

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS**  
**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**CAIO VITOR DE JESUS BENTES**

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO PARA REDUZIR O CONSUMO DE ENERGIA  
ELÉTRICA NA FUNDAÇÃO HOSPITAL ADRIANO JORGE (FHAJ)**

**MANAUS - AM**

**2024**

**CAIO VITOR DE JESUS BENTES**

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO PARA REDUZIR O CONSUMO DE ENERGIA  
ELÉTRICA NA FUNDAÇÃO HOSPITAL ADRIANO JORGE (FHAJ)**

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

Orientação: Dr. Israel Gondres Torné.

---

**MANAUS - AM**

**2024**

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

*Reitor:*

**André Luiz Nunes Zogahib**

*Vice-Reitora:*

**Kátia do Nascimento Coureiro**

*Diretora da Escola Superior de Tecnologia:*

**Jucimar Maia da Silva Júnior**

*Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:*

**Jozias Parente de Oliveira**

*Banca Avaliadora composta por:*

**Prof. Israel Gondres Torné, Dr. (Orientador)**

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

**Prof. Rubens de Andrade Fernandes, Me.**

*Data da defesa: 19/02/2024.*

### **CIP – Catalogação na Publicação**

Bentes, Caio Vitor de Jesus

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO PARA REDUZIR O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA FUNDAÇÃO HOSPITAL ADRIANO JORGE (FHAJ)./ Caio Vitor de Jesus Bentes; [orientado por] Israel GondresTorné, Dr. – Manaus: 2024. 72 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2024.

1. Diagnóstico Energético. 2. Eficiência Energética. 3. NBR ISO 50001.

I. Torné, Israel Gondres.

CAIO VITOR DE JESUS BENTES

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO PARA REDUZIR O CONSUMO DE ENERGIA  
ELÉTRICA NA FUNDAÇÃO HOSPITAL ADRIANO JORGE (FHAJ)

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

**Nota obtida: 10** ( **dez pontos** \_\_\_\_\_ )

Aprovada em 19/02/2024.

Área de concentração: Eficiência Energética

BANCA EXAMINADORA



---

Orientador: Israel Gondres Torné, Dr.



---

Avaliador: Edry Antonio Garcia Cisneros, Dr.



---

Avaliador: Rubens de Andrade Fernandes, Me.

MANAUS - AM  
2024

## DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus pais por me incentivarem a continuar e não desistir, me deram o apoio emocional e financeiro que eu precisava, mesmo com pouco. Dedico também ao meu irmão e a minha namorada, sem eles não terminaria esta jornada.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais Cleangela e Aldair que me trilharam no caminho do respeito e da educação, sem isso não chegaria longe, agradecer por toda a ajuda deles, que enquanto eu cursava uma graduação eles me sustentaram, algo que não tiveram oportunidade no passado, quero recompensá-los algum dia, espero ter deixado eles muito orgulhosos.

Agradecer ao meu irmão Adriano, a minha namorada Iasmin e aos meus amigos Guilherme e Herbet que não me deixaram desistir tão fácil e me incentivaram até esse precioso momento, não tive tantos amigos da universidade, mas os poucos que tive, como, a Raissa, Holyvers, Orislane e Letícia me ajudaram e caminharam junto comigo, alguns seguiram outros sonhos e outros já se formaram, mas sem o companheirismo, a jornada seria com certeza mais difícil.

Obrigado a todos que de alguma forma me ajudaram, antes, durante e futuramente. Agradecer também as orientações do meu professor-orientador Israel Gondres Torné, ajudando a concluir este trabalho, que em muitas vezes pensei que não daria certo.

## **RESUMO**

A Fundação Hospital Adriano Jorge (FHAJ), faz parte das instituições de saúde do Estado do Amazonas, como esta é uma das grandes consumidoras energéticas e visando os níveis de conforto térmico e luminoso a proposta deste trabalho traz gestão da distribuição e consumo de energia elétrica do edifício para promover futuramente estratégias de direcionamento de recursos para áreas e setores cruciais do hospital. O diagnóstico energético obteve como parâmetros a ISO 50001:2018 onde pode ser aplicada em qualquer organização, mas não é obrigatória, e a norma de iluminação NBR 5413 e a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 de 2013 onde trazem diretrizes específicas para a iluminação de interiores como ambientes hospitalares definindo termos utilizados na área de gestão de eficiência energética. Com isso o desenvolvimento deste trabalho se realiza em duas subetapas fundamentais, a primeira é a análise das tarifas da concessionária de energia elétrica e depois, o levantamento das cargas instaladas com a realização de medições nas cargas do estudo referentes à coleta de informações essenciais.

Palavras-chave: Diagnóstico Energético, Eficiência energética, NBR ISO 50001.

## **ABSTRACT**

The Fundação Hospital Adriano Jorge (FHAJ), is part of the health institutions in the State of Amazonas, as it is one of the largest energy consumers and aiming at levels of thermal and lighting comfort, the proposal of this work involves managing the distribution and consumption of electrical energy of the building to promote strategies for directing resources to crucial areas and sectors of the hospital in the future. The energy diagnosis obtained as parameters ISO 50001:2018, which can be applied in any organization, but is not mandatory, and the lighting standard NBR 5413 and ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 of 2013, which provide specific guidelines for lighting. interiors such as hospital environments, defining terms used in the area of energy efficiency management. Therefore, the development of this work is carried out in two fundamental sub-steps, the first is the analysis of the electricity concessionaire's tariffs and then, the survey of installed loads by carrying out measurements on the study loads referring to the collection of essential information.

Keywords: Energy Diagnosis, Energy Efficiency, NBR ISO 50001.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo PDCA.....	19
Figura 2 - Classificação do Programa Brasileiro de Etiquetagem.....	23
Figura 3 - Selo PROCEL de eficiência energética.....	23
Figura 4 - Selo CONPET.....	25
Figura 5 - Detalhes de uma lâmpada incandescente.....	32
Figura 6 - Lâmpada fluorescente.....	33
Figura 7 - Ar-condicionado Tipo Janela.....	36
Figura 8 - Ar-condicionado Tipo Split.....	36
Figura 9 - Ar-condicionado Self contained.....	37
Figura 10 - Sistema de refrigeração fan coil.....	39
Figura 11 - Triângulo de Potências.....	39
Figura 12 – Diagrama esquemático de ordem das aplicações dos métodos.....	41
Figura 13 - Fachada da Fundação Hospital Adriano Jorge.....	43
Figura 14 - Caixas de Medição.....	44
Figura 15 - Cabine de medição e proteção.....	44
Figura 16 - Relé de proteção microprocessado.....	44
Figura 17 – Cabine de média tensão.....	45
Figura 18 - Transformador de 1000 kVA.....	45
Figura 19 - QGBT do transformador de 1000 kVA.....	46
Figura 20 - Transformador de 750 kVA.....	46
Figura 21 - QGBT do transformador de 750 kVA.....	46
Figura 22 - Transformador de 500 kVA.....	47
Figura 23 - QGBT do transformador de 500 kVA.....	47
Figura 24 - Demanda medida e demanda contratada fora ponta.....	52

Figura 25 - Demanda medida fora ponta e nova demanda contratada fora ponta.....	53
Figura 26 - Demanda medida e demanda contratada ponta.....	53
Figura 27 - Demanda medida ponta e nova demanda contratada ponta.....	54
Figura 28 - Distribuição geral de cargas instaladas.....	58
Figura 29 - Iluminação da FHAJ.....	59
Figura 30 - Iluminação da sala de cirurgia 3.....	59
Figura 31 - Planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor.....	61
Figura 32 - Distribuição da quantidade de Condicionadores de ar por Capacidade (BTU/h)....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Iluminância por classes de tarefas visuais.....	30
Tabela 2 - Consumo e Demanda Medidos pela Concessionária de Energia.....	48
Tabela 3 - Fatura de Energia da FHAJ.....	49
Tabela 4 - Tarifas de Energia Horo-sazonal azul e verde.....	50
Tabela 5 - Valor faturado demanda antiga versus nova demanda fora ponta.....	55
Tabela 6 - Valor faturado demanda antiga versus nova demanda ponta.....	56
Tabela 7 - Energia reativa medida.....	57
Tabela 8 - Fluxo de caixa de iluminação.....	65
Tabela 9 - Valor presente líquido de iluminação.....	65
Tabela 10 - Viabilidade econômica de iluminação.....	65
Tabela 11 - Distribuição de ares-condicionados com etiqueta C.....	66
Tabela 12 - Fluxo de caixa de refrigeração.....	67
Tabela 13 - Valor presente líquido de refrigeração.....	68
Tabela 14 - Viabilidade econômica de refrigeração.....	68

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

FHAJ - Fundação Hospital Adriano Jorge.

ONU - Organização das Nações Unidas.

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.

PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem.

ABESCO - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia.

ISO - International Organization for Standardization.

ANEEL - Agencia Nacional de Energia Elétrica.

PEE - Programa de Eficiência Energética

LED - Lighting Emitting Diode.

UTI - Unidade de Terapia Intensiva.

VPL - Valor Presente Líquido.

PDCA - Plan, Do, Check, Act.

DS - Danish Standards

NBR - Norma Brasileira

IET - Índice de Transição Energética.

IEA - International Energy Agency

COP28 - 28ª Conferência das Partes.

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

CONPET - Conservação de Energia do Programa Brasileiro de Etiquetagem.

PROPEE - Procedimentos do Programa de Eficiência Energética

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

CVU - Custo Variável Unitário

PLD - Preço Líquido de Diferenças

CMO - Custo Marginal de Operação

PRORET - Procedimentos de Regulação Tarifária.

REN - Resolução Normativa.

IRC - Índice de Reprodução de Cores.

DC - Direct Current.

SI - Sistema Internacional de Unidades.

VAV - Volume de Ar Variável.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

TC - Transformador de Corrente.

TP - Transformador de Potência.

TMA - Taxa Mínima de Atratividade.

TRC - Tempo de Retorno de Capital.

FP - Fator de Potência.

TE - Tarifas de Energia

TUSD - Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
2.1. ISO 50001 E O ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HOSPITAIS .....	18
2.2. PANORAMA INTERNACIONAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E BOAS PRÁTICAS ADOTADAS .....	19
2.3. PANORAMA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NACIONAL E BOAS PRÁTICAS .....	21
2.3.1. PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL) – ELETROBRÁS .....	22
2.3.2. PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE PETRÓLEO E DERIVADOS (CONPET) .....	24
2.3.3. PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE DISTRIBUIDORAS (PEE).....	25
2.3.3.1. PROCEDIMENTOS DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (PROPEE).....	26
2.4. BANDEIRAS TARIFÁRIAS .....	27
2.5. CLASSES DE CONSUMO DE ENERGIA .....	28
2.6. MODALIDADES TARIFÁRIAS .....	28
2.7. ILUMINAÇÃO DE INTERIORES .....	29
2.8. NORMA DE ILUMINACAO ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 .....	30
2.9. TIPOS DE LÂMPADAS .....	31
2.9.1. LÂMPADAS INCANDESCENTES .....	31
2.9.1.1 INCADESCENTES HALÓGENAS.....	32
2.9.2 LÂMPADAS FLUORESCENTES .....	32
2.9.3. LÂMPADAS A VAPOR DE MERCÚRIO .....	33
2.9.4. LÂMPADAS DE VAPOR METÁLICAS.....	34
2.9.5 LÂMPADAS DE VAPOR DE SÓDIO .....	34
2.9.6. LÂMPADAS DE LUZ MISTA.....	34
2.9.7. LÂMPADAS LED.....	34
2.10. CLIMATIZAÇÃO .....	35
2.10.1. EXPANSÃO DIRETA .....	35
2.10.2. APENAS ÁGUA .....	37
2.10.3. AR-ÁGUA .....	38

2.10.4. APENAS AR .....	38
2.11. FATOR DE POTÊNCIA E A ENERGIA REATIVA .....	38
2.12. VALOR PRESENTE LÍQUIDO E TEMPO DE RETORNO DE CAPITAL .....	40
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>41</b>
3.1. MODELO DE ESTUDO .....	41
3.2. PRELIMINAR DA PESQUISA .....	41
3.3. COLETA DE DADOS DAS CARGAS .....	42
3.4. PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO .....	42
<b>4. IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
4.1. CARACTERÍSTICAS DO OBJETO DE ESTUDO .....	43
4.2. ANÁLISE TARIFÁRIA .....	47
4.3. LEVANTAMENTO DE CARGAS .....	57
4.4. LEVANTAMENTO DE CARGAS: ILUMINAÇÃO .....	58
4.5. LEVANTAMENTO DE CARGAS: CLIMATIZAÇÃO .....	61
4.6. VIABILIDADE ECONÔMICA .....	63
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>69</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>70</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os hospitais são grandes consumidores em termos energéticos, portanto a gestão da distribuição e consumo de energia elétrica tornasse necessária para aumentar a eficácia da distribuição financeira do estabelecimento, podendo assim elevar os níveis de conforto térmico e luminoso demandado para os pacientes, aos exigentes padrões de qualidade do ar interior e as exigências técnicas específicas existentes em variados tipos de instalações do edifício.

Com isto, é importante salientar que pauta de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável deve ser aplicado por todos os estabelecimentos, pois desde a Conferência da ONU (Organização das Nações Unidas) nos anos 70 também conhecido como Conferência de Estocolmo, quando foi discutido pela primeira vez sobre o assunto, ninguém valorizou a pauta devido à falta de conhecimento das mudanças climáticas e os efeitos causados pelas industrializações desenfreadas. Foi somente após o “Apagão” de 2001, que houve a necessidade de haver racionamento de energia elétrica, exceto serviços essenciais como Hospitais e derivados da área da saúde, que o Brasil começou a tomar medidas relacionadas à eficiência energética.

Devido a esses acontecimentos o Ministério de Minas e Energia promulgou a Lei Nº 10.295 a qual estabeleceu mecanismos e medidas que culminassem edificações energeticamente mais eficientes em relação a fatores como economia financeira, produtividade e praticidade chamado de PROCEL (BRASIL, 2001)

Com a usabilidade da lei em questão, os equipamentos consumidores de energia passaram a ter níveis mínimos de eficiência energética, conseqüentemente surgiu o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) onde torna obrigatório a identificação da eficiência de todos os produtos eletrodomésticos no país, com classificações que vão de A a E.

A ABESCO, 2017 (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia) fez uma estimativa do potencial de economia de 2008 até 2016, e identificou que apenas em 2016 foi deixado de economizar cerca de 20 bilhões de reais, 47 GWh que representam 10% do consumo do país. A partir disso, é notável que se o Brasil adotasse de forma mais regular as medidas de eficiência energética seria possível distribuir de forma mais eficaz as economias feitas por essa atitude e ajudaria na diminuição da emissão de gases de efeito estufa.

Portanto, visando o diagnóstico para a redução do consumo de energia elétrica e a colaboração hospitalar/acadêmica, faz-se necessário a utilização das propostas de soluções futuras e as que já foram executadas pelo estabelecimento que é o próprio objeto de estudo. A economia obtida até o presente momento mostra que a atualização dos equipamentos foi extremamente eficaz nos seus devidos objetivos.

O trabalho aqui executado teve como fundamento a análise da gestão energética a partir de parâmetros como a ISO 50001, e segundo a ANEEL, o principal objetivo do Programa de Eficiência Energética (PEE) é desenvolver o uso e a distribuição eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia, incluindo hospitais, por meio de projetos que demonstrem a necessidade e a viabilidade econômica para que em um único empreendimento possa ser distribuído a todos os setores do local (ANEEL, 2016).

Com essa abordagem no Hospital, foi de suma importância identificar a demanda contratada e as cargas passíveis de substituição para maximizar a eficiência econômica nos diferentes setores do hospital.

Foi decidido por priorizar as cargas de iluminação, por se tratar de equipamentos pequenos que consomem muito, houve a substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares por LED em 2018 e para futuras substituições podemos considerar os equipamentos de climatização do hospital. A partir disso foi possível verificar a viabilidade de transpor investimentos para outros setores do hospital, como Centro Cirúrgico, UTI e entre outros. Tudo isso foi possível graças aos cálculos de VPL e vida útil dos equipamentos de iluminação que varia de 2 a 3 anos de duração.

O presente trabalho visa colaborar e reforçar o entendimento da importância da gestão energética, não apenas como medida de eficiência econômica, mas também como estratégia para direcionar recursos para áreas e setores cruciais de um local especializado na saúde pública.

O objetivo geral do trabalho é desenvolver um estudo de diagnóstico energético através de gestão de energia em um Hospital Público situado em Manaus, através do levantamento de cargas específicas da instalação e análise das faturas de energia, visando o melhor desempenho sistemas elétricos e utilização da energia elétrica de uma forma mais econômica, sustentável e eficiente.

Como objetivos específicos tem-se a análise de toda carga instalada no hospital e a identificação dos principais pontos que geram desperdício e uso não-eficiente do sistema de

energia, sendo escolhidos entre estes os com mais potenciais de ganho e acessíveis para se fazer uma proposta de melhoria. Outro ponto é a verificação das faturas de energia elétrica da concessionária, será realizado o estudo de todas as cobranças realizadas durante o período de janeiro a dezembro de 2021, período pandêmico mais agudo do estado demandando assim o maior consumo de energia elétrica na unidade, onde será conferido se alguns fatores estão classificados corretamente de acordo com a necessidade da instalação, como a modalidade tarifária e se de fato a vigente é a mais adequada e barata dada as características do uso.

Há também a proposta de melhoria para redução de gastos com energia, depois de toda realização de levantamento e análise de dados, será apresentada a proposta com o estudo de viabilidade, estes cálculos advindos de conceitos de economia e gestão são de extrema importância para o trabalho, pois avalia o quão viável é a implementação do projeto, tendo significativa utilidade em muitos outros estudos ajudando na tomada de decisões quanto a aplicação de investimentos.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. ISO 50001 E O ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HOSPITAIS**

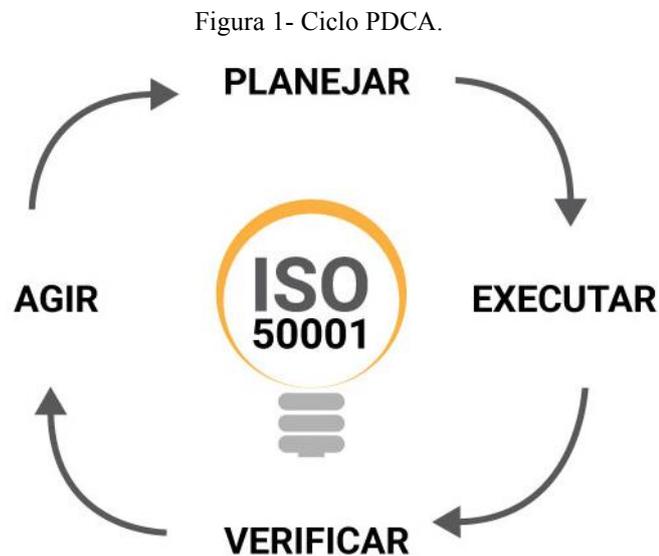
A ISO (International Organization for Standardization) é uma norma que tem como objetivos estabelecer e regulamentar um sistema de gestão. Muitos benefícios são aderidos a essa norma que impactam na gestão de riscos, no uso dos recursos e principalmente no sucesso da empresa certificada (GONÇALVES, 2017).

Sobre eficiência energética, a Europa divulgou em 2001 a norma DS 2403:2001, logo em seguida, foi elaborada a ISO 14001:2004, seguida pela ISO 50001:2011 e por fim, a última versão, publicada em 21 de agosto de 2018, a ISO 50001:2018 (GONÇALVES, 2017).

A ISO 50001:2018 pode ser aplicada em qualquer organização, mas não é obrigatória, e fatores como tamanho, complexidade, localização geográfica, cultura e serviços ou produtos não têm relevância significativa para esta certificação. Essa norma, tem como vantagem para a organização um melhor gerenciamento da energia, tornando-as mais competitivas (ISO 50001, 2018).

A implementação da norma é inspirada no conceito de melhoria contínua e a metodologia é constituído por 4 etapas (planejar, fazer, verificar, agir) ilustrado na figura 1,

também conhecida como ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), auxilia na gestão de projetos e processos, são elas:



Fonte: Guia para aplicação da norma NBR ISO 50001- Gestão de energia, 2018.

- Planejar: compreender a organização, quais ações devem ser tomadas e visar cumprir as metas de eficiência energética (ISO 50001, 2018).
- Executar: implementar todos os mecanismos e ações que foram elaborados na etapa de planejamento (ISO 50001, 2018).
- Verificar: monitorar os processos e ações, como auditoria, medições e análise (ISO 50001, 2018).
- Agir: inserção de medidas para o tratamento de falhas e desvios, com o objetivo de exercer a melhoria contínua no processo (ISO 50001, 2018).

Ao concluir todas as etapas, é permitido que a empresa solicite uma auditoria externa para a aquisição do certificado. O cumprimento das determinações de maneira assertiva, traz vários resultados positivos como: um conhecimento amplo das áreas de consumo energético, melhoria nas distribuições monetárias em relação a energia, uma maior conscientização e economias financeiras resultantes das medidas organizacionais.

## **2.2. PANORAMA INTERNACIONAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E BOAS PRÁTICAS ADOTADAS**

A primeira crise global que teve o petróleo como principal fator, foi chamado de “choque do petróleo”, onde foi gerado diversos problemas políticos, econômicos e principalmente ambientais, foi em 1970 que isso ocorreu, a partir daí a as discussões sobre eficiência energética pelo mundo todo passou a ser pauta imediata, países começaram a procurar fontes de energia limpa e renovável para reduzir os impactos ambientais e a dependência do petróleo e seus derivados. Foi na década de 1980, que aconteceu uma conferência para a elaboração de diretrizes ambientais e energéticas que passou a ser chamada de Protocolo de Kyoto (HADDAD, 2012), e por isso se tornou necessário incentivar a busca por eficiência energética.

A partir de um relatório chamado *Fostering Effective Energy Transition 2023* do Fórum Económico Mundial, foi constatado que após uma década de progresso, a transição energética global estabilizou no meio da crise energética global e das volatilidades geopolíticas mundiais, que incluem guerras em vários lugares do mundo, de acordo com este documento o Índice de Transição Energética (IET), que avalia 120 países relativamente ao desempenho atual do seu sistema energético e a preparação do ambiente favorável, assumiu considerações que mesmo diante de um progresso expressivo na geração sustentável de energia limpa, existem desafios emergentes para a equidade da transição (WORLD ECONOMIC FORUM, 2023).

A 13ª edição do relatório afirma que este ano ao longo da última década, 95% dos países melhoraram a sua pontuação total no IET, com melhorias mais pronunciadas nos países que consomem uma grande quantidade de energia, incluindo a China, a Índia, a República da Coreia e a Indonésia, esse fator se deve aos volumes crescentes de investimentos em energia limpa e sustentável, pela melhoria dos quadros regulamentares, pelas inovações tecnológicas e pela urgência em enfrentar a crise climática (WORLD ECONOMIC FORUM, 2023).

A plataforma IEA, traz em seu relatório que foi esperado para 2023 o progresso da intensidade energética na marca de 1,3%, fazendo que desse o ano mais abaixo da média para a eficiência energética. Mesmo que um grande número de países tenha intensificado as ações políticas e sustentáveis em relação a produção e consumo de energia ecoaram em muitas regiões. Isto torna particularmente importante compreender os fatores subjacentes ao ano médio para a mudança de intensidade em 2023. Três dinâmicas são consideradas particularmente importantes e são aqui examinadas: diferenças regionais; desfasamentos temporais entre as mudanças políticas e os seus impactos; e tendências de estilo de vida e tecnologia (IEA, 2023).

A COP28, conferência do clima da ONU, ocorreu entre os dias 30 de novembro e 12 de dezembro de 2023 nos Emirados Árabes Unidos, e terminou com um acordo que propõe pela primeira vez a transição em direção ao fim dos combustíveis fósseis. O texto determina que os países mudem seus sistemas energéticos de forma justa, ordenada e equitativa. Foram entorno de 195 países que concordaram em atingir a neutralidade de carbono até 2050, para evitar um colapso global energético e socioambiental (COP28, 2023).

Segundo (Marina Silva, 2023), O compromisso assumido redireciona as ambições mundiais, mas também as responsabilidades de cada país em relação ao petróleo tais como: mitigação, adaptação e meios de implementação, alinhados a 1,5°C, são agora incontornáveis (COP28, 2023).

### **2.3. PANORAMA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NACIONAL E BOAS PRÁTICAS**

A ANEEL, regida pela lei nº 9.427 de 26 de dezembro de 1996, também conhecida como a Agência Nacional de Energia Elétrica, teve como objetivo a elaboração das bases legislativas do setor elétrico brasileiro, com a evolução do cenário econômico e após a crise do petróleo, o Brasil investiu em diversas fontes renováveis como alternativa da dependência as fontes de combustíveis como produção de energia a partir de usinas térmicas, eólicas, e painéis fotovoltaicos, e criou programa como o Programa Nacional do Álcool – PROÁCOOL e continuou explorando mais as hidrelétricas.

Segundo o Atlas da Eficiência Energética do Brasil (2022), no período de 2013 a 2018 o nosso país investiu mais de R\$1 bilhão em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (P&D) em projetos voltados ao aprimoramento da eficiência energética, metade do valor investido foi advindo do BNDES.

Por volta de 1984, o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) questionou sobre a necessidade de projetos voltados a programas de qualidade de energia dos equipamentos, contribuindo assim com o incentivo e transparência com os consumidores brasileiros diante do consumo consciente e racional da energia. Perante a esta situação que o Inmetro o elaborou, e o mesmo ganhou a alcunha de Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) em 1984. O programa tem por objetivo sinalizar aos consumidores quais equipamentos possuem uma melhor performance com menos consumo, reduzindo desperdícios e promovendo grandes economias na fatura de energia que, a longo prazo, podem equivaler ao preço do próprio aparelho.

Segundo a lei de 17 de outubro de 2001 do INMETRO, passa a ser responsável oficial de fiscalização do programa de etiquetagem, pois antes era feita de forma voluntária. Diversos projetos voltados ao tema de eficiência também foram incorporados, como o “Programa de Eficiência Energética” (PEE) e o seu manual “Procedimentos do Programa de Eficiência Energética”, todos regulados pela ANEEL. Até o presente momento, não existe um Atlas da Eficiência Energética do Brasil do ano de 2023.

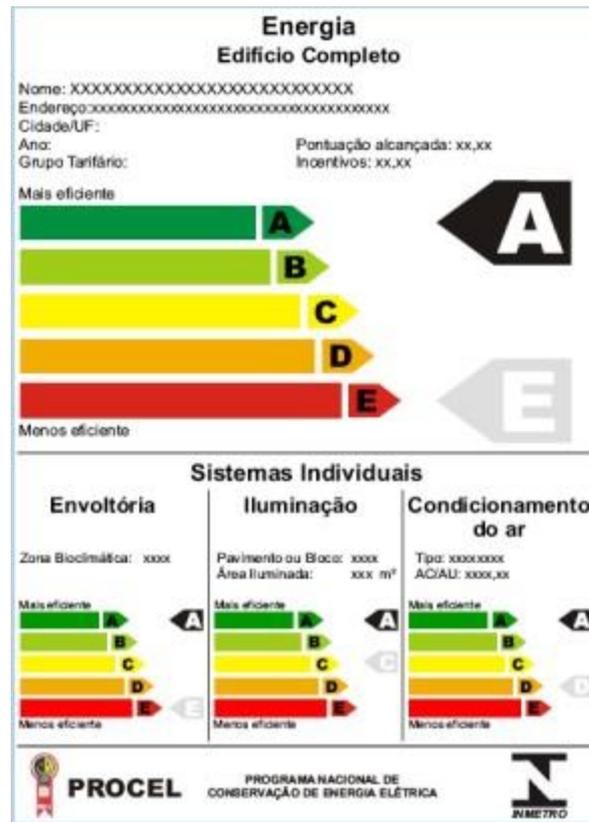
A eficiência energética no país precisa melhorar e seguir diretrizes de boas práticas, como o objeto de estudo desta pesquisa que se trata de um hospital localizado na cidade de Manaus, e esse modelo de ambiente deve seguir bons exemplos de distribuição energética, por exemplo Gordo et al., 2011, fez uma pesquisa onde apresentou resultados muito eficientes em relação a economia financeira, conforto térmico e luminoso, seu estudo apresenta detalhes de medidas propostas para o incremento de eficiência energética do Bloco Central dos Hospitais da Universidade de Coimbra. Essas medidas envolveram a substituição dos motores e sistemas de comando dos 13 ascensores existentes no edifício, 3 Chillers, e investiu na instalação de aparelhos eficazes em relação a iluminação de interior e a substituição de caldeiras para uma central de cogeração com motor a gás natural. Com isso é possível utilizar exemplos como este que foram aplicados em outros lugares do mundo e que podem ser muito eficazes e econômicos para nossas edificações e ambientes hospitalares.

### **2.3.1. PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL) – ELETROBRAS**

Criado em 1985, o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), promove o uso de eficiência energética, o mesmo é coordenado pelo Ministério de Minas Energia e executado pela Eletrobrás. O selo PROCEL foi elaborado em 1993, onde o mesmo sinaliza e orienta no momento de uma aquisição quais são os produtos com os melhores desempenhos, aparelhos que possuem etiqueta A recebem este selo.

Com o intuito de se obter uma forma de categorizar os aparelhos eletrônicos, foi feito vários experimentos onde foi identificado o padrão de eficiência de cada equipamento, e isso é feito até hoje para que fique claro aos compradores de cada eletrodoméstico a eficiência energética de cada um, e assim sabemos que A é indicado para aparelhos com mais eficiência e mais economia, enquanto E se torna o com avaliação mais baixa e de maior consumo.

Figura 2- Classificação do Programa Brasileiro de Etiquetagem



Fonte: PROCEL, 2019.

Figura 3- Selo PROCEL de eficiência energética



Fonte: PROCEL, 2019

Com isso, foi feita uma pesquisa pela Eletrobras em 2022 sobre os resultados da aplicação do selo PROCEL, usando como base os dados o ano de 2021, foi verificado que o selo promoveu uma economia de energia em cerca de 22,73 bilhões de kWh, o equivalente a energia gerada em um ano por uma hidrelétrica com 5.451 MW de capacidade. Em conjunto a

esta considerável redução no consumo causada pelo simples ato de levar informação de fácil acesso e clareza ao consumidor, também foi possível evitar que 2,87 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> fossem liberadas na atmosfera, atualmente as projeções apontam que até 2025 no Brasil, 75% da sua matriz energética será de fontes de energia renováveis como hidrelétrica, eólica e solar, fazendo o processo de descarbonização ser o alvo de discussões, sendo a principal preocupação reduzir as emissões de gases do efeito estufa como o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) por uso de combustíveis fósseis, isso foi mencionado na Conferência do Clima da ONU (COP28, 2023).

Dentro do PROCEL existem outros subprogramas:

- Procel GEM - Gestão Energética Municipal;
- Procel Sanear - Eficiência Energética no Saneamento Ambiental;
- Procel Educação - Informação e Cidadania;
- Procel Indústria - Eficiência Energética Industrial;
- Procel Edifica - Eficiência Energética em Edificações;
- Procel EPP - Eficiência Energética nos Prédios Públicos 11;
- Procel Reluz - Eficiência Energética na Iluminação Pública e Sinalização Semafórica;
- Selo Procel - Eficiência Energética em Equipamentos;
- Procel Info - Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (NASCIMENTO, 2015).

### **2.3.2. PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE PETRÓLEO E DERIVADOS (CONPET)**

Em 18 de julho de 1991, por decreto presidencial foi criado o CONPET que por ventura surgiu antes do selo Procel, esse decreto foi elaborado para ser aplicado em órgãos que funcionavam sem foco em sustentabilidade, com isso a racionalização e o uso de derivados de petróleo e gás natural estimulariam a competitividade. Já nos casos de consumidores residenciais esse decreto atuaria como selo de eficiência, parecido com o selo procel, a diferença é que só utiliza essa etiqueta os equipamentos que funcionam a base de energia derivada de petróleo e gás, como fogão e aquecedores a gás, que atingem a escala máxima de eficiência energética de acordo com a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia do Programa Brasileiro de Etiquetagem.

Figura 4 - Selo CONPET



Fonte: Petrobras, 2016.

Este projeto tem como sua funcionalidade voltada para sintetização de combustíveis fósseis, e consequentemente também é voltado para redução da emissão de gases poluentes do efeito estufa, por isso, outra priorização do programa também é a conscientização dos consumidores sobre os benefícios de usufruir da energia de forma consciente e sustentável, conservando o meio ambiente e melhorando nossa qualidade de vida, portanto, também o mesmo coordenado pelo Ministério de Minas Energia e executado pela Petrobrás.

Esses programas existem como forma de incentivar os consumidores a adquirirem equipamentos com consumo de energia reduzido, e também incentiva e estimula os fabricantes e o comércio a optarem por vender produtos mais otimizados frente ao consumo energético.

O CONPET tem seu papel de forma indireta no setor hospitalar, pois como muitos equipamentos são movidos a gás, e outros são de alguma forma, movidas por energia de origem derivada de combustíveis fósseis, com isso, torna-se necessário a manutenção e a troca de alguns equipamentos para outros mais econômicos.

### **2.3.3. PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE DISTRIBUIDORAS (PEE)**

O Programa de Eficiência Energética de Distribuidoras (PEE), como é conhecido, é a principal fonte de investimentos em eficiência energética no Brasil, com cerca de R\$ 500 milhões por ano. Elaborado oficialmente em 24 de julho de 2000 pela Lei nº 9.991, onde tem como sua principal contribuição, estabelecer que as concessionárias destinem 1% de sua receita líquida para projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e programas de eficiência energética (NASCIMENTO, 2015).

A ANEEL parou de regulamentar o programa a partir de 1998, com o objetivo de expandi-lo e obter resultados mais satisfatórios, fazendo o controle das regulamentações internas e atualizando os processos para poder acompanhar as alterações dos cenários tecnológicos atuais.

A partir disto, torna-se importante citar que existe um manual chamado Procedimentos do Programa de Eficiência Energética, onde este regulamento se aplica para o PEE que se recomenda em execuções e elaborações de projetos de eficiência.

### **2.3.3.1. PROCEDIMENTOS DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (PROPEE)**

Dividido em 10 módulos, listados abaixo, temos a PROPEE que determina os parâmetros e procedimentos que devem ser acompanhados pelas distribuidoras para a inserção de um ou mais projetos de eficiência energética onde a mesma é regulada pela ANEEL. A seguir os Módulos:

- Módulo 1: Introdução - Apresenta os objetivos, aspectos gerais do PEE e termos usados
- Módulo 2: Gestão do Programa - Apresenta o modo de operação para gerenciamento das ações
- Módulo 3: Seleção e Implantação de Projetos - orienta quando a seleção dos projetos a serem executados e como os contratos de desempenho energético podem ser fechados com o apoio do PEE.
- Módulo 4: Tipologias de Projeto - Apresenta todas as diretrizes e dados do projeto para as ações a serem tomadas.
- Módulo 5: Projetos Especiais - Sessão exclusiva para definição de projetos com grande relevância, impacto ou inovações.
- Módulo 6: Projetos com Geração de Energia Elétrica - apresenta os dados requeridos pela ANEEL que irão compor a geração, os requisitos, medições e critérios para aprovação da agência.
- Módulo 7: Cálculo de viabilidade - Contém as regras e o método de avaliação para o cálculo da viabilidade.
- Módulo 8: Medição e Verificação dos Resultados - Apresenta as diretrizes e o protocolo de medição e verificação em projetos do PEE.

- Módulo 9: Avaliação dos Projetos e Programa - Mostra os critérios que serão avaliados e submetidos para avaliação.
- Módulo 10: Controle e Fiscalização - Apresenta as diretrizes para contabilização dos recursos a serem disponibilizados. (ANEEL, 2022).

#### **2.4. BANDEIRAS TARIFÁRIAS**

Criadas em 1 de janeiro do ano de 2015, as bandeiras tarifárias vermelha, amarela e verde são usadas no Brasil como controle e coordenação de produção de energia provinda de usinas estatais e privadas conhecida como SIN (Sistema Interligado Nacional), esse sistema inclui todos os estados do país com exceção de Roraima pois, grande parte da energia consumida por ele provém de hidrelétricas e depois as térmicas, as tarifas dependem diretamente do tipo de fonte e o custo total necessário para gerar a energia demandada, conhecido como Custo Variável Unitário (CVU) e do Preço Líquido de Diferenças (PLD) originado do Custo Marginal de Operação (CMO), estes cálculos são executados por meio de softwares que possuem capacidade de monitorar os recursos hídricos presentes e futuros, e a partir destes dados efetuam o despacho das usinas.

Essas bandeiras possuem a responsabilidade de sinalizar as alterações que ocorrem no mercado de energia, como ocorreu em 2021 e 2022 que devido ao grande número de pessoas em suas residências por causa da covid-19, o consumo de energia cresceu tanto que precisou incluir a bandeira tarifária vermelha em algumas vezes. Em períodos chuvosos e conseqüentemente de grande produção, é acionada a bandeira verde, em períodos secos e com mais escassez é necessário o acionamento de usinas complementares para atender a demanda acionando bandeiras amarela ou vermelha.

Abaixo a definição das bandeiras:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 2,989 para cada 100 quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 6,50 para cada 100 quilowatt-hora (kWh) consumido.

- Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 9,795 para cada 100 quilowatt-hora (kWh) consumido (ANEEL,2022).

## **2.5. CLASSES DE CONSUMO DE ENERGIA**

Existem dois grandes grupos relacionados diretamente ao consumo de energia, chamamos de grupo A e grupo B, cada um possui subgrupos que varia entre energia fornecida e energia consumida respectivamente, segue a descrição de cada grupo.

Grupo A: tensões igual ou superior a 2,3kV:

- Subgrupo A1- tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- Subgrupo A2- tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- Subgrupo A3- tensão de fornecimento de 69 kV;
- Subgrupo A3a- tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- Subgrupo A4- tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
- Subgrupo AS- tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição. (ANEEL, 2010)

Grupo B: tensões abaixo 2,3kV:

- Subgrupo B1- Residencial;
- Subgrupo B2- Rural;
- Subgrupo B3- Demais classes;
- Subgrupo B4- Iluminação pública. (ANEEL, 2010)

## **2.6. MODALIDADES TARIFÁRIAS**

Segundo as opções de contratação definidas na REN nº 414/2010 e no Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET, as também conhecidas como modalidades tarifárias, elas podem ser descritas como um conjunto de multiplicadores ou tarifas da demanda (kW) e consumo (kWh) (ANEEL, 2020).

Esses procedimentos, podem ser divididos de acordo com as classes citadas no tópico anterior. A compreensão é importante para estar a par dos conceitos e diferenças entre horário de ponta e fora ponta. O horário de ponta também que também pode ser chamado de horário de

pico, é o período do dia em que há o maior registro de energia demandada para as concessionárias, o horário é definido conforme as resoluções normativas da concessionária local, e vale durante a semana, menos nos feriados e finais de semana. O horário conhecido como fora ponta é referente ao restante do dia.

Existem dois tipos de modalidades para o grupo A, chamadas de horo-sazonal azul e a verde, que estão descritos a seguir:

- Modalidade Horo-sazonal Azul: disponível para todos os subgrupos do grupo A e obrigatório para os subgrupos A1, A2 e A3, possui tarifas diferentes para demanda e consumo nos horários de ponta e fora ponta.
- Modalidade Horo-sazonal Verde: disponível para os subgrupos A3a, A4 e AS, assim como na azul possui tarifas diferentes para o consumo na ponta e fora ponta, porém, a mesma tarifa para a demanda medida ou contratada independente do horário.
- Convencional monômnia: disponível para todo grupo B, caracterizada pelas tarifas únicas independentes do horário e quantidade de consumo.
- Horária branca: não disponível para o subgrupo B4 e subclasse baixa renda do subgrupo B1, as tarifas são diferentes para os horários de ponta e fora ponta. (ANEEL, 2022)

## **2.7. ILUMINAÇÃO DE INTERIORES**

Para os projetos de gestão de energia o importante é a as quantidades necessárias de acessórios de iluminação e o conforto luminoso decorrente da distribuição desses aparelhos, pois um planejamento correto e eficaz promove uma boa economia para os proprietários dos devidos recintos. Portanto, essa quantidade e distribuição de luz é determinada de acordo com a ABNT NBR 5413 sobre iluminância de interiores.

Atualmente é possível realizar medições de condições necessárias de iluminação a partir de aparelhos e equipamentos chamados de luxímetro ou fotômetro. Com ele é possível realizar medições da quantidade de luz que é refletida em determinada superfície em certa direção e distância. A unidade de medida no SI (Sistema Internacional de Unidades) para iluminância é o lux (lx), que é definido como a quantidade de lúmen incidente por metro quadrado. Sendo o lúmen (lm) a unidade de medida usada para determinar a emissão total de luz visível de uma fonte de luz.

Tabela 1- Iluminância por classes de tarefas visuais.

CLASSE	ILUMINÂNCIA (LUX)	TIPO DE ATIVIDADE
A- Iluminação geral para áreas usadas intermitentemente ou tarefas visuais simples	20- 30- 50	Áreas públicas com arredores escuros.
	50- 75- 100	Orientação simples para permanência curta.
	100- 150- 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos.
	200- 300- 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios.
B- Iluminação geral para área de trabalho	500- 750- 1000	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, escritórios.
C- Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	1000- 1500- 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
	2000- 3000- 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno.
	5000- 7500- 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica.
	10000- 15000- 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia.

Fonte: ABNT NBR 5413

O Índice de Reprodução de Cores (IRC), é mais um item importante para a iluminação de interiores, onde fatores como a luz natural é utilizada como referência, e a opacidade das cores, de forma que quanto maior o IRC mais intensas e fiéis serão as cores refletidas. É importante ter em mente então, que estes dois princípios devem ser levados em questão em conjunto, de forma que uma lâmpada pode possuir uma alta iluminância, porém baixo IRC e resultar em um ambiente claro, porém com o aspecto azulado ou amarelado. Dessa forma, os tipos de lâmpadas são fatores importantes e decisivos para projetar um ambiente com a luminosidade adequada, atualmente as lâmpadas LED são as mais utilizadas por além de portarem de um maior rendimento, dispõem de um IRC geralmente acima de 80 e altos níveis de iluminância variando de acordo com a potência.

## 2.8. NORMA DE ILUMINACAO ABNT NBR ISO/CIE 8995-1

Esta norma traz consigo diretrizes específicas para a iluminação de interiores como ambientes hospitalares e escritórios, definindo termos como tarefa visual, área da tarefa, entorno imediato, iluminância mantida, índice de ofuscamento unificado (UGR), índice limite de ofuscamento unificado (UGRL), ângulo de corte e plano de trabalho. Essa norma é crucial

para o entendimento das aplicações e as recomendações que visam não apenas garantir uma boa visualização da tarefa, mas também promover desempenho visual, conforto e segurança.

O projeto possui critérios que envolvem diretrizes como distribuição da cor da luz, superfície, cintilação, iluminância, ofuscamento, direcionalidade da luz, luz natural e manutenção, promovendo uma abordagem visual para abranger às necessidades de pacientes e garantir o bem-estar dos trabalhadores.

## **2.9. TIPOS DE LÂMPADAS**

Atualmente no mercado existem variados aparelhos luminosos como aparelhos novos, como aqueles que imitam fenômenos naturais, como luz solar, um relâmpago e um brilho de um vagalume, alguns são tão antigos que não são mais comercializados. Em seguida será descrito alguns desses equipamentos de iluminação para melhor compreensão, esses que precisam ser amplamente conhecidos pelos gestores de iluminação de interiores.

A definição de rendimento e eficiência luminosa de lâmpadas são feitos em lúmens por watt (lm/W), isso equivale a quantidade de luz emitida pela quantidade de energia absorvida (GAIA, 2004).

Atualmente são conhecidos 3 tipos de lâmpadas que funcionam analogamente a um fenômeno natural:

- Incandescentes: imitam a luz dos raios solares;
- Lâmpadas de descarga (Fluorescentes, de mercúrio, de sódio e multivapores metálicos): imitam a descarga elétrica de um relâmpago;
- Lâmpadas LED: imitam vagalumes;

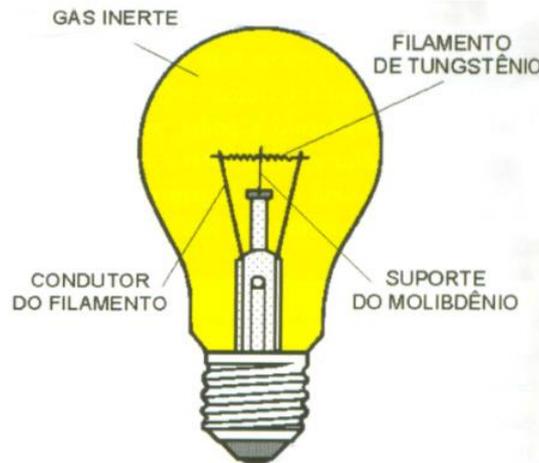
Cada lâmpada possui uma vida útil, que é o tempo máximo que elas conseguem durar, e isso é determinado através de testes laboratoriais (JÚNIOR, 2006).

### **2.9.1. LÂMPADAS INCANDESCENTES**

A mais utilizada até recentemente, eram esses modelos de lâmpadas incandescentes, esse modelo tecnológico foi criado por Thomas Edison em 1879, com suas aplicações em diversas áreas comerciais, as principais vantagens desse modelo se encontrava no baixo custo e boa reprodução de cores (CERVELIN, 2008), contudo, esse modelo perdeu espaço para tecnologia de iluminação mais eficazes, mais econômicas e com vida útil prolongada.

As lâmpadas incandescentes são compostas por um filamento de tungstênio alojado dentro de um bulbo de vidro com gás inerte, quando a corrente elétrica passa pelo filamento ela o aquece podendo atingir até 3000°C emitindo o brilho que então enxergamos (JÚNIOR, 2006). Apenas entre 5 a 10% de toda energia consumida se converte em iluminação, o resto vira calor, fazendo com que esse equipamento superaqueça em muitos aspectos.

Figura 5 - Detalhes de uma lâmpada incandescente.



Fonte: HAYRTON, 2011.

### 2.9.1.1 INCADESCENTES HALÓGENAS

Também considerada uma evolução da incandescente convencional, esse novo equipamento tem a energia luminosa mais eficaz, pois ao usar halógenos no interior do tubo, esse equipamento permite que as partículas desse gás se combinem com as partículas de tungstênio, gerando assim uma maior luminosidade por uma menor potência (CERVELIM, 2008), a capacidade desse aparelho traz mais estabilidade ao fluxo de luz e aumenta a vida útil do equipamento, pois seu IRC é de 100, tendo uma luz mais branca e brilhante, sendo perfeito para iluminar ambientes internos, porém, existem atualmente modelo mais eficazes e mais econômicos.

### 2.9.2 LÂMPADAS FLUORESCENTES

Esses aparelhos emitem a luz através da descarga de vapor de mercúrio em baixa pressão, são ativados pela radiação ultravioleta da descarga que a transforma em luz, aquecendo os filamentos internos fazendo com que os elétrons se movimentem até gerar radiação ultravioleta. Esse equipamento foi uma das elaborações das indústrias de Thomas Edison, em 1928 pela empresa conhecida como General Electric, e que por muito tempo foi amplamente

comercializada até que surgissem novas tecnologias como o LED para competir no mercado com a mesma.

Este modelo de lâmpada possui uma eficácia luminosa maior as incandescentes, pois, enquanto uma lâmpada incandescente de 60W possui eficiência de 14 lm/W uma fluorescente de 60W pode possuir 80 lm/W. A vida útil desse equipamento também se torna um fator crucial, pois essa tecnologia tem 8 vezes mais duração que a outra (CERVELIN, 2008).

Figura 6 - Lâmpada fluorescente.



Fonte: PHILIPS, 2023.

### 2.9.3. LÂMPADAS A VAPOR DE MERCÚRIO

Esse modelo foi, por muito tempo, comercializado amplamente pela sua tecnologia acessível, de longa vida e de seu rendimento luminoso que variava entre 36 lm/W a 60 lm/W. Esse equipamento também possui bulbo de vidro, porém, em seu interior está presente um tubo de quartzo que serve para a descarga que é capaz de suportar altas temperaturas, onde seus elementos como: argônio e mercúrio, é quem são vaporizados a alta pressão e produzem a luz.

O argônio se faz presente neste modelo devido a presença do mercúrio líquido, que em temperatura ambiente assume esse estado, e devido a fácil vaporização do mercúrio ele é utilizado neste equipamento com finalidade de promover o arranque do eletrodo (UNICAMP, 2019).

O aparelho de luz conhecido como lâmpada de vapor de mercúrio emite luz branco-azulada, os comprimentos de onda visíveis emitidos são do espectro amarelo, verde e azul, não contando com a radiação vermelha e o seu IRC que é medido de 0 a 100 se mantém entre 40 a 57, sendo um valor baixo quando comparado as fluorescentes, por exemplo. A vantagem das lâmpadas a vapor de mercúrio é sua vida útil, variando em média entre 11.000 e 12.000 horas, além do fácil acesso devido ao seu baixo custo (Eletrobras/PROCEL, 2006).

#### **2.9.4. LÂMPADAS DE VAPOR METÁLICAS**

Sendo parecida com a descrita anteriormente, esses modelos surgiram com a evolução da tecnologia trazendo mais vantagens como seu índice de restituição de cores que de certa forma se torna superior. A principal diferença entre as lâmpadas de vapor de mercúrio e as lâmpadas de vapor metálicas é que foi inserido metais no tubo de descarga da lâmpada, essa mistura traz vantagens a este modelo devido a capacidade de possuir uma ótima reprodução de cores, iluminando o ambiente com qualidade e nitidez, elas possuem temperatura de cor de 4000K, elevada eficiência luminosa e longa vida útil.

#### **2.9.5 LÂMPADAS DE VAPOR DE SÓDIO**

Semelhante a fluorescente em relação a sua construção, usa vapor de sódio ao invés de vapor de mercúrio, porém, necessita de muito mais tempo até atingir seu potencial máximo, como esses modelos possuem um rendimento luminoso melhor que as fluorescentes em relação aos lumens por watt emitida, permite que as mesmas sejam fabricadas com dimensões menores e mais adaptáveis a ambientes estreitos que as fluorescentes.

#### **2.9.6. LÂMPADAS DE LUZ MISTA**

Esse modelo se assemelha a lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão, mas além disso elas possuem filamentos de tungstênio das lâmpadas incandescentes inserido na ampola e em série ao tubo de descarga.

Esse equipamento precisa que sua temperatura seja equilibrada, portanto, possui um tempo de vida útil relativamente baixo, e seu rendimento luminoso perde para a lâmpada de mercúrio, por exemplo: a lâmpada de mercúrio rende até 60lm/W enquanto está alcança no máximo 26lm/W.

#### **2.9.7. LÂMPADAS LED**

Os Diodos Emissores de Luz, também conhecidos como LED (Lighting Emmitting Diode), tem seu funcionamento relativamente simples, onde não possui nenhum filamento metálico ou não precisa de mercúrio, sódio ou metais para produzir luz, é necessário apenas dois semicondutores chamados de cátodos e ânodos que ao serem polarizados uma corrente elétrica emite luz, convertendo energia elétrica em radiação no espectro visível e infravermelho, necessitando de corrente DC, por este motivo são importantes possuírem limitadores de correntes, pois seu consumo é de apenas 8W, comparando esse dispositivo com outros anteriores como a incandescente que consomem 60W ou as fluorescentes que consomem 15W,

o LED tem um custo benefício muito melhor se tornando destaque entre todos os exemplos anteriores (ENERGIA LIMPA, 2009).

## **2.10. CLIMATIZAÇÃO**

Umidade relativa do ar, movimentação do ar, temperatura do ar termômetro de bulbo seco, porcentagem ou volume de renovação do ar, grau de pureza do ar e nível de ruído admissível, essas são as grandezas estabelecidas que limitam o produto em relação a um bom funcionamento e economia de um equipamento que condiciona o ar (ABNT NBR 6401, 1980).

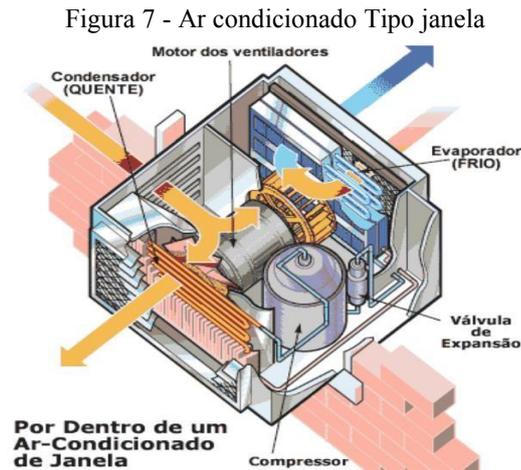
Os variados modelos de sistema de refrigeração existentes são distribuídos de acordo com os fluidos utilizados para a remoção de carga térmica, sendo eles: Expansão direta, apenas água, ar-água e tudo ar.

### **2.10.1. EXPANSÃO DIRETA**

Para médias e pequenas instalações, a expansão direta é mais recomendada, pois, o ar é resfriado pelo fluido conhecido como “freon”, cujo os aparelhos que ele é aplicado são os de janela, como os “splits” e os “self contained”.

Para as grandes instalações, o maquinário precisa ser bem maior, então é recomendado que se use compressores do tipo centrífugas cujo o equipamento de refrigeração é conhecido como “chiller”.

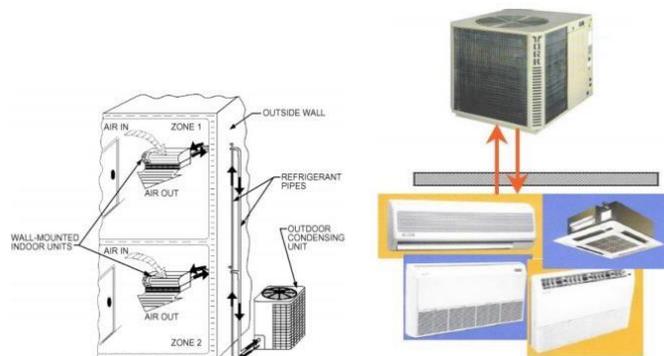
- Janela: Esses equipamentos são conhecidos dessa forma pela necessidade de pôr a traseira dele para fora da residência, por isso, torna-se necessário fazer uma abertura na parede que por ventura chama-se “janela”, desta forma ele transporta o ar externo para o interior da residência e com o auxílio do fluido refrigerador ambientaliza o ar, o gás refrigerante na verdade é inicialmente encontrado no estado líquido, ao entrar em contato com o calor do ar externo absorvido se transforma em gás, esse gás passa por mudanças forçadas em sua temperatura e pressão elevadas por um compressor, após isto é enviado a um condensador que faz a troca de calor com o ambiente e volta ao estado líquido novamente, o equipamento possui uma evaporadora e uma condensadora, porém, ambas compactas em uma única estrutura que realiza estas duas funções. As vantagens deste modelo é a acessibilidade econômica e a instalação simples, em contrapartida o aparelho emite muito barulho, o que o torna um pouco desconfortável, e o seu formato requer a quebra da parede para sua instalação, sua capacidade varia entre 7.500 a 30.000 BTU/h além disto são usados fan coils.



Fonte: Brain, 2014

- Splits: Esse equipamento tem como novidade a separação da condensadora e da evaporadora, trazendo vantagens como a não necessidade de fazer uma “janela” na parede do imóvel e a possibilidade de realocação da condensadora de forma facilitada, e o aparelho segue a mesma lógica do ar condicionado de janela, as duas partes são conectadas por um tubo de cobre, apesar de suas vantagens serem muitas a sua instalação é mais complexa, e sua capacidade varia entre 7.500 a 60.000 BTU/h.

Figura 8 - Ar-condicionado Tipo Split.

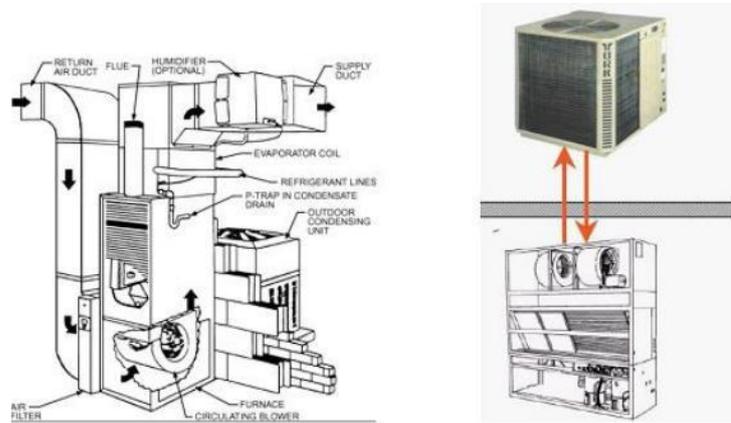


Fonte: Voltani, 2014

- Self contained: Este modelo também pode ser conhecido como “Selfs”, diferente do split, ele possui a condensadora e a evaporadora em um único gabinete e tem a capacidade de resfriar um andar inteiro. São divididos em duas formas:
  - Insuflação direta: que é quando o equipamento fica em um único gabinete concentrado no próprio ambiente;
  - Dutado: Fica armazenado em uma sala de máquinas e o ar refrigerado pode ser conduzido por dutos até o ambiente de interesse.

Como ela ainda é considerada uma tecnologia ultrapassada por não ter evoluído como os outros modelos em relação à economia e consumo de energia, os “splitões” acabam sendo os mais procurados pelas indústrias e comércios de grande porte.

Figura 9 - Ar-condicionado *Self contained*.



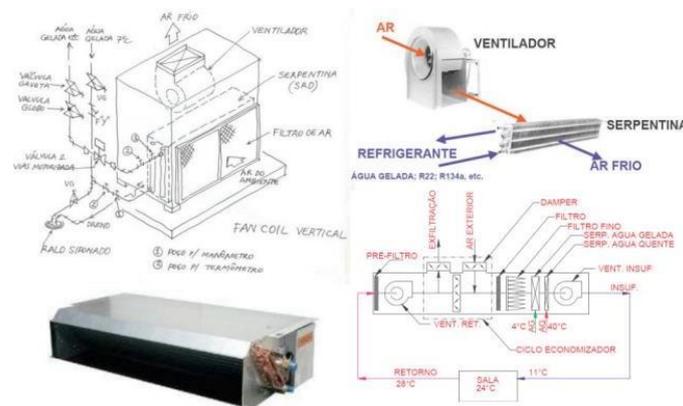
Fonte: Voltani, 2014.

### 2.10.2. APENAS ÁGUA

Modelo conhecido como ventilador-serpentina ou Fan Coils, são amplamente utilizados em ambientes amplos como shoppings, hospitais, hotéis e galpões. Esse aparelho é conhecido pela sua falta de fluido refrigerante, ou invés disso ele usa água gelada ou apenas água e ventilação, oferecendo um ambiente mais climatizado para esses lugares amplos.

Esse equipamento funciona com água gelada que é enviada por uma central refrigeradora para manter a água gelada, funciona com um ventilador centrífugo, uma serpentina de cobre ou alumínio circula a água, um motor e correias para o sistema de filtragem, serpentinas a uma temperatura mais baixa que a do ambiente, isso tudo fazendo que o ar seja circule no ambiente em uma temperatura mais baixa. Esse modelo pode atuar em conjunto com outro modelo chamado de Chiller, que funcionam como uma central de refrigeração, mantendo assim, a água em seu interior em temperatura baixa e a água que passa pelo fan coil climatiza o ambiente fazendo a troca de calor, este calor é absorvido pela água que então é levada as torres de arrefecimento e a resfria novamente para voltar ao ciclo.

Figura 10 - Sistema de refrigeração fan coil.



Fonte: Voltani, 2014.

### 2.10.3. AR-ÁGUA

Este equipamento é amplamente recomendado para lugares com salas variadas como o nosso objeto de estudo que é o ambiente hospitalar, mas também pode servir para hotéis, e prédios que alugam salas de reuniões por exemplo. Esse tipo de aparelho também pode ser controlado por fan coils ou condicionadores de indução de alta velocidade para que se alcance toda a área do local em questão, o ar primário é despejado por bocais, que induzem o escoamento do ar do ambiente para as serpentinas de aquecimento ou resfriamento (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007).

### 2.10.4. APENAS AR

O sistema conhecido como VAV (Volume de Ar Variável) controla e faz leituras do ar e com auxílio de um termostato é possível verificar a temperatura do ar e controlar a vazão de água gelada que será liberado para o equipamento que utiliza apenas o ar, ajustando a temperatura ambiente oferecendo um conforto térmico mais ameno, e esse aparelho é mais conhecido pelo seu uso econômico, já que ele funciona com a fiscalização de aparelhos que reconhecem as variações, ele é o tipo de equipamento mais utilizado em ambientes com horários de funcionamento variado, como pontos turísticos, algumas clínicas hospitalares, comércios e entre outros (ELETROBRÁS/PROCEL, 2022).

## 2.11. FATOR DE POTÊNCIA E A ENERGIA REATIVA

O fator de potência indica a eficiência do circuito, é o parâmetro usado pelas concessionárias para informar se há energia reativa no sistema causando perdas, ele pode ser

calculado dividindo o valor da potência ativa pela aparente, resultando no cosseno do ângulo de defasagem entre elas, sendo o valor ideal igual a 1, com 100% de potência ativa.

$$Fp = \frac{\text{Potência Ativa}}{\text{Potência Aparente}} \quad (1)$$

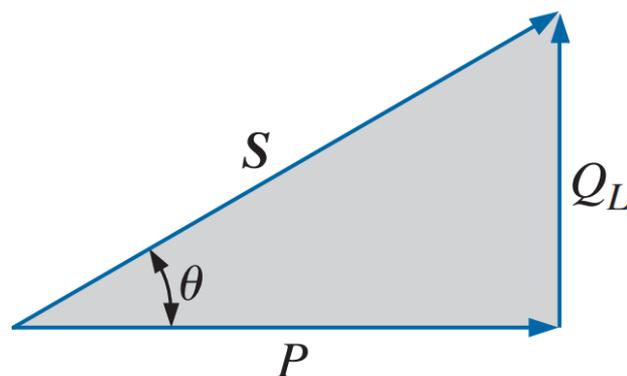
$$Fp = \cos(\varphi)$$

Apesar de não produzir trabalho, a energia reativa é utilizada para gerar campos magnéticos e alimentar cargas como motores e transformadores, ao contrário da potência ativa que é inteiramente consumida e convertida em trabalho, a reativa circula pelo sistema e é devolvida para a rede, por esse motivo as concessionárias não podem cobrar por ela, porém, podem cobrar por excedente quando o fator inferior a 0,92, visto que sua presença aumenta a corrente do sistema. Dentre diversos fatores que podem causar dissipações indesejadas no circuito, pode-se pontuar alguns:

- Transformadores operando a vazio ou subcarregados durante longos períodos de tempo;
- Motores operando em regime de baixo carregamento;
- Utilização de grande número de motores de pequena potência;
- Instalação de lâmpadas de descarga (fluorescentes, de vapor de mercúrio e de vapor de sódio);
- Capacitores ligados nas instalações das unidades consumidoras horo-sazonais no período da madrugada;

O triângulo das potências mostrado abaixo representa vetorialmente a relação entre as três componentes da potência presentes nos circuitos, matematicamente falando, é perceptível que quanto menor o ângulo de fase, menor será a energia reativa do sistema.

Figura 11- Triângulo de Potências.



Fonte: Introdução à análise de circuitos, 2012.

Circuitos indutivos têm a característica de atrasar a corrente em relação a tensão e capacitivos de adiantar, por isto para corrigir o fator de potência é comumente utilizado o banco de capacitores para abatimento desta essa defasagem.

## 2.12. VALOR PRESENTE LÍQUIDO E TEMPO DE RETORNO DE CAPITAL

O método de cálculo denominado Valor Presente Líquido (VPL) é de fácil execução e deve ser aplicado em todas as ações de eficiência energética (MAMEDE, 2010). Ele adiciona todos os fluxos de caixa de um investimento considerando a taxa de desconto e o custo de investimento inicial, quanto maior for o VPL, mais confiável é o projeto, atualmente é um dos métodos mais utilizados para viabilidade de projetos e o calculamos através da soma de todos os fluxos de caixa durante os anos que se estima ter o payback. O VPL é determinado pela equação a seguir:

$$VPL = \sum_{i=1}^N \frac{Fci}{(1 + TMA)^i} - k \quad (2)$$

Onde:

- $VPL$  = valor presente líquido
- $k$  = investimento inicial
- $Fci$  = fluxo de caixa descontado em R\$
- $TMA$  = taxa mínima de atratividade
- $i$  = tempo em anos
- $N$  = número de períodos

Um VPL positivo implica que o projeto está aumentando o capital da empresa em X reais, de acordo com o resultado do cálculo, isso significa que ele está gerando caixa o suficiente para pagar seus custos e juros. Segundo as regras do VPL, se o resultado for igual a zero ainda é recomendável seguir com o projeto, porém, se for negativo recusa-se o projeto (LIMA, 2019). O tempo de retorno do capital corresponde ao payback, isto é, o tempo que o cliente recupera o investimento inicial que os benefícios do projeto pagam. Ele é encontrado dividindo o valor do investimento inicial ( $k$ ) pelo valor de retorno mensal:

$$Trc = \frac{K}{Rm} \quad (3)$$

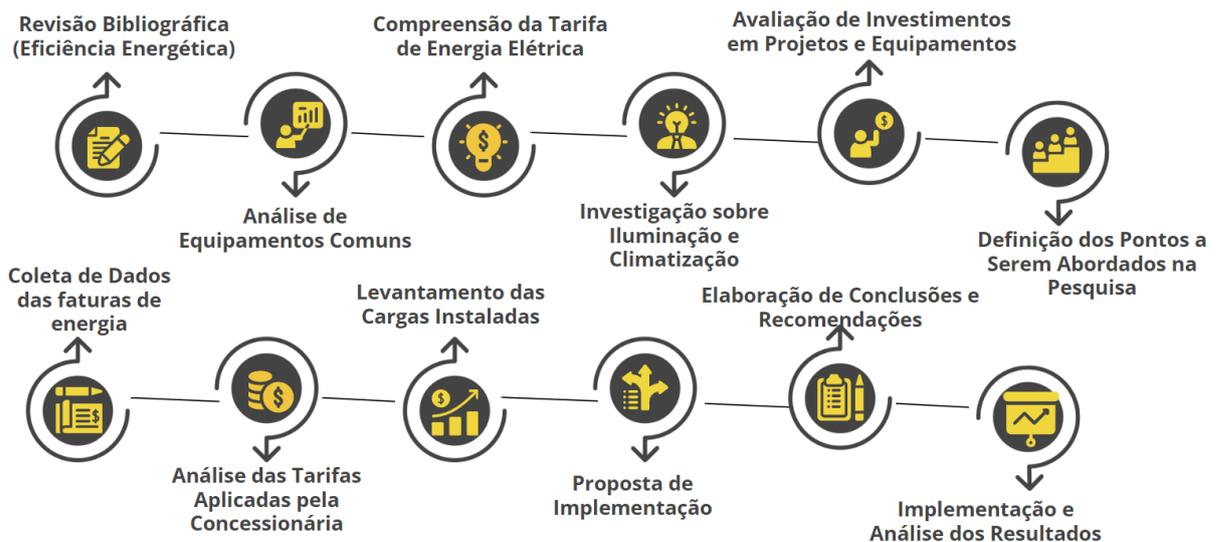
Sendo:

- $Trc$  = tempo de retorno de capital
- $k$  = investimento inicial
- $Rm$  = retorno mensal

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia seguiu o seguinte fluxo conforme o diagrama na Figura 12 a seguir, para uma melhor organização, implementação e conclusão dos resultados do estudo em questão.

Figura 12 – Diagrama esquemático de ordem das aplicações dos métodos.



Fonte: Própria, 2024.

#### 3.1. MODELO DE ESTUDO

O projeto será desenvolvido na Fundação Hospital Adriano Jorge localizada no bairro São Francisco na qual consta com a infraestrutura necessária para a realização do projeto, trata-se de um estudo de diagnóstico energético para elaboração de uma proposta de gestão de energia baseado na ISO-50001, onde será feito o planejamento para uma melhor gestão energética, com a análise das faturas de energia e levantamento de cargas pontuais para usar como indicativo de estudo de viabilidade econômica e para posterior possível redução de consumo de energia.

#### 3.2. PRELIMINAR DA PESQUISA

O passo inicial consiste na apresentação da revisão bibliográfica necessária para embasar o desenvolvimento, elaboração e execução do estudo, com especial atenção à Eficiência Energética. Isso inclui a análise dos equipamentos comuns em instalações semelhantes ao objeto a ser estudado, a compreensão dos componentes da tarifa de energia elétrica, a investigação sobre iluminação, climatização de ambientes e a avaliação de investimentos em projetos e equipamentos. O objetivo é revisar os aspectos econômicos como uma etapa preliminar de diagnóstico, a fim de orientar as decisões de gerenciamento. Isso permitirá a definição dos pontos a serem abordados na pesquisa sobre o sistema elétrico da unidade hospitalar em análise. Dessa forma, busca-se estabelecer uma integração entre a teoria e a prática do estudo, justificando a necessidade do desenvolvimento e subsequente implementação da pesquisa.

### **3.3. COLETA DE DADOS DAS CARGAS**

A execução deste projeto ocorre em duas etapas essenciais. Inicialmente, conduz-se a análise das tarifas aplicadas pela concessionária de energia elétrica. Em seguida, realiza-se o levantamento das cargas instaladas, incluindo a aferição dos dados de potência e tensão nas especificações das cargas do estudo, visando a coleta de informações cruciais, como a de iluminação, que foi feita através de projetos luminotécnicos de todos os setores do hospital, e das cargas de refrigeração que foram levantadas através de uma tabela feita pelo setor responsável pela refrigeração de todos os condicionadores de ar existentes na FHAJ com suas respectivas potências de refrigeração em BTU/h.

### **3.4. PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO**

Nesta fase, procederemos à execução do projeto, seguindo os procedimentos delineados pela metodologia adotada. Realizaremos uma análise detalhada de cada tópico identificado nos resultados da fase anterior. A partir dessa análise, serão elaboradas conclusões que destacarão o potencial de ganhos e redução de perdas. Essas conclusões serão a base para recomendações relacionadas ao custo-benefício, bem como para sugestões de medidas de otimização. Essas medidas serão apresentadas de maneira sequencial e prática, visando alcançar resultados técnicos e financeiros eficazes, de maneira rentável e sustentável, ao mesmo tempo que preservam ou ampliam o rendimento do projeto.

## 4. IMPLANTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1. CARACTERÍSTICAS DO OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo escolhido trata-se de uma unidade hospitalar que atende a população amazonense através de agendamentos de consultas, exames, procedimentos laboratoriais, internações e cirurgias, localizada no bairro São Francisco em Manaus, onde o foco do estudo se concentra em toda a unidade. O expediente de trabalho da FHAJ se divide em 3 turnos, como, matutino, vespertino e noturno, havendo a possibilidade também de plantões diurnos e noturnos, com cerca de 1200 servidores públicos, comissionados e terceirizados, possui área total de 23.255m<sup>2</sup> e área construída de 8.146m<sup>2</sup>. O território possui 6 blocos, divididos em bloco A (Ambulatório), bloco B (Enfermarias), bloco C (Hemodiálise), Bloco D (Administração), Bloco E (Setor de Almoxarifado, Farmácia, Logística e Engenharia), Bloco F (Fisioterapia), e outros 2 prédios menores que são a Central de Transplantes e o Setor de Manutenção.

Figura 13 – Fachada da Fundação Hospital Adriano Jorge.



Fonte: Própria, 2023.

A instalação possui cerca de 720 kW de potência instalada e uma subestação, que são divididas em ramal de entrada onde ficam localizados a cabine medição, proteção e de controle da subestação, onde há o quadro com TC e TP que a concessionária de energia realiza as medições e a outra que possuem 3 transformadores abaixadores de tensão que recebem os 13,8 kV fornecidos de tensão. Os barramentos ficam por dentro desta primeira porta da imagem abaixo, o circuito passa primeiro por esta chave seccionadora ao meio e então passa para a segunda porta, nela há o relé e disjuntor geral da subestação, é a partir deste ponto que os cabos são enviados subterraneamente até chegar à subestação abaixadora.

Figura 14 - Caixas de Medição.



Fonte: Própria, 2023.

Figura 15 - Cabine de medição e proteção.



Fonte: Própria, 2023.

Figura 16 - Relé de proteção microprocessado.



Fonte: Própria, 2023.

A subestação abaixadora possui 2250kVA de potência e conta com 3 transformadores divididos entre as principais cargas da unidade hospitalar: circuito 1: transformador de 1000kVA, circuito 2: 750kVA e circuito 3 com 500kVA esses circuitos são divididos pela cabine de média tensão e como mostra a Figura possui chave seccionadoras onde as mesmas são chaveadas com carga diferente da cabine primária que se encontra mais distante

Figura 17 - Cabine de média tensão.



Fonte: Própria, 2023.

Figura 18 - Transformador de 1000 kVA.



Fonte: Própria, 2023.

Figura 19 - QGBT do transformador de 1000 kVA



Fonte: Própria, 2023.

Figura 20 - Transformador de 750 kVA



Fonte: Própria, 2023.

Figura 21 - QGBT do transformador de 750 kVA



Fonte: Própria, 2023.

Figura 22 - Transformador de 500 kVA



Fonte: Própria, 2023.

Figura 23 - QGBT do transformador de 500 kVA



Fonte: Própria, 2023.

## 4.2. ANÁLISE TARIFÁRIA

A primeira etapa do projeto é a análise das tarifas de energia do local a partir das contas de energia da concessionária, neste primeiro cenário é possível identificar as primeiras ações que podem ser tomadas, observa-se então por exemplo, se há multas por ultrapassagem do valor de demanda ou cobranças por excesso de energia reativa no sistema, visto que umas das

medidas de melhoria para o consumo mais baratas e eficientes que podem ser realizadas é a instalação de bancos de capacitores.

A tabela abaixo mostra o consumo mensal do ano de 2021 (ano onde se observou maior média de consumo, devido ao movimentado ano pandêmico em unidades hospitalares), de acordo com as faturas de energia da concessionária, onde a demanda contratada da FHAJ é de 720kW fora ponta e 450kW ponta.

Tabela 2 - Consumo e Demanda Medidos pela Concessionária de Energia

<b>Mês</b>	<b>Consumo Fora Ponta (kWh)</b>	<b>Consumo Ponta (kWh)</b>	<b>Demanda medida ponta (kW)</b>	<b>Demanda medida fora ponta (kW)</b>
jan/21	200.776	14.691	311	498
fev/21	194.241	15.750	324	532
mar/21	209.210	17.354	319	522
abr/21	214.914	16.354	343	566
mai/21	230.118	17.169	336	585
jun/21	221.197	16.942	331	575
jul/21	232.974	18.597	346	595
ago/21	250.202	19.882	382	632
set/21	244.356	19.143	380	637
out/21	248.698	18.270	386	665
nov/21	218.089	16.354	346	587
dez/21	218.383	18.312	333	558

Fonte. Própria, 2023.

Ao analisar as características de consumo e demanda, pode-se definir em qual modalidade tarifária melhor a instalação se encaixa sem que cause prejuízos tanto a concessionária quanto a empresa, como multas por excedente ou por pagar a mais do que é utilizado. Neste contexto, pode-se visualizar que a demanda medida fora ponta possui o consumo mais alto devido ao funcionamento do hospital se concentrar nesse período, visto que a maioria dos setores funcionam no horário comercial, de 7h até às 17h, além desse horário funcionam apenas os setores como enfermarias, leitos de UTI, cozinha e manutenção.

Diferentemente do que se observa na demanda ponta, que possui uma demanda medida relativamente menor que o período fora ponta, porém com um consumo praticamente com a metade do valor demandado no período fora ponta.

De fato, o horário de ponta é apenas das 20h às 23h, o que explica a grande diferença entre as medições destes dois horários, também é importante entender que neste horário nem todos os setores estão em pleno funcionamento, e como mencionado acima, o hospital tem seu pleno funcionamento em horário comercial, de segunda-feira a sexta-feira.

A maior característica que difere a tarifa horo-sazonal azul da verde, que atualmente a Fundação se encaixa, é que na verde a tarifa para demanda é única, ou seja, tem o mesmo valor para a demanda contratada tanto no horário de ponta quanto fora ponta, enquanto na azul, são valores distintos. Levando em conta todas as características observadas e mencionadas, é mais vantajoso que se mantenha a horo-sazonal azul vigente, pois os valores de demanda entre ponta e fora ponta são distintos. Para validar esta decisão, foi realizado um cálculo comparativo através de uma simulação, comparando o valor da fatura de energia aplicando as tarifas azul e verde. Para esta análise, foi considerada a Resolução Homologatória nº 3.132 de 1º de novembro de 2022 que homologa o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2023, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes à Amazonas Distribuidora de Energia S/A – AmE:

Tabela 3 - Fatura de Energia da FHAJ.

Mês	Consumo fora ponta (kWh)	Consumo ponta (kWh)	Demanda medida ponta (kW)	Demanda medida fora ponta (kW)	Fatura - Tarifa Horasazonal Azul	Fatura - Tarifa Horasazonal Verde	Diferença
jan/21	200.776	14.691	311	498	R\$ 152.500,35	R\$ 160.590,87	R\$ 8.090,52
fev/21	194.241	15.750	324	532	R\$ 150.209,84	R\$ 159.822,65	R\$ 9.612,81
mar/21	209.210	17.354	319	522	R\$ 157.966,34	R\$ 169.884,86	R\$ 11.918,53
abr/21	214.914	16.354	343	566	R\$ 159.918,45	R\$ 170.399,50	R\$ 10.481,05
mai/21	230.118	17.169	336	585	R\$ 167.289,61	R\$ 178.942,20	R\$ 11.652,59
jun/21	221.197	16.942	331	575	R\$ 163.121,02	R\$ 174.447,30	R\$ 11.326,29
jul/21	232.974	18.597	346	595	R\$ 169.468,31	R\$ 183.173,62	R\$ 13.705,32
ago/21	250.202	19.882	382	632	R\$ 178.045,89	R\$ 193.598,37	R\$ 15.552,48
set/21	244.356	19.143	380	637	R\$ 174.946,56	R\$ 189.436,73	R\$ 14.490,18
out/21	248.698	18.270	386	665	R\$ 176.362,92	R\$ 189.598,18	R\$ 13.235,26
nov/21	218.089	16.354	346	587	R\$ 161.351,74	R\$ 171.832,79	R\$ 10.481,05
dez/21	218.383	18.312	333	558	R\$ 162.703,98	R\$ 175.999,62	R\$ 13.295,63
				Total	R\$ 1.973.885,02	R\$ 2.117.726,72	R\$ 143.841,70

Fonte: Própria, 2023.

A instituição se enquadra no grupo A e subgrupo A4, o qual se encaixam todas as unidades consumidoras com tensão de fornecimento entre 2,3 kV e 25 kV, no caso da instalação em questão a tensão é de 13,8 kV. A demanda contratada fora ponta é de 720kW e a demanda contratada ponta é de 450kW. A Resolução Homologatória nº 3.132 está representada na tabela 4, onde demonstra o preço da energia elétrica (R\$) por kWh para o consumo e em kW para a demanda do subgrupo A4 para as tarifas horo- sazonais azul e verde:

Tabela 4 - Tarifas de Energia Horo-sazonal azul e verde.

Subgrupo	Modalidade	Tarifa de aplicação	Consumo (R\$/kWh)	Demanda (R\$/kW)
A4 (2,3kV a 25kV)	Horo-sazonal Verde	PONTA	2,06032	33,92
		FORA PONTA	0,45143	33,92
	Horo-sazonal Azul	PONTA	0,62284	62,87
		FORA PONTA	0,45143	33,92

Fonte: Própria, 2023.

De acordo com os resultados da tabela 3, em todos os meses do ano os valores pagos na fatura de energia com a tarifa azul aplicada, foram cerca de aproximadamente 7% mais barato em comparação a verde, uma diferença de R\$ 143.841,70 anualmente, fato que comprova que a tarifa azul atualmente aplicada é de fato a melhor que se encaixa de acordo com as características de consumo da unidade, sendo então a mais econômica. Para os cálculos efetuados nesta simulação, foram aplicadas as fórmulas abaixo referentes a cada tipo de tarifa:

$$Tarifa_{azul} = D_{cp} \times T_{dp} + D_{cfp} \times T_{dfp} + C_p \times T_{cp} + C_{fp} \times T_{cfp} \quad (4)$$

$$Tarifa_{verde} = D_c \times T_d + C_p \times T_{cp} + C_{fp} \times T_{cfp} \quad (5)$$

Onde na tarifa azul:

$D_{cp}$  - Demanda contratada na ponta;

Tdp - Tarifa demanda na ponta;

Dcfp - Demanda contratada fora ponta;

Tdfp - Tarifa demanda fora ponta;

Cp - Consumo na ponta.

Onde na tarifa verde:

Tcp -Tarifa consumo na ponta;

Cfp - Consumo fora ponta;

Tcfp - Tarifa consumo fora ponta;

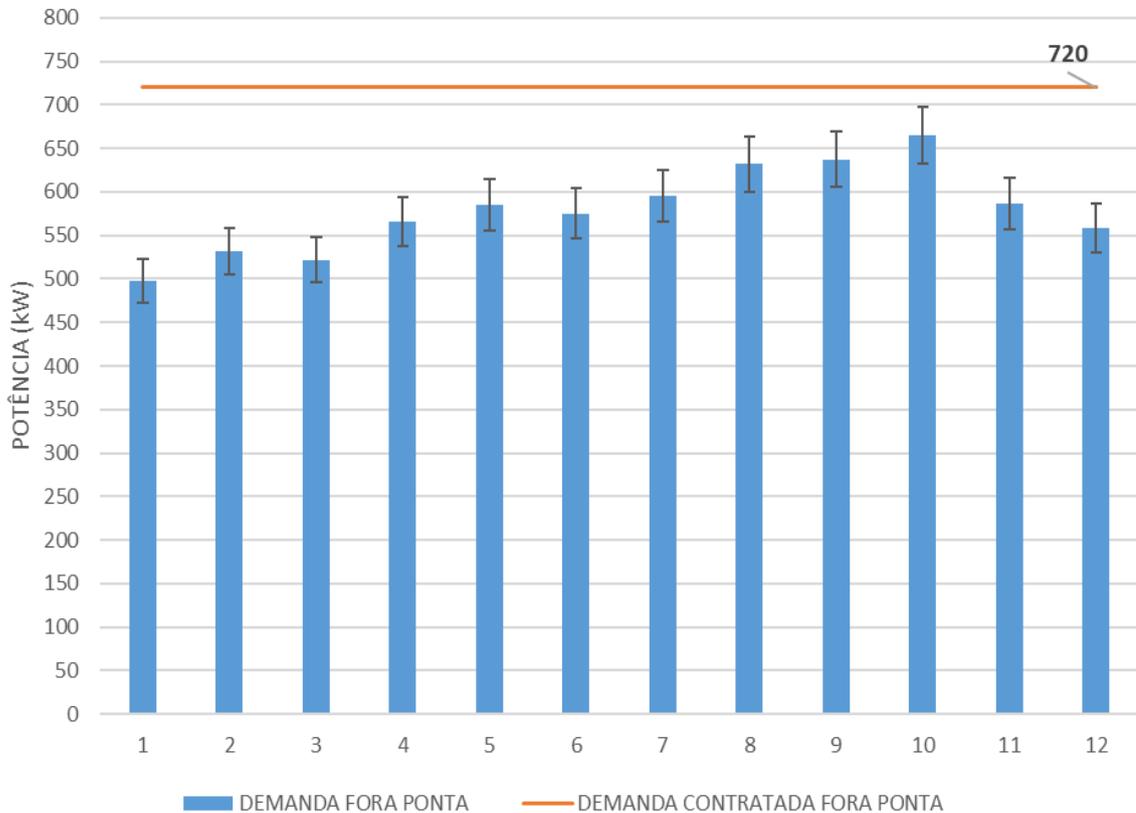
Dc - Demanda contratada;

Td – Tarifa da demanda contratada.

Outro fator importante a se observar após a escolha da melhor tarifa é o valor contratado da demanda, atualmente a demanda contratada da empresa é 720kW para a demanda fora ponta e 450kW para demanda ponta, quando analisamos os dados da tabela 1, observamos que os valores máximos de demanda medida estão na casa de 665kW e 386kW, para fora ponta e ponta respectivamente.

Baseado nestas observações podemos concluir que a demanda da unidade está superdimensionada, ou seja, está sendo pedido da concessionária que se tenha disponível para consumo mais do que realmente está sendo consumido, contribuindo tanto para uma saturação da geração quanto para gastos desnecessários na fatura de energia, visto que mesmo não utilizando este valor total de demanda, ela é cobrada integralmente. O gráfico abaixo ilustra o valor de demanda máxima medido fora ponta, ou seja, os picos de demanda fora ponta e o valor de demanda contratada fora ponta:

Figura 24 - Demanda medida e demanda contratada fora ponta.

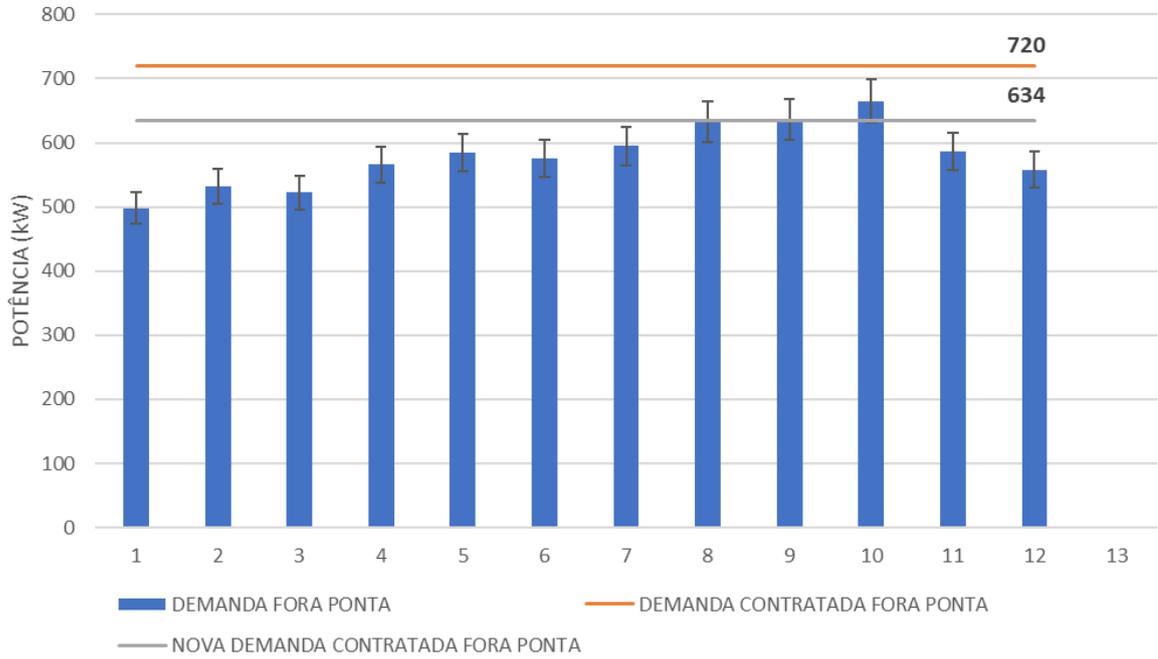


Fonte: Própria, 2023.

Em relação ao valor contratado segundo a Resolução Normativa nº 414 de 2010 da ANEEL, o que significa que se analisarmos toda a média anual, o maior valor medido e dentro dos padrões de consumo e demanda fora ponta é de 665 kW, se então for considerado que já está incluso os 5% de variação e ultrapassagem, obtemos o novo valor para a demanda contratada fora de ponta de 634 kW e somando-se a tolerância tem-se 665,7 kW, o objetivo é que nesta revisão se pague o mínimo possível e que não haja multas por ultrapassagem.

Abaixo o gráfico com o novo valor de demanda contratada fora de ponta em relação aos valores medidos, a demanda medida fora de ponta que é verificada a cada 15 minutos, onde o valor máximo ou de pico verificado nestes intervalos é registrado e então realizada uma média de acordo com o número de verificações feitas.

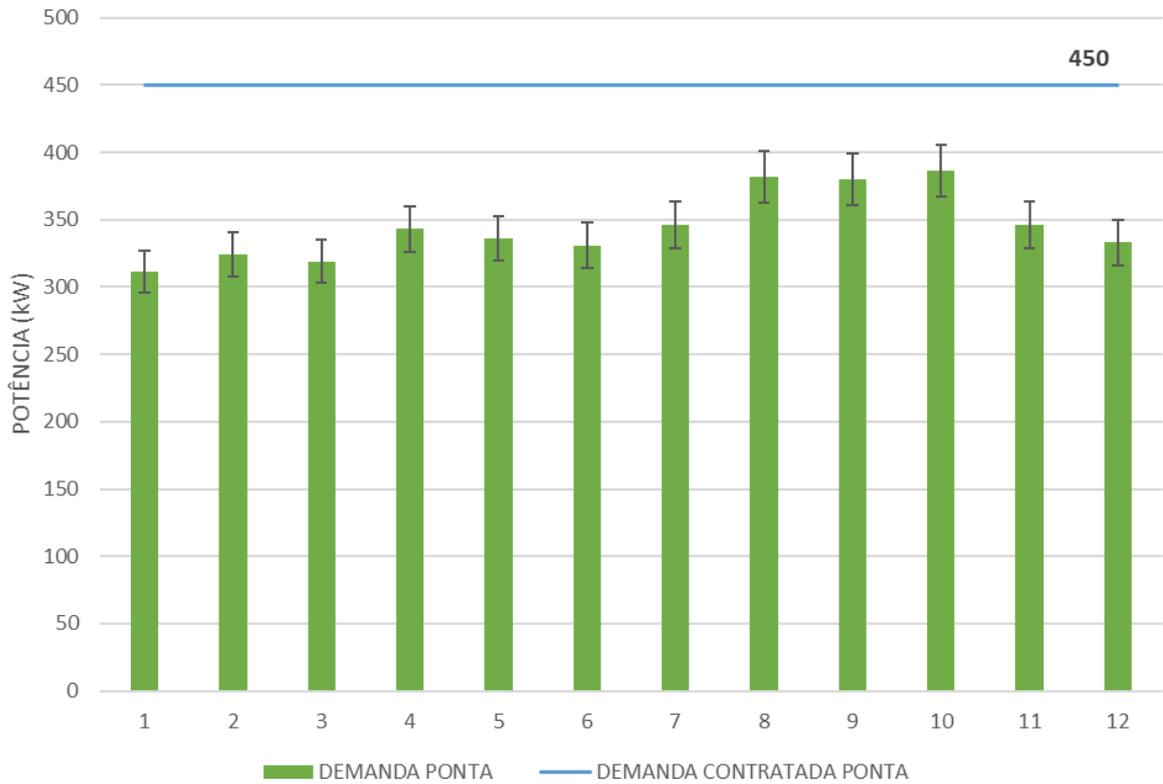
Figura 25 - Demanda medida fora ponta e nova demanda contratada fora ponta.



Fonte: Própria, 2023.

O gráfico abaixo ilustra o valor de demanda máxima medido ponta, ou seja, os picos de demanda ponta e o valor de demanda contratada ponta:

Figura 26 - Demanda medida e demanda contratada ponta.

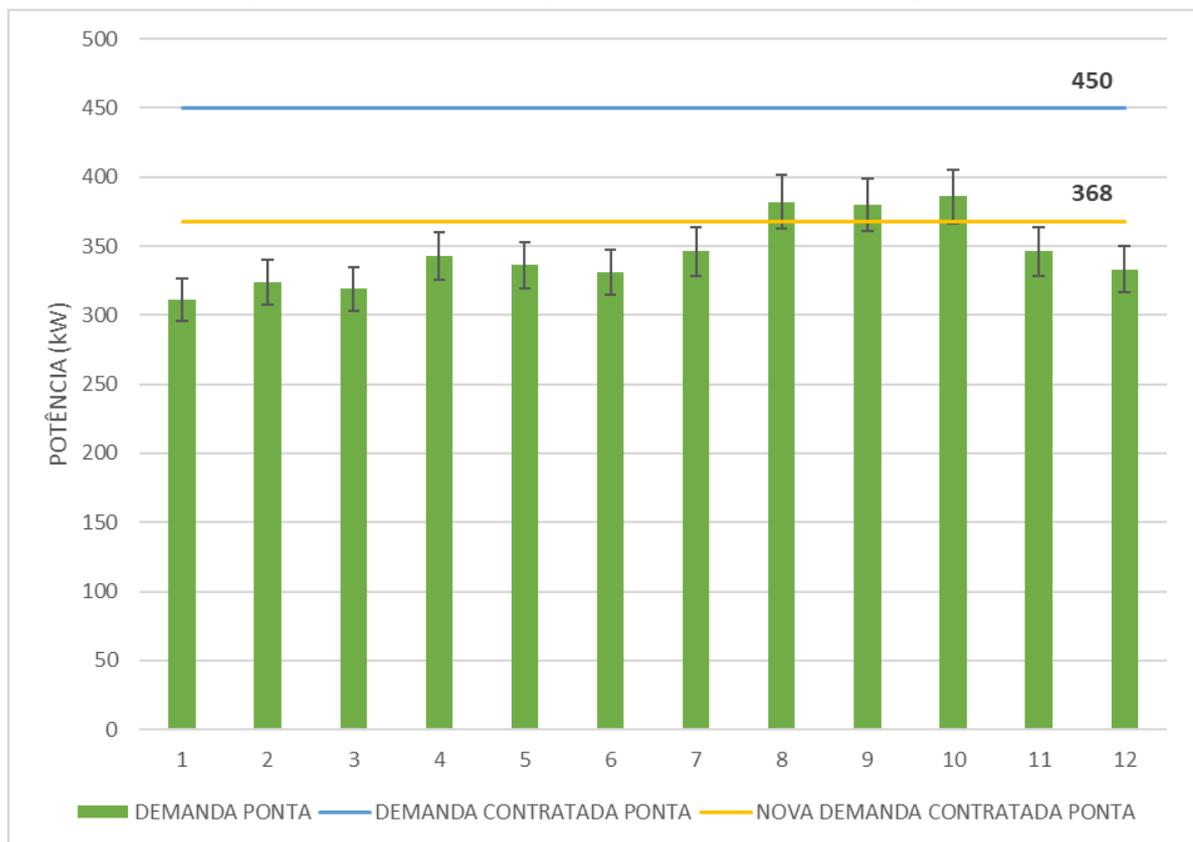


Fonte: Própria, 2023.

Em relação ao valor contratado segundo a Resolução Normativa nº 414 de 2010 da ANEEL, o que significa que se analisarmos toda a média anual, o maior valor medido e dentro dos padrões de consumo e demanda ponta é de 386 kW, se então for considerado que já está incluso os 5% de variação e ultrapassagem, obtemos o novo valor para a demanda contratada ponta de 368 kW e somando-se a tolerância tem-se 386,4 kW, o objetivo é que nesta revisão se pague o mínimo possível e que não haja multas por ultrapassagem.

Abaixo o gráfico com o novo valor de demanda contratada ponta em relação aos valores medidos, a demanda medida ponta que é verificada a cada 15 minutos, onde o valor máximo ou de pico verificado nestes intervalos é registrado e então realizada uma média de acordo com o número de verificações feitas.

Figura 27 - Demanda medida ponta e nova demanda contratada ponta.



Fonte: Própria, 2023.

Como mencionado, a demanda influencia diretamente no valor da fatura de energia, pois se paga o valor integral que se contrata, e se houver ultrapassagem, um adicional de multa. Com o novo valor proposto, podemos observar esta economia na tabela abaixo que compara o valor pago a concessionária utilizando a demanda antiga e a proposta, vale pontuar que se há ultrapassagem, mas dentro do tolerável, a concessionária utiliza este valor medido para multiplicar com o valor da tarifa, por isto nos meses em que a demanda fora-ponta medida é

maior que 634 kW o valor pago é um pouco maior, mas sem multa. Observou-se que com esta nova proposta obterá uma economia de cerca de 12% ao ano ou R\$ 35.005,44 para a nova demanda fora-ponta, como calculado na Tabela 5, já na demanda ponta medida é maior 368kW será pago também um valor acima tolerável ao limite de ultrapassagem, fazendo assim que a taxa de ultrapassagem não seja cobrada. Foi observado que com a nova proposta para a demanda ponta obterá uma de cerca de 18% ao ano ou R\$ 61.864,08 para a nova demanda fora-ponta, como calculado na Tabela 6.

Tabela 5 - Valor faturado demanda antiga versus nova demanda fora ponta.

	<b>Demanda Medida Fora Ponta (kW)</b>	<b>Demanda Contratada 720 kW</b>	<b>Nova Demanda Contratada 634 kW</b>	<b>Economia</b>
jan/21	498	R\$ 24.422,40	R\$ 21.505,28	12%
fev/21	532	R\$ 24.422,40	R\$ 21.505,28	12%
mar/21	522	R\$ 24.422,40	R\$ 21.505,28	12%
abr/21	566	R\$ 24.422,40	R\$ 21.505,28	12%
mai/21	585	R\$ 24.422,40	R\$ 21.505,28	12%
jun/21	575	R\$ 24.422,40	R\$ 21.505,28	12%
jul/21	595	R\$ 24.422,40	R\$ 21.505,28	12%
ago/21	632	R\$ 24.422,40	R\$ 21.505,28	12%
set/21	637	R\$ 24.422,40	R\$ 21.505,28	12%
out/21	665	R\$ 24.422,40	R\$ 21.505,28	12%
nov/21	587	R\$ 24.422,40	R\$ 21.505,28	12%
dez/21	558	R\$ 24.422,40	R\$ 21.505,28	12%
<b>Total</b>	<b>6952</b>	<b>R\$ 293.068,80</b>	<b>R\$ 258.063,36</b>	<b>12%</b>

Fonte: Própria, 2023.

Tabela 6 - Valor faturado demanda antiga versus nova demanda ponta.

	<b>Demanda Medida Ponta (kW)</b>	<b>Demanda Contratada 450 kW</b>	<b>Nova Demanda Contratada 368 kW</b>	<b>Economia</b>
jan/21	311	R\$ 28.291,50	R\$ 23.136,16	18%
fev/21	324	R\$ 28.291,50	R\$ 23.136,16	18%
mar/21	319	R\$ 28.291,50	R\$ 23.136,16	18%
abr/21	343	R\$ 28.291,50	R\$ 23.136,16	18%
mai/21	336	R\$ 28.291,50	R\$ 23.136,16	18%
jun/21	331	R\$ 28.291,50	R\$ 23.136,16	18%
jul/21	346	R\$ 28.291,50	R\$ 23.136,16	18%
ago/21	382	R\$ 28.291,50	R\$ 23.136,16	18%
set/21	380	R\$ 28.291,50	R\$ 23.136,16	18%
out/21	386	R\$ 28.291,50	R\$ 23.136,16	18%
nov/21	346	R\$ 28.291,50	R\$ 23.136,16	18%
dez/21	333	R\$ 28.291,50	R\$ 23.136,16	18%
<b>Total</b>	<b>4137</b>	<b>R\$ 339.498,00</b>	<b>R\$ 277.633,92</b>	<b>18%</b>

Fonte: Própria, 2023.

A última análise relacionada a fatura é quanto a energia reativa vista na tabela 7 cobrada mensalmente na fatura, a energia reativa é referente a toda energia que não é transformada em trabalho e é dissipada pelo sistema, pode significar diversos fatores como motores superdimensionados ou até mesmo saturados, lâmpadas que utilizam reatores e equipamentos dotados de bobinas, se há cobrança é porque o fator de potência está abaixo de 0,92 sendo este o valor tolerável e caso contrário cobrado a título de multa conforme a Resolução nº 414 da ANEEL. A solução mais comum e fácil comumente adotada é a instalação de banco de capacitores para corrigir o fator de potência, recomenda-se então que a instituição faça um estudo mais aprofundado e específico para identificar quais circuitos mais estão gerando energia reativa e se o próprio balanceamento dos circuitos está equilibrado, assim através desta análise mais detalhada, redimensione seu banco de capacitores ou adote medidas como substituição de equipamentos para mitigar este problema e zerar as multas.

Tabela 7 - Energia reativa medida.

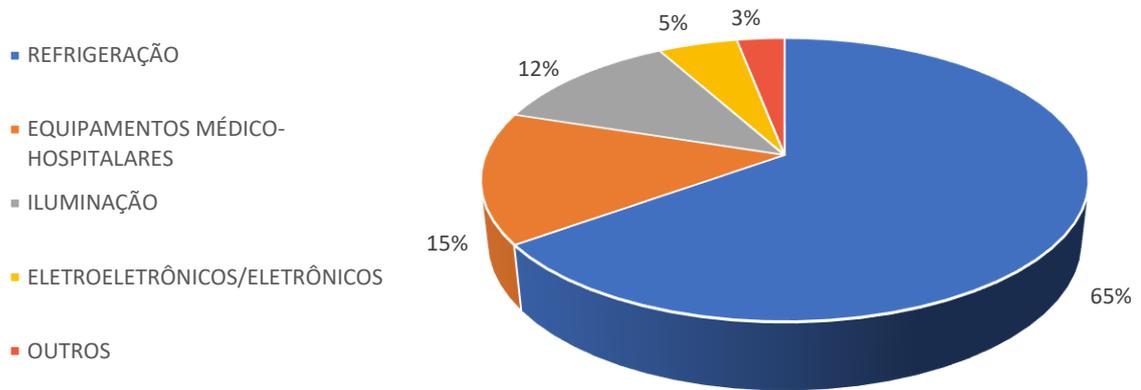
	<b>Energia reativa Ponta (kWh)</b>	<b>Energia reativa Fora Ponta (kWh)</b>	<b>Energia Reativa</b>
jan/21	512	1698	R\$ 535,25
fev/21	117	798	R\$ 222,61
mar/21	294	697	R\$ 241,11
abr/21	193	604	R\$ 193,90
mai/21	252	772	R\$ 249,13
jun/21	285	478	R\$ 185,63
jul/21	126	453	R\$ 140,86
ago/21	117	235	R\$ 85,63
set/21	126	369	R\$ 120,42
out/21	159	403	R\$ 136,72
nov/21	159	445	R\$ 179,50
dez/21	210	529	R\$ 219,62
<b>TOTAL</b>	<b>2550</b>	<b>7481</b>	<b>R\$ 2.510,38</b>

Fonte: Própria, 2023.

### 4.3. LEVANTAMENTO DE CARGAS

Nesta segunda etapa da aplicação, foi realizado o levantamento de cargas instaladas da fábrica através da inspeção visual das placas e especificações dos equipamentos e realizado um estudo em cima dos segmentos iluminação e refrigeração. Abaixo a divisão de cargas em percentual dos seguimentos, como, máquinas médico-hospitalares, iluminação, refrigeração, eletroeletrônicos e eletrodomésticos, maquinários em geral. Em relação aos equipamentos médico-hospitalares, foram levantados no Centro Cirúrgico, UTI, Fisioterapia e Laboratório relativamente com potências elétricas relativamente elevados, quanto a refrigeração, foram conferidos condicionadores de ar do tipo Split hi-wall e piso-teto, já na iluminação, as lâmpadas fluorescentes tubulares grandes e pequenas no ano anterior às trocas e por último, eletroeletrônicos e eletrodomésticos como: computadores, monitores, geladeiras, bebedouros, forno micro-ondas, televisões, projetores e demais equipamentos utilizados em setores administrativos/escritório:

Figura 28 - Distribuição geral de cargas instaladas.



Fonte: Própria, 2023.

Por se tratar de uma unidade hospitalar, os condicionadores de ar e os equipamentos médico-hospitalares utilizados em toda FHAJ, como se é possível observar, são os detentores do maior percentual de potência instalada, porém, os equipamentos médico-hospitalares não serão o foco deste projeto pois o objetivo é melhorar a eficiência de pontos que são mais acessíveis de investimentos em melhoria, e alterar as características de tais equipamentos exigem um estudo detalhado das particularidades de cada equipamento se tornando inviável devido ao grau de complexidade e tempo que se usaria para analisar todos, por isso o foco será na outras duas maiores porcentagens que são iluminação e refrigeração.

#### 4.4. LEVANTAMENTO DE CARGAS: ILUMINAÇÃO

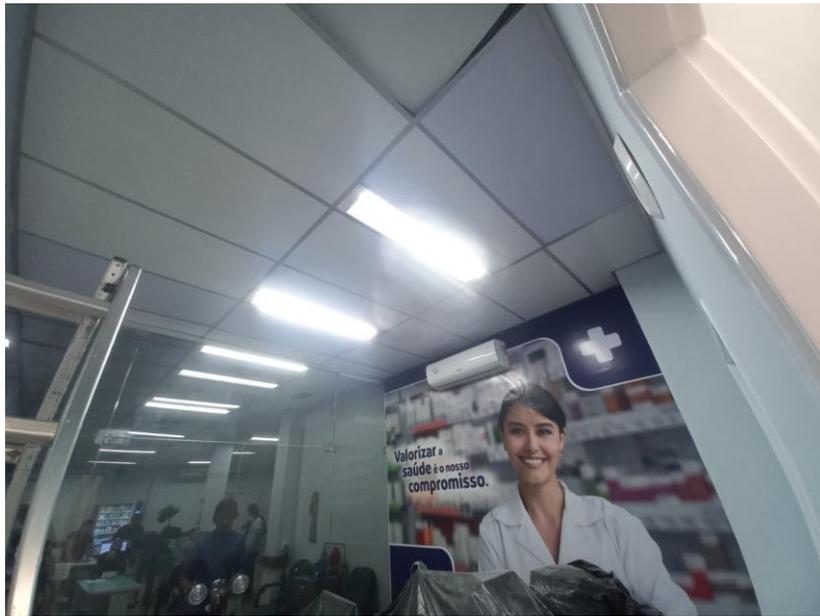
De acordo com este levantamento, cerca de 95% das luminárias instaladas no ano de 2018 eram do tipo fluorescente, dentro desta divisão havia dois tipos de lâmpadas de potências diferentes, sendo:

- Lâmpadas fluorescentes 40W
- Lâmpadas fluorescentes 20W

Somente com esta análise é possível afirmar quanto a iluminação que ela não é energeticamente eficiente, visto que lâmpadas fluorescentes são inferiores as LED's em vários aspectos já discutidos, como consumirem mais potência para uma mesma quantidade de luz emitida, produzirem mais calor, fato que interfere na refrigeração do local, além deste tipo de lâmpada também possuir uma vida útil menor. Levando em consideração todos estes aspectos, o ideal foi substituir as lâmpadas fluorescentes por tecnologia LED e o resultado foi uma diminuição do consumo e aumento da qualidade do fluxo luminoso.

No total, são 3518 (três mil quinhentas e dezoito) lâmpadas fluorescentes e dentre estas, 2944 (dois mil novecentos e quarenta e quatro) lâmpadas fluorescentes 40W e 574 (quinhentos e setenta e quatro) lâmpadas fluorescentes 20W, distribuídas em toda a Fundação. A lâmpada fluorescente de 40W utilizada possuía um tamanho de 1,20m, como se pode observar na imagem a seguir, a proporção de tamanho é visível pelo forro modular, visto que cada placa possui 1,20m.

Figura 29 - Iluminação da FHAJ.



Fonte: Própria, 2023.

Figura 30 - Iluminação do Sala de cirurgia 3.



Fonte: Própria, 2023

A lâmpada LED escolhida para as trocas a fim de melhorias foi da marca UltraLuz de 18W e de 9W, a escolha desta lâmpada foi baseada levando em contas algumas características como fácil instalação e troca, e por ser bivolt, outro fator é o seu IRC (Índice de Reprodução de

Cores) superior a 80, mais um fator determinante para sua escolha pois garante a percepção mais fidedigna das cores aos nossos olhos, como se trata de uma Unidade Hospitalar, é muito importante que se tenha uma boa visualização dos tons de cores e da boa visualização do ambiente com um fluxo luminoso de qualidade.

Foi escolhido um setor na Fundação que foi o Centro Cirúrgico e dentro deste setor foi selecionado um local específico, no caso a sala de cirurgia 3 já com o uso das lâmpadas LED's para uma averiguação de iluminância, Para saber se a quantidade de lâmpadas no local estavam em consenso com a norma NBR 5413 e a NBR/ISO 8995, e para fazer esses cálculos primeiro foi necessário a somatória geral de quantos lúmens eram adequados para o lugar, portanto, multiplica-se a área total da sala de cirurgia que é de 34,5m<sup>2</sup> pela quantidade média de lux exigida pela norma, no caso, 1000 lux ou 1000 lm/m<sup>2</sup>:

$$\text{Área (m}^2\text{)} \times \text{média exigida } \left(\frac{\text{lm}}{\text{m}^2}\right) = \text{fluxo luminoso (lm)} \quad (6)$$

$$34,5 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ lm/m}^2 = 34.500,00 \text{ lm}$$

Este valor é então dividido pela quantidade de lúmens fornecido pela lâmpada para achar a quantidade de pontos de luz necessários, segundo o datasheet este valor é de 1850 lúmens:

$$\frac{34.500,00 \text{ lm}}{1850 \text{ lm}} = 19 \text{ lâmpadas}$$

Quando se trata de iluminação, o conceito e estudo vai muito além de apenas clarear o ambiente, deve-se levar em consideração o conforto e acuidade visual de acordo com a tarefa executada no local, atividades que exigem mais concentração e são meticulosas geralmente exigem um grau de iluminância maior do que as outras. A norma que rege este tema é a NBR 5413 e NBR/ISO 8995 que serve de complementação - Iluminação de ambientes de trabalho, nela consta a quantidade de lux para cada tipo de ambiente de acordo com a classe de tarefas visuais, no caso deste trabalho, o objeto de estudo se encaixa na classe C: iluminação geral para área de trabalho.

Figura 31 - Planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor.

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observações
Escâner com intensificadores de imagem e sistemas de televisão	50	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Salas de diálise	500	19	80	
Salas de dermatologia	500	19	90	
Salas de endoscopia	300	19	80	
Salas de gesso	500	19	80	
Banhos medicinais	300	19	80	
Massagem e radioterapia	300	19	80	
Salas pré-operatórias e salas de recuperação	500	19	90	
Sala de cirurgia	1 000	19	90	
Cavidade cirúrgica	Especial			$\bar{E}_m = 10\ 000\ \text{lux} - 100\ 000\ \text{lux}$ .

Fonte: NBR/ISO 8995, 2013.

De acordo com a tabela, a iluminância média é de 1000 lux pela NBR/ISO 8995 e já pela NBR 5413 é de 500 lux, foi levada em consideração a NBR/ISO 8995 por ser mais atual e com valores mais atualizados, visto que as atividades realizadas nas salas de cirurgia são muito específicas para onde está sendo feita a cirurgia. A norma nos traz ainda um range mais específico dentro destas classes que são uma visão mais geral, e nos mostra o valor de iluminância recomendado para cada tipo de ambiente dentro delas, neste caso, a iluminância real da sala é de 1930 lux, devido a sala possuir 36 lâmpadas LED de 18W e cada uma com 1850 lm:

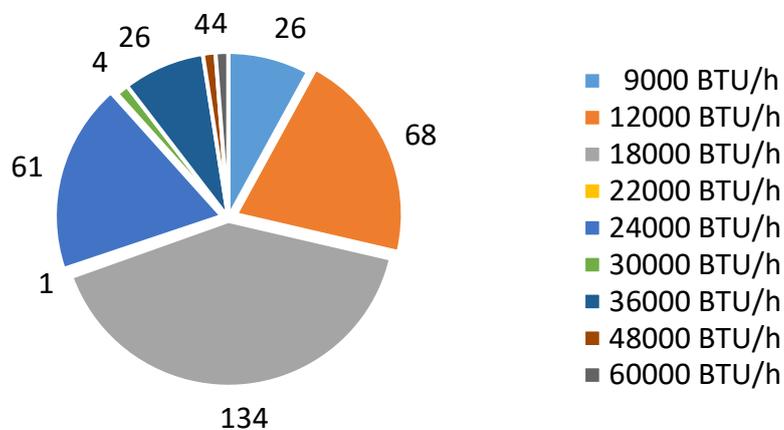
#### 4.5. LEVANTAMENTO DE CARGAS: CLIMATIZAÇÃO

Houve um levantamento de condicionadores de ar através de tabela atualizada da empresa terceirizada responsável pela refrigeração do hospital, as máquinas refrigeradoras estão em todos os setores, e foram observados 9 diferentes capacidades de refrigeração, toda a instalação como mencionado, é bastante antiga e não houveram grandes mudanças desde sua montagem há pelo menos 20 anos, notou-se que a maioria dos condicionadores de ar estavam amarelados indicando que já tinham muitos anos de uso, não possuíam selo Procel de eficiência e a etiqueta era de classificação do tipo C, alguns outros poucos aparelhos que recentemente

havia sido substituídos que possuíam tecnologias mais recentes e eficientes como a inverter e eram de classificação A com selo Procel.

No total, foram contabilizados 328 ares-condicionados sendo eles do tipo Split hi-wall e piso-teto, a refrigeração da Unidade Hospitalar possui o sistema tradicional de instalação. Abaixo na Figura 27 encontra-se o gráfico que mostra a distribuição em quantidade destes equipamentos de acordo com sua capacidade de refrigeração, com destaque para as capacidades de refrigeração de 12.000 BTU/h, 18.000 BTU/h e 24.000 BTU/h que juntos contem a maior quantidade entre todos:

Figura 32 - Distribuição da quantidade de Condicionadores de ar por Capacidade (BTU/h).



Fonte: Própria, 2023.

Estes condicionadores de ar representam, como já mencionado anteriormente, 55% da potência instalada dos seguimentos de iluminação, refrigeração, eletroeletrônicos e eletrodomésticos, é importante então voltar a atenção para estes equipamentos porque irão fazer grande parte de uma considerável parcela da fatura de energia, pequenas ações como instalação de cortinas de ar em portas que possuem grande fluxo de passagem contribuem para melhorar o desempenho destes aparelhos de uma forma mais econômica já que ajudam a manter o ar refrigerado dentro do ambiente, fazer manutenções regularmente como limpeza dos filtros também é importante, além do cuidados com os condicionadores splits, verificar as resistências dos evaporadores se estão em bons estados e não estão queimadas para evitar congelamento, instalar adesivos blackout em janelas para evitar que as paredes absorvam calor, verificar periodicamente se o fluido refrigerante está dentro dos padrões de qualidade, já que pode ser contaminado com a umidade e garantir que não há vazamentos de ar comprimido no sistema e subsistemas. Cerca de 80% dos condicionadores de ar inventariados possuem etiqueta C indicando baixo rendimento de energia, outra recomendação é a substituição destes aparelhos

por equipamentos de tecnologia inverter e classificação A, e também de aparelhos com etiquetagem tipo A muito antigos por novos com etiquetagem tipo A com tecnologia inverter.

#### **4.6. VIABILIDADE ECONÔMICA**

O cálculo de viabilidade econômica através do VPL (Valor Presente Líquido) é realizado para verificar quantificando a decisão que justifica se o investimento imputado é viável e se paga dentro do tempo de vida útil do equipamento. Para o caso da iluminação, foram feitas as substituições de todas as lâmpadas tubulares fluorescentes de 40W(grande) e 20W (pequena) usadas por toda FHAJ por lâmpadas tubulares T8 de tecnologia LED de 18W (grande) e 9W (pequena) que possuem melhor rendimento, este levantamento inventariou todas as lâmpadas do Hospital, de todos os setores.

Para este cálculo, devemos primeiramente realizar o comparativo entre o valor pago mensalmente e anualmente antes do investimento e o valor que será pago depois, a subtração destes valores nos traz a economia que obteremos, portanto, o primeiro passo é calcular quanto está sendo pago na fatura de energia com a iluminação, para este valor utilizamos a tarifa de energia para modalidade horo-sazonal azul da Resolução Homologatória nº 3.132/2022 vigente desde 1º de novembro de 2022 que homologa o reajuste tarifário anual de 2022 para 2023 da Amazonas Distribuidora de Energia S/A.

De acordo com os cálculos, o valor faturado mensalmente com a iluminação das somadas 3518 (três mil quinhentos e dezoito) lâmpadas tubulares fluorescentes, sendo 2944 (dois mil novecentos e quarenta e quatro) lâmpadas fluorescentes 40W e 574 (quinhentos e setenta e quatro) lâmpadas fluorescentes 20W, eram no total de R\$ 30.665,25 com um consumo energético de 55.755 kWh/mês, neste cálculo foram divididas as lâmpadas dos Blocos A, F, Central de transplantes, Bloco E com exceção da cozinha e o setor administrativo que fica situado no Bloco D que atuam apenas no horário comercial, logo foi considerado o uso diário de 10h durante 24 dias do mês devido ao não funcionamento desses setores no final de semana, e no caso das lâmpadas do setor de Hemodiálise que se localiza no Bloco C considerou-se 12h de uso diário e 27 dias por mês, ou seja segunda à sábado, no caso do Centro Cirúrgico com uso diário de 12h em 24 dias no mês, e nos setores de enfermarias encontrados no Bloco B, na Cozinha, Engenharia de Manutenção e Guaritas essas lâmpadas permanecem ligadas 24h de segunda a domingo.

Em contrapartida, o valor faturado em relação ao consumo se as lâmpadas fossem substituídas por lâmpadas tubulares de tecnologia LED seria de R\$ 13.799,37 consumindo 25.089,73 kWh/mês. A economia mensal obtida seria de:

$$R\$ 30.665,25 - R\$ 13.799,37 = R\$ 16.865,88$$

Anualmente esta economia se transforma em R\$ 202.390,56.

Dando seguimento ao cálculo, para a substituição das 3518 lâmpadas o investimento necessário após cotações com diferentes marcas realizadas é de R\$ 38.372,08 considerando os modelos lâmpadas tubulares T8 de 120cm com uma potência de 18W em caixas de 25 unidades e lâmpadas tubulares T8 de 60cm com uma potência de 9W em caixas de 25 unidades, este valor representa a incógnita k na fórmula do VPL. Este valor não contabiliza mão de obra visto que a Unidade Hospitalar possui artífices para realização das substituições dessas lâmpadas.

O fluxo de caixa considera basicamente a subtração entre as receitas que entram com as que saem, neste caso o fluxo de caixa é o valor da economia anual, este valor tende a subir com o passar dos anos levando em consideração os reajustes anuais realizados na tarifa de energia, foi utilizado como referência o último percentual de ajuste para consumidores de alta tensão da Resolução Homologatória nº 3.132/2022 de 5,71%.

Por exemplo, se mantivermos este valor de reajuste, o valor pago caso se mantivessem as lâmpadas fluorescentes atuais seriam de:

$$R\$ 30.665,25 + 5,71\% = R\$ 32.416,24$$

valor pago mensalmente após a troca das lâmpadas no seguinte passa a ser o valor a seguir:

$$R\$ 13.799,37 + 5,71\% = R\$ 14.587,32$$

Se subtrairmos estes valores obtemos uma economia de R\$ 17.828,92 que anualmente se transforma em R\$ 213.947,04. Este cálculo foi aplicado para todos os fluxos de caixa e resultou na tabela abaixo com os valores distribuídos em 3 anos (n), tempo estipulado através da vida útil das lâmpadas que está especificada no datasheet como 25.000 horas:

Tabela 8 - Fluxo de caixa de iluminação

Ano	Fluxo de caixa
1	R\$ 202.390,56
2	R\$ 213.947,04
3	R\$ 226.163,42

Fonte: Própria, 2023.

Foi considerada uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 6,50% de acordo com a taxa Selic anual de 2018, os valores dos fluxos de caixa e o investimento inicial foram aplicados na equação abaixo para obtenção do valor do VPL:

$$VPL = \sum_{i=1}^N \frac{Fci}{(1 + TMA)^i} - k \quad (2)$$

Aplicando a fórmula os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela 9 - Valor presente líquido de iluminação.

Ano	Valor presente
1	R\$ 190.038,09
2	R\$ 188.628,40
3	R\$ 187.229,19
Somatório	R\$ 565.895,68
VPL	R\$ 527.523,60

Fonte: Própria, 2023.

Em consonância ao cálculo do VPL foi realizado o cálculo do tempo de retorno do investimento ou payback através da divisão do valor investido (k) pela economia mensal (RM), obteve-se então um resultado de 3 meses, o cálculo está demonstrado abaixo:

$$Tri = \frac{R\$ 38.372,08}{R\$ 17.828,92} = 3 \text{ meses}$$

Todos estes resultados para entender a viabilidade do projeto estão consolidados na tabela a seguir:

Tabela 10 - Viabilidade econômica de iluminação

VIABILIDADE ECONÔMICA	
Investimento inicial	R\$ 38.372,08
Economia mensal	R\$ 17.828,92
Economia anual	R\$ 213.947,04
VPL	R\$ 527.523,60
Payback (meses)	3

Fonte: Própria, 2023.

Interpretando os resultados, um VPL positivo ( $VPL > 0$ ) significa que o investimento é atrativo, quanto ao payback o valor investido é estornado em 3 meses dentro do tempo de vida útil para troca dos equipamentos de iluminação.

Para a refrigeração, o mesmo método foi utilizado, para que se substituíssem todos os condicionadores de ar com etiqueta C por aparelhos de etiqueta A com tecnologia inverter e selo PROCEL de eficiência, e também de aparelhos com etiquetagem tipo A muito antigos por novos com etiquetagem tipo A com tecnologia inverter, nesta substituição constam aparelhos de 60.000 BTU/h, 48.000 BTU/h, 36.000 BTU/h, 30.000 BTU/h, 24.000 BTU/h, 22.000 BTU/h, 18.000 BTU/h, 12.000 BTU/h e 9.000 BTU/h.

Para a realização dos cálculos de consumo foram consideradas a potência elétrica consumida dos ares-condicionados e não a potência de refrigeração (BTU/h), os valores de potência consumida são diferentes para a etiqueta A e C que podem ser visualizados através de uma tabela de split piso teto disponibilizada pelo PROCEL, onde constam informações dos aparelhos de acordo com o fabricante e modelo. Abaixo a quantidade de aparelhos que precisam ser substituídos de acordo com a capacidade de refrigeração:

Tabela 11 - Distribuição de ares-condicionados com etiqueta C.

Ares-condicionados	
Capacidade (BTU/h)	Quantidade
60000	4
48000	4
36000	26
30000	4
24000	61
22000	1
18000	134
12000	68
9000	26

Fonte: Própria, 2023.

No total são 328 aparelhos de etiqueta C, a energia consumida de acordo com os cálculos soma 132.615 kWh/mês ou R\$ 72.938,25 /mês, se a substituição dos aparelhos fosse realizada o consumo cairia para 104.687 kWh/mês contabilizando R\$ 57.577,85, a economia mensal seria de:

$$R\$ 72.938,25 - R\$ 57.577,85 = R\$ 15.360,40$$

Anualmente este valor soma um total de R\$184.324,80, após uma longa pesquisa de mercado buscando equipamentos economicamente viáveis e de bom desempenho energético, foram escolhidos aparelhos independentes de marca, o valor do investimento inicial seria de R\$942.622,10 considerando os valores unitários a seguir:

- 60.000 BTU/h: R\$ 9.171,21
- 48.000 BTU/h: R\$ 7.837,54
- 24.000 BTU/h: R\$ 3.279,00
- 18.000 BTU/h: R\$ 2.703,85
- 12.000 BTU/h: R\$ 1.699,00
- 9.000 BTU/h: R\$ 1.654,00

Também não se faz necessário a contratação de mão de obra para instalação, pois a Unidade Hospitalar possui uma equipe especializada em refrigeração que é capaz de realizar os serviços de instalação gradualmente, conforme foram ocorrendo as compras dos aparelhos de refrigeração e futuras manutenções preventivas e corretivas.

O fluxo de caixa considerado possui a mesma lógica do apresentado anteriormente no cálculo de viabilidade da proposta de substituição da iluminação, foi considerado um percentual de reajuste anual na tarifa de acordo com o último homologado, portanto, a economia anual considerada como fluxo de caixa tende a subir com os anos, os resultados estão salientados a seguir considerando a vida útil média de um equipamento sendo 10 anos (n):

Tabela 12 - Fluxo de caixa de refrigeração.

Ano	Fluxo de caixa
1	R\$ 184.324,80
2	R\$ 194.849,75
3	R\$ 205.975,67
4	R\$ 217.736,88
5	R\$ 230.169,66
6	R\$ 243.312,34
7	R\$ 257.205,48
8	R\$ 271.891,91
9	R\$ 287.416,94
10	R\$ 303.828,45

Fonte: Própria, 2023.

No cálculo do VPL foi considerada uma taxa de atratividade de 13,25% ao ano, substituindo os valores dos fluxos de caixa e TMA na fórmula obtemos os valores abaixo:

Tabela 13 - Valor presente líquido de refrigeração.

Ano	Valor presente anual
1	R\$ 162.759,20
2	R\$ 151.923,00
3	R\$ 141.808,20
4	R\$ 132.366,80
5	R\$ 123.554,10
6	R\$ 115.328,00
7	R\$ 107.649,70
8	R\$ 100.482,50
9	R\$ 93.792,57
10	R\$ 87.548,02
Somatório	R\$ 1,217.212,00
VPL	R\$ 274.590,00

Fonte: Própria, 2023.

O VPL em 10 anos calculado foi positivo no valor de R\$ 274.590,00 o que significa que o investimento é atrativo. Para calcular o payback foi dividido o valor investido de R\$942.622,10 pelo retorno mensal de R\$ 15.360,40 resultando em um tempo de 62 meses ou 5 anos e 2 meses, tempo para o retorno do investimento que se antecede a de vida útil do equipamento estimado em 10 anos em média dependendo se for bem cuidado, ou seja, não seria necessário substituir novamente os aparelhos antes do investimento já ter sido pago. A seguir a tabela que resume todos os valores calculados para avaliar a viabilidade econômica:

Tabela 14 - Viabilidade econômica refrigeração.

VIABILIDADE ECONÔMICA	
Investimento inicial	R\$ 924.622,10
Economia mensal	R\$ 15.360,40
Economia anual	R\$ 184.324,80
VPL	R\$ 274.590,00
Payback (meses)	62

Fonte: Própria, 2023.

## 5. CONCLUSÕES

Através de simulações realizadas foi ratificado que a modalidade que melhor se aplicava a instalação era a horo-sazonal azul já vigente na conta, se fazendo a que melhor se adaptada às características do local já que o Hospital funciona 24h em três turnos, possuindo uma diferença de menos de 50% na demanda necessária entre horário de ponta e fora ponta.

Observou-se que as demandas contratadas estavam acima do ideal em período fora ponta e ponta, possuindo o valor acima da real carga demandada da concessionária, o que significa que estava sendo pago mais do que se estava sendo de fato consumido. Como medida de melhoria foi recomendado que se peça a alteração da demanda contratada para 634 kW, 368 kW respectivamente para período de fora ponta e ponta, este valor já consta m os 5% de tolerância aceitável da concessionária de energia, para que não se pague multa por ultrapassagem.

Outro ponto observado foi a multa por excedente de energia reativa contabilizada todo mês, esta cobrança se deu por um baixo fator de potência, a solução sugerida foi a inclusão de um banco de capacitores para que se possa equilibrar com carga capacitiva a carga reativa no sistema.

Na segunda etapa do estudo foi feito o levantamento de cargas de iluminação e refrigeração, suas especificações elétricas e seus selos de eficiência energética, visando as possíveis trocas de aparelhos por outros mais econômicos e sustentáveis, que seriam menos complexos e mais ágeis levando em consideração outros tipos de carga existentes no local.

Um estudo luminotécnico na sala de cirurgia do Centro Cirúrgico da FHAJ revelou uma média de iluminância superior aos 1000 lux recomendados pela NBR/ISO 8995 para áreas de trabalho. Foi recomendada uma revisão do estudo luminotécnico pela equipe de engenharia do hospital, pois a iluminação excessiva pode prejudicar os profissionais envolvidos na cirurgia.

Na etapa final foi realizado um estudo de viabilidade econômica para as trocas de todas as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de tecnologia LED, foi verificado um VPL positivo, com um retorno de investimento num prazo de 3 meses.

Foi feito também o estudo de viabilidade econômica para os aparelhos de refrigeração que ainda não foram trocados, então foi proposto para que houvesse a possibilidade de trocas futuras por condicionadores de ar com etiqueta e de tecnologia inverter, com o cálculo do VPL positivo, com um retorno de investimento com um prazo de 5 anos e 2 meses.

## 6. REFERÊNCIAS

ABESCO. (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia) **POTENCIAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL De 2008 a 2016 Estudo ABESCO** - Abril 2017. Acesso em: 10 de Janeiro de 2024

ABNT NBR ISO 50001: **Sistema de gestão de energia- Requisitos com orientações para uso**. 2018.

ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. **Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013. 46 páginas. Disponível em: < [https://www.drb-m.org/av1/NBRISO\\_CIE8995-1.pdf](https://www.drb-m.org/av1/NBRISO_CIE8995-1.pdf)>. Acesso em: 20 de Dezembro de 2023.

ANEEL. **Programa de Eficiência Energética**. 29 de Setembro de 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 9 de Junho de 2023

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, p. 1, 1992.

BRASIL. **Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências**. Brasília, 2001a. 4 p. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2024

BRASIL. **Ministério de Minas Energia. Quem é Quem da Eficiência Energética no Brasil**. Novembro de 2019. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>> Acesso em: 10 de julho de 2023.

BRASIL. Ministério da Economia. **Conheça o Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Abril de 2021. Disponível em: < <https://www.gov.br>> Acesso em: 10 de julho de 2023.

COP28 (2023). **Conferência do Clima da ONU**. Disponível em: <<https://www.cop28.com/>> Acesso em: 21 de Dezembro de 2023

COLETIVO DE AUTORES; **Eficiência Energética: Fundamentos e aplicações**. Ira Ed. Itajubá, Campinas-SP, 2012.

COLETIVO DE AUTORES; **Eficiência Energética: Teoria & Prática**. [Coordenação Milton César Silva Marques, Jamil Haddad, Eduardo Crestana Guardia]. Lra Ed. Itajubá, MG: FUPAI, 2007.

COLETIVO DE AUTORES; **Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**. [Coordenação Milton César Silva Marques, Jamil Haddad, Eduardo Crestana Guardia]. Lra Ed. Itajubá, MG: FUPAI, 2006.

DE BENEDETTO, Gisele Saveriano. **Avaliação da aplicação do modo misto na redução da carga térmica em edifícios de escritórios nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro**. 2007. 203 f. **Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo**, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em 10 de Janeiro de 2024.

ELETOBRAS; **PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - PROCEL; CONSÓRCIO ECOLUZ/PUC-RIO**. Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso - Ano Base 2005 - Classe Comercial Alta Tensão - Relatório Brasil. Rio de Janeiro: Gráfica da Eletrobrás – DAAG, 2008a. 95 p. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2024.

ENERGIA LIMPA. (2009) **A reinvenção da luz**. **Revista Veja**. Edição 2145 – ano 42 – nº 52. 30 de Dezembro de 2009.

E. GORDO, A. CAMPOS, D. COELHO (2011). **Energy Efficiency in a Hospital Building. Case Study: Hospitais da Universidade de Coimbra, Proceedings of the 3rd International Youth Conference on Energetics 2011**, julho, Leiria, Portugal

GONÇALVES, Vitor. **Sistema de gestão da energia ISO 50001:2011 e desenvolvimento sustentável energético**. [S. l.: s. n.], 2017.

IEA (2023), **Eficiência Energética 2023**, IEA, Paris. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023>>, Licença: CC BY 4.0, Acesso em: 20 de Novembro 2023.

IEA (2022). **Eficiência Energética 2022**, IEA, Paris Disponível em: <<https://www.iea.org>>, Licença: CC BY 4.0, Acesso em: 20 de Novembro 2023.

ISO 50001. **Sistemas de gestão de energia –Requisitos com orientação para uso**. ABNT **NBR ISO 50001:2018**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

LIMA, FABIANO ROBERTO. **Viabilidade econômica e financeira de projetos**. Volta Redonda: FERP, 2019.

NAÇÕES UNIDAS. **Banco Mundial: Eficiência Energética é fundamental para futuro com cidades sustentáveis**. (1 de Agosto de 2018). Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br>>. Acesso em: 20 Dezembro de 2023

PROCELINFO. **Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. PROCEL SELO – Eficiência Energética em Equipamentos**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em 10 de Outubro de 2023.

PENA, SÉRGIO MEIRELLES. **Sistemas de ar condicionado e refrigeração**. 2022. PROCEL, Julho de 2022.

SILVA, João. Lula: **Transição energética pode tornar o Brasil o que o Oriente Médio é para o petróleo**, 2023. Disponível em: <<https://agenciagov.ebc.com.br/>>. Acesso em: 23 de Outubro de 2023.

World Economic Forum. **Fostering Effective Energy Transition 2023**. Disponível em: <<https://www.weforum.org>>. Acesso em: 01 de Dezembro de 2023.

SAMPAIO, Ana Virginia Carvalhaes de Faria. **Arquitetura hospitalar: projetos ambientalmente sustentáveis, conforto e qualidade; proposta de um instrumento de avaliação**. 2005. 402f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Estruturas Ambientais Urbanas) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Acesso em: 10 de Janeiro de 2024.

Subramanian, S., H. Bastian, A. Hoffmeister, B. Jennings, C. Tolentino, S. Vaidyanathan e S. Nadel. 2022. **Placar Internacional de Eficiência Energética 2022**. Washington, DC: Conselho Americano para uma Economia Eficiente em Energia. [www.aceee.org/research-report/i2201](http://www.aceee.org/research-report/i2201)

TREASY. **Valor Presente Líquido**. Disponível em: <<https://www.treasy.com.br/blog/valor-presente-liquido-vpl/>> Acesso em 10 de julho de 2023.

VOLTANI, E. R. **Ar condicionado para arquitetura**. 2014. Disponível em: <<http://www.fau.usp.br>>. Acesso em: 05 de Janeiro de 2023.