2030 haverá um aumento substancial na aquisição de equipamentos de ar condicionado, principalmente pela população que anteriormente não possuía nenhuma unidade do mesmo. A

eficiência energética de ar condicionado depende da tecnologia usada, e os fabricantes declaram eficiência acima de 30% a 60% com tecnologia *smart inverter* em relação à convencional. Tal tecnologia controla a rotação do compressor, ou seja, a potência (em Watts) fornecida ao compressor enquanto a convencional somente tem as opções ligado ou desligado. (FERREIRA, 2015).

Além de produzir um possível conforto ambiental, o ar condicionado pode causar alguns sintomas como secura nos olhos, garganta seca, nariz entupido e coceira nos olhos. Outro fator a considerar é a “poluição térmica” causada por condicionadores de ar que liberam grande quantidade de calor ao ar livre externo, aumentando a temperatura dos centros urbanos. (DE VECCHI, 2011). Ainda De Vecchi (2011), em pesquisa entre mais de 2000 alunos notou também que usuários do sexo masculino preferem duas vezes mais a climatização através do uso dos condicionadores de ar do que usuários do sexo feminino.

O refrigerador é uma máquina térmica utilizada para retirar calor de um ambiente, neste caso, de seu interior. É constituído basicamente por um compressor (motor), radiador, válvula de expansão e evaporador. Funciona em ciclos em um circuito fechado, utilizando-se isobutano ou hidrofluorcarbonetos (HFC). Os refrigeradores têm um grande potencial de conservação de energia, já que tem havido uma melhoria expressiva na eficiência desses equipamentos desde a concessão do Selo Procel para os mesmos. Segundo Salvador (2013) os refrigeradores antigos consomem cerca de 33% mais do que os novos.

O aquecimento de água na região sudeste do Brasil é feito principalmente com o uso de eletricidade, gás natural, aquecimento solar e bombas térmicas ou de calor. Na região sudoeste do país, a água aquecida é usada principalmente para banho, como também para aquecimento das piscinas. A temperatura da água de uma piscina acompanha a temperatura do ar do ambiente, e para um melhor aproveitamento da piscina o ano todo na região sudeste do país é necessário aquecer a água. De acordo com a ASHRAE (AMERICAN, 2019), a temperatura desejada para a água de uma piscina é de 25,5-30°C, embora esta temperatura dita “confortável” possa variar de cultura a cultura em até 5° C. O estudo de eficiência energética da piscina leva em consideração as taxas de transferência de calor devido à evaporação da água, à convecção e à radiação, como também o uso de manta térmica.

A bomba térmica é um dispositivo que transfere calor de uma fonte fria para uma fonte quente, isto é, realiza um ciclo termodinâmico recebendo calor de um corpo à baixa temperatura e

cedendo calor para um corpo à alta temperatura. Um exemplo de operação de uma bomba de calor seria retirar calor à baixa temperatura do ar externo, da terra ou da água de um poço e cedê-lo à alta temperatura para um edifício. As bombas térmicas são realmente eficientes em termos energéticos, mas, seu custo de investimento é alto, comparado com alternativas já estabelecidas (caldeiras, aquecedores, etc.). (MARQUES et al., 2006).

A iluminação é um aspecto importante do conforto ambiental, pois somente a luz permite a visão. A falta de iluminação adequada em uma sala de aula pode promover desconforto visual e prejudicar o desempenho cognitivo do aluno. A iluminação depende do tipo de lâmpada, das luminárias, da sua posição e altura, de luz natural, sendo todo um sistema de diferentes variáveis. Ainda precisam ser considerados o índice de reprodução de cores, temperatura de cor correlata (TCC), ofuscamento e ruído. As características pessoais influenciam o conforto ambiental. No caso de conforto luminoso, uma pessoa de 60 anos precisa 3 vezes mais luz que uma de 20 para perceber o seu ambiente. (DANEAL, 2013).

A iluminação consome 19% das fontes de energia primárias desenvolvidas no mundo. (KARLICEK et al., 2017), significando um potencial de racionalização de energia. No Brasil, 17% de eletricidade é destinada a iluminação, chegando até 40% no setor de serviços. (SOBREIRA, 2017). Nas escolas brasileiras, mais de 50% do gasto energético era devido à iluminação artificial (FERREIRA, 2006). Já com a troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas na primeira década do século 21, a média de eficiência do sistema de iluminação instalado aumentou de 45 para 58lm.W. Além das lâmpadas mais eficientes, algumas outras medidas para aumentar a eficiência da iluminação são: 1) adequação da iluminância a níveis previstos na norma 2) desligamento da iluminação nos locais que não estão ocupados; 3) utilização de interruptores para maior flexibilidade no uso da iluminação; 4) limpeza e manutenção das lâmpadas e luminárias e 4) aproveitamento, sempre que possível, da iluminação natural. (VERAS, 2010). A melhor eficiência de iluminação acontece quando a luz é usada onde se precisa, quando se precisa e na quantidade necessária. (OSRAM, 2000).

Outras grandezas de iluminação são luminância, iluminância e índice de reprodução de cor. A primeira é uma medida da luminosidade que um observador percebe refletido da superfície considerando as características da reflexão da luz e como elas se comportam. Sua unidade é a candela por metro quadrado (cd/m^2). A segunda é a quantidade de luz dentro de um ambiente, e pode ser medida com o auxílio de um luxímetro. Ela indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância desta fonte. É a relação entre

a intensidade luminosa e o quadrado da distância ($1/d^2$), sendo expressa em lux (lx). Quanto mais elevada a exigência visual da atividade, maior deverá ser o valor da Iluminância Média (Em) sobre o plano de trabalho. (OSRAM, 2000). Os níveis mínimos de iluminâncias no interior dos ambientes vão depender do tipo de atividade desenvolvida. Segundo a ABNT ISO/CIE 8995-1:2013 p. 28, “em salas de aula comuns, toda a sala é considerada uma área de trabalho. Iluminância mantida em 300lux para escolas primárias e secundárias, 500lux para aulas noturnas e educação de adultos.” A coleta da iluminância é feita à altura do plano de trabalho dos alunos (carteiras) que geralmente corresponde a 75cm acima do piso. O Índice de Reprodução de Cor é a medida de correspondência entre a cor das superfícies e sua aparência sob uma fonte de referência. (OSRAM, 2000). A Tabela 6 demonstra as recomendações de iluminação para ambiente escolar.

A função da luminária é sustentar a lâmpada, garantir a alimentação elétrica e direcionar o fluxo luminoso, por exemplo para evitar o desconforto com o ofuscamento. A eficiência da luminária é um importante critério de economia de energia e decisivo para os cálculos luminotécnicos. É a relação entre o fluxo luminoso da luminária e o fluxo luminoso total de cada lâmpada. A manutenção da luminária afeta essa eficiência, por exemplo, a sujeira ofusca a luminância. O Fator de manutenção (Fm) é a razão da iluminância média no plano de trabalho, após um certo período de uso, pela iluminância média obtida sob as mesmas condições da instalação nova.

A cor e refletância das paredes, teto e piso afetam a eficiência energética da iluminação. O desconforto visual pode ser causado por grandes diferenças luminosas que demandam um tempo maior para a adaptação do olho. Este problema pode ser evitado diminuindo a luminância de luminárias e janelas e aumentando a luminância de superfícies do interior da sala, de forma a homogeneizar as iluminâncias, reduzindo contrastes indesejáveis. (BURGOS; GRIGOLETTI; PAIXÃO, 2015).

Tabela 6 – Recomendações de iluminação para ambiente escolar em lux e IRC

Local	Lux	IRC
Sala de espera	200	80
Área de circulação e corredor	100	40
Refeitório e cantina	200	80
Sala de descanso	100	80
Depósito	100	60
Brinquedoteca	300	80
Berçário	300	80
Sala dos profissionais do berçário	300	80
Sala de aulas e sala de aulas particulares	300	80
Sala de aulas noturnas, classes de adultos	500	80
Sala de leitura	500	80
Quadro negro	500	80
Mesa de demonstração	500	80
Sala de arte em artesanato	500	80
Sala de arte em escolas de arte	750	90
Sala de desenho técnico	750	80
Sala de aplicação e laboratórios	500	80
Oficina de ensino	500	80
Sala de ensino de música	300	80
Sala de ensino de computador	500	80
Laboratório linguístico	300	80
Sala de preparação e oficinas	500	80
Sala comum de estudantes e sala de reunião	200	80
Sala dos professores	300	80
Sala de esportes, ginásio e piscina	300	80

Fonte: ABNT, 2013

O uso correto da luz natural é uma forma de promover eficiência energética, garantindo um ambiente produtivo para o processo ensino-aprendizado. (HATHAWAY, 1995, ARIES, 2015). A disponibilidade de luz natural está estreitamente ligada à radiação difusa visível, e sua intensidade varia de acordo com o tipo de céu, ou seja, encoberto, parcialmente encoberto ou claro. Janelas e portas (aberturas), sua quantidade, formato, tamanho e tipo influenciam muito em aproveitar a luz do dia, mas à noite contribuem para o desperdício da luz, ao não serem fechados. (KALLIOHARJU; HARSIA, 2015)

Um projeto energeticamente eficiente do ponto de vista do conforto luminoso é aquele que consegue conciliar o sistema de iluminação natural com o sistema de iluminação artificial, tirando partido de brises, prateleiras de luz e outros elementos que têm como objetivo permitir

a entrada de luz, sem aumentar o desconforto pelo calor. (FERREIRA, 2006) No planejamento por áreas de trabalho procura-se não iluminar áreas desnecessárias. A alteração para iluminação mais eficiente afeta também a carga térmica do ambiente.

Existem 3 tipos principais de lâmpadas no mercado: incandescentes, fluorescentes e LEDs. As incandescentes transformam a energia elétrica em energia térmica luminosa através da passagem da corrente elétrica por um filamento de tungstênio. As fluorescentes emitem luz pela passagem da corrente elétrica através de um gás, descarga essa quase que totalmente formada por radiação ultravioleta (invisível ao olho humano) que é convertida em luz pelo pó fluorescente que reveste a superfície interna do bulbo. O Diodo Emissor de Luz (LED) gera luz passando corrente elétrica por um componente bipolar, tem um terminal chamado cátodo e outro chamado ânodo. (AGOSTINHO, et al. 2017). A vida útil da lâmpada halógena gira em torno de 1000 horas, a da lâmpada florescente de 6000 horas e a do LED, 50000 horas. (OSRAM, 2009; SANTOS, 2015).

A Eficiência Energética de uma lâmpada (lm/W) é a relação entre o fluxo luminoso e a potência consumida. Portanto, por um watt consumido, uma lâmpada incandescente *standard* clara produz de 10 a 15lm/W, uma fluorescente compacta, de 50 a 80lm/W, e uma à vapor de sódio, de 80 a 140lm/W, e um LED de 150 a 220lm/W. Segundo Dallabrida, Gonçalves e Piovesan (2015) a eficiência luminosa da lâmpada LED (88lm/w) é superior em 676,92% e a Fluorescente (64 lm/w) é superior em 492,30%, em comparação com a lâmpada incandescente (13lm/w) conforme demonstra a Tabela 7.

Grande parte da energia fornecida a uma lâmpada incandescente se dissipa em forma de calor por efeito Joule, afetando também o conforto térmico do ambiente. Quanto menor for a carga térmica emitida ao ambiente, menores serão os custos de refrigeração do ambiente por meio de ventiladores e condicionadores de ar, aumentando a eficiência do local. (DALLABRIDA; GONÇALVES; PIOVESAN, 2015). Sua produção foi encerrada a partir de 2016. As lâmpadas fluorescentes necessitam reatores e *starters* que também consomem eletricidade, o que deve ser considerado no cálculo da eficiência (MARQUES et al., 2006). A lâmpada de LED utiliza 82% menos energia elétrica que uma lâmpada incandescente, garantindo uma economia significativa na conta de energia. Na Tabela 7 observa-se a carga térmica, eficiência luminosa, luminosidade, e vida útil de diferentes lâmpadas.

Tabela 7 – Comparativo de Tipos de Lâmpadas: Vida Útil, Eficiência e Carga Térmica

Tipo de Lâmpada	Vida útil (h)	Potência (w)	Luminosidade (lm)	Eficiência Luminosa (lm/w)	Carga Térmica (cal/m ³)
Incandescente	1000	100	1300	13	300,89
Fluorescente	6000	20	1280	64	70,88
LED	50000	15	1320	88	40,50

Fonte: Dallabrida, Gonçalves e Piovesan (2015)

As lâmpadas LED têm maior durabilidade, liberam menos calor, utilizam menos energia, não promovem o aquecimento dos ambientes internos e seu descarte tem um impacto ambiental reduzido. Entretanto, o custo para sua aquisição ainda é superior aos demais modelos de lâmpadas disponíveis no mercado.

As cores e a textura das superfícies afetam a eficiência luminosa. Quanto mais escuras e porosas são as superfícies, mais absorvem luz. Marques et al. (2006) fornecem os seguintes valores para reflexão de diferentes superfícies: superfície escura: 10%; superfície média: 30%; superfície clara: 50%; superfície branca: 70% de reflexão. Cortinas podem ser úteis na eficiência energética e conforto ambiental, de dia como protetores de sol e difusores de luz impedindo o ofuscamento, e de noite para impedir que a luz se desperdice fora do prédio.

Atualmente no ensino, cada vez mais, utiliza-se de equipamentos eletrônicos: computadores, televisores, impressoras etc. Esta tendência se acelerou na pandemia de Covid-19 por causa de aulas remotas e híbridas. Também são necessários na administração da escola. Os computadores utilizam fontes chaveadas, além de capacitores, que é um componente elétrico que tem como função principal “carregar ou descarregar” rapidamente, obtendo-se assim uma tensão contínua considerada pura o suficiente para alimentar os circuitos eletrônicos. Os equipamentos eletrônicos também dissipam calor no ambiente, necessitando ainda mais de climatização. No entanto, atualmente com o uso de novos componentes, de sistemas eletrônicos e novas práticas os conversores de corrente alternada/contínua (AC/DC) chegam a uma eficiência de 95% se comparada com os valores históricos de 60 a 70%. (SCHULZ; SILVA, 2012).

2.6 CÁLCULOS DE TARIFA E VIABILIDADE ECONÔMICA

Marques et al. (2006) afirmam que a compreensão da forma como é cobrada a energia elétrica e como são calculados os valores apresentados nas faturas de energia elétrica é fundamental para a tomada de decisão em relação a projetos de eficiência energética. Dadas as alternativas de enquadramento tarifário disponíveis para alguns consumidores, o conhecimento da formação

da fatura e dos hábitos de consumo permite escolher a forma de tarifação mais adequada e que resulta em menor despesa com a energia elétrica.

Como no Brasil, 66% da eletricidade é oriunda de hidroelétricas, a oferta depende de reservatórios de água que, por sua vez, dependem das chuvas. O período seco (S) corresponde ao período de maio a novembro. O período úmido (U) corresponde ao período de dezembro a abril. A ANEEL pode autorizar exceções, a adoção de horários de ponta ou de fora de ponta e de períodos úmidos ou secos diferentes diante da necessidade de estimular o consumidor a modificar o perfil de consumo e/ou demanda.

No Brasil, a energia elétrica é fornecida para o consumidor final através de concessões e a principal lei que regula esse fornecimento é a Resolução Normativa ANEEL nº 414, de 09.09.2010, DOU 15.09.2010, com efeitos a partir de um ano após a data de sua publicação, sobre as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica. Em 1995, as leis nº 8.987, de 13 de fevereiro e nº 9.074, de 07 de julho, introduziram o conceito de “tarifa pelo preço”, segundo a qual as tarifas são fixadas num processo licitatório e a concessão é dada ao agente que solicita a menor tarifa ou, alternativamente, uma vez fixadas no edital as tarifas iniciais, a concessão é dada ao agente que oferece o maior pagamento pela concessão. (MARQUES et al. 2006)

A ANEEL é responsável por desenvolver metodologias de cálculo tarifário para os segmentos do setor elétrico (geração, transmissão, distribuição e comercialização), considerando fatores como a infraestrutura de geração, transmissão e distribuição e fatores econômicos de incentivos à modicidade tarifária e sinalização ao mercado. As tarifas são definidas conforme os custos para produção de energia para determinado mês. O nível da água nas hidrelétricas é um dos principais fatores no estabelecimento da tarifa. Na falta desse recurso, precisa-se usar termoelétricas, o que aumenta o preço da energia. (ANEEL, 2021b)

Até 1993, havia uma única tarifa de energia elétrica em todo o Brasil. A Lei 8.631/93 pôs fim à uniformização tarifária e à remuneração garantida, buscando o equilíbrio econômico-financeiro das concessionárias, considerando as peculiaridades de cada região. As tarifas influenciam o equilíbrio financeiro de indústrias, comércios e residências, isto é, toda a economia, e geram impostos para o governo. (ANEEL, 2022)

Os consumidores são divididos em grupos e subgrupos. O grupo A contém as Unidades consumidoras da Alta Tensão (Subgrupos A1, A2 e A3), Média Tensão (Subgrupos A3a e A4),

e de sistemas subterrâneos (Subgrupo AS). A esses grupos aplica-se tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia, chamada Tarifa Horária Azul, ou opcionalmente para os subgrupos A3a, A4 e AS tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, e de uma única tarifa de demanda de potência chamada Tarifa Horária Verde. Ainda existe a Tarifa de Ultrapassagem, caso a demanda medida superar a respectiva demanda contratada e seus limites mínimos de tolerância, que são de 5% para uma unidade consumidora atendida em tensão de fornecimento igual ou superior a 69kV, e de 10% para uma unidade consumidora atendida em tensão de fornecimento inferior a 69kV. (ANEEL, 2021b)

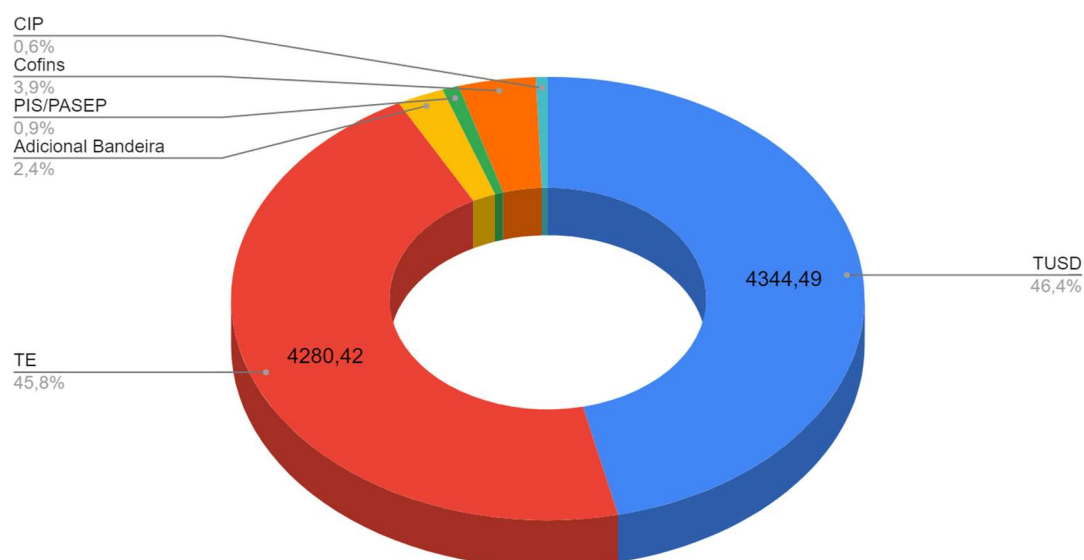
O grupo B contém Unidades Consumidoras de Baixa Tensão, das Classes Residencial (Subgrupo B1), Rural (B2), Demais Classes (B3) e Iluminação Pública (B4) que têm como opção a tarifa única de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia chamada Convencional Monômnia ou tarifa diferenciada de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia chamada Tarifa Horária Branca. Nesta modalidade, nos dias úteis, há três faixas de consumo, que mudam de acordo com a região: horário de ponta, intermediário e fora da ponta definidos pela concessionária. Em São Paulo, por exemplo, o horário de ponta é das 17h30 às 20h30, o intermediário das 16h30 às 17h30 e das 20h30 às 21h30, e os demais horários são considerados fora da ponta. Aos finais de semana e feriados nacionais, vale o valor do horário fora da ponta. Isso não está disponível para o subgrupo B4 e para a subclasse Residencial Baixa Renda do subgrupo B1, cujo objetivo é manter os subsídios para as menores faixas de consumo, ou seja, dos menos favorecidos economicamente. (ANEEL, 2021b).

A ANEEL publica, por meio de resolução, o valor da tarifa de energia elétrica sem os tributos, por classe de consumo (residencial, comercial, industrial etc). Com base nos valores das tarifas publicadas pela ANEEL, a concessionária de serviço público de energia elétrica inclui e emite a conta de luz que os consumidores pagam. A Bandeira Verde significa que não há acréscimo na conta de luz. A Tarifa Amarela significa um reajuste de R\$0,01874 por cada kWh consumido. Na tarifa vermelha patamar 1, o acréscimo é de R\$0,3971 e no patamar 2, de R\$0,9492 por cada kWh consumido. (ANEEL, 2022) A Medida Provisória no 1.055/2021 da Câmara de Regras Excepcionais para Gestão Hidroenergética (CREG) criou a Bandeira Escassez Hídrica para o enfrentamento da escassez hídrica vivenciada no País em 2021 que

entrou em vigor a partir de 1 de setembro de 2021. (ANEEL, 2021c). Na Bandeira Escassez Hídrica, a fatura terá acréscimo de 0,142 por cada kWh consumido. (ANEEL, 2022)

Baseado no valor da tarifa, composta por TE (Tarifa de Energia) e TUSD (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição), determinado pela ANEEL, a concessionária recolhe os tributos nas Faturas de Energia Elétrica. Os programas de Integração Social (PIS) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) são tributos cobrados pela União para manter programas voltados ao trabalhador e para atender a programas sociais do Governo Federal. O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), incidente sobre o fornecimento de energia elétrica, é um imposto cujas alíquotas são definidas em lei estadual, significando que as alíquotas variam em cada estado. No Estado de São Paulo em 2020, o ICMS para a classe residencial é isento até o consumo de 90kWh, de 12% para contas de 90kWh até 200kWh e de 25% para contas acima de 201 kWh. Para as classes comercial, industrial, rural e público, o ICMS é de 18% para qualquer quantidade de kWh. A CIP é a Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública e está entre as competências dos Municípios. (ANEEL, 2022). A figura 3 demonstra os Componentes da Tarifa de Energia Elétrica.

Figura 3 – Componentes da Tarifa de Energia Elétrica (R\$) (não inclui o ICMS)



Fonte: Autora a partir de conta da Enel (2022)

O valor da conta é composto conforme a equação 1 a seguir.

Valor da Conta de Eletricidade

$$VC = (CxTC)x \frac{1}{1-t} \quad (1)$$

Onde:

VC - valor da conta (R\$)

C - consumo (kWh)

TC - tarifa de consumo (R\$/kWh)

t - tributos

Obs: A Tarifa de Consumo é composta por TUSD, TE, contribuições sociais (CIP, COFINS, PIS/PASEP) e adicional de bandeira; sobre todas as quais incide o ICMS. Caso das escolas no Estado de São Paulo, $t = 0,18$ (18%)

O conhecimento de alguns instrumentos de análise matemática apoia a realização desta pesquisa e sua análise econômica está fundamentada nos custos e benefícios dos investimentos. A viabilidade econômica significa que os benefícios superam os custos. O valor do dinheiro, isto é, as taxas de juros, afeta os investimentos, como também a vida útil; quanto maior, mais favorece o investimento que exigir menores custos de operação e manutenção.

O valor da energia economizada, representada pela equação 2, é um dos principais indicadores quantitativos para projetos de eficiência energética.

Energia Economizada (MWh/ano)

$$EE_1 = Ea_1 - Ep_1, \quad EE = \sum EE_i \quad (2)$$

Onde:

EE - energia economizada

Ea₁ - energia atual

Ep₁ - energia proposta

No cálculo de valor presente líquido, todos os benefícios e custos em seus diversos instantes no tempo, são trazidos para o presente. A alternativa que oferecer o maior valor presente líquido será, dentro deste critério, a mais atraente. É de fundamental importância, no entanto, que o período de análise seja o mesmo para as diversas alternativas. A taxa de juros adotada, conforme análise do mercado financeiro, é igual a $i\%$ a.a. A grande vantagem do método de valor anual

líquido é que se pode analisar alternativas com vidas úteis diferentes utilizando-se o conceito de reposição contínua, ou seja, passada a vida útil do equipamento, ele será repostado por um outro idêntico, sendo que isto irá ocorrer indefinidamente.

Quando se verifica a ineficiência de um sistema, surge imediatamente a seguinte indagação: deve-se substituir imediatamente o equipamento ineficiente, ou esperar o fim de sua vida útil para fazê-lo? A viabilidade da substituição imediata ocorrerá quando o benefício obtido com a substituição, entenda-se redução das perdas, for suficiente para pagar a substituição do equipamento durante a vida residual daquele instalado atualmente.

O tempo de retorno simples (ou *payback* simples) é um critério que mostra quanto tempo é necessário para que os benefícios se igualem ao investimento. No tempo de retorno simples basta dividir o investimento pela economia, conforme a equação 3.

Tempo de Retorno Simples da substituição (TRS)

$$TRS = \frac{(CE - CC)}{TE * (EC - EE)} \quad (3)$$

onde:

CE - custo da tecnologia eficiente (investimento inicial)

CC - custo da tecnologia convencional

TE - tarifa de energia

EE - consumo anual de energia com tecnologia eficiente

EC - consumo anual de energia com tecnologia convencional

O tempo de retorno descontado (TRD) é o número de períodos que zera o valor presente líquido, ou anual, do empreendimento. Neste caso, a taxa de juros adotada é o próprio custo de capital, conforme a equação 4.

Tempo de Retorno Descontado (TRD) (4)

$$TRD = \frac{n * FRC(d, n) * (CE - CC)}{TE * (EC - EE)} = n * FRC(d, n) * TRS$$

onde:

n - número de anos

FRC - Fator de Recuperação de Capital

d - taxa de desconto

CE - custo da tecnologia eficiente (investimento inicial)

CC - custo da tecnologia convencional

TE - tarifa de energia

EE - consumo anual de energia com tecnologia eficiente

EC - consumo anual de energia com tecnologia convencional

A taxa interna de retorno é a taxa de juros que zera o valor presente líquido do empreendimento.

A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de juros que torna equivalente o investimento inicial ao fluxo de caixa subsequente, ou seja, é a taxa que torna nulo o valor presente líquido do projeto dentro de um período de tempo estipulado. É usada para um projeto específico numa relação de fluxo de caixa e tempo, e não para as comparações como nos métodos anteriormente mencionados. Quando a TIR for superior à taxa de juros considerada para o empreendimento, este é atrativo, e vice-versa.

3 METODOLOGIA

Este capítulo expõe a realização dessa pesquisa. A primeira parte classifica a pesquisa, ressaltando o fato de a pesquisa se caracterizar em estudo de caso; a segunda, define a população e a amostra do estudo, como também a área onde a pesquisa foi desenvolvida; a terceira, expõe as técnicas de coleta de dados e da medição do estudo de caso, e os indicadores; a quarta, expõe as limitações da pesquisa; a quinta, demonstra a forma de tratar e analisar os dados; a sexta e última sessão, demonstra como foi feita a pesquisa de tecnologias substitutivas.

Os procedimentos utilizados foram pesquisa bibliográfica e pesquisa aplicada. A pesquisa bibliográfica é primordial para o desenvolvimento de pesquisas, tendo como fontes principais livros e periódicos, o que permitiu a compreensão de um maior número de fenômenos. (GIL, 2008) A pesquisa bibliográfica contribuiu para identificar fatores que afetam o consumo de energia, permitindo uma compreensão mais precisa da realidade.

A pesquisa terá as seguintes etapas: 1) pesquisa bibliográfica, 2) escolha e caracterização dos edifícios de estudo, 3) pesquisa de campo e análise de dados, 4) estudo de tecnologias mais eficientes e consequentes propostas de intervenções e 5) análise dos resultados. O caráter temporal da coleta de dados nas fases de 1 a 3 é retrospectivo e atual, e o da fase 4, atual e prospectivo. A escala espacial da pesquisa inclui uma escola no Estado de São Paulo, na cidade de Itapecerica da Serra.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo propõe, além de uma pesquisa bibliográfica, a pesquisa aplicada destinada a solucionar um problema específico em uma circunstância particular como a eficiência de energia elétrica em escolas. Conta com aspectos de pesquisa quantitativa por mensuração de dados e sua interpretação, tais como a posse de aparelhos e hábitos de usuários, a fim de explicar o consumo de energia elétrica em escolas, como também os de pesquisa qualitativa e exploratória, baseada em observação direta e dados narrativos, levando a sínteses e análises verbais. Esta pesquisa é considerada descritiva e exploratória em relação aos objetivos. Grande contribuição das pesquisas descritivas é proporcionar novas visões sobre uma realidade já conhecida (GIL, 2008), e a pesquisa exploratória possibilita ao pesquisador conhecer mais sobre a temática em estudo, bem como construir hipóteses em torno do objeto estudado (MALHOTRA, 2001).

Segundo Gil (2008), a pesquisa exploratória traz uma familiaridade mais profunda com o problema, visando torná-lo explícito ou construir hipóteses e a pesquisa descritiva descreve as características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis. A pesquisa exploratória geralmente é realizada na forma de um estudo de caso que representa uma investigação empírica. Ele é um método abrangente, que compreende a lógica do planejamento, da coleta e da análise de dados, podendo ser realizados estudos de caso único ou de múltiplos, incluindo abordagens quantitativas e qualitativas de pesquisa.

3.1.1 Estudo de Caso

Segundo Yin (2015), o estudo de caso tem caráter empírico, e investiga um fenômeno no contexto da vida e do tempo real. No estudo de caso, as fronteiras entre o fenômeno e o seu contexto são claramente definidas. Esta pesquisa beneficiou-se do estudo de caso de uma escola, possibilitando uma compreensão mais profunda do fenômeno e a aplicação prática dos resultados.

Bruyne (1982) classificam os estudos de caso em três tipos: 1) estudos com o intento de explorar e tentar descobrir problemáticas novas, renovar perspectivas existentes ou sugerir hipóteses fecundas, preparando assim o caminho para pesquisas posteriores; 2) estudos essencialmente descritivos, procurando descrever toda a complexidade de um caso concreto sem pretender obter o geral e 3) estudos com um objetivo prático e frequentemente utilitário, visando estabelecer o diagnóstico de uma organização ou fazer sua avaliação, ou procurando prescrever uma terapêutica ou mudar uma organização. O autor afirma que: “Os estudos de casos rigorosos não devem se limitar a uma descrição, por mais documentada que seja, mas apoiarem-se em conceitos e hipóteses; devem ser guiados por um esquema teórico que serve de princípio diretor para a coleta dos dados” (BRUYNE, p. 227, 1982).

Esta pesquisa inclui a aplicação a um caso, enquadrando-se no tipo 3 da classificação de Bruyne, que tem um objetivo prático e utilitário. O estudo de caso seguiu as seguintes etapas adaptadas dos PROPEE (ANEEL, 2021): 1) Identificação do Projeto; 2) Pré-Diagnóstico Energético, incluindo i) levantamento de dados iniciais, ii) análises de informações, iii) visita técnica e; 3) Diagnóstico Energético, que inclui i) levantamento de dados *top-down* e *bottom-up*, ii) análise e tratamento dos dados, iii) estudo de alternativas para os usos finais identificados, iv) avaliação do potencial de conservação das alternativas, v) análise de viabilidade econômica de alternativas, vi) análise tarifária.

3.1.2 Pesquisa Documental

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2002, p. 2) define o documento como: “Qualquer suporte que contenha informação registrada, formando uma unidade, que possa servir para consulta, estudo ou prova”. A pesquisa documental pode basear-se inteiramente nos documentos ou os documentos e análise de documentos podem ser utilizados como estratégias complementares a outros métodos. O método utilizado para analisar os documentos chama-se “método de análise documental”.

Nesta pesquisa, foram utilizados alguns documentos, tais como a planta da escola, contas de luz e relatório técnico da Combat Fire Bombeiros e Segurança (CFABS), como também informações de manuais de lâmpadas e de equipamentos elétricos, orçamentos e tabelas de consumo.

3.1.3 Pesquisa de Campo - Coleta de Dados

A pesquisa de campo pretende buscar a informação diretamente com a população pesquisada. Ela exige do pesquisador um encontro mais direto. Nesse caso, o pesquisador precisa ir ao espaço onde o fenômeno ocorre, ou ocorreu, e reunir um conjunto de informações a serem documentadas. (GONÇALVES, 2001).

Com o intuito de realizar o pré-diagnóstico do Colégio 8 de Maio, nos primeiros contatos com o complexo de edifícios usou-se de técnicas como *walkthrough*, observação sistemática e entrevistas com usuários-chave, recolhendo o máximo de informações sobre suas principais características e funcionamento, assim como de seus usuários, a fim de identificar as potencialidades e limitações de aplicação da metodologia proposta. Para isso, foi elaborado um questionário. Em seguida, foi feito o levantamento das rotinas de utilização dos espaços, das instalações e de todos os equipamentos elétricos presentes no edifício, em uso ou sem usar. Foi feita uma planilha, elaborada para cada ambiente com a ajuda da planta da escola, para registrar os equipamentos elétricos e seus usos típicos.

A pesquisa de campo consistiu no levantamento de demandas médias (*top-down*) com a utilização de aplicativo Energia das Coisas (EDC) (ENERGIA DAS COISAS, 2021), e na identificação de usos finais de energia. Ela contemplou as seguintes variáveis investigadas: tipos, potências elétricas (Watts) e altura de cada equipamento, e as horas mensais de funcionamento verificadas, utilizando abordagem *bottom-up* (de baixo para cima). Teve o apoio

de entrevistas não estruturadas e visitas *in loco*, incluindo a utilização de instrumentos de leitura e medição tais como termômetro, trena, luxímetro, wattímetro monofásico, durante o funcionamento normal das escolas.

3.2 PARTICIPANTES DA PESQUISA: POPULAÇÃO E AMOSTRA

A amostragem não probabilística ou de conveniência trata apenas de elementos representativos da população, a fim de se reduzir custos e tempo de pesquisa. Marconi e Lakatos (2007) explicam que, no tipo de amostragem não probabilística, o pesquisador se dirigirá aos indivíduos que desempenham funções de líderes de opinião, influenciando os demais, como ocorreu no estudo de caso desta pesquisa, em que foi escolhida uma escola particular de ensino fundamental e médio na cidade de Itapeverica da Serra, sendo dentro da escola equipamentos e espaços medidos e analisados.

3.2.1 Caracterização dos Edifícios e Usuários

Ornstein, Bruna e Romero (1995) classificam as variáveis envolvidas em consumo de energia nos edifícios como variáveis internas e variáveis externas. As variáveis externas são variáveis climáticas, preço da tarifa, normas e regulamentos que controlam o consumo de energia pela edificação, e padrões de consumo dos usuários. As variáveis internas são relacionadas à maneira pela qual o usuário se apropria do espaço, como, por exemplo, seus hábitos e costumes, rotinas de utilização das instalações do edifício, além do conhecimento e habilidades deste usuário em lidar com a energia.

A escolha e caracterização dos edifícios de estudo faz parte da identificação do projeto, e inclui o tipo de arquitetura, pé-direito, cor das paredes, janelas, altura do plano de trabalho, e pesquisa documental. Esta fase teve o apoio de um questionário e planilhas.

3.3 COLETA DE DADOS E TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DO CONSUMO DESAGREGADO

A identificação do consumo desagregado de energia da instalação permite avaliar o impacto de diferentes atividades no consumo de energia e nos custos na fatura de energia. As medições permitem que se conheça os valores mais precisos do consumo. No entanto, nem sempre são viáveis, por causa de falta de acessibilidade ou segurança, custos de aquisição ou dos circuitos compartilhados.

O diagnóstico energético desta pesquisa inclui a identificação dos equipamentos elétricos ineficientes ou que operam com baixa eficiência, como por exemplo motores, reatores, lâmpadas, ventiladores e ar condicionado, como também a verificação de desperdícios de energia nos sistemas de aquecimento e refrigeração. A inspeção da instalação em que se realiza o levantamento de quantidade de características dos equipamentos elétricos, potências e horas de uso permite coletar os dados, embora não tão precisos quanto às medições diretas que possam ser complementadas com técnicas de monitoramento de carga.

Segundo o Código de Edificações do Município de Itapecerica da Serra, Lei Municipal nº 5.636, Art. 117, de 10 de dezembro de 1990, as salas de aula devem ter um pé-direito livre mínimo de 3 m (três metros). Para a medição do pé-direito das salas de aula, altura e localização das lâmpadas, utilizou-se uma trena métrica com 5 metros de comprimento de marca Starrett. Para a medição da altura da área de leitura dos alunos, utilizou-se a trena, medindo-se do piso à parte plana superior da carteira do aluno. Segundo a NBR 5413 (ABNT, 1992), a altura ideal do piso até o tampo da carteira deve ser de 75 cm. No entanto, encontrou-se carteiras e mesas de altura mais baixa, de 65 cm, uma vez que se tratava de ambientes para crianças pequenas.

Para a medição do nível de luminosidade interna, foi utilizado o luxímetro digital modelo LX80, como na figura 4, fabricado pela NOVOTEST e calibrado pela empresa TecnoLab, que emitiu o certificado de calibração No. 2046/20 conforme o Anexo B. Para a eficácia da medição, todos os equipamentos de cada ambiente deverão estar funcionando plenamente e, além disso, as salas de aula e as dependências deverão estar realizando suas atividades normais.

Figura 4 – Luxímetro digital utilizado na pesquisa



Fonte: Autora

Segundo o Código de Edificações do Município de Itapecerica da Serra, Lei Municipal nº 5.636, Art. 117, de 10 de dezembro de 1990, para as salas de aula a área de ventilação deve ser $\frac{2}{3}$ da área iluminante natural que, por sua vez, deve ser de no mínimo $\frac{1}{5}$ da área do piso. Foram observadas a quantidade e localização das aberturas nas salas de aula. Para a medição da altura e localização dos ventiladores, utilizou-se novamente a trena. Não se encontrou no Código de Edificação do Município de Itapecerica da Serra altura mínima para ventiladores.

3.3.1 Potência Elétrica e Consumo de Cada Equipamento

A verificação da potência e consumo dos equipamentos (lâmpadas, ventiladores, equipamentos elétricos, condicionadores de ar) foi feita por consulta direta ao equipamento (placa de identificação) conforme a figura 5, e, na falta de placa de identificação, direto com o fornecedor, na lista do Procel de um equipamento equivalente, ou/e pela medição com o wattímetro/ amperímetro de marca *Peacefair*, modelo PZEM-022, mostrado na figura 6. Este aparelho é capaz de medir consumo (kWh), potência (kW), tensão (V) e corrente elétrica (A). Usou-se amostragem onde os espaços ou equipamentos estudados foram selecionados tanto de modo probabilístico ou não probabilístico dentro das possibilidades da realidade do colégio. As medições foram conduzidas por um período de uma semana, o que corresponde à rotina da escola. Também foi utilizado o medidor *Fluke 376 True RMs Clamp Meter*, no caso de equipamentos de resistência, conforme figura 7. As medições foram restringidas pela situação de pandemia de Covid-19.

Figura 5 – Placa de identificação do condicionador de ar.



Fonte: Autora (2021)

Figura 6 – Medidor Peacefair, modelo PZEM-022 utilizado na pesquisa.



Fonte: Luciana Pereira dos Santos Cunha

Figura 7 – Medidor Fluke 376 True RMs Clamp Meter utilizado na pesquisa



Fonte: Autora

Os equipamentos monitorados estão listados na Tabela 8, sendo os valores usados de forma de amostra. O tempo de medição foi diferenciado para cada equipamento. Equipamentos com componentes indutivos que ficam ligados ininterruptamente e/ou que ligam e desligam automaticamente com certo intervalo de tempo, como geladeira e freezer, foram monitorados em períodos mais longos (uma semana). Os aparelhos que se tinha incerteza de obter informação fidedigna de horas de uso diárias foram monitorados também por uma semana. Os demais equipamentos foram monitorados por períodos mais curtos de tempo.

Tabela 8 – Equipamentos monitorados para esta pesquisa.

Equipamento Medido	Quantidade
Ventilador de parede	1
Computadores	1
Laptops	1
TV	1
Geladeira	2
Freezer	3
Aquecedor de marmita	5
Estufa de salgadinhos	1
Total	15

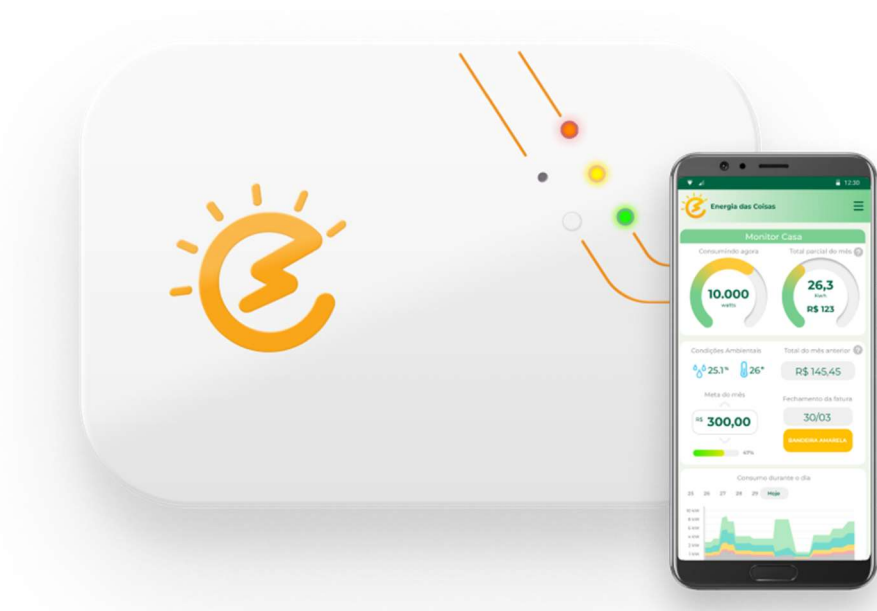
Fonte: autora

Foi coletada a Potência Total Instalada, que é a somatória da potência de todos os aparelhos instalados. O cálculo e as análises foram feitos para o todo e para as diferentes áreas de atividades separadamente, com o intuito de fornecer indicadores que possam ser comparados com outras instalações. Por exemplo, o valor da "Potência por m²" é um índice amplamente utilizado em projetos de eficiência energética.

3.3.2 Curva de Carga e Fator de Potência

Para compreender o consumo de eletricidade, conforme horário e sazonalidade no Colégio 8 de Maio, utilizou-se equipamentos e Energia das Coisas, com 3 sensores de 250A instalados na chave principal e um *hardware* que transmitia os dados à nuvem. A Figura 8 mostra o *hardware* e *software* Energia das Coisas utilizado na pesquisa. Através do *software* do aplicativo, foi possível construir a curva de carga e de fator de potência para diferentes dias de semana e horários, sendo isso utilizado na construção da avaliação de consumo de cada setor de atividade, desde que conhecendo os hábitos do local.

Figura 8 – *Software e hardware* da Energia das Coisas



Fonte: (ENERGIA, 2021)

3.3.3 Indicadores da Intensidade Energética

A eficiência energética pode ser medida por diferentes indicadores que representam a intensidade energética, isto é, a quantidade de energia necessária para produzir uma unidade de produto final ou serviço, dada em unidades de [energia]/[unidade de produto ou serviço]. Trata-se de uma ferramenta para se identificar as principais áreas que têm um potencial de conservação na busca da redução da demanda de energia e na conscientização do consumo energético. Os indicadores são medidos em função do equipamento, processo, tecnologia, serviço estudado, usuário, espaço, tempo etc. (SBARDELOTTO, 2018)

Os indicadores energéticos mais utilizados em instituições educacionais são o consumo por unidade de área (kWh/m^2) e a demanda máxima (W/m^2), porém, o consumo desagregado por usos finais é considerado como um dos melhores indicadores para se diagnosticar o comportamento energético nas edificações em análise (KANASHIRO, 2015).

No Brasil, Ferreira (2006) analisou o perfil de uso energético das escolas estaduais, verificando os seguintes parâmetros: número de alunos, área construída, número de salas de aula, de turnos, entre outros. Chegou-se à conclusão que o consumo de energia cresce ao aumentar o corpo discente escolar, ou mesmo o número de salas e turnos. Esses indicadores de desempenho são passíveis de comparação a padrões estabelecidos no país e no exterior (MARQUES, 2006). No

entanto, Ferreira (2006) considera que o problema real é mais complexo, envolvendo parâmetros de projeto como sistema construtivo, posição das aberturas, especificação de materiais e equipamentos, e seus usuários. O presente estudo tem como enfoque perspectivas técnicas, por tratar de escolas já existentes, sendo uma análise pós-ocupação (APO).

3.4 ANÁLISE DE DADOS

Após a coleta de dados, para preparar o diagnóstico energético, todas as informações recolhidas nas fases anteriores foram organizadas e analisadas para se identificar os diversos consumos de energia do edifício e identificar e quantificar possíveis medidas de melhoria do desempenho energético do edifício, levando a conta o conforto ambiental. A análise de todos os dados proporcionará um conjunto de indicadores e resultados quantitativos e qualitativos.

Baseado nos dados de posse de aparelhos elétricos, de seus consumos levantados, e das áreas totais construídas, fez-se tabelas para uma macro análise. As tabelas fornecem, entre outras coisas, os consumos médios mensais e anuais, o consumo médio mensal por usuário etc. A partir das tabelas, obteve-se um primeiro parecer sobre o comportamento energético deste estudo de caso. Levando em consideração que o objeto de estudo foi uma edificação escolar, deu-se atenção à sazonalidade e aos dias letivos, embora o levantamento de dados em condições normais tenha sido restringido pelos eventos relacionados à Covid-19.

3.5 PESQUISA DE TECNOLOGIAS SUBSTITUTIVAS

A redução do consumo pode ser alcançada através da melhoria de instalação de uso final da energia elétrica, envolvendo a troca e/ou melhoramento do desempenho energético de equipamentos e sistemas de uso da energia (ANEEL, 2021). O consumo elétrico de uma escola pode ser afetado em virtude da especificação técnica dos aparelhos eletroeletrônicos, aumentando ou diminuindo a demanda. Nessa perspectiva, a redução de consumo energético é obtida com a substituição de equipamentos, proporcionando aumento de eficiência.

Depois de coletar e analisar os dados, como parte do diagnóstico energético, estudaram-se tecnologias mais eficientes e as consequentes medidas de intervenção. Para tanto, utiliza-se especificações técnicas fornecidas pelo Procel e preços coletados por visitas nas lojas e/ou sites dos seus fornecedores. Foi feita a simulação de troca, comparando os valores de consumo das cargas existentes com os das tecnologias escolhidas para a intervenção.

Os custos evitados são os custos verificados em decorrência da redução de despesas operacionais e postergação dos investimentos. Para quantificar os custos totais evitados, multiplica-se a quantidade da demanda e da energia evitada pelos respectivos “custos unitários evitados”. Para isso, utilizam-se as tarifas para o fornecimento de energia elétrica em cada categoria, modalidade tarifária e localidade estudada.

3.6 LIMITAÇÃO DA PESQUISA

A eficiência energética não se refere apenas aos usos finais de energia elétrica, embora seja o foco desse trabalho. O funcionamento do Colégio exige outras fontes de energia, tais como gás natural e diesel, cujo uso pode ser incluído em outros estudos futuros.

A Crise de Covid-19 trouxe um cenário de isolamento no Estado de São Paulo, fechando o comércio, universidades, paralisando os transportes municipais, intermunicipais e estadual, o que prejudicou o andamento do estudo, pois além de ter limitado o acesso ao Colégio 8 de Maio, restringiu o uso da própria biblioteca da instituição de ensino para a realização de pesquisas, encontros com o orientador, dentre outras situações que tiveram de ser adequadas devido ao “novo normal” no período da realização dessa pesquisa, inclusive prolongando-o. Apesar de tudo isso, foi possível concluir a pesquisa, expandindo e aplicando os conhecimentos em um caso real. Durante o processo, foi discutido com a diretoria e a coordenação o que seria possível realizar dentro da nova legislação, evitando qualquer risco adicional para o Colégio.

As frequentes mudanças na legislação local sobre o funcionamento da escola, e o isolamento, mudaram o enfoque da pesquisa, que se adaptou ao novo normal, o que incluía períodos com alunos na escola, ou não. Inclusive, no período da realização da pesquisa, houve uma drástica mudança no cenário de consumo de energia elétrica no Colégio 8 de Maio, chegando ao seu auge no início da pandemia, em março de 2020, isto é, 96% menor do que o ano anterior, sendo a média de 2020, 58%, e a de 2021, 78% menores do que a do ano de 2019. De qualquer forma, a pesquisa da avaliação energética foi levada ao fim, considerando a situação atual, o dito novo normal, e pode ser repetida no caso de uma futura mudança no consumo de energia do Colégio 8 de Maio.

Quanto às medições, elas foram limitadas pela restrição de circulação no local e a busca de não interferência, evitando todo e qualquer risco ou incômodo para o andamento das atividades do colégio, que se caracteriza por grande circulação de pessoas que desconhecem as precauções necessárias no uso de equipamentos de medições. Por exemplo, nas dependências da cozinha,

que precisa de uma limpeza contínua com produtos químicos e água, o que aumenta a umidade no local. Foi necessário, durante a pesquisa, verificar o que é ou não possível ser medido, evitando colocar em risco o andamento das atividades. Um fator limitante foi a falta de identificação no quadro elétrico, como também a função protetora de um SDR, capaz de proteger todo o sistema no caso de qualquer corrente de fuga. Diante deste cenário, foram evitadas algumas medições anteriormente planejadas, e buscou-se outras alternativas para responder às perguntas da hipótese.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise dos resultados, descrevem-se os dados levantados por meio das entrevistas e observações diretas, usando também representações figurativas adquiridas no local da pesquisa ou em documentos. Apoiar-se tanto no método indutivo como dedutivo, através do confronto dos dados coletados, com o conhecimento científico estabelecido. Nela utilizaram-se métodos estatísticos e simulação matemática, apresentados em forma de quadros, tabelas e gráficos, para facilitar a compreensão das descrições e conclusões. A análise foi feita para o total e cada área de atividade separadamente. Os dados setoriais foram apresentados em termos percentuais, comparados com o consumo geral do edifício, demonstrando o nível de sua significância.

Discutiram-se as possíveis razões dos principais resultados. A partir dos dados coletados e tratados, responderam-se às perguntas iniciais: Foi verificada uma possibilidade de aumentar a eficiência energética no Colégio 8 de Maio, por meio de substituição de tecnologia, garantindo o conforto necessário para o aprendizado dos alunos? Se foram encontradas oportunidades de conservação de energia, como e quais seriam os custos evitados e o tempo de retorno do investimento necessário?

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO DA ESCOLA 8 DE MAIO E SEUS USUÁRIOS

O Colégio 8 de Maio está localizado na Avenida Eduardo Roberto Daher, número 94, no Município de Itapeverica da Serra, região metropolitana de São Paulo. A fundação do Colégio 8 de Maio data de 1984. Para a pesquisa foi considerado o complexo escolar incluindo o ensino fundamental e médio. A parte de ensino infantil foi desconsiderada, por ser alimentada através de uma outra conta que incluía outras instalações além de atividades educacionais.

Figura 9 demonstra o Colégio 8 de Maio. O terreno onde se localiza a escola possui área equivalente a 120.000m², dividido em três áreas: a primeira tem seis blocos, a segunda 14 blocos e a terceira tem 11 blocos. Somando a área dos blocos que constituem a escola de ensino fundamental e médio, ela apresenta 3946 m² de área bruta.

Figura 9 – Colégio 8 de Maio



Fonte: Autora a partir de imagem na parede do Colégio 8 de Maio (2021)

A figura 10 apresenta a planta dos prédios do ensino fundamental e médio. A composição dos ambientes se dá da seguinte forma: salas de aula, salas de música, biblioteca, laboratórios, recepção, salas de diretoria e de professores, poliesportiva, piscina, sala de judô e de balet, cozinha, lanchonete e refeitório. O fornecimento de água é feito por um poço próprio, cujo água é tratada no local.

Figura 10 – Planta do Colégio 8 de Maio

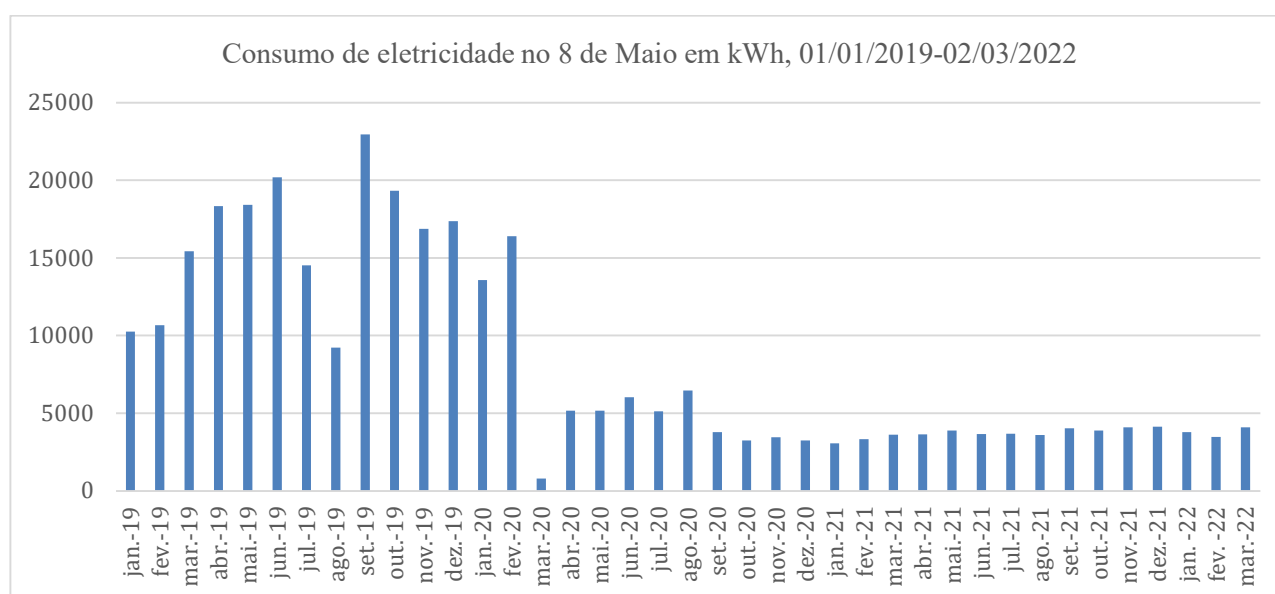


Fonte: Autora a partir de planta arquitetônica do Colégio 8 de Maio (2021)

De acordo com a Fundação para o Desenvolvimento da Educação (F.D.E.), órgão responsável pela arquitetura das escolas paulistas, a área mínima por aluno em salas de aula do ensino básico e fundamental deve ser de aproximadamente $1,00\text{m}^2$ por aluno. No entanto, o Plano Diretor de Itapecerica de Serra estabelece a área mínima de $1,2\text{ m}^2$ por aluno em salas de aula. A sala que apresenta maior densidade possui um total de 40 alunos, ou seja, atende aos padrões mínimos estabelecidos por este órgão.

A pesquisa documental via leitura de contas de luz deu os resultados demonstrados na figura 11. Como a leitura é efetuada nos primeiros dias do mês, e a fatura referente a cada mês constitui o consumo de 29 a 32 dias anteriores, ela praticamente reflete o consumo do mês anterior. O consumo de eletricidade no 8 de Maio no período de janeiro de 2019 a dezembro de 2020 diminuiu do pico de 22.957kWh por mês em setembro de 2019 para uma média de 3609kWh em 2021, passando pelo valor mínimo de 709kWh em março de 2020, explicado pelo início da pandemia Covid-19 e praticamente a total paralização de atividades escolares e administrativas no colégio. No período anterior à Covid-19, podemos verificar maior sazonalidade, inclusive o efeito das férias em julho e dezembro-janeiro. Já no ano de 2021, contando com “o novo normal” a presença de alunos nas salas de aula variou de 35% à 70% no primeiro semestre de 2021, e de 70% à 100% no segundo semestre de 2021, conforme os decretos de cada momento e novas normas de atendimento e uso de espaços da escola.

Figura 11 – Comparativo de consumos no Colégio 8 de Maio entre 01/01/2019 - 02/03/2022

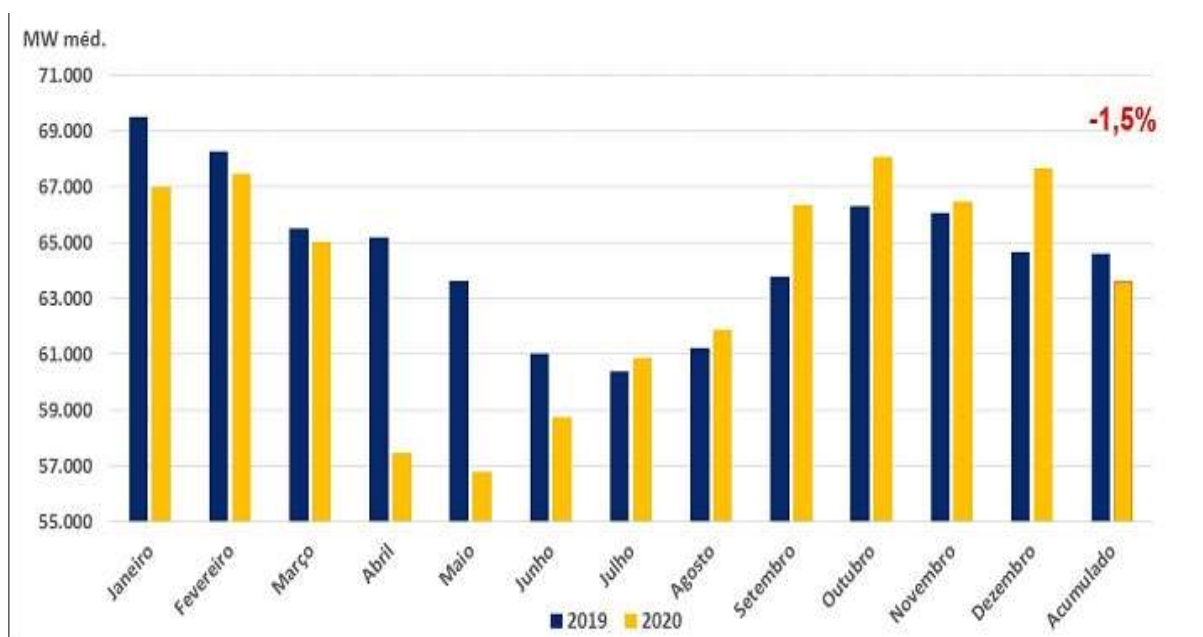


Fonte: Autora a partir de contas da Enel (2022)

Na Pandemia Covid-19, em média o consumo de energia ficou em 28% do ano anterior, desde que os alunos e grande parte dos funcionários já não frequentavam a escola. As principais mudanças referentes ao uso final de energia foram: 1) desativação de piscina aquecida e consequente não utilização de chuveiros elétricos, diminuindo a demanda, 2) modalidade híbrida no ensino, necessitando o uso de computador e televisor durante o tempo todo de aula, aumentando a carga e 3) preparo de alimentos apenas para 35-70% dos alunos, incluindo a desativação de dois freezers, duas geladeiras e um aquecedor de salgadinhos; também o uso de aquecedor de marmitas foi proibido, obrigando os alunos a comerem na cantina e permitindo para os professores o uso de um forno microondas. A sala de informática já não foi utilizada para as aulas, embora o professor de informática continue a trabalhar na sala dando apoio aos professores.

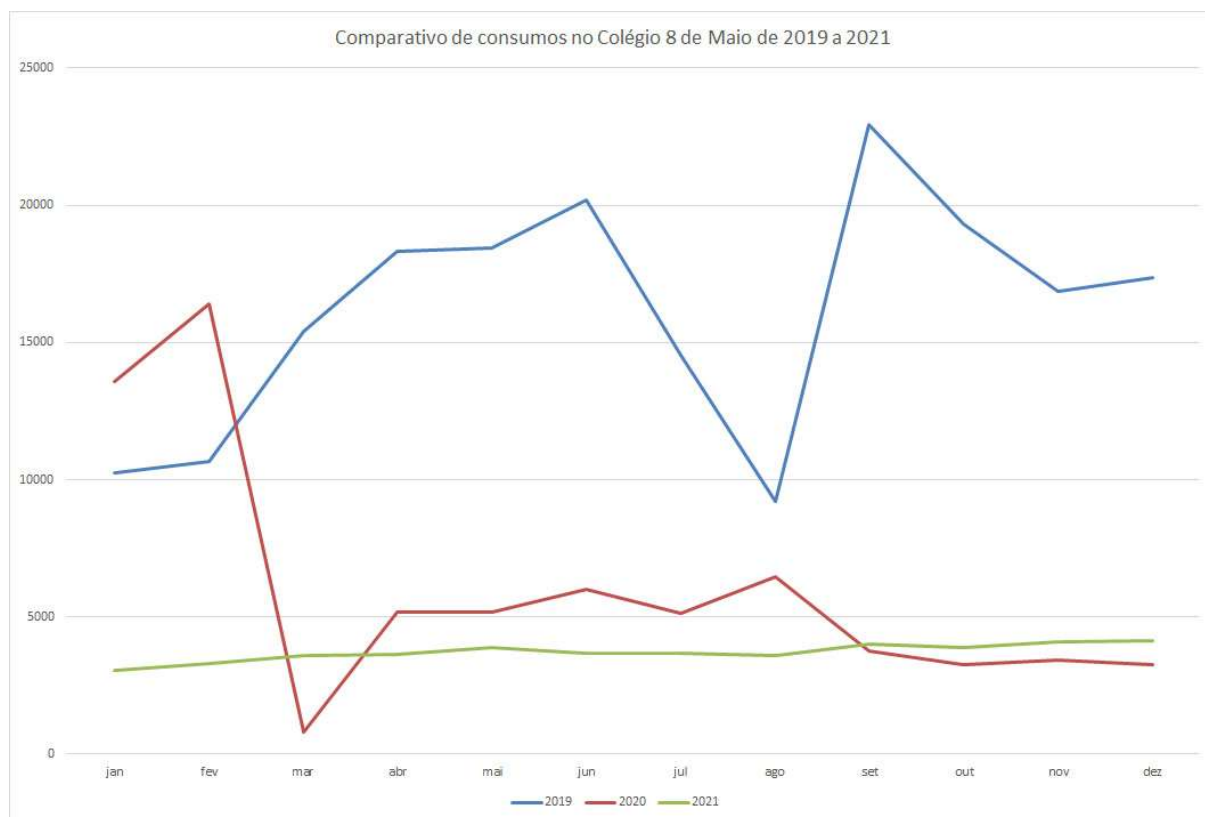
Comparando com o consumo de eletricidade no Brasil como um todo, como apresentado na figura 12, observa-se uma queda na pandemia, e depois o retorno ao nível normal de consumo, fato que não aconteceu no caso do Colégio 8 de Maio, onde o consumo se manteve abaixo do nível anterior à pandemia, conforme demonstra a figura 13. MW média indica a média da quantidade de energia em cada hora do período considerado. Com o impacto da pandemia na vida das pessoas e na economia, o consumo de energia elétrica foi 1,5% menor em 2020 em relação ao ano de 2019 (CCEE, 2022).

Figura 12 – Comparativo do consumo de energia no Brasil 2019 / 2020. (MW méd)



Fonte: CCEE (2022).

Figura 13 – Comparativo de consumos no Colégio 8 de Maio de 2019 a 2021

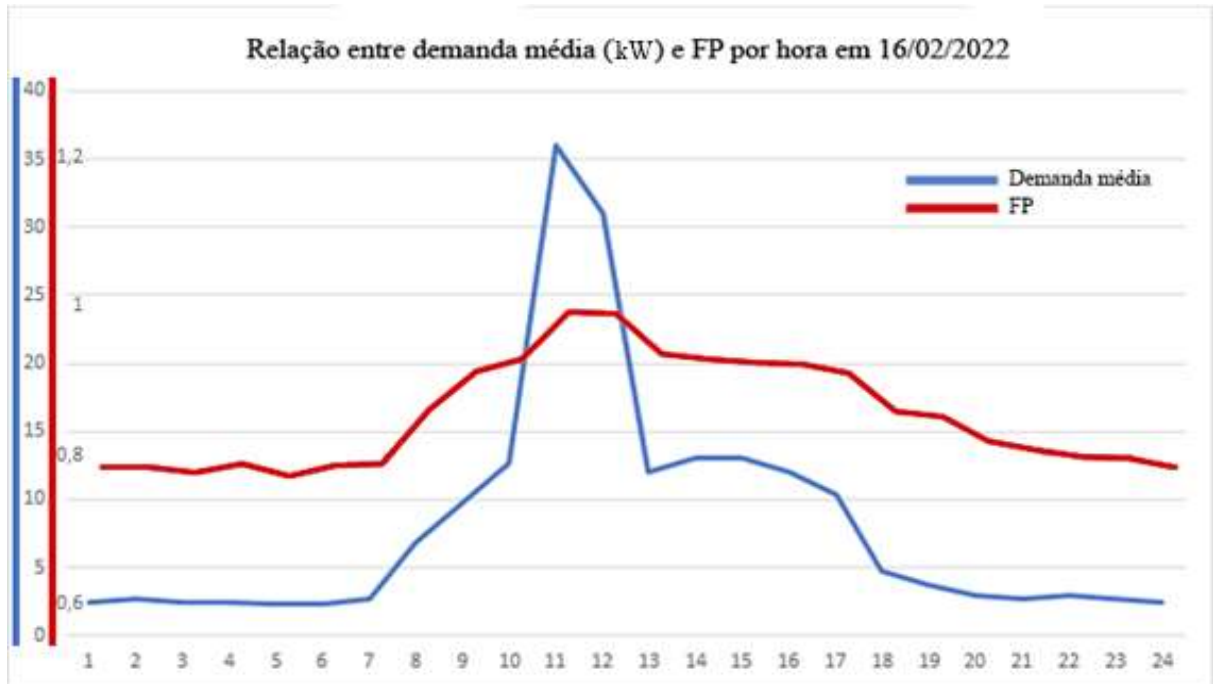


Fonte: Autora a partir de contas da Enel (2021)

O fator de potência indutivo é um parâmetro de eficiência na utilização da energia consumida. Utilizando o equipamento de Energia das Coisas, verificou-se a variação do fator de potência diário de 0,93 a 0,80, sendo a sua média 0,89, no período de 7 de dezembro a 13 de dezembro de 2021. A referência para o Grupo A é 0,92; no entanto, o 8 de Maio faz parte do grupo B, que não tem referência e não pode ser cobrado pelo consumo de energia elétrica reativa excedente. A figura 14 mostra a relação entre fator de potência e consumo no dia 16 de fevereiro de 2022, em que podemos notar o pico do consumo incidindo no horário de preparação do almoço. Seu tipo de usos finais resistivos também explica o aumento de fator da potência, desde que o equipamento utilizado tem o FP de 1.

A melhora do fator de potência implica em melhor aproveitamento da energia ativa. No entanto, sendo fora do escopo desta pesquisa, que se interessa pelos usos finais, não se procurou soluções para a melhoria do fator de potência. Porém, é um parâmetro necessário para compreender o consumo real de energia do colégio.

Figura 14 – Relação entre demanda e o fator de potência no 8 de Maio



Fonte: Autora a partir de EDC (2022)

Conforme os dados levantados na entrevista estruturada, a composição das categorias de usuários do Colégio 8 de Maio para o início do ano de 2020 se deu da seguinte forma: no turno integral, estavam matriculados 550 alunos no Ensino Fundamental e 150 alunos no Ensino Médio. No início de 2022, o número de alunos foi de 530 alunos no Ensino Fundamental e 148 alunos no Ensino Médio. O quadro de funcionários da escola manteve-se igual no período, contando com 80 professores e 50 funcionários que trabalham em período integral.

Os alunos chegam e começam as atividades nas salas de aula às 7h. Saem para o intervalo às 10h40 e retornam às aulas às 11hs. Estudam até às 12h20, quando saem para o almoço, uma parte dos alunos retornando às atividades às 13h30. As atividades se encerram às 17hs. Os serviços administrativos estendem-se até às 18h. Às 20h ocorre o apagar das luzes internas e o fechamento do prédio, realizado pelos seguranças da instituição.

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS VIA INSPECÇÃO VISUAL E MEDIÇÕES

A inspeção visual da instalação permitiu a aquisição de informação sobre as características físicas da instalação elétrica complementada por informações obtidas via medição utilizando aparelhos específicos para tal fim. O uso de duas abordagens de medição, *top-down* e *bottom-up*, permitiu estimar o consumo de energia elétrica da escola, no meio das incertezas e dificuldades impostas pela realidade do local e o princípio de não interferência no andamento

das atividades da escola. A compreensão da realidade de consumo de energia da escola deu subsídios para avaliar ações de melhoria de eficiência energética. A pesquisa de custos de substituição e sua viabilidade econômica sustentou a prioridade das ações.

4.2.1 Medições de *top-down* e curvas de carga

As medições de demanda média, utilizando o aplicativo EDC, foram realizadas de 11 de outubro de 2021 a 30 de março de 2022. Os dados de consumo de energia ao longo do tempo, dispostos em forma de gráfico, formam a curva de carga, que mostra o consumo de energia em cada período. As curvas de carga de um dia e de uma semana do Colégio 8 de Maio representam o comportamento da solicitação de potência em relação ao tempo ao longo de um dia ou semana de expediente normal (semana letiva) e expediente não letivo. Na figura 15 encontra-se o comportamento da demanda média de um dia letivo, onde se observa que o delineamento da curva de carga segue os padrões de atividades executadas no prédio, sendo a demanda maior na parte da manhã a partir do início do expediente às 7 horas, e no horário anterior ao almoço com os seus preparativos, tendo uma diminuição na hora do almoço e principalmente ao finalizar o expediente às 17 horas. O pequeno aumento na parte da tarde se explica por atividades educacionais que necessitam de equipamentos elétricos e ar condicionado utilizados na sala de informática e na biblioteca.

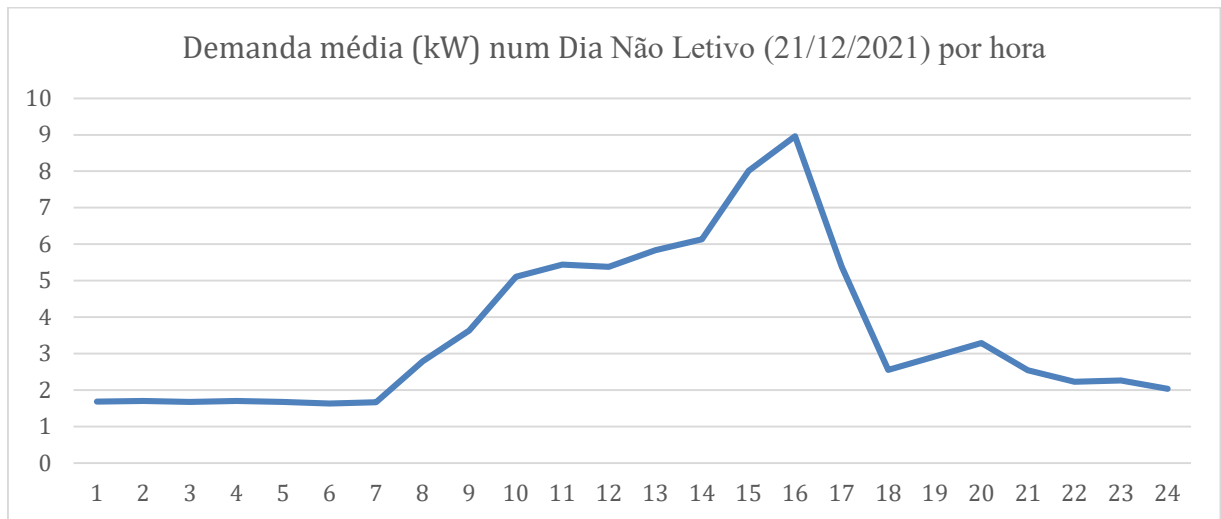
Figura 15 – Demanda média (kW) por hora em um dia letivo no 8 de Maio



Fonte: Autora a partir de EDC (2022)

A curva da carga de um dia não letivo da figura 16, demonstra igualmente o início de maior consumo às 7 horas que vai gradualmente aumentando até o final do expediente às 17 horas, caindo para o nível típico de fora de expediente, constituído de atendimento de cargas essenciais referentes à conservação de alimento e segurança como também perdas do transformador.

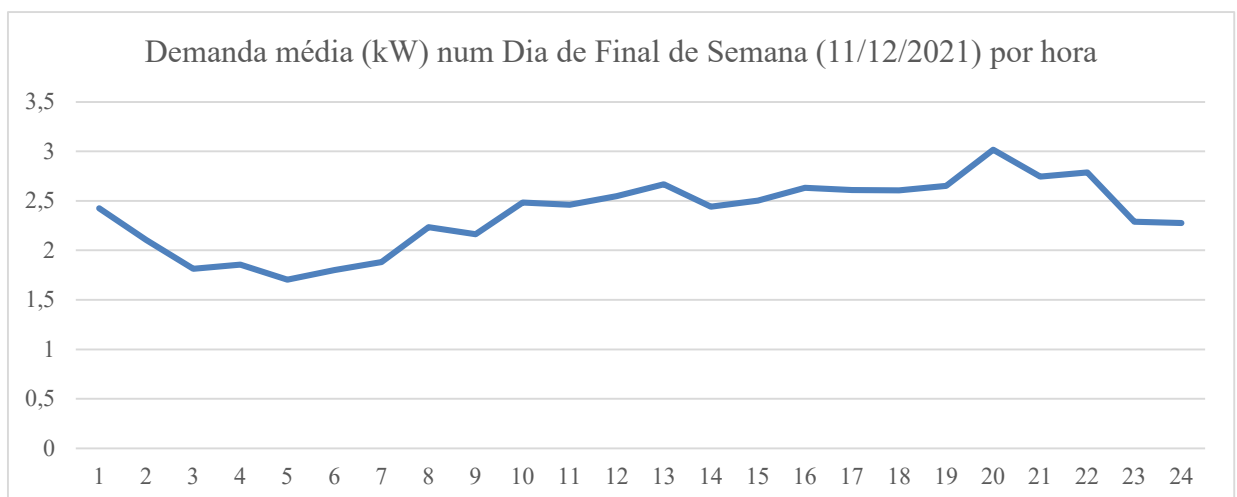
Figura 16 – Demanda média (kW) por hora em um dia não letivo no 8 de Maio



Fonte: Autora a partir de EDC (2021)

No final da semana, quando a ocupação do colégio é mínima, a curva da carga é constante ao longo do período, como podemos ver na figura 17, variando o consumo de 1,7 kWh a 3 kWh.

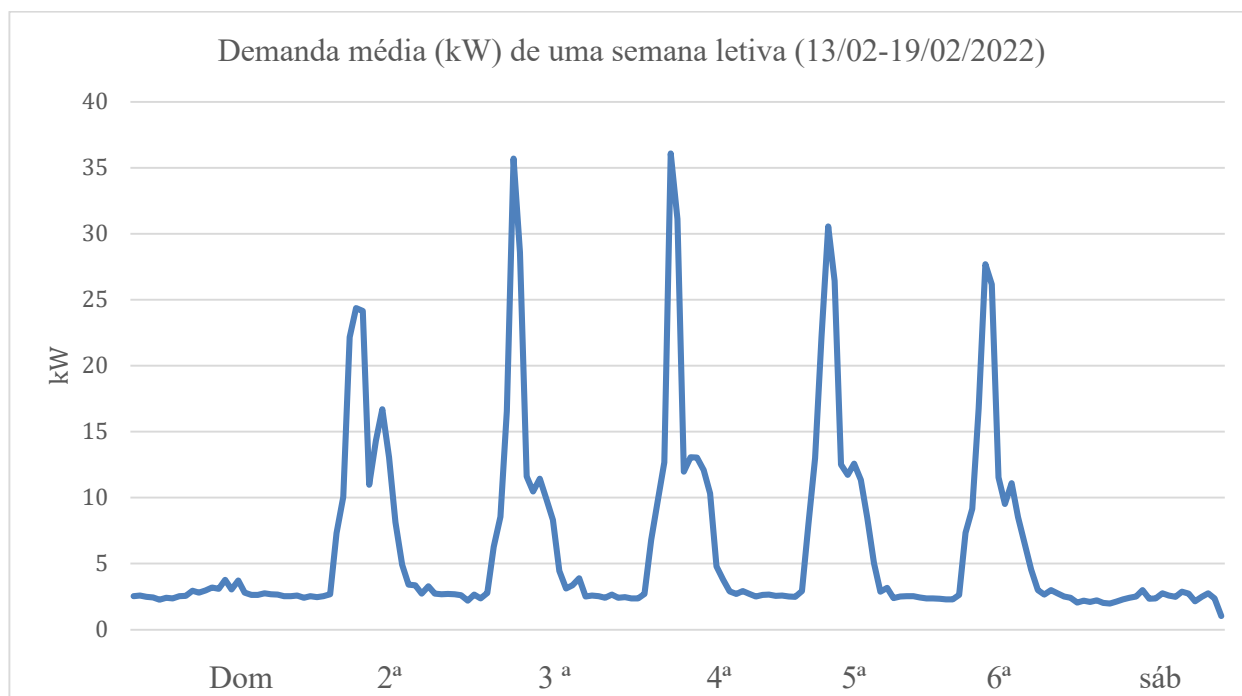
Figura 17 – Demanda média (kW) por hora em um dia no final da semana no 8 de Maio



Fonte: Autora a partir de EDC (2021)

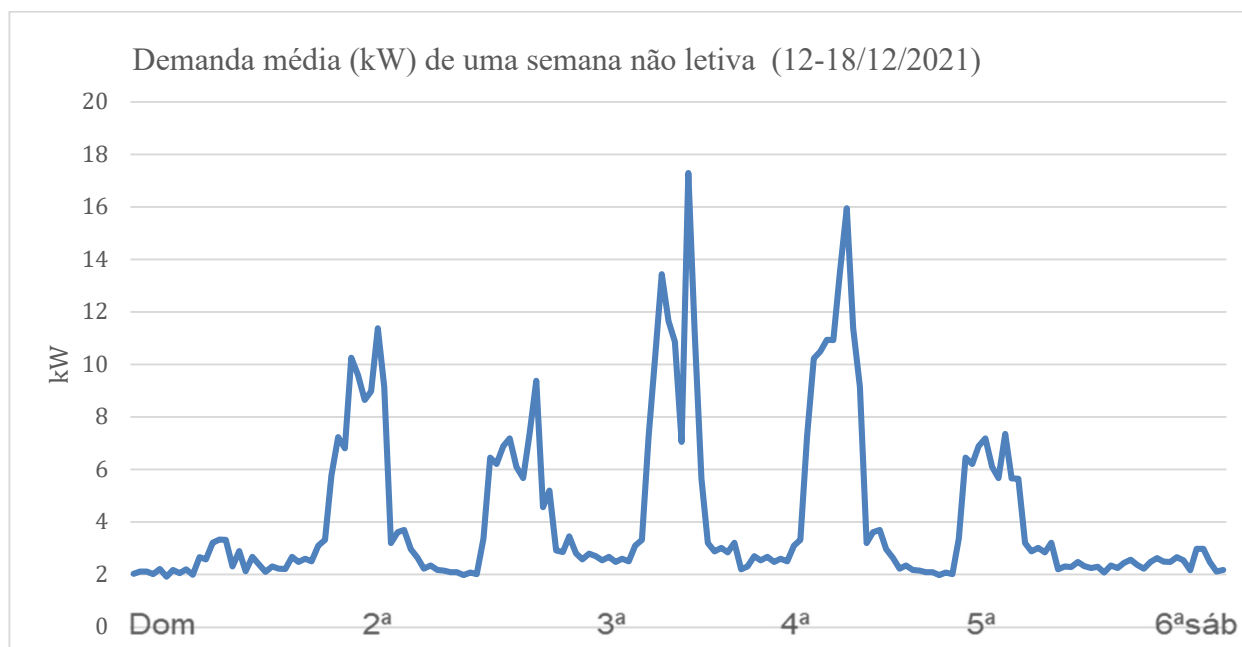
A figura 18 mostra a demanda média de uma semana letiva e a figura 19 de uma semana não letiva, ou seja, quando a escola está aberta, mas os alunos não a frequentam.

Figura 18 – Demanda média (kW) de uma semana letiva por hora no 8 de Maio



Fonte: Autora a partir de EDC (2021)

Figura 19 – Demanda média (kW) de uma semana não letivo por hora no 8 de Maio

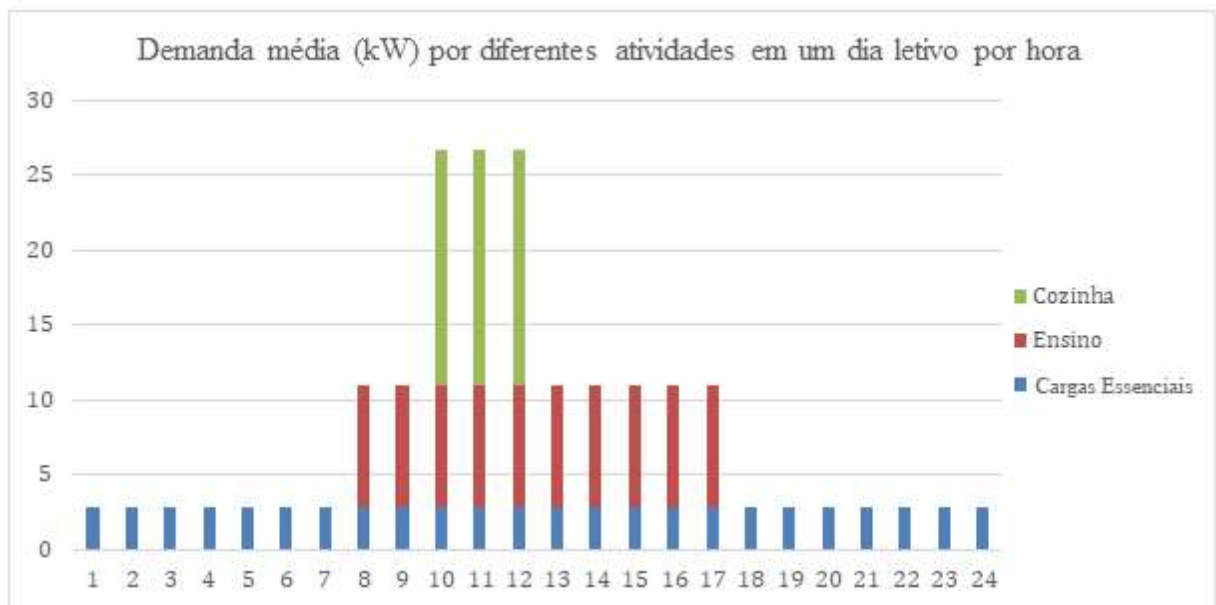


Fonte: Autora a partir de EDC (2022)

Com base nas demandas médias, observou-se que as semelhanças são motivadas pelas atividades exercidas no Colégio. O consumo de energia pode ser constante, cíclico ou

esporádico. Na figura 20, numa representação simplificada, o consumo essencial representa o consumo constante quando a escola está fechada, sendo a energia usada para o atendimento de cargas essenciais como principalmente a refrigeração de alimentos e secundariamente a iluminação de segurança e perdas do transformador. Próximo das 7 horas da manhã há um aumento grande da demanda, que se mantém alto durante o horário comercial, tendo um outro aumento significativo na hora relacionado à preparação do almoço, ambos representando consumos cíclicos. Às 17 horas, quando se encerra o período diário de funcionamento, o consumo retorna aos patamares do consumo essencial. O mesmo que foi avaliado para um dia se aplica a uma semana, haja vista que a atividade da instituição é repetitiva.

Figura 20 – Demanda média (kW) em um dia letivo no 8 de Maio com diferentes atividades



Fonte: Autora a partir de EDC (2021)

4.2.2 Levantamento de usos finais

No levantamento dos equipamentos e hábitos de uso procurou-se definir a participação dos diferentes usos finais da energia no total do consumo do Colégio. Na Tabela 9 são mostrados os diferentes equipamentos e suas quantidades encontrados no 8 de Maio. Pelos dados levantados, percebe-se que o consumo de energia elétrica na escola pesquisada consiste, basicamente, em 1) iluminação artificial dos ambientes, 2) condicionamento por utilização de condicionadores de ar e de ventiladores, 3) aquecimento de água através de chuveiros e aquecedores de piscina elétricos, 4) informática com computadores, televisões, aparelhos de

som, impressoras e 5) conservação de alimentos, que é realizada por meio de refrigeradores, freezers, aquecedor de salgadinhos, de marmitta e aparelhos de banho-maria.

Tabela 9 – Equipamentos no Colégio 8 de Maio

Equipamento	Quantidade
Lâmpadas	282
Aquecedor de Piscina	2
Chuveiros	16
Condicionador de ar	10
Ventilador de parede	29
Ventilador de pedestal	3
Computadores	40
Lap tops	29
TV	29
Copiadora	1
Impressoras	3
Servidor	1
Geladeira	5
Freezer	4
Aquecedor de marmitta	4
Carrinho Aquecedor	1
Bombas	3
Elevador	1
Total	463

Fonte: Autora

Com base na pesquisa de hábitos de uso, os usos podem ser divididos em 3 principais espaços dentro do Colégio: 1) Ensino ou sala de aula 2) Administrativo 3) Cozinha e ainda, o quarto item para espaços que não se enquadram nos três principais itens: 4) Outros. Dentro desses espaços, a eletricidade é usada para 1) iluminação, 2) condicionamento de ar, 3) conservação de alimentos e 4) equipamentos eletrônicos.

A demanda de energia elétrica do Colégio 8 de Maio foi dimensionada através do consumo geral constatado nas contas e por um equipamento EDC e através do estudo de usos finais. Verificou-se que a escola estudada consome energia elétrica principalmente para conservação de alimentos (49%), resfriamento e aquecimento de ambientes (conforto térmico) (28%),

iluminação (conforto luminoso) (12%) e tecnologias de informática e de ensino (10%). Esses usos finais têm comportamentos diferenciados, conforme o tipo de tecnologia: comportamentos resistivos, onde a energia é transformada em calor, que geralmente tem um fator de potência de 1, e os comportamentos indutivos, que demonstraram fatores de potência variados. Para cada tipo de comportamento aplicou-se um tipo de medição, segundo suas características e as possibilidades impostas pela realidade do local.

Na Tabela 10 verificamos o consumo total estimado de eletricidade no mês de fevereiro de 2020, dividido por espaços e atividades, com base no estudo de hábitos de uso e consumo por uso. O levantamento de dados do consumo desagregado será explicado mais adiante para cada item separadamente. A figura 21 representa o total de consumo dividido em setores, sendo os valores em porcentagem.

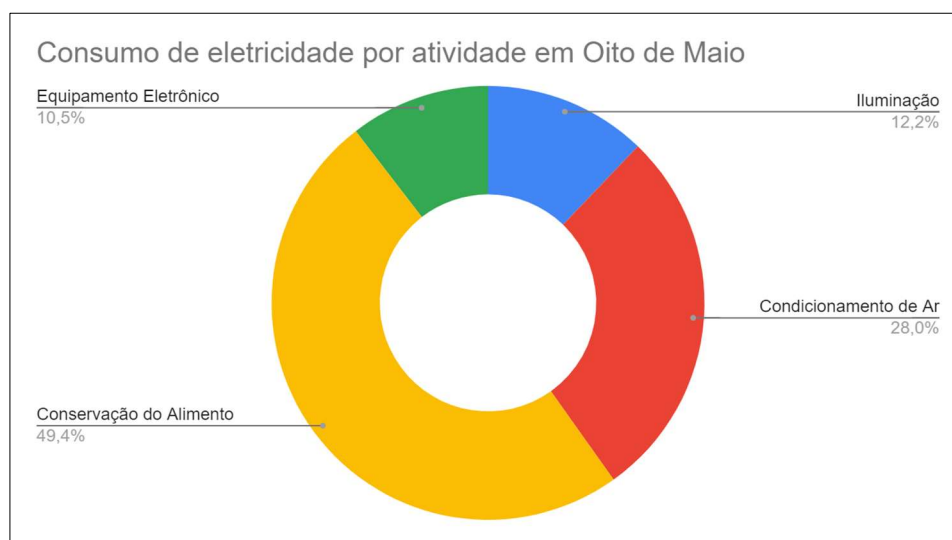
Tabela 10 – Estimativa do Consumo de eletricidade por atividade no Colégio 8 de Maio em fevereiro de 2022

Usos finais/Espaço	Total	Cozinha	Salas	Administração	Outros
Iluminação	485	31	261	101	92
Condicionamento de ar	1115	317	667	131	0
Conservação de Alimentos	1968	1968	0	0	0
Equipamentos Eletrônicos	417	0	324	93	0
Total kWh	3978	2317	1252	325	92

Fonte: Autora

Pela análise da Figura 19 verifica-se que os equipamentos de cozinha são o setor de maior consumo de energia, sendo responsáveis por 49% do consumo total do colégio. Neste setor em específico, é visível que os grandes consumidores são a refrigeração e o aquecimento em banheira.

Figura 21 – Estimativa do Consumo de eletricidade por atividade em porcentagem no Colégio 8 de Maio em fevereiro de 2022



Fonte: Autora

Nos primeiros contatos com a gestora do Colégio, descobriu-se que a escola tinha passado em 2019, por uma reforma de iluminação em que as lâmpadas foram trocadas por LEDs embutidos no forro. A inspeção visual confirmou tal fato, inclusive o bom estado do sistema de iluminação, apenas uma lâmpada queimada foi encontrada na sala 21. Diante disso, fez-se uma amostragem sobre a iluminância nas salas de aula e demais ambientes para posteriormente comparar com a norma da ABNT (2013).

A Tabela 11 mostra os valores de níveis de iluminância medidos em alguns ambientes do Colégio 8 de Maio na altura de 0,75 m conforme a norma e os valores recomendados. Nota-se a conformidade e a não conformidade da iluminação destes lugares em relação à norma ABNT ISO/CIE 8995-1:2013. Nestes ambientes também existe a incidência de iluminação natural, e sua utilização à noite vai requerer outra medição.

Tabela 11 – Níveis de iluminância medidos no Colégio 8 de Maio.

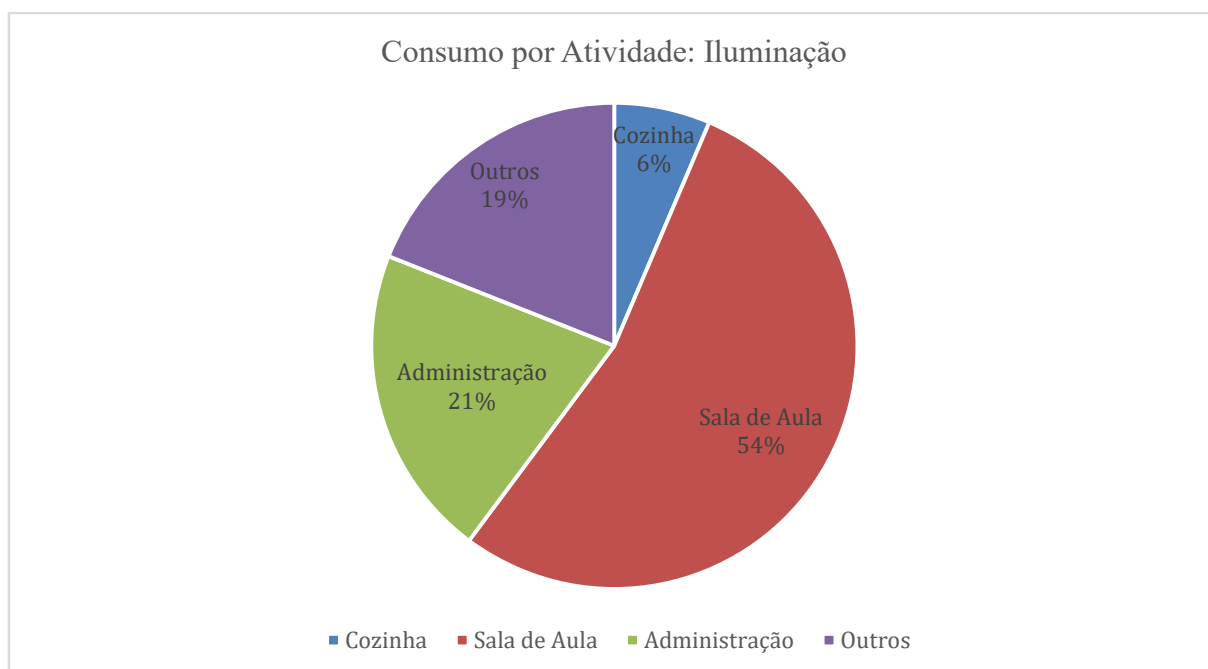
Ambiente	Área - m ²	Nível de iluminância (lumens/m ²)				Nível de iluminância Recomendado
		86	50	200	177	
Sala dos professores	14	86	50	200	177	300
Recepção	32	97	165	100	145	300
Sala de Espera	21	189	222	415	315	300
Sala de Aula 16	48	212	232	678	278	300
Sala de Aula 21	48	54	146	470	90	300

Fonte: Autora

Para determinar a densidade de potência luminosa de cada espaço foi efetuado um levantamento de todas as cargas luminosas presentes no edifício. O sistema de iluminação artificial no 8 de Maio é constituído, basicamente, por luminárias com LEDs de potência de 25W nas salas de aula, salas do setor administrativo, pedagógico, cantina, refeitório e sanitários dos alunos, geralmente embutidas no forro. Nas áreas externas de circulação, foram encontradas lâmpadas LED de 25W e algumas lâmpadas fluorescentes de 45W sem luminárias. Nas salas de música, laboratório e biblioteca encontrou-se um total de 18 lâmpadas fluorescentes de 45W. A iluminação é mantida ligada no período de atividades do colégio, principalmente entre as 7h e 17h de forma variável.

Na estimativa de consumo de usos finais, a iluminação totaliza 485kWh, o que representa 12,2% do consumo de energia elétrica conforme a figura 21. A estimativa de consumo foi obtida pelo levantamento da quantidade de lâmpadas, suas potências, localidades e horas de uso. Na figura 22, vê-se que 54% desse consumo acontece nas salas de aula, 21% na administração, 6% na cozinha e 19% em outros ambientes como nos corredores, banheiros e ambientes externos.

Figura 22 – Estimativa do consumo de eletricidade por iluminação por setor em porcentagem no Colégio 8 de Maio em fevereiro de 2022



Fonte: Autora

No relatório dos bombeiros consta 211 pontos de iluminação e na pesquisa *in loco* detectou-se 282 pontos de iluminação, o que se supôs devido ao aumento de instalações, com um novo refeitório e duas salas de aulas. Em cada sala de aula, estão instaladas, em média, 03 ou 04

luminárias dentro do forro com 01 lâmpada LED de 25 W cada, e nas demais dependências, em média, 03 luminárias com 02 lâmpadas LED de 25 W cada. Nas salas de música e biblioteca encontrou-se 12 lâmpadas FCL de 45W. Na piscina e no poliesportivo encontra-se um total de 21 holofotes de 200W, conforme a Tabela 12.

Tabela 12 – Tipos e quantidades de lâmpadas e suas potências no Colégio 8 de Maio

Tipo de luminário	Potência elétrica (W)	Quantidade instalada	Potência elétrica total instalada (W)
Led	25	243	6075
FCL	45	18	810
Led para Holofote	200	21	4200
Total		282	11085

Fonte: Autora

A área construída para o funcionamento da escola de ensino fundamental e médio do 8 de Maio é de 3.946 m². Aqui apresenta-se os dados de densidade de potência de iluminação limite para a escola por nível de EE conforme o método novo do Procel Edifica. Comparando isso à Potência elétrica total de iluminação do 8 de Maio, que é de 11085W, vê-se que o 8 de Maio tem na iluminação uma eficiência na categoria A, cujo limite é de 42228, conforme pode-se ver na Tabela 13.

Tabela 13 – Potência elétrica de iluminação limite para o 8 de Maio por nível de EE

Potência elétrica de iluminação limite para o 8 de Maio por nível de EE			
A	B	C	D
42228	48542	54542	61171

Fonte: Autora

Pode-se observar alguns fatores que contribuíram para o resultado: utilização de lâmpadas LED em praticamente toda a instalação, cores claras nas superfícies e boa iluminação natural nas salas de aula. No entanto, nos espaços administrativos ou corredores a iluminação artificial se faz necessária o tempo todo do expediente. No 8 de Maio, o pé-direito varia entre 2,64m e 3,07m. A cor da parede é dividida em duas: na parte inferior, verde claro, e na parte superior, branco; no caso do pé-direito de 2,64 a parte inferior vai até 1,46m, sendo a parte branca de 1,20m e no caso do pé-direito de 3,07m a parte inferior verde é de 1,67m e a parte branca de 1,40m. O teto é branco. A refletância da parede branca é de 75-89% e da verde claro 50-65%. (FERREIRA, 2010). Assim, conclui-se que no Colégio 8 de Maio a cor verde claro das paredes

e o seu pé-direito, que na prática implica na altura das lâmpadas, causando que os raios luminosos fiquem mais divergentes do plano de trabalho, não contribuem totalmente para a eficiência energética, embora estejam conforme a lei municipal. A altura de trabalho das mesas escolares encontradas no Colégio é de 0,75m, e de 0,65m no caso de crianças menores.

A limpeza da escola é feita no horário de funcionamento da escola, ou seja, quando há iluminação natural, e a limpeza das salas é programado para a hora de almoço, o que reduz o uso de energia na edificação, em comparação com esse serviço sendo feito à noite, necessitando de iluminação artificial.

Tabela 14 – DPI da sala de música

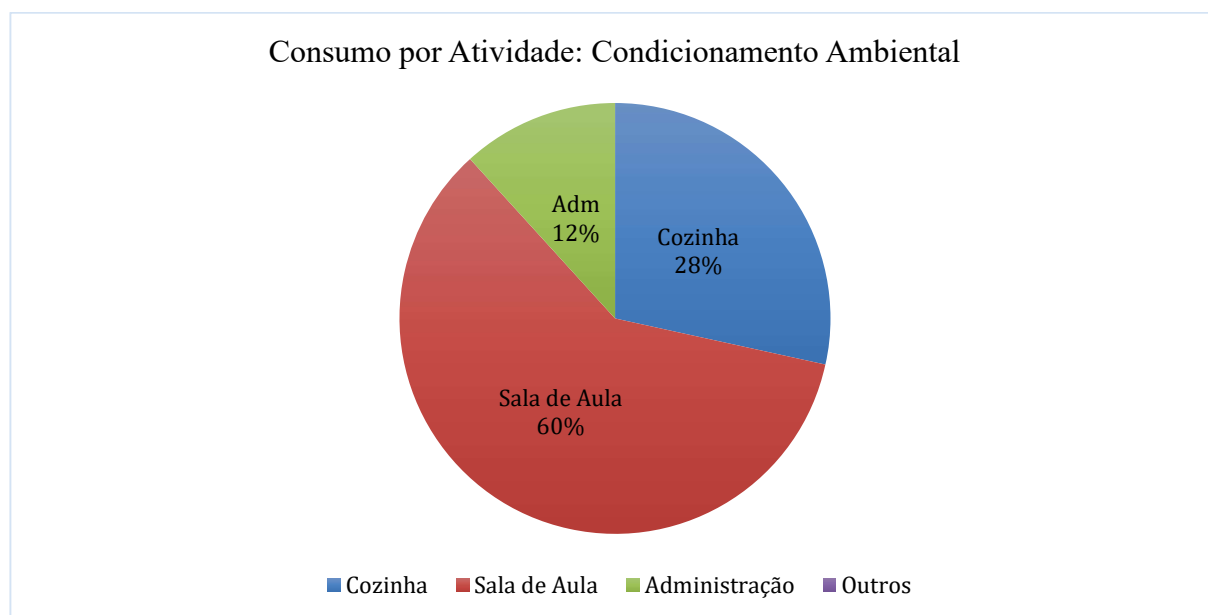
Área	Sala de Música	A	B, C	D, E	G, H, I
DPI	4,8	3,2	3,3	1,8	3

Fonte: Autora

A pior DPI, 4,8, conforme a Tabela 14, encontra-se na sala de música, o que se explica pela utilização de lâmpadas FCL de 45W como também por falta de iluminação natural nas salas de aula. Como ela se trata de uma construção posterior, recomenda-se ficar atento às novas construções, já que o Colégio está em expansão, para que a eficiência do edifício não seja diminuída.

Na estimativa de consumo de usos finais, o condicionamento ambiental é de 1115kWh, que representa 28% do consumo de energia elétrica em fevereiro de 2022. A estimativa de consumo foi obtida pelo levantamento de todos equipamentos, informação de consumo nas placas, localidades e horas de uso para os condicionadores de ar e por medição direta e mostragem para os ventiladores. Estima-se que 60% desse consumo aconteça nas salas de aula, 28% na cozinha, e 12% na administração, conforme a figura 23.

Figura 23 – Estimativa de Consumo de eletricidade por condicionamento ambiental em porcentagem no Colégio 8 de Maio em fevereiro de 2022



Fonte: Autora

O Colégio 8 de Maio possui sistemas de ar condicionado na recepção, na área administrativa, cozinha, sala de informática e biblioteca, totalizando 230m² de área útil dos ambientes condicionados, isto é 6%. Cada ambiente é condicionado separadamente por equipamentos do tipo *Smart Split*, que estão etiquetados de acordo com o nível de EE, segundo o PBE e o INMETRO, todos atingindo o nível A, menos um. Existe um condicionador de ar antigo na sala do diretor de BTU7500 marca Springer, mas que não está sendo usado no momento. Com tecnologia *Smart Split* passam a operar com capacidade mínima quando a temperatura desejada é alcançada, evitando o liga e desliga do compressor e gerando uma economia de 30 a 60% em relação aos convencionais. (FERREIRA, 2015). São utilizados durante o horário do funcionamento da escola das 7h às 17:30h nos dias de semana dependendo da temperatura. Por causa de recomendação da Covid-19 diminui-se o uso do condicionador de ar em alguns ambientes como a recepção, dando preferência à ventilação natural. Na administração, o uso acontece no verão para esfriar e no inverno para aquecer. Na cozinha o uso ocorre durante o ano todo para refrigerar o ambiente.

Tabela 15 – Equipamentos de ar condicionado no 8 de Maio

Condicionador de ar	Consumo por mês (kW)	Local	Consumo mensal usando 1 hora por dia (INMETRO)	Consumo mensal medido/estimativa
9000 BTU	1,4	Recepção	17,1	0
9000 BTU	1,4	Recepção	17,1	0
12000BTU	2	Administração	21,8	43,6
12000BTU	2	Administração	21,8	43,6
12000BTU	2	Administração	21,8	43,6
12000BTU	2	Biblioteca	21,8	21,8
7500BTU antigo	1,2	Diretoria	36	0
30000BTU	3,6	Sala de informática	54,1	278
30000BTU	3,6	Sala de informática	54,1	278
30000BTU	3,6	Cozinha	54,1	317
Total	15,6	10 unidades		1025

Fonte: Autora a partir de placas em equipamentos

Nas salas de aula são utilizados ventiladores mecânicos, conforme a figura 24. O ventilador K, na figura à esquerda, tem a potência de 45W e o ventilador V, à direita, de 150W na velocidade máxima. Os ventiladores K e os modelos de ventilador V mais novos, têm controle de velocidade. Para verificar os hábitos de uso, foi feita a medição direta, durante uma semana. O resultado foi utilizado como amostra. Os ventiladores estão em média a 2,50 metros de altura. A área ventilada mecanicamente totaliza 1478m², ou seja 38% da área da escola.

Figura 24 – Uma sala de aula do 8 de Maio



Fonte: Autora, 2020

A principal atividade relacionada ao aquecimento de água por eletricidade, as aulas de natação, foi suspensa por motivo da Covid-19. Assim, a partir de março 2019, não houve consumo causado pelos aquecedores elétricos da piscina e o uso dos chuveiros elétricos após as aulas de natação.

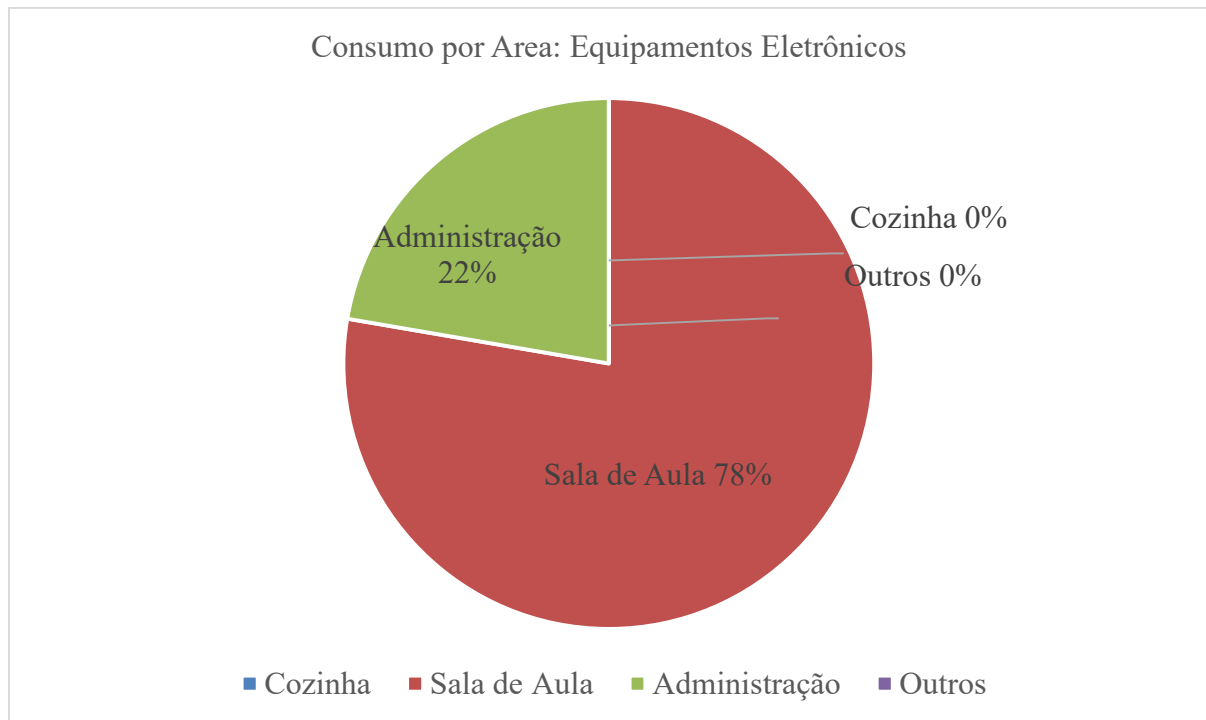
Na estimativa de consumo de usos finais, os equipamentos eletrônicos consomem 417kWh, conforme a Tabela 16, o que representa 10% do consumo de energia elétrica em fevereiro de 2022. A estimativa foi feita pelo levantamento de equipamentos, suas localidades, horas de uso e potências por medição direta e mostragem para os itens 1, 2; por pesquisa de dados na literatura e tabelas de Procel para os itens 3, 4 e 5 (Anexo A). Desse consumo, 78% acontece nas salas de aula e 22% na administração, como demonstrado na figura 25. A importância dos equipamentos eletrônicos se destacou no momento de aulas remotas híbridas, as quais não seriam possíveis sem os mesmos, principalmente no segundo semestre de 2020 e em 2021. Com a volta às aulas presenciais em 2022, já não é necessária a utilização de *laptops* e televisores em tempo integral. Por outro lado, nesse momento foram retomadas as aulas de informática.

Tabela 16 – Estimativa de Consumo de Equipamentos eletrônicos por mês

Equipamento eletrônico	Quantidade	Estimativa de Uso Horas/mês	Potência W	Consumo Mensal kWh
1. Tv	29	117	32,7	111
2. Laptops nas salas	29	117	19/46	137
3. Computador ensino	32	55	46	80
4. Computador adm	8	176	63	89
5. Impressora/Copiadora	4	11	15	1
Total	102			417

Fonte: Autora

Figura 25 – Consumo por área: Equipamentos Eletrônicos



Fonte: Autora

Na estimativa do consumo de usos finais, a conservação de alimentos representa 49% do consumo de energia elétrica em fevereiro de 2022. Verificou-se que 100% desse consumo acontece na cozinha e cantina. Na administração existe um freezer que está desativado.

Na tabela 17 têm-se todos os equipamentos de conservação de alimentos no 8 de Maio. Os valores foram obtidos por medições diretas, para os itens 2, 4, 5, 6, 10; por medição e mostragem para o item 3; por medição indireta para o item 9; pela placa de identificação para o item 8 e por consulta com o fornecedor para os itens 1 e 7.

Tabela 17 – Equipamentos de conservação de alimentos e cocção elétricos, suas quantidades, potências, fator de potência e consumo mensal

Equipamento	Quantidade	Potência W	FP	Consumo mensal kWh
1. Geladeira A	1	230	n/a	138
2. Geladeira G	1	237,9	n/a	48,2
3. Geladeira V	3	400	0,74	189
4. Freezer M	1	244	0,64	155,4
5. Freezer F	1	175	0,6	58,8
6. Freezer E	1	162	0,59	96,8
7. Freezer A	1	250	n/a	0
8. Carro térmico T	1	2500	1	165
9. Aquecedor de marmita P	8	2500	1	1022,2
10. Aquecedor de salgadinhos S	1	242	1	12,6
Total	19	7190,9	0,71	1886kWh

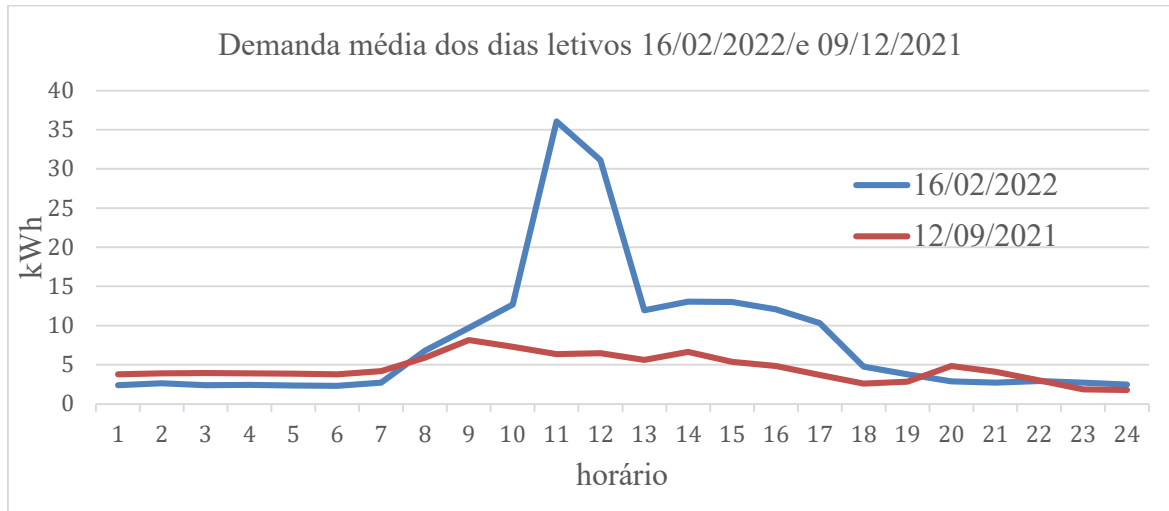
Fonte: Autora

Os dados medidos foram comparados com os resultados das entrevistas iniciais. Além de preparar o almoço para uma porção de alunos e funcionários, que é mantido quente num carrinho térmico, uma parte dos alunos traz suas marmitas que são aquecidas em banho-maria no horário de 9:30-11:30. Encontrou-se 4 aquecedores de marmitas, que tiveram de 1 a 3 andares. As placas indicavam potências de 2500W e 3500W, 220V. No entanto, verificou-se na hora da medição que cada nível estava conectado separadamente ao circuito; assim cada nível consumia o valor aproximado da placa e não o aquecedor inteiro. Através de medição indireta e o diagrama do funcionamento, utilizando medidor *Fluke 376 True RMs Clamp Meter* verificou-se o valor de corrente de cada nível de marmiteiro de 3 andares de marca AmpWatt 75/3, Potência 2500W, Tensão 220V, com respectivos valores 13,4A, 13,4A, 14,3A; e um aquecedor de dois níveis de marca Palley Modelo 75/3, Potência 3500W, Tensão 220V, 12,6A e 12,4A.

Durante a pandemia, o uso de banho-maria para marmitas foi proibido nas escolas, obrigando o Colégio a preparar o alimento para os alunos presenciais e funcionários. O banho-maria consome 1022,2 kWh por mês, o que representa 25% de todo o consumo do Colégio, e 52% do consumo das atividades da cozinha. Não foi escopo desse estudo verificar o aumento de gás derivado do hábito de preparar o alimento para todos os alunos, mas apontou-se o consumo relevante dos aquecedores de marmitas. Este fator pode ser observado na figura 26 que

demonstra as demandas médias em um dia letivo de 2021 e 2022. A utilização de equipamento de banho-maria foi retomada em 2022. A figura 26 mostra o pico de consumo no período de 9:30-11:30 quando os equipamentos de banho-maria estão ligados, o que não acontecia em 2021.

Figura 26 – Demanda média (kW) em dois dias letivos em 2021 e 2022



Fonte: Autora a partir do EDC (2022)

4.3 INDICADORES

A coleta de dados permitiu a identificação de indicadores, que poderão ser utilizados no futuro para avaliar a eficiência energética do Colégio. Os indicadores mais usados em escolas são: consumo de eletricidade pelo número de alunos, funcionários, salas de aula e área construída (m^2) que no Colégio 8 de Maio foram no ano de 2019 na média por mês, 19 kWh/aluno, 205 kWh/funcionário, 341 kWh/sala e 3,2 kWh/ m^2 , sendo os mesmos indicadores para o ano de 2020, 7 kWh/aluno, 75 kWh/funcionário, 126 kWh/sala e 1 kWh/ m^2 considerando a situação anormal de isolamento obrigatório relacionado à Covid-19. Os valores demonstram um declínio considerável nos indicadores devido à mudança de hábitos na escola. Os valores de cada mês estão inseridos na Tabela 18. Na Tabela 19, encontra-se os dados consolidados por ano, em que podemos ver que houve uma queda de 68% e 78% de consumo de eletricidade nos anos de 2020 e 2021 em relação ao ano de 2019

Tabela 18 – Indicadores de eficiência energética no Colégio 8 de Maio por mês (anos de 2019 e 2020)

Mês e ano	Consumo total kWh	kWh por aluno	kWh por funcionário	kWh por usuário	kWh por salas de aula	kWh por m ²
jan.-19	10259	15	93	13	354	3
fev.-19	10662	15	97	13	368	3
mar.-19	15424	22	140	19	532	4
abr.-19	18341	26	167	23	632	5
mai.-19	18426	26	168	23	635	5
jun.-19	20193	29	184	25	696	5
jul.-19	14523	21	132	18	501	4
ago.-19	9214	13	84	11	318	2
set.-19	22957	33	209	28	792	6
out.-19	19328	28	176	24	666	5
nov.-19	16871	24	153	21	582	4
dez.-19	17372	25	158	21	599	4
jan.-20	13564	19	123	17	468	3
fev.-20	16406	23	149	20	566	4
mar.-20	795	1	7	1	27	0
abr.-20	5155	7	47	6	178	1
mai.-20	5155	7	47	6	178	1
jun.-20	6021	9	55	7	208	2
jul.-20	5117	7	47	6	176	1
ago.-20	6459	9	59	8	223	2
set.-20	3781	5	34	5	130	1
out.-20	3254	5	30	4	112	1
nov.-20	3443	5	31	4	119	1
dez.-20	3253	5	30	4	112	1
jan.-21	3067	4	28	4	106	1
fev.-21	3322	5	30	4	115	1
mar.-21	3608	5	33	4	124	1
abr.-21	3632	5	33	4	125	1
mai.-21	3886	6	35	5	134	1
jun.-21	3667	5	33	5	126	1
jul.-21	3680	5	33	5	127	1
ago.-21	3594	5	33	4	124	1
set.-21	4027	6	37	5	139	1
out.-21	3886	6	35	5	134	1
nov.-21	4086	6	37	5	141	1
dez.-21	4136	6	38	5	143	1
jan.-22	3773	5	34	5	130	1
fev.-22	3466	5	32	4	120	1
mar.-22	4096	6	37	5	141	1
Média	8201	12	75	10	285	2

Fonte: Autora

Tabela 19 – Indicadores da eficiência energética no Colégio 8 de Maio por ano (2019, 2020 e 2021)

Ano	Consumo anual kWh	kWh por aluno	kWh por funcionário	kWh por usuário	kWh por sala de aula	kWh por m ²
2019	199.980	276	1764	240	6.672	48
2020	64.188	96	588	84	2.208	12
2021	44.592	60	408	60	1.536	12

Fonte: Autora

4.4 ANÁLISE PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO CASO

Sendo o objetivo deste trabalho verificar a possibilidade de redução do consumo de energia elétrica através do uso de tecnologias mais eficientes em escolas, nesta parte de trabalho apresenta-se os dados recolhidos para avaliação da substituição de tecnologias. Para isso, foi necessário compreender as características da instalação, o consumo de eletricidade, seus usos e alguns hábitos dos usuários. Os resultados obtidos permitiram verificar que o grande consumidor de energia elétrica é o setor da cozinha, sendo a mesma responsável por 58% do consumo; o ensino, ou seja, as salas de aula contando com 31% do consumo. Observou-se que ações já foram feitas para reduzir o consumo de energia, como por exemplo a troca por lâmpadas LED.

Há diversas maneiras de reduzir o consumo de energia elétrica na escola. Por exemplo, o uso de materiais de construção com transmitância de calor adequada ou o aproveitamento da iluminação e ventilação naturais podem diminuir ou eliminar a necessidade de uso da iluminação artificial e do ar condicionado. Nessa busca de eficiência, um outro elemento de uma importância inegável é a participação dos usuários e seus hábitos de uso. No entanto, o escopo dessa pesquisa se limita aos usos finais de energia elétrica que, por outro lado, dialogam naturalmente com os aspectos arquitetônicos e os hábitos.

Na iluminação, trata-se de substituição de equipamentos tais como lâmpadas, reatores e luminárias, instalação de dispositivos de controle: interruptores, sensores de presença, *dimmers*, etc. maior aproveitamento da iluminação natural ou uso de materiais com melhor refletância nas superfícies. No caso de condicionadores de ar, substituição de equipamentos individuais de janela ou equivalentes, utilização de *chillers* ou outras medidas. Quanto à força motriz, visa-se a substituição de motores elétricos de indução com carga constante por unidades de mais alto rendimento, com ou sem adaptação da potência nominal ou envolvendo outras partes do sistema motriz (máquina acionada, sistema acionado), instalação de acionadores de velocidade

ajustável (conversores de frequência). No caso da refrigeração (geladeiras, balcões frigoríficos, mostradores, freezers, etc.) propõe-se substituição de pequeno porte ou de modernização de processos, sistemas ou equipamentos. (ANEEL, 2021c). Além desses, a substituição de sistemas de aquecimento de água seria de grande importância para o Colégio 8 de Maio e inicialmente fazia parte deste estudo, se não fosse a paralização de grande parte da atividade esportiva do colégio devido à regulamentação da Covid-19.

O ideal é maximizar o uso de iluminação natural, incorporar tecnologias mais eficientes e aumentar a ventilação natural reduzindo a necessidade de ar condicionado. (SOUZA, 2014). Segundo Veras (2010) a implantação de um programa eficiente de manutenção de sistemas de iluminação pode proporcionar ganhos de até 30% no consumo de energia. Os sensores e detectores de presença, acionamento setorial de sistemas, programas de manutenção periódica e educação de usuários promovem a eficiência do sistema. Em caso de utilização do Colégio no período noturno, deve-se estudar o uso de sensores para espaços externos e corredores.

Utilizando como base as informações recolhidas nas etapas anteriores como as medições, o levantamento dos usos finais e os indicadores energéticos, foram determinadas algumas oportunidades de conservação de energia no colégio no campo de usos finais por substituição de equipamentos. Com isso, algumas propostas de melhoria foram sugeridas, sempre com a cautela de não interferir, negativamente, no conforto ambiental, e conseqüentemente, nos índices avaliativos do processo de ensino-aprendizagem.

4.4.1 Substituição de Tecnologias

A Potência Total Instalada para iluminação, que é a somatória da potência de todos os aparelhos instalados na iluminação, é de 11085W. A pesquisa destacou o ambiente de salas de aula, por motivo da finalidade primeira da escola descrita na introdução, a de aprendizado, sendo que a Potência Total Instalada para iluminação nas salas de aula e outros ambientes de ensino como a piscina e a biblioteca é de 7650W.

No Colégio 8 de Maio, no ensino fundamental e médio, a média de sala de aula é de 45,26m², sendo a mediana de 45,8m². Verificou-se uma boa manutenção periódica das salas, incluindo uma limpeza constante; apenas uma lâmpada quebrada foi encontrada durante as visitas na escola. A tecnologia mais eficiente para iluminação é a do LEDs e sua vida útil é extremamente prolongada conforme descrito no item 2.3.6. O colégio Oito de Maio já trocou praticamente todas as lâmpadas para os LEDs. Os LEDs utilizados são de 25W. Estima-se que desta maneira

já foi economizado por volta de 326kWh por mês em relação às lâmpadas fluorescentes de 45W e 29.499 kWh em relação às incandescentes halógenas de 150W. Além da conservação de energia, esta troca contribui para diminuir a carga térmica que nas condições climáticas brasileiras tem relevância. Restam algumas FLCs nas salas de música e nos espaços externos, que também podem ser futuramente trocadas por LEDs. A substituição se paga nas condições do 8 de Maio nas salas de aula em 2,4 anos e nas salas de música, em que se encontrou lâmpadas FCL, em 4,2 anos. As lâmpadas externas são minimamente usadas devido à utilização da escola apenas no período diurno. Contudo, por volta de 8 vezes ao ano organiza-se eventos noturnos para os alunos e pais no Colégio 8 de Maio, necessitando de um gerador diesel adicional, para evitar a falta de eletricidade que acontecia anteriormente nesses eventos.

O Colégio de 8 de Maio, em relação ao aumento de eficiência na iluminação, está utilizando a melhor opção tecnológica, podendo melhorar em outros campos como a educação dos usuários e cuidados contínuos de manutenção. Também em alguns casos, é possível melhorar a economia de energia através de um rearranjo na disposição de lâmpadas e interruptores.

Conforme a pesquisa de Souza (2012) na Carolina do Norte, Estados Unidos, através de sensores, que ajustam o nível de iluminação artificial em função da iluminação natural e de 20 sensores de ocupação, algumas escolas estão consumindo de 22 a 64% menos energia que escolas similares da região. Na área de permanência transitória como corredores, banheiros, depósitos, os sistemas de controle de iluminação podem utilizar fotocélulas para desligar ou dimerizar lâmpadas conforme a luminosidade do local ou por sensores de presença.

Veras (2010) propõe o uso racional do ar condicionado 1) regulando adequadamente os termostatos de todos os equipamentos; 2) realizando a limpeza periódica dos filtros e dos condensadores; 3) mantendo as portas e janelas fechadas, evitando a entrada de ar externo; 4) utilizando o ar exterior quando a temperatura externa estiver amena; 5) eliminando a incidência direta do sol, sem prejuízo da iluminação do ambiente; 6) desligando os equipamentos de ar condicionado nos ambientes não utilizados e durante os períodos de limpeza; 7) programando o desligamento do sistema de ar condicionado central para horários predefinidos de expediente (ex: ligar 30 minutos antes do expediente e desligá-lo meia hora antes do final, aproveitando a inércia térmica) 8) verificando possíveis irregularidades que resultem em desperdícios (ex: termostatos defeituosos ou inoperantes, carga de gás insuficiente, etc.); 9) evitando cargas térmicas de outras atividades em especial a iluminação e 10) mantendo as grelhas de circulação de ar desobstruídas.

No Colégio existem 10 condicionadores de ar, nove com selo A de Eficiência Energética e um bem antigo, sem o selo que não está sendo usado no momento. A Potência Total Instalada para o ar condicionado é de 15600W. Existe um potencial de conservação de energia não apenas por troca por aparelhos mais eficientes, mas usando tecnologias diferentes ou as que se complementam. No caso do conforto térmico, a instalação de ventiladores nos ambientes que usualmente são refrigerados apenas com condicionadores de ar pode aumentar a eficiência. No prédio de Ensino Infantil do Colégio, essa prática já é aplicada no dormitório, onde existe um condicionador de ar e dois ventiladores.

Na inspeção visual chamou atenção a organização da cozinha: equipamentos de cocção e de aquecimento junto aos equipamentos de refrigeração. Existe um ar condicionado que fica ligado praticamente o tempo todo do expediente lutando contra o calor oriundo dos fogões e fornos a gás. Ainda neste mesmo espaço, os refrigeradores e freezers aumentam a carga térmica. Chamou a atenção a falta de exaustores. As janelas e portas da cozinha são mantidas abertas a maior parte do tempo. A instalação de um exaustor que movimenta o ar quente para o exterior diminuiria a necessidade de refrigeração, ou seja, o consumo por uso do condicionador de ar. É difícil calcular o consumo evitado, pois o uso de um exaustor não exclui o condicionador de ar. O consumo atual do ar condicionado da cozinha estima-se ser de 381kWh/mês enquanto o do exaustor seria de 132kwh/mês. O custo de aquisição e instalação de um exaustor é de R\$1860. Se o exaustor permitisse diminuir o uso desse condicionador de ar no mesmo nível dos demais condicionadores de ar do colégio, o tempo de retorno do exaustor seria de menos de um ano.

No 8 de Maio, a maioria das salas é construída de modo que de um lado encontram-se as janelas e do outro a porta. Em três salas, no bloco 04, existem janelas em duas paredes, criando uma condição favorável para o vento cruzado. Nestas salas, observou-se que os ventiladores não foram adicionados tão prontamente quanto nas salas sem o vento cruzado. Em todas as salas de aula encontrou-se um ventilador de parede, que está em média a 2,00 metros de altura.

A Potência Total Instalada estimada para ventilação é de 3800W com 33 ventiladores de parede ou de pedestal. Os ventiladores utilizados têm um diâmetro de 60 cm, e são de dois tipos: o Ventilador V, cuja potência, na velocidade máxima, é de 150W e o outro, o Ventilador K, cuja potência é de 45W conforme a informação do fabricante e medição direta. Nas primeiras visitas ao colégio Oito de Maio encontrou-se 2 ventiladores do modelo K, e para o semestre 1/2022 foram adquiridos mais 9 ventiladores que substituíram os modelos V.

Foi feito o cálculo da substituição dos ventiladores V pelos ventiladores K. O tempo de retorno da substituição do ventilador, conforme a Tabela 20 abaixo, é de 3,8anos, e no caso de *retrofit*, com apenas a troca do motor dos ventiladores existentes, de 3,0 anos, se os ventiladores forem utilizados por 6 horas nos dias letivos.

Tabela 20 – Tempo de retorno do investimento em ventiladores ou motores eficientes

Equipamento	Consumo Anual do Ventilador V (kWh)	Consumo Anual do Ventilador K (kWh)	Consumo Anual Evitado (kWh)	Consumo Anual evitado (R\$)	Investimento (R\$)	Tempo do retorno (anos)
21 Ventiladores	3780	1134	2464	2567	9786	3,8
21 Motores	3780	1134	2464	2567	7686	3,0

Fonte: Autora

Os ventiladores mais silenciosos oferecem mais conforto acústico, o que é um fator importante no ambiente ensino-aprendizado, já que, conforme Burgos, Grigoletti e Paixão (2015), o ruído em salas de aula pode afetar a saúde do escolar, aumentando os níveis de pressão arterial, frequência cardíaca e de alguns hormônios, como o cortisol, que está relacionado ao estresse.

Um potencial de conservação foi encontrado na conservação de alimentos, já que algumas geladeiras e freezers são modelos bem antigos, ou seja, ineficientes. A Tabela 21 demonstra o consumo dos equipamentos, suas equivalentes mais eficientes, consumo evitado e tempo de retorno dos equipamentos cuja substituição tem um tempo de retorno menor do que 6 anos. O potencial de conservação desse equipamento é de 5271kWh que em março 2022, corresponde a R\$5113 em valores monetários. Freezer A não está em uso no momento, mas conforme o fornecedor, seu consumo mensal é de 208kWh, podendo ser trocado por um equipamento mais moderno e eficiente caso for necessário. Os dados dos equipamentos substitutivos foram adquiridos por consulta no site da loja virtual (Magazine Luiza, 2022; FastShop, 2022)

Tabela 21 – Tempo de retorno do investimento em equipamentos substitutivos de conservação de alimentos

Equipamento	Consumo Anual do Equipamento atual (kWh)	Consumo Anual do Equipamento substitutivo (kWh)	Consumo Evitado (kWh)	Consumo Anual Evitado (R\$)	Investimento (R\$)	Tempo do retorno (anos)
Freezer M	1865	308	1556	1510	1313	0,9
Freezer A	2496	462	2034	1973	1694	0,9
Freezer E	1162	549	613	594	2709	4,6
Geladeira A	1656	588	1068	1036	5853	5,6
Total	7179	1908	5271	5113	11569	2,3

Fonte: Autora a partir de dados do Magazine Luiza e da FastShop (2022)

Embora fora do escopo desta pesquisa, levantou-se a possibilidade de mudança de hábitos no que diz respeito ao aquecimento de marmitas por banho-maria que representa um valor significativo na cocção, devendo-se aprofundar nas pesquisas de como aquecer o alimento, se realmente precisa ligar o equipamento durante duas horas. A escola também conta com um aquecedor de marmita a gás, que representa uma possibilidade de redução de consumo, desde que se faça o cálculo do consumo e custo de instalação dos aquecedores por banho-maria a gás.

Além dos equipamentos elétricos, a cozinha se destaca na organização dos mesmos. Os fornos, fogões e aquecedores de marmita estão no mesmo ambiente dos refrigeradores, aquecendo o ambiente. Tenta-se refrigerar o mesmo com um condicionador de ar de 30000BTU que segundo os funcionários fica ligado praticamente o tempo todo do expediente. Deve-se estudar possibilidades de deslocar o ar quente para fora da cozinha, possivelmente com a utilização de exaustores, e relocar os equipamentos de refrigeração para um ambiente menos quente.

O Colégio 8 de Maio conta com uma piscina interna aquecida, de tamanho 16m por 10m com profundidade de 1,3 metros em um lado e de 1 metro no outro lado, totalizando 168m³, aquecida por dois aquecedores elétricos de 30000W, necessitando de uma bomba de 3500W. Nas dependências da piscina existem também 16 chuveiros elétricos que consomem 2800W no modo verão e 5250W no modo inverno, totalizando uma potência instalada para natação de 147500W. Para melhorar a eficiência energética da piscina, usa-se uma manta térmica quando a piscina não está em uso. No novo normal, a piscina está desativada, não afetando a demanda do Colégio. No caso de reativação da piscina, dever-se-á fazer a sua medição. Ao que tudo indica, o que inicialmente foi inclusive parte do objetivo do estudo, o aquecimento da piscina representa um grande potencial de conservação. Outras opções de aquecimento da piscina mais eficientes são o aquecimento solar, o trocador de calor, o aquecedor a gás ou suas combinações. O mesmo se aplica aos chuveiros elétricos que são utilizados devido à utilização da piscina. Desde março de 2020 a piscina está desativada, não contribuindo para a curva de carga do Colégio. Assim ficou fora do escopo desta pesquisa. No entanto, se for futuramente usada, representa um uso final com um potencial de conservação de energia elétrica.

A Potência Total Instalada para informática e tecnologias de ensino é de 10495W, com 40 computadores, 29 laptops, 4 impressoras e 29 televisores. O maior consumo de energia na informática está sendo observado no novo normal, quando as aulas estão sendo transmitidas de forma remota para os alunos que ficam em casa. Foram adquiridos 7 *laptops* novos para esta finalidade. Os novos *laptops* consomem 19W, comparados aos convencionais, que consomem

46W. Com a troca de todo estoque de *laptops* (29 unidades), chegaremos à conservação de 1873 kWh por ano. O uso e a conservação desses equipamentos necessitam do condicionamento dos ambientes. Por isso, foram instalados dois condicionadores de ar de 30000BTU na sala de informática que contribuem para a vida útil dos equipamentos. Também na administração e biblioteca, o uso de ar condicionado é parcialmente ligado ao uso de equipamentos elétricos. Importante na conservação de energia em relação às tecnologias de informática é que seja dimensionada conforme a necessidade real da escola.

4.4.2 Utilização do Espaço

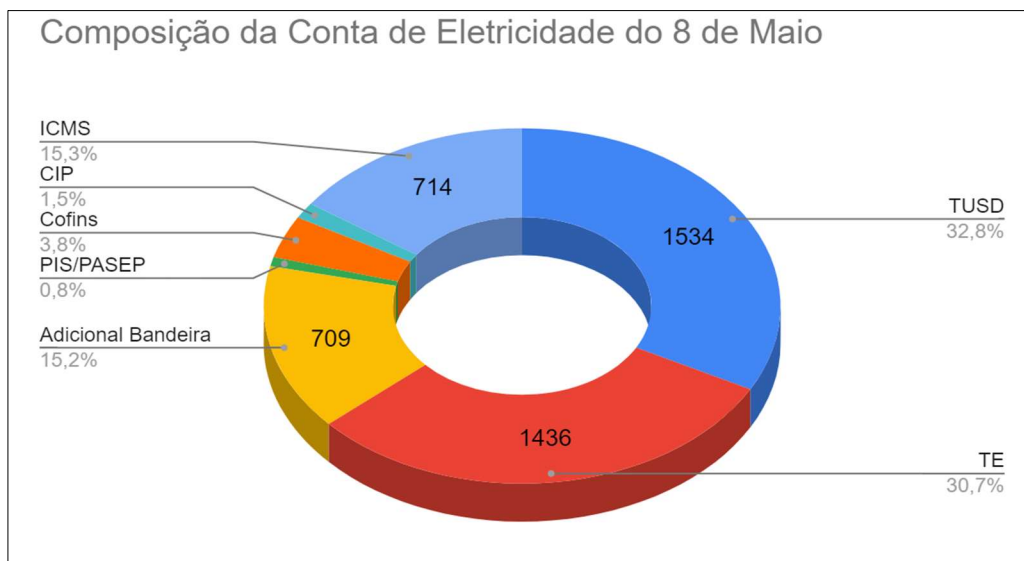
Dentre as técnicas para redução da energia consumida pelo sistema de resfriamento ambiental pode-se citar a adequação do “microclima inserido no ambiente urbano”, para diminuir a carga térmica do ambiente externo. Como resultado algumas escolas têm melhorado a qualidade do ar interno, minimizado o desperdício de construção e operação e reduzido os impactos ambientais negativos. (SOUZA, 2012). O colégio 8 de Maio está situado num bosque de 120.000 m², tendo uma clima naturalmente agradável, não acarretando cargas térmicas do ambiente externo típicas de regiões urbanas chamadas ilhas de calor.

O Colégio 8 de Maio tem grande possibilidade de utilizar os espaços para aulas ao ar livre que é uma forma energeticamente eficiente quanto a iluminação e ventilação, uma nova tendência em países Europeus. Além disso, a utilização das instalações escolares para outras finalidades nos horários livres, aumentará a eficiência. Isso já acontecia no caso das atividades da piscina que antes da pandemia era aberta também para outras pessoas além dos alunos e funcionários, a eficiência sendo providenciada por escala. Contudo, podemos concluir que deveria se investir no planejamento não somente do uso final de energia, mas de todo o espaço e sua forma de uso.

4.4.3 Avaliação da Fatura e da Tarifa

O objetivo da análise da fatura e da tarifa é determinar a modalidade tarifária e o contrato mais adequado, para minimizar a despesa na conta de energia elétrica. Embora a mudança tarifária e dos valores de contrato não reduzam diretamente o consumo de energia elétrica da instalação, ela pode proporcionar uma economia de recursos financeiros, já que a estrutura tarifária afeta o custo da energia em horários do dia e período do ano, onde as condições de fornecimento são mais críticas. (VERAS, 2010). A fatura de Energia elétrica do 8 de Maio é composta do Valor de Energia Ativa e Tributos Federais, Estaduais e Municipais na seguinte proporção ilustrada na figura 27.

Figura 27 – Composição da conta do Colégio 8 de Maio de 02 de Março de 2022 (R\$)



Fonte: Autora a partir das contas da Enel

A otimização tarifária significa escolher a tarifa mais conveniente para a unidade consumidora, considerando-se o seu funcionamento, as características do seu processo de trabalho, bem como a possibilidade de se fazer modulação de carga. A simulação realizada com os dados obtidos nas contas de energia elétrica confirma, ou não, a tarifa utilizada como a mais conveniente, e com os fatores de carga vigentes e a legislação tarifária em vigor, aponta a tarifa que proporciona o menor custo médio identificando-se as horas do dia de maior consumo e as flutuações de consumo ao longo do ano. (VERAS, 2010).

As tarifas horo-sazonais apresentam possibilidades para o gerenciamento das despesas com energia, permitindo obter menores custos, desde que se possam minimizar, ou evitar, o consumo e a demanda nos horários de ponta. Utilizando o software da EDC para a simulação da otimização tarifária, verificou-se que em fevereiro de 2022, a tarifa convencional foi o mais indicado, pois o consumo ficou na faixa de ponta em 15%, na faixa de transição em 18% e na faixa fora de ponta em 68%. No entanto, a análise tarifária deve ser realizada sempre que as características de consumo das instalações mudem, seja por mudança de hábitos ou por alteração na potência instalada.

O preço da eletricidade varia segundo a concessionária, a classe de consumidores, os impostos e taxas de cada estado ou município e as bandeiras aplicadas. Em Itapeccerica de Serra, a eletricidade custa, sem impostos e tarifas, R\$ 0,725 por kWh para a Classe B3. Adicionando os impostos e tarifas, em março de 2022, chegamos a R\$ 0,97 por kWh conforme as contas do Colégio.

5. CONCLUSÕES

Esta dissertação tem por objetivo verificar se há oportunidade de conservação de energia elétrica em escolas, através do uso de possíveis tecnologias mais eficientes. Para esse fim, foi feito um estudo de caso no Colégio 8 de Maio, em que se verificou seu consumo de eletricidade e a origem do mesmo, para depois avaliar alternativas e custos evitados, bem como o tempo de retorno do investimento necessário. A compreensão da realidade de consumo de energia da escola dá subsídios para avaliar ações de melhoria de eficiência energética. O uso de duas abordagens, *top-down* e *bottom-up*, permite estimar o consumo de energia elétrica da escola. A pesquisa de custos de substituição e sua viabilidade econômica sustenta a prioridade das ações. A abordagem *top-down* pode ser feita utilizando as contas de eletricidade e/ ou equipamentos específicos como o da EDC. A abordagem *bottom-up* pode ser feita por levantamento desagregado de usos finais, onde é listado cada equipamento e seu consumo, que pode ser levantado via medição, estimado pelas características do equipamento e horas de uso do mesmo, dados da placa de fabricante e listas do Procel ou dados de pesquisas anteriores. Assim, o conhecimento dos usos finais, seus comportamentos, hábitos de uso dos usuários e legislação dá subsídios para o planejamento de melhoria em eficiência energética, sendo possível identificar oportunidades de conservação de energia. Conclui-se que, além do uso final e dos hábitos, o meio afeta a eficiência.

Os refrigeradores em geral têm um grande potencial de conservação de energia. Uma melhoria expressiva na eficiência (de até 33%) tem sido constatada desde a concessão do Selo Procel para esses equipamentos. Existe um potencial de conservação no caso do 8 de Maio, principalmente na cozinha, realizando a troca de aparelhos mais antigos para mais novos e eficientes. Geralmente, a eficiência de refrigeração nos equipamentos novos é melhorada, através de questões técnicas do motor e materiais de envoltura, evitando lâmpadas que esquentam, e por dimensionamento para temperaturas recomendadas através de termostato de controle.

A situação da cozinha do 8 de Maio se mostra bastante interessante: os fornos e equipamentos de refrigeração produzem calor que é resfriado por um condicionador de ar de 30000BTU que fica ligado durante todo o expediente. Geralmente, nos ambientes onde há alguma fonte de contaminação do ar (cozinhas, banheiros, laboratórios, etc.) usa-se exaustores. Destaca-se a falta de exaustor ou coifa para eliminar calor e vapor do ambiente. Recomenda-se a instalação

de um equipamento para retirar o ar aquecido pela cocção, inclusive para diminuir a sobrecarga de calor sobre os equipamentos de refrigeração.

Seguindo o princípio de eficiência energética, devemos aquecer e esfriar onde for necessário, evitando desperdícios. Para isso, deveria-se considerar a reorganização do *layout* da cozinha, procurando separar os fornos e aquecedores de marmita dos equipamentos de refrigeração. Afastar os equipamentos das paredes, por exemplo em 10cm, permitiria que o ar quente circulasse melhor.

A tecnologia LED tem trazido muita eficiência aos edifícios públicos nas últimas décadas. Depois da recente reforma elétrica, o Colégio já utiliza a tecnologia LED praticamente em toda instalação. A DPI da instalação corresponde a uma classificação A do Procel Edifica. Isso porque há aproveitamento de luz natural através de soluções arquitetônicas como aberturas e espaço livre de impedimentos de entrada de luz nos locais. Inclusive, as atividades do Colégio incidem nos horários da luz do dia. As medições luminotécnicas apresentam valores inferiores ao recomendado pelas normas da ABNT. Em caso de utilização do Colégio também no período noturno, deve-se fazer um outro estudo sobre a iluminação. Alguns ambientes, como por exemplo banheiros ou alguns corredores, poderiam se beneficiar dos sensores, mas sua participação é pequena no consumo total. Inclusive, vários corredores são utilizados como postos de trabalho de assistentes no período integral, necessitando de iluminação contínua.

Vale mencionar que no caso das salas de música, o valor da DPI é de 4,8, relativamente mais alto do que em outros ambientes, explicado pelo uso de lâmpadas FCL de 45W como também a forma de construção que não favorece a luz natural da mesma forma do que nas construções anteriores. Atualmente é utilizada duas vezes na semana, mas em caso de seu uso ser intensificado, dever-se-ia considerar o aspecto de eficiência energética. Isso também serve de evidência de que no local, a construção mais recente é menos eficiente energeticamente em termos de iluminação.

O conforto ambiental afeta a qualidade do ensino. Os alunos expostos a ambientes ventilados toleram temperaturas mais altas. A boa ventilação é importante para a qualidade do ar e tem conseqüente efeito na saúde dos usuários. A ventilação pode ser feita por ventilação natural ou mecânica. A ventilação também oferece uma oportunidade de conservação de eletricidade. No colégio estudado, a substituição por ventiladores mais eficientes já está em andamento, embora o 8 de Maio esteja localizado no Clima Oceânico Temperado (Cpf), o que significa que as

temperaturas são mais baixas do que nos climas equatoriais ou tropicais. Nas regiões que exigem o uso contínuo de ventilador, pelo menos 6 horas de uso por dia letivo, a substituição por esta nova tecnologia se paga em menos de 4 anos. Mais estudos deveriam ser realizados sobre o uso de ventiladores nas escolas, onde são mais frequentes do que em outros prédios públicos, principalmente em climas equatoriais e tropicais, que são mais quentes e úmidos. Nessas condições, os ganhos aparentam ser ainda maiores. Além disso, ventiladores que têm controle de velocidade se ajustam melhor às necessidades reais, conservando energia.

Nos condicionadores de ar o uso da tecnologia *smart inverter*, que controla a rotação do compressor, traz mais eficiência. Em relação aos usuários, o condicionador de ar não é sentido tão agradável como a ventilação natural ou mecânica, e pode causar alguns sintomas como secura nos olhos, garganta seca, nariz entupido e coceira nos olhos, além da “poluição térmica” liberada no ar livre externo. No Colégio 8 de Maio, a utilização de ventiladores conjuntamente com o condicionador de ar, como é feito no dormitório da sua escola infantil, pode elevar o *setpoint* do equipamento e trazer mais conforto ambiental e eficiência energética.

A análise de eficiência energética realizada no Colégio 8 de Maio permite identificar e priorizar oportunidades de reduzir o consumo de energia elétrica nessa instituição, e pode servir de modelo para outras instituições educacionais particulares ou públicas. Além disso, entender o uso de energia na escola pode auxiliar na aplicação dessas descobertas em outros tipos de edifícios.

As pesquisas futuras no 8 de Maio devem contemplar o uso do espaço no período noturno e alternativas tecnológicas para o aquecimento de água. As pesquisas sobre a eficiência energética têm possibilidade de transdisciplinar-se, por exemplo, verificar a relação entre os espaços de menor eficiência energética e de outros tipos de desperdícios ou a relação de eficiência energética entre a capacidade de gerir conflitos de diferentes áreas na escola ou em outras instituições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, F. et al. Estudo sobre a viabilidade financeira na atualização tecnológica de uma planta fabril: Utilização de motores elétricos de alta eficiência e iluminação LED. **Revista Espacios**, v. 38, n. 12, p. 5-17, 2017.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. Indoor swimming pools. *In: ASHRAE Handbook: HVAC Applications*. 2019.cap.6. Disponível em: <https://www.dxair.com/pdf/designguide/ashrae-2019-hvac-manual.pdf>. Acesso em: 20 maio.2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: desempenho térmico de edificações: parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005. 30p.

_____. **NBR ISO/CIE 8995-1**: iluminação de ambientes de trabalho: parte 1: interior. Rio de Janeiro, 2013. 46p.

_____. **NBR 6023**. Informação e Documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro. 2002. 24p.

_____. **NBR16401-3**: Instalações de ar-condicionado: sistemas centrais e unitários: parte 3: qualidade do ar interior: parâmetros básicos de projeto. Rio de Janeiro, 2008. 24p.

ABREU, H. Í. Eficiência Energética de Equipamentos Elétricos Residenciais: Como reduzir o consumo de Energia Elétrica. **Revista Científica de Ciências Aplicadas da FAIP**, v.2, n.3, p.1-10, maio 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Por dentro da Conta de Luz**. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/Cartilha_tarifas_Enersul.pdf Acesso em: 01/01/2022

_____. **Bandeiras Tarifárias**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/faq-tire-suas-duvidas-sobre-a-bandeira-escassez-hidrica>. Acesso em: 20 mai. 2022.

_____. **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética: Módulo 7 – Cálculo da Viabilidade**. Brasília: ANEEL, 2013. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/zip/PROPEEv1.zip>. Acesso em: 29 nov. 2020.

_____. **Resolução Normativa, Nº. 414, de 9 de setembro de 2010**. Disponível: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf> Acesso em: 22 dez.2021. 2021a

_____. **A Tarifa de Energia Elétrica**. Disponível: <https://www.aneel.gov.br/tarifas> Acesso em: 26 dez. 2021. 2021b

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Aneel Nº 920, De 23 de Fevereiro de 2021.** Procedimentos do Programa de Eficiência Energética - PROPEE. 2021. Disponível em www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-920-de-23-de-fevereiro-de-2021-*-306209537 Acesso em: 25 dez. 2021c

_____. **Tarifas de fornecimento de energia elétrica.** Brasília: ANEEL, 2017. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/dados/tarifas> Acesso em: 10 dez. 2019

ALTOÉ, L., COSTA, J. M., FILHO, D. O., MARTINEZ, F. J. R., FERRAREZ, A. H. , e ARRUDA V. L. **Políticas públicas de incentivo à eficiência energética.** ESTUDOS AVANÇADOS, São Paulo, v. 31, n. 89, p. 285-297, jan./abr. 2017.

ALVAREZ, A. L. M.. **Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica:** Metodologia para a Determinação dos Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

ANDRADE, P. R. **Correção do Fator de Potência em Sistema de Climatização Aplicado em Self-Contained: Estudo de Caso com Foco na Viabilidade Financeira e Econômica.** 2020, 117 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2020.

ARIES, M. B. C., AARTS, M. P. J. & VAN HOOFF, J. Daylight and health: A review of the evidence and consequences for the built environment. **Lighting Research and Technology**, v.47, n.1, p. 6-27, 2015.

BARBOSA, M. S. S. **O Papel da Escola:** obstáculos e desafios para uma educação transformadora. 2004. 234f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

BARRETO, T. Z. O. **Análise da Correção do Fator de Potência do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO) da Universidade Federal de Viçosa.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Viçosa, 2017.

BARROS, B. F., GEDRA, R. L., BORELLI, R.. **Eficiência Energética - Técnicas de Aproveitamento, Gestão de Recursos e Fundamentos.** 1ª ed. São Paulo: Editora Ática, 2015. 152p.

BRASIL. Decreto 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei n.10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2001b.

_____. Decreto Nº 9.863, de 27 de junho de 2019. Dispõe sobre o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - Procel e sobre o Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional da Energia. **Diário Oficial da União:** edição 123, seção 1, p.1, 29 jun.2019.

BRASIL. Instrução Normativa n.2, de 4 de junho de 2014. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública

Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Ence) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2014

_____. Lei 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2001a.

_____. [LEI Nº 9.478, de 6 de agosto de 1997](#). Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 1997

_____. Portaria Interministerial MME/MIC n.1.877, de 30 de dezembro de 1985. Institui o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 1985.

_____. Resolução CREG nº 3. Determina à Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel que implemente patamar específico das bandeiras tarifárias, de que trata o decreto nº 8.401, de 4 de fevereiro de 2015, para arcar com os custos que especifica. **Diário Oficial da União**: edição 165-B, seção 1 - extra B, p.1, 31 ago. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética**: premissas e diretrizes básicas. Brasília: MME, 2011.

_____. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: MME, 2007. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-PNE-2030>. Acesso em: 02 mar. 2022.

_____. **Avaliação de Eficiência Energética na Indústria e nas Residências**. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Gestão socioambiental nas escolas públicas**: A3P. Brasília, MMA, 2017.

BRUYNE, P. **Dinâmica da pesquisa em ciências sociais: os pólos da prática metodológica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves Editora, 1982.

BURGOS, E.G., GRIGOLETTI, G. C.; PAIXÃO, D. X. Otimização do conforto ambiental no espaço escolar: uma visão sustentável. **Cinergis**, v.16, n.1, p.66-70, jan./mar. 2015.

CALIFORNIA ENERGY COMMISSION. **Bright School Program**. Califórnia, 2004. Disponível em: <https://www.energy.ca.gov/programs-and-topics/programs/bright-schools-program>. Acesso em: 26 dez. 2019b.

CALIFORNIA ENERGY COMMISSION. **CHPS: Collaborative for High Performance Schools**. Califórnia, 2001. Disponível em: www.energy.ca.gov/efficiency/brightschoools. Acesso em: 26 dez. 2019a.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Dados e Análises**. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/web/guest/dados-e-analises/consumo> Acesso em: 04.03.2022

CLIMATE-DATA **Dados climatológicas de Itapecerica da Serra**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/itapecerica-da-serra-50593/#climate-table> Acesso em: 04 mar. 2021

COSTA, E.C. **Ventilação**. São Paulo: Edgard Blucher, São Paulo, 2005. 271p.

DAISEY J.M., ANGELL W.J., APTE M.G. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. **Indoor Air**. v.13, n.1, p.53-64. Mar. 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-0668.2003.00153.x> Acesso em: 29 nov. 2020.

DALLABRIDA E. C.; GONÇALVES C. M.; PIOVESAN, T. R. Análise comparativa da eficiência energética em lâmpadas incandescentes, fluorescentes e led. *In*: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 23. , 2015. Ijuí. **Anais [...]**. Ijuí: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), 2015. p. 1-6.

DANEULT, V. **Sensibilité cérébrale à la lumière en fonction du vieillissement et d'aspects physiologiques fonctionnels de l'œil**. 2013, 155p. These (Doctorat en Psychologie) - Faculté des Arts et Sciences, Université de Montreal. Montreal, 2013.

D'ARC, Joana Darc Vaz da Silva; OLIVEIRA, Juliana Inês Segatto; SILVA E SILVA, Talita Cardoso; PORTO JUNIOR, Francisco Gilson Rebouças. **Um passo a frente: metodologias de estudo da ciência, tecnologia e inovação dentro das escolas**. Palmas: Eduft, 2021. 25 p.

DE VECCHI, R. **Condições de conforto térmico e aceitabilidade da velocidade do ar em salas de aula com ventiladores de teto para o clima de Florianópolis/SC**. 2011, 142f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

DIXON, R. K. et al. US energy conservation and efficiency policies: Challenges and opportunities. **Energy Policy**, v.11, p.6398-408, 2010.

ENERGIA das coisas. Disponível em: <https://www.energiadascoisas.com.br/> Acesso em: 12 mar. 2021.

ELETROBRAS. **Manual para Aplicação do RTQ-C**. Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações - CB3e – UFSC. Rio de Janeiro, 2016.

FASTSHOP. Disponível em <https://www.fastshop.com.br> Acesso em: 02 mar. 2022.

FERREIRA, R. A. F. **Manual de Luminotécnica**. Disponível em: <http://joinville.ifsc.edu.br/~luis.nodari/Disciplinas/IEI/Catalogos/Luminot%C3%A9cnica/Manual%20Luminot%C3%A9cnica%20UFJF.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2020.

FERREIRA, S. O., et al. Comparativo econômico entre condicionadores de ar com tecnologias convencional e inverter. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. Anais [...]. Tema: Perspectivas globais para a engenharia de produção,

p.1-20. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_214_267_28340.pdf . Acesso em 02 mar. 2022.

FERREIRA, A. M. C., CARDOSO, M. Qualidade do ar interno e saúde em escolas: . **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v.40, n.3, p. 259-268, Jun. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132014000300009>. Acesso em: 02 mar. 2022.

FERREIRA, F. C. **Procedimento de avaliação de conforto ambiental e eficiência energética aplicado a um caso típico da Rede Estadual de Escolas Públicas de Minas Gerais**. 2006.251f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

FLEITER, T. et al. Adoption of energy-efficiency measures in SMEs - An empirical analysis based on energy audit data from Germany. **Energy Policy**, v.51, p. 863-75, 2012.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3.ed. Tradução: Joice Elias Costa. Porto Alegre: Artmed. 2009.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R.. **Manual de conforto térmico**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1999.

GELLER, H. et al. Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil. **Energy Policy**, v.32, n.12, p.1437-50, 2004.

GELLINGS, C. W. The concept of demand-side management for electric utilities. **Proceedings of the IEEE**, v. 73, n. 10, p. 1468-1470, 1985.

GIL, A. 2008. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed., 3 reimpr., São Paulo: Atlas.

GONÇALVES, Elisa Pereira. **Iniciação à pesquisa científica**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2001.

HATHAWAY, W., E. (1995). Effects of School Lighting on Physical Development and School Performance. **The Journal of Educational Research**, v.88, n.4, p.228-242.1995.

HENSHAW, D. L. Enchanged deposition of radon daughter nuclei in the vicinity of power frequency electromagnetic fields. **International Journal of Radiation Biology**, v. 69, n.1, p. 25–38. 1996.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Resultados do Censo de Educação Básica 2019**. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/download/2019/infografico_censo_2019.pdf . Acesso em: 21 fev. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Tabelas de Eficiência Energética**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>. Acesso em: 3 ago. 2021.

JANUZZI, G. M. **Políticas públicas par eficiência energética e energia renovável no novo contexto do mercado**: uma análise de experiência recente dos EUA e do Brazil. Campinas: Editora Autores Associados, 2000.

KALLIOHARJU, K. & HARSIA, P. **Valaistuksen laadullisten tekijöiden ja energialaskennan määrittely FInZEB-hankkeelle**. Tampereen ammattikorkeakoulu, 2015. ISBN 978-952-5903-69-0 (pdf).

KARLICEK, R., SUN, C.-C. Zissis, G. MA, R. **Handbook of Advanced Lighting Technology**. Springer International Publishing Switzerland, 2017.

KARJALAINEN, S. Thermal comfort and gender: A literature review. **Indoor Air**, v. 22, n. 2, p. 96–109, 2012.

KANASHIRO, Eduardo. **Consumo desagregado de energia: técnicas de monitoramento não intrusivo**. 2015. 76f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Potência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

LAMBERTS, R. et al. **Eficiência energética em edificações: estado da arte**. Procel/ELETOBRÁS. 1996.

LEHTINEN, T., PAPINSAARI, A-K., KAASALAINEN, T., MOISIO, M., & HEDMAN, M. **Peruskoulut ja energiatehokkuus: tilallisista ja toiminnallisista suunnitteluperiaatteista**. Tampereen teknillinen yliopisto. Arkkitehtuurin laboratorio. Asuntosuunnittelu. Julkaisu; Vuosikerta 34, 2018. Disponível em: https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/128510/Lehtinen_et_al_2018_Peruskoulut_ja_energiatehokkuus.pdf?sequence=1. Acesso em: 02 mar. 2022.

MÄHLMANN, F. G.; SCOPEL, V. GUERINI; M., G. F.; CASTAGNA, A. C.; MOURA, P. M. **Conforto ambiental**. Porto Alegre: Sagah, 2018.

MAGAZINE LUIZA. **Eletrodomesticos**. Disponível em: <https://www.magazineluiza.com.br/eletrodomesticos/l/ed/> Acesso em: 02 mar. 2022.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing**. Uma orientação aplicada. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica: ciência e conhecimento científico, métodos científicos, teoria, hipóteses e variáveis**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MARQUES, M. C. S., HADDAD J., MARTINS, A. R. S. **Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações**. 3. ed. Itajubá: Fupai, 2006. 597 p.

NICOL, F. Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics. **Energy and Buildings**, v.36, p. 628-637. 2004.

ORNSTEIN, S. W.; BRUNA, G. C.; ROMERO, M A. **Ambiente construído & comportamento: a avaliação pós-ocupação e a qualidade ambiental**. [S.l: s.n.], 1995.

OSRAM. **Life cycle assessment of illuminants: a comparison of light bulbs, compact fluorescent lamps and LED lamps**. Germany. p. 26, 2009

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. Osasco: Osram, 2000.

OSELAND, N. A., HUMPHREYS, M. A. **Trends in thermal comfort research**. Garston, Watford, UK: Building Research Establishment. 1994.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Pesquisas de Posse e Hábitos de Consumo de Energia**. Disponível em: <http://www.procel.gov.br/main.asp?View={4A5E324F-A3B0-482A-B1CD-F75A2A150480}> Acesso em: 17 abr. 2022.

_____. **Procel edifica:– eficiência energética**. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE>. Acesso em: 28 fev. 2021.

_____. **Selo Procel**. Disponível em: www.disciplinas.stoa.usp.br/mod/resource/view.php?id=12722. Acesso em: 20 fev. 2020.

_____. **Manual de iluminação eficiente**. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS; PROCEL, 2002. Disponível em: http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/procel%20predio_pub_manual_iluminacao.pdf Acesso em: 21 fev.2020.

_____. **Pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo**. Rio de Janeiro: PROCEL, 2007.

REIS, A. C.; PINTO E SILVA, E.; MARINHO MEIRELLES, C. O “novo normal” no campo da educação: da aparência à essência. **Princípios**, v. 40, n. 160, p. 225 - 245, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/principios.2675-6609.2020.160.010>. Acesso em: 02.mar. 2022.

RIBEIRO, Z. B. **Parâmetros para análise de projetos de eficiência energética em eletricidade**. 2018. 144 f. Dissertação (Mestrado) — Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, 2005.

SALVADOR, E. **Eficiência energética em refrigeradores**. 2013. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2013.

SANTOS, T. S. BATISTA, M. C. POZZA, S. A. E ROSSI, L. S. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro , v. 20, n. 4, p. 595-602, dez. 2015 . Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020040125106>. Acesso em: 02 mar. 2022.

SBARDELOTTO, L.. **Proposta de indicadores de eficiência energética para um campus universitário**. 2018. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

SCHULZ M.A, SILVA T.N. TI verde e eficiência energética em data centers. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 121-133, maio/ago. 2012. DOI: 10.5773/rgsa.v6i2.356.

SOBREIRA, S. G. A. **Eficiência energética aplicada a iluminação**. 2017. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

SOUZA, A. P. A. D. **Uso da energia em edifícios: estudo de caso de escolas municipais e estaduais de Itabira, Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica, Minas Gerais, 2012.

STERN, P. C, ARONSON, E. **Energy Use: the human dimension**. New York: W.H. Freeman, 1984.

VERAS, A. A. **Eficiência energética nas escolas públicas do Estado do Acre: Estudo de Caso da Escola Glória Peres**. 2018. 144 f. Dissertação (Mestrado) — Universidade Salvador – UNIFACS, 2010.

WEATHERSPARK. **Condições meteorológicas médias de Itapeçerica da Serra**. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/30291/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Itapeçerica-da-Serra-Brasil-durante-o-ano> Acesso em: 04 mar. 2021.

YERGIN D. Conservation: the Key Energy Source in Energy Future. *In*: STOBAUGH; R.; YERGIN, D. (eds). **Energy future**: report of the energy project at the Harvard Business School Hardcover. New York: Random House; 1979.

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

APÊNDICE A Questionário da pesquisa exploratória no Colégio 8 de Maio

A. Horário de funcionamento

1. Quais os horários de funcionamento de escola?
i) Educação Infantil ii) Ensino fundamental iii) Ensino médio
2. Qual o período de férias? Tem atividades nas férias?

B. Numero de participantes

1. Qual o número de alunos?
i) Educação Infantil ii) Ensino fundamental iii) Ensino médio
2. Qual o número de profissionais?

C. Conta de Luz

1. Pode me mandar uma cópia de conta de eletricidade da escola?
2. Sabe qual é o horário de ponta?
3. Sabe qual é a tarifa da região?

D. Instalação elétrica

1. Qual o ano de construção da escola?
2. Qual a idade da instalação elétrica da escolar? Foi reformada quando?
3. Qual é a Tensão Nominal 127V/220V?
4. A escolar dispõe
i) sensores de presença? (Iluminação é acionado quando sensor percebe a presença do indivíduo, nas escadas, corredores, sanitários)
ii) dimmers? (dispositivos que variam a intensidade da luz, dependendo da necessidade)
iii) rele fotoelétrico? (aciona a luz quando não haver luz natural ou desliga a luz quando haver luz natural)
iv) minuteiras? (ligam o desligam o motor, tal como bomba da piscina ou lâmpada, no horário predeterminado)
5. Os reatores de lâmpadas são
i) eletromagnéticos ii) eletrônicos?

E. Ar condicionado e Aquecimento de água

1. Os ar condicionado funcionam no modo automático (quando temperatura do ambiente sobe, ligam automaticamente) ou de modo manual?
2. Há necessidade de aquecer água? É feito como? Elétrico, gás, aquecimento solar?

F. Organização

1. Quem é a pessoa que mais cuida de eficiência energética na organização?
2. Como comunicam sobre a eficiência energética na organização?

G. Permissão

1. Diretoria aceita participação da escola nesta pesquisa?

Area G, H, I	Qt							
	Lâmpadas	Horas	Horas/mês	kWh/mês	Watts	PI	m2	DPI
Continuação Area A								
Recepção	4	8,0	704	17,6	25	100	54,0	1,9
Diretoria 1	3	0,0	0	0,0	25	75	6,1	12,3
Diret. 2/ Secr. 1	3	8,0	528	13,2	25	75	21,3	3,5
Secretaria 2	3	8,0	528	13,2	25	75	14,0	5,4
Coordenação 1	3	8,0	528	13,2	25	75	7,9	9,5
Coordenação 2	3	0,0	0	0,0	25	75	15,5	4,8
Sala dos Prof.	4	2,0	176	4,4	25	100	21,8	4,6
4 salas de aula	12	4,0	1056	26,4	25	300	189,3	1,6
Deposito 1	1	1,0	22	0,6	25	25	8,4	3,0
Deposito 2	1	2,0	44	1,1	25	25	9,0	2,8
WC1	1	2,0	44	1,1	25	25	4,0	6,3
WC2	1	2,0	44	1,1	25	25	3,1	8,1
WC3	1	2,0	44	1,1	25	25	4,8	5,2
Corredor	5	8,0	880	22,0	25	125	4,0	31,3
Sanitário	1	2,0	11	0,3	25	25	3,1	8,1
Sanitário	1	2,0	11	0,3	25	25	4,8	5,2
Depósito	2	2,0	352	8,8	25	50	9,0	5,6
Total / Area	49					1225	380,1	3,2
Sala da Musica								
Sala de Musica 1	3	5,5	149	6,7	45	135	42,4	3,2
Sala de Musica 2	3	5,5	149	6,7	45	135	22,3	6,0
Laboratório	3	0,0	0	0,0	45	135	22,4	6,0
WC	1	1,0	9	0,4	45	45	2,7	17,0
WC	1	1,0	9	0,4	45	45	2,6	17,4
Deposito	1	1,0	22	1,0	45	45	19,5	2,3
Area Coberta	3	0,0	0	0,0	25	75	12,4	6,0
Corredor 1	1	1,0	22	1,0	25	25	11,7	2,1
Corredor 2	1	1,0	22	1,0	25	25	5,3	4,7
Biblioteca	4	4,0	208	9,4	25	100	42,6	2,4
Biblioteca	6	4,0	312	14,0	45	270	42,6	6,3
Sala de Inform.	8	8,0	832	37,4	25	200	28,8	6,9
Total / Area	35					1235	255,2	4,8
TOTAL	282			485,3		11085	3946,5	2,8

Conclusão

ANEXO A Uma estimativa de consumo médio mensal de eletrodomésticos de acordo com um uso hipotético (PROCEL, 2021)

Aparelhos Elétricos	Dias /Mês	Média Uso/Dia	Consumo Médio Mensal (kWh)
Aparelho de blu ray	8	2 h	0,19
Aparelho de DVD	8	2 h	0,24
Aparelho de som	20	3 h	6,60
Aquecedor de ambiente	15	8 h	193,44
Aquecedor de mamadeira	30	15 min	0,75
Aquecedor de marmita	20	30 min	0,60
Ar-cond. tipo janela menor ou igual a 9.000 BTU/h	30	8 h	128,80
Ar-cond. tipo janela de 9.001 a 14.000 BTU/h	30	8 h	181,60
Ar-cond. tipo janela maior que 14.000 BTU/h	30	8 h	374,00
Ar-cond. tipo split menor ou igual a 10.000 BTU/h	30	8 h	142,28
Ar-cond. tipo split de 10.001 a 15.000 BTU/h	30	8 h	193,76
Ar-cond. tipo split de 15.001 a 20.000 BTU/h	30	8 h	293,68
Ar-cond. tipo split de 20.001 a 30.000 BTU/h	30	8 h	439,20
Ar-cond. tipo split maior que 30.000 BTU/h	30	8 h	679,20
Aspirador de pó	30	20 min	7,17
Batedeira	8	20 min	0,400
Boiler elétrico de 200 L	30	24 h	346,75
Bomba d'água 1/2 cv	30	30 min	7,20
Bomba d'água 1/3 cv	30	30 min	6,15
Cafeteira elétrica	30	1 h	6,56
Cafeteira expresso	30	1 h	23,82
Chaleira elétrica	30	1 h	28,23
Churrasqueira elétrica	5	4 h	76,00
Chuveiro elétrico - 4500 W	30	32 min	72,00
Chuveiro elétrico - 5500 W	30	32 min	88,00
Computador	30	8 h	15,12
Enceradeira	2	2 h	1,80
Espremedor de frutas	20	10 min	0,18
Exaustor fogão	30	2 h	9,96
Fax modem em stand by	30	24 h	2,16
Ferro elétrico automático a seco - 1050 W	12	1 h	2,40
Ferro elétrico automático a vapor - 1200 W	12	1 h	7,20
Fogão elétrico - cook top (por queimador)	30	1 h	68,55
Forno elétrico	30	1 h	15,00
Forno micro-ondas - 25 L	30	20 min	13,98
Freezer vertical/horizontal	30	24 h	47,55
Freezer vertical frost free	30	24 h	54,00
Frigobar	30	24 h	18,90
Fritadeira elétrica	15	30 min	6,81
Furadeira	4	1 h	0,94
Geladeira 1 porta	30	24 h	25,20
Geladeira 1 porta frost free	30	24 h	39,60
Geladeira 2 portas	30	24 h	48,24
Geladeira 2 portas frost free	30	24 h	56,88
Continua			

Aparelhos Elétricos	Dias /Mês	Média Uso/Dia	Consumo Médio Mensal (kWh)
Continuação: Grill	10	30 min	3,20
Impressora	30	1 h	0,45
Lâmpada fluorescente compacta - 11 W	30	5 h	1,65
Lâmpada fluorescente compacta - 15 W	30	5 h	2,25
Lâmpada fluorescente compacta - 23 W	30	5 h	3,45
Lâmpada incandescente - 40 W	30	5 h	6,00
Lâmpada incandescente - 60 W	30	5 h	9,00
Lâmpada incandescente - 100 W	30	5 h	15,00
Lavadora de louças	30	40 min	30,86
Lavadora de roupas	12	1 h	1,76
Liquidificador	15	15 min	0,80
Máquina de costura	10	3 h	3,00
Modem de internet	30	8 h	1,92
Monitor	30	8 h	13,20
Monitor LCD	30	8 h	8,16
Multiprocessador	20	1 h	8,56
Nebulizador	16	2,5 h	1,68
Notebook	30	8 h	4,80
Panela elétrica	20	1 h	22,00
Prancha (chapinha)	20	30 min	0,33
Projeter	20	1 h	4,78
Rádio elétrico pequeno	30	10 h	1,50
Rádio relógio	30	24 h	3,60
Roteador	30	8 h	1,44
Sandueira	30	10 min	3,35
Scanner	30	1 h	0,27
Secador de cabelo - 1000 W	30	10 min	5,21
Secadora de roupa	8	1 h	14,92
Tanquinho	12	1 h	0,84
Telefone sem fio	30	24 h	2,16
Torneira elétrica - 3250 W	30	30 min	48,75
Torradeira	30	10 min	4,00
TV em cores - 14" (tubo)	30	5 h	6,30
TV em cores - 29" (tubo)	30	5 h	15,15
TV em cores - 32" (LCD)	30	5 h	14,25
TV em cores - 40" (LED)	30	5 h	12,45
TV em cores - 42" (LED)	30	5 h	30,45
TV portátil	30	5 h	7,05
Ventilador de mesa	30	8 h	17,28
Ventilador de teto	30	8 h	17,52
Videogame	15	4 h	1,44

Conclusão

ANEXO B – Certificado de Calibração do Luxímetro



LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO
Nº 2046/20

PV Nº VTX-620755

SOLICITANTE: SARI KOIVUKANGAS
ENDEREÇO: RUA AMÉRICO BRASILIENSE, 1777 - CHÁCARA SANTO ANTÔNIO - SAO PAULO - SP

1- **Instrumento** Luxímetro Digital
Fabricante NOVOTEST
Modelo LX801
Série 16264738
TAG / Identificação

2- **Método de Calibração:**
O instrumento foi calibrado por método comparativo com os padrões relacionados no item 4. A tendência foi obtida através de três medições referenciando a indicação no instrumento e lendo o erro de indicação no padrão. Baseado no nossa Instrução de Calibração: Luxímetro REV.00 de 1/09/2014.

3- **Temperatura durante a calibração:** 21 ± 3 °C

4- **Local da Calibração:** Tecnolab Serviços Ltda
Rua Doutor Miranda de Azevedo, 793 - Pompéia - São Paulo - SP - CEP. 05027-000

5- **Padrões Utilizados**

- Luxímetro Digital, nosso nº TEC-076, certificado 99973 de 19/11/2018 calibrado por Chrompack (RBC nº 256), válido até 11/2020.

6- **Resultados da Calibração**

Resolução: 1 lux				
Escalas de Medição	Valor Verdadeiro Convencional (lux)	Valor Indicado no Instrumento (lux)	Erro (%)	± Incerteza (%)
2000	200	157	-2,2	5,8
	500	448	-2,6	5,7
	1000	934	-3,3	5,7
	1500	1420	-4,0	5,7
	1800	1710	-4,5	5,7

7- **Incerteza de Medição:** Vide Tabela de Resultados

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada por um fator de abrangência $k=2,00$, o qual para uma distribuição t com v infinito graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95,45%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Data da Calibração: 23/1/2020
Data de Emissão: 23/1/2020

Hélio Hiroshi Okano

Hélio Hiroshi Okano
Técnico Responsável

Notas:

- 1- Este certificado está de acordo com os termos do "Vocabulário Internacional de Metrologia" (VIM), em sua última revisão.
- 2- Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
- 3- A reprodução total ou parcial deste certificado depende exclusivamente da aprovação por escrito da TECNOLAB.
- 4- Técnico Executante: Hélio Hiroshi Okano
- 5- Planilha: Luxímetro REV.00 de 01/09/2014.

1 de 1

Tecnolab - Calibração de instrumentos de medição

Rua Doutor Miranda de Azevedo, 793 - sala 01
Vila Anglo Brasileira- São Paulo, SP - CEP 05027 000



11 4861-4075



comercial@tecnolab.ind.br



www.tecnolab.ind.br