

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA

JULIANA MARQUES LEÃO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO
PRÉDIO DA ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UEA A PARTIR DO LEVANTAMENTO DE
CARGAS INSTALADAS**

Manaus - AM
2021

JULIANA MARQUES LEÃO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO
PRÉDIO DA ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UEA A PARTIR DO LEVANTAMENTO DE
CARGAS INSTALADAS**

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 Engenheira Eletricista.

Orientador: Israel Gondres Torné, Dr.

Manaus - AM
2021

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

Reitora:

Cleinado de Almeida Costa

Vice-Reitor:

Cleto Cavalcante de Souza Leal

Diretor da Escola Superior de Tecnologia:

Ingrid Sammyne Gadelha Figueiredo

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

Israel Gondres Torné

Banca Avaliadora composta por:

Prof. Dr. Israel Gondres Torné

Prof. Dr. Edry Antonio García Cisneros

Prof. Fábio de Souza Cardoso

Data da defesa: 28/07/2021.

CIP – Catalogação na Publicação

LEÃO, Juliana Marques

Análise da eficiência energética do prédio da Escola Superior de Ciências da Saúde da UEA a partir do levantamento de cargas instaladas/ Juliana Marques Leão; orientado por Israel Gondres Torné. – Manaus, 2021. 68 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica).
Universidade Estadual do Amazonas, 2021.

1. análise tarifária.
2. eficiência energética.
3. viabilidade técnica e econômica.
4. edificações públicas.

JULIANA MARQUES LEÃO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO PRÉDIO DA
ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UEA A
PARTIR DO LEVANTAMENTO DE CARGAS INSTALADAS**

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 Estadual do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheira Eletricista.

Nota obtida: 10 (Dez pontos)

Aprovada em: 28/07/2021.

Área de concentração: Eficiência Energética

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Israel Gondres Torné, Dr.



Avaliador 01: Edry Antonio García Cisneros, Dr.



Avaliador 02: Fábio de Souza Cardoso, Dr.

Manaus – AM
Julho - 2021

RESUMO

A temática eficiência energética tem se tornado cada vez mais cotidiana e com base nisso este trabalho se propõe a fazer um estudo de viabilidade técnica e econômica da eficiência energética do edifício público de uma das unidades da Universidade Estadual do Amazonas, a Escola Superior de Ciências da Saúde, localizada na cidade de Manaus. Inicialmente, será apresentada uma revisão bibliográfica sobre esse tema, serão também expostos conceitos sobre análise tarifária, iluminação, climatização e programas existentes no Brasil relacionados a eficiência energética em edificações. Em seguida, será exposto dados referentes ao levantamento de cargas do edifício e será apresentada as medidas que foram propostas juntamente com seus estudos de viabilidade econômica. Por fim, serão feitas as conclusões referentes ao estudo e propostas realizadas.

Palavras-chaves: análise tarifária. eficiência energética. viabilidade técnica e econômica. edificações públicas.

ABSTRACT

The energy efficiency has increasingly become a daily theme, and based on that, this this work proposes to do a technical and economic viability study of the energy efficiency of one of Amazonas' State University building, the School of Health Sciences, located in the city of Manaus. Initially, a literature review on this topic will be presented, as well as the exposition of concepts on tariff analysis, lighting, air conditioning and existing programs in Brazil related to energy efficiency in buildings. Then, data about the lifting of building loads will be displayed, as well as the measures that were proposed along with their economic feasibility studies. Lastly, conclusions will be made regarding the study and proposals made.

Key words: Tariff analysis. Energy efficiency. Technical and economic viability. Public buildings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama Estrutural do novo modelo do setor elétrico.	18
Figura 2 - Matriz Elétrica Brasileira.	21
Figura 3 - Etiqueta e Selo PROCEL.	28
Figura 4 - Etiqueta Nacional de Eficiência Energética.	31
Figura 5 - Lâmpadas Fluorescentes do tipo tubular.	33
Figura 6 - Lâmpadas Fluorescentes do tipo Compacta PL.	33
Figura 7 - Lâmpadas LED do tipo Tubular.	34
Figura 8 - Fachada do segundo prédio da ESA.	38
Figura 9 - Exemplo de ficha de especificação.	40
Figura 10 - Luxímetro.	41
Figura 11 – Demanda máxima medida no decorrer de um ano.	43
Figura 12 – Gráfico da proposta da nova demanda a ser contratada.	45
Figura 13 – Gráfico da carga instalada distribuída em porcentagem.	50
Figura 14 – Distribuição de lâmpadas na instituição.	50
Figura 15 – Sala de aula 3.2.	51
Figura 16 – Sala de aula 2.5.	52
Figura 17 – Área interna do campus.	53
Figura 18 – Campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras.	54
Figura 19 – Quantidade de ares-condicionados.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estrutura tarifária Grupo A.	23
Tabela 2 – Consumo de energia reativa pela ESA.	42
Tabela 3 – Demanda Máxima medida ponta e fora ponta.	44
Tabela 4 – Tarifas de aplicação para o grupo A (AmE), da Resolução Homologatória nº 2.633, 2019.	47
Tabela 5 - Tarifas de aplicação para o grupo A (AmE), da Resolução Homologatória nº 2.795, 2020.	47
Tabela 6 – Valores simulados para as modalidades tarifárias segundo Resolução Homologatória nº 2.633, 2019.	48
Tabela 7 - Valores simulados para as modalidades tarifárias segundo Resolução Homologatória nº 2.795, 2020.	48
Tabela 8 – Iluminâncias por local selecionado para realização do trabalho.	55
Tabela 9 – Cálculo para economia no segmento iluminação.	59
Tabela 10 - Quantidade de ares com Etiqueta “C”.	60
Tabela 11 – Cálculos para economia no segmento climatização.	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
AmE	Amazonas Distribuidora de Energia S/A
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AS	Sistema Subterrâneo
BEN	Balanco Energético Nacional
BTU	<i>British Thermal Unit</i> (Unidade Térmica Britânica)
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CIP	Custeio do Serviço de Iluminação Pública
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
Cofins	Contribuição para o financiamento da seguridade social
EAD	Ensino à Distância
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESA	Escola Superior de Ciências da Saúde
ICMS	Imposto sobre a circulação de mercadorias e serviços
IDAE	Instituto para a Diversificação e Economia de Energia
IN	Instrução Normativa
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IRPJ	Imposto de Renda Pessoa Jurídica

ISO	Organização Internacional de Padronização
LED	<i>Light-Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Técnica Brasileira
OIA	Organismo de Inspeção Acreditado
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
ONU	Organização das Nações Unidas
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PIS	Programas de Integração Social
PRI	Prazo de Retorno de Investimento
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROCEL-EPP	Programa de Eficiência Energética nos Prédios Públicos
RTP	Revisão Tarifária Periódica
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética em Edifícios Residenciais
SEB	Setor Elétrico Brasileiro
SGen	Sistema de Gestão de Energia
SI	Sistema Internacional de Unidades
SIN	Sistema Interligado Nacional
TE	Tarifa de Consumo de Energia
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TRC	Tempo de retorno de capital

TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
UEA	Universidade Estadual do Amazonas
VPL	Valor Presente Líquido

Sumário

INTRODUÇÃO	13
1 REFERENCIAL TEÓRICO	17
1.1 Setor Elétrico Brasileiro	17
1.1.1 Conselho Nacional de Política Energética	18
1.1.2 Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico	18
1.1.3 Ministério de Minas e Energia	19
1.1.4 Empresa de Pesquisa Energética	19
1.1.5 Agência Nacional de Energia Elétrica	19
1.1.6 Operador Nacional do Sistema Elétrico	19
1.1.7 CCEE e Agentes	19
1.2 Matriz Elétrica Brasileira	20
1.3 Análise Tarifária	21
1.3.1 Grupos Tarifários	22
1.3.2 Modalidade Tarifária	23
1.4 Eficiência Energética	24
1.5 ISO 50001	26
1.6 PROCEL	26
1.6.1 Selo PROCEL	27
1.6.2 PROCEL Edifica	28
1.6.3 PROCEL EPP	29
1.6.4 Etiquetagem em Edificações	29
1.7 Iluminação	31
1.7.1 Lâmpadas Fluorescentes	32
1.7.2 Lâmpadas LED	33
1.7.3 Luxímetro	34
1.8 Climatização	35

1.9 Viabilidade Econômica de Implementação	36
1.9.1 Valor Presente Líquido	36
1.9.2 Prazo de Retorno do Investimento	37
2 METODOLOGIA	38
3 IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	42
3.1 ANÁLISE TARIFÁRIA E CONSUMO DE ENERGIA	42
3.2 LEVANTAMENTO DE CARGAS	49
3.2.1 ILUMINAÇÃO	49
3.2.2. CLIMATIZAÇÃO	55
3.3 VIABILIDADE ECONÔMICA.....	56
CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

INTRODUÇÃO

Os avanços científicos, a industrialização e a globalização promoveram o aumento da demanda de energia elétrica e a tornaram cada vez mais indispensável para o desenvolvimento das atividades humanas e para a evolução das tecnologias. As crises energéticas que ocorreram no mundo e os impactos ambientais causados por constantes explorações de recursos naturais de maneira irresponsável e desenfreada, fizeram com que os países começassem a se preocupar com o meio ambiente e com novas formas de se obter energia limpa e provenientes de recursos renováveis.

Segundo Juliani e Barbisan (2014), o mundo era muito dependente do petróleo nas décadas de 50 e 60, e foi por meio dele que houve tanto crescimento econômico depois da Segunda Guerra Mundial, pois até aquele momento, o petróleo era o recurso mais barato quando comparado a outras fontes de energia.

Na década de 70, o setor petrolífero atravessou duas crises respectivamente nos anos de 1973 e 1979. Esses acontecimentos, juntamente com a instabilidade política que cercava o Oriente Médio, no qual se encontram as maiores jazidas de petróleo, afetaram os lucros e reduziram industrialização e o crescimento dos países, com isso acabaram modificando a forma como os representantes mundiais tratavam as questões referentes à energia.

Conforme Gonçalves (2017), a discussão para se obter equilíbrio entre os âmbitos da economia, da sociedade e do meio ambiente fizeram com que houvesse a necessidade de geração e implementação de um conjunto de princípios que elaborassem uma perspectiva geral para redirecionamento da trajetória do planeta. Assim, surge os conceitos de sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável.

De acordo com Fadika e Khalid (1987), o desenvolvimento sustentável é um “modelo de desenvolvimento que satisfaz as necessidades das gerações presentes sem afetar a capacidade de gerações futuras de também satisfazer suas próprias necessidades”. Dentre os objetivos do desenvolvimento sustentável, pode-se citar a fomentação de energias renováveis e a eficiência energética.

Com as circunstâncias históricas anteriormente citadas, iniciou-se a preocupação em se obter novas fontes alternativas de energia, e tornou-se imprescindível a redução do consumo de energia por unidade de produto. Dessa forma, surgiu o conceito de eficiência energética que nada mais é que o uso racional de energia, fazendo assim a conservação dessa (DIAS, 1984).

No Brasil, a necessidade de se tornar cada vez mais eficiente se tornou maior com o racionamento de energia ocorrido em junho de 2001 a fevereiro de 2002. Essa crise de abastecimento ocorreu devido ao aumento da demanda por energia e pela falta de planejamento dos governantes referente à essa circunstância, pela ausência de investimentos nos setores de geração e distribuição de energia e por conta da escassez das chuvas que ocorria na época. Esta não foi a primeira crise energética que o país enfrentou, porém se tornou um marco histórico para o setor elétrico brasileiro. Desse modo, a eficiência energética surgiu como uma possibilidade de suprir a crescente demanda de energia elétrica, porém utilizando menos recursos para isso.

Segundo dados do Balanço Energético Nacional de 2015, os edifícios públicos, comerciais e residenciais são responsáveis por mais de 50% do consumo de energia elétrica no Brasil. Esses possuem um alto potencial para práticas eficientes de uso de energia e para redução dos custos com faturas de energia elétrica. Estudos realizados comprovaram que nos edifícios os maiores consumidores de energia são provenientes dos sistemas de iluminação e climatização (PROCEL, 2021).

O presente trabalho tem o objetivo geral de desenvolver um estudo da eficiência energética de uma das unidades da Universidade do Estado do Amazonas (UEA): a Escola Superior de Ciências da Saúde (ESA) a partir do levantamento de suas cargas instaladas.

Essa unidade fica no situada na Avenida Carvalho Leal, no bairro Cachoeirinha em Manaus - Amazonas. Esta faculdade ministra seis cursos de graduação, dentre eles Medicina e Educação Física. Possui ainda cursos de especialização e mestrado nas áreas da saúde. Essa instituição é composta de diversas salas de aulas, auditórios e laboratórios variados como o de Enfermagem, de Genética Humana e de Anatomia. A escolha dessa unidade decorreu da acessibilidade proporcionada pela faculdade e pela questão desta unidade não dispor de um estudo de suas cargas.

Dentre os objetivos específicos desse trabalho podem-se citar a realização de um levantamento bibliográfico que consiste em artigos, dissertações e livros que se referem a eficiência energética, mais diretamente a eficiência em prédios públicos juntamente com as normas brasileiras existentes que regem esse segmento. Outra finalidade, é o levantamento das cargas do edifício e análise documental das contas de energia elétrica da instituição. E, por fim, analisar a viabilidade técnica e econômica das soluções que foram sugeridas.

O problema de pesquisa que foi verificado é a inexistência de um estudo das cargas instaladas no prédio da Escola Superior de Saúde, com base nisso pode-se alegar que o edifício é ineficiente energeticamente e possui um alto potencial de melhorias no quesito eficiência energética.

Com base nesse problema, esta pesquisa tem como hipótese que por meio de um estudo de viabilidade técnica e econômica, sendo realizado um levantamento das cargas instaladas na instituição, interpretação e estudo das suas faturas de energia elétrica seja possível propor melhorias que permitam aumentar a eficiência energética desse edifício e conseqüentemente tornar o prédio energeticamente eficiente e reduzir o valor da fatura mensal de energia elétrica.

Esse trabalho se justifica pelo tema escolhido se relacionar devidamente com a necessidade e intensificação da procura por meios que supram a indispensabilidade do uso de energia elétrica para o desenvolvimento das atividades humanas, porém visando formas eficientes para realizá-las e formas conscientes de usá-las. A escolha de um edifício público para aplicar o conceito de eficiência energética foi feita tendo em vista a redução de custos para os cofres públicos e o potencial de melhoria que esse possui.

Com relação a metodologia empregada para o desenvolvimento deste trabalho deve-se ressaltar que devido a pandemia do vírus Covid-19 que se sucedeu no ano de 2020, as aulas presenciais em todas as unidades da Universidade do Estado do Amazonas foram suspensas e até o presente momento ainda não voltaram. As aulas retornaram no formato Digital de Ensino à Distância (EAD). Por esse motivo, não foi instalado equipamentos de medição na unidade da ESA, pois como não há aulas em seu formato presencial as medições não iriam condizer com a verdadeira demanda de energia do prédio quando utilizado em seu formato original presencial e assim foi realizado o levantamento das cargas instaladas no prédio por meio de inspeção visual dos equipamentos para o desenvolvimento deste estudo.

O presente trabalho foi dividido em três capítulos:

O capítulo 1 consiste em uma revisão bibliográfica necessária para a compreensão e realização do trabalho. Foi dado ênfase em conceitos sobre eficiência energética, componentes da tarifa de energia elétrica, iluminação, climatização de ambientes, e análise de investimentos de projeto.

O capítulo 2 demonstra a metodologia que foi usada para o desenvolvimento deste trabalho.

O capítulo 3 apresenta os dados obtidos com o levantamento das cargas instaladas no edifício, análise das faturas de energia elétrica e cálculos sobre a viabilidade econômica e uma discussão a respeito dessas informações.

Para finalizar, são apresentadas as conclusões obtidas a partir da análise e discussão dos resultados obtidos.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Setor Elétrico Brasileiro

O Setor Elétrico Brasileiro (SEB) possui características peculiares relevantes que impactam nas decisões de operação e planejamento. Podendo ser citadas o vasto território brasileiro (8.511.000 km²), as diferentes fontes geradoras de energia (com maior participação da geração hidrológica), interligação dos estados por meio de um sistema de linhas de transmissão de longas distâncias e a participação de agentes distintos na operação das linhas de transmissão.

A reestruturação do setor elétrico brasileiro sofreu alterações e a primeira reorganização ocorreu em meados dos anos 90, com a Lei n° 9.427, de 26 de dezembro de 1996 onde foi instituída a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a Lei n° 9.648, de 27 de maio de 1998, que estabeleceu as regras de entrada, tarifas e estrutura de mercado. (SILVA; BARCELOS; SANTOS Jr., 2017).

Uma segunda reforma aconteceu no ano de 2004, com a Lei n° 10.848, de 15 de março de 2004, que alterava as antigas regulamentações e dispunha sobre a comercialização de energia elétrica, que mudou significativamente esse ambiente.

Segundo Unsihuan y e Perondi (2016) este novo modelo obrigava os agentes de distribuição a contratar a totalidade de sua demanda, e essa contratação se dava por meio de leilões no ambiente de contratação regulada (ACR). Nesta Lei, foi criada a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – (CCEE), que seria a responsável por viabilizar a comercialização de energia, além de gerenciar a contratação de energia tanto no ambiente regulado (ACR) quanto no ambiente livre (ACL), e realizar a contabilização e liquidação financeira das operações firmadas no mercado de curto prazo.

De acordo com Silva, Barcelos e Santos Jr. (2017) apud Cartilha do Ministério de Minas e Energia, (2017) esta fez um apontamento sobre as principais mudanças do chamado novo modelo institucional, como por exemplo o retorno do poder Executivo (Ministério de Minas e Energia) como concedente, papel anteriormente desempenhado pela Aneel. A competição na geração com a licitação para a menor tarifa, o redirecionamento para contratos de longos prazos e criação dos dois ambientes de contratação de energia.

Conforme a CCEE, em 2004 com a remodelação do sistema elétrico brasileiro, houve a criação de novas instituições e alterações das funções de outras que já existiam. Sendo assim,

o novo modelo institucional criou uma estrutura organizacional, como mostrado na figura 1 abaixo.

Figura 1 - Diagrama Estrutural do novo modelo do setor elétrico.



Fonte: SILVA; BARCELOS; SANTOS Jr., 2017

1.1.1 Conselho Nacional de Política Energética

O Conselho Nacional de Política Energética – (CNPE) é um órgão de assistência ao Presidente da República para elaboração de políticas e diretrizes de energia, com o propósito de realizar o aproveitamento racional dos recursos energéticos do país.

1.1.2 Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico

A função do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico – (CMSE) é de acompanhar e avaliar o desenvolvimento das atividades de geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação de energia elétrica, gás natural, petróleo e seus derivados.

1.1.3 Ministério de Minas e Energia

O Ministério de Minas e Energia – (MME) é um órgão de caráter público federal que tem a responsabilidade de elaborar, implementar e gerir as políticas energéticas do país, de acordo com as diretrizes do CNPE.

1.1.4 Empresa de Pesquisa Energética

A Empresa de Pesquisa Energética – (EPE) tem como intuito realizar pesquisas e análises destinadas a financiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e seus derivados, carvão mineral e eficiência energética.

1.1.5 Agência Nacional de Energia Elétrica

A Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel foi criada com o objetivo de regular o setor elétrico brasileiro. Suas principais competências são de regular e fiscalizar a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, bem como estabelecer tarifas para os consumidores finais. Possui também a função de zelar pela qualidade dos serviços prestados e pela universalização do atendimento (ANEEL, 2020).

1.1.6 Operador Nacional do Sistema Elétrico

O Brasil possui uma malha de produção e transmissão de energia elétrica que interliga seus diferentes estados, conhecido como Sistema Interligado Nacional (SIN). O SIN proporciona que os subsistemas que o compõem consigam transferir energia entre si. O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) possui como sua maior competência a coordenação e controle de operação do SIN.

1.1.7 CCEE e Agentes

A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – (CCEE) foi introduzida com a finalidade de mudar o comércio de energia no Brasil. Ela permitiu a viabilização da comercialização de energia elétrica no SIN. E é a responsável pela promoção de leilões de compra e venda de energia, desde que delegado pela ANEEL; promove a medição e o registro de dados relativos à compra e venda de energia e apura descumprimentos de limites de contratação de energia elétrica e outras infrações.

1.2 Matriz Elétrica Brasileira

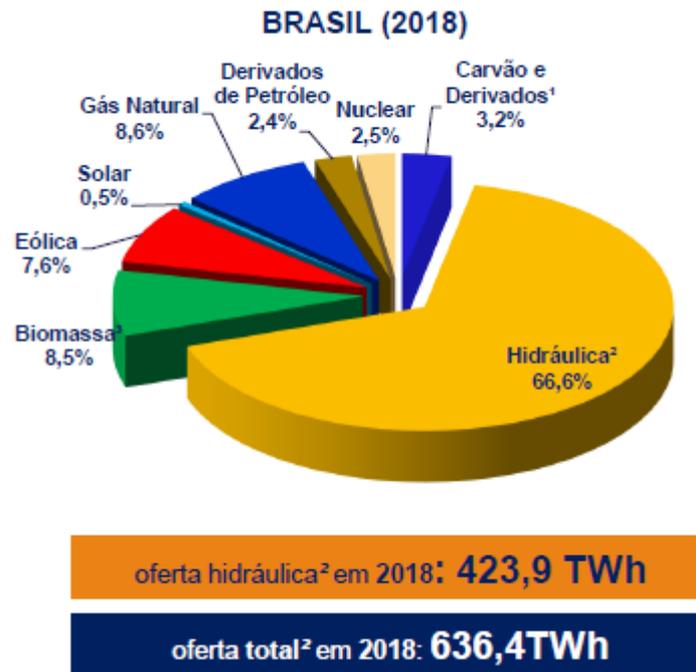
Uma das competências da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), é elaborar, consolidar, documentar e divulgar anualmente os dados relativos à oferta e consumo de energia no Brasil, por meio de um relatório denominado Balanço Energético Nacional (BEN), (Júnior et.al, 2018).

Segundo o Relatório Síntese/ Ano Base 2018 (2019), disponibilizado pela EPE, o BEN é o resultado de uma vasta pesquisa, considerando dados amplos e sistemáticos, visando apresentar informações referentes à disponibilidade e demanda de energia elétrica, contemplando as atividades de exploração de recursos energéticos, sua transformação em fontes secundárias, suas importações e exportações, a distribuição e o uso final da energia brasileira. Este relatório se faz indispensável, pois com base nele pode-se fazer estudos sobre o planejamento energético brasileiro e, ainda pode ser usado em estudos setoriais de energia, sendo um meio confiável para se ter como base em dados de energia do Brasil.

De acordo com EPE (2018), a matriz energética consolida todos os recursos energéticos disponíveis, seja em um estado, país, continente ou no mundo para suprir a demanda de energia. A matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes com o único objetivo que é o de geração de energia elétrica. Logo, pode-se entender que a matriz elétrica está inclusa na matriz energética, porém são distintas.

Conforme o Relatório Síntese/ Ano Base 2018 (2019), a repartição da oferta de energia interna brasileira é de 54,7% para fontes não-renováveis e 45,3% para fontes renováveis. E a matriz elétrica brasileira é composta em 66,6% de usinas hidrelétricas, seguido do gás natural, biomassa e eólica conforme pode-se verificar na figura 2.

Figura 2 - Matriz Elétrica Brasileira.



Fonte: Relatório Síntese/ Ano Base 2018 (2019).

1.3 Análise Tarifária

A priori, havia apenas o sistema denominado de Mercado Cativo ou Regulado de contratação de energia, que consiste em um ambiente tradicional onde a energia é adquirida pelas distribuidoras de cada região no Ambiente de Contratação Regulada (ACR). Nesse sistema, as tarifas pelo consumo de energia são fixadas pela Aneel e estas não podem ser negociadas pelos consumidores.

Porém, foi no ano de 2004 com o chamado Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro e com o Decreto n° 5.163, de 30 de julho de 2004, que o mercado livre de energia se tornou mais popular. Sendo assim, a comercialização de energia elétrica passou a ser desenvolvida em dois cenários, o Ambiente de Contratação Regulada (ACR), constituído pelas distribuidoras e pelos consumidores cativos e o Ambiente de Contratação Livre (ACL), onde se encontram os consumidores livres e especiais.

A reestruturação do setor de energia, acarretou a origem de novas nomenclaturas que são primordiais nesse meio. Como por exemplo: horário de ponta e fora de ponta, período seco e úmido, demanda, demanda medida, demanda contratada e ultrapassagem de demanda.

A demanda é a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo de 15 minutos. A demanda medida é verificada por medição e é a maior parcela de potência ativa integralizada durante o período de faturamento. A demanda contratada é a potência ativa disponibilizada obrigatoriamente e continuamente pela concessionária no local de entrega, conforme contrato.

A demanda de ultrapassagem é uma parcela da demanda medida que ultrapassa a demanda contratada, caso haja esse excedente a concessionária irá cobrar uma multa baseada no maior valor registrado. Horário de ponta é o período de três horas diárias consecutivas que a concessionária define (exceto aos sábados, domingos e feriados nacionais) onde o custo de demanda e consumo são elevados. E o horário fora de ponta compreende às demais 21 horas do dia. O período seco corresponde aos meses de maio a novembro onde há a menor incidência de chuvas e assim a tarifa é mais cara e o período úmido compreende os demais meses e geralmente possuem uma quantidade maior de chuvas e sua tarifa é mais barata em comparação ao período seco.

1.3.1 Grupos Tarifários

Segundo Correia, Culchesk e Rego (2016) os consumidores de energia elétrica no Brasil são divididos em dois grupos: o grupo A – que corresponde aos consumidores de alta tensão e o grupo B – que correspondente aos consumidores de baixa tensão. E esses grupos são divididos em subgrupos, sendo que no grupo A essa divisão ocorre por tensão da energia fornecida e para o grupo B a divisão se dá com base no tipo de consumidor (rural, residencial, residencial baixa renda).

O grupo A é subdividido em unidades consumidoras de alta tensão (Subgrupos A1, A2, A3), média tensão (Subgrupos A3a, A4) e de sistemas subterrâneos (AS). A Tabela1- Estrutura tarifária do Grupo A organiza esses subgrupos com base em suas classes de tensão:

Tabela 1 - Estrutura tarifária Grupo A.

Subgrupos	Classe de Tensão
A1	Igual ou superior a 230 kV
A2	Entre 88 kV e 138 kV
A3	69 kV
A3a	Entre 30 kV e 44 kV
A4	Entre 2,3 kV e 25 kV
AS	Inferior a 2,3 kV, Sistema Subterrâneo

Fonte: Adaptado Aneel (2020).

O grupo B são os consumidores de baixa tensão que estão ligados em tensões inferior a 2,3 kV e seus subgrupos são: B1 – residencial e residencial de baixa renda; B2 – rural, cooperativa de eletrificação rural e Serviço Público de Irrigação; B3- demais classes e B4 – iluminação pública.

1.3.2 Modalidade Tarifária

Modalidade tarifária é o conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potências ativas. Para o grupo A existem dois tipos de modalidades tarifárias.

A modalidade tarifária verde que se aplica apenas para consumidores do grupo A e é opcional para fornecimento de tensão abaixo de 69 kV (quilo – Volts). Essa se caracteriza por tarifas diferenciadas de consumo de energia, considerando o horário de consumo (de ponta ou fora de ponta) e o período do ano (período seco ou úmido) e, possui uma única tarifa para a demanda de potência.

A modalidade horo-sazonal azul é obrigatória aos subgrupos A1, A2 e A3 do grupo A e opcional aos demais consumidores dos subgrupos com potências inferiores a 69 kV. Se considera para o cálculo dessa tarifa preços diferenciados para o consumo de energia elétrica e de demanda de potência, conforme os horários de consumo, isto é, há duas tarifas diferentes para a demanda e para o consumo, considerando se este está em horário de ponta ou fora de ponta. Além, de se levar em consideração também o período do ano que se encontra, seja este seco ou úmido.

1.4 Eficiência Energética

O conceito de eficiência energética pode ser definido como o uso racional de energia elétrica. Por meio dela se torna possível realizar uma atividade utilizando a menor quantidade de recursos energéticos para isso, porém fazendo essa de maneira eficaz.

Sendo a energia primária a energia proveniente diretamente da natureza como o sol, o vento, bagaço da cana-de-açúcar e os combustíveis fósseis. E a energia secundária a resultante de processos de transformações sofridos pela energia primária transformando-as em mais apropriadas para o consumo. Segundo D’Albuquerque, da Silva e Gomes (2017) um dos métodos mais eficazes capazes de aumentar a eficiência energética é sobretudo no processo de transformação da energia primária em secundária reduzindo as ineficiências ao decorrer deste procedimento, que sempre possui algum tipo de perda. Sendo assim, percebe-se que alcançar a completa eficiência energética é intangível, devido ao fato de qualquer processo produtivo sofrer algum tipo de perda.

Contudo, é possível reduzir taxas de desperdícios nos processos de geração, distribuição e transmissão de energia com uma melhor organização, conservação e gestão energética das entidades que compõem esse processo produtivo. Além de poder se utilizar equipamentos e aparelhos que possuem uma melhor eficiência e de forma com que os desperdícios sejam minimizados por meio de boas práticas dos trabalhadores dos serviços de energia.

O uso racional de energia elétrica proporciona uma melhor qualidade de vida, por consequência gera crescimento econômico, emprego e competitividade. As políticas de ações referentes à eficiência energética têm como intuito prever o uso de técnicas e práticas capazes de promover o uso inteligente da energia, reduzindo custos e ocasionando ganhos de produtividade e lucratividade, e ainda proporcionando uma perspectiva de desenvolvimento sustentável (NOGUEIRA, 2007).

A eficiência energética surgiu na década de 70, onde o mundo se viu a frente da primeira crise do petróleo, a crise de 1973 também chamada de “choque do petróleo”, onde por instabilidades políticas por posse de terras entre países do Oriente Médio e intervenção dos Estados Unidos a favor dos israelenses fizessem com que como resposta os países da chamada Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) realizassem um embargo aos norte-americanos e outros países ocidentais que como resultado gerou uma elevação no preço do barril de petróleo, em pouco menos de três meses o mesmo já havia triplicado seu valor. Em 1979, uma nova crise foi instituída devido a revolução fundamentalista que ocorreu neste ano

no segundo maior produtor mundial de petróleo, o Irã. Esse segundo choque teve uma duração maior que o primeiro e gerou também aumentos significativos na compra dos barris de petróleo.

O petróleo nessa época era considerado uma das mais importantes fontes de energia do mundo, e muito utilizado como combustível nos motores à explosão. Contudo, considerando esse combustível não ser um recurso renovável, suas maiores jazidas se encontrarem na área do Oriente Médio, onde a instabilidade política é frequente e as crises que sucederam, os países começaram a investir em novas fontes de energias alternativas e desenvolveram seus próprios programas que promoveram a eficiência nos mais diversos setores existentes e também houve a criação de órgãos de regulamentação e fiscalização.

Também nos anos 70, foi-se evidenciando os impactos ambientais que estavam ocorrendo devido a exploração desenfreada e irresponsável dos recursos naturais pelos países. A Organização das Nações Unidas (ONU) tomando ciência dessa questão organizou uma convenção mundial chamada de Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano que ocorreu na Suécia no ano de 1972. E foi o marco que iniciou o desenvolvimento de políticas ambientais, de pesquisas voltadas à sustentabilidade, criação de instituições voltadas ao meio ambiente e onde a sociedade começou a dar maior importância a questão da preservação e sustentabilidade.

Nesse contexto, no ano de 1997 foi assinado o Protocolo de Kyoto que é um acordo internacional firmado entre países que representassem no mínimo 55% das emissões de gases feitas em 1990. Esse acordo entrou em vigor em 2004 e possuía o objetivo de diminuir a emissão de gases do efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono (CO₂), pelos países mais desenvolvidos e que possuíam maior grau de poluição. Sendo assim, os governos tiveram que realizar medidas para que pudessem alcançar a meta estipulada, dentre essas ações pode-se citar o aumento da eficiência energética em setores relevantes da economia, práticas sustentáveis de florestamento, promoção e pesquisa de tecnologias para se realizar a agricultura e a adoção de novas fontes de energia.

No Reino Unido, o governo investiu na conscientização da população e foram implementadas algumas medidas como controle de aquecimento, melhorias na isolamento de paredes na construção civil, iluminação eficiente, combustíveis alternativos. Na Espanha, o Instituto para a Diversificação e Economia de Energia (IDAE) desenvolveu projetos para o uso de combustíveis limpos e substituição de equipamentos obsoletos. Nos Estados Unidos, as entidades criadas atuaram na exploração de fontes renováveis e na competitividade econômica como meio de abaixar os custos e proteger o meio ambiente. Da mesma forma, demais países

como França, Japão, Dinamarca e Suécia desenvolveram programas similares como meios de fomentar a eficiência energética (DE SOUZA; GUERRA; KRUGER, 2011).

1.5 ISO 50001

O Sistema de Gestão de Energia (SGEn) – ISO 50001 é um certificado internacional e foi criada no ano de 2011. A Organização Internacional de Padronização (ISO) é um meio que fornece um conjunto de critérios que permitem padronizar produtos ou serviços visando aumentar a qualidade desses.

A ISO 5001 tem uma abordagem voltada ao uso da energia elétrica. Ela foi criada com a finalidade de estimular as empresas para fazer a produção e o consumo de energia de forma consciente, consequentemente melhorando sua performance energética, o consumo sustentável, reduzindo custos e contendo os efeitos causados pelos impactos ambientais.

No ano de 2018, a ISO foi reelaborada com termos, definições e maiores informações sobre certos conceitos atualizados, enfatizando a necessidade de maior comprometimento por partes dos funcionários e da alta gerência na implementação de projetos de gestão energética. Essa se baseia em modelos de sistemas de gestão já conhecidos como a ISO 9001 relacionada à qualidade e a ISO 14001 associada à sistema de gestão ambiental.

Essa norma tem como objetivo dar suporte às organizações para aumentar o desempenho energético dessas; promover melhores práticas de gestão energética; fomentar a integração com outros sistemas de gestão como o de segurança e o ambiental, além de reduzir as emissões de carbono na atmosfera, reduzindo assim o efeito estufa. Os conceitos presentes nessa ISO admitem que qualquer edificação, independentemente de seu tamanho, de seu segmento e do seu consumo permitam implementar ações de um planejamento de gestão energética.

1.6 PROCEL

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) foi instituído no ano de 1985 pela portaria interministerial nº 1.877 com a finalidade de realizar as medidas necessárias para efetivação do uso eficiente de energia no Brasil, conscientização da população, investimentos em ações voltadas a preservação de energia em seu uso geral, seja em edificações, indústrias, equipamentos, poder público, iluminação pública; ele permite a economia de energia nos mais diversificados segmentos da economia e permite assim benefícios para a sociedade e para o país.

O Ministério de Minas e Energia coordena este programa e ele é executado pela Eletrobras. Nas suas mais variadas áreas de atuação ele possui o mesmo propósito de racionar o uso de energia, evitando desperdícios e realizando a mesma atividade com menos recursos. De acordo com dados dos relatórios de resultados do PROCEL (2019), desde 1986 a economia de energia total obtida foi de 173,2 bilhões de kWh até 2019.

A Eletrobras pelo âmbito do PROCEL começou a instituir subprogramas com a finalidade de serem mais objetivos para as questões que são destinados como o Selo PROCEL, o PROCEL – Educação, o PROCEL na Indústria, PROCEL – EDIFICA e PROCEL nos prédios públicos.

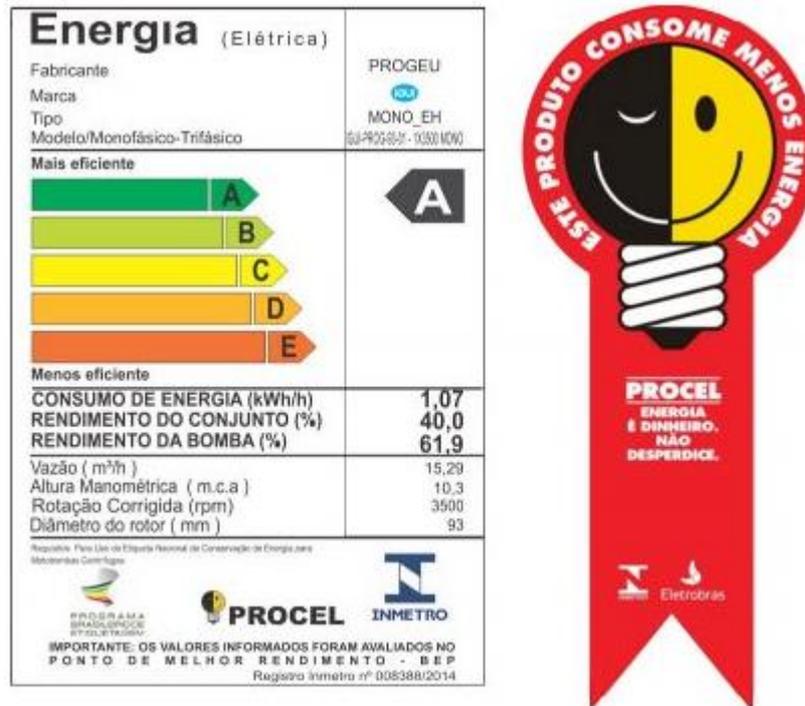
1.6.1 Selo PROCEL

Comumente chamado de selo Procel, o Selo Procel de Economia de Energia foi instituído em dezembro de 1993 e é uma importante ferramenta que foi adotada com a finalidade do consumidor conhecer os equipamentos e eletrodomésticos que estão no mercado, fazendo assim o consumidor ter consciência do qual gasta menos energia e é mais eficiente e assim poder fazer uma escolha responsável.

Visando sua implementação foram realizadas parcerias que fizessem com que o Selo Procel ganhasse maior abrangência e tornasse cada vez mais os equipamentos eficientes. Parcerias firmadas junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), fabricantes e pesquisadores de laboratórios e universidades permitiram que o adesivo indicativo do selo seja etiquetado nos mais variados dispositivos e sendo necessário que os aparelhos realizem testes de qualidade definidos pela Eletrobras e específicos para seu segmento (ar condicionado, geladeira, micro-ondas, lâmpadas) e que sejam aprovados pela sua qualidade por laboratórios credenciados pela Eletrobras.

O selo PROCEL se assemelha ao da Figura 3 – Etiqueta e Selo PROCEL e a classificação de sua eficiência energética é dada pelas letras “A” a “E”, onde o “A” corresponde a produtos que ao serem testados foram classificados como mais eficiente, e o “E” simboliza o menos eficiente. Os demais possuem sua catalogação baseada nas letras entre, sendo elas “B”, “C” e “D”. O adesivo do selo também conta com algumas especificações, como a fabricante do aparelho, sua marca e modelo, o consumo de energia em standby, sua tensão de operação entre outros.

Figura 3 - Etiqueta e Selo PROCEL.



Fonte: PROCEL (2019).

1.6.2 PROCEL Edifica

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL Edifica) foi instituído no ano de 2003 pela Eletrobras/PROCEL, motivado pela crise de abastecimento de energia de 2001 e a Lei de Eficiência Energética também de 2001. Esse subprograma surgiu estimando uma redução de aproximadamente 50% de redução do consumo de energia em novas edificações e 30% nas instalações que fizerem reformas que contemplem os conceitos de eficiência energética.

Esse programa promove o uso eficiente de energia elétrica em edificações brasileiras promovendo a construção de bases necessárias para racionalizar o consumo de energia, incentivando a utilização consciente e a conservação dos recursos naturais, sendo estes água, luz e ventilação. Esse programa consiste em evitar desperdícios e impactos sobre o meio ambiente desde a etapa de fundação no setor da construção civil. As edificações correspondem a cerca de 50% do consumo de energia elétrica faturado pelo Brasil.

1.6.3 PROCEL EPP

No Brasil, a Eletrobras por meio do PROCEL, mais precisamente pelo subprograma denominado Programa de Eficiência Energética nos Prédios Públicos (PROCEL EPP) realiza medidas que possuem a finalidade de reduzir a demanda e o consumo de eletricidade nas instalações prediais públicas.

O programa foi instituído no ano de 1997, pela Eletrobras/PROCEL com o objetivo de nas três esferas do governo: federal, estadual e municipal promover o uso eficiente da energia elétrica nos edifícios públicos. Dentre as atividades desenvolvidas por esse programa pode-se citar que este tem o intuito de reduzir o consumo de energia elétrica, desenvolver projetos pilotos em prédios públicos fazendo toda a documentação e registro dos resultados alcançados, investir na compra de equipamentos para os laboratórios das universidades públicas e disseminar técnicas eficientes para replicação em projetos de sistemas de iluminação, climatização, ou qualquer outro sistema que proporcione a redução do consumo de energia (DA ROCHA, 2012).

Esse subprograma também tem o propósito de fazer com que gestores e servidores se envolvam de forma sistemática em combater o consumo exacerbado de energia elétrica em edificações em todas as esferas do governo, disseminando assim exemplo de boas práticas e contendo o desperdício de recursos públicos e de recursos naturais.

No ano de 2015, pode-se verificar algumas das medidas que o PROCEL-EPP realizou e dentre elas pode-se citar a análise e outorga do Selo PROCEL Edificações ao projeto de *retrofit* do Bloco B da Esplanada dos Ministérios; apoio técnico-operacional para efetivação da Instrução Normativa 02/2014 (IN02) que dispunha sobre regras a serem seguidas ao se realizar alocação ou aquisição de máquinas e/ou aparelhos consumidores de energia pelo setor público federal e o uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos novos de edificações federais ou aqueles que receberem *retrofit*.

1.6.4 Etiquetagem em Edificações

No Brasil, o processo de etiquetagem é diferente para edifícios comerciais, de serviços e públicos e para edifícios residenciais. Essas etiquetas surgiram com a intenção de se tornar uma ferramenta onde os consumidores pudessem decidir pela compra de edificações que possuam níveis elevados de eficiência energética, sendo assim o selo permite a comparação dos imóveis.

As etiquetas podem ser outorgadas tanto na etapa de projeto, na construção do edifício quanto na etapa da edificação construída. A análise quando em etapa de projeto pode ser realizada pelo método prescritivo ou pelo método de simulação, porém quando o imóvel já está construído ele só pode ser analisado *in loco*.

Como já foi citado as edificações brasileiras são avaliadas de forma distintas de acordo com sua categoria. Em edifícios comerciais, públicos e de serviços são analisados a envoltória (paredes e cobertura), o sistema de iluminação e condicionamento de ar. Enquanto nos edifícios residenciais são avaliados a envoltória e o sistema de aquecimento de água e naqueles edifícios multifamiliares também é realizado a análise dos sistemas presentes nas áreas comuns, como a bomba centrífuga e elevadores.

Os selos são emitidos pela Eletrobras após um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA), pelo Inmetro com escopo de Eficiência Energética em Edificações realizar a avaliação do imóvel.

Em 2014, foi instituído o Selo PROCEL Edificações seu objetivo é identificar e classificar as edificações quanto seu grau de eficiência energética em uma dada categoria, fomentando a competitividade no mercado consumidor para a utilização de edificações eficientes. Essa etiqueta é um instrumento de adesão voluntária e outorgado pela Eletrobras.

Para participar do Selo PROCEL Edificações faz-se necessário preliminarmente obter a Etiqueta PBE Edifica, Programa de Etiquetagem Brasileira (PBE). Sendo preciso obter a denominada classe A para os três sistemas avaliados: o sistema de iluminação, climatização e a envoltória da edificação. Ao se realizar o projeto da edificação já nos critérios de eficiência energética os resultados são mais promissores, chegando até 50% de economia e os custos para pô-los em prática são menores.

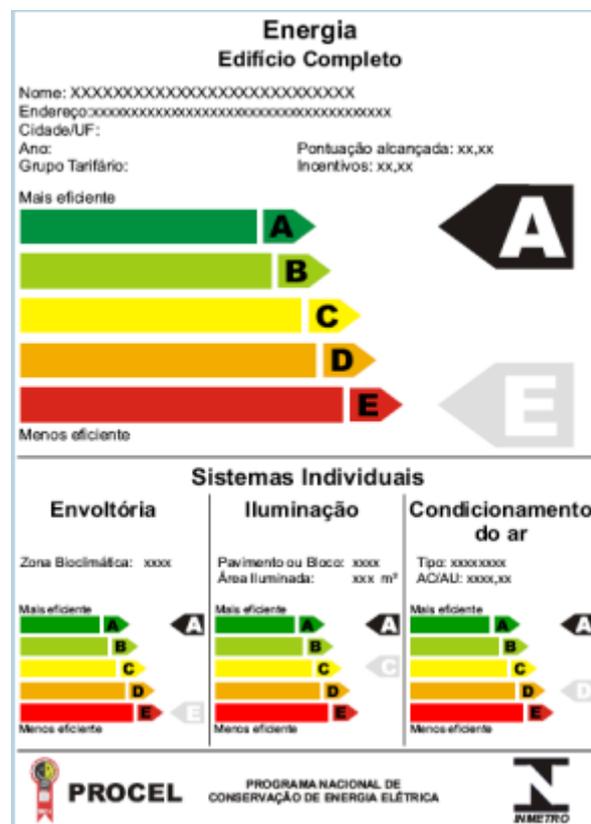
A Etiqueta PBE Edifica classifica os edifícios em A, sendo este o mais eficiente a E, sendo este o menos eficiente. Essa etiqueta se assemelha ao selo encontrado em equipamentos eletroeletrônicos que já foi citado anteriormente. Em agosto de 2014, a Etiquetagem de Edificações se tornou obrigatória para os edifícios da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional. Os projetos começaram a ser desenvolvidos ou contratados obrigatoriamente visando obter a ENCE Geral de Projeto ou Geral da Edificação Construída de classe “A”, segundo a instrução normativa IN 02/2014.

As etiquetas recebem nomes diferenciados dependendo do critério que está sendo observado, quando o parâmetro é eficiência energética a etiqueta é denominada ENCE. Qualquer edificação que desejar receber a ENCE pode solicitá-la e irá recebê-la mesmo obtendo

um mau desempenho na avaliação pois esta é mais uma identificação do que um certificado. O modelo da etiqueta está representado na figura 4 – Etiqueta Nacional de Eficiência Energética.

Os requisitos de desempenho que são avaliados para outorga das etiquetas são estabelecidos em normas e regulamentos técnicos e se baseiam no Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e no Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética em Edifícios Residenciais (RTQ-R) do PBE – Edifica.

Figura 4 - Etiqueta Nacional de Eficiência Energética.



Fonte: PROCEL (2019).

1.7 Iluminação

Para os municípios a segunda maior despesa desses é a iluminação e essa possui um alto potencial para a redução de faturas de energia e uma parcela significativa nas ações a favor do uso racional de energia. Segundo O BEN (2019) no ano de 2018 cerca de 7% de toda energia produzida no Brasil foi consumida pelos órgãos públicos. Esses são de grande interesse da

população pois os prédios operam por meio dos impostos pagos pela sociedade. De acordo com Apolônio; Apolônio e Lambert (2014) o perfil de consumo de energia elétrica de um prédio público demonstra que 24% de toda sua energia consumida é advinda da iluminação.

Os prédios públicos em sua maioria não são muito modernos e não recebem tantos investimentos para melhorias. Recursos só são disponibilizados para tal ação quando há uma alta necessidade e para que a mesma ocorra, deve-se ser comprovada tal necessidade juntamente sendo apresentado um estudo de viabilidade econômica que comprove seu retorno. Fazendo alterações nas iluminações antigas dos prédios pode-se reduzir até 30% a conta de energia de um município e ainda aumentara a eficiência energética dos edifícios.

1.7.1 Lâmpadas Fluorescentes

As denominadas lâmpadas fluorescentes compactas, ou também conhecidas como lâmpadas fluorescente PL são lâmpadas de vapor de mercúrio de baixa pressão. Elas são formadas por um tubo de vidro revestido de um material à base de fósforo, dentro desse tubo há a presença de um gás inerte, o gás argônio e é incluída uma pequena quantidade de vapor de mercúrio. Ao se fornecer energia elétrica nas extremidades da lâmpada, a corrente elétrica flui pelos filamentos em suas extremidades, o aquecimento gera a liberação de elétrons que entram em contato com os gases presentes no interior do tubo, com isso o gás dentro da lâmpada é ionizado e os átomos dos gases como tendência natural tentam retornar a sua condição inicial e assim ocorre a emissão de fótons gerando assim a iluminação da lâmpada.

As lâmpadas fluorescentes, Figura 5, se tornaram uma alternativa mais eficiente quando comparada com as lâmpadas incandescentes, que antigamente eram muito utilizadas. As lâmpadas incandescentes possuem seu funcionamento à base de um filamento de tungstênio que quando uma corrente elétrica atravessa esse filamento transforma energia elétrica em energia térmica que gera iluminação. As lâmpadas incandescentes consomem mais energia, devido ao fato de essa transformar quase toda sua energia oferecida em calor, sendo assim também possuem uma baixa eficiência energética. As lâmpadas fluorescentes já possuem um melhor aproveitamento da energia elétrica que lhe é fornecida, 20% da energia consumida é transformada em luz, quando comparadas com as incandescentes. Também produzem taxas um pouco menores de calor quando comparadas com as incandescentes e possuem uma vida útil maior em média de 7 mil horas a mais. A Figura 6 representa as lâmpadas fluorescentes so tipo compactas.

Figura 5 - Lâmpadas Fluorescentes do tipo tubular.



Fonte: Própria.

Figura 6 - Lâmpadas Fluorescentes do tipo Compacta PL.



Fonte: Própria.

2.7.2 Lâmpadas LED

Os denominados LED's – *Light Emitting Diode* são diodos emissores de luz. O diodo é um componente eletrônico semicondutor feito de germânio ou silício, que possui a propriedade de transformar energia elétrica em luz quando uma pequena corrente elétrica o atravessa apenas em uma polarização (do ânodo – positivo para o cátodo – negativo). Existem LED's de baixa potência – 0,1W; média potência – 0,2W à 0,5W e alta potência – acima de 0,5W. Os de baixa

e média potência são mais usados para sinalizações e decorações, já os de alta potência são utilizados em iluminações gerais.

Substituir lâmpadas incandescentes e fluorescentes por lâmpadas LED's tem se tornado cada vez mais comum devido ao fato das luminárias LED's serem até 80% mais econômicas em relação as incandescentes por uma mesma potência e possuir uma maior durabilidade em relação às lâmpadas fluorescentes e incandescentes (JÚNIOR; GUERRA, 2020).

As lâmpadas LED's, Figura 7, também possuem outros benefícios como por serem constituídas em sua maioria por materiais recicláveis e não possuírem chumbo ou mercúrio possuem um fácil descarte, não sendo necessário uma destinação e disposição final especial. Sua durabilidade é maior e não emitem tanto calor devido ao fato de não possuírem filamento metálico. Não emitem raios ultravioletas e infravermelho.

Logo, a substituição das lâmpadas incandescentes e fluorescentes por lâmpadas LED's possuem uma relevância significativa tanto para o meio ambiente quanto para o consumidor, pois mesmo que essas sejam um pouco mais caras na sua compra, a fatura de energia é reduzida e a sua manutenção é mais demorada, devido sua vida útil ser maior.

Figura 7 - Lâmpadas LED do tipo Tubular.



Fonte: Própria.

1.7.3 Luxímetro

O luxímetro, também chamado de fotômetro é um aparelho que absorve e calcula a iluminância de um local. O aparelho possui uma célula fotoelétrica que capta a luz do ambiente seja esta natural ou artificial e a transforma em corrente elétrica e de acordo com essa corrente ele realiza um cálculo e mostra em seu visor a quantidade de luz referente à corrente medida.

Iluminância conhecida como a intensidade de iluminação, é o fluxo luminoso incidente numa superfície por unidade de área (m^2), pode-se definir também como a quantidade de luz que é refletida em determinada superfície em certa direção e distância. A norma 5413 diz que a iluminância é “limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992, p. 1).

A unidade de medida no Sistema Internacional de Unidades – (SI) para iluminância é o lux (lx). Lúmens (lm) é a unidade de medida para a emissão total de luz visível de uma fonte de luz. Para se fazer a medição existem métodos de verificação dependendo do tipo de área a ser analisada. A NBR 5382 – Verificação de iluminância de interiores dispõem de como fazer essa verificação, onde devem ser feitas as medições e os cálculos a serem utilizados conforme a área do ambiente e a disposição das luminárias.

Se faz necessário a realização de medições da iluminância de um ambiente pois assim é possível garantir um ambiente com uma boa qualidade de iluminação, e esta qualidade propicia uma melhor visualização do ambiente, tornando-o mais seguro para a movimentação de pessoas, permite que as pessoas tenham uma melhor acuidade visual permitindo a execução de tarefas de maneira eficiente, evitando fadiga e desconforto visual e permite um consumo de energia eficiente.

1.8 Climatização

Segundo Apolônio; Apolônio e Lambert (2014) a fatura do consumo de energia elétrica de um edifício público é composta 48% por condicionadores de ar. Os condicionadores de ar têm como objetivo alcançar compatibilidades ambientais e térmicas em um ambiente fechado independente das condições exteriores. Para se realizar o processo de condicionamento de ar deve-se realizar um controle dos níveis de parâmetros do ar no interior de um ambiente como: temperatura, umidade, movimentação, renovação e qualidade.

No Brasil a unidade de medida utilizada para representar a potência do ar-condicionado é a *British Thermal Unit* (Unidade Térmica Britânica) por hora ou BTU/h que equivale a capacidade de refrigeração demandada pelo equipamento para um ambiente. Os principais tipos de aparelhos de ar-condicionado são o tipo janela e o tipo *split*. Os de janela são mais compactos, são geralmente utilizados em residências e ambientes pequenos, possuem um menor preço quando comparado com o tipo *split*, possuem fácil instalação, porém apresentam baixa capacidade nominal máxima e elevado nível de ruído. Os ares-condicionados do tipo *split*, mais

precisamente do tipo *split Hi-Wall*, podem ser usados em áreas residenciais, comerciais e ambientes pequenos, sua instalação é feita na parede, possuem baixo nível de ruído, elevada capacidade nominal máxima, utilizam o gás ecológico: R-410A. Como desvantagem pode-se citar seu custo mais elevado quando em comparação com o tipo janela e maior complexidade e custo na instalação.

Fabricantes de diversas marcas de ar-condicionado estudam novas tecnologias para que esse possua uma melhor eficiência energética. E assim surgiram as tecnologias como a *inverter* (ar-condicionado com inversores). Esta tecnologia diferentemente da convencional possui controle de rotação e conseqüentemente da potência fornecida ao compressor, fazendo-o operar em rotação variável e contínua. A tecnologia *inverter* geram uma economia de 30% no consumo quando comparada à tecnologia convencional. Esta tecnologia também atinge a temperatura desejada em menor tempo de operação, podendo alcançar a mesma temperatura em cerca 30% do tempo da convencional.

1.9 Viabilidade Econômica de Implementação

Ao se fazer um investimento em um projeto seja ele no seu estágio inicial ou já existente, é necessário que seja realizado um estudo de viabilidade para avaliar se tal projeto é economicamente realizável ou não. Portanto, se faz necessário não apenas se ter boas ideias, mas visualizar a atratividade dos investimentos que serão realizados. Um dos indicadores utilizados para tal avaliação é o Valor Presente Líquido e o Prazo de Retorno de Investimento.

1.9.1 Valor Presente Líquido

O valor presente líquido (VPL) é conhecido por ser um método prático, confiável e deve ser calculado em todos os investimentos realizados no âmbito da eficiência energética. Segundo Godinho et. al (2017) ele se define como o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros adequada. Com isso, ele permite que o investidor tenha conhecimento de quais serão os fluxos de caixa do capital investido, fazendo assim com que ele saiba qual retorno que esse projeto lhe concederá ao passar dos anos.

Logo, o VPL é usado para representar a diferença entre os recebimentos e os pagamentos de um projeto de investimento em valores monetários atuais. E pode ser calculado pela equação 1:

$$VPL = -k + \sum_{n=1}^{n=N} \frac{F_c}{(1 + TMA)^n} \quad (1)$$

Sendo:

VPL – Valor Presente Líquido;

k – Investimento inicial;

F_c – Fluxo de caixa descontado que corresponde à diferença entre as receitas e despesas realizadas a cada período considerado, em R\$;

TMA – Taxa Mínima de Atratividade, que é a taxa de desconto usada para representar o valor mínimo que um investimento deve obter;

N – Tempo em anos;

n – Período.

1.9.2 Prazo de Retorno do Investimento

O tempo de retorno do investimento (PRI) é conhecido também por tempo de retorno de capital (TRC) e *payback* e consiste no tempo que será necessário para que o ganho acumulado se torne igual aos valores inicialmente investidos. Ele é um indicador que torna possível que se estime o tempo que o investidor necessitará aguardar para que ele recupere sua aplicação inicial. Seu cálculo pode ser realizado com base na equação 2:

$$PRI = \frac{k}{RM} \quad (2)$$

Onde:

PRI – Prazo de Retorno de Investimento;

k – Investimento inicial;

RM – Ganho no período, valor economizado por mês.

2 METODOLOGIA

À princípio foi feito um levantamento bibliográfico acerca da estruturação do setor elétrico brasileiro e da matriz elétrica brasileira. Juntamente foram ressaltados aspectos para se realizar a análise tarifária de uma fatura de energia. E foram destacados o conceito de eficiência energética, suas normas regulamentadoras, programas desenvolvidos no Brasil para disseminar a eficiência energética nos variados segmentos existentes, como nos eletrodomésticos e construções. Foi explanado também sobre iluminação e climatização seções importantes quando se trata de eficiência energética em um edifício devido suas grandes parcelas no consumo energético das edificações em geral.

Para a realização deste trabalho foi escolhida uma das unidades da Universidade do Estado do Amazonas, a Escola Superior de Ciências da Saúde, Figura 8. Esta é composta por dois prédios, um com 5 andares outro com 4 andares. Neste espaço, são ministrados cursos da área da saúde como Medicina e Enfermagem. Este prédio dispõe de variados tipos de laboratórios, salas de aulas e auditórios.

Figura 8 - Fachada do segundo prédio da ESA.



Fonte: Própria.

A metodologia usada para o desenvolvimento desse trabalho foi baseada em realizar uma análise de aspectos referentes à utilização eficiente de energia no prédio da ESA. Sendo

assim, suas faturas de energia e suas cargas instaladas foram estudadas para que pudessem se propor melhorias que tornassem o edifício mais eficiente energeticamente. Juntamente foi realizado cálculos mostrando o quanto seria investido para se implementar essas melhorias, o quanto elas reduziriam o consumo de energia no prédio e o tempo de retorno do investimento empregado.

O levantamento de cargas é uma ferramenta importante para o desenvolvimento de um estudo energético de um ambiente pois com ele é possível dividir os circuitos em segmentos (climatização, iluminação, motores elétricos e outros) ficando assim mais fácil analisá-los. Esse pode ser desenvolvido utilizando aparelhos de medição como o analisador de energia, que é usado para medir o fluxo de potência (W) em um sistema elétrico. Ou pode ser feito por meio de inspeção visual em cada equipamento verificando as placas de especificações que cada aparelho possui.

Este trabalho não contou com a utilização de um analisador de energia na rede, em virtude da pandemia no momento da realização deste trabalho a ESA não está ministrando as disciplinas de maneira presencial apenas por modo virtual, sendo assim não seria fiel a análise de energia com um analisador para este edifício pois esse não está contando com a presença de muitos funcionários e estudantes.

Contudo pôde-se realizar o levantamento das cargas instaladas na instituição por meio de vistoria visual nas informações técnicas contidas nos equipamentos do edifício. Foi feita a verificação das placas de especificação, exemplificada na Figura 9, e contagem da quantidade de equipamentos eletroeletrônicos contidos em cada departamento (salas, laboratórios, corredores, banheiros) do prédio.

Figura 9 - Exemplo de ficha de especificação.

Electrolux		
ELECTROLUX DO BRASIL S/A CURITIBA - PR - IND. BRASILEIRA C.N.P.J./MF: 76.487.832.0001-25		
MODELO H500	CODIGO COMERCIAL 06506KBB	COR 06
TIPO FREEZER CONS. HORIZ. PNC = 920404927		
N. DE SERIE 54901041		CLASSE MERCADO 5
VOL. TOTAL 477 ℓ	VOL. FREEZER 477 ℓ	
VOL. REFRIG. — ℓ	PRESSAO DE ALTA - BAIXA (1700 / 63) kPa (240 / — 5,5) psig	
GÁS FRIGORÍFICO R134a	CARGA GÁS 165 g	GÁS ISOL. C-PENTANO
CORRENTE 3,3 A	POT. MODELO —	CAPAC. COMP. 21,4 kg/24h
TENSÃO 127 V	FREQ. NOMINAL 60 Hz	FABRILIDADE

MERCADO **0**
 GAS ISOL. C-PENTANO
 MODELO **H500**
 CARGA DE GAS NETO **165g**
 EMBRACO
 N. DE SERIE **54901041**
06506KBB

Fonte: Própria.

Os dados obtidos com o levantamento de cargas da instituição foram dispostos em planilhas e para melhor visualização foram feitas gráficos e tabelas menores para representar os aspectos que serão comentados na próxima seção deste trabalho.

Para a elaboração da análise da tarifa de energia elétrica do prédio foi determinado um período de um ano onde se agrupou as contas de luz e assim dispendo desses dados foi feita uma verificação de alguns aspectos relevantes. Primeiramente, pode-se averiguar dentro desse período à existência de penalizações atribuídas pela concessionária pelo consumo de energia reativa na instituição. Posteriormente, foi analisada se a demanda contratada para o edifício está adequada observando o histórico das demandas medidas referentes à essas faturas no período de um ano. Por fim, foi realizado um estudo fazendo simulações com as tarifas referentes às modalidades tarifárias horo-sazonal verde e horo-sazonal azul verificando assim qual a melhor se encaixa no perfil da instituição.

Em relação ao sistema de iluminação do edifício foi realizada medições com o aparelho denominado luxímetro em algumas áreas escolhidas, como salas de aula e o auditório. Nesses ambientes foram feitas as medições referentes à inspeção luminotécnica conforme as normas específicas. A ABNT NBR 5413 - iluminância de interiores; a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminação de ambiente de trabalho e a NBR 5382 – Verificação de iluminância de interiores foram as normas utilizadas como referência para a realização desse estudo.

Essas normativas definem a forma correta para se realizar as medições com o aparelho luxímetro, Figura 10, referentes a verificação da iluminância nos ambientes escolhidos. Além de estabelecerem os valores de iluminância médias mínimas para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras. Essas, mais precisamente a NBR 5382 especifica os cálculos e quais parâmetros devem ser analisados, como número de luminárias por fila e números de filas de luminárias, para se determinar a iluminância média que o ambiente possui. Por meio de tabelas contidas nas outras normativas já citadas pôde-se fazer averiguação das iluminâncias estipuladas para os locais definidos fazendo a comparação da iluminância média calculada e os valores tabelados, determinando assim se os ambientes estão com uma iluminação de qualidade de acordo com a normas técnicas.

Figura 10 - Luxímetro.



Fonte: Própria.

3 IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 ANÁLISE TARIFÁRIA E CONSUMO DE ENERGIA

Para iniciar o desenvolvimento deste trabalho, primeiramente foi realizada a análise do consumo de energia do edifício da ESA, para isso foi utilizado como referência as faturas de energia no período de um ano, precisamente de fevereiro de 2019 a janeiro de 2020.

Com esses dados, a primeira análise realizada foi o da energia reativa, isto é, se nas faturas de energia havia a presença de taxa a ser paga devido a existência de consumo de energia reativa pela instituição. Foi averiguado que em todos os meses que foram verificados para a realização deste trabalho houve o pagamento de multa devido ao consumo de energia reativa denominada energia reativa excedente, esses dados foram dispostos na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Consumo de energia reativa pela ESA.

Energia Reativa		
Mês	Consumo (kWh)	Valor Pago (R\$)
fev/19	16.200	R\$ 4.719,70
mar/19	10.800	R\$ 3.146,47
abr/19	18.000	R\$ 5.244,12
mai/19	18.000	R\$ 5.244,12
jun/19	18.000	R\$ 5.244,12
jul/19	16.200	R\$ 4.719,70
ago/19	14.400	R\$ 4.195,29
set/19	16.200	R\$ 4.719,70
out/19	16.200	R\$ 4.719,70
nov/19	18.000	R\$ 5.229,41
dez/19	14.400	R\$ 3.830,82
jan/20	14.400	R\$ 3.830,82
Total	190.800	R\$ 54.843,97

Fonte: Própria.

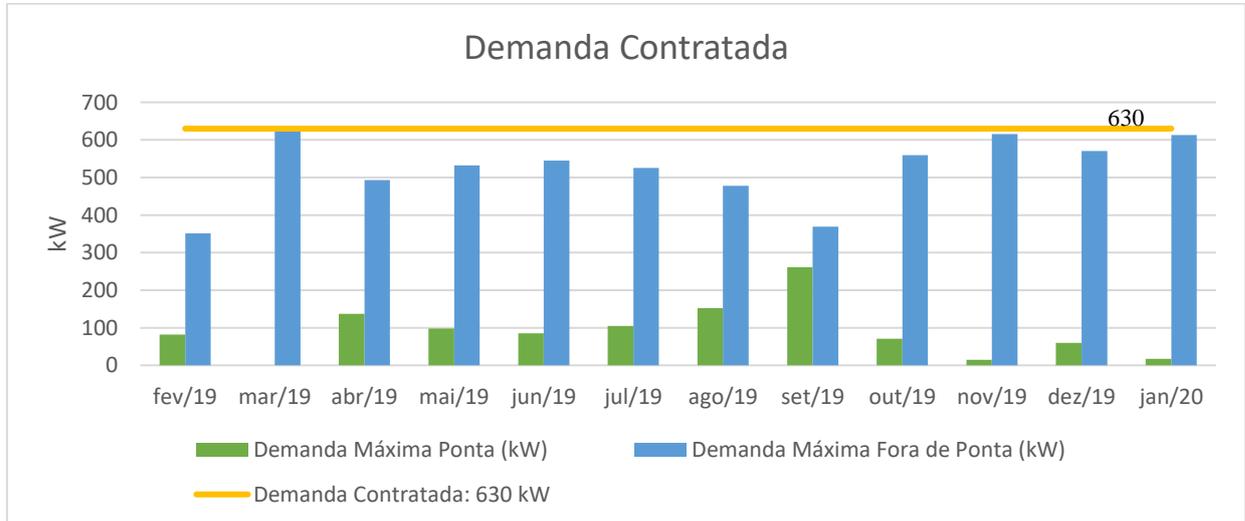
A geração de excesso de energia reativa está atrelada a uma grande quantidade de motores de baixa potência, mal dimensionamento de equipamentos como transformadores e excesso de lâmpadas que fazem uso de reatores, como as fluorescentes. Esse excedente de energia reativa resulta de um baixo fator de potência, sendo assim um método para diminuir e/ou sanar a multa paga todo mês pela instituição seria há realização de um estudo aprofundado de seu fator de potência, isto é, relação entre sua energia ativa e reativa consumida. Desse modo podendo verificar quais circuitos estão produzindo excesso de energia reativa e adotar medidas

de substituição de equipamentos e fazer a correção do fator de potência através do dimensionamento de bancos de capacitores.

Em seguida, foi feita a análise da demanda contratada pela instituição, onde foi verificada se a demanda contratada está dimensionada de forma correta para atender as reais necessidades do edifício. Percebeu-se que em todas as faturas de energia elétrica do período de um ano, de fevereiro de 2019 a janeiro de 2020, não houve o pagamento de multa por ultrapassagem da demanda contratada. Neste contexto, pôde-se concluir que a demanda contratada não está subdimensionada. Porém, para averiguar se esta está superdimensionada, foram analisadas as demandas mensais de energia no horário de ponta e fora de ponta e elaborados gráficos para melhor visualização desses dados.

Levando em consideração os dados da fatura de energia elétrica, pode-se obter o gráfico abaixo que dispõe da demanda máxima (pico) medida fora de ponta e na ponta em colunas agrupadas pelo mês da medição e o gráfico de reta representa o valor da demanda contratada pela instituição atualmente.

Figura 11 – Demanda máxima medida no decorrer de um ano.



Fonte: Própria.

Analisando o gráfico da Figura 11 pôde-se verificar que a demanda está superdimensionada, o que causa um aumento no valor da conta de energia. À vista disso, faz-se necessário haver uma revisão no contrato com a concessionária de energia alterando o valor da demanda contratada com uma nova proposta. A nova demanda deve possuir um valor que durante os próximos 12 meses faça com que a instituição pague o mínimo possível referente à

demanda na parcela de energia e que faça com que a instituição não pague multa em nenhum dos meses por ultrapassagem dos 5% (cinco por cento) dos valores contratados de limite permitidos pela Resolução Normativa nº 414, de 2010 da ANEEL.

Para isso foi observada a Tabela 3 que consta os valores máximos de demanda de ponta e fora ponta medidos pela concessionária no decorrer do ano escolhido, entre fevereiro de 2019 e janeiro de 2020.

Tabela 3 – Demanda Máxima medida ponta e fora ponta.

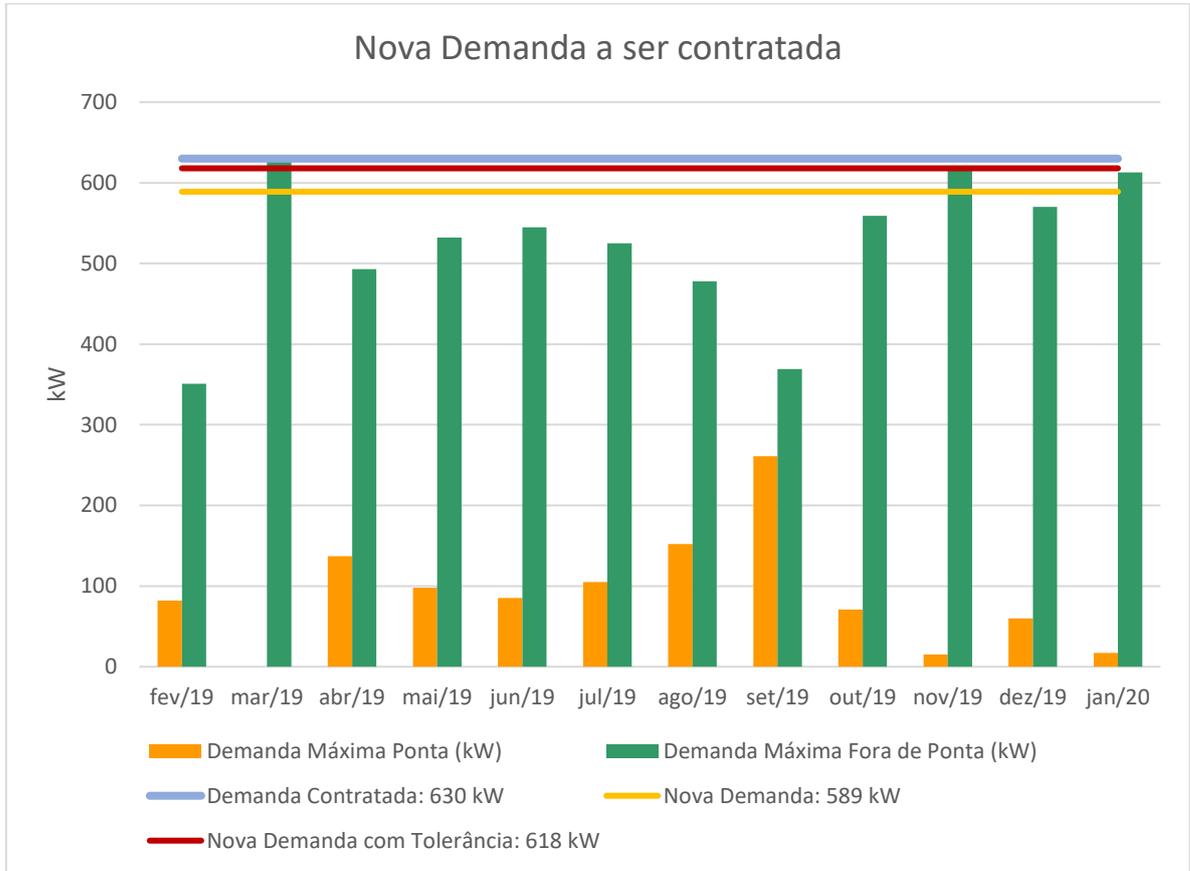
Mês	Demanda Máxima	Demanda Máxima
	Ponta (kW)	Fora de Ponta (kW)
fev/19	82	351
mar/19	0	630
abr/19	137	493
mai/19	98	532
jun/19	85	545
jul/19	105	525
ago/19	152	478
set/19	261	369
out/19	71	559
nov/19	15	615
dez/19	60	570
jan/20	17	613

Fonte: Própria.

Com base nesses dados, chegou-se ao novo valor de demanda de 589 kW, com os 5% do valor contratado esse valor de demanda contratada passa a ser aproximadamente 618 kW. E esse valor permite que todos os meses analisados sejam atendidos e não se pague penalizações devido à ultrapassagem do valor contratado. O gráfico da Figura 12 abaixo permite visualizar a nova proposta de demanda, a nova demanda somada com os 5% de tolerância e a demanda atual contratada pela instituição juntamente com os valores máximos de demanda fora ponta e ponta que foram medidos pela concessionária.

Vale ressaltar que o mês de fevereiro de 2019 não foi levado em consideração para essa análise pois houve a troca do medidor de energia pela concessionária e assim a fatura de energia não contou com os valores de demanda máxima ponta e fora ponta.

Figura 12 – Gráfico da proposta da nova demanda a ser contratada.



Fonte: Própria.

Dando seguimento à análise das tarifas de energia elétrica foi verificado se a modalidade tarifária aplicada à instituição é a mais adequada para a real necessidade do edifício. Para se realizar essa análise foram utilizadas a Resolução Homologatória nº 2.633, 29 de outubro de 2019 e a Resolução Homologatória nº 2.795, 27 de outubro de 2020 que homologa o resultado da Revisão Tarifária Periódica – RTP anual referente à Amazonas Distribuidora de Energia S/A – AmE. Os valores compreendidos nessas resoluções foram aplicados para o ano inteiro, a fim de se realizar uma comparação entre os valores que seriam pagos no período determinado de um ano caso a instituição adotasse a modalidade tarifária horo-sazonal verde ou a azul.

Para se fazer essa comparação foram estipulados valores para a demanda ponta contratada para a instituição. Essa estipulação teve que ser realizada pois a UEA-ESA se encontra na modalidade tarifária horo-sazonal verde e assim só possui uma demanda contratada não possuindo diferença de preço da tarifa para o horário de ponta e fora de ponta, enquanto a modalidade horo-sazonal azul possui essa diferenciação. E para que os cálculos se tornassem mais fiéis a realidade, decidiu-se utilizar a metade do valor da demanda contratada fora ponta.

O valor da demanda contratada pela instituição atualmente é 630 kW. Sendo assim, foi estipulado o valor de 315 kW para a demanda ponta contratada.

A tarifa de energia elétrica é composta pela energia consumida somada aos encargos e tributos. Os encargos estão embutidos nos valores da TE – Tarifa de Energia (R\$/MWh) e na TUSD – Tarifa de uso do sistema de distribuição (R\$/MWh), enquanto os tributos que são pagamentos obrigatórios ao governo para garantir que o poder público desenvolva suas atividades são cobrados a parte. Exemplos de tributos pagos atribuídos à fatura de energia é o PIS (Programas de Integração Social), Cofins (Contribuição para o financiamento da seguridade social), CIP (Custeio do Serviço de Iluminação Pública) e ICMS (Imposto sobre a circulação de mercadorias e serviços).

O poder público e autarquias estaduais são isentos da alíquota de ICMS e dos outros tributos que foram citados. Desta forma, o poder público paga em sua fatura de luz a tarifa de energia somada com a tarifa de uso do sistema de distribuição do seu consumo de energia elétrica, paga um valor referentes as bandeiras tarifárias e o valor da demanda contratada pelo edifício.

A instituição enquadra-se no grupo A unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV e no subgrupo A4 cuja tensão de fornecimento está entre 2,3 kV e 25 kV. Se encontra também na classe poder público, subclasse II – poder estadual ou distrital. Possui demanda contratada superior a 300 kW e dispõe da opção de escolher o enquadramento tarifário mais adequado ao seu consumo entre a tarifa horo-sazonal azul e a tarifa horo-sazonal verde.

As Tabelas 4 e 5 abaixo demonstram qual o preço da energia elétrica kWh para consumo de energia ponta e fora de ponta, dado por R\$/kWh, e o valor da tarifa para demanda ponta e fora de ponta, em R\$/kW, para as modalidades horo-sazonais verde e azul conforme as resoluções homologatórias referentes à revisão tarifária anual dos anos de 2019 e 2020.

Tabela 4 – Tarifas de aplicação para o grupo A (AmE), da Resolução Homologatória nº 2.633, 2019.

Subgrupo	Modalidade		Posto	
			Ponta	Fora de Ponta
A4 (2,3 a 25kV)	Horo-sazonal Verde	Consumo (R\$/kWh)	1,31	0,39
		Demanda (R\$/kW)	17,59	17,59
	Horo-sazonal Azul	Consumo (R\$/kWh)	0,56	0,39
		Demanda (R\$/kW)	31,04	17,59

Fonte: Própria.

Tabela 5 - Tarifas de aplicação para o grupo A (AmE), da Resolução Homologatória nº 2.795, 2020.

Subgrupo	Modalidade		Posto	
			Ponta	Fora de Ponta
A4 (2,3 a 25kV)	Horo-sazonal Verde	Consumo (R\$/kWh)	1,82	0,38
		Demanda (R\$/kW)	28,57	28,57
	Horo-sazonal Azul	Consumo (R\$/kWh)	0,54	0,38
		Demanda (R\$/kW)	52,99	28,57

Fonte: Própria.

Com base nesses valores para consumo e demanda nas respectivas modalidades, pôde-se efetuar o cálculo utilizando as equações 3 e 4:

$$Tarifa(azul) = Tcp * Cp + Tcfp * Cfp + Tdp * Dcp + Tdfp * Dcfp \quad (3)$$

$$Tarifa(verde) = Tcp * Cp + Tcfp * Cfp + Td * Dc \quad (4)$$

Sendo:

Tcp – Tarifa do consumo ponta;

Cp – Consumo ponta;

Tcfp – Tarifa consumo fora ponta;

Cfp – Consumo fora ponta;

Tdf – Tarifa demanda ponta;

Dcp – Demanda contratada ponta;

Tdfp – Tarifa demanda fora ponta;

Dcfp – Demanda contratada fora ponta;

Td – Tarifa demanda;

Dc – Demanda contratada.

Assim, foram encontrados os valores que seriam pagos por mês adotando os dados referentes a Resolução Homologatória nº 2.633, de 2019 e Resolução Homologatória nº 2.795, de 2020, obtendo-se as Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 – Valores simulados para as modalidades tarifárias segundo Resolução Homologatória nº 2.633, 2019.

Mês	Consumo		Demanda		Valor Horó-sazonal Verde		Valor Horó-sazonal Azul	
	Ponta (kWh)	Fora de Ponta (kWh)	Ponta (kW)	Fora de Ponta (kW)				
fev/19	3.600	66.600	315	630	R\$	41.807,52	R\$	48.883,68
mar/19	3.240	89.460	315	630	R\$	50.256,59	R\$	57.602,90
abr/19	5.400	111.600	315	630	R\$	61.736,94	R\$	67.462,38
mai/19	5.400	115.200	315	630	R\$	63.142,02	R\$	68.867,46
jun/19	5.400	120.600	315	630	R\$	65.249,64	R\$	70.975,08
jul/19	3.600	108.000	315	630	R\$	57.965,94	R\$	65.042,10
ago/19	3.600	93.600	315	630	R\$	52.345,62	R\$	59.421,78
set/19	5.400	133.200	315	630	R\$	70.167,42	R\$	75.892,86
out/19	7.200	133.200	315	630	R\$	72.533,34	R\$	76.908,06
nov/19	5.400	127.800	315	630	R\$	68.059,80	R\$	73.785,24
dez/19	5.400	131.400	315	630	R\$	69.464,88	R\$	75.190,32
jan/20	5.400	100.800	315	630	R\$	57.521,70	R\$	63.247,14
Total					R\$	730.251,41	R\$	803.279,00

Fonte: Própria.

Tabela 7 - Valores simulados para as modalidades tarifárias segundo Resolução Homologatória nº 2.795, 2020.

Mês	Consumo		Demanda		Valor Horó-sazonal Verde		Valor Horó-sazonal Azul	
	Ponta (kWh)	Fora de Ponta (kWh)	Ponta (kW)	Fora de Ponta (kW)				
fev/19	3.600	66.600	315	630	R\$	49.859,10	R\$	61.942,95
mar/19	3.240	89.460	315	630	R\$	57.890,70	R\$	70.435,35
abr/19	5.400	111.600	315	630	R\$	70.235,10	R\$	80.014,95
mai/19	5.400	115.200	315	630	R\$	71.603,10	R\$	81.382,95
jun/19	5.400	120.600	315	630	R\$	73.655,10	R\$	83.434,95
jul/19	3.600	108.000	315	630	R\$	65.591,10	R\$	77.674,95
ago/19	3.600	93.600	315	630	R\$	60.119,10	R\$	72.202,95
set/19	5.400	133.200	315	630	R\$	78.443,10	R\$	88.222,95
out/19	7.200	133.200	315	630	R\$	81.719,10	R\$	89.194,95
nov/19	5.400	127.800	315	630	R\$	76.391,10	R\$	86.170,95
dez/19	5.400	131.400	315	630	R\$	77.759,10	R\$	87.538,95
jan/20	5.400	100.800	315	630	R\$	66.131,10	R\$	75.910,95
Total					R\$	829.396,80	R\$	954.127,80

Fonte: Própria.

Pôde-se perceber que tanto para a resolução de 2019 quanto para a mais atual de 2020, os valores referentes ao preço pago por mês na fatura de energia foram mais baratos na modalidade tarifária horó-sazonal verde. Outro fator importante que pôde ser observado foi o

aumento nos valores das tarifas em 2020, o valor da demanda de ponta para a tarifa horo-sazonal azul aumentou em 70,71% fazendo assim a tarifa azul se tornar ainda mais cara quando comparada com a verde. Logo, a modalidade tarifária horo-sazonal verde em que a unidade ESA se encontra é a mais adequada levando em conta o seu consumo mensal.

3.2 LEVANTAMENTO DE CARGAS

3.2.1 ILUMINAÇÃO

Na segunda etapa do desenvolvimento deste trabalho foi realizado o levantamento de cargas instaladas do prédio da Escola Superior de Ciências da Saúde. Este levantamento se desenvolveu por meio de inspeção visual das placas de especificações das lâmpadas, ares-condicionados e outros equipamentos eletroeletrônicos presentes na instituição. Para aqueles aparelhos que não era possível ter acesso às suas especificações ou que não as possuíam foi feito uma averiguação em seus manuais de instruções.

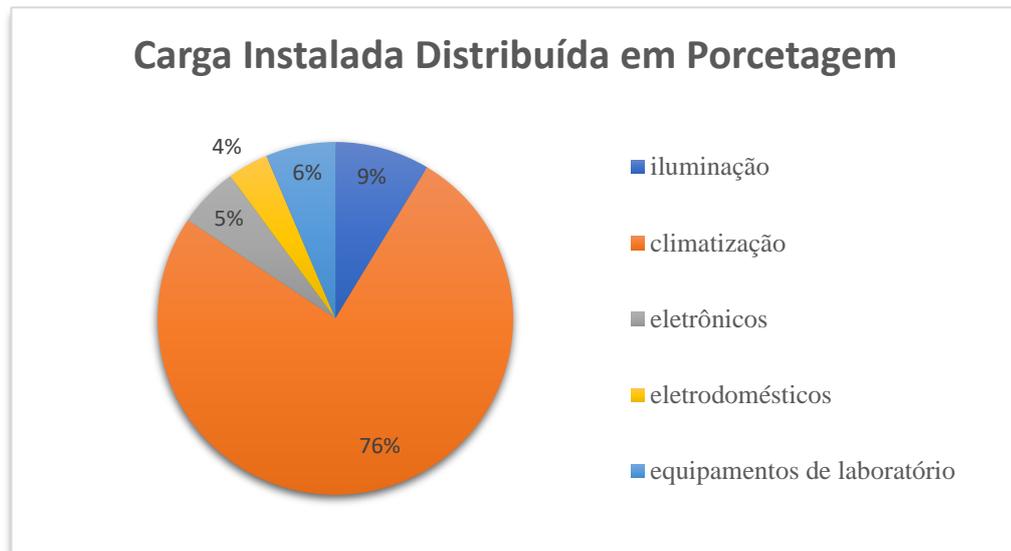
Para a realização do levantamento das cargas do edifício, foram levadas em consideração às potências nominais dos aparelhos, suas quantidades e para aqueles que tinham a sua Etiqueta PROCEL.

Os dados obtidos no levantamento foram expostos em uma planilha e para melhor observação das informações, os aparelhos foram divididos em cinco categorias sendo essas:

1. Iluminação: lâmpadas LED e lâmpadas fluorescentes.
2. Climatização: ares-condicionados de janela de 9.000 BTU/h, 12.000 BTU/h, 18.000 BTU/h, 22.000 BTU/h, 24.000 BTU/h, 30.000 BTU/h, 36.000 BTU/h, 48.000 BTU/h e 60.000 BTU/h.
3. Eletrônicos: projetores e computadores.
4. Equipamentos de Laboratório: autoclave, demanda biológica de oxigênio, câmara científica, câmara de fluxo laminado, destilador, desumidificador, estufa, estufa incubadora, mesa agitadora, microscópio, nobreak e smart serve 1000.
5. Eletrodomésticos: bebedouro, buffet térmico, fogão elétrico, freezer, frigobar, geladeira, micro-ondas.

Com as categorias divididas foi possível realizar um gráfico, representado pela figura 13, em formato de pizza expondo em percentual o quanto cada categoria representa na distribuição das cargas do edifício.

Figura 13 – Gráfico da carga instalada distribuída em porcentagem.



Fonte: Própria.

Em relação à iluminação do prédio, pode-se verificar que em relação ao total de lâmpadas, praticamente metade são do tipo LED's e outra metade fluorescentes. Sendo assim, pode-se afirmar que o prédio quanto à iluminação não é energeticamente eficiente, podendo adotar medidas que melhorem seu desempenho quanto à iluminação.

Figura 14 – Distribuição de lâmpadas na instituição.



Fonte: Própria.

As lâmpadas fluorescentes representaram 46% do total de lâmpadas, o prédio possui 1.242 (mil duzentas e quarenta e duas) lâmpadas fluorescentes. Essas possuem uma vida útil

menor, produzem mais calor, são menos eficientes e consomem mais energia quando comparada as lâmpadas LED's. Sendo assim, se faz necessário uma substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED's, pois essas possuem mais benefícios como uma vida útil maior, consomem até 30% a menos que as fluorescentes e não produzem muito calor, característica que influencia também na climatização do ambiente, pois o ambiente se torna menos quente e assim precisa de menos tempo para atingir à temperatura estipulada.

Nas visitas realizadas na ESA pôde-se perceber que principalmente no segundo prédio algumas salas de aula e laboratórios apresentam janelas de vidro transparente com cortinas ou persianas que auxiliam na iluminação desses ambientes, como pode-se observar nas figuras 15 e 16. Essa medida é considerada eficiente energeticamente pois a iluminação natural auxilia na iluminação artificial, e assim faz com que o ambiente se torne mais iluminado necessitando de menos iluminação artificial em dias ensolarados.

Figura 15 – Sala de aula 3.2.



Fonte: Própria.

Figura 16 – Sala de aula 2.5.



Fonte: Própria.

Na área interna do campus que faz a ligação entre um prédio e outro e é utilizada como área de passagem e como área de descanso para os alunos pôde-se perceber que não há luminárias, a iluminação é realizada totalmente por meios naturais, como pode-se constatar na figura 17 abaixo.

Figura 17 – Área interna do campus.



Fonte: Própria.

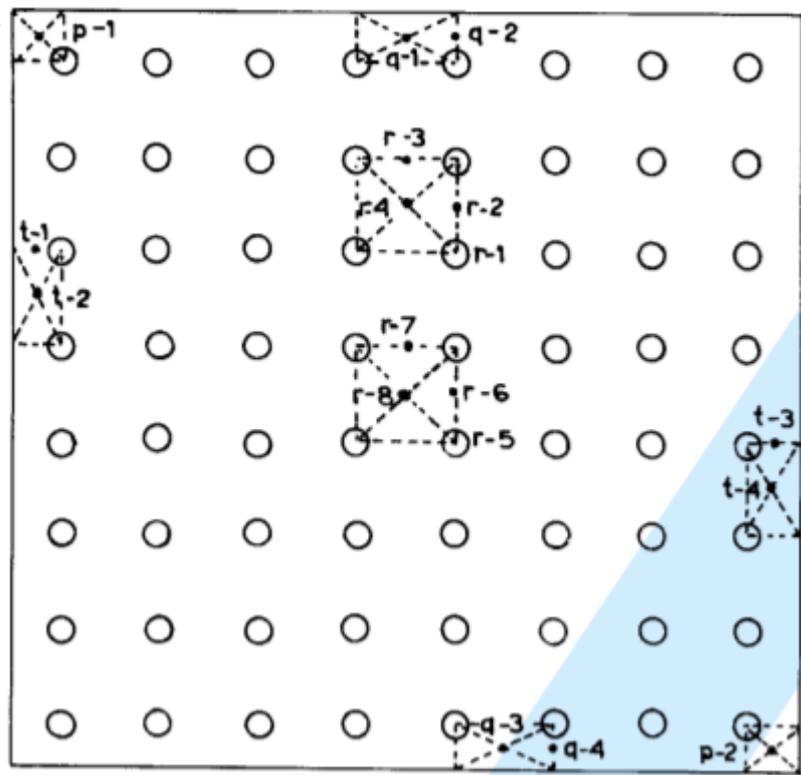
Levando em consideração o aumento da eficiência energética no segmento de iluminação, medidas simples como utilizar sensores de movimento para ligar e desligar as lâmpadas e há utilização de mais iluminação natural principalmente no primeiro prédio tornariam o prédio mais eficiente neste quesito. Outras medidas que podem ser adotadas é a mudança das lâmpadas que utilizam de reatores, como as fluorescentes por lâmpadas do tipo LED e manter as luminárias sempre limpas realizando manutenção, pois a sujeira reduz a iluminância no ambiente.

Foi realizado medições em alguns ambientes da instituição visando verificar as condições de iluminância que as lâmpadas oferecem ao ambiente e se os valores estão dentro do esperado por norma para esses espaços. As áreas escolhidas foram 3 salas de aulas, 1 auditório e 1 laboratório de informática. Conforme a norma NBR 5382 as áreas escolhidas se enquadram na seção 4.1 - campos de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras.

Para a determinação de lux nessas áreas, de acordo com a NBR 5382, primeiramente foram realizadas leituras em uma área central nos lugares r1, r2, r3 e r4. Repetiu-se essa medição

em outra área central nos lugares r5, r6, r7 e r8, calculou-se a média aritmética das oito medições. Depois, foram feitas as medições nos lugares q1, q2, q3 e q4 em duas meias áreas, em cada lado do recinto e calculou-se a média aritmética desses valores. Fez-se também a medição nos quatro locais t1, t2, t3 e t4 e calculou-se a média. E por fim, foram feitas as leituras em dois cantos dos ambientes p1 e p2 e calculou-se sua média aritmética. Esses lugares que foram comentados são apresentados como exemplo na figura 18 abaixo. Todos as leituras realizadas com o luxímetro foram realizadas na altura das carteiras, a 0,75 m do chão.

Figura 18 – Campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras.



Fonte: ABNT NBR 5382 (1985).

Com as médias aritméticas de r, q, t e p, pôde-se realizar o cálculo da iluminância média das áreas, pela equação 5 abaixo, sendo N o número de luminárias por fila e M o número de filas.

$$\text{Iluminância central} = \frac{R * (N - 1) * (M - 1) + Q * (N - 1) + T * (M - 1) + P}{N * M} \quad (5)$$

O auditório escolhido possui 4 fileiras verticais com 16 lâmpadas cada dispostas em 8 calhas com 2 lâmpadas, sendo essas fluorescentes de 26W. A sala de aula 3.3 possui 3 fileiras com 8 lâmpadas de LED de 20W cada, sendo 24 lâmpadas no total. As salas de aula 2.2 e 2.3

escolhidas possuem 3 filas com 8 lâmpadas fluorescentes tubular de 40 W cada, possuindo 24 lâmpadas no total. E o laboratório de informática 5 fileiras com 30 lâmpadas de LED de 9W cada.

Após as medições e os cálculos realizados, foi possível obter a tabela abaixo. A Tabela 8 demonstra a iluminância média calculada conforme descrito acima e a iluminância média tabelada para os espaços que foram selecionados conforme a tabela apresentada na NBR 5413 na seção 5.3 – iluminâncias em lux, por tipo de atividade (valores médios em serviço).

Tabela 8 – Iluminâncias por local selecionado para realização do trabalho.

Lux		
Local	Tabelado	Calculado
Auditório	150	96
Sala 2.2	300	198
Sala 2.3	300	397
Sala 3.3	300	307
Laboratório de Informática	200	296

Fonte: Própria.

Considerando a Tabela 8, pôde-se verificar que o auditório e a sala 2.2 estão abaixo do valor médio estipulado para esses ambientes, porém estão dentro da faixa de iluminância mínima estipuladas para eles. O laboratório de informática e a sala de aula 2.3 estão com valores médio de iluminância superiores aos valores médios tabelados. Enquanto, a sala de aula 3.3 está com iluminância média na faixa do valor médio de iluminância tabelado para salas de aula. Uma boa iluminância no ambiente gera benefícios como redução da fadiga ocular, contribui para a concentração e melhora a acuidade visual.

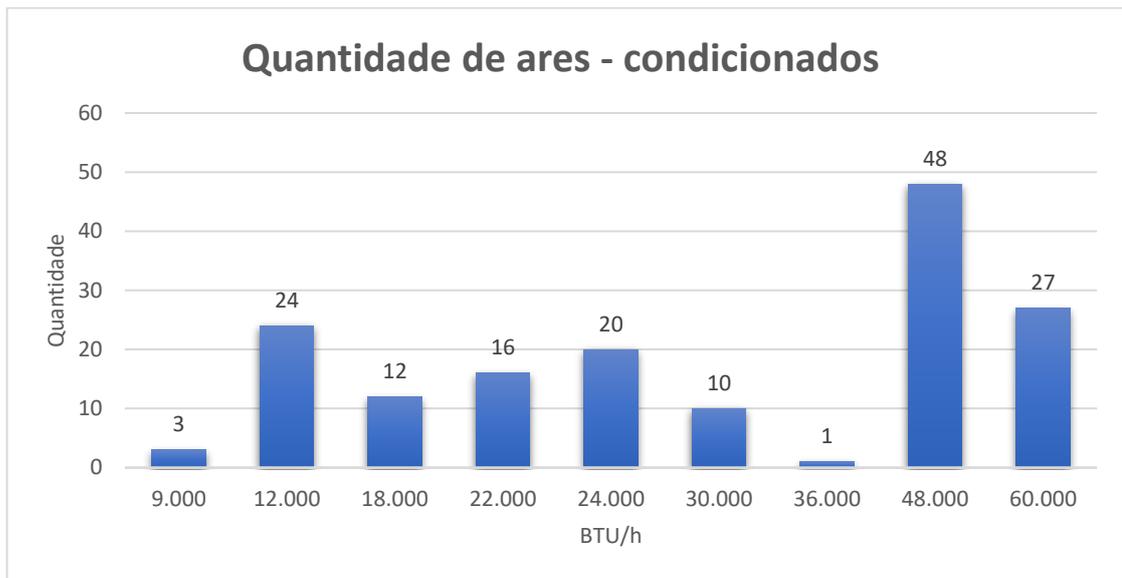
3.2.2. CLIMATIZAÇÃO

Em relação a climatização, notou-se que a maioria dos ares-condicionados presentes no edifício são mais antigos e possuem em sua Etiqueta PROCEL a classificação tipo “C”, que na escala de eficiência energética da etiqueta representam uma eficiência mediana. Notou-se também que o maior consumo de energia elétrica que o prédio possui é advindo da categoria de

climatização. A climatização representa aproximadamente 76% do consumo de energia elétrica do edifício.

A Figura 19 representa em forma de gráfico de colunas as quantidades de ares referentes à capacidade nominal de refrigeração (BTU/h), não fazendo distinção das Etiquetas PROCEL que eles possuem. A instituição no total possui 161 aparelhos de ar-condicionado.

Figura 19 – Quantidade de ares-condicionados.



Fonte: Própria.

Por conta de o segmento de climatização possuir o maior consumo referente à parcela da tarifa de energia elétrica, por muitos dos ares utilizados pela instituição possuírem Etiqueta PROCEL de eficiência energética “C”, serem modelos antigos e demonstrarem ausência de manutenção. Algumas medidas podem ser adotadas visando o aumento da eficiência energética do edifício como realizar periodicamente a limpeza dos filtros dos aparelhos para manter seu rendimento; utilizar temporizadores que permitam desligar e ligar os aparelhos em horários pré-definidos, adoção de papéis adesivos em janelas para que a luz incidente no adesivo seja refletida, fazendo assim com que as paredes esquentem menos; realizar reparos em janelas e portas quebradas; instalar molas áreas nas portas para que elas se fechem sozinhas após abertas.

3.3 VIABILIDADE ECONÔMICA

Considerando, a porcentagem de lâmpadas fluorescentes ainda presentes na instituição foi proposta uma substituição das lâmpadas tubulares fluorescentes de 40W por lâmpadas tubulares LED de 20W. Para saber se esse investimento era viável a se fazer, quanto de

economia mensal e anual se teria na fatura de energia e qual seria o tempo de retorno desse investimento foi realizado um estudo econômico onde se realizou o cálculo de dois métodos econômicos para tomada de decisão em projetos: o VPL (Valor Presente Líquido) e o TRI (tempo de retorno do investimento).

Os cálculos realizados para essa proposta se encontram explicados de forma simplificada abaixo. Vale ressaltar que os valores da tarifa de energia utilizados para a realização desse cálculo são baseados na Resolução Homologatória nº 2.795, de 2020 (a última homologada até o momento da realização deste trabalho) para modalidade horo-sazonal verde. A tarifa foi somada com a bandeira vermelha patamar 2 que foi acionada para o mês de julho de 2021. Logo, os valores da tarifa de energia utilizados estão atualizados para a data de realização do trabalho.

Utilizando os dados obtidos no levantamento de cargas realizado na ESA foi possível projetar o quanto as lâmpadas fluorescentes de 40W consomem por mês de energia elétrica e o valor pago por esse consumo. Considerando 8 horas diárias e 30 dias por mês e o seu consumo sendo de 9,6 kWh/mês. Obteve-se o valor de 9.254,4 kWh/mês e o valor de R\$ 4.394,91 pagos por mês.

Resolveu-se fazer a substituição das lâmpadas tubulares fluorescentes de 40W por lâmpadas tubulares LED de 20W. Considerando 8 horas diárias e 30 dias por mês e o consumo dessa lâmpada sendo de 4,8 kWh/mês. Obteve-se que o valor faturado com as lâmpadas LED é de R\$ 2.197,46 por mês.

A economia em reais obtida com a substituição das lâmpadas é de:

$$R\$ 4.394,91 - R\$ 2.197,46 = R\$ 2.197,46 \text{ por mês.}$$

Por ano essa economia é de R\$ 26.369,39.

Para se fazer a substituição das lâmpadas tubulares fluorescentes de 40W é necessária a troca de 964 unidades. Foi realizada uma pesquisa de orçamentos com diferentes marcas de lâmpadas e a lâmpada tubular LED de 20W escolhida é da marca OSRAM e custa em média R\$ 20,00. Sendo assim, o investimento inicial é de:

$$k = 964 * 20 = R\$ 19.280,00$$

No valor do investimento inicial não foi adicionado valor de mão de obra, pois para a realização do serviço não seria necessário a contratação de um eletricitista terceirizado tendo em vista que a instituição possui em seu quadro de funcionários, eletricitistas.

O fluxo de caixa para este trabalho foi considerado constante, isto é, não foi considerado as alterações tarifárias de energia elétrica ao longo dos anos, nem outras correções como inflação, depreciação e imposto de renda. O fluxo de caixa (F_c) é igual ao valor da economia anual de energia elétrica obtida.

Logo, o valor do fluxo de caixa é de R\$ 26.369,39.

Considerando esses valores e o TMA (Taxa de atratividade ou taxa de retorno) de 4,25% ao ano, foi feito o cálculo do VPL (Valor Presente Líquido) com base na equação abaixo:

$$VPL = -k + \sum_{n=1}^{n=N} \frac{F_c}{(1 + TMA)^n}$$

Com isso, obteve-se que o VPL em 10 anos (n) é igual a R\$ 191.962,98. Esse valor é o quanto se economizaria em 10 anos, porém a partir do primeiro ano de investimento já se teve lucro com a troca das lâmpadas tendo um saldo positivo de R\$ 6.014,47.

Foi realizado o cálculo de tempo de retorno de investimento ou *payback*, pela equação abaixo:

$$TRI = \frac{k}{RM}$$

Sendo k – o investimento inicial de R\$ 19.280,00 e RM – o valor economizado no mês que foi de R\$ 2.197,45. Tem-se que o *payback* desse investimento é de aproximadamente 9 meses.

Os cálculos foram para melhor concepção realizados no Excel. Os valores que foram encontrados estão dispostos na Tabela 9, que mostra os valores que seriam economizados mensalmente e anualmente, o investimento inicial que teria que ser efetuado para elaboração da proposta e os valores obtidos com os cálculos dos métodos econômicos VPL e *payback*.

Tabela 9 – Cálculo para economia no segmento iluminação.

Valor Investido	R\$	19.280,00
Economia Mensal	R\$	2.197,46
Economia Anual	R\$	26.369,49
VPL	R\$	191.962,98
<i>Payback</i>		9 meses

Fonte: Própria.

Com base na Tabela 9 foi verificado que o VPL para esse investimento foi maior que 0 ($VPL > 0$), isto significa que o investimento é viável e o *payback* dele seria de aproximadamente 9 meses. Tendo em vista os cálculos realizados no Excel pôde-se concluir também que no primeiro ano de investimento, este retorna o valor investido e ainda retorna uma economia de aproximadamente R\$ 6.000,00.

Para a categoria de climatização também foi desenvolvido uma proposta para haver economia de energia na fatura mensalmente, consequentemente havendo economia no valor pago pela fatura ao mês. A proposta é de se substituir os aparelhos de ar – condicionado de 48.000 BTU/h que possuem Etiqueta PROCEL “C” e ares – condicionados de 60.000 BTU/h que também possuem Etiqueta PROCEL “C” por ares de mesma capacidade nominal de refrigeração, porém com Etiqueta PROCEL “A” e tecnologia *Inverter*, tecnologia essa mais eficiente e econômica.

Os cálculos que foram realizados para verificação econômica deste investimento se encontram explicados abaixo. Os valores usados para as tarifas de energia elétrica foram os mesmos que foram especificados e usados para o segmento de iluminação.

Utilizando os dados obtidos no levantamento de cargas realizado na ESA foi possível projetar o quanto os ares-condicionados de 48.000 BTU/h e 60.000 BTU/h com Etiqueta “C” consomem por mês de energia elétrica e o valor pago por esse consumo. Considerando 8 horas diárias e 30 dias por mês. Obteve-se o valor de 1.896 kWh/mês e o valor de R\$ 14.053,24 pagos por mês.

A proposta apresentada faz a substituição de ar-condicionado de 48.000 BTU/h e 60.000 BTU/h de Etiqueta “C” por ares de mesma capacidade de refrigeração, porém com Etiqueta “A” de eficiência energética. A economia em reais obtida com a substituição desses dois tipos de ares é de R\$ 2.322,83 por mês. Por ano essa economia é de R\$ 27.873,97.

A quantidade de ares que se faz necessário realizar a substituição pode ser verificada na Tabela 10 abaixo:

Tabela 10 - Quantidade de ares com Etiqueta "C".

Capacidade de Refrigeração Nominal (BTU/h)	Quantidade com Etiqueta "C"
48.000	14
60.000	17

Fonte: Própria.

O ar-condicionado de 48.000 BTU/h e o de 60.000 BTU/h escolhidos são da marca Elgin e possuem tecnologia *Inverter*. O preço para compra do ar de 48.000 BTU/h é de R\$ 10.150,75 e para o ar de 60.000 BTU/h é de R\$ 9.989,10. Logo, o investimento inicial do projeto seria de:

$$k = (10.150,75 * 14) + (9.989,10 * 17) = R\$ 311.925,20$$

O fluxo de caixa para este trabalho foi considerado constante, isto é, não foi considerado as alterações tarifárias de energia elétrica ao longo dos anos, nem outras correções como inflação, depreciação e imposto de renda. O fluxo de caixa (F_c) é igual ao valor da economia anual de energia elétrica obtida.

Tem-se que o valor do fluxo de caixa é de R\$ 27.873,97.

Considerando esses valores e o TMA (Taxa de atratividade ou taxa de retorno) de 4,25% ao ano, foi feito o cálculo do VPL (Valor Presente Líquido) com base na equação abaixo:

$$VPL = -k + \sum_{n=1}^{n=N} \frac{F_c}{(1 + TMA)^n} \quad (1)$$

Com isso, obteve-se que o VPL em 10 anos (n) é igual a -R\$ 88.629,97.

O cálculo de tempo de retorno de investimento ou *payback* foi realizado utilizando a equação abaixo:

$$TRI = \frac{k}{RM}$$

Sendo k – o investimento inicial de R\$ 132.123,90 e RM – o valor economizado no mês que foi de R\$ 2.322,83. Tem-se que o *payback* desse investimento é de 134,28 meses, aproximadamente 11 anos e 2 meses.

Os cálculos foram originalmente desenvolvidos no Excel e alguns dos valores obtidos mais relevantes se encontram na Tabela 11.

Tabela 11 – Cálculos para economia no segmento climatização.

Valor Investido	R\$	311.925,20
Economia Mensal	R\$	2.322,83
Economia Anual	R\$	27.873,97
VPL	-R\$	88.629,97
<i>Payback</i>		11 anos e 1 mês

Fonte: Própria.

Em relação a Tabela 11 que demonstra os cálculos realizados visando economia de energia no segmento de refrigeração, verificou-se que o VPL calculado para o período de 10 anos apresentou um valor negativo ($VPL < 0$), tornando assim essa proposta não atrativa de ser realizada e o prazo de retorno desse investimento seria com aproximadamente 11 anos e 1 mês

CONCLUSÃO

A partir dos dados analisados no decorrer deste trabalho, foi possível atingir o objetivo geral especificado de realizar um estudo de eficiência energética na unidade da Escola Superior de Ciências da Saúde pertencente à Universidade do Estado do Amazonas, com o intuito de elaborar propostas de melhorias para a eficiência energética do edifício e fazer um estudo econômico das soluções que foram sugeridas.

Primeiramente, foi analisado à fatura de energia elétrica da instituição no período de um ano, de fevereiro do ano de 2019 a janeiro do ano de 2020. Com isso, pôde-se verificar que todos os meses possuíram cobrança de multa referente ao consumo de energia reativa pelo edifício. Esse consumo foi de 190.800 kW no período de um ano, que gerou um valor de R\$ 54.843,97 a serem pagos. Esse consumo pode ser explicado por mal dimensionamentos de equipamentos e de transformadores e/ou também por funcionamento de motores trabalhando à vazio em um período. Em relação a essa análise não foram realizadas sugestões de melhorias devido a questão de tempo e recursos que teriam que ser dispostos para uma análise mais profunda das reais causas desse consumo excedente de energia reativa, que pode ser escopo de trabalhos futuros.

A demanda contratada pela instituição atualmente é de 630 kW. A demanda contratada foi analisada para que se pudesse verificar se ela se encontra subdimensionada ou superdimensionada, e assim determinar um valor adequado ao consumo do prédio. Constatou-se que não havia multas por ultrapassagem de demanda nas suas faturas, sendo assim ela não está subdimensionada. Com gráficos e tabelas gerados a partir da demanda máxima ponta e fora ponta que foram medidas pela concessionária, foi verificada que a demanda contratada se encontra superdimensionada, isto é, em nenhum dos meses analisados a demanda máxima medida atingiu o valor de 630 kW e nem o seu limite de tolerância de 5% da demanda contratada (661,5 kW).

Considerando essa observação foi deduzida uma nova proposta de demanda para a instituição. A nova demanda passaria a ser de 589 kW e considerando os 5% de tolerância chegaria ao valor de 618 kW atendendo assim todas as demandas máximas que foram medidas durante o período de um ano estipulado. A redução de 6% do valor da demanda contratada considerando a última resolução da Aneel para reajuste tarifário (n° 2.795) modalidade tarifária horo-sazonal verde causaria uma economia de aproximadamente R\$ 2.6000,00 por mês e R\$ 31.200 anualmente. Sendo assim, é válida a revisão do contrato de energia com a concessionária.

A modalidade tarifária em que a instituição está enquadrada também foi estudada para averiguar se essa é a mais apropriada considerando seu consumo mensal. Para isso, foi realizada uma comparação com os valores das modalidades tarifárias horo-sazonais verde e azul utilizando como referência os valores da tarifa para o ano de 2019 e 2020. Em ambos os casos se verificou que a modalidade tarifária horo-sazonal verde é a que permite um menor valor no preço total da fatura de energia, isso se deve ao fato da instituição funcionar em sua maior parte em horário comercial (8 h as 18h) fazendo assim com que consumo ponta que possui uma tarifa maior quando comparada à modalidade azul não tenha tanta relevância.

A segunda etapa do trabalho foi o levantamento de cargas do prédio, fazendo as divisões de suas cargas em categorias para melhor visualização de seu consumo. As duas categorias que se destacaram foi a climatização com 76% do consumo de energia total e a iluminação com 9% do consumo total.

Em relação a iluminação, pôde-se verificar que aproximadamente metade do edifício utiliza lâmpadas LED's e outra utiliza fluorescentes. Com esse resultado, o prédio no quesito iluminação se demonstra energeticamente ineficiente e fez-se necessário a elaboração de uma proposta de melhoria. Contudo, observou-se que o prédio possui em muitos ambientes janelas transparentes apenas cobertas por cortinas que auxiliam com a iluminação artificial de diversos ambientes dentro da instituição, como salas de aulas e laboratórios.

A proposta elaborada para a iluminação foi a substituição de lâmpadas tubulares fluorescentes de 40W por lâmpadas LEDs de 20W correspondentes. Essa modificação geraria uma economia mensal na conta de energia de R\$ 2.197,46. Para esta proposta foi calculado métodos econômicos para verificar a viabilidade da implementação desta sugestão. Os valores obtidos apresentaram que para se realizar a alteração proposta teria que ser feito um investimento inicial de aproximadamente R\$ 20.000,00, porém com apenas 9 meses esse dinheiro seria retornado devido à economia que se obteria na fatura de energia.

Considerando ainda o segmento de iluminação foi realizado medições em alguns espaços com o equipamento denominado luxímetro para verificação da iluminância dos ambientes e assim pôde-se concluir que todos os ambientes verificados possuem uma quantidade aceitável de lux, tornando-os lugares confortáveis para desenvolvimento de atividades quanto à iluminação.

Para o segmento climatização foi apresentada a proposta de se substituir 14 aparelhos de ar-condicionado de 48.000 BTU/h e 17 de 60.000 BTU/h que possuem Etiqueta "C" por novos com tecnologias *Inverter* de mesma capacidade de refrigeração e Etiqueta PROCEL "A".

Após a realização dos cálculos de viabilidade econômica averiguou-se que mesmo com uma economia anual de R\$ 27.873,97 na conta de energia elétrica. Esse investimento não é viável considerando o período de 10 anos, pois esse só retornará o valor do investimento inicial de R\$ 311.925, 20 em 11 anos e 1 mês.

Sendo assim, pôde-se concluir que com algumas melhorias simples nos segmentos de iluminação e climatização fariam com que a instituição se tornasse energeticamente eficiente. E que para as propostas elaboradas, quanto a iluminação seria um bom investimento a ser feito pois o retorno seria no prazo de menos de um ano. Quanto a climatização, o investimento proposto não foi viável para o prazo de dez anos contudo visando melhoria contínua da eficiência do prédio e quando houver a necessidade da troca dos aparelhos de ar-condicionado que esses sejam substituídos por equipamentos com etiquetas PROCEL “A” e com tecnologias mais modernas.

Para trabalhos futuros, pôde-se indicar realizar um estudo aprofundado do histórico de massas da instituição juntamente com seu fator de potência. E assim, propor melhorias para diminuir a energia reativa excedente que se faz presente em todas as faturas de energia e também melhorar o fator de potência da ESA que é baixo atualmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A Aneel. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/a-aneel>. Acesso em 31 de maio de 2021.
- APOLÔNIO, Daniel; APOLÔNIO, Roberto; LAMBERT, José Antônio. Iluminação com eficiência energética. Mato Grosso, novembro, 2014. Disponível em: <<https://www.osetoreletrico.com.br/iluminacao-com-eficiencia-energetica/>>. Acesso em 20 de junho de 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5382: Verificação de iluminância de interiores. Rio de Janeiro, p. 1, 1985.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, p. 1, 1992.
- BRASIL. ANEEL. **Resolução Homologatória nº 2.633 de 29 de outubro de 2019**. Homologa o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2019, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes à Amazonas Distribuidora de Energia S/A – AmE, e dá outras providências. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20192633ti.pdf>>. Acesso em 5 de julho de 2021.
- BRASIL. ANEEL. **Resolução Homologatória nº 2.795 de 27 de outubro de 2020**. Homologa o resultado da Revisão Tarifária Periódica – RTP da Amazonas Distribuidora de Energia S/A – AmE, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD, e dá outras providências. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20202795ti.pdf>>. Acesso em 01 de julho de 2021.
- BRASIL. ANEEL. **Resolução Homologatória nº 414 de 9 de setembro de 2010**. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?version=1.0>>. Acesso em 06 de julho de 2021.
- BRUNDTLAND, Gro; KHALID, Mansour; AGNELLI, Susanna; CHIDZERO, Bernard; FADIKA, Mohammed; MAUFF, Volker. Report of the world Commission on Environment and Development: —Our Common Future. Oslo, p. 374, 1987.
- CORREIA, P.J.; CULCHESK, A. S.; REGO, E.E. *Is the energy tariff expensive for captive customers in Brazil?* IEEE Latin America. vol.14, n.º 11, novembro, 2016.

D'ALBUQUERQUE, M. A. N.; DA SILVA, R. M.; GOMES, M. L.B. Eficiência Energética em uma edificação pública: Uma análise de possibilidades. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*. v. 12, n.4, p. 462-470, outubro, 2017.

DA ROCHA, Afrânio Cosmo Gonçalves. Eficientização energética em prédios públicos: um desafio aos gestores municipais frente aos requisitos de governança e sustentabilidade. São Paulo, 2012.

DE SOUZA, Andréa; GUERRA, Jorge Carlos Correa; KRUGER, Eduardo Leite. Os programas brasileiros em eficiência energética como agentes do reposicionamento do setor elétrico. *Revista Tecnologia e Sociedade*. 1 ed. 2011.

DIAS. Adriano Batista. Crise energética e a perspectiva de aumento da dependência tecnológica. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, v.38, n.º 4, p. 287-307, dezembro, 1984.

EPE. Balanço Energético Nacional 2015: Ano Base 2014. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, 2015.

EPE. Balanço Energético Nacional 2019: Ano Base 2018. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, 2019.

GONÇALVES, Carlos. Repensar o desenvolvimento sustentável através da resiliência evolutiva: um debate em curso. *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias Sociales*, Barcelona, vol. 22, n.º 1.187, 2017.

JULIANI, Lucélia Ivonete; BARBISAN, Ailson Oldair. Crises de Energia nas Crises do Sistema Capitalista. *Revista Científica Tecnológica – Uceff Faculdades*, Santa Catarina, v. 1, n.º 1, 2014.

JÚNIOR, Francisco Edson Gomes de Moraes; GUERRA, Fabiana Karla de Oliveira Martins Varella. Eficiência energética em prédios públicos: análise da inserção de lâmpadas LED na UFERSA. *R4EM*, Rio Grande do Norte, v.2, nº 1, p. 122-133, setembro, 2020.

JÚNIOR, Geraldo Alves Pereira et al. *Some Considerations about Development Research and Development Projects on Energy Efficiency in the Brazilian Electrical Systems*. 2018 Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE). Niterói, 2018.

NOGUEIRA, F. H. F. M. Política de Ação: Eficiência Energética. Secretaria Estadual de Planejamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2007.

PROCEL. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD}>>. Acesso em 06 de junho de 2021.

SILVA, A.T.C; BARCELOS, S.L.S.L; SANTOS JR, B.F. *Study cases of consumers migration from captive energy Market to free energy market*. 2018 Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE). Niterói, 2018.

UNSIHUAY, C.; PERONDI, G. *Energy purchasing strategy on the brazilian regulated electricity Market: a Fuzzy Model*. IEEE Latin America. vol. 14, n° 2, fevereiro, 2016.