PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

SIDNEY RIVA

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

CAMPINAS

2025

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA URBANA

SIDNEY RIVA

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em SISTEMA DE INFRAESTRUTURA URBANA, da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, como exigência para obtenção do título de Mestre em Sistema de Infraestrutura Urbana.

Orientador. Prof. Dr. Marcius Fabius Henriques de Carvalho.

CAMPINAS
2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Marcius Fabius Henriques de Carvalho pelos ensinamentos, paciência, empenho e incentivo no desenvolver desta pesquisa.

Agradeço a minha esposa e filhos, Vanda, Nycolas e Nicole que sempre apoiaram, e me incentivaram de alguma forma para concluir esta pesquisa.

Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI
Gerador de fichas catalográficas da Universidade PUC-Campinas
Dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Riva, Sidney

R616a Análise da viabilidade da implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica para um Campus Universitário / Sidney Riva. - Campinas: PUC-Campinas, 2025.

71 f.

Orientador: Marcius Fabius Henriques de Carvalho.

Dissertação (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana) - Engenharia Civil, Escola Politécnica, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2025.
Inclui bibliografia.

1. Indicadores de consumo de energia. 2. Indicadores de eficiência energética. 3. Sistema de Gestão de Energia.

SIDNEY RIVA

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana da Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas de Infraestrutura Urbana.
Área de Concentração: Sistemas de Infraestrutura Urbana.
Orientador (a): Prof. (a). Dr. (a). Marcius Fabius Henriques de Carvalho

Dissertação defendida e aprovada em 30 de janeiro de 2025 pela Comissão Examinadora constituída dos seguintes professores:

Prof. Dr. Marcius Fabius Henriques de Carvalho
Orientador da Dissertação e Presidente da Comissão Examinadora
Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Prof. Dra. Cláudia Cotrim Pezzuto
Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Prof. Dr. Takao Suguiy
Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer

RESUMO

O Campus II de Pontifícia Universidade Católica de Campinas compreende dois tipos de instalações, a área de ensino e pesquisa e a área hospitalar ocupada pelo Hospital e Maternidade Celso Pierro (HMCP). A Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) fornece energia elétrica para todo o Campus II a partir de um único ponto de alimentação para a cabine principal. A cabine principal alimenta as cabines secundarias de distribuição, sendo algumas delas estão interligadas com geradores a diesel. Este trabalho avalia a implantação de um sistema de suprimento de energia solar fotovoltaica como complemento ao suprimento de CPFL e se inicia por entender o comportamento do consumo atual da energia. Para tanto, foram monitorados os consumos internos dos diferentes setores de atividades, para identificar como críticos são aqueles que apresentam maiores consumo. A partir destes dados foram propostas melhorias visando atender de forma mais eficiente aos setores críticos, aderentes a norma ABNT NBR ISO 50001:2018. As propostas de melhoria consideradas foram: mudança da política de uso, substituição dos equipamentos ineficientes e integrar com sistema para geração alternativa da energia. Espera-se com este trabalho desenvolver sugestões que venham contribuir para a diminuição dos custos e aumento do nível de serviços dos usuários.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores de consumo de energia, Indicadores de eficiência energética, Sistema de gestão de energia.

ABSTRACT

Campus II of the Pontifical Catholic University of Campinas comprises two types of facilities: the teaching and research area and the hospital area occupied by the Celso Pierro Hospital and Maternity (HMCP). Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) supplies electricity to the entire Campus II from a single power supply point to the main cabin. The main cabin supplies power to the secondary distribution cabins, some of which are interconnected with diesel generators. This work evaluates the implementation of a photovoltaic solar energy supply system as a complement to CPFL's supply beginning by understanding the behavior of current energy consumption. To this end, the internal consumption of the different activity sectors was monitored to identify those with the highest consumption as critical. Based on this data, improvements were proposed to serve the critical sectors more efficiently, adhering to the ABNT NBR ISO 50001:2018 standard. The improvement proposals considered were: change in the usage policy, replacement of inefficient equipment and integration with a system for alternative energy generation. It is expected to present suggestions that will contribute to reducing costs and increasing the level of services for users.

Key Words: Energy consumption indicators, Energy efficiency indicators, Energy management system, Electrical service entrance cabinet

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Objetivos Globais para o Desenvolvimento Sustentável 12
Figura 2. Pagamentos acumulados para 30 anos, sendo de 2018 a 2048.....15
Figura 3. Arquitetura da Rede PLC. 18
Figura 4. Arquitetura do Modem PLC. 19
Figura 5. Histórico de demanda registrada e contratada de 01/2019 a 01/2020. 20
Figura 6. Distribuição de energia, área do Hospital e Universidade. 22
Figura 7. Esquemática da distribuição de energia no Campus II da PUC. 23
Figura 8. Demanda, dia 18/03/2024. 25
Figura 9. Demanda mensal, mês 03/2024.....25
Figura 10. Demanda anual, ano de 2024. 26
Figura 11. Esquema dos equipamentos para obtenção das leituras por telemetria. 27
Figura 12. Medições da demanda da cabine 1.....29
Figura 13. Medições do consumo da cabine 1. 29
Figura 14. Equação para determinar o FP.....30
Figura 15. Medição da demanda da cabine 2.....31
Figura 16. Medição do consumo da cabine 2. 31
Figura 17. Medição da demanda da cabine 3.....32
Figura 18. Medição do consumo da cabine 3. 33
Figura 19. Medição da demanda da cabine 4.....33
Figura 20. Medição do consumo da cabine 4. 33
Figura 21. Medição da demanda da cabine 5.....34
Figura 22. Medição do consumo da cabine 5. 35
Figura 23. Medição da demanda da cabine 6.....35
Figura 24. Medição do consumo da cabine 6. 36
Figura 25. Medição da demanda da cabine 7.....36
Figura 26. Medição do consumo da cabine 7. 37
Figura 27. Medição da demanda da cabine 8.....37
Figura 28. Medição do consumo da cabine 8. 38
Figura 29. Medição do consumo do prédio de especialidades. 38
Figura 30. Tendência do crescimento e decrescimento do consumo na cabine 1. ..39
Figura 31. Esquemático em fluxo de consumo. 41
Figura 32. Consumo (kWh) de cada cabine. 41

Figura 33. Esquemático em fluxo de utilização por cabine. 42
Figura 34. Previsão de acréscimo de carga para Cabine 4. 45
Figura 35. Previsão de acréscimo de carga para Cabine 5. 46
Figura 36. Esquema de transformadores para ar-condicionado da cabine 4 e 5. 48
Figura 37. Proposta de entrada de energia para o Hospital. 49
Figura 38. Proposta de entrada de energia para Universidade. 49
Figura 39. Sugestão de coberturas para instalação das células fotovoltaica. 50
Figura 40. Distribuição dos módulos fotovoltaicos na cobertura dos Blocos A-B-C. 51
Figura 41. Distribuição dos módulos fotovoltaicos-cobertura prédio Administrativo. 52
Figura 42. Distribuição dos módulos fotovoltaicos na cobertura da Fisioterapia. 53
Figura 43. Distribuição dos módulos fotovoltaicos - cobertura Edifício Dom Bruno.. 54
Figura 44. Distribuição dos módulos fotovoltaicos na cobertura da Biblioteca. 55
Figura 45. VLP Acumulado no período de 2025 a 2055. 62
Figura 46. Projeção do desempenho para 30 anos, período de 2025 a 2055. 64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado para período de 30 anos, sendo de 2018 a 2048. 15
Tabela 2. Utilização da Energia Elétrica, por cabine.....42
Tabela 3. Acréscimo de demanda por cabine.....43
Tabela 4. FU por cabine após expansão. 44
Tabela 5. FU da Demanda nas Cabines 4, 5 e 8. 47
Tabela 6. FU das cabines 4 e 8, após inversão dos transformadores. 47
Tabela 7. Resumo da geração de energia por cobertura.....56
Tabela 8. Geração de energia por área das cabines da Universidade. 56
Tabela 9. Total de geração de energia na área da Universidade. 57
Tabela 10. Premissas Financeiras.....58
Tabela 11. Geração de energia e manutenção anual. 59
Tabela 12. Análise financeira e *Payback.* 61
Tabela 13. Comparativo despesas sem fotovoltaica e receita com fotovoltaica. 63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulado
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
FP	Fator de Potência
FU	Fator de Utilização
GEE	Gases de Efeito Estufa
HMCP	Hospital e Maternidade Celso Pierro
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Norma Brasileira
PLC	*Power Line Communication*
PUC	Pontifícia Universidade Católica
SGE	Sistema de Gestão de Energia
tep	toneladas equivalentes de petróleo
TC	Transformador de Corrente
UAST	Unidade Acadêmica de Serra Talhada
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VLP	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10

1.1 OBJETIVOS 11

1.1.1 OBJETIVO GERAL 11

1.1.2 OBJETIVOS INTERMEDIÁRIOS 11

1.2 JUSTIFICATIVA 11

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA 12

2.1 DISPONIBILIDADE DO RECURSO ENERGÉTICO 12

2.2 FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA 13

2.3 SISTEMA DE GESTÃO ENERGÉTICA, ABNT NBR ISO 50001:2018 16

2.4 MEDIÇÃO E CONTROLE DO CONSUMO DA ENERGIA ELÉTRICA 18

2.5 AS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR E A MELHORIA DA GESTÃO ENERGÉTICA 19

3 METODOLOGIA 21

3.1 DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO 21

3.2 NORMAS APLICADAS 23

3.3 DADOS COLETADOS POR SISTEMA DE TELEMEDIÇÃO (TELEMETRIA) 24

3.4 COLETA DOS DADOS 26

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS 27

4.1 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA 28

4.2 MEDIÇÕES DAS CABINES 28

4.3 CABINE 1 – Entrada Principal 29

4.4 CABINES DE DISTRIBUIÇÃO 30

4.4.1 CABINE DE DISTRIBUIÇÃO 2 31

4.4.2 CABINE DE DISTRIBUIÇÃO 3 32

4.4.3 CABINE DE DISTRIBUIÇÃO 4 33

4.4.4 CABINE DE DISTRIBUIÇÃO 5 34

4.4.5 CABINE DE DISTRIBUIÇÃO 6 35

4.4.6 CABINE DE DISTRIBUIÇÃO 7 36

4.4.7 CABINE DE DISTRIBUIÇÃO 8 37

4.4.8 PRÉDIO ESPECIALIDADES 38

4.5 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO CONSUMO 39

4.6 ANÁLISE DO CONSUMO E DO FU 40

4.6.1 ANÁLISE DO CONSUMO 40

4.6.2 ANÁLISE DO FU 42

5 PERSPECTIVA DA EXPANSÃO DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA 43

6 PROPOSIÇÃO PARA MELHORIA DO SISTEMA DE SUPRIMENTO DE ENERGIA DO CAMPUS II DA PUC-CAMPINAS 45

6.1 OTIMIZAÇÃO NA UTILIZAÇÃO DAS CABINES DE ENERGIA DA ÁREA DA UNIVERSIDADE 46
6.1.1 AVALIAÇÃO DA ALTERNATIVA DA OTIMIZAÇÃO NA UTILIZAÇÃO DAS CABINES DE ENERGIA DA ÁREA DA UNIVERSIDADE 47
6.2 SEPARAR ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA DA ÁREA DO HOSPITAL E DA ÁREA DA UNIVERSIDADE 48
6.3 FORNECIMENTO DE ENERGIA ALTERNATIVA, UTILIZANDO CÉLULAS FOTOVOLTÁICAS. 50
6.3.1 AVALIAÇÃO DA ALTERNATIVA COM CÉLULAS FOTOVOLTAICAS. 57
7 REQUISITOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SGE 64
7.1 CONTEXTO DA ORGANIZAÇÃO 65
7.2 LIDERANÇA 65
7.3 PLANEJAMENTO 65
7.4 APOIO E RECURSOS 65
7.5 OPERAÇÃO 66
7.6 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO 66
8 CONCLUSÃO 67
9 REFERÊNCIAS 69

1 INTRODUÇÃO

Racionar a energia elétrica não é a melhor opção. A conservação e a eficiência energética associados ao consumo consciente e a escolha de equipamentos com baixo consumo de energia, devem ser considerados a fim de utilizar somente o que for necessário, sem comprometer o que se espera de todos estes equipamentos (REIS et al., 2020).

Neste sentido, o acompanhamento do consumo da energia pode contribuir para a melhoria da eficiência energética, proporcionando benefícios econômicos e ambientais (NUNES et al., 2020). O controle e o acompanhamento do consumo de energia, paralelo às ações de gestão poderá ser usada de forma estratégica para tomada de decisão de correção dos objetivos estabelecidos.

As informações de consumo da energia devem ser coletadas, monitoradas e avaliadas, a fim de avaliar uma relação do consumo em função do resultado esperado, buscando a utilização da energia sem desperdício não comprometendo o objetivo final de nível de serviço adequado.

Para a proposição de um sistema de suprimento de energia, será necessário entender o comportamento atual do consumo de energia do local de estudo, desenvolver um conjunto de indicadores que possam gerar resultados confiáveis para proposições de melhorias (SOARES; CÂNDIDO, 2019).

A implantação de um sistema de suprimento de energia requer, mudanças de atitudes, além de uma visão puramente imediatista no sentido de resolver um problema de abastecimento local.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade da implantação de um sistema de suprimento de energia fotovoltaica para Campus II da PUC-Campinas em complementação ao fornecido pela operadora CPFL.

1.1.2 OBJETIVOS INTERMEDIÁRIOS

1. Levantar o padrão atual de consumo energia elétrica do Campus II
2. Avaliar as proposições para expansão pela operadora CPFL, em andamento.
3. Identificar possibilidades de complementaridade do sistema de geração solar no sentido de atendimento de casos específicos de consumo.

1.2 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento sustentável vem sendo discutido pelos setores públicos, privado e por toda sociedade. Nessas discussões, as dificuldades impostas pelas desigualdades econômicas, sociais e culturais são fatores colocados como desafios à manutenção dos recursos naturais. As instituições de ensino superior têm um papel estratégico com a divulgação e adoção de práticas em atividades de ensino, pesquisa, extensão e gestão visando um desenvolvimento sustentável. Devem ser vistas como parceiras na conscientização e qualificação da conservação ambiental, estimulando o uso racional dos recursos naturais através da melhoria na gestão (NASCIMENTO; COSTA; MENDONÇA, 2018). Em particular, para que um gerenciamento do consumo da energia elétrica em cada setor ocorra de forma a minimizar os desperdícios em razão de comportamentos inadequados ou equipamentos pouco eficientes. Em um processo contínuo deve-se sugerir a implementação de ações de melhoria contínua no sistema buscando a eficiência energética.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 DISPONIBILIDADE DO RECURSO ENERGÉTICO

O consumo da energia elétrica está crescendo, estima-se que nos próximos anos o Brasil terá um aumento do consumo de energia a uma taxa de 2,5% até 2029. Tendo como referência o ano de 2019, com consumo de 83 milhões de toneladas equivalente de petróleo (tep), passaria para 108 milhões de tep em 2029 (REIS et al., 2020). O crescimento no consumo de energia reflete um aumento nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), contribuindo para o aquecimento global. Mundialmente os setores industriais e comercial são responsáveis por 40% das emissões de GEE. Com estes resultados várias nações começaram a desenvolver ações que buscam formas alterativas de geração e a eficiência energética.

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável As Nações Unidas no Brasil, propõe a missão de implementar 17 objetivos globais para o Desenvolvimento Sustentável, Figura 1. A implementação destes objetivos deve ocorrer em áreas importantes, considerando: pessoas, planeta, prosperidade, paz e parceria (SILVA; GOMES, 2020).

Figura 1. Objetivos Globais para o Desenvolvimento Sustentável

Fonte: Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável As Nações Unidas no Brasil,

Esta pesquisa propõe-se a contribuir para os objetivos 7 e 9, dos Objetivos Globais para o Desenvolvimento Sustentável, sendo eles:

- objetivo 7: assegurar a todos o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia;
- objetivo 9: construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.

2.2 FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

Segundo MORAES JUNIOR; MARAFÃO; GONÇALVES, (2020) o custo da energia elétrica representa parte significativa do custeio das instalações públicas de ensino superior. Os autores discutem modelos de contratação e gestão de energia que podem contribuir para mitigação do impacto financeiro das contas de energia por meio de modelos de contratação do fornecimento da energia elétrica para o campus da UNESP de Jaboticabal. Seis alternativas foram consideradas:

> **Alternativa 1**. Comprar energia elétrica no Ambiente Regulado de Contratação – ACR (mercado cativo - concessionária) e não implantar usina fotovoltaica, portanto seguir com o modelo atual que é adotado por quase a totalidade das instituições públicas. O mercado cativo é formado pelos consumidores que têm acesso à energia com tarifas estabelecidas pelo Governo e pagam mensalmente pelo serviço de distribuição e de geração de energia, encargos, na fatura da distribuidora local. Esses consumidores também são chamados de consumidores cativos;

Alternativa 2. Comprar energia elétrica no mercado livre e não implantar usina fotovoltaica, com economia estimada de 20% em relação a compra de energia elétrica no mercado cativo. O Ambiente de Contratação Livre (ACL) brasileiro, como também é chamado, permite que as empresas negociem as melhores condições de compra de energia elétrica e, assim, possam atingir grandes índices de economia. As unidades consumidoras, formada pelos consumidores atendidos em alta e média tensão, poderão migrar para o Mercado Livre de Energia, independentemente da demanda contratada. Essa mudança é consequência da abertura do Mercado Livre, cujo objetivo é ampliar o acesso ao ACL. Dessa

forma, qualquer indústria ou comércio ligado em média ou alta tensão pode participar do Mercado Livre de Energia no Brasil, sendo classificados como:

- **Consumidor Livre Tradicional**: são as empresas cuja demanda de consumo é de 500 kW ou mais, que podem ser representadas por uma Gestora ou atuarem de forma autônoma no ACL.
- **Consumidor Livre Varejista**: são as empresas com demanda de consumo inferior a 500 kW mensal que, obrigatoriamente, devem ser representadas por um Comercializador Varejista para negociar no Mercado Livre.
- **Consumidor em comunhão de carga**: as empresas podem se unir a outras unidades consumidoras para negociar com mais vantagens. Isso é válido somente para consumidores com o mesmo CNPJ e alocados no mesmo submercado ou localizados em área contígua (sem separação por vias públicas).

Alternativa 3. Implantar usina fotovoltaica capaz de gerar 100% da energia elétrica consumida no campus, com investimento privado e o pagamento através de contrato de performance. A empresa seria remunerada pela quantidade de energia gerada, e a UNESP pagaria os percentuais com relação a tarifa da concessionária local durante 30 anos, que é vida útil estimada da usina fotovoltaica;

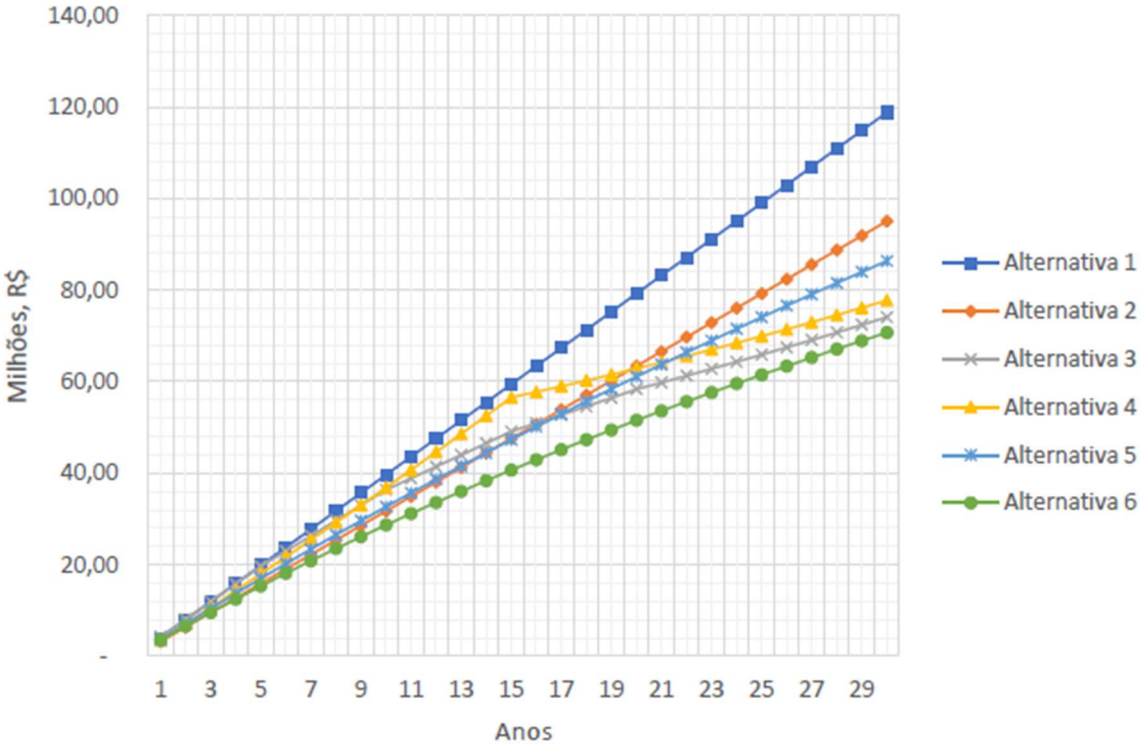
Alternativa 4. Implantar usina fotovoltaica através de financiamento bancário com instituições públicas ou privadas, com juros de 9% ao ano, pagamento no prazo de 12 anos e sem carência inicial;

Alternativa 5. Comprar energia elétrica no mercado livre e implantar usina fotovoltaica de maneira gradual, utilizando os valores economizados ano a ano. Nesta alternativa estima-se 10% de economia;

Alternativa 6. Comprar energia elétrica no mercado livre e implantar usina fotovoltaica de maneira gradual, utilizando os valores economizados ano a ano. Nesta alternativa estima-se 20% de economia.

A Figura 2 apresenta uma avaliação dos valores em R$ de cada alternativa, acumulados por um período de 2018 a 2048.

Figura 2. Pagamentos acumulados para 30 anos, sendo de 2018 a 2048.



Fonte: MORAES JUNIOR; MARAFÃO; GONÇALVES, (2020)

Os autores concluem: em comparação com a alternativa 1, que é o modelo de contratação atual pelo mercado cativo do Campus da UNESP de Jaboticabal, a alternativa 6 é a que irá gerar mais economia no período acumulado de 30 anos, sendo uma redução de 40,5% em relação a alternativa 1, conforme apontado pelo gráfico e demostrado na Tabela 1. À época a relação era $ 1 dólar para R$ 3,86 reais.

Tabela 1. Resultado para período de 30 anos, sendo de 2018 a 2048.

	1	2	3	4	5	6
Acumulado em 30 anos (milhões R$)	118,8	95,06	74,09	77,74	86,36	70,70
Economia em relação a Alternativa 1 (milhões R$)	-	23,76	44,73	41,08	32,46	48,12
Economia em relação a Alternativa 1 (%)	0%	20,0%	37,6%	34,6%	27,3%	40,5%

Fonte: MORAES JUNIOR; MARAFÃO; GONÇALVES, (2020)

Na avaliação realizada por PEREIRA FIRMES et al., (2019) na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), buscando um consumo mais eficiente da energia elétrica e a redução do custo financeiro, tomou como referência as contas de energia e a memória de massa do medidor, no período de junho de 2016 a maio de 2017. Os autores verificaram um excedente mensal da demanda contratada e um elevado consumo no horário de ponta, estes fatores elevavam os valores cobrados nas contas de energia da UFES. A proposição das melhorias passou pelo entendimento dos hábitos do consumo da energia, através de medições dos pontos consumidores. As propostas para redução do custo de energia, foram: revisar o contrato de fornecimento da energia com aumento da demanda; inclusão de cargas compensatórias para melhoria do fator de potência (FP); redução da utilização da energia no horário de ponta; implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica ou eólica e aplicação dos conceitos de gestão de energia.

Destaca-se que estes dois estudos indicam que um caminho para a melhoria de suprimento de energia elétrica em uma universidade passa pela avaliação da alternativa da implantação da energia fotovoltaica. Este é o foco desta pesquisa.

2.3 SISTEMA DE GESTÃO ENERGÉTICA, ABNT NBR ISO 50001:2018

Segundo NUNES et al., (2020), por vários anos a obtenção de lucros era referência de uma boa qualidade de vida. Com o crescimento econômico, o processo de industrialização aumentou e com ele a utilização dos recursos naturais, resultando de uma degradação ambiental. Como resultado de uma má gestão dos recursos naturais da Terra, a população está diretamente exposta a quadros de poluição do ar, da água, do solo e o crescimento de desastres ambientais. Com isso, indivíduos e organizações devem repensar suas formas de atuar e como conduzir seus processos, com o objetivo de evitar maiores danos ao planeta. Pensando nisso, a ABNT aprovou a versão brasileira NBR ISO 50001, uma norma sobre Gestão de Energia, para produzir impactos positivos nas mudanças climáticas através da melhoria contínua do desempenho energético das organizações. Essa norma também se integra com outros sistemas de gestão.

Cinco principais passos devem ser seguidos para implantação da ISO 50001:

Passo 1. Analisar o contexto da organização, conhecer as necessidades e as características gerais que envolvem a demanda de energia. Nesta etapa são avaliados os principais elementos para a estruturação;

Passo 2. Estabelecer os objetivos e metas energéticas, sendo um dos passos mais importantes do processo. Neste momento a organização detalha o uso específico da energia utilizada juntamente com seus processos internos, visando definir as melhorias;

Passo 3. Gerenciar o uso e consumo da energia, abordando as questões operacionais da energia. Após a garantia de seu bom funcionamento, definir o detalhamento do controle operacional e especificar os procedimentos;

Passo 4. Implantar o monitoramento do desempenho e melhorias, onde é verificado na prática as melhorias projetadas, através do auxílio de processos de monitoramento. Essa fase é a efetivação do Sistema de Gestão de Energia (SGE).

Passo 5. Tomada das decisões, em busca por melhorias contínuas, pois o SGE necessita estar em constante melhoria, para assim estar alinhado com as condições atuais. Também se faz necessário realizar constantemente autoavaliações para identificar as possíveis não conformidades e as devidas ações corretivas.

A ABNT NBR ISO 50001:2018, especifica os requisitos para estabelecer, implementar, manter e melhorar um SGE. O resultado pretendido é permitir que a organização siga uma abordagem sistemática para alcançar a melhoria contínua do desempenho energético e do SGE.

Criada em 2011, a ISO 50001 foi amplamente adotada como uma norma nacional e regional. Logo após o primeiro ano de seu lançamento. A ISO 50001 apresentou um crescimento global de mais de 300% de 459 organizações certificadas em 2011, para

2236 em 2012. No final de 2016 havia mais de vinte mil certificações. A norma pode potencialmente afetar 60% do consumo mundial de energia. Se até 2030, 50% do setor industrial submeterem à gestão da ISO 50001, a economia de energia poderá atingir o equivalente de a 210 milhões de veículos de passageiros removidos das estradas (REIS et al., 2020).

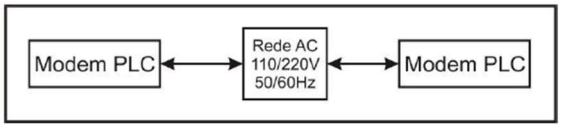
2.4 MEDIÇÃO E CONTROLE DO CONSUMO DA ENERGIA ELÉTRICA

Em termos econômicos, a previsão e o controle estatístico da demanda de energia se tornaram a base da composição de preço no mercado e os erros de previsão e falhas passaram a resultar em perdas financeiras. O problema maior no estudo de modelos é com relação aos dados previstos, ou seja, minimizar os erros de previsão. Estes erros são causados pela má elaboração dos modelos ou pela grande variabilidade do processo (CHRISTO; FERREIRA, 2013).

Segundo FACCIONI; TRICHEZ; MACEDO, (2008), a tecnologia que emprega a comunicação de dados que utiliza a rede elétrica como meio de transmissão é chamada de Power Line Communication (PLC). Esta tecnologia é utilizada desde 1920 por muitas companhias de energia elétrica para efetuar telemedição e telecomando de equipamentos em subestações. Atualmente com novas técnicas de modulação e barateamento de sistemas de telecomunicações, se torna possível a aplicação em massa desta tecnologia para ser implantada em sistemas de telemetria e automação e até mesmo disponibilizar o acesso à internet banda larga para usuários finais.

Para exemplificar a aplicações da tecnologia PLC no Brasil FACCIONI; TRICHEZ; MACEDO, (2008) destaca o projeto desenvolvido no SENAI/SC-Florianópolis. Onde foi desenvolvida uma pequena rede de comunicação entre dois modens PLC, conforme arquitetura da Figura 3.

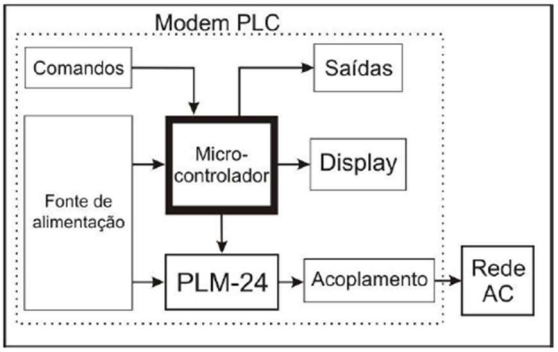
Figura 3. Arquitetura da Rede PLC.



Fonte: FACCIONI; TRICHEZ; MACEDO, (2008)

Para se tornar possível a implementação desta rede foi necessária desenvolver um *hardware* que efetuasse o controle dos dados a serem enviados e recebidos pelo modem PLM-24, Figura 4.

Figura 4. Arquitetura do Modem PLC.



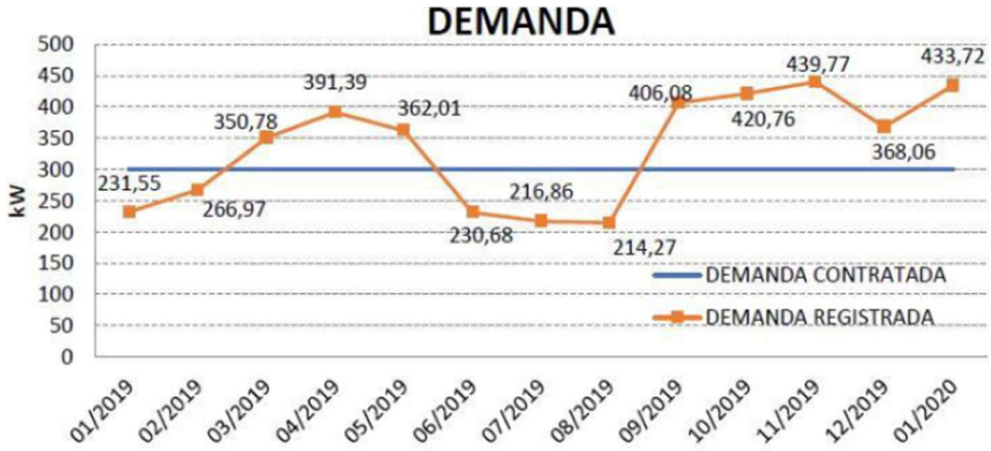
Fonte: FACCIONI; TRICHEZ; MACEDO, (2008)

2.5 AS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR E A MELHORIA DA GESTÃO ENERGÉTICA

De acordo com a pesquisa realizada por BARBOSA, (2024), tendo como local de estudo a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), visando desenvolver ações para a sustentabilidade energética, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST) pela implantação de um SGE. A UFRPE tem demostrado alinhamento com 2 dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030. Sendo o objetivo 7 (assegurar energia limpa e acessível a todos) e o objetivo 13 (combater a mudança climática e seus impactos). Na proposição do SGE foram adotadas práticas internacionais, encontrada na NBR ISO 50001:2018, que se implantadas poderá resultar em reduções no consumo de energia. A pesquisa iniciou-se com um diagnostico energético na UAST, identificando os principais consumidores de energia, padrão de uso, ineficiência e áreas com possível melhoria. Para a elaboração do diagnostico foram analisados os seguintes consumos: uso de equipamentos de ar-condicionado, iluminação interna, iluminação externa e equipamentos dos laboratórios. Em suas considerações finais, BARBOSA, (2024), propõe que a implantação de um SGE na UFRPE na unidade de UAST, deve ser associada a uma comissão interna de conservação de energia e alinhada com a NBR ISO 50001:2018.

Em uma análise sobre o consumo de energia elétrica, de acordo com NELI et al., (2020), e tendo como local de pesquisa a Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Campo Mourão (UTFPR-CM). A partir do diagnóstico energético realizado foram identificados como principais consumidores os aparelhos de ar-condicionado e a iluminação. Nesta pesquisa foram avaliadas as faturas de energia quanto a variação de demanda e consumo, também é destacado a importância das Instituições de Ensino Superior quanto a formações de opinião com foco em energia sustentável. O conceito de gestão de energia conforme a NBR ISO 50001:2018, nasce a partir da constatação de iniciativas isoladas de eficiência energética. Mudanças de tecnologia pontuais, sem o devido acompanhamento sistemático das organizações, não gera valor ou consistência a longo prazo. Os registros da demanda contratada em comparação a demanda consumida da UTFPR-CM, obtidos pelas faturas de energia no período de janeiro de 2019 a janeiro de 2020, demostram a ultrapassagem por 8 vezes a demanda contratada, ocasionando um aumento nas faturas, conforme Figura 5.

Figura 5. Histórico de demanda registrada e contratada de 01/2019 a 01/2020.



Fonte: Diagnóstico Energético UTFPR-CM (2019)

A busca da eficiência energética nas edificações públicas, conforme NELI et al., (2020), tem um papel fundamental para evitar o desperdício e realizar mais serviços energéticos com a mesma quantidade de energia, os programas de apoio à implementação de modelos de gestão de energia, aliados ao fornecimento de informações e capacitação em eficiência energética, somados aos índices mínimos para equipamentos, permitem grandes avanços na eficiência energética no prédio públicos.

3 METODOLOGIA

Esta é uma pesquisa aplicada ao Campus II da Universidade PUC Campinas, e tem como as principais etapas:

- descrever o objeto de estudo,
- descrever as normas aplicadas nas instalações elétricas da Universidade e instalações elétricas hospitalares;
- coletar os dados necessário para avaliação;
- descrever análises as aplicações;
- propor melhorias.

A seguir será apresentado a forma e o suprimento de energia elétrica no Campus II da PUC Campinas, descrevendo a distribuição interna da energia e apresentação dos dados coletados.

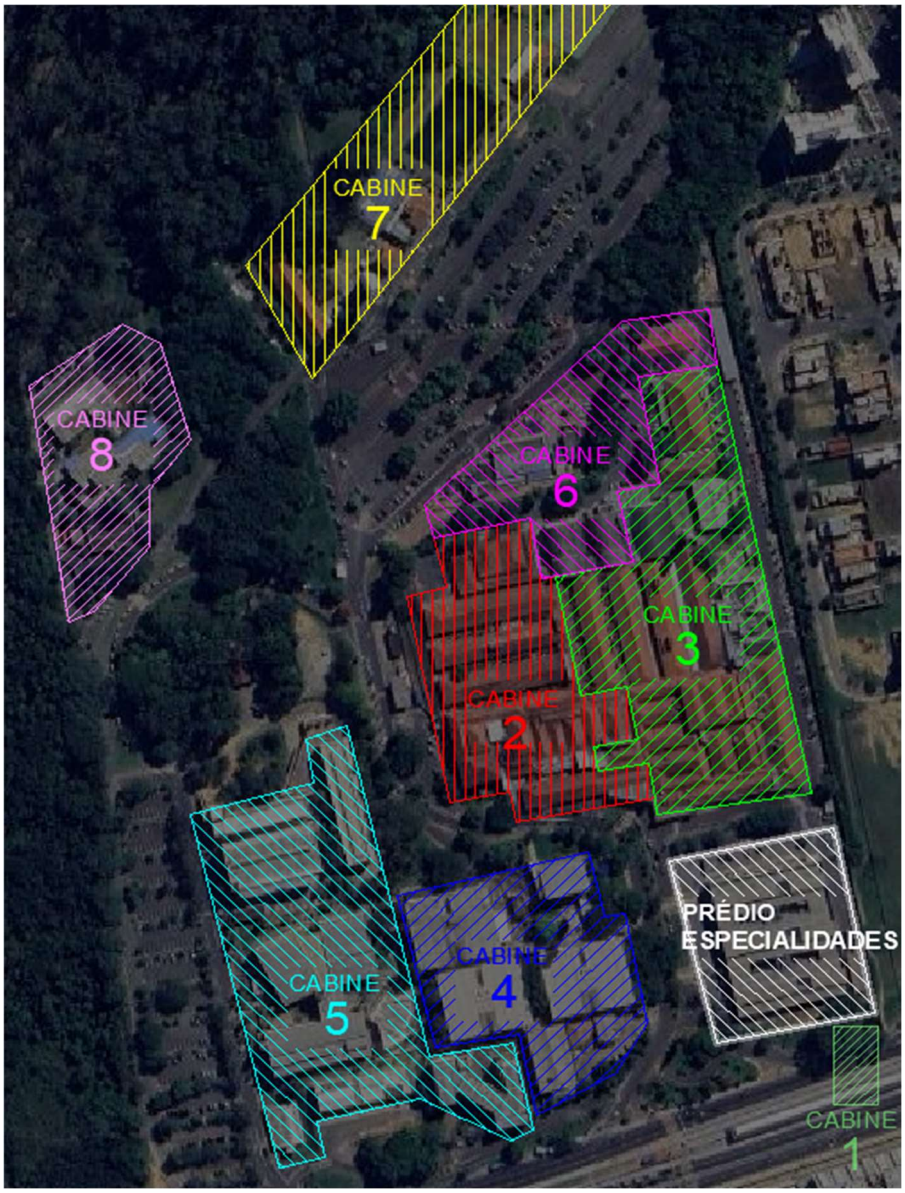
3.1 DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

As características do Campus II da PUC Campinas, pode ser resumida como: cursos oferecidos de Biologia, Enfermagem, Fisioterapia, Medicina, Medicina Veterinária, Nutrição, Odontologia e Psicologia, possui sua estrutura complementar contendo prédio de Biblioteca, prédio de Fisioterapia e o prédio da Clínica Odontológica ambos com atendimento para o público externo. A estrutura de apoio é formada por prédio Administrativo, Departamento de Segurança Universitária, Departamento de Serviços Gerais, Departamento de Manutenção e Departamento de Obras; e uma grande estrutura Hospitalar sendo o HMCP-Hospital e Maternidade Celso Pierro. Duas áreas podem ser determinadas, sendo a área da Universidade com aproximadamente 6950 m² e a área Hospitalar com aproximadamente 16000 m². A alimentação de energia está configurada de modo que as cabines internas estão atendendo separadamente estas duas áreas. Neste campus a energia elétrica é fornecida pela CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz).

A Figura 6 imagem aérea obtida pelo Google Maps, apresenta as áreas de influência de cada uma das cabines.

A entrada de energia é feita através da cabine 1 que alimenta as 7 cabines de distribuição, que são cabines 2-3-4-5-6-7-8.

Figura 6. Distribuição de energia, área do Hospital e Universidade.

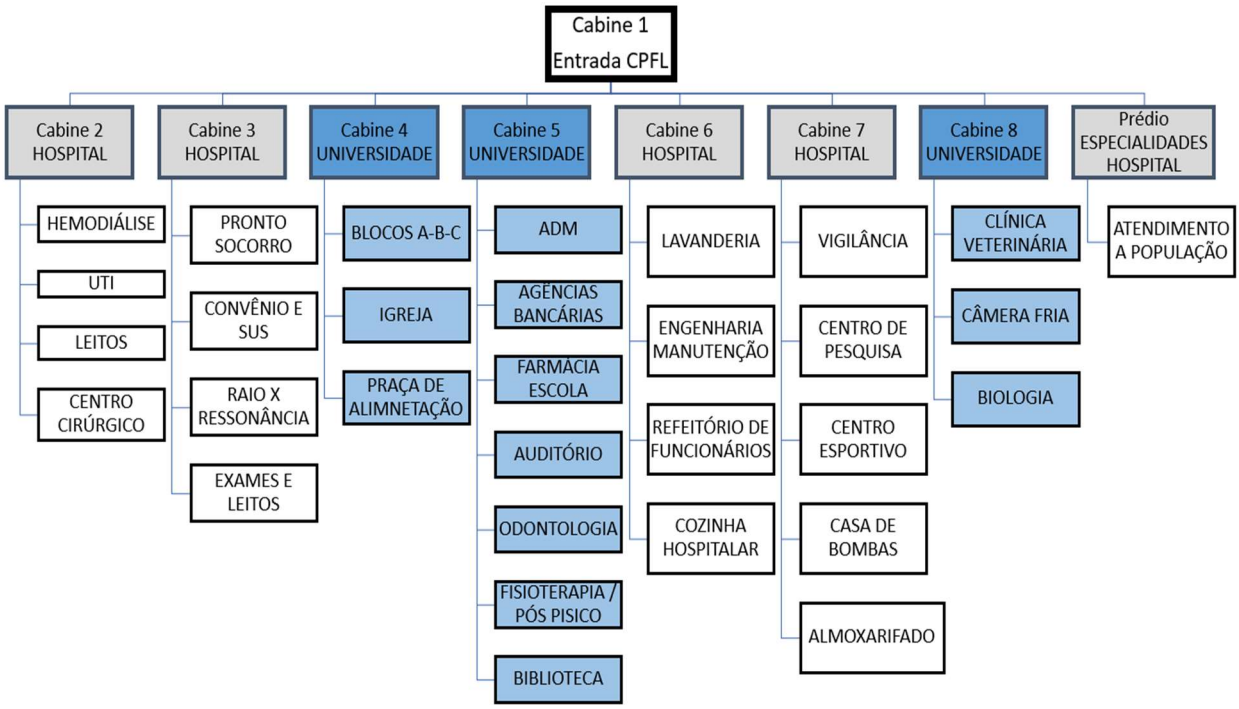


Fonte: Google Maps (2024)

A alimentação do prédio de especialidades vem da cabine 1, conforme apresentado no esquemático da Figura 7.

A área do Hospital é alimentada pelas cabines 2-3-6-7, a área da Universidade é alimentada pelas cabines 4-5-8.

Figura 7. Esquemática da distribuição de energia no Campus II da PUC.



Fonte: Autoria própria (2024)

3.2 NORMAS APLICADAS

Uma questão importante, principalmente em unidades hospitalares, é o atendimento as normas. A NBR 5410:2008 que estipula condições para o funcionamento contínuo e seguro das instalações em baixa tensão, até 1000V em tensão alternada. Para instalações elétricas hospitalares a norma da ABNT, acima citada deve ser complementada pela NBR 13534:2008, que estabelece um conjunto de requisitos mínimos de segurança.

A implantação do SGE, além das normas acima deverá estar apoiado com a ABNT NBR ISO 50001:2008 Sistemas de gestão de energia – requisitos com orientações para uso.

3.3 DADOS COLETADOS POR SISTEMA DE TELEMEDIÇÃO (TELEMETRIA)

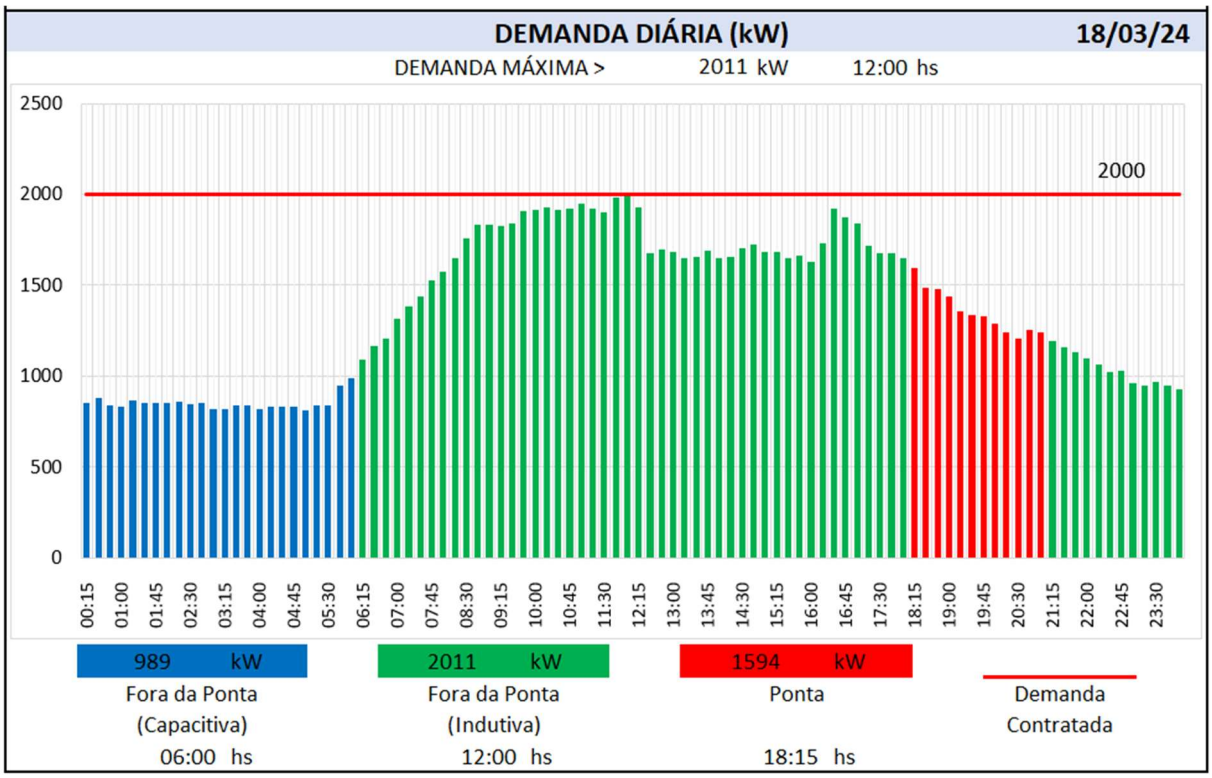
Para esta pesquisa será utilizada a plataforma de transmissão de dados via *internet*, que possibilita o acompanhamento remoto em qualquer lugar. Em setembro de 2023 foi implantado no Campus II da PUC Campinas um sistema de medição por telemetria, gerenciado pela empresa GESTAL Automação de Sistemas e através da plataforma de coleta de dados e utilidades *Smart Energy* é possível estabelecer um monitoramento a partir de gráficos e relatórios (diários, mensais e anuais) da demanda, do consumo e do FP. Os dados podem ser extraídos nos formatos *pdf* ou *xls*, de acordo com a necessidade do monitoramento. Do **Erro! Fonte de referência não encontrada.** ao **Erro! Fonte de referência não encontrada.** são apresentados exemplos de gráficos de demanda nas configurações diário, mensal e anual, respectivamente.

O acompanhamento da demanda diária é importante para que seja mantida dentro da faixa de contrato e caso estiver próximo da demanda contratada, geradores poderão ser acionados para amortizar a demanda da concessionária, conforme exemplo da Figura 8. Os geradores foram solicitados no período das 12:00 às 16:30hs no dia 18 de março de 2024, devia a demanda estar tendendo a ultrapassar o valor de contrato. No gráfico também é apresentado as faixas de horários em que as tarifas cobradas pelo consumo da energia têm valores diferenciados, sendo:

- Fora da ponta Capacitiva e Indutiva, horário das 0:00h às 17:59h e das 21:00 às 23:59h;
- Ponta, horário das 18:00h às 20:59h.

O horário de ponta é o período em que há maior demanda por energia, geralmente durante as horas de trabalho e no início da noite, enquanto o horário fora de ponta é o período em que há menor demanda, geralmente durante a madrugada e a tarde. Os preços são geralmente mais altos durante o horário de ponta e mais baixos durante o horário fora de ponta, com o objetivo de incentivar os consumidores a consumirem energia durante os períodos de menor demanda e não sobrecarregar as linhas de transmissão.

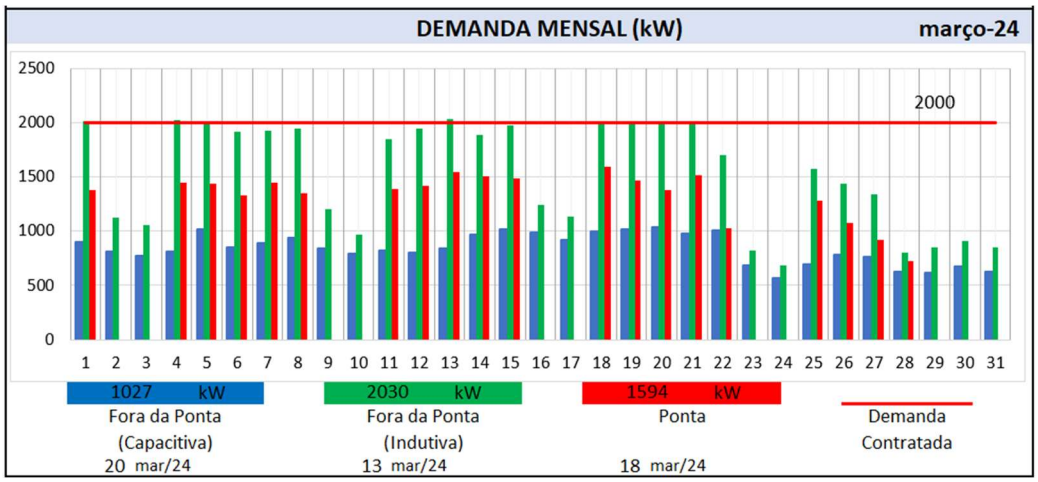
Figura 8. Demanda, dia 18/03/2024.



Fonte: Autoria própria (2024)

O acompanhamento mensal da demanda possibilita acompanhar diariamente quais são os dias da semana em que o comportamento da demanda utilizada é maior, conforme exemplo da Figura 9. Em 03/2024, foram registrados 4 dias com demanda acima do contrato, onde a maior ocorreu em 13/03/2024 com 2030 kW.

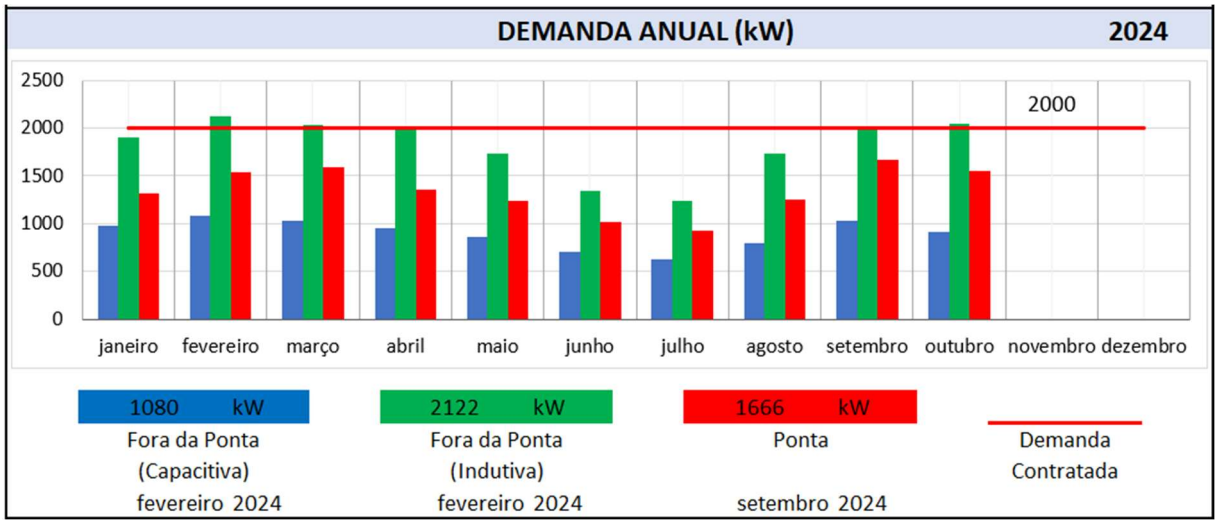
Figura 9. Demanda mensal, mês 03/2024.



Fonte: Autoria própria (2024)

O acompanhamento anual da demanda possibilita identificar quais são os meses do ano em que o comportamento da demanda utilizada é maior, conforme exemplo da Figura 10.

Figura 10. Demanda anual, ano de 2024.



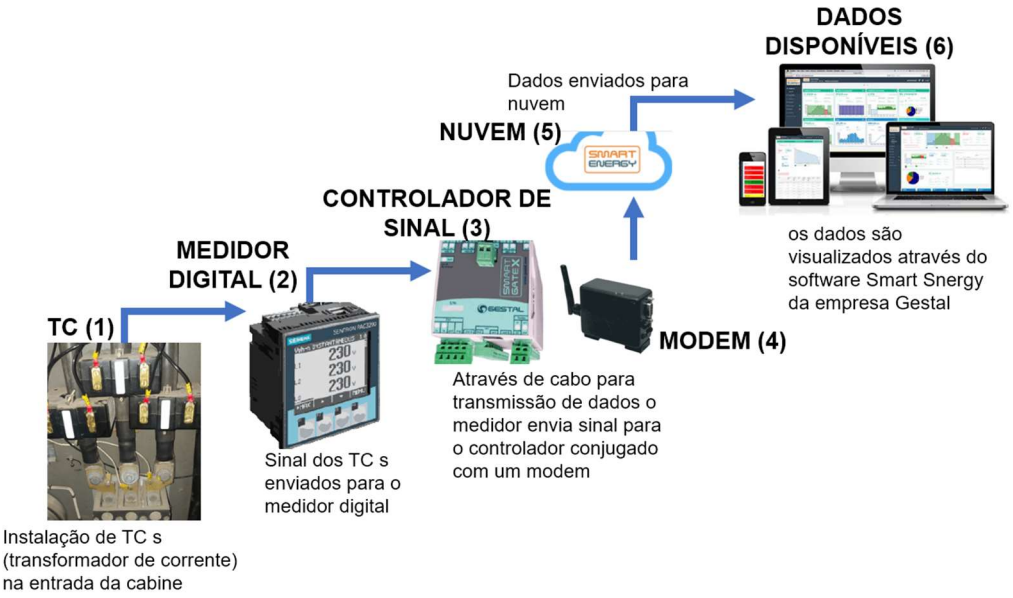
Fonte: Autoria própria (2024)

3.4 COLETA DOS DADOS

Correntes elétricas geram campos magnéticos e vice-versa, ou seja, existe uma relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos que podemos utilizar para medir corrente que entra nas cabines. Telemetria é um sistema que permite coletar, mensurar e acompanhar dados ou indicadores de forma remota, geralmente por meio de dispositivos eletrônicos e sensores. Todas as cabines estão equipadas com dispositivos que possibilitam a leitura dos dados através de telemetria. A medição é feita na entrada no cabo de alimentação da cabine de energia, utilizando como sensor o **TC (1)** (transformador de corrente). A passagem da corrente elétrica no cabo de alimentação de entrada gera um campo elétrico que produz uma corrente elétrica proporcional no secundário do TC. A corrente elétrica é coletada e levada para o **MEDIDOR DIGITAL (2)** que é responsável por separar os tipos de dados gerados em consumo, demanda e FT. Esses dados separados por seus tipos são recebidos pelo **CONTROLADOR DE SINAL (3)** que está interligado a um **MODEM (4)**. Os dados são

enviados pelo modem para **NUVEM (5)**. Os **DADOS DISPONÍVEIS (6)** gerados só podem ser feitos nesta instalação, através do *software Smart Energy* da empresa Gestal (“GESTAL-Gestão de Energia e Utilidades: Smart Energy”). Segue o esquemático tipo utilizado nas instalações de cada cabine de energia para obter leituras por telemetria, conforme Figura 11.

Figura 11. Esquema dos equipamentos para obtenção das leituras por telemetria.



Fonte: Autoria própria (2024)

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com a possibilidade da coleta de dados através do sistema por telemetria, espera-se o agrupamento dos dados por pontos consumidores macros, que são a cabine geral 1 e as cabines de distribuição 2-3-4-5-6-7-8. Os dados serão analisados, e devidamente escalonados quanto o maior consumo.

Para a análise dos dados a referência será a cabine geral 1, o consumo em kWh será o critério para escalonar qual cabine de distribuição tem maior influência no consumo e a partir do maior consumidor será estudada proposta de melhoria para o setor.

A ISO 50001 propõe que um sistema de gestão de energia tenha como um dos principais objetivos gerenciar o uso e consumo da energia abordando as questões operacionais em se tratando de aplicação em universidades o trabalho de MORAES

JUNIOR; MARAFÃO; GONÇALVES, (2020) realizado na UNESP, o trabalho de PEREIRA FIRMES et al., (2019) realizado na UFES e o trabalho de BARBOSA, (2024) realizado UFRPE-UAST, apontam para a complementaridade do sistema do abastecimento por concessionária e energia fotovoltaica. Este trabalho considera como objetivo de estudo avaliando se a complementação de um sistema de suprimento de energia fotovoltaica pode contribuir para a qualidade operacional e a economia do abastecimento de energia do Campus II da PUC Campinas.

4.1 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA

Para o diagnóstico do sistema e proposição da energia fotovoltaica serão analisados:

- o perfil de consumo de cada unidade de distribuição interna;
- os pontos principais de consumo das unidades;
- avaliação da influência do consumo em relação a entrada principal e
- avaliação da contribuição da energia fotovoltaica para melhoria do sistema.

4.2 MEDIÇÕES DAS CABINES

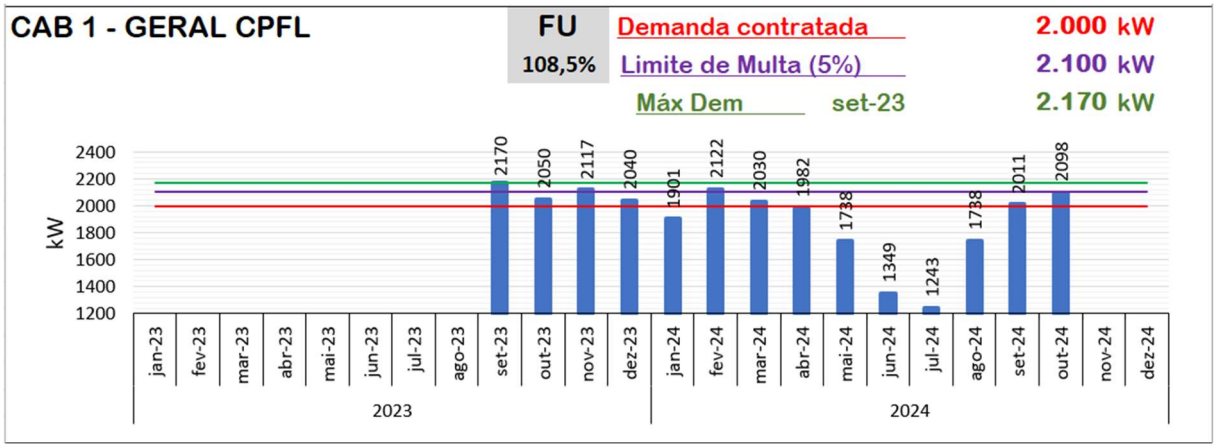
Iniciou-se em setembro de 2023 as medições do consumo de energia, da entrada principal e distribuição interna. Os dados obtidos através do aplicativo Smart Energy são organizados por cabines, e serão apresentados iniciando-se pela Figura 12 e Figura 13, representando a cabine 1, e na sequência as cabines de distribuição serão apresentadas pelo Figura 15 até Figura 28. Serão analisados a Demanda e o Consumo:

- Demanda - potência necessária à unidade consumidora, medida em kW. O acompanhamento no tempo desse consumo permite entender os limites de operação da cabine e seu fator de utilização (FU) que é a potência consumida em relação a potência disponível.
- Consumo – potência utilizada ao longo do tempo, medida em kWh. O consumo será o indicador de onde as melhorias serão implementadas para aumentar a eficiência e, por sua ordenação, indicar a sequência de setores que deverão ter prioridade de tratamento.

4.3 CABINE 1 – Entrada Principal

Durante o período das medições a demanda da cabine 1 excedeu por 8 vezes a demanda contratada de 2000 kW e por 3 vezes ultrapassou o limite de 5% da demanda contratada. Ocorrências deste tipo ocasionam multa.

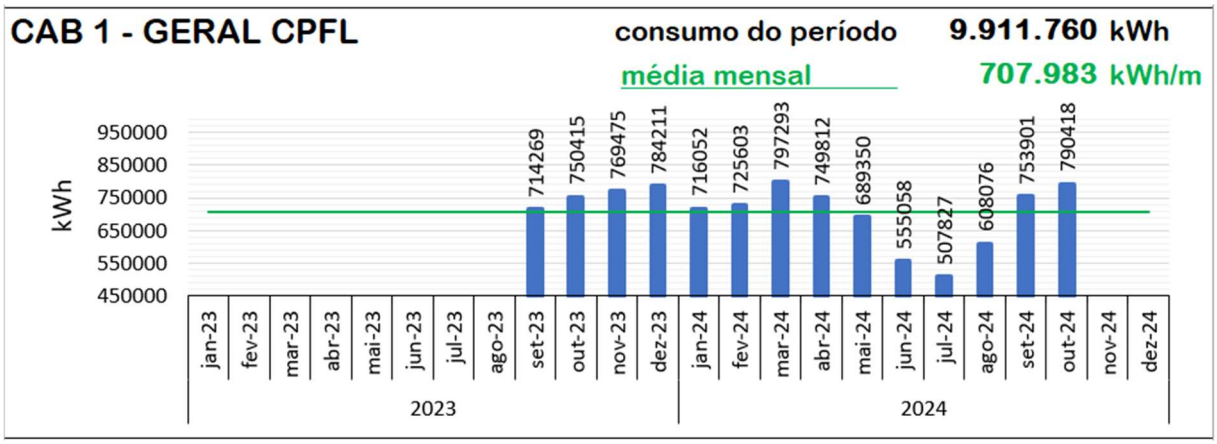
Figura 12. Medições da demanda da cabine 1.



Fonte: Autoria própria (2024)

Retirando os consumos de janeiro e fevereiro, período de férias, pode-se visualizar o crescimento do consumo dos meses de setembro a dezembro do ano de 2023. O decréscimo do consumo ocorre nos meses de março a julho de 2024 e retoma o crescimento de agosto a outubro de 2024. Este fato é um dos motivadores deste estudo onde se busca a resposta de como enfrentar este crescimento nos meses de

Figura 13. Medições do consumo da cabine 1.



Fonte: Autoria própria (2024)

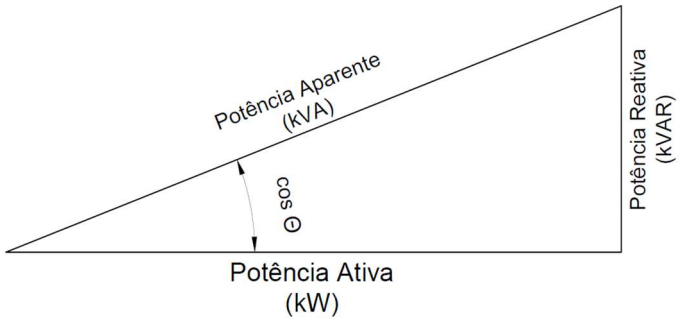
4.4 CABINES DE DISTRIBUIÇÃO

As cabines de distribuição de 2 a 8 têm a demanda definida pela potência ativa limitada pelo transformador.

A potência ativa é a potência real disponível que realiza um trabalho numa determinada carga e é medida em kW. Para se calcular a potência ativa é necessário conhecer o FP do transformador.

O FP é uma medida de eficiência com que a potência aparente é convertida em potência ativa e é dado pela relação entre a potência ativa (P) e a potência aparente (S), conforme Figura 14 e equação Eq. 1.

Figura 14. Equação para determinar o FP.



Fonte: Autoria própria (2024)

$$FP = P / S = \cos(\Theta) \quad (1)$$

A resolução normativa número 1000 de 07 de dezembro de 2021 da ANEEL determina que o FP mínimo permitido para as contas de energia é de 0,92. A concessionaria cobrara multa se o FP for menor 0,92 e quando a demanda superar os 5% contratado. Sendo assim, a potência ativa (P) será o produto da potência aparente (S) com o FP, Eq.2.

$$P = S \times FP \quad (2)$$

4.4.1 CABINE DE DISTRIBUIÇÃO 2

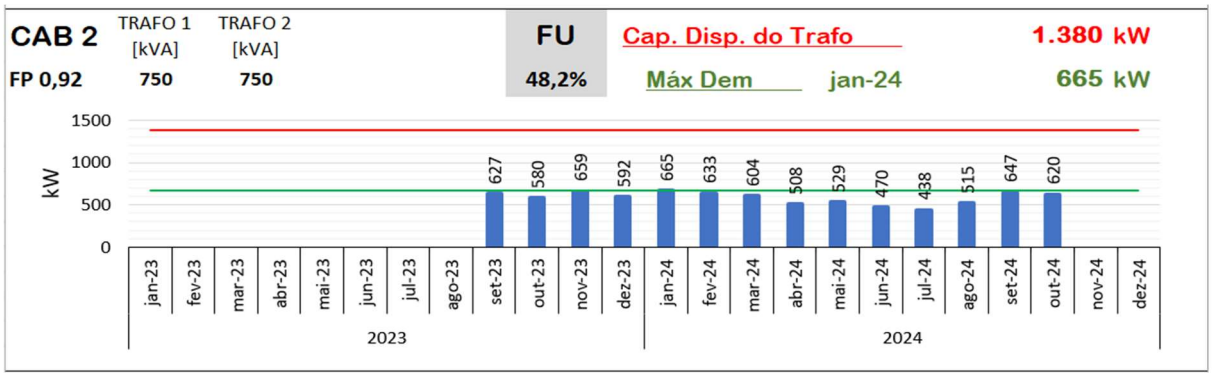
A cabine 2 alimenta os setores no Centro Cirúrgico, Hospital da Hemodiálise, Leitos e UTI. Nesta cabine estão instalados 2 transformadores com potência aparente (S) de 750 kVA cada transformador. O cálculo da potência ativa (P) é determinada pela Eq.3.

$$P = S \times FP \rightarrow P = (750+750) \times 0{,}92 \rightarrow P = 1380 \text{ kW} \quad (3)$$

A capacidade disponível do transformador é 1380 kW.

A maior demanda registrada para a cabine 2 durante o período de estudo foi de 665 kW no mês de janeiro de 2024, seu FU é de 48,2%.

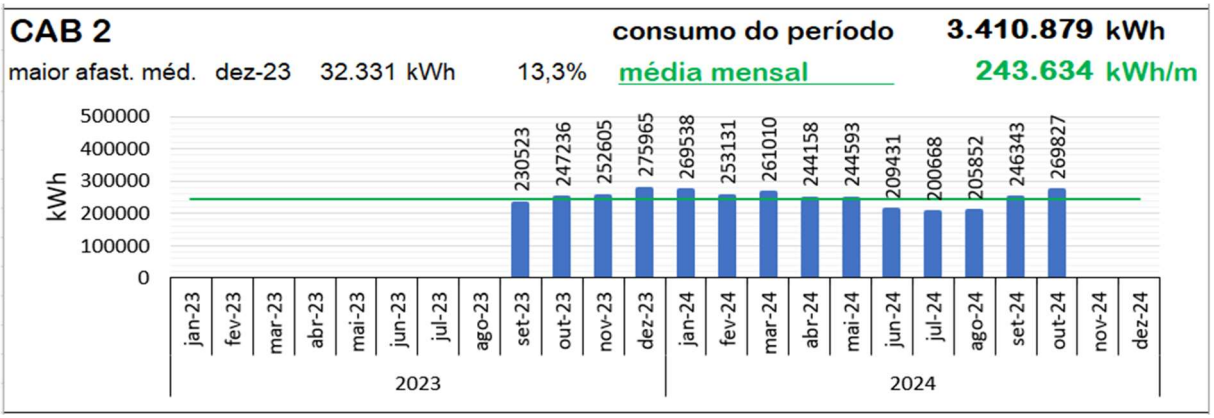
Figura 15. Medição da demanda da cabine 2.



Fonte: Autoria própria (2024)

A média do consumo da cabine 2 no período, é determinada pelo consumo total do período dividido pela quantidade de 14 meses, sendo: 3.410.879 kWh / 14 meses = 243.634 kWh/mês. O maior afastamento da média foi de 32.331 kWh equivalente a 13,3% acima da média e ocorreu no mês de dezembro de 2023.

Figura 16. Medição do consumo da cabine 2.



Fonte: Autoria própria (2024)

4.4.2 CABINE DE DISTRIBUIÇÃO 3

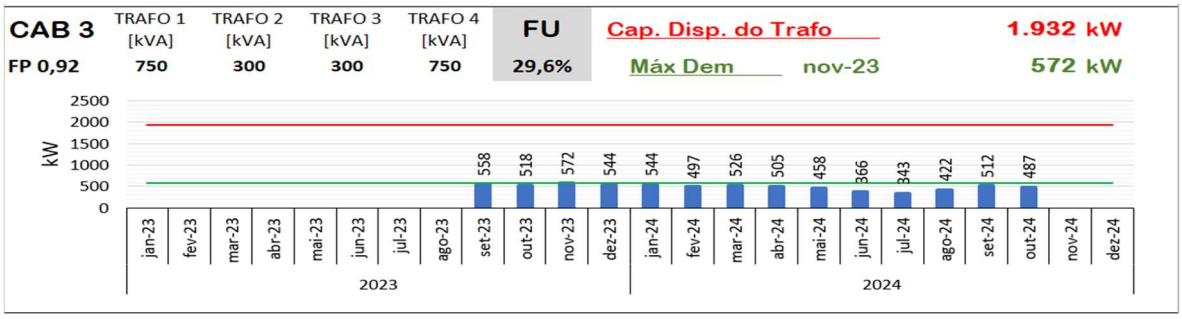
A cabine 3 alimenta os setores do Pronto Socorro, Convênio Unimed, SUS, Raio X, Ressonância Magnética, Exames, Leitos e Serviços de Atendimento Domiciliar. Nesta cabine estão instalados 4 transformadores com as seguintes potências aparente (S), 2 com 750 kVA e 2 com 300 kVA. O cálculo da potência ativa (P) é determinada ela Eq.4.

$$P = S \times FP \rightarrow P = (750+750+300+300) \times 0,92 \rightarrow P=1932 \text{ kW} \quad (4)$$

A Capacidade Disponível do Transformador é 1932kW.

A maior demanda registrada para a cabine 3 durante o período de estudo foi de 572 kW no mês de novembro de 2023, seu FU é de 29,6%.

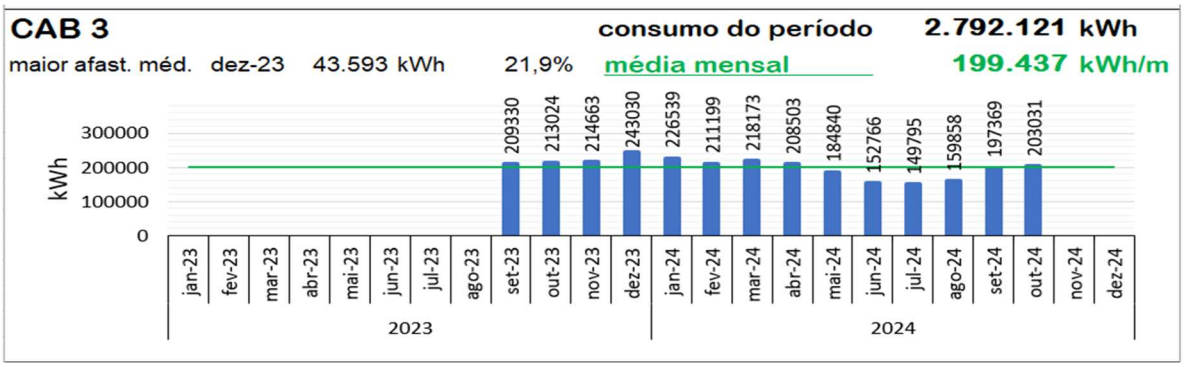
Figura 17. Medição da demanda da cabine 3.



Fonte: Autoria própria (2024)

A média do consumo da cabine 3 no período, é determina pelo consumo total do período dividido pela quantidade de 14 meses, sendo: 2.792.121 kWh / 14 meses = 199.437 kWh/mês. O maior afastamento da média foi de 43.593 kWh, com 21,9% acima da média e ocorreu no mês de dezembro de 2023.

Figura 18. Medição do consumo da cabine 3.



Fonte: Autoria própria (2024)

4.4.3 CABINE DE DISTRIBUIÇÃO 4

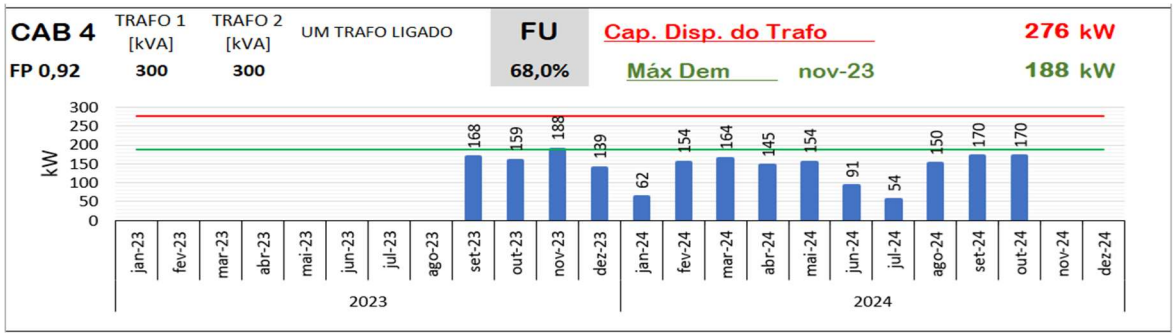
A cabine 4 alimenta os setores da Universidade nos Blocos A-B-C com salas de aula, Igreja e Praça de Alimentação. Nesta cabine está instalado 1 transformador com potência aparente (S), de 300 kVA. O cálculo da potência ativa (P) é determinada pela Eq.5.

$$P = S \times FP \rightarrow P = 300 \times 0{,}92 \rightarrow P = 276 \quad (5)$$

A Capacidade Disponível do Transformador é 276 kW.

A maior demanda registrada para a cabine 4 durante o período de estudo foi de 188kW no mês de novembro de 2023, seu FU é de 68,0%.

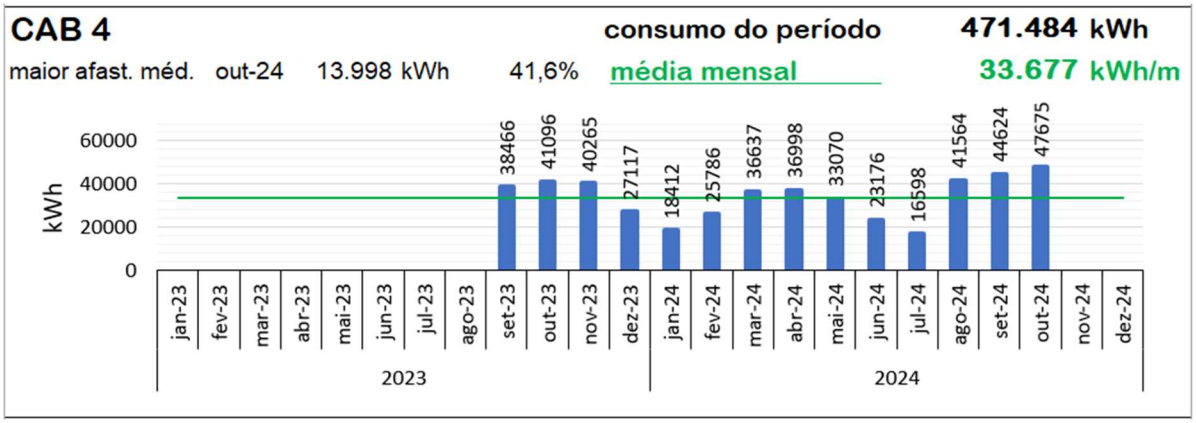
Figura 19. Medição da demanda da cabine 4.



Fonte: Autoria própria (2024)

A média do consumo da cabine 4 no período, é determina pelo consumo total do período dividido pela quantidade de 14 meses, sendo: 471.484 kWh / 14 meses = 33.677 kWh/mês. O maior afastamento da média foi de 13.998 kWh, com 41,6% acima da média e ocorreu no mês de outubro 2024.

Figura 20. Medição do consumo da cabine 4.



Fonte: Autoria própria (2024)

4.4.4 CABINE DE DISTRIBUIÇÃO 5

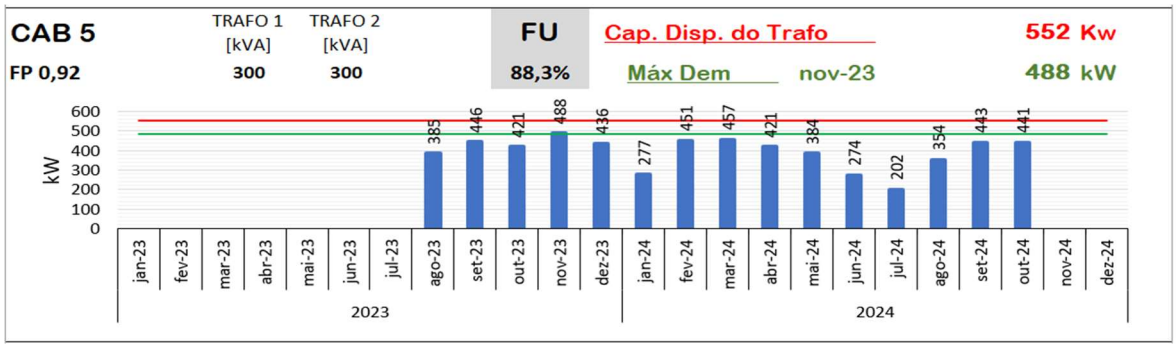
A cabine 5 alimenta os setores da Universidade no Prédio Administrativo, Ag Bancárias, Farmácia Escola, Diretório Acadêmico, Auditórios, Odontologia, Fisioterapia, Biblioteca e Pós-Graduação Psicologia. Nesta cabine estão instalados 2 transformadores com potência aparente (S), de 300 kVA cada um. O cálculo da potência ativa (P) é determinada pela Eq.6.

$$P = S \times FP \rightarrow P = 300+300 \times 0,92 \rightarrow P = 552 \text{ kW} \quad (6)$$

A capacidade disponível do transformador é 552 kW.

A maior demanda registrada para a cabine 5 durante o período de estudo foi de 488 kW no mês de novembro de 2023, seu FU é de 88,3%.

Figura 21. Medição da demanda da cabine 5.

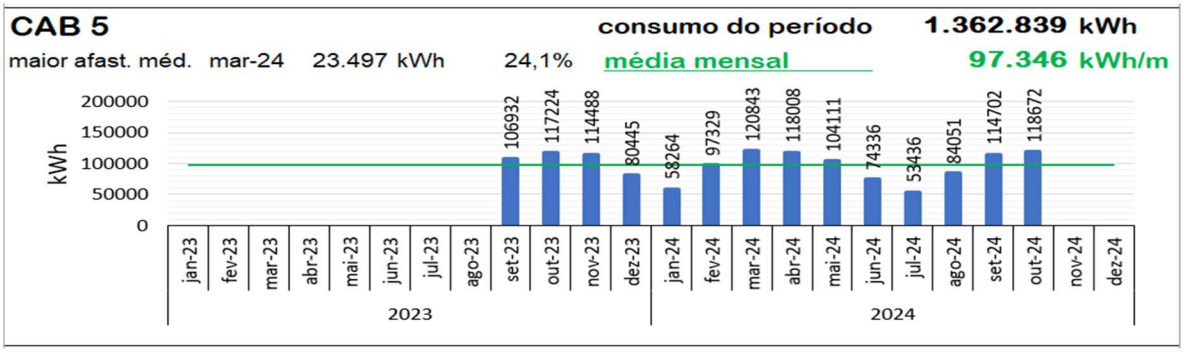


Fonte: Autoria própria (2024)

A média do consumo da cabine 5 no período, é determina pelo consumo total do período dividido pela quantidade de 14 meses, sendo: 1.362.839 kWh / 14 meses =

97.346 kWh/mês. O maior afastamento da média foi de 23.497 kWh, com 24,1% acima da média e ocorreu no mês de março 2024.

Figura 22. Medição do consumo da cabine 5.



Fonte: Autoria própria (2024)

4.4.5 CABINE DE DISTRIBUIÇÃO 6

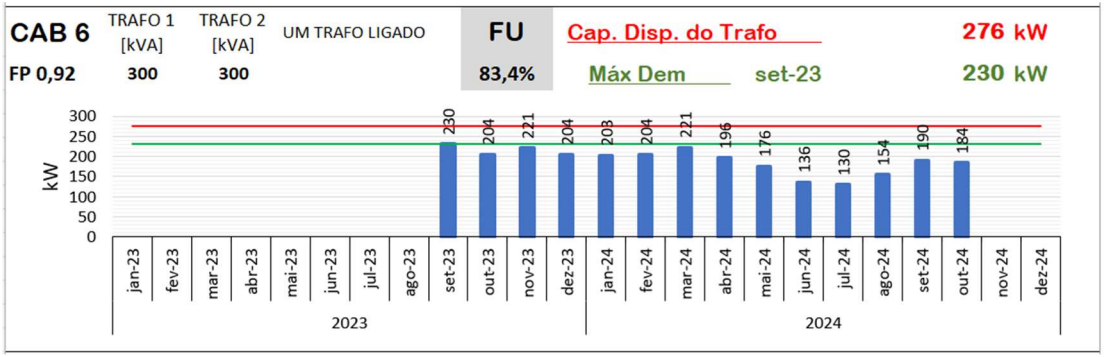
A cabine 6 alimenta nos setores do Hospital, a Lavanderia, Engenharia, Refeitório dos Funcionários e Cozinha Hospitalar. Nesta cabine está instalado 1 transformador com potência aparente (S), de 300 kVA. O cálculo da potência ativa (P) é determinada pela Eq.7.

$$P = S \times FP \rightarrow P = 300 \times 0{,}92 \rightarrow P = 276 \quad (7)$$

A capacidade disponível do transformador é 276 kW.

A maior demanda registrada para a cabine 6 durante o período de estudo foi de 230 kW no mês de setembro de 2023, seu FU é de 83,4%.

Figura 23. Medição da demanda da cabine 6.

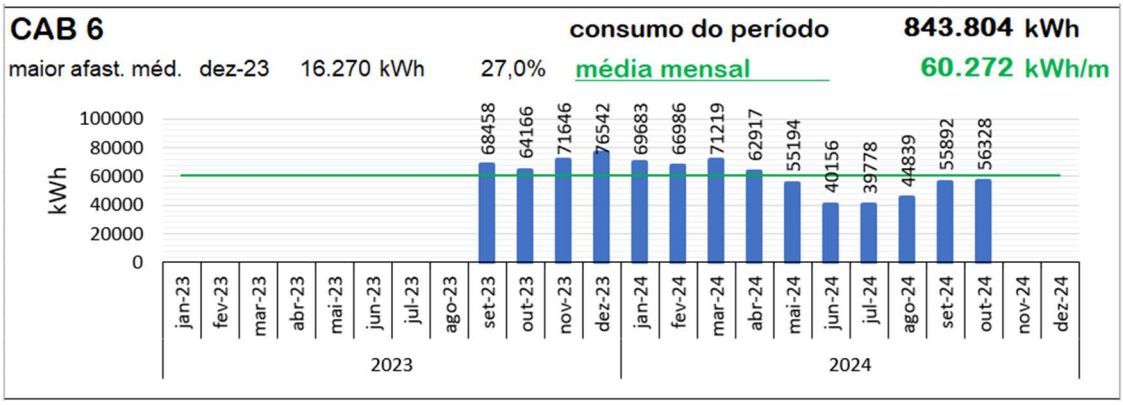


Fonte: Autoria própria (2024)

A média do consumo da cabine 6 no período, é determina pelo consumo total do período dividido pela quantidade de 14 meses, sendo: 843.804 kWh / 14 meses =

60.272 kWh/mês. O maior afastamento da média foi de 16.270 kWh, com 27,0% acima da média e ocorreu no mês de dezembro de 2023.

Figura 24. Medição do consumo da cabine 6.



Fonte: Autoria própria (2024)

4.4.6 CABINE DE DISTRIBUIÇÃO 7

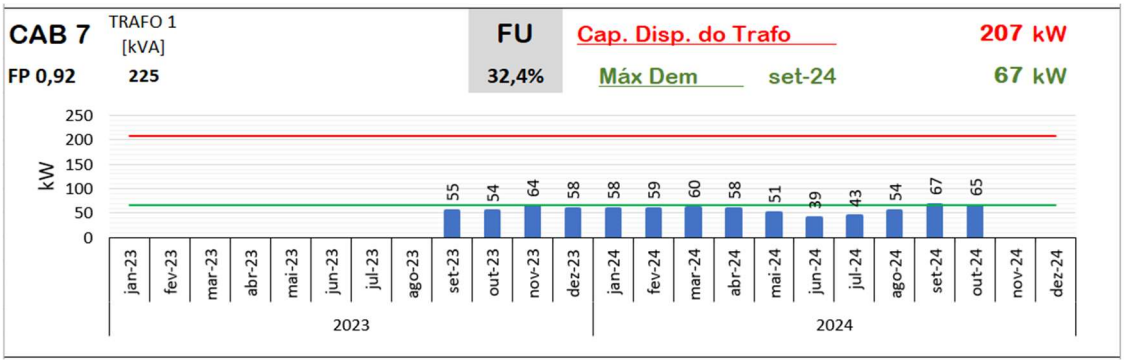
A cabine 7 alimenta nos setores do Hospital, sendo Vigilância Patrimonial, Centro de Pesquisas, Centro Esportivo, Bombas do reservatório de água e Almoxarifado. Nesta cabine está instalado um transformador com potência aparente (S), de 225kVA. O cálculo da potência ativa (P) é determinada pela Eq.8.

$$P = S \times FP \rightarrow P = 225 \times 0{,}92 \rightarrow P = 207 \text{ kW} \quad (8)$$

A capacidade disponível do transformador é 207kW.

A maior demanda registrada para a cabine 7 durante o período de estudo foi de 67 kW no mês de setembro de 2024, seu FU é de 32,4%.

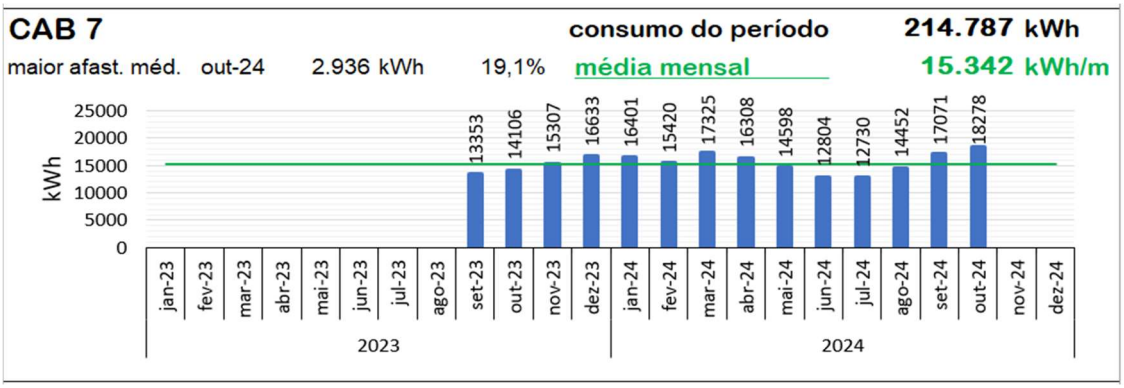
Figura 25. Medição da demanda da cabine 7.



Fonte: Autoria própria (2024)

A média do consumo da cabine 7 no período, é determina pelo consumo total do período dividido pela quantidade de 14 meses, sendo: 214.787 kWh / 14 meses = 15.342 kWh/mês. O maior afastamento da média é de 2.936 kWh, com 19,1% acima da média e ocorreu no mês de outubro de 2024.

Figura 26. Medição do consumo da cabine 7.



Fonte: Autoria própria (2024)

4.4.7 CABINE DE DISTRIBUIÇÃO 8

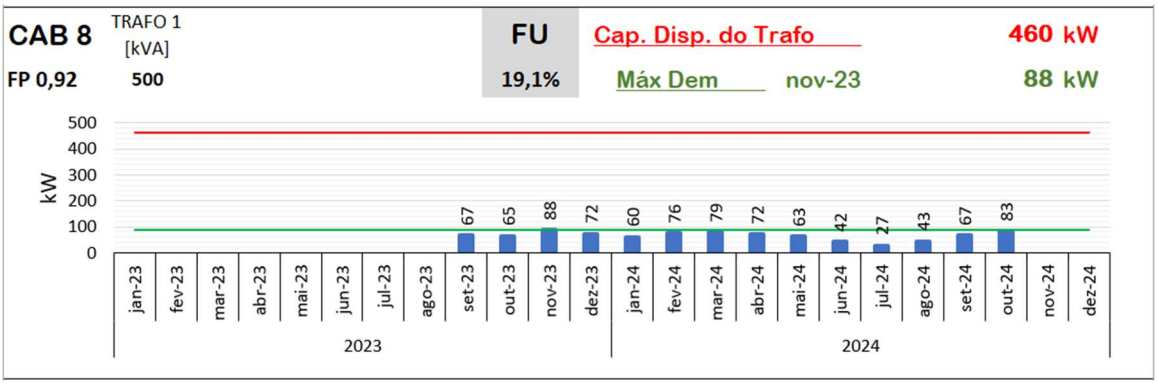
A cabine 8 alimenta os setores da Universidade, sendo Clínica Veterinária, Biologia e Câmara Fria. Nesta cabine está instalado 1 transformador com potência aparente (S), de 500kVA. O cálculo da potência ativa (P) é determinada pela Eq.9.

$$P = S \times FP \rightarrow P = 500 \times 0{,}92 \rightarrow P = 460 \text{ kW} \quad (9)$$

A capacidade Disponível do Transformador é 460kW.

A maior demanda registrada para a cabine 8 durante o período de estudo foi de 88kW no mês de novembro de 2023, seu FU é de 19,1%.

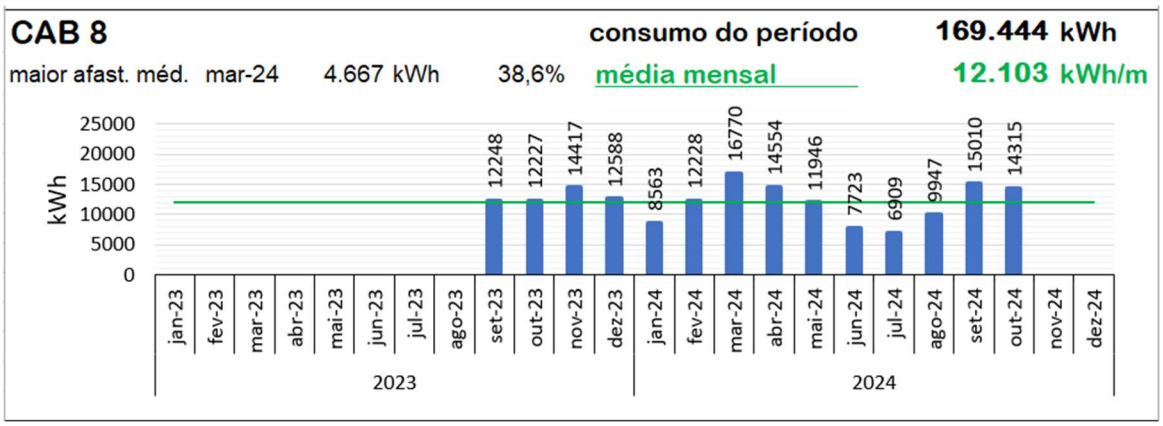
Figura 27. Medição da demanda da cabine 8.



Fonte: Autoria própria (2024)

A média do consumo da cabine 8 no período, é determina pelo consumo total do período dividido pela quantidade de 14 meses, sendo: 169.444 kWh / 14 meses = 12.103 kWh/mês. O maior afastamento da média foi de 4.667 kWh, com 38,6% acima da média e ocorreu no mês de março 2024.

Figura 28. Medição do consumo da cabine 8.



Fonte: Autoria própria (2024)

4.4.8 PRÉDIO ESPECIALIDADES

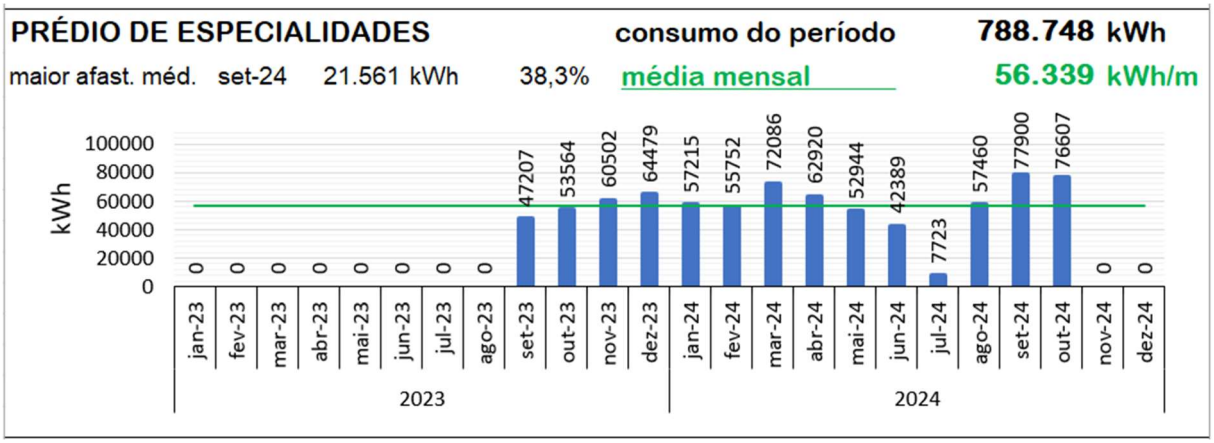
O prédio de especialidades não possui medição por telemetria, o consumo deste prédio é obtido pelo consumo total da cabine 1 subtraindo a soma de todos os consumos de distribuição conforme Eq.10.

Prédio de especialidades=Cab1–(Cab2+Cab3+Cab4+Cab5+Cab6+Cab7+Cab8) (10)

Por não ter instalado os equipamentos de medição por telemetria, neste local não é possível obter leitura da demanda.

A média do consumo do Prédio de especialidades no período, é determina pelo consumo total do período dividido pela quantidade de meses. Para este estudo foram considerados 14 meses, sendo: 788.748 kWh / 14 meses = 56.339 kWh/mês. O maior afastamento da média foi de 21.561 kWh, com 38,3% acima da média e ocorreu no mês de setembro de 2024.

Figura 29. Medição do consumo do prédio de especialidades.



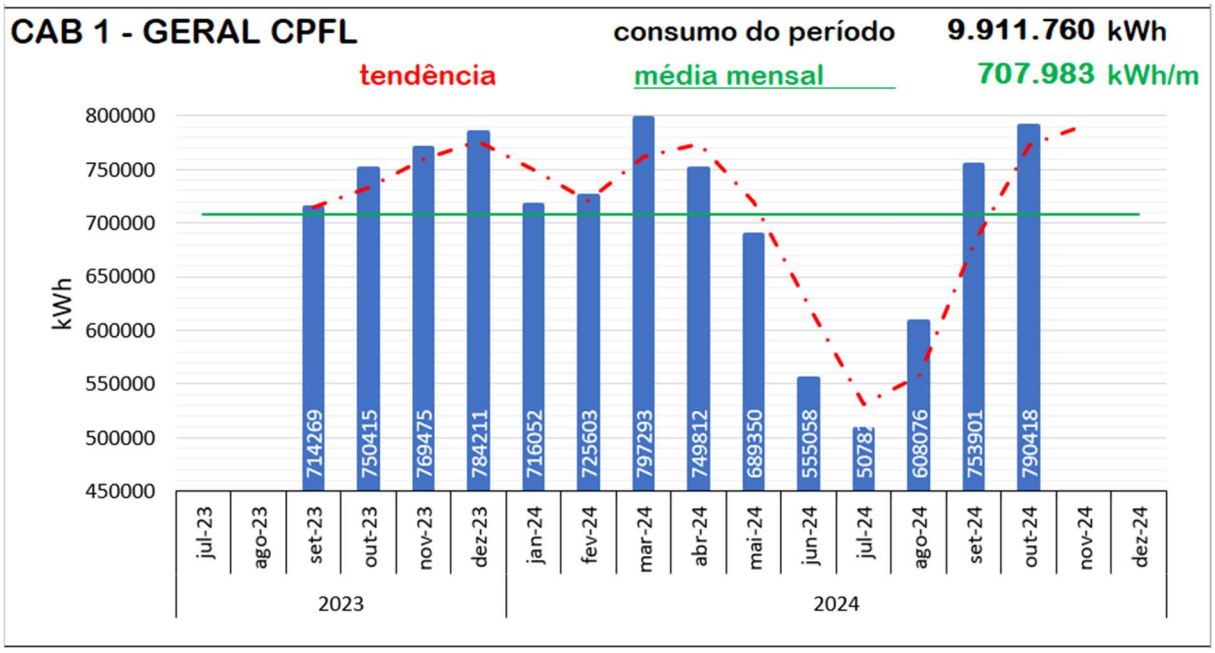
Fonte: Autoria própria (2024)

4.5 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO CONSUMO

O comportamento do consumo de todas as cabines é refletido na cabine de entrada. A cabine 1 apresenta um visível crescimento do consumo nos meses de setembro a março e um decrescimento nos meses de abril.

Segue no Figura 30 a representação da tendência do crescimento e decrescimento do consumo da cabine 1.

Figura 30. Tendência do crescimento e decrescimento do consumo na cabine 1.



Fonte: Autoria própria (2024)

.

4.6 ANÁLISE DO CONSUMO E DO FU

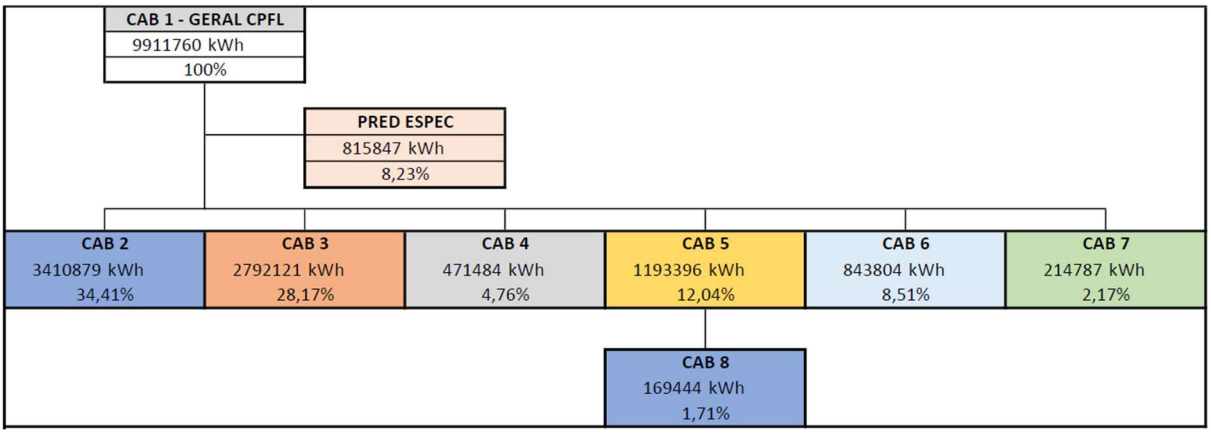
As medições da energia elétrica desta pesquisa, considerando o período de setembro de 2023 a julho de 2024, retratam a situação atual com comportamentos e hábitos instituídos há alguns anos. Estes dados coletados serão o ponto de partida para propostas e alternativas para melhoria no consumo e desenvolvimento do Sistema de Suprimento de energia.

4.6.1 ANÁLISE DO CONSUMO

A análise do consumo individual de cada cabine tem como objetivo identificar sua participação no consumo total da unidade em estudo.

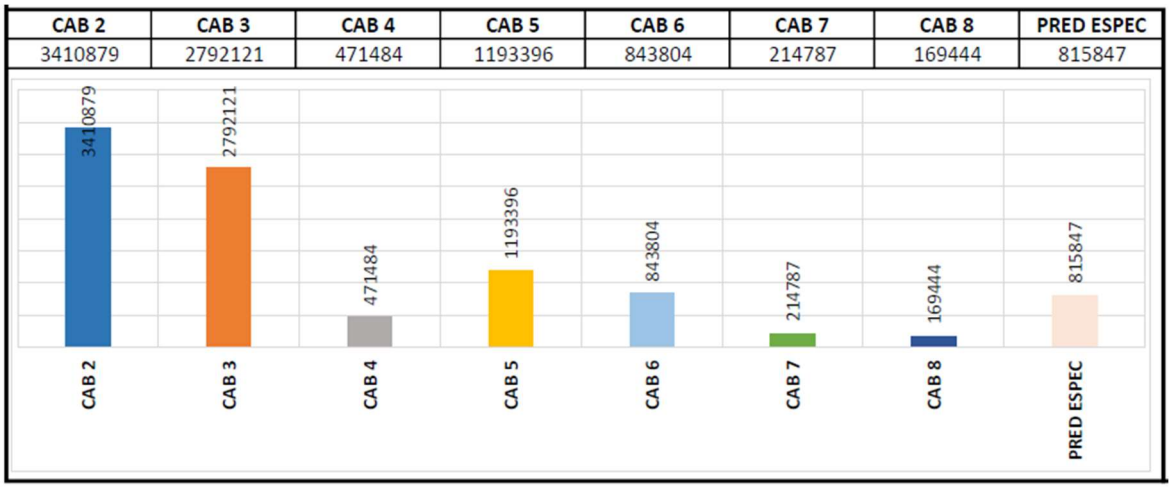
A Figura 31 apresenta o apontamento do consumo total no período de medição e porcentagem de cada cabine em relação ao consumo total. Observa-se que a cabine 2 contribui com 34,41% de todo consumo do Campus II da PUC Campinas, seguida da cabine 3, com 28,17%. Estas duas cabines representam 62,58% do consumo total. A Figura 32, apresenta uma melhor visualização do consumo total no período de medição, através de barras verticais é possível fazer a comparação do consumo entre as cabines.

Figura 31. Esquemático em fluxo de consumo.



Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 32. Consumo (kWh) de cada cabine.



Fonte: Autoria própria (2024)

4.6.2 ANÁLISE DO FU

A análise da demanda tem como objetivo, entender se as cabines estão oferecendo sua potência ativa de acordo com o seu consumo exigido.

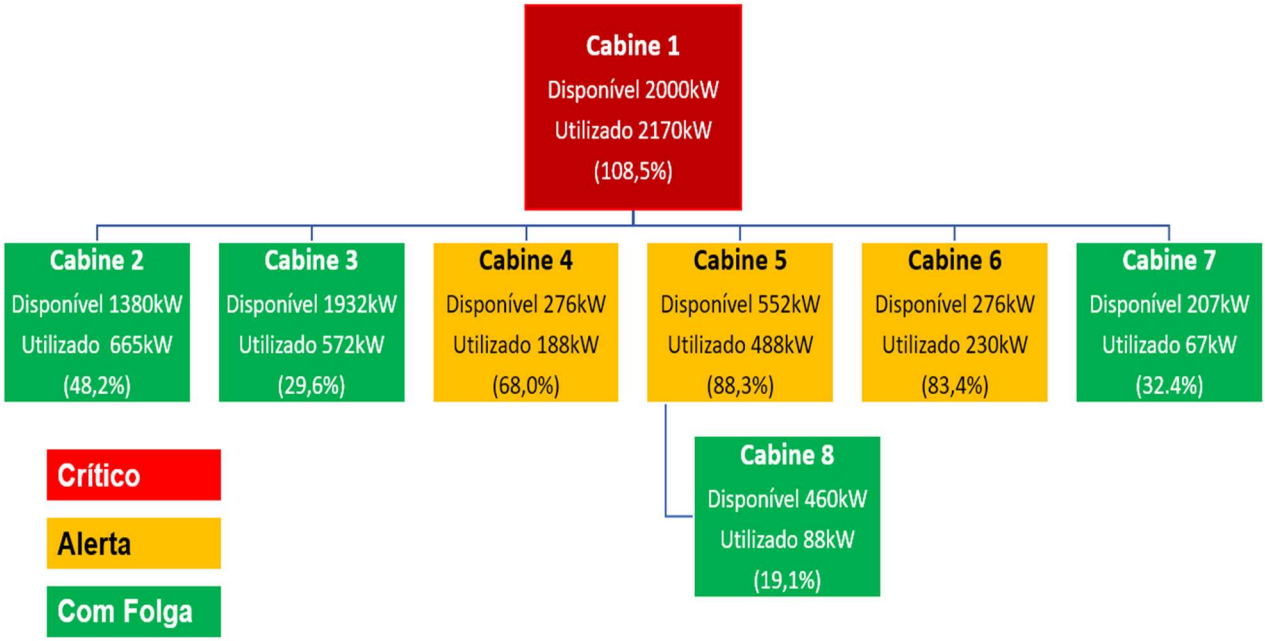
Considerando o período da medição de agosto de 2023 a outubro de 2024, será considerada a maior demanda registrada do mês e comparada com a demanda ativa de cada cabine, também podemos entender que a demanda ativa é a capacidade da cabine. A Tabela 2 apresenta para cada cabine a demanda disponível, demanda utilizada, qual o mês da maior demanda e o FU. O esquemático em fluxo na Figura 33 apresenta de uma forma mais clara o FU de cada cabine.

Tabela 2. Utilização da Energia Elétrica, por cabine.

Utilização da Energia Elétrica					
Cabine	Capacidade Disponível (kW)	Maior Demanda Utilizado (kW)	A maior demanda ocorreu em		Fator de Utilização
			Mês	Ano	
1	2.000	2.170	set	2023	108,5%
2	1.380	665	jan	2024	48,2%
3	1.932	572	nov	2023	29,6%
4	276	188	nov	2023	68,0%
5	552	488	nov	2023	88,3%
6	276	230	set	2023	83,4%
7	207	67	set	2024	32,4%
8	460	88	nov	2023	19,1%

Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 33. Esquemático em fluxo de utilização por cabine.



Fonte: Autoria própria (2024)

5 PERSPECTIVA DA EXPANSÃO DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA

Diante da necessidade de melhoria contínua dos serviços oferecidos, nas áreas da Universidade e do Hospital são assertivos que investimentos e expansões serão realizados nos próximos anos. O que se espera são: construção de novas edificações, aquisição de novos equipamentos e potencialização na climatização dos ambientes que ainda não possuem ar-condicionado. Nos próximos anos, 2025 a 2027, de acordo com informações dos setores de planejamento, supervisão e gerência o acréscimo de demanda previsto para cada cabine é apresentado na Tabela 3 .O acréscimo de 2.160 kW na cabine 1 é resultado da soma dos acréscimos das cabines 2 a 8.

Tabela 3. Acréscimo de demanda por cabine.

Previsão de expansão para os próximos três anos, 2025 a 2027					
Cabine	Capacidade Disponível 2024 (kW)	Demanda Atual Utilizada 2024 (kW)	Previsão de Acrescimo 2025 a 2027 (kW)	Total Previsto 2025 a 2027 (kW)	Acrescimo de
1	2.000	2.170	2.160	4.330	100%
2	1.380	665	500	1.165	75%
3	1.932	572	500	1.072	87%
4	276	188	400	588	213%
5	552	488	300	788	62%
6	276	230	250	480	109%
7	207	67	60	127	90%
8	460	88	150	238	170%

Fonte: Autoria própria (2024)

Considerando as previsões no acréscimo de demanda nas cabines, nos próximos 3 anos, 2025 a 2027, e mantendo a capacidade atual de 2024, prevê-se o FU da Tabela 4 . Destaca-se nesta figura que as cabines 1,4,5,6, terão FU muito superior às suas capacidades atuais e somente as cabines 3, 7, 8 terão capacidade para atender a demanda prevista. A tabela acima mostra a necessidade de alternativas para suprir a demanda esperada com a busca de fontes alternativas. Este é o objetivo deste trabalho.

Tabela 4. FU por cabine após expansão.

Simulação do fator de utilização para expansão			
Cabine	Capacidade Disponível 2024 (kW)	Total Previsto 2025 a 2027 (kW)	Fator de Utilização após o acresmo, mantendo a Demanda Disponivel atual
1	2.000	4.330	**216,5%**
2	1.380	1.165	**84,4%**
3	1.932	1.072	**55,5%**
4	276	588	**213,0%**
5	552	788	**142,7%**
6	276	480	**174,0%**
7	207	127	**61,4%**
8	460	238	**51,7%**
Crítico	Aterta	Com Folga	

Fonte: Autoria própria (2024)

6 PROPOSIÇÃO PARA MELHORIA DO SISTEMA DE SUPRIMENTO DE ENERGIA DO CAMPUS II DA PUC-CAMPINAS

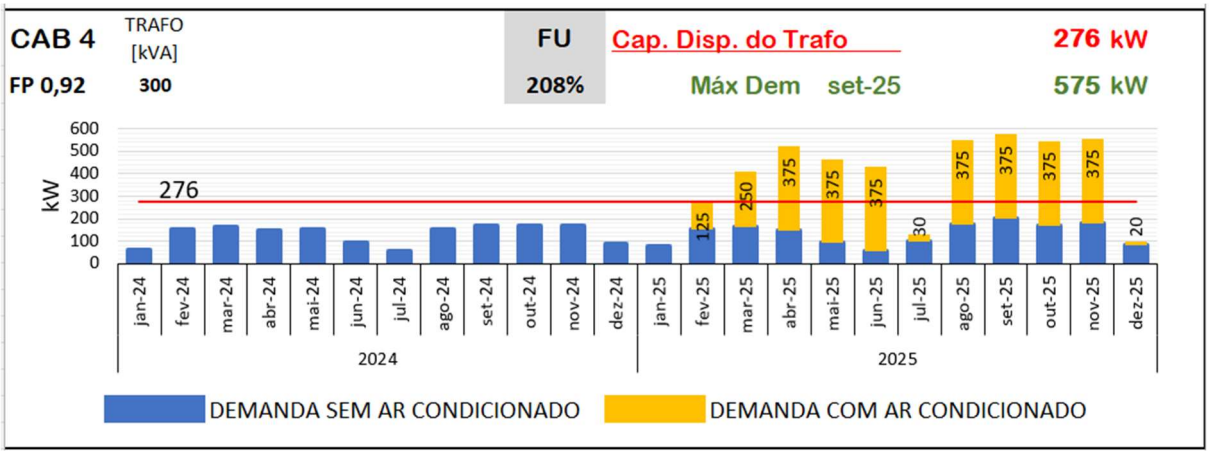
Devido à grande complexidade do sistema de suprimento de energia, a alternativa de melhoria da qualidade foi começar a avaliar o sistema que compõem os prédios da área da Universidade.

O plano de melhorias da climatização dos ambientes acadêmicos, prevista para abril de 2025, que a totalidade das salas de aula dos blocos A, B e C estarão finalizadas como segue:

- Bloco A em fevereiro de 2025 com acréscimo de demanda de 125 kW;
- Bloco B em março de 2025 com acréscimo de demanda de 125 kW e
- Bloco C em abril de 2025 com acréscimo de demanda de 125 kW.

Após a instalação dos equipamentos de climatização a Cabine 4 passará ter um acréscimo de demanda de 375 kW. A capacidade atual da Cabine 4 é de 276 kW. No Figura 34 é apresentado um histórico da demanda do ano de 2024 acrescido das novas cargas para o ano de 2025. Esta projeção aponta para ocorrência de uma maior demanda em setembro de 2025 com 575 kW, fazendo com que a Cabine 4 tenha um FU de 208%, o que representa o dobro de sua capacidade de fornecimento atual.

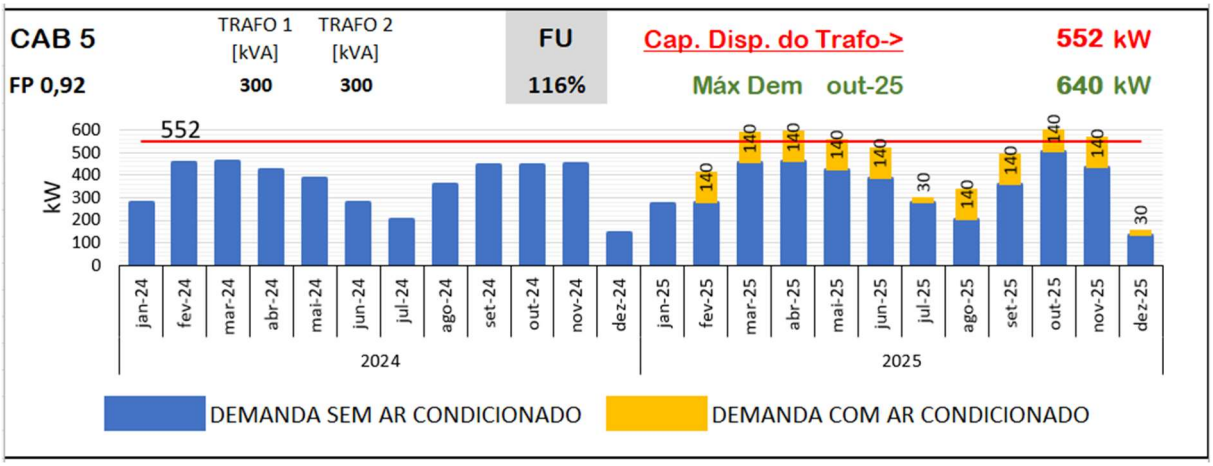
Figura 34. Previsão de acréscimo de carga para Cabine 4.



Fonte: Autoria própria (2024)

Na área de operação da cabine 5 será acrescido 140 kW com a implantação de sistema de refrigeração, a partir de fevereiro de 2025. A capacidade atual da Cabine 5 é de 552 kW. O Figura 35 apresenta a projeção baseada no histórico da demanda do ano de 2024 e acrescida das novas cargas para o ano de 2025. Por esta projeção a maior demanda ocorrerá em outubro de 2025 com 640 kW, fazendo com que a Cabine 5 tenha um FU de 116%.

Figura 35. Previsão de acréscimo de carga para Cabine 5.



Fonte: Autoria própria (2024)

Como alternativas para melhorar o modelo de abastecimento do sistema energético, a proposta é:

- Otimização na utilização das cabines que envolve a área da Universidade;
- Separar a alimentação de energia da área do hospital e da área da Universidade;
- Implantação de usina fotovoltaica como alternativa de energia complementar.

6.1 OTIMIZAÇÃO NA UTILIZAÇÃO DAS CABINES DE ENERGIA DA ÁREA DA UNIVERSIDADE

Considerando que as cabines 4, 5 e 8 são responsáveis pela alimentação de energia na área da Universidade, com as disponibilidades de demanda e suas respectivas utilizações apresentadas na Tabela 5 , nota-se que o FU da cabine 8 é de 68% enquanto da cabine 5 é de 88%.

Tabela 5. FU da Demanda nas Cabines 4, 5 e 8.

FATOR DE USO			
CABINE	DEMANDA DISPONÍVEL (kW)	DEMANDA UTILIZADA (kW)	FATOR DE USO
4	276	188	68,12%
5	552	488	88,41%
8	460	88	19,13%

Fonte: Autoria própria (2024)

Com objetivo de um melhor aproveitamento das capacidades das cabines 4 e 8, a proposta é fazer a trocar do transformador da cabine 4 com a cabine 8. Na Tabela 6 podemos observar que o FU reduz na cabine 4 e eleva na cabine 8, mantendo as duas cabines em condições de folga, 41% e 31%, respectivamente.

Tabela 6. FU das cabines 4 e 8, após inversão dos transformadores.

FATOR DE USO			
CABINE	DEMANDA DISPONÍVEL (kW)	DEMANDA UTILIZADA (kW)	FATOR DE USO
4	460	188	40,87%
8	276	88	31,88%

Fonte: Autoria própria (2024)

6.1.1 AVALIAÇÃO DA ALTERNATIVA DA OTIMIZAÇÃO NA UTILIZAÇÃO DAS CABINES DE ENERGIA DA ÁREA DA UNIVERSIDADE

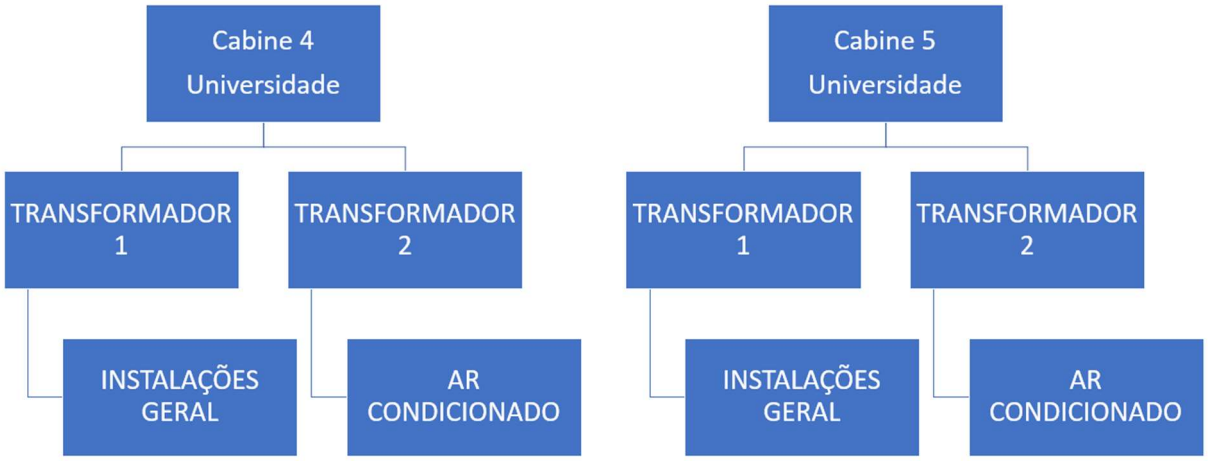
A permuta dos transformadores das cabines 4 e 8 melhorará o balanceamento entre disponibilidade e consumo. Conforme a tabela 2, a cabine 5 com FU de 88,41%, está operando com uma pequena folga. Essa nova configuração dos transformadores torna as cabines 4, 5 e 8 em condições favoráveis de uso.

A previsão de expansão, Tabela 3, a cabine 4 após a instalação dos aparelhos de ar-condicionado terá um acréscimo de 375 kW e seu FU passará de 40% para 208%. A

cabine 5 terá um acréscimo de 140 kW e o seu FU passará de 88% para 116%. A cabine 8 não tem previsão de novas cargas, portanto permanecerá com o FU de 31%.

Com o acréscimo de carga previsto nas cabines 4 e 5 será necessário a instalação de novos transformadores. A instalação de novos transformadores dedicados para o sistema de ar-condicionado permitirá a supervisão e controle separados Figura 36 .

Figura 36. Esquema de transformadores para ar-condicionado da cabine 4 e 5.



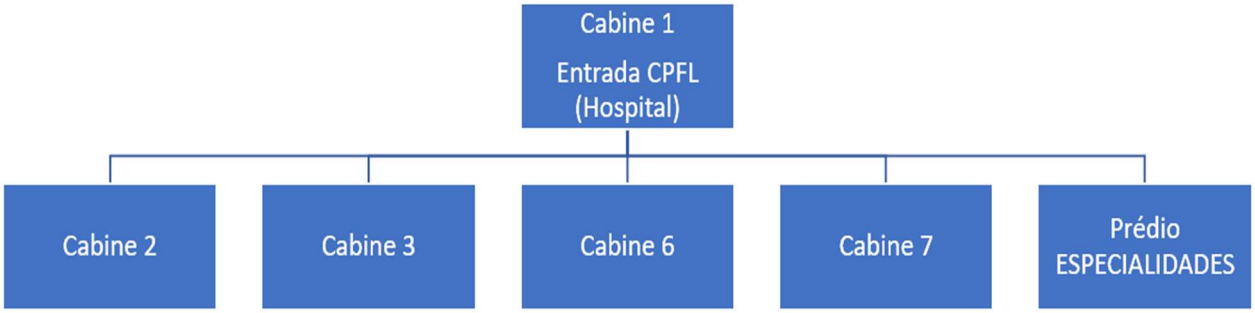
Fonte: Autoria própria (2024)

6.2 SEPARAR ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA DA ÁREA DO HOSPITAL E DA ÁREA DA UNIVERSIDADE

A configuração atual dispõe de único ponto de abastecimento de energia elétrica para as áreas do hospital e da Universidade. Uma nova configuração com ponto de abastecimento para o hospital e outra para as Universidades, conforme apresentado na

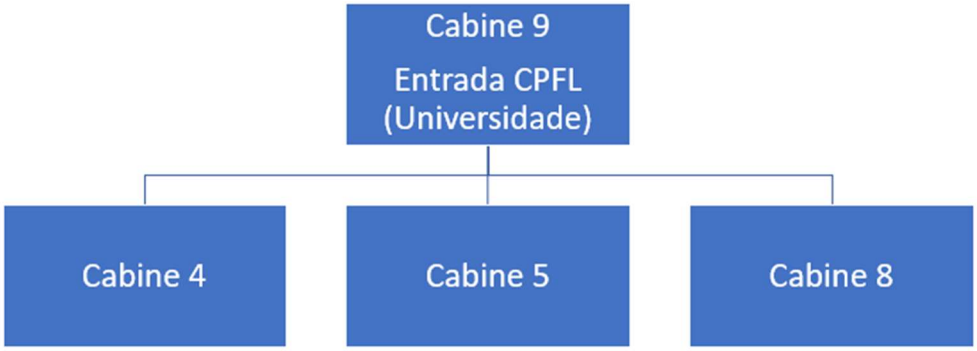
Figura **37** e Figura 38, possibilitará controlar, monitorar e aprimorar o consumo separado por áreas.

Figura 37. Proposta de entrada de energia para o Hospital.



Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 38. Proposta de entrada de energia para Universidade.



Fonte: Autoria própria (2024)

Conforme a coluna “Maior Demanda Utilizada” na Tabela 2 da página 42, as cabines 4, 5 e 8 que abastece a Universidade e as cabines 2, 3, 6 e 7, que abastece o Hospital. Ao implantar a proposta da

Figura **37**, a cabine 1 passaria a fornecer 1534 kW, dos 2000 kW contratado a passando a operar com FU de 77%.

A previsão de demanda conforme a Tabela 4 das cabines 4, 5 e 8 totaliza 1.614kW, ou seja, a implantação da proposta da Figura 38 poderia iniciar com 1 transformador de 1800 kW, passando a operar com FU de 89,7%.

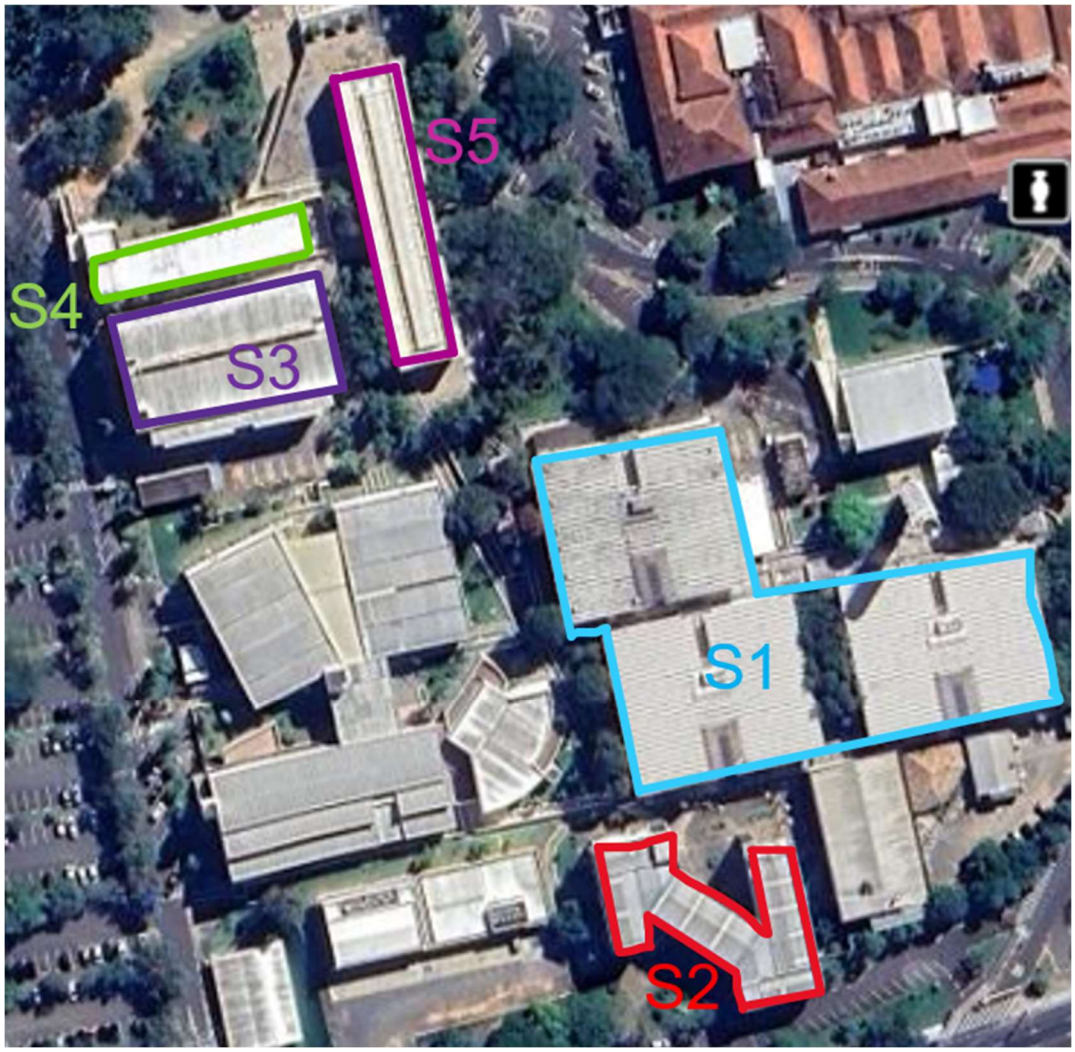
No modelo atual de abastecimento, a cabine 1 está inserida no mercado livre para fornecimento de energia, na proposta em separar a alimentação, a nova cabine

poderá operar no mercado cativo de energia, desta forma será possível utilizar em conjunto um fornecimento alternativo de energia por células fotovoltaicas, melhor descrito a seguir.

6.3 FORNECIMENTO DE ENERGIA ALTERNATIVA, UTILIZANDO CÉLULAS FOTOVOLTÁICAS.

A proposta para instalação de células fotovoltaicas, tem como objetivo de gerar energia utilizando a luz solar e fazer o desconto energético da energia gerada com a energia fornecida pela concessionaria. Esta alternativa requer estudos avaliando o melhor local para instalação das placas, bem como o custeio desta implantação e tempo de retorno do investimento, na Figura 39 é apresentado a sugestão de coberturas com suas respectivas áreas para instalação das células fotovoltaicas.

Figura 39. Sugestão de coberturas para instalação das células fotovoltaica.



Fonte: Autoria própria (2024)

Segue identificação das áreas/;

- S1 – blocos A-B-C salas de aula, cobertura total de 2700 m²;
- S2 – prédio administrativo, cobertura total de 600 m²;
- S3 – prédio da fisioterapia, cobertura total de 700 m²;
- S4 – prédio Dom Bruno, cobertura total de 350 m² e
- S5 – prédio da biblioteca, cobertura total de 500 m².

A avaliação da implantação de um sistema de geração de energia por placas fotovoltaicas, contou com o apoio da empresa Mitratech Energia Solar (© 2024 – Mitratech, Autorizada WEG) para o levantamento do potencial de geração dos prédios identificados na Figura 39. Também foram estabelecidas uma estimativa orçamentária e uma análise financeira preliminar. Cinco sistemas foram dimensionados para a área disponível, separados pelas cabines, a saber:

Sistema 1 alimentado pela cabine 4, cobertura dos blocos A-B-C, conforme apresentado na Figura 40.

Foi considerada a instalação no telhado de canaletas em concreto e sem sombra, sendo 420 módulos com direção de 78° e 420 módulos com direção de 258°, todas com inclinação de 5°. Para esse sistema a área necessária é de 2.666m², e o peso total do sistema é de 28.224kg (14kg/m²).

Figura 40. Distribuição dos módulos fotovoltaicos na cobertura dos Blocos A-B-C.

Fonte: Mitratech Energia Solar (2024)

Sistema 2 alimentado pela cabine 5, cobertura do prédio Administrativo, conforme apresentado na Figura 41.

Foi considerada a instalação no telhado metálico e sem sombra, sendo 39 módulos com direção de 78°, 39 módulos com direção de 258°, 16 módulos com direção de 348°, 16 módulos com direção de 168°, 30 módulos com direção de 30°, 30 módulos com direção de 210°, todas com inclinação de 5°. Para esse sistema a área necessária é de 540m², e o peso total do sistema é de 5.712kg (14kg/m²).

Figura 41. Distribuição dos módulos fotovoltaicos-cobertura prédio Administrativo.

Fonte: Mitratech Energia Solar (2024)

Sistema 3 alimentado pela cabine 5, cobertura do prédio da Fisioterapia, conforme apresentado na Figura 42.

Foi considerada a instalação no telhado metálico e sem sombra, sendo 105 módulos com direção de 168° e 142 módulos com direção de 348°, todos com inclinação de 5°. Para esse sistema a área necessária é de 784m², e o peso total do sistema é de 8.299kg (14kg/m²).

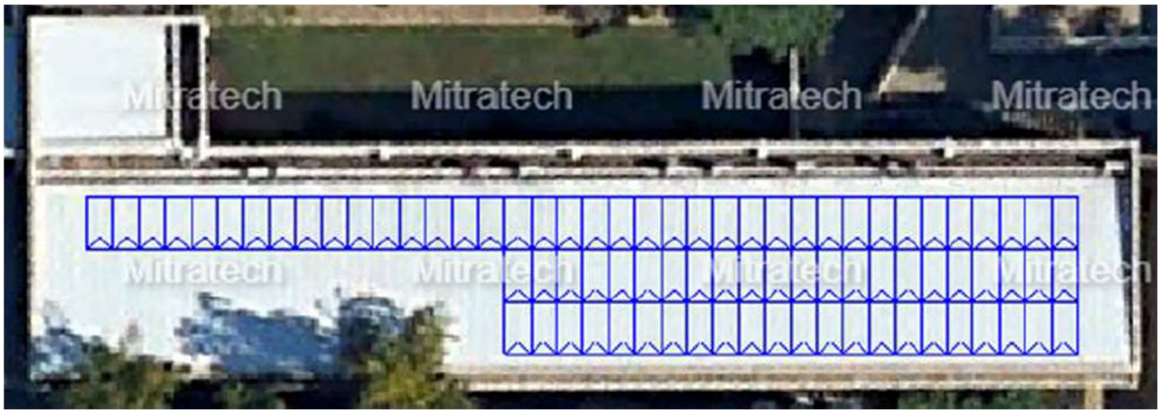
Figura 42. Distribuição dos módulos fotovoltaicos na cobertura da Fisioterapia.

Fonte: Mitratech Energia Solar (2024)

Sistema 4 alimentado pela cabine 5, cobertura do prédio Dom Bruno, conforme apresentado na Figura 43;

Foi considerada a instalação no telhado metálico e sem sombra, com direção de 348° e inclinação de 5°. Para esse sistema a área necessária é de 260m², e o peso total do sistema é de 2.755kg (14kg/m²).

Figura 43. Distribuição dos módulos fotovoltaicos - cobertura Edifício Dom Bruno.



Fonte: Mitratech Energia Solar (2024)

Sistema 5 alimentado pela cabine 5, cobertura da Biblioteca, conforme apresentado na Figura 44.

Foi considerada a instalação no telhado metálico e sem sombra, sendo 94 módulos com direção de 78° e 47 módulos com direção de 258°, todas com inclinação de 5°. Para esse sistema a área necessária é de 448m², e o peso total do sistema é de 4.738kg (14kg/m²).

Figura 44. Distribuição dos módulos fotovoltaicos na cobertura da Biblioteca.

Fonte: Mitratech Energia Solar (2024)

A

Tabela **7** apresenta potência total no pico (kWp) e a geração média por mês (kWh/mês) de cada cobertura sugerida para instalação das células fotovoltaicas, sendo um total estimado de 851,01 kWp e 101.309,10 kWh/mês com um total de 1480 módulos de 575 Wp.

Tabela 7. Resumo da geração de energia por cobertura.

GERAÇÃO DE ENERGIA DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS POR COBERTURA					
SISTEMA	ATENDE A CABINE	COBERTURA DO PRÉDIO	QUANTIDADE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE 575 Wp	POTÊNCIA TOTAL (kWp)	GERAÇÃO MÉDIA ESTIMADA (kWh / mês)
1	4	BLOCOS A-B-C	840	483,00	57.608,02
2	5	ADMINISTRATIVO	170	97,75	11.584,13
3	5	FISIOTERAPIA	247	142,03	16.901,39
4	5	DOM BRUNO	82	47,15	5.571,64
5	5	BIBLIOTECA	141	81,08	9.643,92
		TOTAL	1480	851,01	101.309,10
			MODULOS DE 575 Wp	kWp	kWh / mês

Fonte: Autoria própria (2024)

Em comparação com o consumo médio mensal das cabines 4-5-8, que atendem toda área da Universidade, é possível observar na Tabela 8, que na cabine 4 a energia gerada pelas células fotovoltaicas representa uma geração maior do que o consumo médio. Na cabine 5 a geração de energia pelas células fotovoltaicas representa 52,52% de seu consumo. Na área da cabine 8 não está previsto instalação de células fotovoltaicas.

Tabela 8. Geração de energia por área das cabines da Universidade.

GERAÇÃO DE ENERGIA DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS POR CABINE DA UNIVERSIDADE			
CABINE	CONSUMO (kWh / mês)	GERAÇÃO MÉDIA ESTIMADA (kWh / mês)	GERADO x CONSUMO
4	30.693,00	57.608,02	187,69%
5	83.204,00	43.701,08	52,52%
8	11.834,00	0,00	0,00%

Fonte: Autoria própria (2024)

Na análise do consumo total da Universidade, a geração somando todas as placas representa 80,58% de todo consumo, conforme pode ser analisado na Tabela 9.

Tabela 9. Total de geração de energia na área da Universidade.

GERAÇÃO DE ENERGIA DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS TOTAL DA UNIVERSIDADE			
CABINE	CONSUMO (kWh / mês)	GERAÇÃO MÉDIA ESTIMADA (kWh / mês)	GERADO x CONSUMO
4+5+8	125.731,00	101.309,10	80,58%

Fonte: Autoria própria (2024)

6.3.1 AVALIAÇÃO DA ALTERNATIVA COM CÉLULAS FOTOVOLTAICAS.

Considerando a expansão até 2027, com previsão de demanda de 1614 kW e estimativa do potencial total de 851 kW, gerado pelas placas fotovoltaicas, é possível estimar que a capacidade de geração de energia será de 52,7%, aplicado na área da Universidade.

Para análise financeira foi considerado a tarifa energética de R$ 0,40 praticada pelo Ambiente de Contratação Livre (ACL) de acordo com o Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004. Para maior assertividade é necessário um estudo mais detalhado da conta de energia e do contrato de comercialização do Campus II. As premissas financeiras estão sendo apresentada na

Tabela **10**.

Tabela 10. Premissas Financeiras

Premissas Financeiras	
Investimento no Sistema	R$ 2.127.653,96
Investimento em Inversor(es)	R$ 547.316,39
IPCA Médio Projetado	4,5% a.a.
Taxa de reinvestimento	3,8% a.a.
Inflação Energética Média Projetada	6,8% a.a.
Manutenção	3,0% a.a.
Consumo coincidente	50,0% a.a.
Tarifa Energética Atual	R$ 0,40 kWh

Premissas Técnicas	
Geração Anual Inicial	1215709 kWh
Potência em kWp	851,01

Degradação dos Painéis Ano 1	1,00%
Degradação dos Painéis Anual	0,40% a.a.

Fonte: Mitratech Energia Solar (2024)

O período de 30 anos será levado em consideração na análise de geração da energia, manutenção, receita, despesas e tempo de retorno (*payback*). Na
Tabela **11** é apresentado a geração anual em kWh, a tarifa energética em R$ / Kwh e o valor de manutenção anual em R$.

- Para geração anual deverá ser considerado a degradação anual dos painéis, que perdem sua eficiência em gerar energia a taxa de 0,40% ao ano acrescida da degradação dos painéis no ano 1 de 1%;
- O valor da tarifa energética para o primeiro ano será de R$0,40 e para os demais anos será acrescida de 6,8% ao ano, referente a Inflação Energética Média Projetada.
- A manutenção do sistema é estimada, em seu primeiro ano, o valor de 3,0% em relação ao investimento inicial e para os demais anos este valor será acrescido pelo IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) na taxa de 4,5% ao ano.

Tabela 11. Geração de energia e manutenção anual.

GERAÇÃO			
ANO	GERAÇÃO ANUAL	VALOR / kWh	VALOR DE MANUTENÇÃO
0			
1	1215709 kWh	R$ 0,40	R$ 63.829,62
2	1203552 kWh	R$ 0,43	R$ 66.701,95
3	1198738 kWh	R$ 0,45	R$ 69.703,54
4	1193943 kWh	R$ 0,48	R$ 72.840,20
5	1189167 kWh	R$ 0,52	R$ 76.118,01
6	1184411 kWh	R$ 0,55	R$ 79.543,32
7	1179673 kWh	R$ 0,59	R$ 83.122,77
8	1174954 kWh	R$ 0,63	R$ 86.863,29
9	1170254 kWh	R$ 0,67	R$ 90.772,14
10	1165573 kWh	R$ 0,72	R$ 94.856,89
11	1160911 kWh	R$ 0,77	R$ 99.125,45
12	1156267 kWh	R$ 0,82	R$ 103.586,09
13	1151642 kWh	R$ 0,87	R$ 108.247,47
14	1147036 kWh	R$ 0,93	R$ 113.118,60
15	1142448 kWh	R$ 0,99	R$ 118.208,94
16	1137878 kWh	R$ 1,06	R$ 123.528,34
17	1133326 kWh	R$ 1,13	R$ 129.087,12
18	1128793 kWh	R$ 1,21	R$ 134.896,04
19	1124278 kWh	R$ 1,29	R$ 140.966,36
20	1119781 kWh	R$ 1,38	R$ 147.309,84
21	1115302 kWh	R$ 1,47	R$ 153.938,79
22	1110840 kWh	R$ 1,57	R$ 160.866,03
23	1106397 kWh	R$ 1,68	R$ 168.105,00
24	1101971 kWh	R$ 1,79	R$ 175.669,73
25	1097564 kWh	R$ 1,91	R$ 183.574,87
26	1093173 kWh	R$ 2,04	R$ 191.835,74
27	1088801 kWh	R$ 2,18	R$ 200.468,34
28	1084445 kWh	R$ 2,32	R$ 209.489,42
29	1080108 kWh	R$ 2,48	R$ 218.916,44
30	1075787 kWh	R$ 2,65	R$ 228.767,68

Fonte: Mitratech Energia Solar (2024)

Na Tabela 12 a receita, despesas e *payback* são analisados ano a ano no período de 30 anos. A receita é o produto da geração pela tarifa, a despesa é o valor da manutenção e o *payback* (retorno financeiro) é o tempo que o investimento retornará, sendo nesta avaliação aproximadamente 4,92 anos (4 anos e 11 meses).

Tabela 12. Análise financeira e *Payback.*

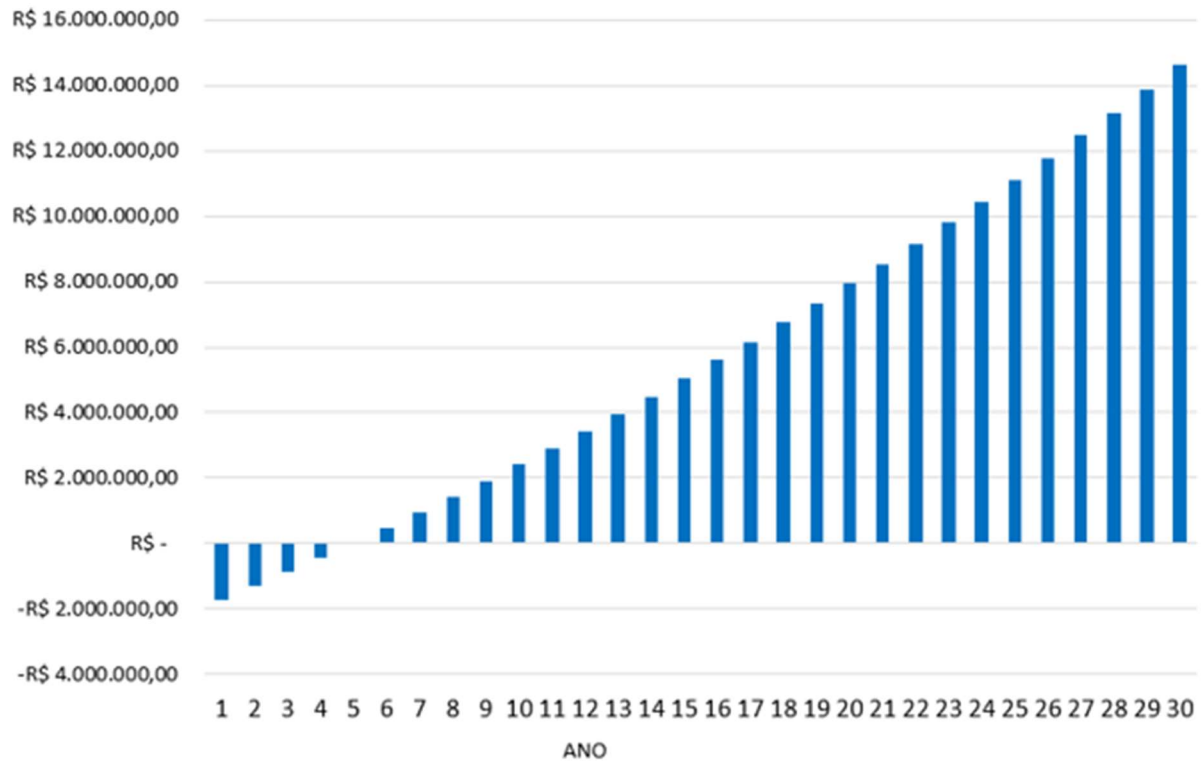
ANÁLISE FINANCEIRA					
ANO	RECEITAS	DESPESAS	FLUXO ANUAL	VALOR PRESENTE LIQUIDO (VPL)	VALOR PRESENTE LIQUIDO (VPL) ACUMULADO	PAYBACK (ANO)
0		R$ 2.127.653,96	-R$ 2.127.653,96	-R$ 2.127.653,96	-R$ 2.127.653,96	
1	R$ 484.177,94	R$ 63.829,62	R$ 420.348,32	R$ 402.247,20	-R$ 1.710.020,81	
2	R$ 511.691,36	R$ 66.701,95	R$ 444.989,40	R$ 407.490,12	-R$ 1.286.944,19	
3	R$ 544.045,60	R$ 69.703,54	R$ 474.342,06	R$ 415.664,34	-R$ 855.380,69	
4	R$ 578.445,60	R$ 72.840,20	R$ 505.605,40	R$ 423.981,15	-R$ 415.182,26	
5	R$ 615.020,72	R$ 76.118,01	R$ 538.902,71	R$ 432.443,04	R$ 33.801,73	4,92
6	R$ 653.908,48	R$ 79.543,32	R$ 574.365,16	R$ 441.052,56	R$ 491.724,55	
7	R$ 695.255,11	R$ 83.122,77	R$ 612.132,34	R$ 449.812,27	R$ 958.742,13	
8	R$ 739.216,09	R$ 86.863,29	R$ 652.352,80	R$ 458.724,79	R$ 1.435.013,14	
9	R$ 785.956,73	R$ 90.772,14	R$ 695.184,59	R$ 467.792,79	R$ 1.920.699,00	
10	R$ 835.652,77	R$ 94.856,89	R$ 740.795,88	R$ 477.018,98	R$ 2.415.963,95	
11	R$ 888.491,09	R$ 99.125,45	R$ 789.365,65	R$ 486.406,12	R$ 2.920.975,10	
12	R$ 944.670,39	R$ 103.586,09	R$ 841.084,29	R$ 495.957,02	R$ 3.435.902,47	
13	R$ 1.004.401,89	R$ 108.247,47	R$ 896.154,43	R$ 505.674,53	R$ 3.960.919,05	
14	R$ 1.067.910,23	R$ 113.118,60	R$ 954.791,62	R$ 515.561,57	R$ 4.496.200,85	
15	R$ 1.135.434,19	R$ 118.208,94	R$ 1.017.225,25	R$ 525.621,08	R$ 5.041.926,94	
16	R$ 1.207.227,69	R$ 123.528,34	R$ 1.083.699,35	R$ 535.856,08	R$ 5.598.279,52	
17	R$ 1.283.560,70	R$ 129.087,12	R$ 1.154.473,58	R$ 546.269,64	R$ 6.165.443,97	
18	R$ 1.364.720,24	R$ 134.896,04	R$ 1.229.824,21	R$ 556.864,85	R$ 6.743.608,90	
19	R$ 1.451.011,50	R$ 140.966,36	R$ 1.310.045,15	R$ 567.644,90	R$ 7.332.966,23	
20	R$ 1.542.758,96	R$ 147.309,84	R$ 1.395.449,12	R$ 578.613,01	R$ 7.933.711,19	
21	R$ 1.640.307,61	R$ 153.938,79	R$ 1.486.368,82	R$ 589.772,46	R$ 8.546.042,44	
22	R$ 1.744.024,26	R$ 160.866,03	R$ 1.583.158,23	R$ 601.126,58	R$ 9.170.162,12	
23	R$ 1.854.298,92	R$ 168.105,00	R$ 1.686.193,91	R$ 612.678,78	R$ 9.806.275,86	
24	R$ 1.971.546,24	R$ 175.669,73	R$ 1.795.876,51	R$ 624.432,50	R$ 10.454.592,90	
25	R$ 2.096.207,10	R$ 183.574,87	R$ 1.912.632,24	R$ 636.391,27	R$ 11.115.326,13	
26	R$ 2.228.750,28	R$ 191.835,74	R$ 2.036.914,54	R$ 648.558,65	R$ 11.788.692,15	
27	R$ 2.369.674,16	R$ 200.468,34	R$ 2.169.205,82	R$ 660.938,30	R$ 12.474.911,34	
28	R$ 2.519.508,66	R$ 209.489,42	R$ 2.310.019,24	R$ 673.533,91	R$ 13.174.207,92	
29	R$ 2.678.817,19	R$ 218.916,44	R$ 2.459.900,75	R$ 686.349,25	R$ 13.886.810,02	
30	R$ 2.848.198,80	R$ 228.767,68	R$ 2.619.431,12	R$ 699.388,15	R$ 14.612.949,77	

Fonte: Mitratech Energia Solar (2024)

No Figura 45 é representado o valor presente líquido acumulado para o período de 30 anos, sendo de 2025 a 2055, observando que o retorno financeiro acontecerá após 4 anos e 11 meses.

Valor Presente Líquido (VPL) é o valor que se calcula o quanto vale no momento presente o dinheiro que se espera receber por um investimento. Para referencias futuras a relação de $ 1 dólar para R$ 6,20 reais no ano de 2025.

Figura 45. VLP Acumulado no período de 2025 a 2055.



Fonte: Autoria própria (2024)

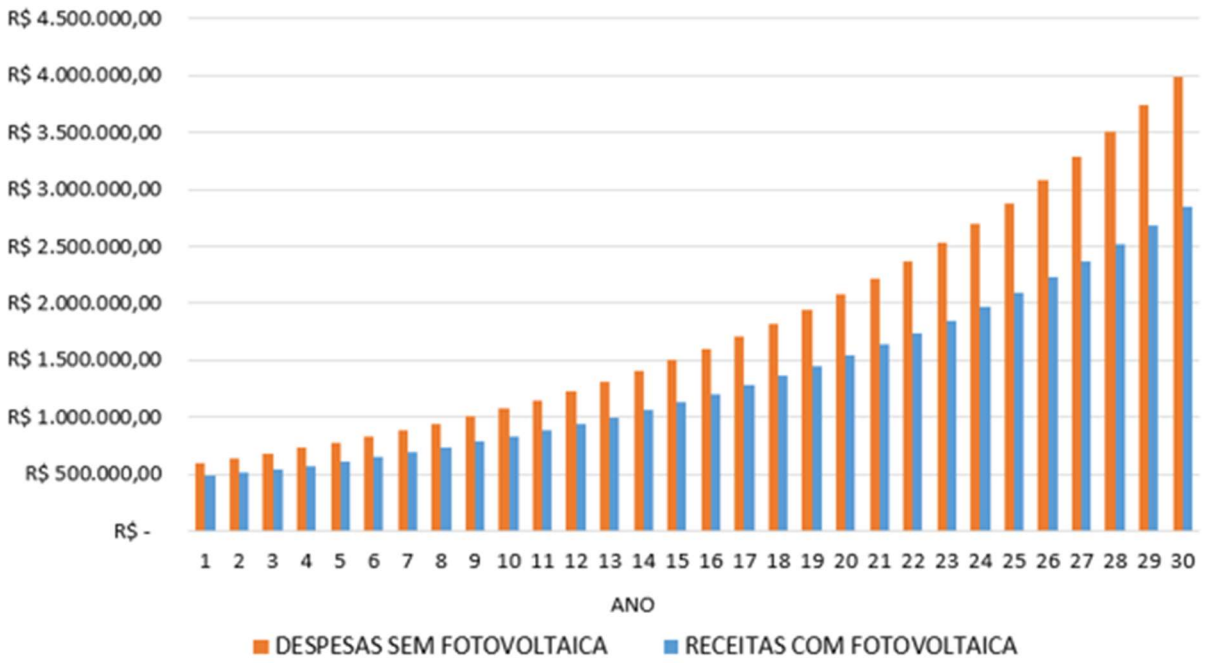
A Tabela 13 e o Figura 46 demostram uma previsão das despesas para o consumo de energia sem a implantação de células fotovoltaicas comparando com as receitas após a implantação das células. Pode ser notado que no ano 1 da geração a economia é de 80,58% e no ano 30 é de 71,30%. Esta redução apontada devido a degradação na utilização dos painéis fotovoltaicos no decorrer dos anos.

Tabela 13. Comparativo despesas sem fotovoltaica e receita com fotovoltaica.

ANÁLISE FINANCEIRA - SEM FOTOVOLTAICA x COM FOTOVOLTAICA					
ANO	CONSUMO ANUAL SEM FOTOVOLTAICA	VALOR / kWh	DESPESAS SEM FOTOVOLTAICA	RECEITAS COM FOTOVOLTAICA	ECONOMIA
0					
1	1508772 kWh	R$ 0,40	R$ 600.895,45	R$ 484.177,94	80,58%
2	1508772 kWh	R$ 0,43	R$ 641.455,89	R$ 511.691,36	79,77%
3	1508772 kWh	R$ 0,45	R$ 684.754,16	R$ 544.045,60	79,45%
4	1508772 kWh	R$ 0,48	R$ 730.975,07	R$ 578.445,60	79,13%
5	1508772 kWh	R$ 0,52	R$ 780.315,89	R$ 615.020,72	78,82%
6	1508772 kWh	R$ 0,55	R$ 832.987,21	R$ 653.908,48	78,50%
7	1508772 kWh	R$ 0,59	R$ 889.213,85	R$ 695.255,11	78,19%
8	1508772 kWh	R$ 0,63	R$ 949.235,78	R$ 739.216,09	77,87%
9	1508772 kWh	R$ 0,67	R$ 1.013.309,19	R$ 785.956,73	77,56%
10	1508772 kWh	R$ 0,72	R$ 1.081.707,57	R$ 835.652,77	77,25%
11	1508772 kWh	R$ 0,77	R$ 1.154.722,83	R$ 888.491,09	76,94%
12	1508772 kWh	R$ 0,82	R$ 1.232.666,62	R$ 944.670,39	76,64%
13	1508772 kWh	R$ 0,87	R$ 1.315.871,61	R$ 1.004.401,89	76,33%
14	1508772 kWh	R$ 0,93	R$ 1.404.692,95	R$ 1.067.910,23	76,02%
15	1508772 kWh	R$ 0,99	R$ 1.499.509,72	R$ 1.135.434,19	75,72%
16	1508772 kWh	R$ 1,06	R$ 1.600.726,63	R$ 1.207.227,69	75,42%
17	1508772 kWh	R$ 1,13	R$ 1.708.775,67	R$ 1.283.560,70	75,12%
18	1508772 kWh	R$ 1,21	R$ 1.824.118,03	R$ 1.364.720,24	74,82%
19	1508772 kWh	R$ 1,29	R$ 1.947.246,00	R$ 1.451.011,50	74,52%
20	1508772 kWh	R$ 1,38	R$ 2.078.685,11	R$ 1.542.758,96	74,22%
21	1508772 kWh	R$ 1,47	R$ 2.218.996,35	R$ 1.640.307,61	73,92%
22	1508772 kWh	R$ 1,57	R$ 2.368.778,60	R$ 1.744.024,26	73,63%
23	1508772 kWh	R$ 1,68	R$ 2.528.671,16	R$ 1.854.298,92	73,33%
24	1508772 kWh	R$ 1,79	R$ 2.699.356,46	R$ 1.971.546,24	73,04%
25	1508772 kWh	R$ 1,91	R$ 2.881.563,02	R$ 2.096.207,10	72,75%
26	1508772 kWh	R$ 2,04	R$ 3.076.068,53	R$ 2.228.750,28	72,45%
27	1508772 kWh	R$ 2,18	R$ 3.283.703,15	R$ 2.369.674,16	72,16%
28	1508772 kWh	R$ 2,32	R$ 3.505.353,12	R$ 2.519.508,66	71,88%
29	1508772 kWh	R$ 2,48	R$ 3.741.964,45	R$ 2.678.817,19	71,59%
30	1508772 kWh	R$ 2,65	R$ 3.994.547,05	R$ 2.848.198,80	71,30%

Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 46. Projeção do desempenho para 30 anos, período de 2025 a 2055.



Fonte: Autoria própria (2024)

7 REQUISITOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SGE

O SGE é um conjunto de processos e procedimentos que ajudam as organizações a reduzirem o consumo de energia prevendo e advertindo comportamentos anormais. O objetivo da aplicação da norma é a redução dos custos e o aumento da segurança energética decorrente do monitoramento e da melhoria continuada. A ABNT NBR ISO 50001:2018 especifica os requisitos para estabelecer, implementar, manter e melhorar um SGE. O resultado pretendido é permitir que a organização siga uma abordagem sistemática para alcançar a melhoria contínua do desempenho energético e do SGE, podendo ser aplicável:

- A qualquer organização, independente do seu tipo, tamanho, complexidade, localização geográfica, cultura organizacional ou dos produtos e serviços que ela oferece;
- A atividades que afetam o desempenho energético que são gerenciados e contratados pela organização;
- Independentemente da quantidade, uso ou tipos de energia consumida;

- Requer demonstração de melhoria contínua do desempenho energético, mas não estabelece níveis de melhoria do desempenho energético a serem alcançados;
- Pode ser usado independente, ou ser alinhado ou integrado com outros sistemas de gestão.

Para implantação do SGE, apoiado pela ABNT NBR ISO 50001, as seguintes etapas deverão ser seguidas:

7.1 CONTEXTO DA ORGANIZAÇÃO

A análise do contexto da organização proverá um entendimento conceitual de alto nível de questões internas e externas que podem impactar, positivamente ou negativamente, o desempenho energético e o SGE da organização.

7.2 LIDERANÇA

A Alta Direção tem responsabilidade total para alcançar os requisitos do SGE. Mesmo se delegar algumas responsabilidades, a prestação de contas total ainda ficará com a Alta Direção.

7.3 PLANEJAMENTO

Considerações de risco e oportunidades são parte da estratégia de alto nível de tomada de decisão na organização. Ao determinar riscos e oportunidades no planejamento do SGE, uma organização pode antecipar potenciais cenários e consequências, de forma que efeitos indesejados possam ser tratados antes que ocorram. Similarmente, considerações ou circunstâncias favoráveis que possam oferecer potenciais vantagens ou resultados benéficos podem ser identificadas e perseguidas.

7.4 APOIO E RECURSOS

A organização deve determinar e prover os recursos necessários para estabelecimento, implementação, manutenção e melhoria do desempenho energético e do SGE. Os recursos incluem recursos humanos, habilidades especializadas, tecnologia, infraestrutura de coleta de dados e recursos financeiros.

7.5 OPERAÇÃO

A organização deve planejar, implementar e controlar os processos necessários para atender aos requisitos e implementar ações.

7.6 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Desenvolver e implementar plano de coleta de dados e avaliação da melhoria do desempenho energético e eficácia do SGE.

8 CONCLUSÃO

Na manutenção dos recursos naturais, as instituições de ensino podem ter uma importante participação no desenvolvimento de alternativas que possam atuar em conjunto com os fornecimentos convencionais da energia.

Esta pesquisa apresenta na etapa de análise o comportamento da energia fornecida ao Campus II da PUC Campinas, a distribuição interna é avaliada a partir do acompanhamento da demanda e do consumo de todas as cabines principais.

As cabines de distribuição da energia interna, estão posicionadas de forma a proporcionar a distribuição da energia para duas áreas principais, que são a área do Hospital e a área da Universidade.

Sendo a área da Universidade o objeto de estudo deste trabalho e avaliando o consumo e a demanda das cabines 4, 5 e 8, foi apontado que o FU das cabines da Universidade são: cabine 4 opera com 68,00%, a cabine 5 opera com 88,30% e a cabine 8 opera com 13,10%.

Otimizações internas foram propostas com o objetivo de melhorar a distribuição e o fator de utilização das cabines, da área da Universidade. Na proposta da inversão de dois transformadores entre as cabines 4 e 8, o FU se comporta de maneira mais equilibrada, sendo 40,87% e 31,88% respectivamente.

Diante das necessidades de expansão, principalmente na climatização dos prédios da Universidade, o acréscimo da carga dos equipamentos de ar-condicionado se tornara significativo.

Os estudos apontam que a divisão do abastecimento de energia poderá disponibilizar mais carga ao Hospital e melhorar a otimização e distribuição para área da Universidade. Na escolha em complementar o fornecimento de energia através de placas solares fotovoltaicas, as simulações permitiram visualizar a possibilidade de obter receita com geração da energia solar.

Na área simulada foi possível observar uma economia de 80,58% no primeiro ano após a implantação e no ano 30 é de 71,30% em relação ao fornecimento convencional da área da Universidade.

As propostas citadas neste trabalho poderão ser implantadas e monitoradas através de um SGE aderente a ABNT NBR ISO 50001:2018, ficando aqui esta sugestão para estudos futuros.

9 REFERÊNCIAS

ABNT, **NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão**, Brasil, 2008.

ABNT, **NBR 13534 – Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde – Requisitos para segurança**, Brasil, 2008.

ABNT, **NBR 50001 – Sistemas de gestão de energia-Requisitos com orientações para uso**, Brasil, 2018

Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável As Nações Unidas no Brasil. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 29 maio. 2024.

BARBOSA, T. R. S. **A implantação de um sistema de gestão energética em uma instituição pública de ensino superior : um estudo de caso na unidade acadêmica de Serra Talhada-UAST/UFRPE**. Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco, 2024.

CHRISTO, E. D. S.; FERREIRA, M. B. USO DO GRÁFICO DE CONTROLE PARA MINIMIZAR ERROS DE PREVISÃO EM SÉRIES DE ENERGIA ELÉTRICA. **Engevista**, v. 15, n. 2, p. 214, 27 jan. 2013.

FACCIONI, A. U.; TRICHEZ, L. M.; MACEDO, R. L. Analise sobre a tecnologia PLC (Power Line Communication). **Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial - ISSN - 1983-1838**, v. 1, n. 2, p. 54–74, 5 jun. 2008.

GESTAL-Gestão de Energia e Utilidades: Smart Energy. Disponível em: <https://www.gestal.com/produtos/smart-energy>. Acesso em: 17 maio. 2024.

MORAES JUNIOR, A. F. DE; MARAFÃO, F. P.; GONÇALVES, F. A. S. CONSIDERAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM

INSTITUIÇÕES PÚBLICAS – ESTUDO DE CASO COM GERAÇÃO FOTOVOLTAICA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 385, 29 maio 2020.

NASCIMENTO, R. C. C.; COSTA, R. M.; MENDONÇA, V. C. M. Eficiência no consumo de energia elétrica em biblioteca universitária: aplicando indicadores de sustentabilidade na Biblioteca de Ciências da Saúde da UFC. **Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia**, v. 13, n. 1, 28 jun. 2018.

NELI, R. R. et al. A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO NA REDUÇÃO DE CUSTOS NA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CÂMPUS CAMPO MOURÃO / ENERGY EFFICIENCY AS A MANAGEMENT TOOL IN COST REDUCTION AT THE UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CÂMPUS CAMPO MOURÃO. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 97454–97466, 2020.

NUNES, D. A. et al. GESTÃO DE ENERGIA E A ISO 50001: AÇÕES ENTRE DUAS ORGANIZAÇÕES DE SETORES DIFERENCIADOS. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 1, p. 0036–0041, 20 jan. 2020.

PEREIRA FIRMES, V. et al. Uma análise do consumo de energia elétrica na UFES - campus São Mateus. **Latin American Journal of Energy Research**, v. 5, n. 2, p. 1–11, 27 ago. 2019.

REIS, C. et al. The Influence of Company Size on Energy Management Systems Adoption: A System Dynamics Model. **Brazilian Business Review**, v. 17, n. 5, p. 579–600, 2 set. 2020.

SILVA, D. N. S.; GOMES, E. T. A. A sustentabilidade possível no planejamento urbano: um olhar sobre a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 9, n. 3, p. 348, 13 ago. 2020.

SOARES, J. A. S.; CÂNDIDO, G. A. Indicadores de sustentabilidade energética: uma ferramenta de apoio à formulação de políticas energéticas mais sustentáveis. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 2, p. 284–303, 20 jun. 2019.