PECE – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA

ELISANGELA DE OLIVEIRA NOGUEIRA MONTEIRO – Matrícula 74600

ERG 013 – MONOGRAFIA

PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRÉDIOS PÚBLICOS

SÃO PAULO

2021

ELISANGELA DE OLIVEIRA NOGUEIRA MONTEIRO

PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRÉDIOS PÚBLICOS

Diagnóstico energético de edificação da Policial Militar - SP para avaliação de redução de custos de consumo de energia elétrica.

Trabalho de conclusão de curso do PECE – Programa de Educação Continuada, como requisito para a obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Orientador (a): Prof. Dr. Alberto Hernandez Neto

SÃO PAULO

2021

Dedico este trabalho às pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para meu processo de evolução espiritual.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao nosso Criador, por me conceder a possibilidade da melhoria constante.

Agradeço às pessoas que me apoiaram neste processo de aprendizado e especialização profissional, dedicando parte de seu precioso tempo e atenção a esta causa.

Dedico meus sinceros agradecimentos à administração do Curso de Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética – PECE POLI – Turma 19, pela concessão da bolsa de estudos para o curso em tela, sem a qual estaria impossibilitada de integrar o seleto grupo de discentes; e ao corpo docente, pela dedicação, conhecimento e sabedoria transmitidos aos alunos, para que sejamos profissionais de excelência.

Por fim, a todos os meus amigos que, durante o tempo do curso, colaboraram de maneira surpreendente e pontual para o nosso aperfeiçoamento, tanto acadêmico, quanto pessoal.

“A menos que modifiquemos nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. (Albert Einstein)

RESUMO

Este trabalho buscou apresentar um diagnóstico das instalações elétricas de uma edificação de propriedade da Secretaria de Segurança Pública, utilizado pela Polícia Militar do estado de São Paulo, visando à implementação de um programa de Eficiência Energética. Consiste de uma metodologia descritiva para a avaliação do local objeto de estudo, por meio da inspeção visual das instalações e do levantamento dos dados de usos finais da edificação, para fins de propositura de ações corretivas. Como resultados obtidos, após a simulação das aplicações propostas, obtivemos números satisfatórios no que tange à redução dos custos com energia elétrica, visando à diminuição dos gastos públicos além da implementação dos conceitos de sustentabilidade e de energia renovável.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Prédio Público. Redução de custos.

ABSTRACT

This work aimed to present a diagnosis of the electrical installations of a building owned by the Public Security Secretariat, used by the Military Police of the state of São Paulo, aiming at the implementation of an Energy Efficiency program. It consists of a descriptive methodology for the evaluation of the place under study, through the visual inspection of the facilities' infrastructure and the survey of the building's end-use data, for proposing corrective actions. As results obtained, after simulating the proposed applications, we obtained satisfactory numbers regarding the reduction of electricity costs, aiming to reduce public expenditures, in addition to the implementation of the concepts of sustainability and renewable energy.

Keywords: Energy Efficiency. Public Building. Costs reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dados cadastrais do bem imóvel da PMESP. 7
Figura 2: Planta baixa do Bloco A_ Divisão de Administração. 8
Figura 3: Planta baixa do Bloco B_ Divisão de Ensino à Distância (EaD). 9
Figura 4: Planta baixa do Bloco C_ Divisão de Ensino e Pesquisa. 9
Figura 5: Histórico de consumo (valores em reais (R$)). 13
Figura 6: Demandas registradas expressas em valores de potência ativa (kW). 14
Figura 7: Fluxo das ações do processo. 15
Figura 8: *Layout* dos ambientes que deverão ser readequados, no que tange aos parâmetros luminotécnicos. 15
Figura 9: Fotos, por amostragem, das lâmpadas que deverão ser substituídas. 16
Figura 10: Extrato da fatura de energia elétrica da UC estudada. 19
Figura 11: Extrato da fatura de consumo de energia elétrica_ref. Set21. 21
Figura 12: Projeção do dimensionamento do Sistema Fotovoltaico ideal. 25
Figura 13: Projeção do dimensionamento do Sistema Fotovoltaico real. 26
Figura 14: Indicação da instalação dos painéis solares. 27
Figura 15: Indicação do obstáculo simulado. 27
Figura 16: Perfil de sombras gerado na simulação computacional. 28
Figura 17: Diagrama Elétrico Unifilar da instalação. 29
Figura 18: Pesquisa de preços para a implementação de solução fotovoltaica. 33
Figura 19: Base de cálculos para a análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico. 33
Figura 20: Resultado do cenário 01 (otimista). 35
Figura 21: Resultado do cenário 02 (mais provável). 36
Figura 22: Resultado do cenário pessimista. 37
Figura 23: Comparativo entre potências de lâmpadas diversas. 38

LISTA DE FOTOS

Foto 1: *Layout* da locação da Invernada do Barro Branco. 7
Foto 2: *Layout* da locação da Invernada do Barro Branco. 7
Foto 3: Fachada da Diretoria de Educação e Cultura da PMESP. 8
Foto 4: Layout da locação da DEC. 24

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Matriz do Consumo Desagregado. 12
Gráfico 2: Demonstrativo da curva de *Payback* simples do investimento em Sistema Fotovoltaico. 31
Gráfico 3: Demonstrativo da curva de *Payback* descontado do investimento em Sistema Fotovoltaico. 31
Gráfico 4: Custos evitados após a implementação das ações de gestão. 41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quadro de Cargas Elétricas - Bloco A Div Adm. 10
Tabela 2: Quadro de Cargas Elétricas - Bloco B Div EaD. 11
Tabela 3: Quadro de Cargas Elétricas - Bloco C Div Ens Pes. 11
Tabela 4: Quadro de Cargas Elétricas Totais_ DEC. 12
Tabela 5: Histórico de consumo (valores em reais (R$)). 13
Tabela 6: Demandas registradas expressas em valores de potência ativa (kW)..... 14
Tabela 7: Caracterização das lâmpadas a serem substituídas..... 16
Tabela 8: Áreas a serem readequadas..... 17
Tabela 9: Quantidade de lâmpadas a serem substituídas..... 18
Tabela 10: Comparativo entre os sistemas de iluminação existentes e os requisitos da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 Iluminação em Ambientes de Trabalho..... 18
Tabela 11: Resultados da readequação luminotécnica. 19
Tabela 12: Comparação das Demandas Registradas x Demanda Contratada. 21
Tabela 13: Tarifas de energia praticadas pela concessionária distribuidora ENEL SA. 22
Tabela 14: Diferença paga pela demanda contratada e não registrada (pode ser economizada)..... 23
Tabela 15: Cálculo das perdas devido ao sombreamento simulado. 28
Tabela 16: Interpolação entre potências de lâmpadas diversas. 39
Tabela 17: Média dos valores pagos à concessionária distribuidora ENEL SA (2021). 41

ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
EE	Eficiência Energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GEE	Gases de Efeito Estufa
W	Watts
Wh	Watt-hora
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira Regulamentar

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1

1.1. Contexto e problema 1

1.2. Objetivos 2

1.2.1. Objetivo Geral 2

1.2.2. Objetivos Específicos 2

1.3. Metodologia 3

2. CRONOGRAMA DOS TRABALHOS 3

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 4

3.1. Conceituação e contextualização do assunto a ser abordado 4

4. ESTUDO DE CASO 7

4.1. Descrição da edificação a ser estudada 7

4.2. Levantamento dos usos finais 9

4.3. Propositura de Ações 14

4.3.2. Análise Tarifária 19

4.3.3. Instalação de gerador de energia fotovoltaico 23

4.3.4. Análise dos impactos das ações no consumo final de energia 30

4.3.5. Viabilidade econômica da ação proposta (sistema fotovoltaico) 30

4.3.6. Análise da sensibilidade da taxa de juros 34

4.3.6.1. Cenário Otimista: 34

4.3.6.2. Cenário realista 35

4.3.6.3. Cenário pessimista: 36

5.1. Análise luminotécnica 38

5.2. Análise tarifária 40

5.3. Instalação de gerador de energia fotovoltaico 40

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 42

6.1. Conclusão 42

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 44

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto e problema

Observa-se uma crescente expansão da procura e valoração de energia em face do processo do desenvolvimento social e econômico mundial (Plano Decenal de Expansão de Energia 2030, p.11), do Ministério de Minas e Energia (MME), em cujo teor retrata uma tendência de eletrificação crescente. Com destaque à energia elétrica, cuja expectativa é de que o consumo total de eletricidade cresça cerca de 44% a mais que a economia no período de 2019 e 2030, influenciado tanto pela autoprodução clássica quanto pelo consumo na rede.

A energia elétrica é um recurso imprescindível para a manutenção e desenvolvimento do ser humano, sem o qual, notoriamente, teríamos comprometido, sobremaneira, o nosso cotidiano, afetando os resultados de nossas ações, em todas as esferas de atuação.

A situação da aplicabilidade dos recursos energéticos torna-se um pouco mais crítica, quando o processo de consumo é impactado negativamente, devido aos dispendiosos gastos finais. O problema não é, necessariamente, a falta ou a dificuldade de acesso ao recurso em si, e sim, quando se observam falhas ou ingerências no ato da gestão da sua utilização, quer seja por questões técnicas quer seja por causas administrativas.

Neste trabalho, trataremos de um estudo de caso no qual apresentaremos o diagnóstico energético de uma edificação pública estadual (quartel da Polícia Militar do Estado de São Paulo - PMESP), cujas instalações de infraestruturas energéticas deverão ser analisadas, e propostas de possível redimensionamento e substituição de sistemas e/ou equipamentos para que sejam adequadas à normatização técnica em vigor, bem como, para que se processe a garantia e adequação da citada edificação ao programa de eficiência energética ora proposto.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é realizar um diagnóstico energético das instalações da Diretoria de Educação e Cultura da Polícia Militar do Estado de São Paulo (DEC), edifício próprio da Secretaria de Segurança Pública do Estado. A estrutura funcional e administrativa desta Diretoria é responsável pelo planejamento, pesquisa, coordenação, controle e fiscalização das atividades de formação, adaptação, habilitação, especialização, aperfeiçoamento de Oficiais e Praças, em conformidade com as normas de ação traçadas pelo comando da Instituição. Sua área de abrangência é em todo o território estadual, alcançando, aproximadamente, 60 mil policiais militares discentes. As atividades ocorrem na forma de programas de ensino e instrução de maneira presencial e à distância, por intermédio dos Centros de Formações Policiais Militares centralizados e descentralizados subordinados, a saber: Centro de Altos Estudos de Segurança, Academia de Oficiais do Barro Branco, Escola Superior de Soldados, Escola Superior de Sargentos, Escola de Educação Física e Corpo Musical.

1.2.2. Objetivos Específicos

O trabalho tem como objetivos específicos:

- ✓ Conceituação e contextualização do assunto a ser abordado;
- ✓ Descrição das edificações que compõem a DEC (localização, área construída, função dos ambientes);
- ✓ Levantamento dos usos finais da edificação (cargas instaladas e em operação), apresentando sua caracterização em parâmetros quantitativos e qualitativos;
- ✓ Conhecimento do histórico de consumo do cliente, com base na análise do comportamento energético dos últimos 05 (cinco) meses;
- ✓ Propositura de ações corretivas;
- ✓ Análise dos impactos das ações no consumo final de energia;
- ✓ Viabilidade econômica das ações propostas.

1.3. Metodologia

Uma pesquisa bibliográfica foi realizada visando ao embasamento teórico, por meio da consulta em trabalhos científicos, livros e artigos publicados, necessários para o desenvolvimento do tema em questão.

Serão contextualizadas as definições e a teoria da aplicabilidade do programa de eficiência energética em espaços públicos, cujos recursos de custeio são, muitas vezes, escassos e controlados, o que torna imprescindível e adequada uma eficiente gestão dos insumos ora disponíveis.

Com isso, será apresentada uma proposta de readequação técnica, pautada no *retrofit* das instalações, visando à redução do consumo de energia destas instalações e os custos associados a estes consumos, incluindo uma análise de viabilidade econômica das soluções propostas.

2. CRONOGRAMA DOS TRABALHOS

Tarefa	Prazo	AGO21	SET21	OUT21	NOV21	DEZ21	JAN21
Entrega da Ficha de Inscrição assinada pelo supervisor	06/ago						
Resumo de, no mínimo, 3 (três) páginas com escopo, cronograma e bibliografia fundamental	20/ago						
Entrega do capítulo do estado da arte ou de revisão bibliográfica	17/set						
Desenvolvimento da monografia							
Entrega da versão preliminar da monografia	08/out						
Entrega de 3 vias da monografia em espiral para defesa	12/nov						
Apresentações das monografias em PowerPoint	23, 24 e 25/nov						
Revisão e ajustes finais do texto							
Entrega da versão final da monografia	15/jan						

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta as principais teorias relacionadas aos conceitos de eficiência energética em edificações públicas, que serviram de base para a realização deste trabalho.

3.1. Conceituação e contextualização do assunto a ser abordado

> "Podem-se definir como ações de eficiência energética toda e qualquer ação que promova a redução do consumo de energia, mantendo-se o mesmo nível de serviço prestado." (NETO, 2019, p. 307).

Um programa de eficiência energética, que está dentro do conceito de gestão da energia, pode ser considerado como um produtor de energia independente e teórico, cujo objetivo é melhorar o desempenho dos equipamentos e instalações em funcionamento, a fim de se obter folgas de energia, podendo incrementar a produtividade, o nível de segurança e a qualidade do processo, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa e colaborando com o desenvolvimento sustentável do país.

A adoção de medidas de eficiência energética em prédios públicos é um assunto que vem recebendo a atenção de inúmeros países, pela sua importância em contribuir na redução das emissões que impactam o clima do planeta ou pelo papel tecnológico estratégico que desempenham nos grandes consumidores, num mercado cada vez mais competitivo e globalizado, conforme preconiza o Plano Nacional de Eficiência Energética, do Ministério de Minas e Energia do Brasil.

Como destaque de políticas de incentivos, temos:

- ✓ No Reino Unido, o Programa - "Certificação em Eficiência Energética" (*Energy Efficiency Accreditation Scheme- EEAS*) que consiste numa certificação independente, não gratuita, em que se reconhece a redução do uso de energia em organizações dos setores público e privado. (Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEF, Ministério de Minas e Energia).
- ✓ Na França, a Diretoria Geral de Energia e de Matérias Primas (*Direction Generale de l´Energie et des Matieres Premieres- DGEMP*), vinculada ao Ministério da Ecologia, da Energia, do Desenvolvimento Sustentável e de Gestão do Território, é responsável por definir as políticas energéticas, assim como garantir o abastecimento em fontes minerais. Entre suas atribuições, destaca-se a elaboração de regulamentos que

visam melhorar a eficiência energética de equipamentos e edifícios. (Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEF, Ministério de Minas e Energia).

- ✓ Na Alemanha, para tratar das questões relacionadas à eficiência energética, tem-se a Agência Alemã de Energia (*Deutsche Energie Agentur- DENA*), criada em 2008. Entre os Programas e Ações de Eficiência Energética, sob sua responsabilidade, tem-se o Programa "Certificado de Desempenho Energético das Edificações" (Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEF, Ministério de Minas e Energia).
- ✓ Nos Estados Unidos, foi criado o ESPC (*Energy Services Performance Contracts*), um programa que contempla redução de consumo de energia em prédios públicos, inserido na década de 70 no FEP (*Federal Energy Program*). As ESCOs foram contratadas pelas concessionárias do setor energético para subsidiariamente executarem os projetos de melhorias (Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEF, Ministério de Minas e Energia).
- ✓ Em Portugal, existe o Programa P3E - Programa para a Eficiência Energética em Edifícios, promovido pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), órgão da Administração Pública Portuguesa que tem por missão contribuir para a concepção, promoção e avaliação das políticas relativas à energia e aos recursos geológicos. Esse Programa tem como objetivo final a melhoria da eficiência energética dos edifícios em Portugal. Além da definição de atividades estratégicas a serem desenvolvidas, a curto prazo, algumas de caráter inovador, visando a moderar a atual tendência de crescimento dos consumos energéticos nos edifícios e, consequentemente, o nível das emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE) que lhes são inerentes (Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEF, Ministério de Minas e Energia).
- ✓ O Brasil é detentor do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA, que foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL, atuando de forma conjunta com o Ministérios de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil (Procel Info, 2006, online). Segundo o Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (Procel Info, 2006, online), o PROCEL EDIFICA promove o uso racional da energia elétrica em edificações desde sua fundação, ampliando e organizando as ações com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos

recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente. Buscando o desenvolvimento e a difusão desses conceitos, o PROCEL EDIFICA trabalha por meio de 06 vertentes de atuação, obtendo como premissas: Capacitação, Tecnologia, Disseminação, Regulamentação, Habitação e Eficiência Energética e Planejamento. Nosso país apresenta, ainda, várias leis e decretos aplicáveis a prédios públicos e várias iniciativas ministeriais, que buscam a racionalização do consumo de recursos energéticos nos prédios públicos (Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEF, Ministério de Minas e Energia).

A busca da eficiência energética nas edificações públicas tem um papel fundamental como política pública, o que demonstra a coerência do governo entre o discurso e a ação proposta.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Descrição da edificação a ser estudada

A planta a ser estudada é a Diretoria de Educação e Cultura e está situada numa propriedade denominada Invernada da Força Pública (Barro Branco), localizada na Zona Norte do município e comarca de São Paulo, no Estado de São Paulo, cuja delimitação é considerada Patrimônio Ambiental e de interesse público, conforme os apontamentos elencados no Sistema de Gerenciamento de Imóveis (SGI) do Governo do Estado de São Paulo (vide fotos 1, 2 e 3). Os dados cadastrais da edificação são mostrados na figura 1.

Fotos 1 e 2: *Layout* da locação da Invernada do Barro Branco.

Fonte: *Google Maps/ Earth* 2021.

Figura 1: Dados cadastrais do bem imóvel da PMESP.

Edificação:	27455
Nome da Edificação:	DIRETORIA DE ENSINO E CULTURA (DEC) - PRINCIPAL
Endereço:	CEP: 02333001 Logradouro: Tipo: AVENIDA Nome: AGUA FRIA Número: 1923 Complemento: UF: SP Município: São Paulo Bairro: AGUA FRIA
Tipo de Edificação:	Outro
Pavimentos:	1
Área Construída:	2.810,00 m²
Acessibilidade:	Sim
Situação:	Concluída

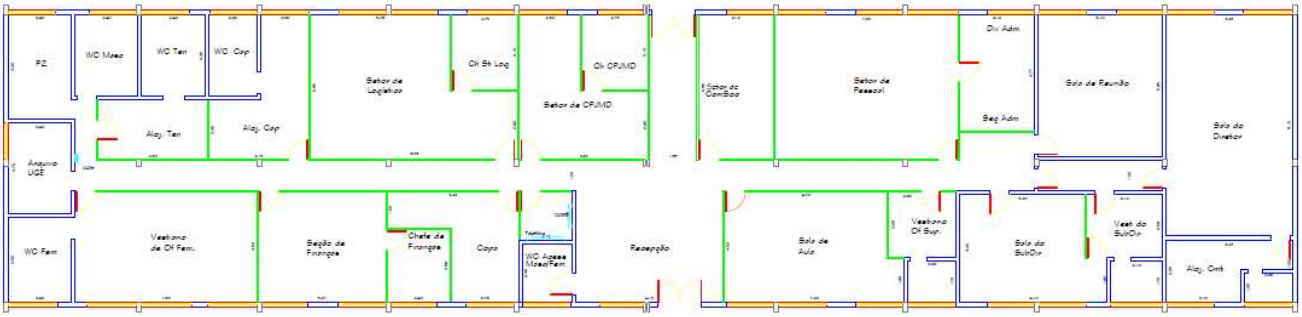
Fonte: Sistema de Gerenciamento de Imóveis (SGI), do governo do Estado de São Paulo (2021).

Foto 3: Fachada da Diretoria de Educação e Cultura da PMESP.

Fonte: Registros internos da PMESP (2021).

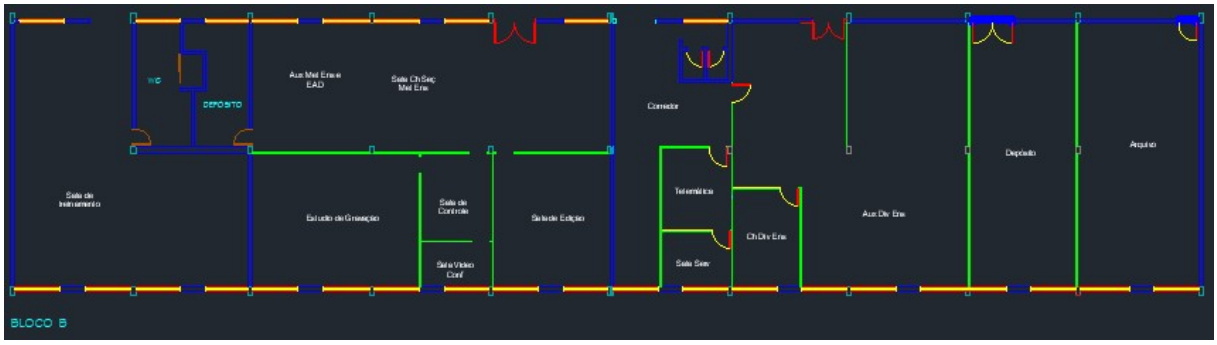
Composta de três edificações, a DEC desenvolve suas atividades e distribui o efetivo de policiais que por lá servem, cerca de oitenta pessoas, nos seguintes ambientes. As figuras 2, 3 e 4 apresentam as plantas da edificação com a indicação dos tipos de ambientes presentes na edificação.

Figura 2: Planta baixa do Bloco A_ Divisão de Administração.



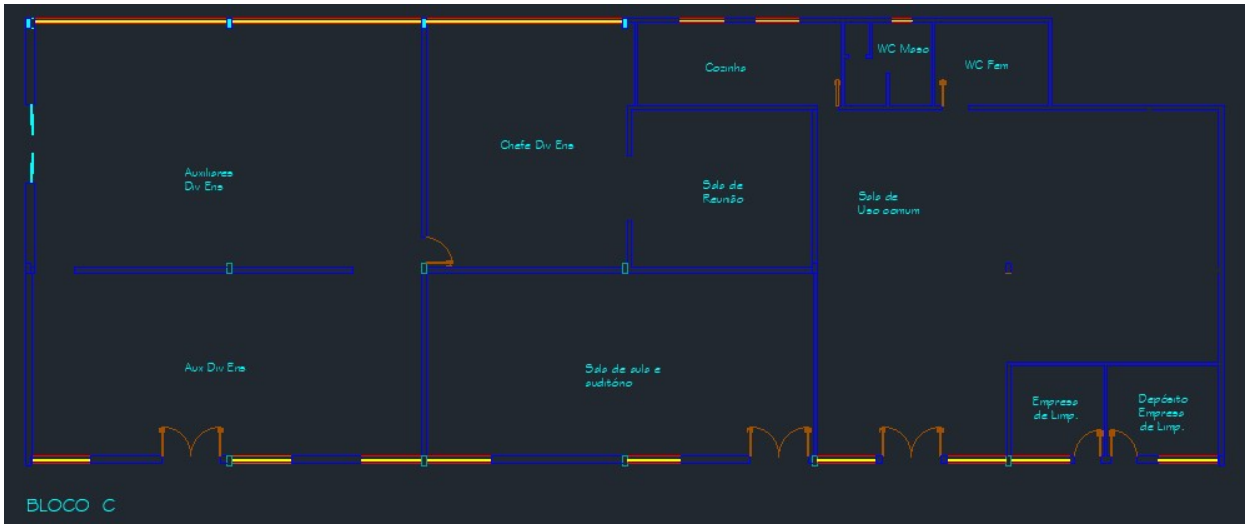
Fonte: Registros internos da PMESP (2021).

Figura 3: Planta baixa do Bloco B_ Divisão de Ensino à Distância (EaD).



Fonte: Registros internos da PMESP (2021).

Figura 4: Planta baixa do Bloco C_ Divisão de Ensino e Pesquisa.



Fonte: Registros internos da PMESP (2021).

4.2. Levantamento dos usos finais

Foram catalogadas as cargas elétricas em operação nas edificações consideradas. Os registros seguem apartados, de acordo com a compartimentação dos *layouts* apresentados. Os dados foram levantados por meio de inspeção visual em cada ambiente designado (vide tabelas 1, 2, 3 e 4).

Em que pese o período de observação datar de outubro de 2021, época em que ainda se sente a ocorrência da pandemia COVID-19 (doença infecciosa causada pelo vírus SARS-CoV-2), por tratar-se de atividades da Polícia Militar do Estado de São Paulo, serviços imprescindíveis e diuturnos, não houve alteração nos dados das cargas elétricas em operação, tão pouco, no valor mensal faturado. Também não foi diagnosticada alteração do fluxo de trabalho dos policiais, a exemplo de remanejamento de turnos de

serviços ou readequações no formato *home-office*, naquelas edificações. Permanecendo, dessa forma, os dados ocasionalmente mensurados antes do período da calamidade em tela.

Tabela 1: Quadro de Cargas Elétricas - Bloco A Div Adm.

Dependências	Potência de iluminação			TUG's			TUE's			
	Nº DE PONTOS	POT. UNIT. (VA)	POT. TOTAL (VA)	Nº DE PONTOS	POT. UNIT. (VA)	POT. TOTAL (VA)	Nº DE PONTOS	DESCRIÇÃO	POTÊNCIA (W)	POT. TOTAL (W)
Serviço de Informações - P2	4	32	128	4	100	400				
Arquivo UGE	4	32	128	4	100	400				
WC Fem	5	32	160	3	100	300	1	Chuveiro elétrico	5500	5500
WC Masc	4	32	128	3	100	300				
WC Tenentes	5	32	160	3	100	300	1	Chuveiro elétrico	600	600
Alojamento Tenentes	10	32	320	8	100	800				
WC Capitães	5	32	160	3	100	300	1	Chuveiro elétrico	600	600
Alojamento Capitães	5	32	160	4	100	400				
Vestiário Oficiais Fem	10	32	320	4	100	400				
Setor de Logística	10	32	320	6	100	600	1	Ar Condicionado	1500	1500
Ch Setor Logística	3	32	96	4	100	400				
Setor CPJMD	6	32	192	4	100	400				
Ch Setor CPJMD	3	32	96	4	100	400				
Seção de Finanças	10	32	320	12	100	1200	1	Ar Condicionado	1500	1500
Ch Sec Finanças	4	32	128	4	100	400				
Copa	4	32	128	4	100	400	1 1 1	Forno microondas Geladeira Torneira	1500 300 3000	1500 300 3000
Telefonia	2	32	64	4	100	400				
WC PCD	2	32	64	2	100	200				
Recepção	6	32	192	4	100	400				
Setor Com Social	4	32	128	4	100	400				
Setor de Pessoal	8	32	256	8	100	800	1	Ar Condicionado	1000	1000
Div Adm / Seção Adm	4	32	128	6	100	600				
Sala de Reunião	6	32	192	6	100	600				
Sala do Diretor	8	32	256	6	100	600	1	Ar Condicionado	1000	1000
Alojamento do Comandante	3	32	96	3	100	300				
Sala do Subdiretor	4	32	128	4	100	400	1	Ar Condicionado	1000	1000
Vestiário Subdiretor	3	32	96	3	100	300				
Vestiário Oficiais Superiores	3	32	96	4	100	400				
Sala de Aula	8	32	256	8	100	800				

	POTENCIA (VA)	COS	POTENCIA (W)
POTENCIA DE ILUMINAÇÃO	4896	1	4896
POTENCIA DE TUG'S	13600	0,8	10880
POTENCIA DE TUE'S	17500	1	17500

POTENCIA TOTAL (W)	33276

Fonte: O próprio autor.

Tabela 2: Quadro de Cargas Elétricas - Bloco B Div EaD.

BLOCO B_Div EaD

Dependências	Potência de iluminação			TUG's			TUE's			
	N° DE PONTOS	POT. UNIT. (VA)	POT. TOTAL (VA)	N° DE PONTOS	POT. UNIT. (VA)	POT. TOTAL (VA)	N° DE PONTOS	DESCRIÇÃO	POTÊNCIA (W)	POT. TOTAL (W)
Sala de Treinamento	10	32	320	6	100	600				
WC	2	32	64	2	100	200				
Depósito	3	32	96	4	100	400				
Aux Metodologia Ensino	12	32	384	10	100	1000				
Estúdio de Gravação	6	32	192	8	100	800	1	Ar Condicionado	1000	1000
Sala dos Oficiais	4	32	128	6	100	600	1	Ar Condicionado	1000	1000
Sala de Vídeo Conferência	2	32	64	4	100	400				
Sala de Edição	6	32	192	8	100	800	1	Ar Condicionado	1000	1000
Corredor	4	32	128	2	100	200				
Telemática	2	32	64	4	100	400				
Data Center	3	32	96	3	100	300	1	Ar Condicionado	1000	1000
Ch Div EaD	3	32	96	3	100	300				
Aux Div Ensino	12	32	384	10	100	1000	1	Ar Condicionado	1000	1000
Depósito	8	32	256	6	100	600				
Arquivo	8	32	256	6	100	600				

	POTENCIA (VA)	COS	POTENCIA (W)
POTENCIA DE ILUMINAÇÃO	2720	1	2720
POTENCIA DE TUG'S	8200	0,8	6560
POTENCIA DE TUE'S	5000	1	5000

POTENCIA TOTAL (W)	14280

Fonte: O próprio autor.

Tabela 3: Quadro de Cargas Elétricas - Bloco C Div Ens Pes.

BLOCO C_Div Ens Pes

Dependências	Potência de iluminação			TUG's			TUE's			
	N° DE PONTOS	POT. UNIT. (VA)	POT. TOTAL (VA)	N° DE PONTOS	POT. UNIT. (VA)	POT. TOTAL (VA)	N° DE PONTOS	DESCRIÇÃO	POTÊNCIA (W)	POT. TOTAL (W)
Aux Div Ensino	20	32	640	10	100	1000				
Ch Div Ensino	8	32	256	6	100	600				
Sala de Reunião	6	32	192	4	100	400				
Cozinha	4	32	128	4	100	400	1	Forno microondas	1500	1500
							1	Geladeira	300	300
							1	Torneira	3000	3000
WC Masc	2	32	64	2	100	200				
WC Fem	2	32	64	2	100	200				
Sala de Aula e Auditório	12	32	384	12	100	1200	1	Ar Condicionado	2100	2100
Sala de Uso Comum	16	32	512	10	100	1000	1	Ar Condicionado	2100	2100
Empresa Limpeza	3	32	96	4	100	400				
Depósito Emp. Limpeza	3	32	96	4	100	400				

	POTENCIA (VA)	COS	POTENCIA (W)
POTENCIA DE ILUMINAÇÃO	2432	1	2432
POTENCIA DE TUG'S	5800	0,8	4640
POTENCIA DE TUE'S	9000	1	9000

POTENCIA TOTAL (W)	16072

Fonte: O próprio autor.

Tabela 4: Quadro de Cargas Elétricas Totais_ DEC.

CARGA TOTAL

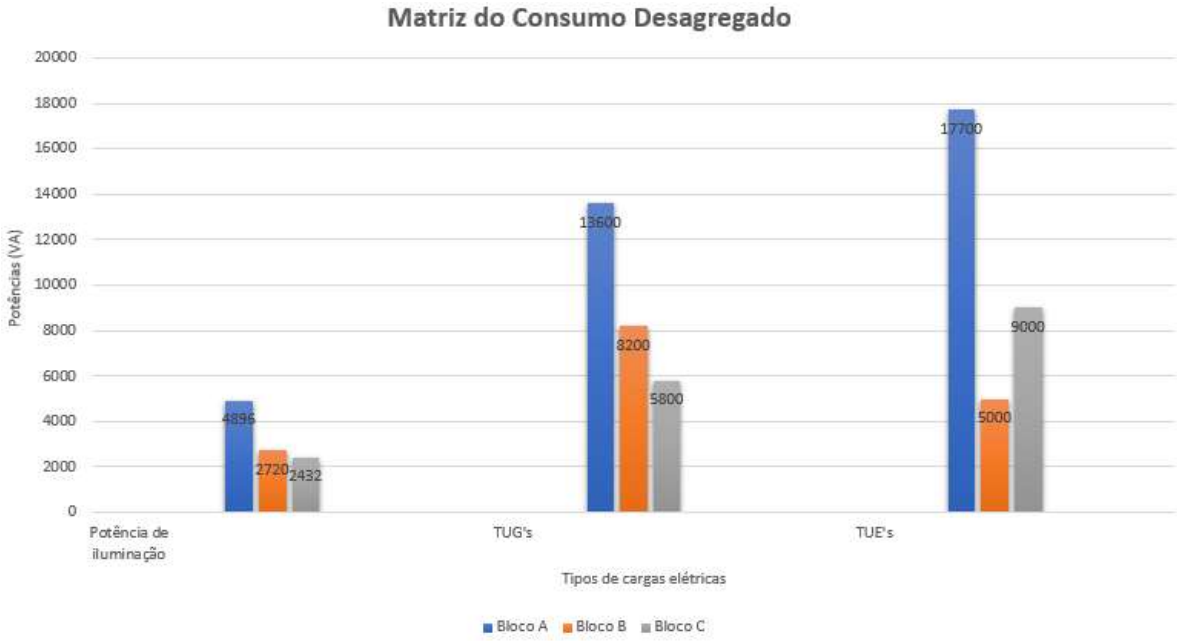
Dependências	Potência de iluminação		TUG's		TUE's	
	Nº DE PONTOS	POT. TOTAL (VA)	Nº DE PONTOS	POT. TOTAL (VA)	Nº DE PONTOS	POT. TOTAL (W)
Bloco A	153	4896	136	13600	11	17700
Bloco B	85	2720	82	8200	5	5000
Bloco C	76	2432	58	5800	5	9000
	314	10048	276	27600	21	31700

	POTENCIA (VA)	COS	POTENCIA (W)
POTENCIA DE ILUMINAÇÃO	10048	1	10048
POTENCIA DE TUG'S	27600	0,8	22080
POTENCIA DE TUE'S	31700	1	31700

POTENCIA TOTAL (W)	**63828**

Fonte: O próprio autor.

Gráfico 1: Matriz do Consumo Desagregado.

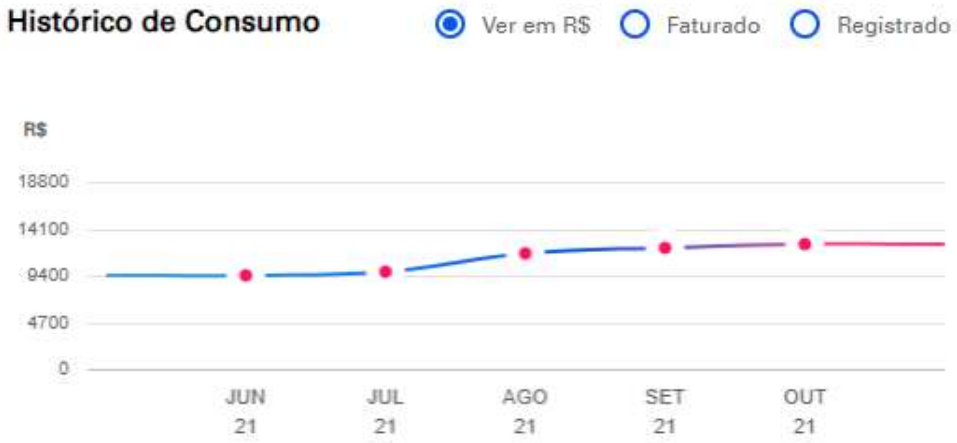


Fonte: O próprio autor.

A partir da análise dos dados contratuais e com base no comportamento do consumo de energia e dos valores registrados de demanda contratada e faturada, nos últimos 05 meses, considerando a carga elétrica total ora em operação, traçou-se as curvas do histórico de consumo da edificação, com a propositura de ações corretivas, visando ao enquadramento da instalação ao Programa de Eficiência Energética.

A figura 5, cujos dados foram extraídos da tabela 5, apresenta uma tendência de aumento do consumo mensal de energia elétrica.

Figura 5: Histórico de consumo (valores em reais (R$)).



Fonte: Site concessionária distribuidora ENEL SP.

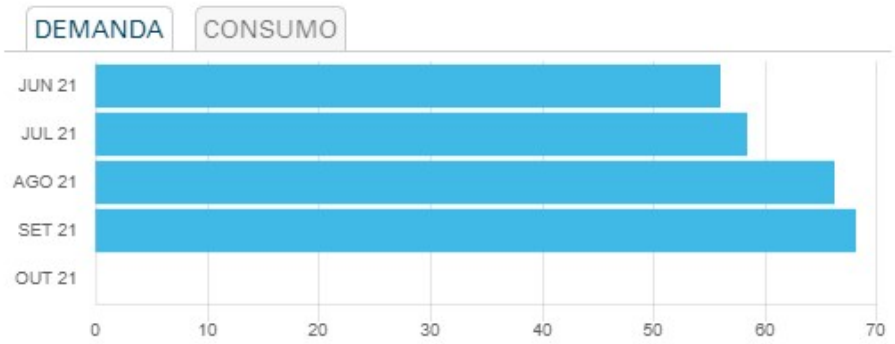
Tabela 5: Histórico de consumo (valores em reais (R$)).

Mês de Referência	Consumo Registrado (R$)
jun-21	9.341,26
jul-21	9.848,44
ago-21	11.604,23
set-21	12.150,85
out-21	12.502,97

Fonte: O próprio autor.

A figura 6 apresenta o extrato das Demandas registradas no período em análise. O valor médio apresentado é de 49,76 kW, com base nos valores oriundos da tabela 6.

Figura 6: Demandas registradas expressas em valores de potência ativa (kW).



Fonte: Site concessionária distribuidora ENEL SP.

Tabela 6: Demandas registradas expressas em valores de potência ativa (kW).

Mês de Referência	Demanda Registrada (kW)
jun-21	56,10
jul-21	58,40
ago-21	66,20
set-21	68,10
MÉDIA	49,76

Fonte: O próprio autor.

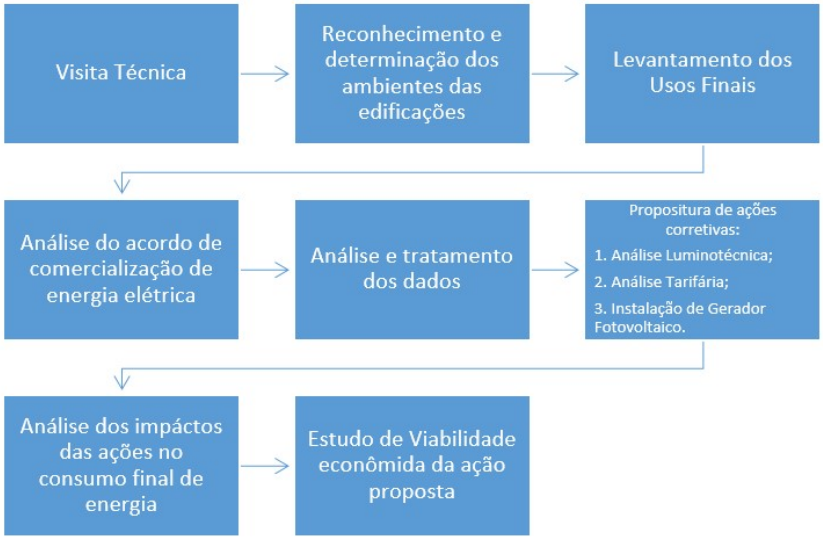
4.3. Propositura de Ações

Visando à melhoria do cenário apresentado, no que tange à diminuição dos custos de energia e a readequação da Demanda contratada, foram propostas três ações corretivas a serem implementadas, a saber:

- ✓ Análise Luminotécnica dos ambientes
- ✓ Análise Tarifária
- ✓ Instalação de gerador fotovoltaico

Uma sequência das ações foi traçada, após a visita técnica *in loco* nas instalações estudadas, sendo representada conforme a figura 7.

Figura 7: Fluxo das ações do processo.



Fonte: O próprio autor.

Partindo-se da premissa da adequação de todos os ambientes à normatização em vigor, percebeu-se a necessidade de ajuste de parte do sistema de iluminação do Bloco A, cujas condições construtivas datam-se de muito tempo, razão pela qual, a estrutura em operação encontra-se obsoleta e necessária de ser readequada, conforme as diretrizes elencadas na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 Iluminação em Ambientes de Trabalho.

Nos ambientes destacados na figura 8, identificamos instalações de lâmpadas incandescentes e fluorescentes em desacordo com às prescrições referenciadas e os conceitos de eficiência energética.

Figura 8: *Layout* dos ambientes que deverão ser readequados, no que tange aos parâmetros luminotécnicos.

Fonte: Registros internos da PMESP (2021).

A figura 9 apresenta as imagens das lâmpadas a serem substituídas, por apresentarem-se em desacordo normativo. As imagens foram numeradas e detalhadas conforme a tabela 7.

Figura 9: Fotos, por amostragem, das lâmpadas que deverão ser substituídas.

Fonte: O próprio autor.

Tabela 7: Caracterização das lâmpadas a serem substituídas.

Imagem	Descrição	Instalação
1	Lâmpada incandescente de 60W	Sem luminária
2	Lâmpada incandescente de 40W	Sem luminária
3	Lâmpada incandescente de 40W	Sem luminária
4	Lâmpada fluorescente de 32W	Luminária tubular aletas duplas fluorescentes
5	Lâmpada incandescente de 40W	Plafon
6	Lâmpada fluorescente de 32W	Luminária tubular aletas duplas fluorescentes

Fonte: O próprio autor.

A diferença entre a lâmpada incandescente e a lâmpada fluorescente está relacionada ao mecanismo utilizado por cada uma para a emissão de luz.

Caracterizam-se como incandescentes os dispositivos que emitem luz quando uma corrente elétrica transcorre o filamento de tungstênio, aquecendo os átomos que o compõem e gerando luminosidade. Já nas lâmpadas fluorescentes, a luz é emitida por meio de um gás presente no interior do dispositivo. A maior parte da energia fornecida na lâmpada fluorescente é transformada em luz, motivo pelo qual o rendimento é maior que o da lâmpada incandescente, cuja a maioria do processo de produção é calor. A durabilidade de uma lâmpada incandescente é muito inferior à de uma fluorescente, pois o filamento de tungstênio se deteriora com o passar do tempo, diminuindo o tempo de durabilidade do dispositivo. O tempo da útil de uma lâmpada incandescente está em torno de 1.000 horas, enquanto que o de uma lâmpada fluorescente pode chegar a 8.000 horas.

4.3.1. Análise Liminotécnica

Os espaços a serem readequados foram compilados e suas áreas mensuradas, como demonstrado na tabela 8.

Tabela 8: Áreas a serem readequadas.

Ambiente	Área (m²)
Alojamento Tenentes/ Capitães	27,88
Seção de Finanças	23,87
Setor de Logística	40,55
Setor de CPJMD	21,37
Recepção	27,63
Setor de Pessoal	44,92
Sala de Aula	32,52
Vestiário Oficiais Superiores	10,9
Sala Sub Diretor	31,72
Total de área	261,36

Fonte: O próprio autor.

Foi realizado um levantamento do quantitativo das lâmpadas que necessitam ser substituídas, por apresentarem tecnologia obsoleta, o que contribui com o alto custo de energia elétrica mensal, além da ineficiência do sistema de iluminação, conforme se observa na tabela 9.

Tabela 9: Quantidade de lâmpadas a serem substituídas.

SECÃO	LÂMPADAS FLUORESCENTES	LÂMPADAS INCANDESCENTES	TOTAL
Alojamento Tenentes/ Capitães	3	0	3
Seção de Finanças	9	0	9
Setor de Logística	2	0	2
Setor de CPJMD	1	0	1
Recepção	7	2	9
Setor de Pessoal	1	0	1
Sala de aula	6	0	6
Vestiário Oficiais Superiores	0	1	1
Sala Subdiretor	3	1	4
TOTAL	32	4	36

Fonte: O próprio autor.

Para a adequada substituição dos dispositivos de iluminação, foram efetivadas comparações dos índices de luminância ofertada para cada espaço, frente às referências normativas, conforme prescrições da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 Iluminação em Ambientes de Trabalho.

Tabela 10: Comparativo entre os sistemas de iluminação existentes e os requisitos da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 Iluminação em Ambientes de Trabalho.

Ambiente	Seg. NBR 8995-1 (lm)	Lumens existentes (lm)	% Existente x Norma 8995-1/13
Alojamento Tenentes / Capitães	2788	8100	291%
Seção de Finanças	11935	24300	204%
Setor de Logística	20275	5400	27%
Setor de CPJMD	10685	2700	25%
Recepção	8289	20300	245%
Setor de Pessoal	22460	2700	12%
Sala de Aula	9756	16200	166%
Vestiário Oficiais Superiores	2180	700	32%
Sala Sub Diretor	15860	8800	55%

Fonte: O próprio autor.

Para um resultado mais assertivo, propusemos a substituição das lâmpadas existentes por dispositivos mais eficientes, no caso, por lâmpadas tubulares LED (*Light*

Emitter Diode), componente eletrônico semicondutor emissor, de 9W, visando à readequação dos índices mensurados à normatização em vigor, como se observa na tabela 11.

Tabela 11: Resultados da readequação luminotécnica.

Ambiente	Qtd. de Luminária LED – Pot. 9W	% Novo x Norma 8995-1/13
Alojamento Tenentes / Capitães	5	108%
Seção de Finanças	20	101%
Setor de Logística	34	101%
Setor de CPJMD	18	101%
Recepção	14	101%
Setor de Pessoal	38	102%
Sala de Aula	17	105%
Vestiário Oficiais Superiores	4	110%
Sala Sub Diretor	27	102%
Total	315	

Fonte: O próprio autor.

4.3.2. Análise Tarifária

Trata-se o contrato em questão de uma Unidade Consumidora (UC) do Grupo A, Subgrupo A4, Classe Poder Público, Tipo de Fornecimento Trifásico, Demanda contratada 100kW, Modalidade Tarifária Verde, como se observa no extrato da figura 10.

Figura 10: Extrato da fatura de energia elétrica da UC estudada.

Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S. A
Av. das Nações Unidas, 14401 - Conjuntos 1 a 4, 17º ao 23º andar, Torre B1 - Vila Gertrudes,
São Paulo/SP - Cep 04794-000
CNPJ n 61.695.227/0001-93 - Inscrição Estadual: 133.122.090.117 | Regime Especial Proc. 1000635-686924/2005

SEGUNDA VIA

Nº 614505324891 Páginas 1

Dados do Cliente/Unidade Consumidora

Nº DA INSTALAÇÃO MTE0002733 Nº DO CLIENTE 10008678

CPF/CNPJ: 04.198.514/0055-47 INSC. EST:
SAO PAULO SECR DA SEGURANCA PUBLICA
DIRETORIA DE LOGISTICA
R INACIO MAMMANA 825
CEP: 02409-060 - SAO PAULO/SP

Dados da Conta

VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR (R$)
28 SET 2021	12.150,85

CONTA REFERENTE A SET 2021

Dados de Medição

Nº do medidor 14132149
Leitura anterior 27 OUT
Leitura atual 01 SET
Próxima leitura 01 OUT

Classificação da Unidade Consumidora

Grupo A | Subgrupo A4 | Classe PODER PUBLICO
Subclasse PODER PUBLICO ESTADUAL OU DISTRITAL
Tipo de Fornecimento Trifásico | Modalidade Tarifária Verde
Demanda / Energia Contratada 100,0

Reservado ao Fisco 6754.4520.E950.531D.E830.82DB.6891.4858

Data de emissão	Nº Nota fiscal	Série	Base de cálculo	Alíquota	ICMS
10 SET 2021	000585828	A	0,00	0%	0,00

CFOP 5258: Venda de en. elétrica a não contribuinte

Histórico de Faturamento

Mês/Ano	Demanda (kW)	Consumo (kWh) Hora Ponta	Consumo (kWh) Hora Fora Ponta	Dias
SET/21	100,0	1.969,2	15.714,6	31
AGO/21	100,0	1.842,8	15.355,2	31
JUL/21	100,0	1.792,1	13.864,1	30
JUN/21	100,0	1.684,2	13.704,3	31
MAI/21	100,0	1.629,8	13.725,0	30
ABR/21	100,0	2.056,2	17.127,1	31
MAR/21	100,0	1.790,8	15.228,8	28
FEV/21	100,0	1.899,5	17.724,3	31
JAN/21	100,0	1.162,1	10.544,0	21
DEZ/20	100,0	2.132,7	17.011,4	30
NOV/20	100,0	1.822,7	14.515,0	29
OUT/20	100,0	1.892,9	16.147,7	32
SET/20	100,0	1.803,9	14.702,2	30

Descrição de Faturamento

Bandeira(s) Tarifária(s) aplicada(s) no mês VERMELHA PATAMAR II ESCASSEZ HÍDRICA

Fonte: Site concessionária distribuidora ENEL SP.

Após a análise da fatura de energia elétrica, percebeu-se uma discrepância entre o valor de DEMANDA contratada (100kW) frente à média dos valores registrados nos últimos cinco meses (49,76 kW), como apresentado na tabela 6. Situação que oferece gasto desnecessário dos recursos públicos, pois o valor contratado de Demanda poderia ser readequado à proximidade do valor efetivamente registrado.

Em relação à modalidade tarifária adotada, destacando tratar-se de tarifa aplicável ao consumo de energia elétrica e demanda de potência ativa, definida de acordo com o grupo tarifário, observamos a classificação horária verde. Verifica-se que esta opção contratual foi adequada, em face da indicação de valor único de demanda de potência, o que atende, tecnicamente, as necessidades operacionais de consumo do cliente analisado, conforme preconizada a REN nº 414/2010 e o Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária - PRORET, ambos de caráter normativo, consolidando a regulamentação acerca dos processos tarifários, conforme texto abaixo.

> REN nº 414/2010 e no Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária - PRORET:
>
> **Grupo A:** Unidades consumidoras da Alta Tensão (Subgrupos A1, A2 e A3), Média Tensão (Subgrupos A3a e A4), e de sistemas subterrâneos (Subgrupo AS)
>
> - **Horária Azul:** tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários). Disponibilizada para todos os subgrupos do grupo A; e
> - **Horária Verde:** tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários), e de uma única tarifa de demanda de potência. Disponível para os subgrupos A3a, A4 e AS.

Conforme observa-se na figura 11, os números apresentados nas linhas 0602, destacados pela curva em verde, representa a demanda de potência ativa propriamente registrada para o mês de referência (68kW). A curva em vermelho faz alusão à diferença também faturada, referida entre o valor de demanda contratada (100kW) e o de fato registrado (68kW), perfazendo um montante de 32kW, cujo pagamento deverá, imprescindivelmente, ser efetivado à concessionária distribuidora, conforme previsão legal abarcada no Artigo 2º da Resolução Normativa ANEEL n. 414, de 9 de setembro de 2010 (Diário Oficial de 15 de set. 2010, seção 1, p. 115).

> Art. 2o Para os fins e efeitos desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:
> XXI – demanda contratada: demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

Figura 11: Extrato da fatura de consumo de energia elétrica_ref. Set21.

CCI	DESCRIÇÃO	LEITURA ANTERIOR	LEITURA ATUAL	REGISTRADO kW/kWh/kvarh	FATURADO kW/ kWh/kvarh	TARIFA C/ ICMS	BASE ICMS	ALÍQ ICMS	ICMS	VALOR	TARIFA S/ IMPOSTOS
	MEDIDOR N° 14132149										
	CONST. POTENCIA 0,16800										
	CONST. ATIVO 0,04200										
	CONST. REATIVO 0,04200										
	CONSUMO PONTA VM	1.915.864	1.962.749	1.969,2							
	CONSUMO FORA PONTA CAPACIT. VM	3.531.288	3.610.696	3.335,1							
	CONSUMO FORA PONTA INDUTIVO VM	14.274.784	14.569.532	12.379,4							
	DEMANDA PONTA	394	405	68,0							
	DEMANDA FORA PONTA CAPACITIVA	184	168	28,2							
	DEMANDA FORA PONTA INDUTIVA	385	393	66,0							
	ENERGIA REATIVA PONTA	1.416.253	1.446.797	1.282,8							
	ENERGIA REATIVA F. PONTA IND.	11.761.744	12.006.361	10.273,9							
	UFER PONTA	287.780	292.628	203,6							
	UFER FORA PONTA CAPACITIVA	0	0	0,0							
	UFER FORA PONTA INDUTIVA	2.952.705	3.014.454	2.593,5							
	DMCR PONTA	1.314	1.433	60,2							
	DMCR FORA PONTA CAPACITIVA	563	517	21,7							
	DMCR FORA PONTA INDUTIVA	1.589	1.597	67,1							
	ENERGIA REATIVA F. PONTA CAP.	0	0	0,0							
0602	DEMANDA				68,0	14,65000	0,00	0%	0,00	996,78	14,65000
0601	CONSUMO ATIVO PONTA TE				1.969,2	0,43887	0,00	0%	0,00	864,20	0,43887
0605	CONSUMO ATIVO F. PONTA TUSD				15.714,6	0,07993	0,00	0%	0,00	1.256,06	0,07993
0601	CONSUMO ATIVO F. PONTA TE				15.714,6	0,27360	0,00	0%	0,00	4.299,50	0,27360
0601	UFER PONTA TE				203,6	0,28738	0,00	0%	0,00	58,51	0,28738
0602	DEMANDA LEI ESTADUAL 16.886/18				32,0	14,65000	0,00	0%	0,00	468,21	14,65000
0698	ADIC. BANDEIRA TARIFÁRIA PT						0,00	0%	0,00	186,91	
0699	PIS/PASEP (0,64%)						0,00	0%	0,00	77,52	
0699	COFINS (2,95%)						0,00	0%	0,00	357,51	
0807	COSIP - SÃO PAULO - MUNICIPAL									30,47	

Valor dos Tributos: R$ 435,03

MENSAGENS:
Por determinação da ANEEL, a bandeira tarifária aplicada ao consumo apurado no mês de Ago/21 é a Vermelha Patamar II, onde a energia é mais cara. Para minimizar o impacto no valor da conta, fique atento ao consumo de energia. Confira dicas de economia em enel.com.br
- CFOP: 5258 (Venda de en. elétrica a não contribuinte)

Fonte: Site concessionária distribuidora ENEL SP.

O cômputo da diferença entre a demanda registrada e a demanda contratada observa-se em todos os meses ora considerados, sendo os números demonstrados na tabela 12.

Tabela 12: Comparação das Demandas Registradas x Demanda Contratada.

Mês de Referência	Demanda Registrada (kW)	Demanda Contratada (kW)	Diferença entre a Demanda Registrada e a Demanda Contratada (kW)	Valor da Tarifa
jun-21	56,1	100	43,9	R$ 14,65
jul-21	58,4	100	41,6	R$ 14,65
ago-21	66,2	100	33,8	R$ 14,65
set-21	68,0	100	32,0	R$ 14,65

Fonte: O próprio autor.

Tabela 13: Tarifas de energia praticadas pela concessionária distribuidora ENEL SA.

Descrição	Tarifa com ICMS	Tarifa sem Imposto
Demanda	14,65	14,65
Consumo ativo de ponta TUSD	0,66945	0,66945
Consumo ativo de ponta TE	0,43887	0,43887
Consumo ativo fora de ponta TUSD	0,079993	0,079993
Consumo ativo fora de ponta TE	0,27360	0,27360
UFER ponta TE	0,28738	0,28738
UFER fora ponta TE	0,28738	0,28738
Demanda Lei Estadual 16.886/18	14,65	14,65
PIS/ PASEP (0,72%)		
COFINS (3,30%)		
COSIP – São Paulo - Municipal		

Fonte: O próprio autor.

Analisando os dados expostos na tabela 12, os quais versam sobre os indicativos de Demandas registradas e contratada, durante o período apresentado, com base nos valores das tarifas praticadas pela concessionária distribuidora, apresentada na tabela 13, propusemos a readequação do contrato de demanda, estimando uma margem de acréscimo de 22% sobre o indicativo da média registrada no período em questão (49,76kW – Tabela 06), chegando ao valor final de 60kW após a readequação do acordo, como demonstrado na tabela 14. Consideramos, também, tal indicação como parâmetro ideal para que não haja uma provável cobrança de "Ultrapassagem de Demanda", por parte da concessionária, em face do comportamento de consumo do cliente, segundo previsão do Art. 93 da Resolução ANEEL Nº 414/2010:

> Art. 93. "Quando os montantes de demanda de potência ativa ou de uso do sistema de distribuição – MUSD medidos excederem em mais de 5% (cinco por cento) os valores contratados, deve ser adicionada ao faturamento regular a cobrança pela ultrapassagem..." (Redação dada pela Resolução Normativa ANEEL nº 418, de 23.11.2010).

Tabela 14: Diferença paga pela demanda contratada e não registrada (pode ser economizada).

Mês referência	Valor pago atualmente	Valor pago demanda reajustada a 60 kW	Diferença paga pela Demanda contratada e não registrada (pode ser economizada)
jun-21	R$ 1.465,00	R$ 879,00	R$ 586,00
Jul-21	R$ 1.465,00	R$ 879,00	R$ 586,00
ago-21	R$ 1.465,00	R$ 879,00	R$ 586,00
set-21	R$ 1.465,00	R$ 879,00	R$ 586,00
out-21	R$ 1.465,00	R$ 879,00	R$ 586,00
Total	R$ 7.325,00	R$ 4.495,00	**R$ 2.930,00**

Fonte: O próprio autor.

4.3.3. Instalação de gerador de energia fotovoltaico

Visando à implementação de outra solução técnica que diminuísse os expressivos custos com energia elétrica, com base no levantamento dos usos finais (cargas elétricas em operação), considerando os benefícios ofertados pelo Programa de Geração Distribuída[1] , bem como os conceitos de Sistema de Compensação de energia elétrica[2], ambos norteados pela Resolução Normativa Nº 482 da ANEEL de 17 de abril de 2012, propusemos a instalação de um gerador de energia elétrica fotovoltaico.

1. **Geração Distribuída**: geração de energia feita em pontos diversos, por meio de sistemas geradores que ficam próximos ou até mesmo na própria unidade consumidora (casas, empresas e indústrias) e que são ligados a rede elétrica pública). Sendo tal modalidade diferente da geração centralizada, onde as grandes usinas geradoras é que produzem a energia e a envia aos consumidores através das linhas e redes de transmissão, chegando até eles pelas distribuidoras locais.

2. Art.2º da RN 482:
III - **Sistema de Compensação** de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa.

A partir de imagens aéreas da edificação, podemos mensurar a área de telhado disponível, livre de sombreamento, para a instalação do arranjo fotovoltaico (conjunto de módulos). Conforme observado na foto 4, a área livre é de 275,93 m².

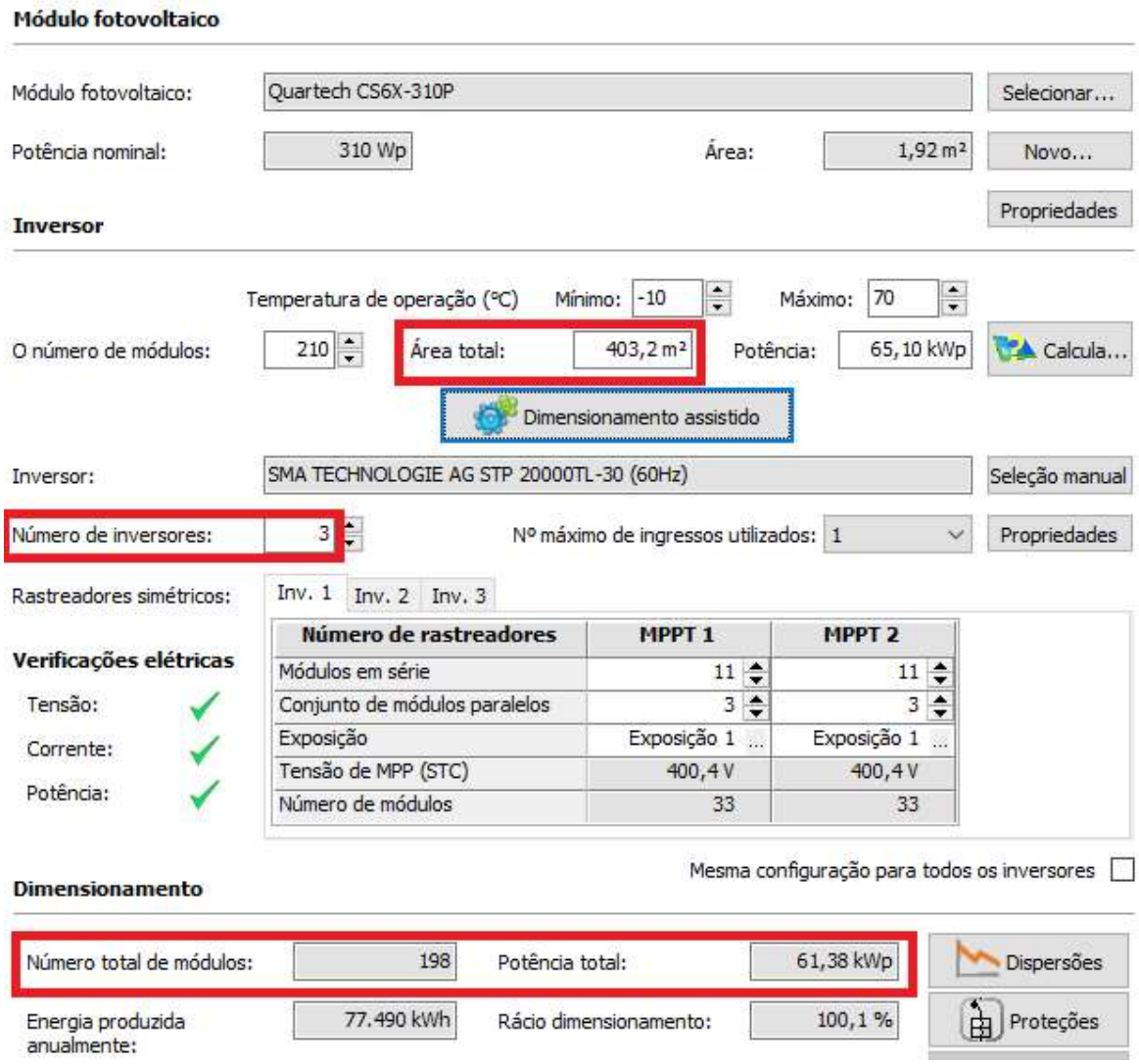
Foto 4: *Layout* da locação da DEC.

Fonte: *Google Earth* 2021.

Para a instalação de um gerador que atendesse toda a necessidade de potência da unidade consumidora (63,83 kW) seria necessária uma área útil e livre de sombreamento de 403,2 m^2, conforme demonstrado nos dados de pré-dimensionamento expostos na figura 12. Situação que torna esse dimensionamento prévio inexequível logisticamente, pois a edificação em estudo não apresenta tal área disponível de telhado.

Para o dimensionamento do sistema de produção de energia fotovoltaica, foi adotado como critério de seleção a capacidade de geração energética dos módulos já escolhidos. Neste caso, foi desconsiderado o decréscimo da carga final, em face da readequação luminotécnica proposta.

Figura 12: Projeção do dimensionamento do Sistema Fotovoltaico ideal.



Fonte: *Software SOLergo*_versão *2015*.

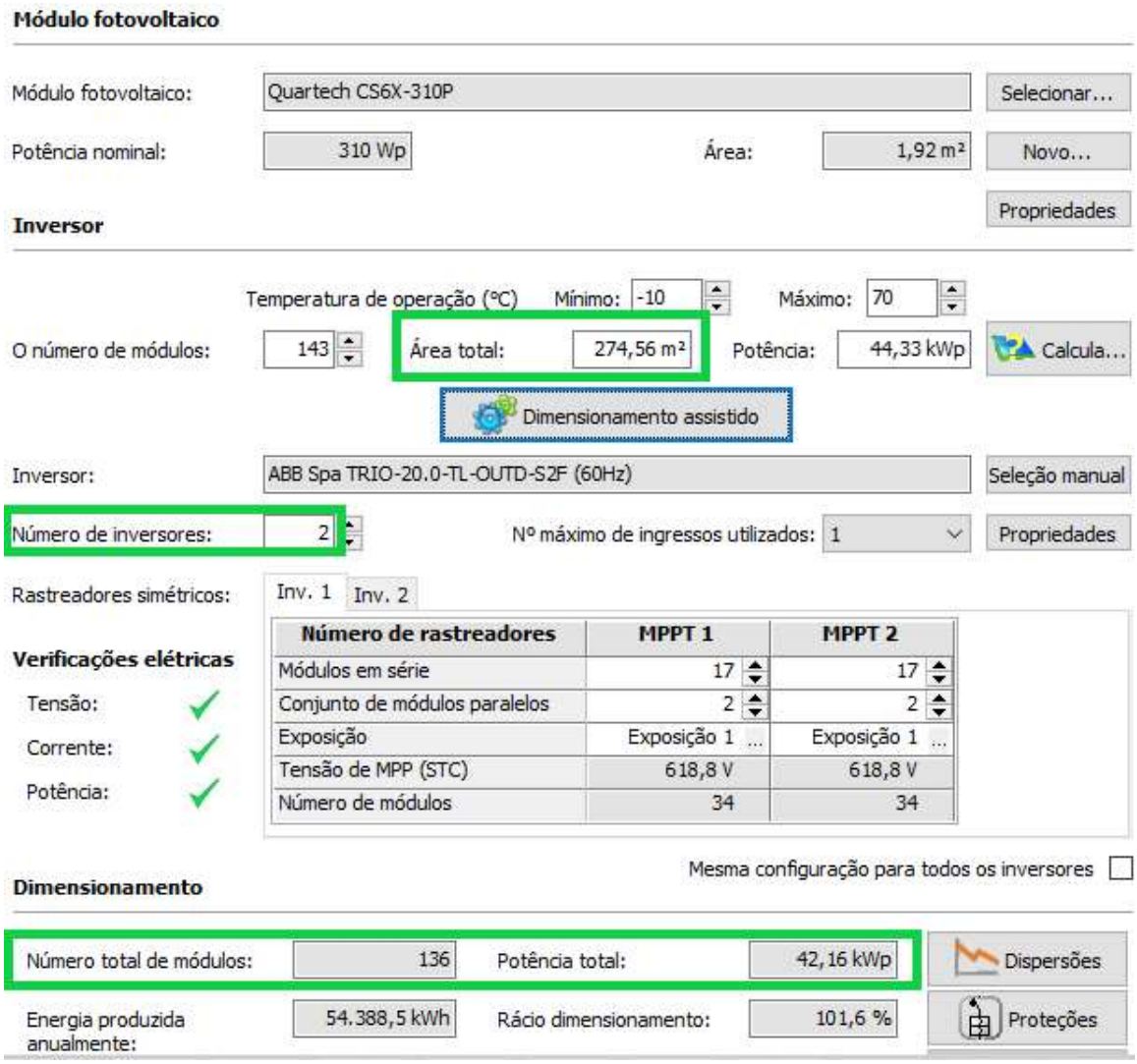
Considerando a disponibilidade de apenas 275,93 m² de espaço para a instalação do sistema, redimensionou-se o gerador com a finalidade de atendimento de parte da potência demandada pela UC. O novo sistema fotovoltaico passará a apresentar uma capacidade de 42,16 kWp, significando uma estimativa de atendimento em 66% da necessidade energética originária da planta.

Como se observa nas figuras 13 e 14, a nova arquitetura foi dimensionada em:

✓ 136 módulos de células de silício policristalino de 310 Wp por unidade, com rendimento estimado, pelo fabricante, em 16,2% por módulo. Distribuídos em duas *strings* paralelas entre si, de 17 módulos por MPPT (*Maximum Power Point Tracking* - rastreamento do ponto de máxima potência), de cada inversor.

- ✓ 02 inversores de 20kVA, por equipamento;
- ✓ 04 *String Box*, para acomodação das proteções CC e CA do sistema;
- ✓ Conjunto de miscelâneas e cabos necessários para a instalação e operacionalização do sistema.

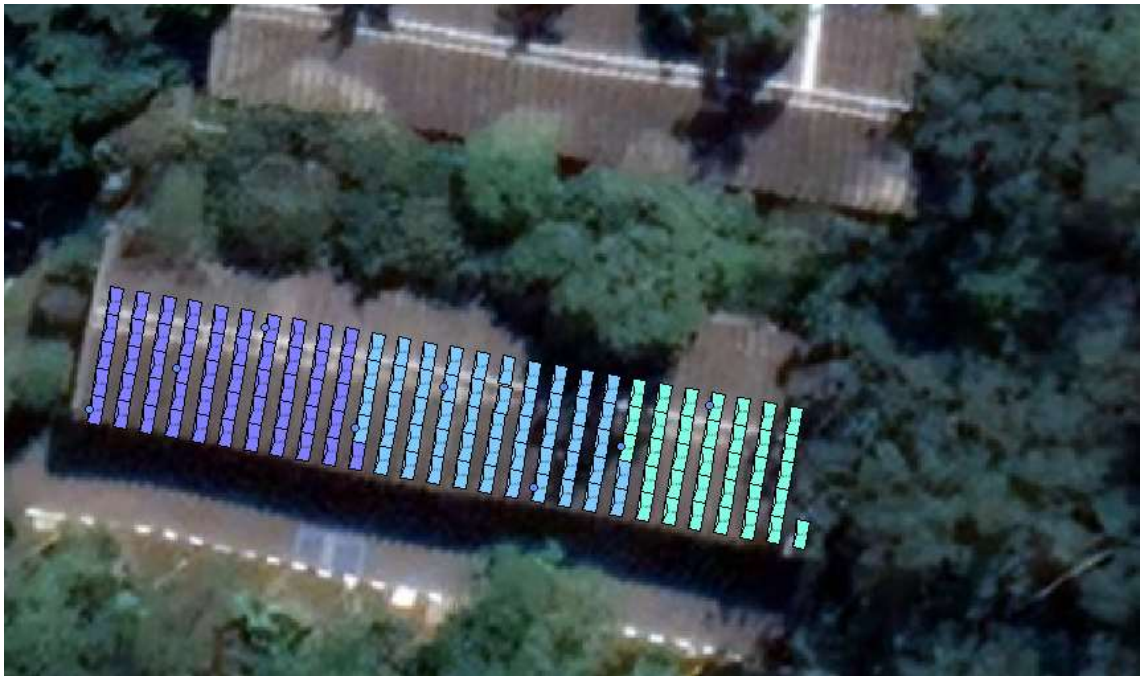
Figura 13: Projeção do dimensionamento do Sistema Fotovoltaico real.



Fonte: *Software SOLergo*_versão *2015*.

Com base no dimensionamento real, implementamos, com a indicação dos painéis solares, a planimetria do telhado que recepcionará o arranjo fotovoltaico, como demostrado na figura 14.

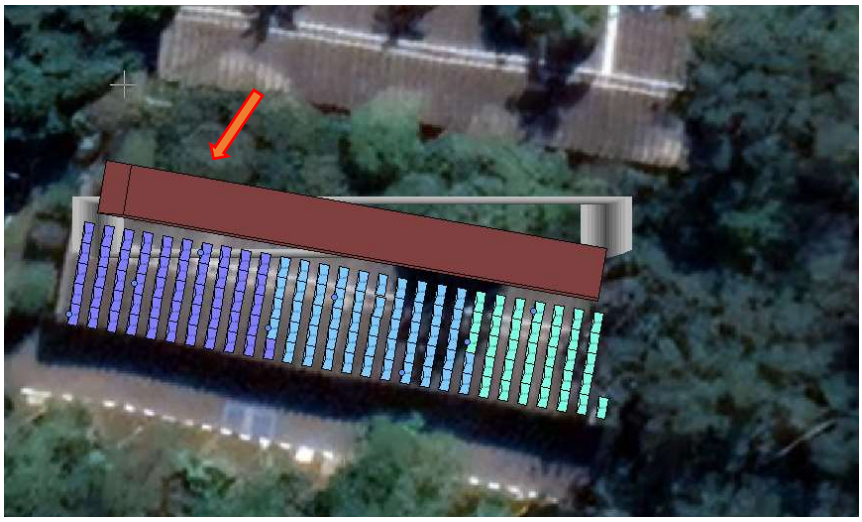
Figura 14: Indicação da instalação dos painéis solares.



Fonte: O próprio autor.

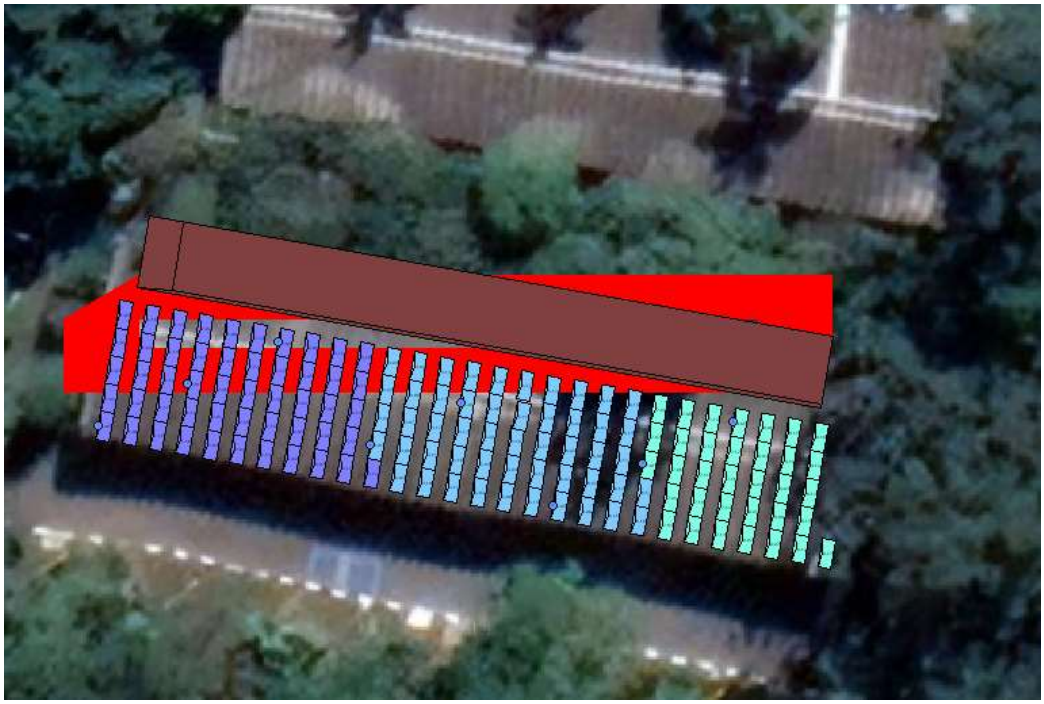
Realizamos uma simulação computacional, via *Software SOLergo_versão 2015*, do perfil de sombras nas imediações do telhado, com base na inserção de um obstáculo, que simulou a presença das copas das árvores adjacentes ao arranjo. A métrica adotada, para o citado simulacro, foi de 48m (comprimento), 5m (profundidade) e 1m (altura vertical). As figuras 15 e 16 demonstram, respectivamente, a indicação do obstáculo adotado, bem como, o perfil de sombras gerado na reprodução.

Figura 15: Indicação do obstáculo simulado.



Fonte: O próprio autor.

Figura 16: Perfil de sombras gerado na simulação computacional.



Fonte: O próprio autor.

Com base na simulação gráfica, calculamos as perdas mensais de produção de energia elétrica, devido ao sombreamento simulado, como demostrado na tabela 15.

Tabela 15: Cálculo das perdas devido ao sombreamento simulado.

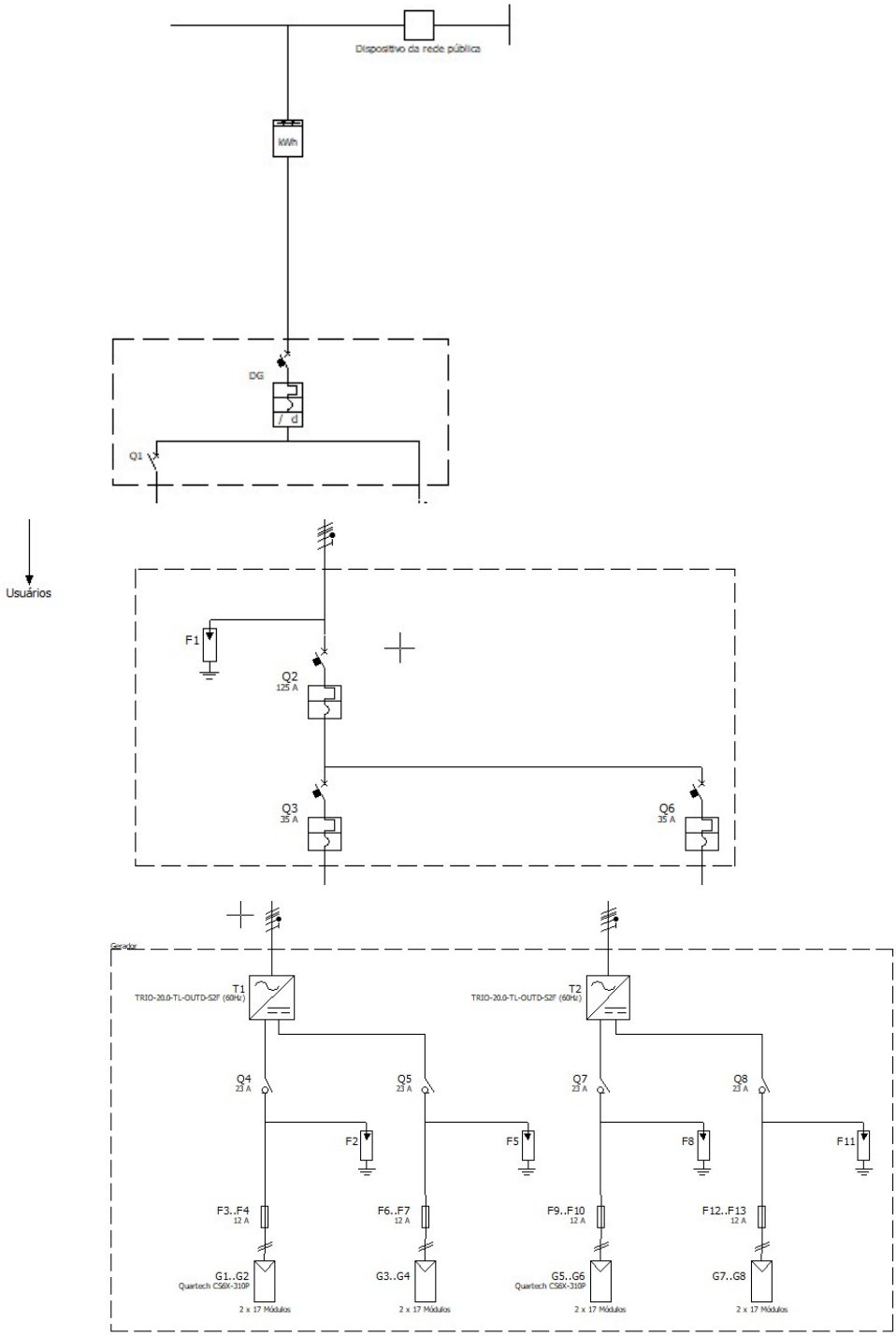
Perdas devido ao sombreamento

Mês	Sem obstáculos	Produção real	Perdas
Janeiro	6619,7 kWh	6456,5 kWh	-2,5 %
Fevereiro	5501,3 kWh	5362,8 kWh	-2,5 %
Março	5055,5 kWh	4841,2 kWh	-4,2 %
Abril	3479,4 kWh	3304,4 kWh	-5,0 %
Maio	2481,9 kWh	2377,2 kWh	-4,2 %
Junho	1864,8 kWh	1811,4 kWh	-2,9 %
Julho	2239,2 kWh	2137,0 kWh	-4,6 %
Agosto	3385,0 kWh	3178,1 kWh	-6,1 %
Setembro	4283,9 kWh	4110,8 kWh	-4,0 %
Outubro	4884,5 kWh	4779,4 kWh	-2,2 %
Novembro	6871,5 kWh	6662,0 kWh	-3,0 %
Dezembro	7721,7 kWh	7491,2 kWh	-3,0 %
Ano	54388,5 kWh	52512,0 kWh	-3,5 %

Fonte: O próprio autor.

Os números apresentados na coluna “produção real” refletem, efetivamente, a energia elétrica que será gerada pelo arranjo.

Figura 17: Diagrama Elétrico Unifilar da instalação.



Fonte: *Software SOLergo*_versão *2015*.

4.3.4. Análise dos impactos das ações no consumo final de energia

Após a propositura das ações corretivas elencadas, considerando a implementação das teorias e técnicas ora discutidas e apresentadas, concluímos impactos positivos no processo, tendo como resultado um gerenciamento dos recursos mais adequado e eficiente, diminuindo os valores dispendidos com energia elétrica.

Pequenas ações como readequação do sistema de iluminação, quanto ao enquadramento à conceituação do estudo luminotécnico, propicia a melhoria da visualização do ambiente, permitindo que as pessoas vejam, se movam com segurança e desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura, sem causar fadiga visual e desconforto (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 Iluminação em Ambientes de Trabalho.

Quanto ao rearranjo do acordo de comercialização de energia elétrica, junto à concessionária distribuidora, no que tange à readequação da contratação de demanda, o estudo em questão nos mostrou a viabilidade de uma economia real mensal em cerca de 40% do valor originariamente dispendido com tal despesa, conforme os cálculos demonstrados na tabela 12.

Em relação à instalação de um sistema gerador fotovoltaico, os valores gastos, mensalmente, com energia elétrica também diminuirão, à medida do potencial da planta geradora, descontado o valor da demanda contratada, por analogia à "taxa de disponibilidade", por tratar-se de cliente em média tensão (Grupo A, Subgrupo A4, Classe Poder Público, Tipo de Fornecimento Trifásico, Demanda contratada 100kW), conforme redação dada pela REN ANEEL 479, de 03.04.2012. Visto que:

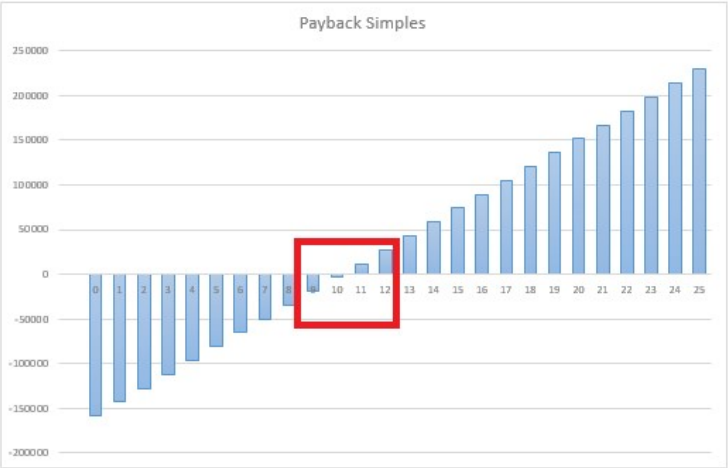
> "... para consumidores de energia elétrica do Grupo A (Alta Tensão), não existe a cobrança do Custo de Disponibilidade, mas sim da Demanda Contratada em kW (quilowatt). Este valor de potência é definido em contrato entre cada cliente e a distribuidora de energia elétrica e seu equivalente financeiro será o valor mínimo a ser pago mensalmente pelo cliente".

4.3.5. Viabilidade econômica da ação proposta (sistema fotovoltaico)

Foi realizado um estudo de viabilidade econômica para a adoção da medida de instalação do gerador fotovoltaico ora dimensionado. Tal análise revelou um *Payback* Simples estimado entre 10 e 11 anos, como apresentado no gráfico 2, em face dos parâmetros adotados e com base nos valores praticados de mercado (vide orçamento da

figura 16), considerando que método em questão avalia somente o tempo necessário para que os fluxos de caixa paguem os desembolsos do investimento, sem serem trazidos a valor presente. Dessa forma, os números foram comparados em termos de quanto tempo se leva para recuperar o investimento inicial, por intermédio do cômputo de seus retornos.

Gráfico 2: Demonstrativo da curva de *Payback* simples do investimento em Sistema Fotovoltaico.



Fonte: O próprio autor, com base nos dados elencados na Figura 15.

Para o *PayBack* Descontado, cujos números consideram a avaliação do tempo de retorno, ajustando os fluxos de caixa por uma taxa de desconto, considerando as variações do dinheiro ao longo do tempo de acordo com o custo de capital, o período estimado para o retorno do investimento inicial é por volta dos 21 anos, como expressado no gráfico 3.

Gráfico 3: Demonstrativo da curva de *Payback* descontado do investimento em Sistema Fotovoltaico.

Fonte: O próprio autor, com base nos dados elencados na Figura 15.

Isto posto, como o tempo de retorno do valor investido é menor que o período de vida útil estimado para os equipamentos a serem instalados (25 anos), conclui-se a viabilidade do projetado, com a possibilidade técnica, operacional e financeira da implementação da planta geradora de energia elétrica, quer seja pela análise do *PayBack* Simples, quer seja pela avaliação do *Payback* Descontado, conforme os cálculos apresentados na figura 19.

Para o estudo em questão, consideramos uma Taxa Interna de Retorno (TIR) equivalente à 8,502% e uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 8,602% (kd – custo de crédito/ano). Destacando a TIR ser um indicativo pelo qual um investimento é recuperado por meio dos rendimentos auferidos de um projeto, representando a taxa de desconto que iguala os fluxos de entrada com os de saída de caixa. Tratando-se da taxa que gera um valor presente líquido, para o projeto analisado, igual a zero, conforme demonstrado na equação 1.

$$VPL = \sum_{t=0}^{n} \frac{FCt}{(1 + TIR)^t} = 0 \tag{1}$$

Onde:

r = taxa de desconto que satisfaz VPL = 0, (r = TIR);

FCt = fluxos de caixa.

n: número total de períodos analisados;

Σ: somatório dos fluxos de todos os períodos.

Já a TMA trata-se de um valor percentual que aponta o retorno mínimo exigível para que uma aplicação financeira seja realizada. O índice em tela foi o valor do custo de capital (0,69% / mês), considerado como os juros para emprestar ou tomar capital de terceiros.

Figura 18: Pesquisa de preços para a implementação de solução fotovoltaica.

Kit gerador fotovoltaico PHB

47,70kWp - PREMIUM - TRIF. 220V SOLO - Wi-Fi

C

Opções de parcelamento no Cartão		
Parcelas	Valor	Total
1x parcela	R$ 158.761,75	R$ 158.761,75
2x parcelas	R$ 79.777,78	R$ 159.555,56
3x parcelas	R$ 53.451,11	R$ 160.353,34
4x parcelas	R$ 40.288,78	R$ 161.155,10
5x parcelas	R$ 32.392,18	R$ 161.960,88
6x parcelas	R$ 27.128,45	R$ 162.770,68
7x parcelas	R$ 23.369,22	R$ 163.584,54
8x parcelas	R$ 20.550,31	R$ 164.402,46
9x parcelas	R$ 18.358,27	R$ 165.224,47
10x parcelas	R$ 16.605,06	R$ 166.050,59
11x parcelas	R$ 15.170,99	R$ 166.880,85
12x parcelas	R$ 13.976,27	R$ 167.715,25
Pagamento à vista		
Depósito Antecipado	R$ 150.823,66	

Componentes:

AUTO-TRANSFORMADOR TRIFASICO 40KVA - PRIM:380V/220V (Y) -SEC:220V/127V (Y) IP21	1,00
CABO SOLAR PRETO COM PROTECAO UV 4,0MM2	200,00
CABO SOLAR VERMELHO COM PROTECAO UV 4,0MM2	200,00
CABO SOLAR VD/AM COM PROTECAO UV 6,00MM2	200,00
CONECTOR MC4 EVO MACHO+FEMEA COMPLETO SOLAR	24,00
ESTRUTURA SUSTENTACAO DE MOD FV-SOLO-PHB-RETRATO-MOD 72 CELLS 530W	90,00
PHB36K-MT,INVERSOR FOTOVOLTAICO	1,00
MODULO FV 530WP-MONO BIFACIAL(1500VCC) HC-35MM:(JKM530M-72HL4-TV)JINKO	90,00
QDCA/97,CJ.QUADRO DE PROT.CA-SOLAR(125A DJ. AC)TRIFASICO 220V	1,00

2 Fileiras de 36 + 1 Fileira 18 Módulos

Fonte: PHB Energia Solar, 2021.

Figura 19: Base de cálculos para a análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico.

VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO NA DEC

VISÃO GERAL DO PROJETO	
INVESTIMENTO INICIAL LÍQUIDO	-R$ 158.761,75
ECONOMIAS ANUAIS	R$ 23.869,51
DEPRECIAÇÃO ADICIONAIS	R$ -
LUCRO ANTES IR/CS	R$ 23.869,51
I. RENDA / C. SOCIAL (35%)	R$ 8.354,33
LUCRO LIQUIDO CONTÁBIL	R$ 15.515,18
VOLTA DA DEPRECIAÇÃO	R$ -
FLUXO DE CAIXA	R$ 15.515,18
PAYBACK SIMPLES (ANOS)	10,23
PAYBACK DESCONTADO (ANOS)	19,10
r (TAXA DE DESCONTO - WACC)	7,272%

CÁLCULO WACC		
INVESTIMENTO PRÓPRIO	1	-R$ 158.761,75
INVESTIMENTO TERCEIROS		
Rf (TAXA LIVRE DE RISCO)		3,75%
E(rm) (TAXA ESPERADA RETORNO)		9,62%
ß (SENSIBILIDADE DA AÇÃO)		60,00%
ke (CUSTO DE EQUITY)		7,27%
we (% CAPITAL PRÓPRIO)		100,00%
CUSTO DE CRÉDITO - MÊS		0,690%
kd (CUSTO DE CRÉDITO - ANO)		8,602%
wd (% CAPITAL TERCEIROS)		0,00%
WACC		7,272%

ANO	FLUXO DE CAIXA (FC)	FC ACUMULADO	VALOR PRESENTE	FC ACUMULADO AJUSTADO
0	-R$ 158.761,75	-R$ 158.761,75	-R$ 158.761,75	-R$ 158.761,75
1	R$ 15.515,18	-R$ 143.246,57	R$ 14.463,40	-R$ 144.298,35
2	R$ 15.515,18	-R$ 127.731,40	R$ 13.482,92	-R$ 130.815,43
3	R$ 15.515,18	-R$ 112.216,22	R$ 12.568,91	-R$ 118.246,52
4	R$ 15.515,18	-R$ 96.701,04	R$ 11.716,86	-R$ 106.529,66
5	R$ 15.515,18	-R$ 81.185,86	R$ 10.922,57	-R$ 95.607,09
6	R$ 15.515,18	-R$ 65.670,69	R$ 10.182,13	-R$ 85.424,96
7	R$ 15.515,18	-R$ 50.155,51	R$ 9.491,88	-R$ 75.933,09
8	R$ 15.515,18	-R$ 34.640,33	R$ 8.848,42	-R$ 67.084,67
9	R$ 15.515,18	-R$ 19.125,15	R$ 8.248,58	-R$ 58.836,08
10	R$ 15.515,18	-R$ 3.609,98	R$ 7.689,41	-R$ 51.146,68
11	R$ 15.515,18	R$ 11.905,20	R$ 7.168,14	-R$ 43.978,53
12	R$ 15.515,18	R$ 27.420,38	R$ 6.682,21	-R$ 37.296,32
13	R$ 15.515,18	R$ 42.935,56	R$ 6.229,22	-R$ 31.067,10
14	R$ 15.515,18	R$ 58.450,73	R$ 5.806,94	-R$ 25.260,16
15	R$ 15.515,18	R$ 73.965,91	R$ 5.413,29	-R$ 19.846,87
16	R$ 15.515,18	R$ 89.481,09	R$ 5.046,32	-R$ 14.800,55
17	R$ 15.515,18	R$ 104.996,26	R$ 4.704,23	-R$ 10.096,32
18	R$ 15.515,18	R$ 120.511,44	R$ 4.385,33	-R$ 5.711,00
19	R$ 15.515,18	R$ 136.026,62	R$ 4.088,04	-R$ 1.622,95
20	R$ 15.515,18	R$ 151.541,80	R$ 3.810,91	R$ 2.187,96
21	R$ 15.515,18	R$ 167.056,97	R$ 3.552,57	R$ 5.740,53
22	R$ 15.515,18	R$ 182.572,15	R$ 3.311,74	R$ 9.052,27
23	R$ 15.515,18	R$ 198.087,33	R$ 3.087,24	R$ 12.139,51
24	R$ 15.515,18	R$ 213.602,51	R$ 2.877,95	R$ 15.017,46
25	R$ 15.515,18	R$ 229.117,68	R$ 2.682,86	R$ 17.700,32
TOTAL	R$ 387.879,43		R$ 17.700,32	

TIR	8,502%

PREÇO AVALIADO DOS INVESTIMENTOS		
VALOR DE MERCADO HOJE	R$	158.761,75
EQUIPAMENTO NOVO		
PREÇO + INSTALAÇÃO		
ECONOMIA LÍQUIDA - ANO	R$	23.869,51
VIDA ÚTIL (ANOS)		25
INVESTIMENTO INICIAL		
DESEMBOLSO COM NOVO EQP	R$	-
VENDA DO EQP ANTIGO	R$	158.761,75
INVESTIMENTO INICIAL (LÍQUIDO)	R$	158.761,75

CALCULO PREÇO KWH		
CONSUMO MÊS (R$)	R$	12.150,85
CONSUMO MÊS (kWh)		16900
PREÇO MÉDIO DO kWh	R$	0,4389
PREÇO MÉDIO DO MWh	R$	438,87
PRODUÇÃO ENERGIA MÊS (kWh)		4532,38
ECONOMIA MÊS	R$	1.989,13
ECONOMIA ANO	R$	23.869,51

Fonte: O próprio autor.

4.3.6. Análise da sensibilidade da taxa de juros

Para a análise em questão foi utilizada uma taxa de juros, considerada custo de crédito (kd) de 0,69% ao mês, como demonstrado na figura 18.

Visando à análise da sensibilidade da variação percentual desta referência, simulamos cenários, os quais foram classificados como otimista (atrativo), mais provável (indiferente) e pessimista (nada atrativo), em face dos resultados finais, quando analisados os parâmetros TIR x TMA.

Comparando-se TIR x TMA, sendo a primeira maior do que a segunda, o investimento será considerado atrativo, já que ele renderia mais do que uma aplicação livre de risco. A seguir serão apresentados 03 cenários de viabilidade econômica (otimista, pessimista e realista) para que se possa avaliar o impacto de diferentes níveis de rentabilidade na viabilidade econômica do projeto aqui analisado.

4.3.6.1. Cenário Otimista:

Com a análise de viabilidade econômica realizada para o cenário otimista, utilizando o kd de 0,69% a.m. (referência de prática de mercado) acrescido da 10%, por critério e referência aleatórios, (kd=0,759%), o VPL é maior que zero e o tempo de retorno do valor investido é menor que o período de vida útil do projeto (25 anos). Com isso, conclui-se que este projeto seria viável, pois o retorno financeiro seria maior que o retorno mínimo exigido. Além do prazo dos *payback simples* (8,95 anos) e *descontado* (14 anos) serem atrativos, como apresentado na figura 20.

Figura 20: Resultado do cenário 01 (otimista).

CENÁRIO 01 (OTIMISTA)

VISÃO GERAL DO PROJETO		
INVESTIMENTO INICIAL LÍQUIDO	R$	158.761,75
ECONOMIAS ANUAIS	R$	23.871,14
DEPRECIAÇÃO ADICIONAIS	-R$	6.350,47
LUCRO ANTES IR/CS	R$	17.520,67
I. RENDA / C. SOCIAL (35%)	R$	6.132,23
LUCRO LIQUIDO CONTÁBIL	R$	11.388,43
VOLTA DA DEPRECIAÇÃO	R$	6.350,47
FLUXO DE CAIXA	R$	17.738,90
PAYBACK SIMPLES (ANOS)		8,95
PAYBACK DESCONTADO (ANOS)		14,00
r (TAXA DE DESCONTO - WACC)		7,272%

CÁLCULO WACC			
INVESTIMENTO PRÓPRIO	1	R$	158.761,75
INVESTIMENTO TERCEIROS	0	R$	-
Rf (TAXA LIVRE DE RISCO)			3,75%
E(rm) (TAXA ESPERADA RETORNO)			9,62%
ß (SENSIBILIDADE DA AÇÃO)			60,00%
ke (CUSTO DE EQUITY)			7,27%
we (% CAPITAL PRÓPRIO)			100,00%
CUSTO DE CRÉDITO - MÊS			0,759%
kd (CUSTO DE CRÉDITO - ANO)			9,498%
wd (% CAPITAL TERCEIROS)			0,00%
WACC			7,27%

ANO	FLUXO DE CAIXA (FC)	FC ACUMULADO	VALOR PRESENTE	FC ACUMULADO AJUSTADO
0	-R$ 158.761,75	-R$ 158.761,75	-R$ 158.761,75	-R$ 158.761,75
1	R$ 17.738,90	-R$ 141.022,85	R$ 16.536,38	-R$ 142.225,37
2	R$ 17.738,90	-R$ 123.283,94	R$ 15.415,37	-R$ 126.810,00
3	R$ 17.738,90	-R$ 105.545,04	R$ 14.370,36	-R$ 112.439,64
4	R$ 17.738,90	-R$ 87.806,13	R$ 13.396,19	-R$ 99.043,45
5	R$ 17.738,90	-R$ 70.067,23	R$ 12.488,06	-R$ 86.555,39
6	R$ 17.738,90	-R$ 52.328,32	R$ 11.641,49	-R$ 74.913,90
7	R$ 17.738,90	-R$ 34.589,42	R$ 10.852,31	-R$ 64.061,59
8	R$ 17.738,90	-R$ 16.850,51	R$ 10.116,63	-R$ 53.944,96
9	R$ 17.738,90	R$ 888,39	R$ 9.430,82	-R$ 44.514,14
10	R$ 17.738,90	R$ 18.627,30	R$ 8.791,50	-R$ 35.722,64
11	R$ 17.738,90	R$ 36.366,20	R$ 8.195,52	-R$ 27.527,12
12	R$ 17.738,90	R$ 54.105,11	R$ 7.639,95	-R$ 19.887,17
13	R$ 17.738,90	R$ 71.844,01	R$ 7.122,03	-R$ 12.765,14
14	R$ 17.738,90	R$ 89.582,92	R$ 6.639,23	-R$ 6.125,92
15	R$ 17.738,90	R$ 107.321,82	R$ 6.189,15	R$ 63,24
16	R$ 17.738,90	R$ 125.060,73	R$ 5.769,59	R$ 5.832,82
17	R$ 17.738,90	R$ 142.799,63	R$ 5.378,47	R$ 11.211,29
18	R$ 17.738,90	R$ 160.538,54	R$ 5.013,86	R$ 16.225,15
19	R$ 17.738,90	R$ 178.277,44	R$ 4.673,97	R$ 20.899,11
20	R$ 17.738,90	R$ 196.016,35	R$ 4.357,12	R$ 25.256,23
21	R$ 17.738,90	R$ 213.755,25	R$ 4.061,75	R$ 29.317,98
22	R$ 17.738,90	R$ 231.494,16	R$ 3.786,40	R$ 33.104,38
23	R$ 17.738,90	R$ 249.233,06	R$ 3.529,72	R$ 36.634,10
24	R$ 17.738,90	R$ 266.971,97	R$ 3.290,44	R$ 39.924,54
25	R$ 17.738,90	R$ 284.710,87	R$ 3.067,38	R$ 42.991,91
TOTAL	R$ 443.472,62		R$ 42.991,91	

TIR	10,184%

PREÇO AVALIADO DOS INVESTIMENTOS		
VALOR DE MERCADO HOJE	R$	-
EQUIPAMENTO NOVO		
PREÇO + INSTALAÇÃO	R$	158.761,75
ECONOMIA LÍQUIDA - ANO	R$	23.871,14
VIDA ÚTIL (ANOS)		25
INVESTIMENTO INICIAL		
DESEMBOLSO COM NOVO EQP	R$	158.761,75
VENDA DO EQP ANTIGO	R$	-
INVESTIMENTO INICIAL (LÍQUIDO)	R$	158.761,75

CALCULO PREÇO KWH		
CONSUMO MÊS (R$)	R$	12.150,85
CONSUMO MÊS (kWh)		16900
PREÇO MÉDIO DO kWh	R$	0,4389
PREÇO MÉDIO DO MWh	R$	438,90
PRODUÇÃO ENERGIA MÊS (kWh)		4532,38
ECONOMIA MÊS	R$	1.989,26
ECONOMIA ANO	R$	23.871,14

Fonte: O próprio autor.

4.3.6.2. Cenário realista

Com a análise de viabilidade econômica realizada para o cenário mais provável, utilizando o kd de 0,69% a.m. (referência de prática de mercado), o VPL é maior que zero e o tempo de retorno do valor investido é menor que o período de vida útil do projeto (25 anos). Com isso, conclui-se que este projeto também seria viável, com um retorno financeiro maior que o retorno mínimo exigido, embora os prazos dos *payback* simples (10,23 anos) e descontado (19,10 anos) serem maiores em relação ao cenário otimista estudado, como apresentado na figura 21.

Figura 21: Resultado do cenário 02 (mais provável).

CENÁRIO 02 (MAIS PROVÁVEL)

VISÃO GERAL DO PROJETO		
INVESTIMENTO INICIAL LÍQUIDO	R$	158.761,75
ECONOMIAS ANUAIS	R$	23.869,51
DEPRECIAÇÃO ADICIONAIS	R$	-
LUCRO ANTES IR/CS	R$	23.869,51
I. RENDA / C. SOCIAL (35%)	R$	8.354,33
LUCRO LIQUIDO CONTÁBIL	R$	15.515,18
VOLTA DA DEPRECIAÇÃO	R$	-
FLUXO DE CAIXA	R$	15.515,18
PAYBACK SIMPLES (ANOS)		10,23
PAYBACK DESCONTADO (ANOS)		19,10
r (TAXA DE DESCONTO - WACC)		7,272%

CÁLCULO WACC			
INVESTIMENTO PRÓPRIO	1	R$	158.761,75
INVESTIMENTO TERCEIROS			
Rf (TAXA LIVRE DE RISCO)			3,75%
E(rm) (TAXA ESPERADA RETORNO)			9,62%
ß (SENSIBILIDADE DA AÇÃO)			60,00%
ke (CUSTO DE EQUITY)			7,27%
we (% CAPITAL PRÓPRIO)			100,00%
CUSTO DE CRÉDITO - MÊS			0,690%
kd (CUSTO DE CRÉDITO - ANO)			8,602%
wd (% CAPITAL TERCEIROS)			0,00%
WACC			7,272%

ANO	FLUXO DE CAIXA (FC)	FC ACUMULADO	VALOR PRESENTE	FC ACUMULADO AJUSTADO
0	-R$ 158.761,75	-R$ 158.761,75	-R$ 158.761,75	-R$ 158.761,75
1	R$ 15.515,18	-R$ 143.246,57	R$ 14.463,40	-R$ 144.298,35
2	R$ 15.515,18	-R$ 127.731,39	R$ 13.482,92	-R$ 130.815,43
3	R$ 15.515,18	-R$ 112.216,21	R$ 12.568,91	-R$ 118.246,51
4	R$ 15.515,18	-R$ 96.701,03	R$ 11.716,86	-R$ 106.529,65
5	R$ 15.515,18	-R$ 81.185,85	R$ 10.922,57	-R$ 95.607,08
6	R$ 15.515,18	-R$ 65.670,67	R$ 10.182,13	-R$ 85.424,95
7	R$ 15.515,18	-R$ 50.155,49	R$ 9.491,88	-R$ 75.933,07
8	R$ 15.515,18	-R$ 34.640,31	R$ 8.848,42	-R$ 67.084,65
9	R$ 15.515,18	-R$ 19.125,13	R$ 8.248,58	-R$ 58.836,07
10	R$ 15.515,18	-R$ 3.609,95	R$ 7.689,41	-R$ 51.146,66
11	R$ 15.515,18	R$ 11.905,23	R$ 7.168,14	-R$ 43.978,52
12	R$ 15.515,18	R$ 27.420,41	R$ 6.682,21	-R$ 37.296,30
13	R$ 15.515,18	R$ 42.935,59	R$ 6.229,22	-R$ 31.067,08
14	R$ 15.515,18	R$ 58.450,77	R$ 5.806,94	-R$ 25.260,14
15	R$ 15.515,18	R$ 73.965,95	R$ 5.413,29	-R$ 19.846,85
16	R$ 15.515,18	R$ 89.481,13	R$ 5.046,32	-R$ 14.800,53
17	R$ 15.515,18	R$ 104.996,31	R$ 4.704,23	-R$ 10.096,30
18	R$ 15.515,18	R$ 120.511,49	R$ 4.385,33	-R$ 5.710,97
19	R$ 15.515,18	R$ 136.026,67	R$ 4.088,04	-R$ 1.622,93
20	R$ 15.515,18	R$ 151.541,85	R$ 3.810,91	R$ 2.187,99
21	R$ 15.515,18	R$ 167.057,03	R$ 3.552,57	R$ 5.740,56
22	R$ 15.515,18	R$ 182.572,20	R$ 3.311,74	R$ 9.052,30
23	R$ 15.515,18	R$ 198.087,38	R$ 3.087,24	R$ 12.139,54
24	R$ 15.515,18	R$ 213.602,56	R$ 2.877,95	R$ 15.017,49
25	R$ 15.515,18	R$ 229.117,74	R$ 2.682,86	R$ 17.700,35
TOTAL	R$ 387.879,49		R$ 17.700,35	

TIR	8,502%

PREÇO AVALIADO DOS INVESTIMENTOS		
VALOR DE MERCADO HOJE	R$	158.761,75
EQUIPAMENTO NOVO		
PREÇO + INSTALAÇÃO		
ECONOMIA LÍQUIDA - ANO	R$	23.869,51
VIDA ÚTIL (ANOS)		25
INVESTIMENTO INICIAL		
DESEMBOLSO COM NOVO EQP	R$	-
VENDA DO EQP ANTIGO	R$	158.761,75
INVESTIMENTO INICIAL (LÍQUIDO)	R$	158.761,75

CALCULO PREÇO KWH		
CONSUMO MÊS (R$)	R$	12.150,85
CONSUMO MÊS (kWh)		16900
PREÇO MÉDIO DO kWh	R$	0,4389
PREÇO MÉDIO DO MWh	R$	438,87
PRODUÇÃO ENERGIA MÊS (kWh)		4532,38
ECONOMIA MÊS	R$	1.989,13
ECONOMIA ANO	R$	23.869,51

Fonte: O próprio autor.

4.3.6.3. Cenário pessimista:

Com a análise de viabilidade econômica realizada para o cenário pessimista, utilizando o kd de 0,69% a.m. (referência de prática de mercado) decrescido de 10%, por critério e referência aleatórios, (kd=0,621%), o VPL é maior que zero e o tempo de retorno do valor investido é menor que o período de vida útil do projeto (25 anos). Com isso, conclui-se que este projeto, em comparação aos demais cenários analisados, seria não tão atrativo, em face dos prazos dos *payback* simples (9,11 anos) e descontado (15

anos) não serem tão atrativos quanto aos demais analisados, como apresentado na figura 22.

Figura 22: Resultado do cenário pessimista.

CENÁRIO 03 (PESSIMISTA)

VISÃO GERAL DO PROJETO	
INVESTIMENTO INICIAL LÍQUIDO	R$ 158.761,75
ECONOMIAS ANUAIS	R$ 23.387,08
DEPRECIAÇÃO ADICIONAIS	-R$ 6.350,47
LUCRO ANTES IR/CS	R$ 17.036,61
I. RENDA / C. SOCIAL (35%)	R$ 5.962,81
LUCRO LIQUIDO CONTÁBIL	R$ 11.073,80
VOLTA DA DEPRECIAÇÃO	R$ 6.350,47
FLUXO DE CAIXA	R$ 17.424,27
PAYBACK SIMPLES (ANOS)	9,11
PAYBACK DESCONTADO (ANOS)	15
r (TAXA DE DESCONTO - WACC)	7,272%

CÁLCULO WACC		
INVESTIMENTO PRÓPRIO	1	R$ 158.761,75
INVESTIMENTO TERCEIROS	0	R$ -
Rf (TAXA LIVRE DE RISCO)		3,75%
E(rm) (TAXA ESPERADA RETORNO)		9,62%
ß (SENSIBILIDADE DA AÇÃO)		60,00%
ke (CUSTO DE EQUITY)		7,27%
we (% CAPITAL PRÓPRIO)		100,00%
CUSTO DE CRÉDITO - MÊS		0,621%
kd (CUSTO DE CRÉDITO - ANO)		7,712%
wd (% CAPITAL TERCEIROS)		0,00%
WACC		7,272%

ANO	FLUXO DE CAIXA (FC)	FC ACUMULADO	VALOR PRESENTE	FC ACUMULADO AJUSTADO
0	-R$ 158.761,75	-R$ 158.761,75	-R$ 158.761,75	-R$ 158.761,75
1	R$ 17.424,27	-R$ 141.337,48	R$ 16.243,07	-R$ 142.518,68
2	R$ 17.424,27	-R$ 123.913,22	R$ 15.141,95	-R$ 127.376,73
3	R$ 17.424,27	-R$ 106.488,95	R$ 14.115,47	-R$ 113.261,26
4	R$ 17.424,27	-R$ 89.064,68	R$ 13.158,58	-R$ 100.102,68
5	R$ 17.424,27	-R$ 71.640,41	R$ 12.266,56	-R$ 87.836,12
6	R$ 17.424,27	-R$ 54.216,15	R$ 11.435,00	-R$ 76.401,12
7	R$ 17.424,27	-R$ 36.791,88	R$ 10.659,82	-R$ 65.741,30
8	R$ 17.424,27	-R$ 19.367,61	R$ 9.937,19	-R$ 55.804,11
9	R$ 17.424,27	-R$ 1.943,35	R$ 9.263,54	-R$ 46.540,57
10	R$ 17.424,27	R$ 15.480,92	R$ 8.635,56	-R$ 37.905,01
11	R$ 17.424,27	R$ 32.905,19	R$ 8.050,16	-R$ 29.854,85
12	R$ 17.424,27	R$ 50.329,45	R$ 7.504,43	-R$ 22.350,41
13	R$ 17.424,27	R$ 67.753,72	R$ 6.995,71	-R$ 15.354,71
14	R$ 17.424,27	R$ 85.177,99	R$ 6.521,47	-R$ 8.833,24
15	R$ 17.424,27	R$ 102.602,26	R$ 6.079,37	-R$ 2.753,87
16	R$ 17.424,27	R$ 120.026,52	R$ 5.667,25	R$ 2.913,38
17	R$ 17.424,27	R$ 137.450,79	R$ 5.283,07	R$ 8.196,45
18	R$ 17.424,27	R$ 154.875,06	R$ 4.924,93	R$ 13.121,38
19	R$ 17.424,27	R$ 172.299,32	R$ 4.591,06	R$ 17.712,44
20	R$ 17.424,27	R$ 189.723,59	R$ 4.279,83	R$ 21.992,27
21	R$ 17.424,27	R$ 207.147,86	R$ 3.989,70	R$ 25.981,98
22	R$ 17.424,27	R$ 224.572,12	R$ 3.719,24	R$ 29.701,22
23	R$ 17.424,27	R$ 241.996,39	R$ 3.467,11	R$ 33.168,33
24	R$ 17.424,27	R$ 259.420,66	R$ 3.232,08	R$ 36.400,40
25	R$ 17.424,27	R$ 276.844,93	R$ 3.012,97	R$ 39.413,38
TOTAL	R$ 435.606,68		R$ 39.413,38	

TIR	9,951%

PREÇO AVALIADO DOS INVESTIMENTOS	
VALOR DE MERCADO HOJE	
EQUIPAMENTO NOVO	
PREÇO + INSTALAÇÃO	R$ 158.761,75
ECONOMIA LÍQUIDA - ANO	R$ 23.387,08
VIDA ÚTIL (ANOS)	25
INVESTIMENTO INICIAL	
DESEMBOLSO COM NOVO EQP	R$ 158.761,75
VENDA DO EQP ANTIGO	R$ -
INVESTIMENTO INICIAL (LÍQUIDO)	R$ 158.761,75

CALCULO PREÇO KWH	
CONSUMO MÊS (R$)	R$ 12.150,85
CONSUMO MÊS (kWh)	16900
PREÇO MÉDIO DO kWh	R$ 0,4300
PREÇO MÉDIO DO MWh	R$ 430,00
PRODUÇÃO ENERGIA MÊS (kWh)	4532,38
ECONOMIA MÊS	R$ 1.948,92
ECONOMIA ANO	R$ 23.387,08

Fonte: O próprio autor.

5. CUSTOS EVITADOS

A partir da adoção das ações propostas, simulamos curvas de valores para os custos com ou sem ações de gestão, bem como, os valores de custeio da implementação de tais ações, além, da indicação da economia real, após a adoção das medidas de contenção, com base no período analisado.

5.1. Análise luminotécnica

Com base na figura 23, a partir das tabelas 09 e 11, por meio de interpolação de valores, calculamos os indicativos de potências equivalentes entre os dispositivos incandescentes, fluorescentes e LED, apresentando o resultando da economia de energia frente à substituição dos dispositivos necessários, como se observa na tabela 16 e no descritivo do memorial de cálculo.

Figura 23: Comparativo entre potências de lâmpadas diversas.

Fonte: Hunter trade luminacão (2021).

Tabela 16: Interpolação entre potências de lâmpadas diversas.

LED (W)	Fluorescente (W)	Incandescente (W)
1	3	15
X = 341,3	1024	-
Y = 16	-	240

Fonte: o próprio autor.

5.1.1. Memorial de Cálculo

- ✓ 32 fluorescentes de 32 W = 1.024 W ↔ 341,3 W (LED)
- ✓ 04 incandescentes de 60 W = 240 W ↔ 16 W (LED)

Para:

x = 1024/3 = 341,3 W

y = 240/15 = 16 W

Consumo originário:

1264W x 9h/dia x 20 dias/mês = 227.520 Wh/mês (2)

Consumo reajustado:

357,3W x 9h/dia x 20 dias/mês = 64.314 Wh/ mês (3)

Foram inferidos os valores das tarifas ora praticadas (consumo TUSD (ponta mais fora de ponta) _ R$ 0,7494/kWh + TE (ponta mais fora de ponta)_ R$ 0,7124/kWh), tabela 13, à diferença entre os consumos originário e reajustado (163.206 Wh/mês), o que resultou num montante de economia financeira equivalente a R$ 238,58, como segue demonstrado.

227.520 – 64.314 = 163. 206 (Wh/mês) ↔ 163,21 kWh/mês (4)

163,21 x R$ (0,7494 + 0,7124) = R$ 238,58/ mês (5)

Os números apresentados refletem uma economia, aproximada, de 72%, em relação à potência de iluminação consumida mensalmente, com a simples medida da substituição das lâmpadas incandescentes e fluorescentes por dispositivos LED.

5.2. Análise tarifária

A partir da readequação da cláusula acordada da Demanda contratada, de 100kW para 60kW, com base na média de consumo de demanda, apresentada na tabela 6, acrescida de 22%, para ao período em análise (jun21 à set21), garantimos uma economia em torno de 40% dos custos mensais da fatura de energia elétrica. Significando uma economia da ordem de R$ 586,00 por mês, conforme demonstrado na tabela 14.

5.3. Instalação de gerador de energia fotovoltaico

Partindo do montante de kWh de energia produzida (média mensal da produção real = 4.376 kWh), tabela 15, baseando-se no custo da tarifa de consumo de ponta TE adotada (R$ 0,43887), tabela 13, concluímos uma economia média mensal de R$ 1.920,49 aos cofres públicos, devido à geração fotovoltaica, como demonstrado;

4.376 kWh x R$ 0,43887 = R$ 1.920,49/ mês (6)

Diante do exposto, considerando a somatória de todos os valores economizados, calculados individualmente, por categoria de ação de gestão, temos uma economia média mensal, na fatura de energia elétrica, de R$ 2.745,07.

238,58 (iluminação) + 586,00 (readequação tarifária) + 1.920,49 (sistema fotovoltaico) = R$ 2.745,07 (7)

Partindo do valor médio dispendido com o pagamento de energia à concessionária distribuidora, R$ 10.736,20, tabela 17, traçamos o gráfico 04, no qual se observa os custos reais economizados.

Tabela 17: Média dos valores pagos à concessionária distribuidora ENEL SA (2021).

Período	Pagamento mensal (R$)
Jun21	9.341,26
Jul21	9.848,44
Ago21	11.604,23
Set21	12.150,85
MÉDIA	10.736,20

Fonte: o próprio autor.

Gráfico 4: Custos evitados após a implementação das ações de gestão.

	jun/21	jul/21	ago/21	set/21
Custos SEM ações de gestão	R$ 9.341,26	R$ 9.848,44	R$ 11.604,23	R$ 12.150,85
Custos COM ações de gestão	R$ 6.596,19	R$ 7.103,37	R$ 8.859,16	R$ 9.405,78
Economias reais	R$ 2.745,07	R$ 2.745,07	R$ 2.745,07	R$ 2.745,07
Custos para a implementação das ações	R$ 3.466,27	R$ 1.293,27	R$ 1.293,27	R$ 1.293,27

Fonte: o próprio autor.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. Conclusão

Diante do exposto, concluímos o presente trabalho, cujo objetivo era a realização de um diagnóstico energético de uma edificação pública, visando à oferta de soluções técnicas para a diminuição de custos com energia elétrica, com a implementação de conceitos de eficiência energética. Após o levantamento e tratamento dos dados necessários para a implementação das soluções, propusemos a adoção de ações corretivas, devido à possibilidade de melhorias a serem implementadas.

Como resultados alcançados, podemos elencar:

1. *Análise Luminotécnica dos ambientes*: foi apresentada a solução de substituição de parte do trecho do sistema de iluminação artificial do Bloco A_Div Adm, em cuja infraestrutura encontram-se instaladas lâmpadas incandescentes e fluorescentes. Foi proposta a substituição das lâmpadas existentes por dispositivos mais eficientes, no caso, por lâmpadas tubulares LED de 9W.

2. *Análise Tarifária*: foi proposta uma readequação da cláusula do acordo que versa sobre o valor de Demanda contratada. O estudo mostrou que a simples medida administrativa de reajustar o valor de Demanda contratada, no caso, diminuindo-o à média (acrescida de 22%, por margem de segurança), dos índices de Demandas registradas num período pré-definido, garante uma economia em torno de 40% dos custos da fatura de energia elétrica.

3. *Instalação de gerador fotovoltaico*: A fim de diminuir os custos com a aquisição de energia oriunda da concessionária distribuidora, foi efetivado o dimensionamento de uma planta geradora fotovoltaica. A solução apresentada suprirá parte da necessidade energética da unidade consumidora (em torno de 66%), em face das limitações físicas da edificação que receberá a instalação do arranjo (limite de área livre de sombreamento).

A tendência, com a implementação das soluções elencadas, segundo os números apresentados, é a amenização dos dispendiosos gastos públicos.

Apesar dos esforços desenvolvidos por alguns gestores locais, por meio de participações pontuais no processo do consumo e custeio de energia elétrica, fica evidente a necessidade de provimento de políticas públicas de gestão, a exemplo da implantação de um programa de eficiência energética, em especial, no âmbito da corporação Policial Militar.

Por tratarem-se, os clientes públicos, de unidades consumidoras que não são classificadas como energo ou eletrointensivas em seus processos, os dispêndios com energia elétrica sequer são computados ou considerados imprescindíveis de melhorias.

Por fim, com ações de modernização das estruturas organizacionais, com a adoção de métodos e processos flexíveis, com buscas por fontes alternativas de energia elétrica, com o desenvolvimento de competências e pesquisas permanentes de tecnologias e novas práticas, sem perder de vista as estratégias institucionais e o interesse público, tenderemos a equilibrar o processo de avaliação dos custos versus a excelência dos serviços públicos prestados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambiente de trabalho**. Rio de Janeiro, 2013.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 414 de 09 de setembro de 2010**. Direitos e Deveres dos Consumidores e Distribuidores. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656827/15201072/ren2010414+-+Texto+Atualizado+Compacto+%28rev+823+2018%29/b8ad993e-d34a-1b5d-20da-5a912c9ee89f>. Acesso em: 07 de nov. de 2021.

ANEEL. **Tarifas Consumidores**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset_publisher/zNaRBjCLDgbE/content/modalidade/654800?inheritRedirect=false>. Acesso em: 08 de dez. de 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030**. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico-564/Minuta_do_Plano_Decenal_de_Expansao_de_Energia_2030__PDE_2030.pdf>. Acesso em: 16 de ago. de 2021.

ENEL. **Direitos e deveres dos consumidores de energia elétrica**. Disponível em: <https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/one-hub-brasil---2018/imagens/Corp_Gov_Rio_CARTILHA_DIREITO_E_DEVERES.pdf>. Acesso em: 07 de nov. de 2021.

Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética _ editora LTC_ MOREIRA José Roberto Simões, 393 páginas. – 1. Ed. – [Reimpr.]. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

Ministério de Minas e Energia Plano Nacional de Eficiência Energética – MME_SOUZA Hamilton Moss, 156 páginas.

Foxlux. **Diferenças entre lâmpada incandescente e fluorescente**. Disponível em: <https://www.foxlux.com.br/blog/foxlux-2/diferencas-entre-lampada-incandescente-e-lampada-fluorescente/#:~:text=A%20primeira%20(incandescente)%20emite%20luz,%C3%A9%20emitida%20por%20um%20g%C3%A1s.&text=tungst%C3%AAnio%20vai%20se%20estragando%20com%20o%20uso%20da%20l%C3%A2mpada>. Acesso em: 06 de dez. de 2021.

Hunter Trade Iluminação. Disponível em: <https://huntertradeiluminacao.wordpress.com/2014/07/11/equivalencia-das-lampas-led-fluorescente-e-incandescente/>. Acesso em: 13 de dez. de 2021.

PROCEL. **Eficiência Energetica nas Edificações**. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>. Acesso em: 06 de dezembro de 2021

Suno. **Taxa Interna de Retorno: o que é e como calcular a TIR?** Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/taxa-interna-de-retorno/>. Acesso em: 07 de dez. de 2021.