



Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Engenharia Elétrica e Informática  
Departamento de Engenharia Elétrica e Informática

**Estudo sobre Gestão de Energia em Instituições de  
Ensino Superior visando a Gestão de Energia no  
Campus I da Universidade Estadual da Paraíba  
(UEPB)**

Alan Soares Barbosa

Campina Grande, PB  
Julho de 2019

Alan Soares Barbosa

**Estudo sobre Gestão de Energia em Instituições de Ensino Superior visando a Gestão de Energia no Campus I da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)**

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, campus Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica

Orientador: Professor Luis Reyes Rosales Montero, D. Sc.

Campina Grande, PB  
11 de Julho de 2019

Alan Soares Barbosa

**Estudo sobre Gestão de Energia em Instituições de Ensino Superior visando a Gestão de Energia no Campus I da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)**

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, campus Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.*

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Roberto Silva de Siqueira**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Professor Luis Reyes Rosales Montero, D. Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador

*Dedico esse trabalho aos meus pais,  
que sempre me apoiaram nas minhas  
decisões que me fizeram chegar até aqui*

## Agradecimentos

Acima de tudo, gostaria de agradecer ao meu pai, Paulino, e à minha mãe, Eirivania, por poderem me proporcionar essa experiência mais do que gratificante que foi viver em Campina Grande como estudante de Engenharia Elétrica. Sem sua compreensão e apoio, essa jornada nunca teria começado e muito menos terminado.

Além dos meus pais, gostaria de agradecer ao meu irmão, Hildegard, por também sempre me apoiar e me dar suporte para conseguir concluir essa jornada. Quando a família nos apoia, tudo fica mais fácil.

Outro grande alicerce nessa jornada foram meus amigos. Posso citar muitos, porém, acredito que a lista de agradecimentos só deva ter uma página. Dessa forma, gostaria de citar os que mais dividiram os perrengues e viotes dados no decorrer do curso, como Fidelis e Ana. Além dos amigos que dividiram diretamente os perrengues, também merecem ser citados os que dividiram indiretamente, como Davi, Naná, Paulo, Darlan, Gabriel, Thiago, Helton, Ismael, João Rubens, Joaquim, Abmael, Cristian e Nielton. Saibam que sem suas parcerias e irmandade, essa jornada talvez nem tivesse sido concluída. Especialmente Ana, que sempre me deu suporte quando precisei, principalmente nessa reta final, que botou óleo na engrenagem quando ela já estava quase parando.

Sem esquecer de agradecer a Roko e Wika, por proporcionarem grandes momentos de emoção e aventura.

Por fim, gostaria de agradecer ao meu orientador Luis Reyes, por me acompanhar e mostrar o caminho das pedras que eu deveria seguir para concluir esse trabalho.

## Resumo

Tendo em vista a atual demanda pelo uso consciente dos recursos energéticos e a busca pelo uso racional do investimento público aplicado, faz-se necessário sempre buscar melhorias em todos os setores em que há um grande investimento aplicado. O setor elétrico nas instituições públicas de ensino é uma área que muitas vezes acaba sendo negligenciada pela administração. Esse é um setor em que uma má administração pode acarretar em grandes perdas desnecessárias de dinheiro. Por outro lado, quando bem administrado, pode trazer muitos benefícios, tanto financeiro, quanto social, e que envolve toda instituição de ensino.

Dessa forma, esse trabalho busca fazer uma análise da atual situação que se encontra o setor elétrico no campus I da UEPB, bem como buscar melhorias quando viu-se necessário.

**Palavras chave:** Energia Elétrica, Gerenciamento de Energia, Eficiência Energética

## Abstract

Given the current demand for the conscious use of energy resources and the search for the rational use of public investment, the seek for improvements in all sectors where there is a large investment is very necessary. The electrical sector in public educational institutions is an area that often ends up being neglected by the administration. This is an area where a not well-planned administration can lead to a large financial loss. On the other hand, when well managed, it can bring many benefits, both financially and socially, and involving every teaching institution.

Thus, this work seeks to make an analysis of the current situation of the electric sector in campus I of the UEPB, as well as seek improvements when necessary.

**Keywords:** Energy Bill, Energy Management, Energy Efficiency

## Lista de Figuras

1	Triângulo de Potências . . . . .	11
2	Valor final da energia elétrica . . . . .	14
3	Lâmpada Incandescente Comum . . . . .	29
4	Lâmpada Refletora . . . . .	30
5	Lâmpada Halógena . . . . .	30
6	Lâmpadas Fluorescentes . . . . .	31
7	Lâmpada Vapor de Sódio . . . . .	31
8	Lâmpada Multivapor Metálico . . . . .	32
9	Lâmpada Vapor de Sódio de Alta Pressão . . . . .	32
10	Lâmpada de LED . . . . .	33
11	Luminária HB-LED LU2 . . . . .	34
12	Luminária HB-LED Leotek SL-75W . . . . .	35
13	Luminária LEDs SSTL-05 . . . . .	35
14	Luminária CAA . . . . .	37
15	Luminária CAC . . . . .	37
16	Luminária CAN . . . . .	38
17	Luminária CES . . . . .	38
18	Aparelho para iluminação usado em teatro, cinema ou televisão, dotado de lente tipo Fresnel, com abertura de fecho variável . . . . .	39
19	Luminária de Sobrepor com Difusor . . . . .	39
20	Selo PROCEL . . . . .	40
21	Comparação Ar Condicionado Inverter x Convencional . . . . .	43
22	Ar condicionado tipo Janela . . . . .	46
23	Ar Condicionado tipo Split . . . . .	47
24	Ar Condicionado tipo MultiSplit . . . . .	48
25	Ar Condicionado tipo SplitCassete . . . . .	48
26	Ar Condicionado tipo Self Contained . . . . .	49
27	Câmpus da UEPB pela Paraíba . . . . .	50
28	UEPB Campus I . . . . .	51
29	Regiões de análise da UEPB . . . . .	52
30	Transformador do Prédio de Odontologia . . . . .	53

31	Transformador do Prédio de Biotério . . . . .	54
32	Lâmpada no Prédio CCT . . . . .	56
33	Lâmpada do Prédio de Ed. Física . . . . .	58
34	Iluminação da Entrada do Campus I . . . . .	59
35	Iluminação do Estacionamento do CCT . . . . .	60
36	Gastos Proporcionais entre os prédios . . . . .	63
37	Dados de consumo do campus I - UEPB . . . . .	64
38	Consumo Grupo A . . . . .	64
39	Consumo Grupo B . . . . .	65
40	Consumo Proporcional do Campus I . . . . .	65
41	Dados do Analisador de Energia no Prédio Central de Aulas . . . . .	66
42	Dados do Analisador de Energia do Prédio de Odontologia . . . . .	67
43	Consumo de Reativos do Grupo A . . . . .	67
44	Consumo de Reativos do Cubículo de Medição . . . . .	68
45	Histórico de Demanda - Central de Administração . . . . .	69
46	Histórico de Demanda - Central de Aulas . . . . .	69
47	Histórico de Demanda - Cubículo de Medição . . . . .	70
48	Histórico de consumo - Biotério . . . . .	71
49	Lâmpada Fluorescente x Lâmpada de LED Tubulares . . . . .	73
50	Fator de Potência - Odontologia . . . . .	77
51	Fator de Potência - 3 Marias . . . . .	77

## Lista de Tabelas

1	Dados referentes à luminária LU2 . . . . .	34
2	Dados referentes à luminária LU2 . . . . .	35
3	Dados referentes à luminária SSTL-05 . . . . .	35
4	Comparação Tecnologia Inverter x Convencional . . . . .	44

## Lista de Abreviaturas e Siglas

A Ampère

CCBS Centro de Ciências Biológicas e da Saúde

CCT Centro de Ciências e Tecnologia

CICE Comissão Interna de Conservação de Energia.

EAD Educação a Distância

EAD Ensino a Distância

HWh Quilowatts-hora

KV Quilovolts

KVA Quilovolts-Ampere

KVar Kilovolts-Amperes-Reativos

KW QuiloWatts

LED Light Emitting Diode

MEC Ministério da Educação

NBR Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas

NDU Norma de Distribuição Unificada

NUTES Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde

PROCEL Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PROINFA Pró Reitoria de Infraestrutura

TCC Trabalho de Conclusão de Curso

UAMA Universidade Aberta à Maturidade

UEPB Universidade Estadual da Paraíba

URNe Universidade Regional do Nordeste

V Volt

W Watt

# Sumário

<b>Lista de Figuras</b>	<b>1</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>3</b>
<b>Sumário</b>	<b>5</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>7</b>
<b>2 Fundamentação Teórica</b>	<b>8</b>
2.1 Sistema Elétrico de Potência . . . . .	8
2.1.1 Subsistemas . . . . .	8
2.1.2 Classes . . . . .	8
2.2 Conceitos e Definições . . . . .	10
2.2.1 Energia Elétrica . . . . .	10
2.2.2 Fatura . . . . .	11
2.2.3 Demanda . . . . .	11
2.2.4 Postos Tarifários . . . . .	12
2.2.5 Períodos Secos e Úmidos . . . . .	12
2.2.6 Consumidor . . . . .	13
2.3 Conceitos em Tarifação . . . . .	13
2.3.1 Composição Tarifária . . . . .	13
2.3.2 Enquadramento Tarifário . . . . .	15
2.3.3 Critérios de Enquadramento . . . . .	16
2.3.4 Faturamento . . . . .	17
2.3.5 Tarifa Branca . . . . .	19
2.3.6 Sistema de Bandeiras . . . . .	20
2.4 Conceitos em Gerenciamento de Energia . . . . .	20
2.4.1 Balanceamento de Cargas Elétricas . . . . .	20
2.4.2 Pré Diagnóstico e Diagnóstico Energético . . . . .	21
2.4.3 Comissão Interna de Conservação de Energia - CICE . . . . .	23
2.4.4 Trabalhando com Fator de Potência . . . . .	24
2.5 Iluminação . . . . .	28
2.5.1 Eficiência Luminosa . . . . .	28
2.5.2 Vida Útil . . . . .	28
2.5.3 Tipos de Lâmpadas . . . . .	28
2.5.4 LED na Iluminação Pública . . . . .	34
2.5.5 Dispositivos Para Modificação Espacial do Fluxo Luminoso Emitido Pela Fonte . . . . .	36
2.6 Climatizadores de Ar . . . . .	39
2.6.1 Selo PROCEL . . . . .	40
2.6.2 Princípio de Funcionamento . . . . .	41
2.6.3 Inovações tecnológicas com baixa consumo e alta eficiência . . . . .	42
2.6.4 Ar Condicionado Central x Individual . . . . .	45
2.6.5 Tipos de Condicionadores de Ar . . . . .	46

<b>3</b>	<b>A Instituição</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>Pré-Diagnóstico das Instalações Físicas</b>	<b>51</b>
4.1	Análise da Situação dos Transformadores . . . . .	52
4.2	Análise das Instalações Prediais . . . . .	54
4.2.1	Região 1 . . . . .	54
4.2.2	Região 2 . . . . .	55
4.2.3	Região 3 . . . . .	56
4.2.4	Região 4 . . . . .	57
4.2.5	Região 5 . . . . .	57
4.2.6	Região 6 . . . . .	57
4.3	Análise da Situação da Iluminação Externa . . . . .	58
4.3.1	Região 1 . . . . .	59
4.3.2	Região 2 . . . . .	59
4.3.3	Região 3 . . . . .	59
4.3.4	Região 4 . . . . .	60
4.3.5	Região 5 . . . . .	60
4.3.6	Região 6 . . . . .	60
<b>5</b>	<b>Pré-Diagnóstico Tarifário</b>	<b>61</b>
5.1	Características das Composições Tarifárias . . . . .	61
5.2	Características de Consumo . . . . .	62
5.3	Análise dos Trafos e Perdas . . . . .	67
5.4	Análise das Demandas . . . . .	68
<b>6</b>	<b>Diagnóstico Energético</b>	<b>71</b>
6.1	Diagnóstico das Instalações Físicas . . . . .	71
6.1.1	Transformadores . . . . .	71
6.1.2	Instalações Prediais . . . . .	72
6.1.3	Iluminação Externa . . . . .	74
6.2	Diagnóstico Tarifário . . . . .	75
6.2.1	Análise de Demandas . . . . .	75
6.2.2	Análise de Reativos . . . . .	76
6.3	Recomendações Gerais . . . . .	78
<b>7</b>	<b>Considerações Finais</b>	<b>79</b>
	<b>Referências</b>	<b>80</b>

# 1 Introdução

No início do século XXI, o Brasil passou por uma crise no setor elétrico e providências foram tomadas a fim de gerar boas consequências: conscientização sobre o uso da energia e participação da sociedade. Essa mudança de paradigma promoveu na população a conscientização sobre a eficiência energética e que esta deve ser mediada via políticas públicas, mudanças de hábitos de consumo e busca por produtos e processos mais eficazes.

Energia é uma das diretrizes principais para o desenvolvimento socioeconômico de um país. A racionalização da mesma pode ser implementada em um curto prazo e com baixo custo através de mudança de hábitos.

Nas indústrias, os pontos principais de desperdício de energia são os motores elétricos, a iluminação e os sistemas de geração de calor ou resfriamento. Estes estão interligados aos métodos de operação, normalização de processos, treinamento e qualificação de colaboradores. Logo, utilizar energia de maneira eficiente tornou-se meta de várias empresas. O comprometimento com o meio ambiente é valorizado no mercado, devido a este fato houve aumento na atividade de estratégias de marketing, buscando melhorar a imagem das empresas.

A política organizacional é fundamental para racionalização de custos da empresa, deve-se produzir de forma que não se desperdice energia ou reaproveite a mesma. Quanto a isso, o empenho dos funcionários é necessário para que alcance um serviço de qualidade e baixo gasto energético. [1]

O setor público consome grande parcela da eletricidade produzida no Brasil, porém observa-se que os prédios públicos possuem grande potencial de redução do consumo de energia, bem como de implantação de ações de eficiência energética.

Machado et. al. (2012) apontam a necessidade de se implantar sistemas de custos no setor público com fins de maior eficiência no processo alocativo, maior eficiência operacional e na fixação de preços públicos e taxas. Neste sentido, a gestão estratégica de custos e redução de custos da energia elétrica fazem com que os três pilares sejam contemplados, ou seja, maior eficiência na alocação dos recursos em políticas públicas, maior rentabilidade com a economicidade e, ainda, a redução dos valores a serem cobrados ou levados à conta do cidadão e contribuinte.[2]

O aumento crescente da demanda e do consumo de energia, proporcionado pelo desenvolvimento das atividades humanas, o uso intensivo de tecnologia, o aumento dos serviços prestados por organizações públicas e privadas e os avanços da ciência, é um fato notório. Esse quadro indica uma perspectiva de desequilíbrio entre a oferta e demanda energética com forte impacto sobre a utilização dos recursos públicos e o meio ambiente. Neste contexto, verifica-se que os prédios públicos, em sua maioria, apresentam oportunidades significativas de redução de custos e de economia de energia a partir da adoção de melhores práticas de gerenciamento das instalações, utilização de equipamentos tecnologicamente mais avançados e eficientes, alterações de características arquitetônicas, e, principalmente, pelas modificações dos hábitos dos usuários e de suas rotinas de trabalho. [3]

## 2 Fundamentação Teórica

### 2.1 Sistema Elétrico de Potência

#### 2.1.1 Subsistemas

O Sistema Elétrico de Potência (SEP) é subdividido em subsistemas de transmissão, subtransmissão e distribuição.[4]

- Transmissão: Alta Tensão (AT)  
Grandes unidades consumidoras: 69 a 800 kV
- Subtransmissão: Média Tensão (MT) e Alta Tensão  
Médias unidades consumidoras: 13,8 a 138 kV
- Distribuição: Média e Baixa Tensão (BT)  
Pequenas unidades consumidoras

#### 2.1.2 Classes

As classes de consumo são as diversas classes aplicadas a cada tipo de consumidor, conforme a Resolução Normativa ANEEL nº 414/2010. As classes de consumo com suas respectivas subclasses são definidas como:

- Residencial
  - Residencial baixa renda;
  - Residencial baixa renda indígena;
  - Residencial baixa renda benefício de prestação continuada da assistência social;
  - Residencial baixa renda multifamiliar.
- Industrial
- Comercial
  - Serviços de transporte, exceto tração elétrica;
  - Serviços de comunicações e telecomunicações;
  - Associação e entidades filantrópicas;
  - Templos religiosos;
  - Administração condominial: iluminação e instalações de uso comum de prédio ou conjunto de edificações;
  - Iluminação em rodovias: solicitada por quem detenha concessão ou autorização para administração em rodovias;

- Semáforos, radares e câmeras de monitoramento de trânsito, solicitados por quem detenha concessão ou autorização para controle de trânsito;

- Rural

- Agropecuária rural;
  - Instalações elétricas de poços de captação de água
  - Serviço de bombeamento de água destinada à atividade de irrigação.
- Agropecuária urbana;
- Residencial rural;
- Cooperativa de eletrificação rural;
- Agroindustrial;
- Serviço público de irrigação rural;
- Escola agrotécnica: estabelecimento de ensino direcionado à agropecuária;
- Aquicultura.

- Poder Público

- Iluminação pública;
- Serviço público:
  - Tração elétrica;
  - Água, esgoto, saneamento;
- Consumo próprio.

A partir de sua classe de consumo e a solicitação de sua demanda, os consumidores serão divididos em grupos. Competirá à distribuidora informar ao interessado a tensão de fornecimento para a unidade consumidora, com observância dos critérios estabelecidos na legislação. Se a concessionária fornece energia em tensão inferior a 2300 Volts, o consumidor é classificado como sendo do “Grupo B” (baixa tensão); se a tensão de fornecimento for maior ou igual a 2300 Volts, será o consumidor do “Grupo A” (alta tensão). Estes grupos foram assim definidos:[4]

**2.1.2.1 Grupo A:** Grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômica e subdividido nos seguintes subgrupos:

- A1 -  $\geq 230$  kV
- A2 - 88 kV a 138 kV
- A3 - 69 kV
- A3a - 30 kV a 44 kV
- A4 - 2,4 kV a 25 kV
- As -  $\leq 2,3$  kV (subterrâneo)

**2.1.2.2 Grupo B:** Grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômnia e subdividido nos seguintes subgrupos:

- i. B1 – Residencial
- ii. B2 – Rural
- iii. B3 – Demais Classes
- iv. B4 – Iluminação Pública

## 2.2 Conceitos e Definições

A fim de facilitar o entendimento sobre o sistema tarifário energético, será apresentado conceitos e definições sobre alguns termos e expressões corriqueiros na composição da tarifa de energia elétrica.[5]

### 2.2.1 Energia Elétrica

A energia elétrica é necessária para o funcionamento de equipamentos elétricos e eletrônicos e é formada por duas componentes: a componente ativa (energia ativa) e componente reativa (energia reativa).

- Energia Elétrica Ativa

É o uso da potência ativa durante determinado intervalo de tempo, sua unidade usual é o quilowatt-hora (kWh). É a energia que realmente executa trabalho.

- Energia Elétrica Reativa

É a componente da energia elétrica que não realiza trabalho, mas é consumida pelos equipamentos com a finalidade de formar os campos eletromagnéticos necessários para o funcionamento, expressa em quilovolt-ampère-reativo-hora (kvarh).

- Fator de Potência

É um fator que indica percentualmente quanto da potência fornecida pela fonte geradora é efetivamente convertida em trabalho útil, em outras palavras, em potência ativa. Assim, o fator de potência é utilizado como indicador de eficiência do uso de sistemas elétricos evidenciando numericamente o aproveitamento da energia elétrica.

A razão entre a potência ativa (kW) e a potência aparente (kVA) de uma instalação se constitui no fator de potência, enquanto a potência aparente é a potência total fornecida pelo sistema elétrico. O triângulo de potências é utilizado para auxiliar na compreensão da relação entre as potências, representando-as graficamente, como apresentado na Figura 1 .

Portanto:



Figura 1: Triângulo de Potências

$$fp = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \cos\varphi = \cos(\tan^{-1}(\frac{Q}{P})) \quad (1)$$

O valor ideal para o fator de potência é o unitário, o que indica que toda a potência absorvida pela carga é convertida em trabalho útil, a forma mais eficiente da utilização da energia elétrica.

Na Resolução da ANEEL nº 414 de 9 de setembro de 2010 é estabelecido um nível máximo de utilização de reativos indutivos ou capacitivos em função da energia ativa consumida, fixando um valor de referência para o fator de potência em 0,92. Os valores inferiores ao limite mínimo permitido indicam excesso de reativo consumido, e é passível de faturamento.[5]

### 2.2.2 Fatura

É o preço da unidade de energia elétrica (R\$/MWh) e/ou da demanda de potência ativa (R\$/kW).

### 2.2.3 Demanda

É uma média da potência elétrica, seja ela ativa e/ou reativa, solicitada ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante determinado intervalo de tempo específico.

- Demanda Máxima

É a demanda de maior valor verificado num período de tempo (dia, mês, ano etc.).

- Demanda Média

É a relação entre a quantidade de energia elétrica consumida durante certo período de tempo e o número de horas desse período.

- Demanda Medida

É a maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo determinado para sua verificação.

- Demanda Contratada

Demanda de potência ativa a ser obrigatoriamente e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

- Demanda Faturável

Valor da demanda de potência ativa, identificada de acordo com os critérios estabelecidos e considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW).

#### 2.2.4 Postos Tarifários

Os postos tarifários são definidos para permitir a contratação e o faturamento da energia e da demanda de potência diferenciada ao longo do dia (tarifa horo-sazonal), conforme as diversas modalidades tarifárias. A regulamentação consta na Resolução Normativa ANEEL - REN nº 414/2010:

- Horário de Ponta

Horário de ponta refere-se ao período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos, e feriados nacionais.

- Horário Fora de Ponta

Horário fora de ponta refere-se ao período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta e intermediário (no caso da Tarifa Branca).

- Horário Intermediário

O horário intermediário refere-se ao período de uma hora anterior e posterior ao horário de ponta, aplicado exclusivamente as unidades tarifárias pertencentes à tarifa branca. Existe também o horário reservado aplicado ao consumidor irrigante, período do dia, normalmente na madrugada, em que a carga destinada à irrigação ou aquicultura recebe um desconto na tarifa de acordo com a região em que se localiza e o grupo tarifário a que pertence. Esta regulamentação está na REN nº 414/2010, art. 107, 108 e 109.

#### 2.2.5 Períodos Secos e Úmidos

Estes períodos são divididos a partir dos períodos chuvosos e de estiagem nos reservatórios de água utilizados para geração de energia elétrica.

- Período Seco

Período compreendido pelos meses de maio a novembro (7 meses). É, geralmente, um período com poucas chuvas. Em algumas modalidades, as tarifas deste período apresentam valores mais elevados.

- Período Úmido

Período compreendido pelos meses de dezembro a abril (5 meses). É, geralmente, o período com mais chuvas.

## 2.2.6 Consumidor

É uma pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, legalmente representado, que solicite a distribuidora o fornecimento, a contratação de energia elétrica ou o uso do sistema elétrico, assumindo as obrigações decorrentes desse atendimento à(s) suas(s) unidades(s) consumidora(s).[4]

## 2.3 Conceitos em Tarifação

### 2.3.1 Composição Tarifária

Para cumprir o compromisso de fornecer energia elétrica com qualidade, a distribuidora tem custos que devem ser avaliados na definição das tarifas. A tarifa considera três custos distintos: geração, transporte da energia (transmissão e distribuição) e encargos setoriais.

Além do valor tarifário, existe a cobrança de PIS/COFINS, o ICMS e a Contribuição para Iluminação Pública, respectivamente, por parte dos Governos Federal, Estadual e Municipal.

O valor da energia adquirida das geradoras pelas distribuidoras passou a ser determinado também em decorrência de leilões públicos. A competição entre os vendedores contribui para menores preços.

O transporte da energia é um monopólio natural, pois a competição nesse segmento não geraria ganhos econômicos. Por essa razão, a ANEEL atua para que as tarifas sejam compostas por custos eficientes, que efetivamente se relacionem com os serviços prestados. Este setor é dividido em dois segmentos, transmissão e distribuição. A transmissão entrega a energia a distribuidora, a distribuidora por sua vez leva a energia ao usuário final.

Os encargos setoriais e os tributos não são criados pela ANEEL e, sim, instituídos por leis. Alguns incidem somente sobre o custo da distribuição, enquanto outros estão embutidos nos custos de geração e de transmissão. Quando a conta chega ao consumidor, ele paga pela compra da energia (custos do gerador), pela transmissão (custos da transmissora) e pela distribuição (serviços prestados pela distribuidora), além de encargos setoriais e tributos.

Para fins de cálculo tarifário, os custos da distribuidora são classificados em dois tipos:[4]

- Parcela A: Compra de energia, transmissão e encargos setoriais;
- Parcela B: Distribuição de Energia.

**2.3.1.1 Parcela A:** A Parcela A envolve os custos incorridos pela distribuidora relacionados às atividades de geração e transmissão, além de encargos setoriais previstos em legislação específica. Trata-se de custos cujos montantes e preços, em certa medida, escapam à vontade ou gestão da distribuidora. Os itens que compõe a Parcela A são:

- Custo de Aquisição de Energia;
- Custo com Transporte de Energia;
- Encargos Setoriais.

**2.3.1.2 Parcela B:** A Parcela B representa os custos diretamente gerenciáveis pela distribuidora. São custos próprios da atividade de distribuição que estão sujeitos ao controle ou influência das práticas gerenciais adotadas pela empresa.

Para fins de cálculo tarifário, a Parcela B é composta de Custos Operacionais, Receitas Irrecuperáveis, Remuneração de Capital e Cota de Depreciação. Além disso, é subtraída da parcela compartilhada de Outras Receitas. Os custos de Parcela B são revisados a cada 4 anos, a depender do que consta do Contrato de Concessão ou Permissão. A esse processo é dado o nome de Revisão Tarifária.

No período entre as revisões, a Parcela B é atualizada anualmente pelo índice de correção monetária constante Contrato de Concessão ou Permissão, subtraído de um fator de eficiência chamado fator X. Esse processo é chamado de Reajuste Tarifário.

Figura 2: Valor final da energia elétrica



Fonte: ANEEL, 2019

**2.3.1.3 Tributos:** Os tributos são pagamentos compulsórios devidos ao poder público, a partir de determinação legal, e que asseguram recursos para que o governo desenvolva suas atividades. Nas contas de energia estão incluídos tributos federais, estaduais e municipais. As distribuidoras recolhem e repassam esses tributos às autoridades competentes pela sua cobrança.

- Tributos Federais

Programas de Integração Social (PIS) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS). São cobrados pela União para manter programas voltados para o trabalhador e para atender a programas sociais do Governo Federal. As alíquotas são de 1,65% (PIS) e 7,6% (COFINS) e são apuradas de forma não-cumulativa. Assim, a alíquota média desses tributos varia com o volume de créditos apurados mensalmente pelas concessionárias e com o PIS e a COFINS pagos sobre custos e despesas no mesmo período, tais como a energia adquirida para revenda ao consumidor.

- Tributos Estaduais

Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Previsto no art. 155 da Constituição Federal de 1988, o imposto incide sobre as operações relativas à circulação de mercadorias e serviços e é de competência de cada estado e do Distrito Federal, por isso as alíquotas são variáveis. A distribuidora tem a obrigação de realizar a cobrança do ICMS diretamente na conta de energia, repassando o valor ao Governo estadual. Seu cálculo é feito “por dentro”.

- Tributos Municipais

A Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (CIP) está prevista no artigo 149-A da Constituição Federal de 1988, que estabelece, entre as competências dos municípios, dispor, conforme lei específica aprovada pela Câmara Municipal, a forma de cobrança e a base de cálculo da CIP. Assim, é atribuída ao Poder Público Municipal toda e qualquer responsabilidade pelos serviços de projeto, implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública. Neste caso, a concessionária apenas arrecada a taxa de iluminação pública para o município. O repasse é feito mesmo quando o consumidor deixa de pagar a conta de energia.[4]

## 2.3.2 Enquadramento Tarifário

A modalidade e estrutura tarifária é definida a partir do conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativas.

**2.3.2.1 Tarifa Convencional:** Modalidade caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano.

- Convencional Binômia

Aplicada às unidades consumidoras do grupo A caracterizada por tarifas uniformes de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia. Esta modalidade será extinta a partir da revisão tarifária da distribuidora;

- Convencional Monômia

Aplicada às unidades consumidoras do grupo B, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica uniforme, independentemente das horas de utilização do dia.

**2.3.2.2 Tarifa Horo-sazonal:** Estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano.

- Tarifa Azul

Aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia;

- Tarifa Verde

Aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência;

- Tarifa Branca

Aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia.[4]

### 2.3.3 Critérios de Enquadramento

Os critérios de enquadramento na modalidade de tarifa convencional ou horo-sazonal aplicam-se às unidades consumidoras atendidas pelo Sistema Interligado Nacional – SIN conforme as condições listadas a seguir, estabelecidas na Resolução ANEEL nº 414.

- I. Na modalidade tarifária horo-sazonal azul, aquelas com tensão de fornecimento igual ou superior a 69 kV;
- II. Na modalidade tarifária horo-sazonal azul ou verde, de acordo com a opção do consumidor, aquelas com tensão de fornecimento inferior a 69 kV e demanda contratada igual ou superior a 300 kW;
- III. Na modalidade tarifária convencional, ou horo-sazonal azul ou verde, de acordo com a opção do consumidor, aquelas com tensão de fornecimento inferior a 69 kV e demanda contratada inferior a 300 kW.[4]

### 2.3.4 Faturamento

A Fatura é a nota fiscal que apresenta a quantidade total consumida que deve ser paga pela prestação do serviço de energia elétrica, referente ao período especificado, discriminando as parcelas correspondentes. O valor líquido da fatura é o valor em moeda corrente, resultante da aplicação das respectivas tarifas de fornecimento, sem incidência de imposto, sobre os componentes de consumo de energia elétrica ativa, de demanda de potência ativa, de uso do sistema, de consumo de energia elétrica e demanda de potência reativas excedentes. Segundo a Resolução ANEEL nº 414, a distribuidora deve efetuar a leitura das faturas em intervalos de aproximadamente 30 (trinta) dias, obedecendo os tempos mínimo de 27 (vinte e sete) e o máximo de 33 (trinta e três) dias, de acordo com o calendário de leitura. A distribuidora tem a obrigação de instalar equipamentos de medição nas unidades consumidoras, exceto em casos especiais, definidos na legislação, como por exemplo, para fornecimento destinado para iluminação pública. O fator de potência da unidade consumidora, para efeito de faturamento, deverá ser verificado pela distribuidora por meio de medição permanente, de forma obrigatória para o grupo A e facultativa para o Grupo B.[4]

**2.3.4.1 Faturamento do Grupo B:** O faturamento de unidade consumidora do Grupo B realiza-se com base no consumo de energia elétrica ativa, e, quando aplicável, no consumo de energia elétrica reativa excedente.

A parcela consumo desse grupo é calcula apenas multiplicando o consumo médio pela tarifa de consumo.

Ressaltando que, para a tarifa branca a tarifa de consumo varia de acordo com as horas do dia e essas variações também são explicitadas na nota fiscal de energia.

Existe um valor mínimo faturável referente ao custo de disponibilidade do sistema elétrico, de acordo com os limites fixados por tipo de ligação. Os valores mínimos faturáveis aplicáveis ao faturamento mensal para o grupo B são:

- i. Monofásico e bifásico a 02 (dois) condutores: valor em moeda corrente equivalente a 30 kWh;
- ii. Bifásico a 03 (três) condutores: valor em moeda corrente equivalente a 50 kWh;
- iii. Trifásico: valor em moeda corrente equivalente a 100 kWh.

Os valores mínimos sempre serão aplicados quando o valor consumido for menor que os valores referidos anteriormente. Lembrando que, essa diferença na consumação não irá gerar uma compensação na próxima fatura.[4]

**2.3.4.2 Faturamento do Grupo A:** O faturamento desse grupo, assim como o do grupo B, é feito de acordo com o enquadramento de sua estrutura tarifária. A diferença será que para o grupo A, o valor final da fatura estará associado não só ao consumo de energia ativa, mas também ao seu valor de demanda.[4]

- Tarifa Convencional

O enquadramento na estrutura tarifária Convencional exige um contrato específico com a concessionária, no qual se pactua um único valor da demanda pretendida pelo consumidor ('Demanda Contratada'), independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta) ou período do ano (seco ou úmido).

Os consumidores do Grupo A, sub-grupos A3a, A4 ou AS, podem ser enquadrados na estrutura tarifária Convencional quando a demanda contratada for inferior a 300 kW, desde que não tenham ocorrido, nos 11 meses anteriores, 3 (três) registros consecutivos ou 6 (seis) registros alternados de demanda superior a 300 kW.

A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo, demanda e, caso exista, demanda de ultrapassagem.

A parcela de demanda é calculada multiplicando-se a Tarifa de Demanda pela Demanda Contratada ou pela demanda medida (a maior delas), caso esta não ultrapasse em 10% a Demanda Contratada.

A parcela de ultrapassagem é cobrada apenas quando a demanda medida ultrapassa em mais de 10% a Demanda Contratada. Calcula-se multiplicando a Tarifa de Ultrapassagem pelo valor da demanda medida que supera a Demanda Contratada:

Na estrutura tarifária Convencional, a Tarifa de Ultrapassagem corresponde a três vezes a Tarifa de Demanda.[4]

- Tarifa Horo-sazonal Verde

Essa modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária, no qual se pactua a demanda pretendida pelo consumidor ('Demanda Contratada'), independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta).

A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo (na ponta e fora dela), demanda e ultrapassagem.

A parcela de consumo é calculada através da expressão abaixo, observando-se, nas tarifas, o período do ano.

A parcela de demanda é calculada multiplicando-se a Tarifa de Demanda pela Demanda Contratada ou pela demanda medida (a maior delas), caso esta não ultrapasse em mais de 10% a Demanda Contratada.

A tarifa de demanda é única, independente da hora do dia ou período do ano.

A parcela de ultrapassagem é cobrada apenas quando a demanda medida ultrapassa em mais de 10% a Demanda Contratada. É calculada multiplicando-se a Tarifa de Ultrapassagem pelo valor da demanda medida que supera a Demanda Contratada:[4]

- Tarifa Horo-sazonal Azul

Essa modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária, no qual se pactua tanto o valor da demanda pretendida pelo consumidor no horário de ponta (Demanda Contratada na Ponta) quanto o valor pretendido nas horas fora de ponta (Demanda Contratada fora de Ponta).

A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta pela soma de parcelas referentes ao consumo e demanda e, caso exista, ultrapassagem. Em todas as parcelas observa-se a diferenciação entre horas de ponta e horas fora de ponta.

A parcela de consumo é calculada através da expressão abaixo, observando-se, nas tarifas, o período do ano:

A parcela de demanda é calculada somando-se o produto da Tarifa de Demanda na ponta pela Demanda Contratada na ponta (ou pela demanda medida na ponta, de acordo com as tolerâncias de ultrapassagem) ao produto da Tarifa de Demanda fora da ponta pela Demanda Contratada fora de ponta (ou pela demanda medida fora de ponta, de acordo com as tolerâncias de ultrapassagem).

A parcela de ultrapassagem é cobrada apenas quando a demanda medida ultrapassa a Demanda Contratada acima dos limites de tolerância (5% para os sub-grupos A1, A2 e A3 e 10% para os demais sub-grupos). O valor dessa parcela é obtido multiplicando-se a Tarifa de Ultrapassagem pelo valor da demanda medida que supera a Demanda Contratada.[4]

### **2.3.5 Tarifa Branca**

A Tarifa Branca é uma nova opção que sinaliza aos consumidores a variação do valor da energia conforme o dia e o horário do consumo. Ela é oferecida para as unidades consumidoras que são atendidas em baixa tensão (127, 220, 380 ou 440 Volts), as denominadas de grupo B.

Com a tarifa branca, o consumidor passa a ter a possibilidade de pagar valores diferentes em função da hora e do dia da semana em que consome a energia elétrica. Se o consumidor adotar hábitos que priorizem o uso da energia nos períodos de menor demanda (manhã, início da tarde e madrugada, por exemplo), a opção pela tarifa branca oferece a oportunidade de reduzir o valor pago pela energia consumida. Nos dias úteis, a tarifa branca tem três valores: ponta, intermediário e fora de ponta. Esses períodos são estabelecidos pela ANEEL e são diferentes para cada distribuidora.

Quando o consumidor centraliza seu consumo no período fora de ponta, pode reduzir seus gastos com energia elétrica e, ao mesmo tempo, melhorar o fator de utilização das redes - o que reduz ou posterga investimentos. Para chegar aos consumidores, a energia elétrica percorre toda uma estrutura de redes (condutores e postes, entre outros). As redes têm períodos de utilização mais intensos e outros de menor uso ou até ociosos. Como a rede é dimensionada para atender a esses horários de ponta, o aumento do consumo de energia nesses períodos acarreta expansão da capacidade instalada, o que não se verifica quando o consumo ocorre fora da ponta.

A possibilidade de optar por essa tarifa amplia os direitos dos consumidores de energia elétrica. Da mesma forma que é possível aderir, se o consumidor não perceber a vantagem, ele pode solicitar sua volta ao sistema tarifário anterior (tarifa convencional).[4]

### 2.3.6 Sistema de Bandeiras

A partir do ano de 2015, entrou em vigor o sistema de bandeiras tarifárias, que apresenta as seguintes modalidades: verde, amarela e vermelha (patamar 1 e 2). As bandeiras indicam se haverá ou não um acréscimo no valor da energia a ser repassada ao consumidor final, em decorrência das condições de geração de eletricidade.

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia, sem implicação de acréscimo para tarifa.
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa tem um acréscimo de R\$ 0,010 para cada quilowatt-hora kWh consumido.
- Bandeira vermelha – patamar 1: condições mais custosas de geração. Acréscimo de R\$ 0,030 para cada quilowatt-hora kWh consumido.
- Bandeira vermelha – patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa é acrescida de R\$ 0,050 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

Todos os consumidores finais cativos das distribuidoras são faturados pelo sistema de Bandeiras Tarifárias, com exceção daqueles localizados em sistemas isolados. O objetivo das bandeiras é sinalizar aos consumidores as condições de geração de energia elétrica no SIN - Sistema Interligado Nacional, através da cobrança adicional à tarifa de energia e equalizar a parcela de custos variáveis relativa à aquisição de energia elétrica, cuja variação é governada por variáveis operativas do SIN.

A ANEEL define mensalmente a bandeira tarifária a ser aplicada no mês seguinte, considerando informações disponibilizadas pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) e pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), bem como as estimativas de custos a serem cobertos pelas bandeiras e a cobertura tarifária das distribuidoras.[4]

## 2.4 Conceitos em Gerenciamento de Energia

### 2.4.1 Balanceamento de Cargas Elétricas

O balanceamento de cargas da instalação deve ser previsto e calculado na fase de elaboração do projeto elétrico da edificação, e a sua execução deve obedecer fidedignamente o que foi projetado. Em caso de execução em desacordo com o projeto, deve ser elaborado "As Built- alteração de projeto - e encaminhado para o setor competente providenciar as alterações no projeto original.

O projeto elétrico é elaborado dentro de situações ideais, mas o que encontra-se na prática são situações reais e muitas vezes há necessidade de refazer o balanceamento de carga por conta de remanejamento de máquinas, acréscimo de cargas - o que resulta em revisão da instalação elétrica e reprojeito.

Toda instalação elétrica deve sofrer manutenção preventiva periódica a fim de verificar se os níveis de tensão estão dentro dos parâmetros admissíveis pela ANEEL, se as correntes elétricas por fase estão balanceadas - caso contrário haverá necessidade de refazer o balanceamento de carga, condições gerais das instalações elétricas, equipamentos de proteção e manobra, estado geral dos fios e cabos, se não há aquecimento de fios, cabos e disjuntores. [6]

## 2.4.2 Pré Diagnóstico e Diagnóstico Energético

O diagnóstico energético é um procedimento de caráter fundamental para que se estabeleça um programa de gestão eficiente de energia. Deve ser realizado para que a empresa ou instituição interessada, em definir seu potencial de conservação, possa avaliar a condição de suas instalações no que diz respeito ao quesito energia. Com os indicadores de desempenho em mãos será possível determinar os problemas e a maneira pelas quais estes devem ser solucionados.[7]

A fim de tornar o diagnóstico energético mais claro e organizado, a metodologia apresentada é dividida nas seguintes etapas:

- Visita preliminar à instalação

O objetivo da visita de inspeção preliminar é efetuar o primeiro contato com a instalação e conhecer o pessoal encarregado de dar apoio à equipe técnica no que diz respeito à locomoção, ao fornecimento de documentos e demais informações necessárias durante todo o processo de diagnóstico energético.

A partir dessa visita, é possível ter uma visão macroscópica da instalação, permitindo traçar a estratégia de levantamento de dados, através da escolha dos pontos de medição, da solicitação dos diagramas unifilares e das contas de energia elétrica expedidas pela concessionária.[7]

- Levantamento de dados

O levantamento de dados é uma das fases mais importantes do diagnóstico energético. Todos os dados necessários à determinação do potencial de conservação de energia são obtidos nessa etapa. Os resultados fornecidos pelo diagnóstico energético dependem da precisão das informações coletadas no levantamento de dados, que deve ser realizado de forma crítica e bastante criteriosa.[7]

- Análise e tratamento de dados

Para determinar o potencial de conservação de energia elétrica de uma instalação, é essencial conhecer detalhadamente o seu perfil de consumo. O primeiro passo a ser dado nessa direção, é determinar o consumo global de energia elétrica e o consumo de energia elétrica desagregado por usos finais.[7]

- Estudo de alternativas para os usos finais identificados

As ações que promovem a conservação de energia geralmente podem ser classificadas em dois grupos:

1. Medidas de intervenção.
2. Medidas de conscientização.

As medidas de intervenção correspondem às soluções relacionadas com a mudança de tecnologia dos sistemas de uma instalação com o objetivo de aumentar a eficiência energética. Ações de "retrofit" são exemplos típicos desse tipo de medidas.

De forma complementar, as medidas de conscientização tem por objetivo educar os usuários no que diz respeito ao uso racional e eficiente de energia elétrica.

Exemplos desse tipo de ação são as campanhas publicitárias na forma de cartazes e adesivos.

Embora muitas vezes esquecidas, as medidas de conscientização são muito importantes. Já foi verificado diversas vezes, na prática, que os investimento em medidas de intervenção não apresentaram o retorno esperado justamente por falta de treinamento dos usuários. Casos desse tipo costumam acontecer em reformas do sistema de iluminação, que mesmo apresentando uma segmentação conveniente dos acionamentos (interruptores), suas luminárias próximas às janelas e em ambientes desocupados permanecem acesas por total despreocupação dos usuários.[7]

- Determinação do potencial de conservação de energia elétrica

Uma vez selecionadas todas as alternativas tecnicamente viáveis de serem implementadas, deve-se, então, calcular o potencial de conservação de energia elétrica individual de cada uma dessas medidas.

Portanto, a determinação do potencial de conservação de energia elétrica para cada uso final reduz-se a:

1. Determinar o consumo de energia desagregado em usos finais.
2. Estimar o consumo de energia após a implementação das medidas tecnicamente viáveis.

A partir da determinação do potencial de conservação das alternativa de cada uso final, calcula-se, então, o potencial de conservação de energia elétrica total da instalação.[7]

- Análise de viabilidade econômica das alternativas propostas

Embora proporcionem grandes economias de energia elétrica, algumas medidas de uso racional e eficiente podem não ser economicamente viáveis. Todo proprietário ou administrador, por mais que esteja preocupado com questões ambientais e de preservação de recursos naturais, deseja, muitas vezes, garantir o retorno ou justificar o investimento ao implementar medidas de uso racional e eficiente de energia elétrica. Portanto, qualquer ação que promova a racionalização e a eficiência do uso de energia elétrica deve ser analisada também do ponto de vista econômico. Nesse caso, além da viabilidade, a prioridade de ações de uso racional e eficiente também pode ser determinada pela análise econômica das alternativas consideradas.

Existem diversas formas de analisar a atratividade econômica de investimentos. Para o caso de medidas de uso racional e eficiente de energia elétrica, são sugeridos três métodos: tempo de retorno, equivalentes uniformes anuais e custo da energia conservada.[7]

- Análise tarifária e estudos de cogeração e de geração independente

O principal objetivo da análise tarifária é determinar a modalidade tarifária e os valores de contrato mais adequados para que o consumidor minimize sua despesa com o consumo de energia elétrica.

Embora a mudança da modalidade tarifária e dos valores de contrato não proporcione diretamente uma redução do consumo de energia elétrica da instalação, ela pode proporcionar uma economia de recursos financeiros (R\$) caso políticas de

uso racional e eficiente de energia elétrica sejam adotadas, uma vez que a estrutura tarifária atual onera o custo da energia em horários do dia e períodos do ano onde as condições de fornecimento são mais críticas. [7]

### **2.4.3 Comissão Interna de Conservação de Energia - CICE**

Antes de se tomar qualquer iniciativa ou ação visando a economia de energia em uma empresa ou órgão público, torna-se necessária a implantação de um programa interno de conservação de energia.

A importância do estabelecimento do programa se prende ao fato de que qualquer ação isolada tende a perder o seu efeito ao longo do tempo, por melhores resultados que apresente. Dessa forma, é preciso o engajamento de todos os empregados/funcionários, buscando um objetivo comum, por meio do esforço coletivo. Um programa de conservação de energia exige, também, iniciativa e criatividade, além de ações que demandem mudanças de hábito – obstáculo a ser vencido – haja vista a própria resistência natural a mudanças, dificultando ainda mais a implantação das medidas propostas. Para contornar esses problemas, o programa interno de conservação de energia deve mostrar claramente a intenção da administração de racionalizar e otimizar o consumo de energia.

Sua elaboração deve ser resultado do esforço dos diversos setores envolvidos, com participação de todos os empregados. O programa interno de conservação visa à otimização da utilização de energia por meio de orientações, direcionamento, ações e controles sobre os recursos econômicos, materiais e humanos, para a relação CONSUMO/PRODUTO, reduzindo os índices globais e específicos da quantidade de energia necessária para obtenção do mesmo resultado. [5]

#### **2.4.3.1 Empreendimentos da CICE**

- Controle do consumo específico de energia por setores e/ou sistemas.
- Controle e avaliação dos planos de distribuição e recuperação de energia.
- Análise dos resultados, visando à superação das deficiências.
- Realização de cursos específicos para o treinamento e a capacitação do pessoal.
- Avaliação anual dos resultados e proposição de programa para o ano subsequente.
- Promoção de alterações nos sistemas consumidores de energia visando à conservação dessa energia.
- Divulgação dos resultados e ajuste das metas e objetivos.

**2.4.3.2 Operacionalização da CICE** Apresenta-se a seguir algumas sugestões que poderão auxiliar na obtenção de resultados.

1. As ações de conservação de energia, geralmente, numa primeira fase, não exigem recursos para a obtenção de resultados, bastando atuar em nível gerencial, combatendo os desperdícios. O responsável pela CICE procurará negociar com a alta administração para que os recursos obtidos pela redução de despesas advindas dos resultados positivos das ações de conservação sejam alocados em rubrica especial para serem obrigatoriamente aplicados, sob a gerência da CICE, em projetos de conservação de energia na própria unidade administrativa.
2. Na segunda fase, e considerando que, na maioria dos casos, a CICE, ao ser implantada, não dispõe de recursos ou dotação orçamentária, haverá necessidade de definição de valores orçamentários que permitirão a implantação mais rápida de ações de conservação que resultem na melhoria da eficiência energética com os consequentes ganhos econômicos.
3. Durante os primeiros meses, adotar medidas administrativas eficazes, sendo dada atenção inclusive às pequenas economias que, somadas, devem proporcionar uma economia global significativa de energia.
4. Com os sucessos progressivos das medidas de conservação de energia adotadas e as respectivas economias obtidas, será possível criar um orçamento próprio para os custeios e os investimentos necessários.
5. Depois de obtida a credibilidade necessária, a CICE poderá apresentar, propor e obter da alta administração a aprovação de recursos para projetos de investimentos, maiores que a sua própria receita, desde que demonstrada a sua viabilidade e economicidade. [5]

#### **2.4.4 Trabalhando com Fator de Potência**

O fator de potência baixo acarreta uma série de inconvenientes para a empresa e para a concessionária. Em razão disso, no Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL estabelece que o fator de potência nas unidades consumidoras deve ser superior a 0,92 capacitivo durante 6 horas da madrugada e 0,92 indutivo durante as outras 18 horas do dia. Esse limite é determinado pelo Artigo nº 64 da Resolução ANEEL nº456 de 29 de novembro de 2000, e quem descumpre está sujeito a uma espécie de multa que leva em conta o fator de potência medido e a energia consumida ao longo de um mês. A mesma resolução estabelece que a exigência de medição do fator de potência pelas concessionárias é obrigatória para unidades consumidoras de média tensão (supridas com mais de 2.300 V) e facultativa para unidades consumidoras de baixa tensão (abaixo de 2.300 V, como residências em geral). A cobrança em baixa tensão, na prática, raramente ocorre, pois o fator de potência deste tipo de unidade consumidora geralmente está acima de 0,92. Não compensa, pois, a instalação de medidores de energia reativa.

A Correção do fator de potencia através, principalmente, da instalação de capacitores tem sido alvo de muita atenção das áreas de projeto, manutenção e finanças de empresas interessadas em racionalizar o consumo de seus equipamentos elétricos. Com o

avanço da tecnologia e com o aumento das cargas não lineares nas instalações elétricas, a correção do fator de potência passa a exigir alguns cuidados especiais.

No Brasil, ainda não existe legislação para regulamentar os limites das distorções harmônicas nas instalações elétricas.

A maioria das cargas das unidades consumidoras consome energia reativa indutiva, tais como:

- Motores;
- Transformadores;
- Reatores para lâmpadas de descarga;
- Fornos de indução;
- Outros.

Enquanto a potência ativa é sempre consumida na execução de trabalho, a potência reativa, além de não produzir trabalho, circula entre a carga e a fonte de alimentação, ocupando um espaço no sistema elétrico que poderia ser utilizado para fornecer mais energia ativa.

**2.4.4.1 Principais causas de fator de potência baixo:** As principais causas de um baixo fator de são:

- Motores operando a vazio ou superdimensionados

Os motores elétricos consomem praticamente a mesma quantidade de energia reativa, necessária à manutenção do campo magnético, quando operando a vazio ou a plena carga. Entretanto o mesmo não acontece com a energia ativa, que é diretamente proporcional a carga mecânica aplicada no eixo do motor. Assim quanto menor a carga mecânica aplicada, menor a energia ativa consumida, conseqüentemente, menor o fator de potência. Geralmente, os motores são super dimensionados para as respectivas máquinas sendo, em média, de 70% a 75% da potência nominal do motor, a potência efetivamente exigida pela máquina (motores de pequena e média potência).

- Transformadores operando em vazio ou com pequenas cargas

Como os motores, os transformadores, quando super dimensionados para a carga a qual estão ligados, consomem certa quantidade de energia reativa relativamente grande, quando comparada com a energia ativa, provocando um baixo fator de potência.

- Nível de tensão acima da nominal

A potência reativa (kvar) é, proporcional ao quadro de tensão aplicada, enquanto que a potência ativa praticamente só depende da carga mecânica aplicada no eixo do motor. Assim sendo, quanto maior a tensão aplicada, além da nominal aos motores de indução, maior será a quantidade de energia reativa consumida e menor o fator de potência.

- Lâmpadas de descarga.

As Lâmpadas de descarga (vapor de mercúrio, sódio, fluorescente), para funcionarem necessitam do auxílio de um reator. Os reatores, como os motores e os transformadores, possuem bobinas ou enrolamentos que consomem energia reativa, contribuindo para redução do fator de potência nas instalações.

**2.4.4.2 Principais consequências de fator de potência baixo:** As principais consequências de um baixo fator de potência são:

- Perdas na instalação

As perdas de energia elétrica ocorrem em forma de calor e são proporcionais ao quadrado da corrente total ( $I^2.R$ ). Como essa corrente cresce com o excesso de energia reativa, estabelece-se uma relação entre o incremento das perdas e o baixo fator de potência, provocando o aumento do aquecimento de condutores e equipamentos.

- Quedas de tensão

O aumento da corrente devido ao excesso de energia reativa leva a quedas de tensão acentuadas, podendo ocasionar a interrupção do fornecimento de energia elétrica e a sobrecarga em certos elementos da rede. Esse risco é, sobretudo acentuado durante os períodos nos quais a rede é fortemente solicitada. As quedas de tensão podem provocar ainda, a diminuição da intensidade luminosa das lâmpadas e aumento da corrente nos motores.

- Subutilização da capacidade instalada

A energia reativa, ao sobrecarregar uma instalação elétrica, inviabiliza sua plena utilização, condicionando a instalação de novas cargas a investimentos que seriam evitados se o fator de potência apresentasse valores mais altos. O “espaço” ocupado pela energia reativa poderia ser então utilizado para o atendimento de novas cargas. Os investimentos em ampliação das instalações estão relacionados principalmente aos transformadores e condutores necessários. O transformador a ser instalado deve atender a potência total dos equipamentos utilizados, mas devido a presença de potência reativa, a sua capacidade deve ser calculada com base na potência aparente das instalações.

Também o custo dos sistemas de comando, proteção e controle dos equipamentos crescem com o aumento da energia reativa. Da mesma forma, para transportar a mesma potência ativa sem o aumento de perdas, a seção dos condutores deve aumentar na medida em que o fator de potência diminui.

A correção do fator de potência por si só já libera capacidade para instalação de novos equipamentos, sem a necessidade de investimentos em transformador ou substituição de condutores para esse fim específico.

**2.4.4.3 Correção do Fator de Potência:** A correção do fator de potência pode ser obtida pelo emprego de algumas medidas, tais como:

- Aumento do consumo de energia ativa

O aumento do consumo de energia ativa pode ser alcançado quer pela adição de novas cargas com alto fator de potência, quer pelo aumento do período de operação das cargas com fatores de potência próximos ou iguais à unidade. Este método é recomendado quando o consumidor tem uma jornada de trabalho fora do período de ponta de carga do sistema elétrico (aproximadamente das 18 às 20 horas).

Além de atender as necessidades da produção industrial, a carga ativa que aumentará o consumo de kW/h deverá ser cuidadosamente escolhida a fim de não aumentar a demanda de potência da indústria

- Utilização de motores síncronos ou superexcitados

A correção através de motores síncronos superexcitado, além de corrigir o fator de potência, fornece potência mecânica útil. Entretanto, devido ao fato de ser um equipamento bastante caro, nem sempre é compensador sobre o ponto de vista econômico, só sendo competitivo em potências superiores a 200 CV, e funcionando por grandes períodos de tempo (superiores a 8/h por dia).

A potência reativa que um motor síncrono fornece a instalação é função da corrente de excitação e da carga mecânica aplicada no seu eixo. Os tipos de motores síncronos comumente utilizados pelas indústrias são os de fator de potência nominal igual a 0,80 a 1,00.

- Compensação com capacitores

A correção do fator de potência através de capacitores constitui a solução mais prática para as indústrias em geral. Entretanto, alguns cuidados devem ser tomados, para que os capacitores não sejam usados indiscriminadamente.

Os capacitores podem ser instalados em quatro pontos distintos do sistema elétrico: junto às grandes cargas indutivas (motores, transformadores,); no barramento geral de baixa tensão (BT); na extremidade dos circuitos alimentadores; na entrada de alta tensão (AT).

- Bancos automáticos de capacitores

A automatização de bancos de capacitores, ou seja, o chaveamento automático de capacitores em estabelecimentos industriais, deve apresentar condições especiais de operação que justifiquem os investimentos a serem efetuados. Considerando que determinadas indústrias possuem equipamentos que provoquem oscilações frequentes, levando o fator de potência a índices não desejáveis, e que essas oscilações são provenientes da carga variada e do tipo de trabalho efetuado, é justificável, como solução técnica e econômica, o controle da potência reativa (kvar) por meio de bancos automáticos de capacitores.

## 2.5 Iluminação

A iluminação é responsável por, aproximadamente, 23% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no setor comercial e setor público e 1% no setor industrial. Em relação ao serviço público, aproximadamente dois terços são utilizados para a iluminação de ruas. Tais valores, aliados ao fato de que tecnologias de iluminação ineficientes ainda serem largamente empregadas no Brasil, indicam a existência de um grande potencial de redução do desperdício, não restringindo apenas a economia proporcionada pela substituição de equipamentos antiquados por mais eficientes, mas abrangendo também a redução da carga térmica em ambientes climatizados e aumentando de produtividade. [8]

### 2.5.1 Eficiência Luminosa

A eficiência luminosa é o índice utilizado para caracterizar a eficiência de uma lâmpada, sendo obtido pela relação entre o fluxo luminoso e a potência consumida, medida em watts(W). Assim a eficiência luminosa é dada em lm/w. Os diferentes tipos de lâmpadas apresentam capacidades diferentes na conversão elétrica da luz, sendo assim um parâmetro importante no ponto de vista econômico, pois será ligada diretamente ao custo da instalação. Por isso deve ser cuidadosamente analisada para instalações industriais, a exemplo um supermercado.

### 2.5.2 Vida Útil

A vida útil da lâmpada corresponde ao período em que ela é economicamente útil à instalação. É o número de horas decorrido quando se atinge 70% da quantidade de luz inicial, quando é constatada a depreciação do fluxo luminoso da lâmpada, neste caso a instalação torna-se antieconômica e há a necessidade de substituição da lâmpada. A vida útil estabelece um tempo de uso escolhido para a troca em grupo, em função dos lúmenes pretendidos. Quanto maior a vida útil de uma lâmpada, maior a economia, pois o custo de manutenção com as trocas destas lâmpadas seria menor.

### 2.5.3 Tipos de Lâmpadas

O constante lançamento de lâmpadas oferece ao projetista inúmeras alternativas para solucionar a iluminação dos ambientes, por esta razão serão estudadas apenas alguns tipos de lâmpadas mais frequentemente utilizadas na iluminação de supermercados. As características detalhadas dos tipos de lâmpadas podem ser encontradas nos catálogos (ou sites) dos principais fabricantes, como Osram, Phillips e GE e também em trabalhos de pesquisa acadêmicos, como a dissertação de mestrado de Daniel Coelho Feldman, presente na bibliografia desta dissertação.[8]

**2.5.3.1 Incandescentes:** As lâmpadas incandescentes comuns são as mais antigas fontes de luz artificial. A luz é gerada através da passagem da corrente elétrica por um filamento de tungstênio. Sua oxidação é evitada pela presença de gás inerte ou vácuo dentro do bulbo que contém o filamento. Possui uma temperatura de cor de 2700K (cor amarelada), o índice de reprodução de cores é próximo aos 100%. Por sua boa reprodução de cores, ainda é amplamente utilizada apesar de ter uma eficiência energética baixa, apenas 10% da energia consumida é transformada em luz. Tem como vantagem o reduzido preço de aquisição, e como desvantagem a vida útil menor que as demais.

- Comuns

São as mais conhecidas e de tecnologia mais antiga. Apresenta-se em bulbos claros ou leitosos. O fluxo luminoso decresce ao longo de sua vida devido à diminuição de temperatura no filamento, causada pelo aumento da resistência provocado pela evaporação do tungstênio. Esse processo causa também o escurecimento do bulbo, contribuindo para a diminuição do fluxo luminoso emitido. Aplicação predominantemente residencial.

Figura 3: Lâmpada Incandescente Comum



Fonte: [www.lumitecfoto.com.br](http://www.lumitecfoto.com.br)

- Refletores

Possuem refletor interno para melhorar o direcionamento da luz. Utilizada para iluminação de destaque.

- Halógenas

São também consideradas incandescentes por terem o mesmo princípio de funcionamento, porém, são incrementadas com gases halógenos que, dentro do bulbo, se combinam com as partículas de tungstênio desprendidas do filamento. Essa combinação faz com que as partículas se depositem de volta no filamento, criando assim um ciclo regenerativo do filamento. Além da halógena comum, há a halógena dicróica que possui as mesmas vantagens da comum e possui ainda um espelho refletor multifacetado dicróico que transmite na direção contrária ao foco (parte posterior da lâmpada) cerca de 66% da radiação infravermelha emitida<sup>1</sup>. Utilizada para iluminação de destaque.

Figura 4: Lâmpada Refletora



Fonte: [www.casasantatherezinha.com.br](http://www.casasantatherezinha.com.br)

Figura 5: Lâmpada Halógena



Fonte: [www.mercadolivre.com.br](http://www.mercadolivre.com.br)

**2.5.3.2 Lâmpadas de Descarga:** A luz emitida por uma lâmpada de descarga é produzida pela passagem da corrente elétrica em um gás ou vapor ionizado emite radiação, a radiação ao chocar-se com a pintura ou com cristais de fósforos no interior do bulbo, emite luz visível. Essas lâmpadas apresentam eficiências superiores às lâmpadas incandescentes e oferecem vida útil maior e, conseqüentemente são mais econômicas. A maioria das lâmpadas de descarga necessita de equipamentos auxiliares para controlar as características do processo (reatores/ ignitores).

- Fluorescente

São lâmpadas de descarga a baixa pressão, com alta eficiência e longa durabilidade. A utilização de pós trifósforos permite uma ampla variedade de temperaturas de cores para as lâmpadas incandescentes. Misturando-se as três cores primárias (vermelho, verde e azul) podem-se produzir lâmpadas com temperaturas de cor mais baixas ou mais altas. Acendimentos muitos frequentes encurtam a vida útil da lâmpada. A eficiência energética do conjunto depende da utilização dos equipamentos auxiliares adequados e com poucas perdas. Podem ter vários formatos: lineares, circulares e compactas.

- Vapor de Sódio

Possui sódio a baixa pressão no seu interior. A lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão possui eficiência luminosa maior do que a vapor de mercúrio de alta pressão devido ao aumento da pressão internada da lâmpada. A luz produzida

Figura 6: Lâmpadas Fluorescentes



(a) Lâmpada Fluorescente Tubular

(b) Lâmpada Fluorescente Compacta

Fonte: [www.mercadolivre.com.br](http://www.mercadolivre.com.br)

tem cor branca dourada. É principalmente utilizada para iluminação externa como estacionamento, ruas, praças e estradas.

Figura 7: Lâmpada Vapor de Sódio



Fonte: [www.mercadolivre.com.br](http://www.mercadolivre.com.br)

- Multivapores Metálicos

São lâmpadas semelhantes às de vapor de mercúrio, nas quais se introduzem, além do argônio e mercúrio, outros elementos, de forma que o arco elétrico se realiza numa atmosfera mista de vários gases e vapores. Assim, conseguem-se maiores eficiências luminosas. São apresentadas na forma tubular com base bilateral, bipino, elipsoidal e refletora. Apresenta pequenas dimensões, alta eficiência, ótima reprodução de cores, vida útil longa e baixa carga térmica.

Figura 8: Lâmpada Multivapor Metálico



Fonte: [www.glight.com.br](http://www.glight.com.br)

- Vapor de Sódio de Alta Pressão

Com grande eficiência energética e longa durabilidade, é a mais econômica fonte de luz. Com formatos tubulares e elipsoidais, emitem luz branca dourada e são utilizadas em locais onde a reprodução de cor não é um requisito importante, como estradas, portos, ferrovias e estacionamentos.

Figura 9: Lâmpada Vapor de Sódio de Alta Pressão



Fonte: [www.lojaletrica.com.br](http://www.lojaletrica.com.br)

- Vapor de Sódio Branca

Emissão de luz branca decorrente da combinação dos vapores de sódio e gás xênon, resultando numa luz brilhante como as halógenas ou com aparência de cor das incandescentes. Com excelente reprodução de cor, são utilizadas em áreas comerciais, hotéis, exposições, edifícios históricos, teatros, etc.

- Vapor de Mercúrio

Emite uma luz de cor branca azulada e apresenta pequena depreciação do fluxo luminoso durante sua vida útil. São normalmente utilizadas em vias públicas e áreas industriais.

- Multivapores Metálicos de Alta pressão

São lâmpadas que combinam iodetos metálicos, com altíssima eficiência energética, excelente reprodução de cor, longa durabilidade e baixa carga térmica. Sua luz é muito branca e brilhante. Possui versões de alta e baixa potência. É utilizada em supermercados, áreas desportiva, entre outras.

- Mista

Composta por um filamento de tungstênio com um bulbo de descarga, além de servir de um dispositivo limitador de corrente, substitui o reator e pode ser conectada diretamente na rede. Utilizada em postos de gasolinas, jardins, vias públicas, indústrias, etc.

- LED

LED (Light Emitting Diode) é um componente eletrônico que gera luz com baixo consumo. As lâmpadas LED necessitam de uma menor quantidade de potencia para gerar o mesmo fluxo luminoso de uma lâmpada incandescente, e não utiliza reator. Estes são alguns dos benefícios que as lâmpadas LED apresentam:

- Qualidade de luz visivelmente confortável;
- Baixa geração de calor;
- Não emite raios ultravioleta e infravermelho;
- Possibilidade de troca de lâmpada incandescente por LED, pois as bases das lâmpadas são do mesmo tamanho;
- Economia de até 80% em comparação com as lâmpadas incandescentes;
- Maior durabilidade em comparação com outras lâmpadas;
- Fácil descarte e reciclagem por não conter chumbo ou mercúrio;

Diferente das lâmpadas comuns, as lâmpadas LED não possuem filamento, o que faz com que elas durem mais por não produzirem tanto calor quanto as lâmpadas que usam estes filamentos. Por dentro dessa lâmpada existe uma fita de LED que produz luz quando por ela é percorrido energia elétrica. Existe também um circuito eletrônico que ajusta a tensão para 12 V, que é o necessário para funcionamento da lâmpada. O vídeo abaixo mostra a composição da lâmpada LED e explica seu funcionamento.[9]

Figura 10: Lâmpada de LED



Fonte: [www.blogdecorwatts.com.br](http://www.blogdecorwatts.com.br)

## 2.5.4 LED na Iluminação Pública

A modernização com Iluminação Pública LED melhora a segurança, valoriza o espaço público, favorecendo o fluxo viário, áreas de lazer, turismo e estimulando o desenvolvimento do município. Porém, há também alguns pontos negativos a serem citados.

Dessa forma, a seguir serão apresentadas algumas características de luminárias, vantagens e desvantagens na utilização de lâmpadas LED para iluminação pública.

- Luminárias:

- Luminária a LEDs LU2

A fabricante Chinesa Bang-Bell Eletronics (BBE) entre outros modelos, desenvolveu a LU2 para substituir a luminária com lâmpada a VS70W ou luminária com lâmpada a Vapor de Mercúrio. Um dos diferenciais dessa luminária é a capacidade de iluminar a uma distancia de até 12 m de altura. Seus dados técnicos estão na Tabela 1 [10]

Figura 11: Luminária HB-LED LU2



Fonte: Fabricante BBE

Modelo	HB-LED LU2
Potência (W)	66
Fluxo Luminoso (lm)	4.200
Eficiência Luminosa (lm/w)	63,6
Vida Mediana (h)	50.000
ICR	> 75
Temperatura de Cor (K)	3.000 - 7.000

Tabela 1: Dados referentes à luminária LU2

- Luminária a LEDs SL-75W

Produzida pela Leotek Eletronics Co., o valor 75W em seu modelo representa a potência que esta é capaz de substituir. A luminária possui fluxo luminoso equivalente de uma luminária VS70W, e seus dados técnicos estão apresentados na Tabela 2. [10]

Figura 12: Luminária HB-LED Leotek SL-75W



Modelo	HB-LED Leotek SL-75W
Potência (W)	48
Fluxo Luminoso (lm)	3.200
Eficiência Luminosa (lm/w)	66,7
Vida Mediana (h)	50.000
Temperatura de Cor (K)	5.500

Tabela 2: Dados referentes à luminária LU2

– Luminária a LEDs SSTL-05

Produzida pela fabricante Shnezhen, essa luminária surge no mercado com design moderno, é compacta e semelhante às luminárias convencionais. Seus dados técnicos podem ser vistos na Tabela 3. [10]

Figura 13: Luminária LEDs SSTL-05



Modelo	HB-LED Leotek SL-75W
Potência (W)	50
Fluxo Luminoso (lm)	3.000
Eficiência Luminosa (lm/w)	60,0
Vida Mediana (h)	50.000
Temperatura de Cor (K)	5.000

Tabela 3: Dados referentes à luminária SSTL-05

- Vantagens:

- Segurança – Por operarem em baixa tensão, diminui os riscos de acidentes e fatalidades, proporcionando segurança em sua instalação e utilização;
- Vida útil – Maior vida útil, cerca de 50 mil horas, reduzindo conseqüentemente o custo de manutenção;
- Consumo – Baixo consumo de energia proporcionando um elevado grau de eficiência, podendo atingir um fluxo luminoso considerável;
- Emissões de UV – Não emitem radiação ultravioleta, evitando a atração de insetos à luminária e degradação das características originais da luminária;
- Resistência – São resistentes a impactos e vibrações;
- Poluição luminosa – É causada pelo desperdício de luz artificial no período da noite. Sendo projetada de maneira incorreta ao céu que fica coberto por uma enorme bolha luminosa, tirando a nitidez das estrelas. A razão deste efeito negativo está no modo como é projetada a luz. Na iluminação a LED este efeito é minimizado, pois sua iluminação é direcionada sendo considerada ideal. [10]

- Desvantagens:

- Temperatura – Com o passar dos anos, a luminosidade de um LED não se mantém constante, podendo se degradar de forma bem acentuada, em função da temperatura que estão submetidos. Uma forma de dissipar o calor em luminárias é através do uso de aletas metálicas, pois estas provocam um resfriamento natural por convecção;
- Custo – Por se tratar de uma nova tecnologia os custos de implantação ainda são elevados;
- Sobretenção – A rede elétrica está sujeita a distúrbios no sistema elétrico, com picos de tensão. Como forma de proteção é necessário investir em dispositivos de segurança para evitar danos ou podendo queimar a luminária a LEDs. [10]

### 2.5.5 Dispositivos Para Modificação Espacial do Fluxo Luminoso Emitido Pela Fonte

São os sistemas que se destinam a orientar o fluxo luminoso da lâmpada na direção desejada.

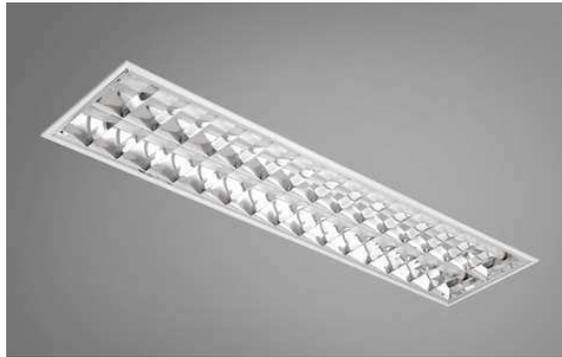
- Refletores

Refletor é o dispositivo que serve para modificar a distribuição espacial de fluxo luminoso de uma fonte, utilizando essencialmente o fenômeno da reflexão especular. Serão listados alguns modelos de refletores para lâmpadas tubulares LED encontradas atualmente no mercado.

- CAA

Luminárias para lâmpadas T8 com refletores e aletas em alumínio ideais para ambientes com necessidade de controle de ofuscamento, tais como agências bancárias, escritórios e salas de estudo.

Figura 14: Luminária CAA

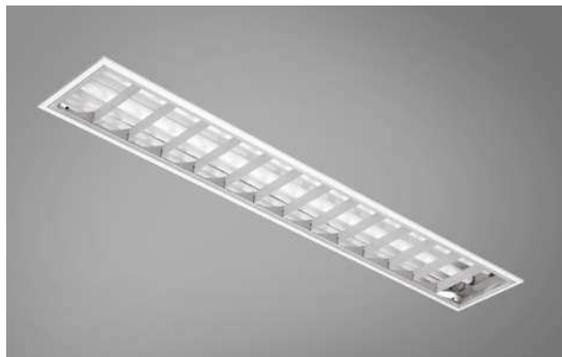


Fonte: Catálogo lumicenter Iluminação

– CAC

Luminárias para lâmpadas T8 com aletas planas em chapa de aço e refletores em alumínio alto brilho, ideais para ambientes com necessidade de controle de ofuscamento, tais como agências bancárias, escritórios e salas de estudo.

Figura 15: Luminária CAC



Fonte: Catálogo lumicenter Iluminação

– CAN

Luminárias para lâmpadas T8, com refletores em alumínio alto brilho, sem aletas, para uso em ambientes onde os requisitos visuais são comuns e simples, que não exijam controle de ofuscamento, tais como como auditórios, lojas, consultórios e restaurantes.

Figura 16: Luminária CAN



Fonte: Catálogo lumicenter Iluminação

– CES

Luminária para uso específico, adequada para quartos de hotel e hospitais.

Figura 17: Luminária CES



Fonte: Catálogo lumicenter Iluminação

• Refratores e Lentes

São os dispositivos que modificam a distribuição do fluxo luminoso de uma fonte utilizando o fenômeno da transmitância. Em muitas luminárias esses dispositivos têm como finalidade principal a vedação da luminária, protegendo os órgãos internos contra poeira, chuva, poluição e impactos. É o caso das luminárias que utilizam vidro plano frontal temperado à prova de choques térmicos e mecânicos. Nesse caso, não existe modificação espacial do fluxo luminoso provindo do conjunto lâmpada-refletor.

Os prismas simples raramente são empregados. Nos aparelhos de iluminação podemos encontrá-los como placas compostas de várias unidades, formando um refrator.

Quando o número de prismas tende para infinito, temos uma lente. As luminárias comuns raramente empregam lentes devido a seu custo elevado. Elas são mais encontradas em projetores de fecho estreito; spot lights para teatro, cinema e televisão; aparelhos de projeção, etc.

Figura 18: Aparelho para iluminação usado em teatro, cinema ou televisão, dotado de lente tipo Fresnel, com abertura de fecho variável



Fonte: MOREIRA, VINICIUS. 1999

- Difusores e Colmeias

Os difusores são elementos translúcidos, foscos ou leitosos, colocados em frente à fonte de luz com a finalidade de diminuir sua luminância, reduzindo as possibilidades de ofuscamento. É o caso das placas de vidro fosco ou bacias de plástico acrílico ou policarbonato das luminárias fluorescentes. Podem também ser utilizados para conseguir-se um aumento da abertura de fecho de uma luminária.

As colmeias (grades) funcionam como refletores especulares, como difusores, como refletores ou como absorvedores de fluxo luminoso disperso, quando se desejam luminárias com maior controle do fecho luminoso ou em locais onde existam problemas de ofuscamento.[11]

Figura 19: Luminária de Sobrepor com Difusor



Fonte: [www.mmluz.com.br](http://www.mmluz.com.br)

## 2.6 Climatizadores de Ar

O condicionamento do ar consiste no controle simultâneo de temperatura, umidade, movimento e pureza do ar de recintos fechados. Este sistema é geralmente utilizado para proporcionar sensação de conforto às pessoas, climatizar ambientes cujas atividades requerem um controle rígido de uma ou mais características do ar como em centros de computação e hospitais.

O sistema de ar condicionado pode responder por 30 a 50% do consumo de energia elétrica em construções não industriais (edifícios comerciais, shopping centers, etc).

Basicamente, os equipamentos de ar condicionado são compostos por compressores, ventiladores, condensadores, filtros e gás refrigerante, existindo diversos modelos e topologias de sistemas: aparelhos de janela, aparelhos self-contained, aparelhos split, ductless systems, bombas de calor, sistemas de termoacumulação, entre outros.

Sistemas de condicionamento de ar podem ser apontados como aqueles que apresentam as maiores possibilidades de sofisticação, pois dos tradicionais controladores de aquecimento, refrigeração e ventilação ambientais, evoluiu-se gradativamente aos controladores locais de temperatura até sistemas de supervisão e controle tão complexos quanto os SDCD's (Sistemas Digitais de Controle Distribuído) industriais.

### 2.6.1 Selo PROCEL

O Selo PROCEL de Economia de Energia, ou simplesmente Selo PROCEL, tem como finalidade ser uma ferramenta simples e eficaz que permite ao consumidor conhecer, entre os equipamentos e eletrodomésticos à disposição no mercado, os mais eficientes e que consomem menos energia.

Criado pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, programa do Governo Federal executado pela Eletrobras, o Selo PROCEL foi instituído por Decreto Presidencial em 8 de dezembro de 1993.

Figura 20: Selo PROCEL



Fonte: [www.dusolengenharia.com.br](http://www.dusolengenharia.com.br)

A partir de sua criação, foram firmadas parcerias junto ao Inmetro, a agentes como associações de fabricantes, pesquisadores de universidades e laboratórios, com o objetivo de estimular a disponibilidade, no mercado brasileiro, de equipamentos cada vez mais eficientes.

Para isso, são estabelecidos índices de consumo e desempenho para cada categoria de equipamento. Cada equipamento candidato ao Selo deve ser submetido a ensaios em laboratórios indicados pela Eletrobras. Apenas os produtos que atingem esses índices são contemplados com o Selo PROCEL.

Os aparelhos contemplados com o selo PROCEL A, possuem o melhor índice de eficiência energética da sua categoria. São submetidos a ensaios específicos em laboratórios idôneos, indicados pelo PROCEL, sendo comprovadamente mais econômicos. Os parâmetros a serem avaliados para cada equipamento constam no Regulamento Selo PROCEL de Economia. Ao adquirir um produto com este selo você estará garantindo economia na sua conta de energia elétrica.

## 2.6.2 Princípio de Funcionamento

Os Sistemas de condicionamento de ar possuem quatro componentes básicos:

1. Compressor
2. Condensador
3. Evaporador
4. Motor ventilador

O condicionador de ar tem como seu principal objetivo deixar ambientes em temperaturas agradáveis criando uma sensação de conforto térmico (aquecendo ou refrigerando) ou até mesmo em determinados ambientes em que o seu uso é indispensável como por exemplo: CDP, Laboratórios, Hospitais, etc.

O princípio de funcionamento dos condicionadores de ar, nada mais é do que a troca de temperatura do ambiente, através da passagem do ar pela serpentina do evaporador que por contato sofre queda ou aumento de temperatura, dependendo do ciclo utilizado, baixando a umidade relativa do ar.

Quando alcançado a temperatura desejada se faz uma leitura através de um sensor localizado no evaporador que este por sua vez desliga o compressor, fazendo com que o equipamento mantenha a temperatura, qualquer variação na temperatura estipulada aciona-se novamente o compressor que é responsável pela circulação do gás refrigerante dentro do sistema.

- Operação de Refrigeração

No caso da operação de refrigeração o gás sai do compressor em alta pressão e alta temperatura. No caminho que percorre no condensador ele perde calor e continua perdendo no “elemento de expansão” (tubo capilar e filtro secador). No evaporador, o gás já chega frio, pronto para refrigerar o ambiente interno e carregando o calor para o ambiente externo.

- Operação de Aquecimento

Para operação de aquecimento o princípio é o mesmo. A diferença é que existe uma válvula reversora que muda o caminho que o gás vai percorrer. Ao invés de ir primeiro para o condensador como no ciclo frio, o gás vai primeiro para o evaporador. Com isso, o condensador e a evaporadora trocam de papel. Tudo funciona da mesma forma, só que inversa. Quem fica quente é o evaporador (ambiente interno) e o condensador fica frio (ambiente externo).

- Cálculo de BTU

BTU é a unidade que mede a quantidade de calor presente em um ambiente fechado e que precisa ser retirada ou adicionada para atingir um conforto térmico. A sigla BTU significa British Thermal Unit ou Unidade Térmica Britânica.

As variáveis que influenciam neste cálculo:

- Números de janelas
- Números de portas
- Paredes externas e janelas que recebem insolação
- Quantidade e potência de equipamentos elétricos e lâmpadas que dissipam calor
- Número de pessoas no ambiente

Em Média, utilizamos para cálculo de carga térmica 750 Btus/h por metro quadrado. Por exemplo ambiente de  $16m^2$  teríamos:  $750 \times 16m^2 = 12.000 BTU$ .

### 2.6.3 Inovações tecnológicas com baixa consumo e alta eficiência

- Sistema INVERTER

O sistema Inverter mantém o ambiente confortável com a mínima variação de temperatura, economizando até 40% no consumo de energia em comparação com os splits convencionais.

Nos equipamentos Inverter a velocidade inicial do compressor é maior, atingindo rapidamente a temperatura desejada.

A temperatura ideal é mantida constante com pouca oscilação, pois a potência do compressor varia de acordo com a necessidade do ambiente. O que não ocorre no split convencional onde o compressor é desligado ao atingir a temperatura programada, religando quando variar a temperatura. Mantendo esta operação de “ligar e desligar” intermitentemente eleva-se o consumo de energia elétrica.

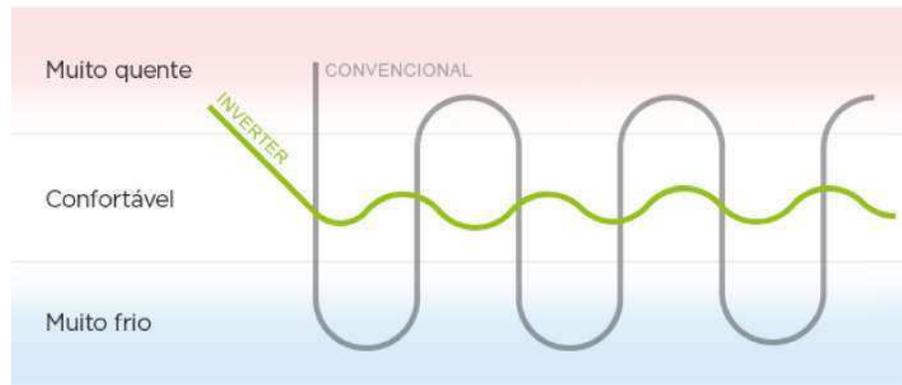
O nível de ruído no sistema Inverter é mais baixo devido ao maior controle do motor do ventilador. O desnível e a distância entre as unidades podem ser maiores que no sistema convencional.

Ao passo que o compressor de um Ar Condicionado comum leva um “choque” elétrico para o arranque (trabalhando em sua capacidade máxima desde a partida) a fim de resfriar o ar até que chegue à temperatura desejada e desligue logo após (o que consome bastante energia ocasionando picos elétricos e deixando a temperatura do ambiente instável);

O equipamento com Tecnologia Inverter não desliga ao atingir a temperatura, porém, ele assume um comportamento similar a um modo de 'Stand-by' pois possui um dispositivo interno que ajusta a frequência do motor e conseqüentemente seu giro, ficando sempre em funcionamento mas trabalhando gradualmente de acordo com a temperatura do ambiente, diminuindo sua rotação e variando-a sempre que necessário. Assim mantém a temperatura estável e evita picos elétricos e consumo excessivo, proporciona sustentabilidade, economia, menor nível de ruído e proteção elétrica.

É mostrado na Figura 21 a ilustração da comparação do funcionamento de um ar condicionado tipo inverter e o tipo convencional.

Figura 21: Comparação Ar Condicionado Inverter x Convencional



- **Convencional** - Como a potência do compressor do ar convencional não varia, ele liga e desliga constantemente, o que gera picos no consumo de energia e na temperatura.
- **Inverter** - Atinge a temperatura mais rapidamente e a mantém estável, já que o compressor consegue variar a sua capacidade.

Fonte: [www.zoom.com.br](http://www.zoom.com.br)

Tabela 4: Comparação Tecnologia Inverter x Convencional

	<b>Tecnologia Inverter</b>	<b>Convencional</b>
<b>Controle de Temperatura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atinge rapidamente a temperatura desejada;</li> <li>- Temperatura desejada é mantida constante com pouca oscilação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- É necessário algum tempo para atingir a temperatura desejada;</li> <li>- A temperatura ambiente oscila (+/- 2°C) próximo a temperatura desejada</li> </ul>
<b>Economia de Energia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Até 40% menor que o convencional;</li> <li>- Alta eficiência e economia de energia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo consumo elétrico.</li> </ul>
<b>Operação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compressor opera variando a rotação em função da temperatura desejada;</li> <li>- Aumento gradativo na rotação do compressor evitando picos de energia;</li> <li>- Função de secagem de serpentina, evitando formação de mofo e odor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compressor liga ou desliga para manter a temperatura ambiente próxima a temperatura desejada;</li> <li>- Compressor com partida direta, picos de energia.</li> </ul>
<b>Nível de Ruído</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor que o convencional.</li> <li>- Com a temperatura estabilizada, o compressor opera em baixa rotação, reduzindo mais ainda o ruído da condensadora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo nível de ruído;</li> <li>- Compressor liga e desliga.</li> </ul>
<b>Gás Refrigerante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gás Ecológico R-410A.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gás R-22 (HCFC).</li> </ul>

Fonte: Fujitsu

- Ar Condicionado com sensor de movimento

Os sensores de movimento, prometem contribuir, e muito, na climatização de ambientes. Funciona da seguinte maneira: O Ar condicionado liga quando o mesmo percebe a presença de alguém e desliga quando ninguém estiver no local.

Além de ligar e desligar automaticamente, o dispositivo também controla o fluxo de ar que sai do aparelho. Por exemplo, quanto mais pessoas entram em um ambiente maior será a vazão de ar, proporcionando mais conforto. O mesmo ocorre inversamente, quanto menos pessoas estiverem no local, menor será o fluxo do ar do equipamento. Gerando assim, uma diminuição na conta de luz. Com esse sistema, a economia de energia total pode chegar a 20%, totalizando 60% se aliada ao sistema inverter.

#### 2.6.4 Ar Condicionado Central x Individual

O ar condicionado central é um sistema que usa uma unidade condensadora e várias evaporadoras em diversos ambientes de uma residência ou escritório. Com diferentes tipos de unidade interna, utilizando controles remotos individuais ou ainda um controle de monitoramento central, o ar condicionado central oferece conforto e praticidade. Sistema ideal para manter sua empresa ou sua residência climatizados da melhor forma. Por meio do sistema de variação na capacidade do compressor, o sistema de ar condicionado central consome apenas o necessário para garantir a temperatura do ambiente, de acordo com o número de unidades em funcionamento. O resultado é uma grande economia de energia, comparado ao modelos tradicionais.

Um aparelho de ar-condicionado individual é relativamente econômico e pode ser instalado pelo próprio usuário. Um sistema de ar-condicionado central pode ser muito caro devido ao custo de canalização, ferramentas e serviço de instalação. Por consumir mais energia, sistemas centrais também são mais caros do que aparelhos individuais, mas o uso de múltiplos aparelhos individuais em uma casa pode acabar igualando o seu custo ao do sistema central.

O sistema de ar-condicionado central pode, geralmente, usar a mesma rede de dutos utilizada pelos sistemas de aquecimento e ventilação e isso pode reduzir drasticamente os seus custos de instalação. Sistemas centrais também são capazes de refrigerar toda a casa ao mesmo tempo, o que pode representar conforto para seus ocupantes, especialmente em períodos de clima quente. Esse sistema pode ser programado para ligar e desligar automaticamente conforme a necessidade por meio de um temporizador ou termostato. Aparelhos individuais são mais econômicos e fáceis de instalar. Requerem pouca ou nenhuma manutenção e são fáceis de controlar e operar.

Ele precisa ser grande o suficiente para refrigerar ou aquecer o ar, mas não muito grande. Uma das vantagens para a instalação deste tipo de aparelhos de ar condicionado é que você pode definir diferentes temperaturas em salas diferentes. Você pode ligar o AC em apenas um cômodo, enquanto os outros permanecem os mesmos, e assim economizar dinheiro com energia elétrica, não é como no caso de um sistema de aquecimento central. Vale a pena investir em um múltiplo de ar condicionado embalados terminal como você vai economizar dinheiro no longo prazo.

Outra vantagem para condicionadores de ar embalado terminal é que eles são mais fáceis de instalar e também mais barato, em seguida, os sistemas centrais de ar condicionado. Além disso, o espaço necessário para a instalação é muito menor ao contrário do sistema central. Para temperaturas diferentes em áreas diferentes, embalados condicionadores de ar do terminal são a melhor escolha. O único sistema mais barato para quartos individuais é a de um Windows instalado ar condicionado. O fato é que elas só funcionam efetivamente em áreas pequenas. Como decidir qual a capacidade de resfriamento de uma determinada área?

Os fabricantes geralmente informam o alcance recomendado para um determinado modelo, sendo muito importante comprar uma unidade que seja adequada para essa área. Subestimar o tamanho do cômodo pode não ser adequado, assim como superestima-lo fará você pagar por um benefício que talvez você não precise usar. Meça a área antes de comprar. Essas são as BTU (British Thermal Unit ou, em português, unidade térmica britânica, é uma unidade de energia;  $1 \text{ BTU} = 1055 \text{ joules}$ , que é a energia necessária

para aquecer uma libra peso [0,454 g] de água de 1 grau Fahrenheit) recomendadas para uma determinada área a ser resfriada: Quarto pequeno: 5.000 – 6.000 BTU para aproximadamente 9,3 – 27,9 m<sup>2</sup>; Quarto médio: 7.000 – 8.200 BTU para aproximadamente 23,2 – 51,1 m<sup>2</sup>; Quarto grande: 9.800 - 12.500 BTU para aproximadamente 32,5 – 88,3 m<sup>2</sup>.

### 2.6.5 Tipos de Condicionadores de Ar

Os principais modelos e topologias de sistemas de condicionamento de ar são:

- Tipo Janela

Modelo mais clássico, o ar-condicionado de janela é projetado para ser instalado dentro de uma janela padrão ou, em alguns casos, através de um furo feito na parede. Esses aparelhos, então, ficam com o sistema de escape de ar quente voltado para fora e o sistema de retorno de ar fresco voltado para dentro.

Geralmente são opções eficientes para climatizar quartos pequenos ou grandes. Contudo, por serem fabricados com uma tecnologia mais antiga, eles podem ser mais barulhentos e consumir mais energia. Os recursos que eles podem oferecer incluem temporizadores programáveis.

Figura 22: Ar condicionado tipo Janela



Fonte: [www.dufrio.com.br](http://www.dufrio.com.br)

- Tipo Split

Um sistema split com dutos de insuflamento possui uma unidade externa (condensador) que, através de tubulações de pequeno diâmetro, bombeia refrigerante para uma grande unidade interna (evaporador), responsável pela refrigeração do ar, ventilado para os ambientes climatizados através de dutos de dimensões consideráveis.

Por outro lado, os sistemas de ar condicionados split sem dutos de insuflamento (ductless systems) possuem uma pequena unidade interna (evaporador) em cada ambiente climatizado, dispensando o uso de dutos de insuflamento. A implementação de sistemas de ar condicionado do tipo ductless split é bastante adequada

para instalações onde não haja disponibilidade de espaço físico para a colocação de dutos de insuflamento. As vantagens desse sistema vão desde a instalação fácil e versátil (as unidades internas podem ser instaladas tanto nas paredes como no teto) até o controle climático individual de cada ambiente (controle por zona), não disponível em diversos sistemas do tipo central. Além disso, a operação é bastante silenciosa, podendo, em alguns modelos, ser controlada e programada através de controle remoto.

Figura 23: Ar Condicionado tipo Split



Fonte: [www.dufrio.com.br](http://www.dufrio.com.br)

- Tipo Multisplit

Os aparelhos de ar condicionado multisplit possuem um sistema moderno. Nele pode-se ter duas ou mais evaporadoras com apenas uma condensadora. A quantidade de evaporadora vai depender da capacidade da condensadora e de cada fabricante. O multisplit é ideal para climatizar mais de um ambiente ao mesmo tempo e dispõe de pouco espaço externo para a instalação da unidade condensadora. Pode ser instalado em residências, pequenos escritórios ou ambientes de médio porte.

A maior vantagem deste modelo é que todas as partes são independentes, ou seja, escolhe-se quantas e quais evaporadoras deseja ligar. As unidades internas podem ser do tipo Hi-Wall, piso-teto, cassete e duto (dependendo do fabricante). Outro diferencial é que reduz o número de unidades externas, liberando espaço no exterior do ambiente.

- Tipo Split Cassete

O cassete é indicado para ambientes de médio porte, residenciais ou comerciais. Pode ser encontrado, principalmente, em salas de aula em universidades, bancos, escritórios, salões de festas, etc.

Uma das principais vantagens desse tipo de split é que ele fica embutido no teto, sem contar que é possível controlar o fluxo de ar em cada aleta, individualmente (dependendo do fabricante). É possível encontrar, no mercado brasileiro, cassetes com capacidade de 18.000 BTUs, 24.000 BTUs, 30.000 BTUs, 36.000 BTUs, 41.000 BTUs, 48.000 BTUs, 51.000 BTUs e 60.000 BTUs. Praticamente todos os principais fabricantes de ar-condicionado possuem modelos de split cassete.

Figura 24: Ar Condicionado tipo MultiSplit



Fonte: Catálogo Komeco

Figura 25: Ar Condicionado tipo SplitCassete



Fonte: Catálogo LG

- Tipo Self Contained

Basicamente, aparelhos self-contained correspondem a equipamentos de ar condicionado completos formados por uma única unidade, diferente dos sistemas split, compostos por módulos internos e um módulo externo.

Estes sistemas de ar condicionado Self Contained são indicados para médios e grandes ambientes, como shoppings, hospitais, grandes escritórios, etc.

Possuem um baixo custo em manutenção, de instalação e energia elétrica.

Figura 26: Ar Condicionado tipo Self Contained



Fonte: [www.webarcondicionado.com.br](http://www.webarcondicionado.com.br)

### 3 A Instituição

A Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) foi criada pela Lei Municipal nº 23, em março de 1966, como Fundação Universidade Regional do Nordeste – URNe, na gestão do prefeito Williams de Souza Arruda. O prefeito Williams Arruda foi eleito para presidir a Fundação e ser seu reitor.

A Universidade teve representantes de professores, estudantes e funcionários se articularam e fizeram grande mobilização o que levou o Governo do Estado a promover a estadualização da Universidade. Mas, só em 11 de outubro de 1987 que foi sancionada pelo governador, Tarcísio Burity como Universidade Estadual da Paraíba.

Quando a Universidade Estadual da Paraíba completou 30 anos de Universidade Regional do Nordeste, ela teve um marco importante, quando foi reconhecida pelo Conselho Nacional de Educação do MEC.

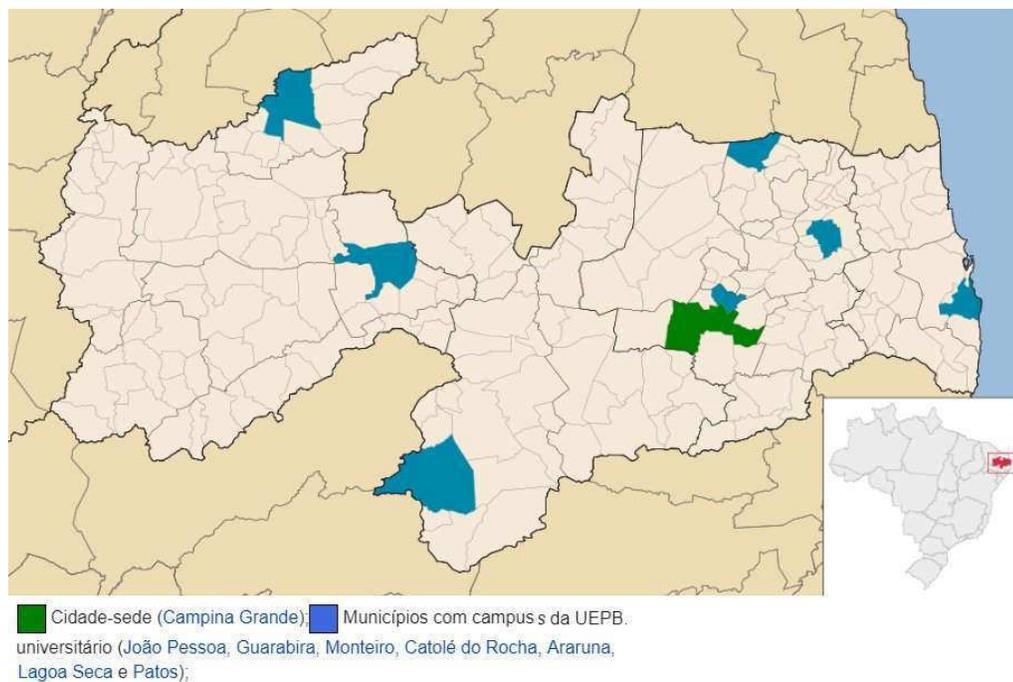
A autonomia financeira da instituição foi concedida através da Lei nº 7.643, de 6 de agosto de 2004, inaugurada assim uma nova fase na história da Universidade Estadual da Paraíba.

De acordo com dados institucionais de 2018, a UEPB conta com 18.003 alunos, 857 professores e 767 servidores técnico-administrativos; atuando em 52 cursos de graduação, 51 cursos de pós-graduação, 6 cursos de EAD e 4 cursos técnicos. Atualmente a UEPB possui 8 campi espalhados por todo estado da Paraíba (Figura 27), sendo eles: [12]

- Campus I – Cidade de Campina Grande;

- Campus II – Cidade de Lagoa Seca;
- Campus III – Cidade de Guarabira;
- Campus IV – Cidade Catolé do Rocha;
- Campus V – Cidade de João Pessoa;
- Campus VI – Cidade de Monteiro;
- Campus VII – Cidade de Patos;
- Campus VIII – Cidade de Araruna.

Figura 27: Câmpus da UEPB pela Paraíba

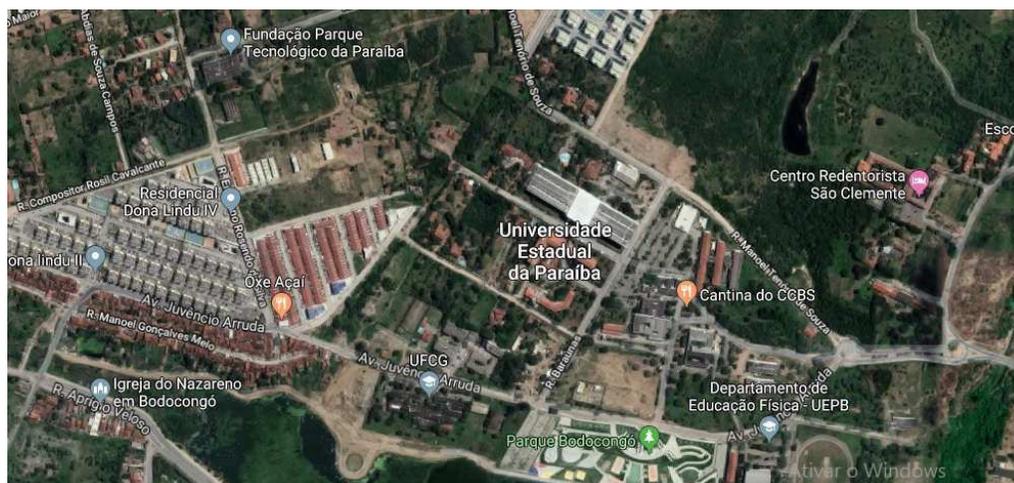


Fonte: Wikipédia

Possuindo uma área de aproximadamente  $274.898 \text{ m}^2$ , é no campus I da UEPB, em Campina Grande (Figura 28), que se concentram os Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS), Centro de Ciências Sociais e Aplicadas (CCSA), Centro de Ciências Jurídicas (CCJ), Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) e Centro de Educação (CEDUC).

A fim de realizar um estudo mais detalhado, o presente trabalho limitou seu campo de estudos à esse campus. É nele que se encontram a sede da Reitoria e da Administração Central da Universidade Estadual da Paraíba, assim como suas respectivas pró-reitorias.

Figura 28: UEPB Campus I



Fonte: Google Maps

## 4 Pré-Diagnóstico das Instalações Físicas

Para a realização do pré-diagnóstico energético das instalações do campus I da UEPB, utilizou-se a seguinte metodologia: separou-se a análise em três Tipos e o campus em seis Regiões. Na Figura 29 é possível ver as regiões listadas. A separação dos tipos e regiões se deu da seguinte forma:

- Tipos
  1. Análise da Situação Física dos Transformadores;
  2. Análise das Instalações dos Prédios;
  3. Análise da Situação da Iluminação Externa.
- Regiões
  1. Prédios 3 Marias e CCBS e campo externo;
  2. Prédios de Psicologia, Fisioterapia, Odontologia, RU e campo externo;
  3. CCT, prédio do estacionamento e estacionamento;
  4. Prédio da reitoria, biblioteca centra e estacionamento;
  5. Central de Aulas e estacionamento;
  6. Prédio de Ed. Física, biotério e estacionamento.

Figura 29: Regiões de análise da UEPB



Fonte: Google Maps

#### 4.1 Análise da Situação dos Transformadores

O campus I da UEPB é composto por 9 transformadores, sendo eles:

- a CCBS - 225 KVA;
- b Três Marias - 150 KVA;
- c Psicologia - 150 KVA;
- d Odontologia - 300 KVA;
- e CCT - 225 KVA;
- f Fisioterapia - 75 KVA;
- g Central Administrativa - 300 KVA;
- h Central de Aulas - 300 KVA;
- i Biotério - 150 KVA.

Para a análise dos transformadores, levou-se em conta sua situação física de conservação, presença de chaves disjuntores, disjuntores, para-raios e situação do aterramento.

Todos os transformadores foram averiguados. Dentre eles, foi visto todos os itens listados acima apenas nos transformadores das Três Marias e de Odontologia.

Figura 30: Transformador do Prédio de Odontologia



Fonte: Próprio autor

Nos transformadores do CCBS e de Psicologia, não foi visto a presença de para-raios, podendo ocasionar danos ao equipamento em caso de surto em suas proximidades.

No trafo do CCT foi observado que o cabo de aterramento se encontrava exposto, podendo causar algum dano a um eventual transeunte que se encontra-se próximo a ele numa situação de surto na energia.

O transformador de do prédio de Fisioterapia foi o que estava em pior situação dentre os analisados. Não possuía para-raios, o quadro de proteção não tinha tampa, não foi visto aterramento e sua carga se encontrava relativamente distante.

No da Central de Aulas não foi visto para-raios nem chave-disjuntor, dificultando assim sua manobra em caso de necessidade de isolá-lo.

A situação do transformador do Biotério encontrava-se bem crítica. O aterramento se encontrava exposto, não foi visto para-raios nem o disjuntor. Apesar disso, possuía chave-disjuntor.

Figura 31: Transformador do Prédio de Biotério



Fonte: Próprio autor

## 4.2 Análise das Instalações Prediais

Para a análise dos prédios do campus, foram obtidas informações a respeito do cotidiano destes com funcionários: vigias, faxineiros(as), cozinheiros(as), seguranças, técnicos(as), entre outros.

Trabalhou-se a análise dividindo-se por regiões, como segue:

### 4.2.1 Região 1

Os prédios das 3 Marias e do CCBS possuem refletores em suas partes externas. Estes refletores acendem automaticamente juntamente com os postes, acionados por meio de fotocélulas.

- 3 Marias

Foi constatado que as lâmpadas deste prédio são acionadas manualmente por vigias, e geralmente são ligadas apenas pela noite. Porém, a maioria dos prédios só funcionam no período diurno.

Observou-se que as lâmpadas do prédio não possuíam calhas luminárias adequadas, diminuindo a eficiência da iluminação.

As lâmpadas dos prédios mostraram-se ineficientes: Quantidade excessiva e lâmpadas muito grandes para regiões pequenas. As lâmpadas observadas eram fluorescente tubulares.

Também foi observado que os prédios possuem alguns condicionadores de ar antigos.

- CCBS

O prédio funciona dia e noite e as lâmpadas são acionadas manualmente pelos vigias nos quadros de distribuição.

Foi constatado que as lâmpadas possuíam calhas luminárias adequadas e também uma boa iluminação natural, tanto nos corredores quanto em algumas salas de aula, ajudando na eficiência energética. Porém, foi observado a falta de lâmpadas de emergência.

#### 4.2.2 Região 2

- Psicologia

O prédio funciona dia e noite, porém apenas o térreo funciona a noite. O acionamento das lâmpadas se dá por meio de interruptores nos próprios corredores.

Foi possível constatar que as lâmpadas dos prédios eram antigas e não possuíam calhas luminárias adequadas. Os corredores possuíam uma boa iluminação natural, diferentemente das salas de aula.

- Restaurante Universitário

O prédio do RU funciona o dia inteiro, porém possui uma boa iluminação natural, fazendo com que as lâmpadas sejam acionadas apenas entre os horários de 17:30 às 19h. O prédio também possui uma boa circulação de ar, fazendo com que não seja necessário climatizadores.

Porém, constatou-se que os exaustores de ar já estavam velhos e que as lâmpadas não possuíam calhas refletoras adequadas.

- Fisioterapia

O prédio funciona dia e noite, porém o térreo só funciona durante o dia, tendo em vista que é lá que ocorre os atendimentos aos usuários. Já o 1º andar funciona dia e noite, já que lá também ocorre aulas.

No prédio foi constatado uma boa iluminação natural. Porém, as lâmpadas não possuíam calhas refletoras adequadas e também foi observado a existência de condicionadores de ar antigos, apesar de outros mais novos.

- Odontologia

O prédio de Odontologia só funciona no período diurno, fazendo com que não haja carga no horário de ponta.

Apesar da boa iluminação natural, as lâmpadas não possuíam calhas refletoras adequadas, diminuindo a eficiência de iluminação.

#### 4.2.3 Região 3

- CCT

O prédio funciona dia e noite e a iluminação é acionado por vigias no quadro de distribuição.

Foi observado que, apesar da boa iluminação natural que o prédio possui, algumas salas de aula ainda permanecem com as lâmpadas acesas. Além disso, as lâmpadas já estão velhas e não possuem calhas refletoras adequadas para uma boa eficiência.

Figura 32: Lâmpada no Prédio CCT



Fonte: Próprio autor

Observou-se que os condicionadores de ar também já estavam antigos, diminuindo a qualidade e também sua eficiência.

No prédio foram vistos alguns sensores de presença. Porém, aparentemente não estavam em funcionamento.

#### 4.2.4 Região 4

- Reitoria

Os prédios da reitoria funcionam das 7h às 17h, não havendo acionamento de lâmpadas no período da noite (de ponta).

O prédio não possui uma boa iluminação natural, apenas nas regiões mais externas. Não apresentam calhas refletoras adequadas, porém as que tinham luminárias refletoras estavam bem conservadas.

#### 4.2.5 Região 5

- Central de Aulas

Na Central de Aulas, as lâmpadas são acionadas por vigias, por meio do quadro de distribuição. Foi constatado que várias lâmpadas já estavam velhas e sem calha refletora. Os corredores e o pátio possuem uma boa iluminação natural, diferentemente das salas de aula. As proteções das luminárias das lâmpadas nos andares se encontravam sujas, diminuindo sua luminosidade.

Também foi observado a falta de iluminação de emergência.

#### 4.2.6 Região 6

- Educação Física

O prédio de Educação Física funciona apenas no período diurno, fazendo com que apenas as lâmpadas necessárias para a permanência dos vigias fossem ligadas a noite. As lâmpadas são acionadas por meio de interruptores nos próprios corredores.

Figura 33: Lâmpada do Prédio de Ed. Física



Fonte: Próprio autor

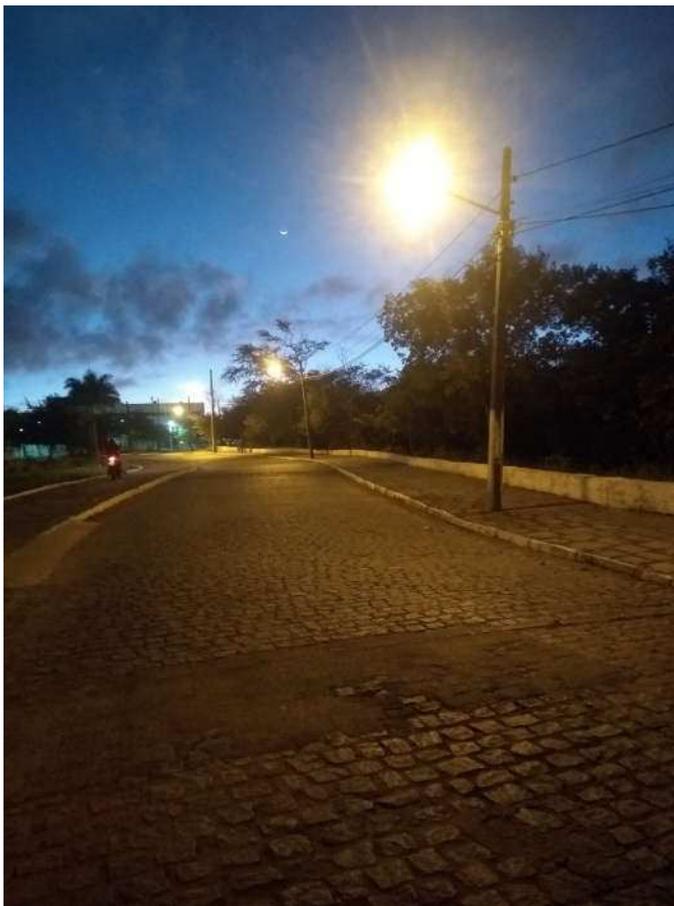
- Biotério

O prédio do Biotério não foi analisado, pois se encontrava em obras nos período estudado.

### **4.3 Análise da Situação da Iluminação Externa**

Logo na entrada do campus, notou-se uma baixa iluminação, tanto devido ao tipo de lâmpadas utilizada, que eram de vapor de sódio, em sua maioria, como pela baixa quantidade. As lâmpadas vistas tem uma potência de 250 e 400 W.

Figura 34: Iluminação da Entrada do Campus I



Fonte: Próprio autor

#### **4.3.1 Região 1**

Observou-se uma baixa iluminação. Alguns receptáculos se encontravam sem lâmpadas e foram vistas muitas lâmpadas de vapor de sódio. Os refletores dos prédios também estavam sem funcionar.

#### **4.3.2 Região 2**

Observou-se muitas lâmpadas de vapor de sódio e postes muito altos, fazendo com que a iluminação dos postes ficasse por cima das árvores. O estacionamento estava bem iluminado, apesar do uso de lâmpadas de vapor de sódio.

#### **4.3.3 Região 3**

Constatou-se o uso de muitas lâmpadas de vapor de sódio, postes de modelos antigos e árvores atrapalhando a iluminação dos postes.

Figura 35: Iluminação do Estacionamento do CCT



Fonte: Próprio autor

#### **4.3.4 Região 4**

Essa foi a região mais bem avaliada do campus, com uma boa iluminação e utilizando lâmpadas halógenas.

#### **4.3.5 Região 5**

O entorno do prédio da Central de Aulas se encontrava bem iluminado. O mesmo não foi visto no estacionamento, onde se viu poucas lâmpadas e as que foram vistas, eram de vapor de sódio.

#### **4.3.6 Região 6**

Nessa região foi visto muito poucas lâmpadas e as que se encontravam eram de vapor de sódio.

## 5 Pré-Diagnóstico Tarifário

O diagnóstico tarifário trata das questões que envolvem a Gestão de Contratos e Faturas de Energia Elétrica, onde são desenvolvidos trabalhos mensais de conferência, análise, pagamento e contatos com as concessionárias visando à correção de eventuais equívocos nas faturas de energia elétrica. Além disso, desenvolve também atividades que permeiam desde o cálculo, aquisição e instalação dos Bancos de Capacitores necessários à correção do baixo fator de potência das instalações elétricas, passando pelos cálculos de adequação tarifária, necessários à correta contratação de demandas, acompanhamento de todo o processo de negociação dos contratos de fornecimento de energia elétrica, até a assinatura e acompanhamento dos mesmos. [13]

Para a análise do estudo, foram levantados, por meio do site da Energisa, dados das faturas correspondente a um período de 12 meses - junho de 2018 à maio de 2019. Os dados foram organizados em planilhas para melhor análise sobre a evolução de consumo de energia no período citado.

Os dados coletados forneceram informações preciosas para a análise de contratação correta da energia e seu uso adequado, bem como sobre a análise de seu desempenho, subsidiando a tomada de decisões.

### 5.1 Características das Composições Tarifárias

Atualmente, a UEPB é responsável por 35 faturas mensais. Porém, se tratando do campus I, ela responde por 8 faturas, sendo 4 do Grupo A e 4 do Grupo B. São elas:

- Grupo A
  - Biotério;
  - Cubículo de Medição;
  - Central de Administração;
  - Central de Aulas.
  
- Grupo B
  - UAMA;
  - EAD;
  - Educação Física;
  - PROINFA.

Todas as unidades consumidoras do grupo A são do subgrupo A4 e possuem tensão contratada de 13,8 KV. Suas estruturas tarifárias são as seguintes:

- Biotério

A fatura do Biotério corresponde apenas ao consumo do seu próprio bloco e possui demanda contratada na ponta de 30 KW e fora ponta de 2 KW. É a única que possui a modalidade tarifária horosazonal verde,

- Cubículo de Medição

A fatura do Cubículo de Medição corresponde ao consumo dos prédios do CCBS, Três Marias, Psicologia, Odontologia, CCT e Odontologia. Sua modalidade tarifária é a horosazonal azul e possui demanda contratada fora ponta é 250 *KW*.

- Central de Administração

A fatura da Central de Administração corresponde ao seu próprio consumo, possui demanda contratada de 165 *KW* e sua modalidade tarifária é a horosazonal verde.

- Central de Aulas

A fatura da Central de Aulas também corresponde apenas ao seu próprio consumo, possuindo demanda contratada de 125 *KW* e tendo sua modalidade tarifária sendo a horosazonal verde.

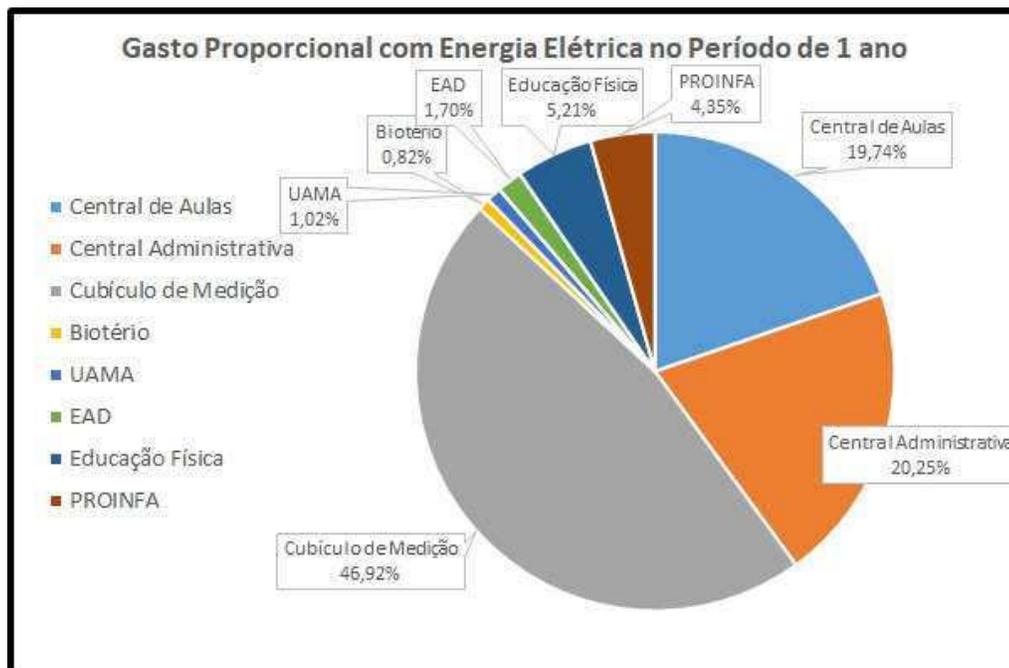
## 5.2 Características de Consumo

Baseado nas faturas referentes ao campus I, observou-se que, no período estudado, a UEPB gastou R\$1.262.270, 17 com energia elétrica. Os gastos em cada unidade se deu da seguinte forma:

- Central de Aulas: R\$ 249.158, 58
- Central Administrativa: R\$ 255.627, 76
- Cubículo de Medição: R\$ 592.255, 09
- Biotério: R\$ 10.327, 84
- Educação Física: R\$ 65.716, 09
- UAMA: R\$ 12.888, 53
- EAD: R\$ 21.399, 67
- PROINFA: R\$ 54.896, 61

É mostrado na Figura 36 os gastos proporcionais entre as unidades consumidoras.

Figura 36: Gastos Proporcional entre os prédios



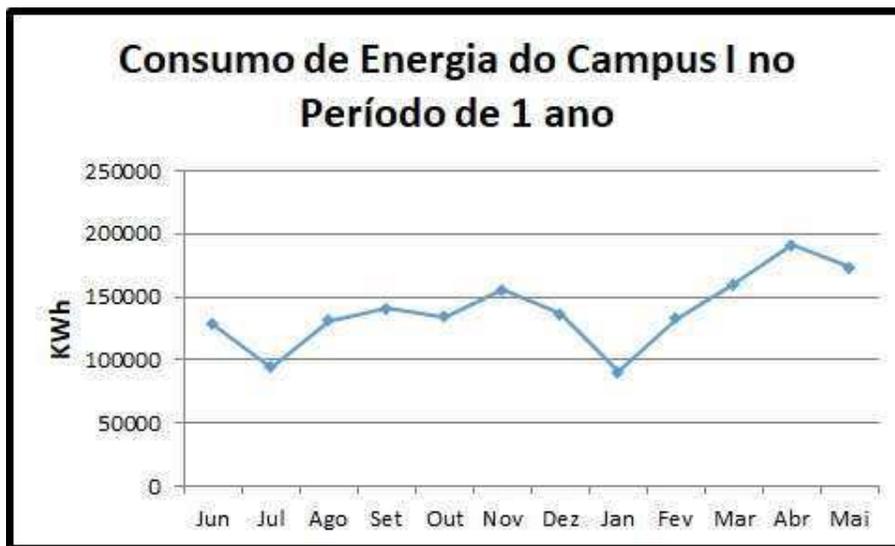
Fonte: Próprio Autor

Como esperado, notou-se que o Cubículo de Medição consome a maioria dos gastos, 47%, tendo em vista que ele engloba os prédios do CCBS, Três Marias, Psicologia, Odontologia, CCT e Odontologia. Os prédios de UAMA e Biotério são os que menos tem gastos, ficando com menos de 1% do total.

Porém, conforme destaca Bonnet *et al.* (2002), para a gestão do consumo de energia elétrica, deve-se utilizar as medições expressas em kWh (quilowatt-hora) e para a gestão da demanda, deve-se utilizar as medições expressas em kW (quilowatt), uma vez que os valores monetários cobrados pelas concessionárias de energia por cada kW ou kWh variam mensalmente em função da variação dos impostos e das revisões tarifárias.

Dessa forma, a fim de observar o consumo de energia elétrica na instituição, montou-se um gráfico com a variação do consumo de energia englobando o período de 1 ano estudado, destacando-se cada mês, conforme é mostrado na Figura 37. Ressalta-se que entre os dias 29/06/18 a 30/07/18 e entre 15/12/18 a 18/02/19 a universidade encontrava-se de férias, fazendo com que houvesse uma queda no consumo.

Figura 37: Dados de consumo do campus I - UEPB



Fonte: Próprio Autor

Como destacado anteriormente, notou-se que nos meses de julho e janeiro houve uma queda no consumo de energia, decorrente das férias escolares. Valor, esse, que chegou a 47,34% do maior valor medido, abril.

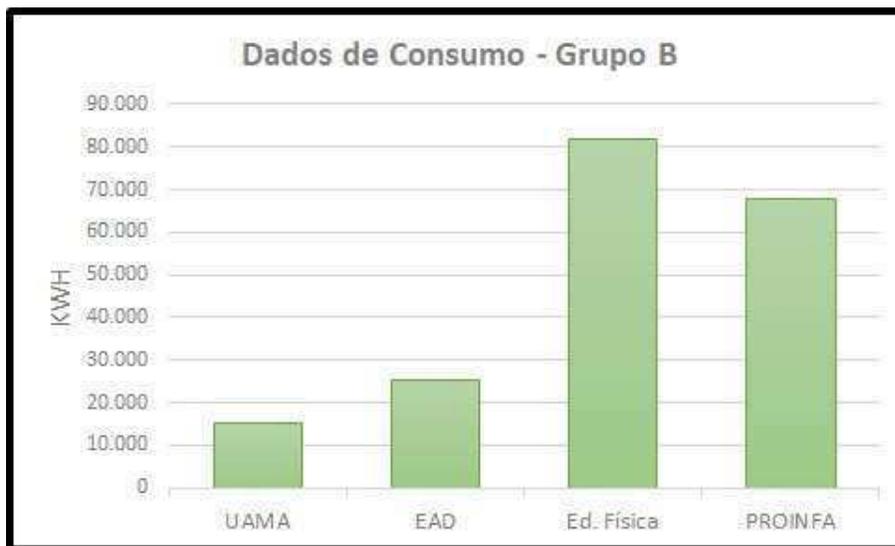
A fim de se ter maior noção da divisão de consumo dentro do campus, separou-se esses dados entre os grupos A e B, conforme é mostrado nas Figuras 38 e 39.

Figura 38: Consumo Grupo A



Fonte: Próprio Autor

Figura 39: Consumo Grupo B

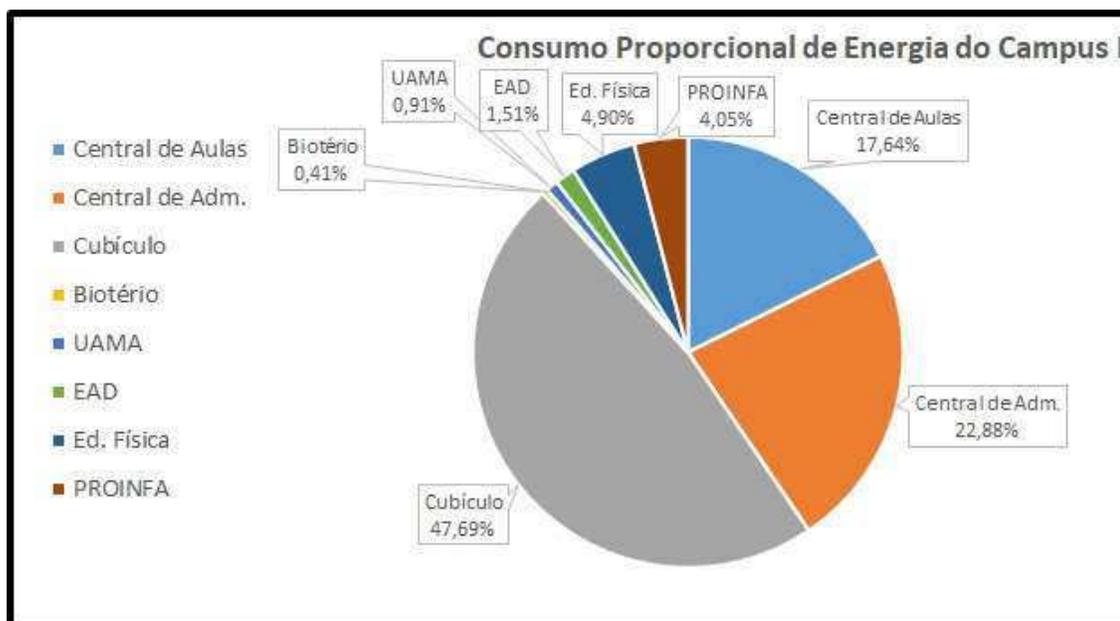


Fonte: Próprio Autor

Nota-se que as unidades consumidoras do Grupo A consomem muito mais energia nos horários fora de ponta do que nos horários de ponta. Isso se deve-se pelo fato da universidade ter muito mais aulas no período diurno do que no noturno. Também nota-se que no período estudado o prédio do Biotério quase não teve consumo. Isso se dá porque o prédio se encontrou desativado no período estudado. Isso trará maiores consequências que serão vistas mais adiante.

Também montou-se um gráfico de consumo proporcional entre as unidades consumidoras, conforme é mostrado na Figura 40.

Figura 40: Consumo Proporcional do Campus I

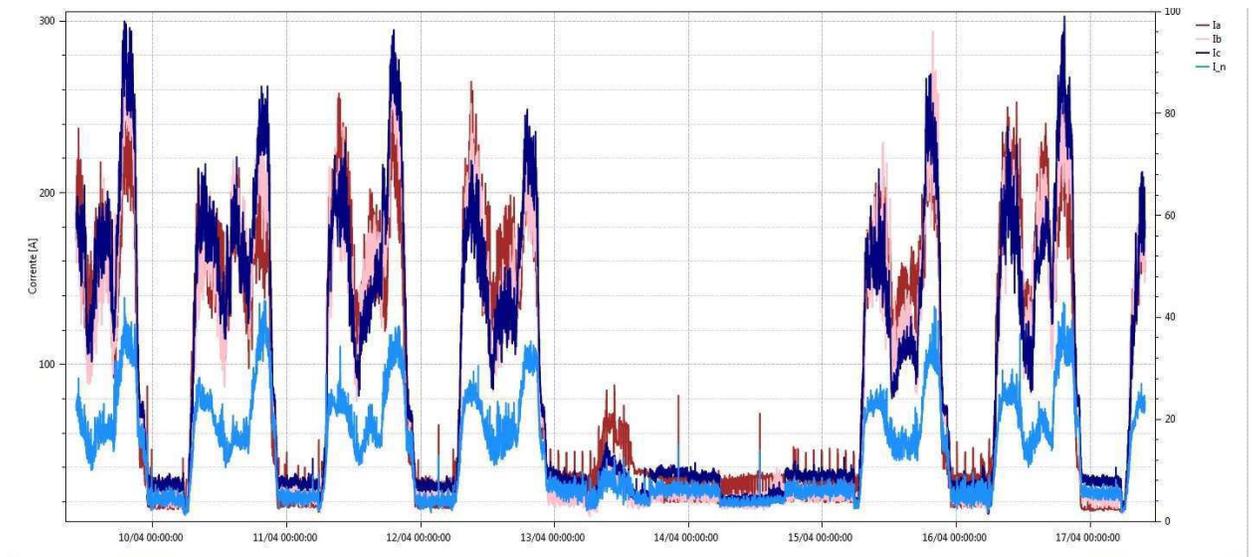


Fonte: Próprio Autor

Novamente nota-se que o Cubículo de Medição é a unidade que tem maior consumo no campus e o Biotérios tem o menor.

A fim de ter uma melhor noção do perfil de consumo dos prédios, instalou-se, em algumas semanas, analisadores de energia em alguns transformadores. É possível ver na Figura 41 a variação da corrente no período entre 10/04/19 a 17/04/19 no prédio na Central de Aulas.

Figura 41: Dados do Analisador de Energia no Prédio Central de Aulas



Fonte: Próprio Autor

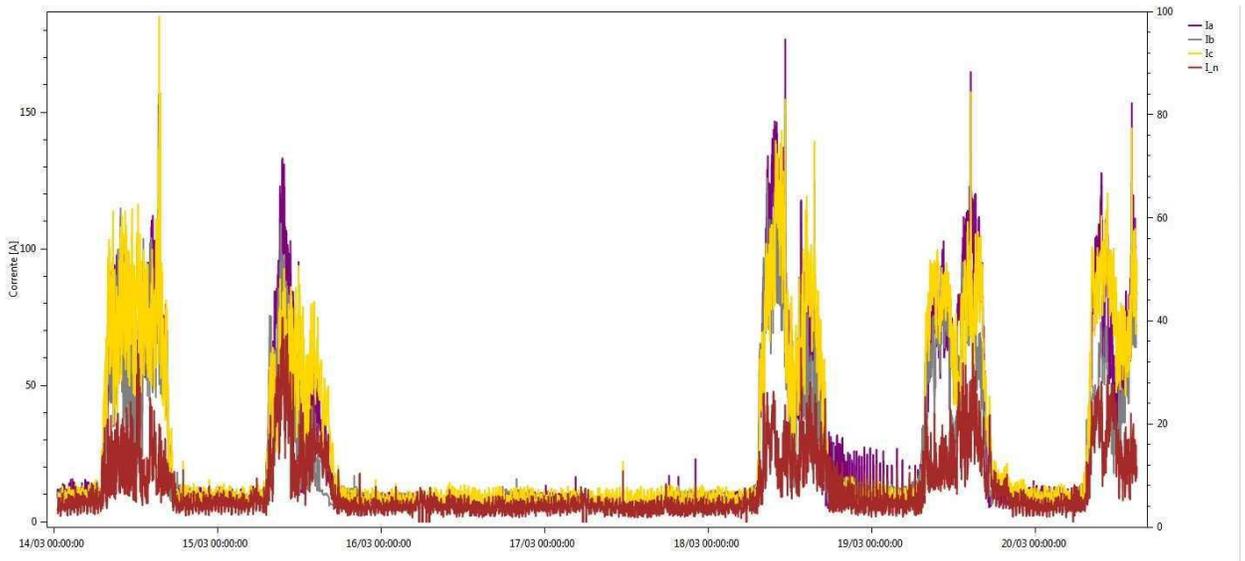
Pelo gráfico, é possível traçar um certo perfil de consumo: Nota-se que as três fases encontram-se bem balanceadas, havendo pouca variação entre si; Também é possível ver que as atividades no prédio começam por volta das 7h, encontra um pico por volta das 11h da manhã (chegando a cerca de 200 A), cai no horário de almoço, encontra outro pico menor pela tarde e o maior pico do dia por volta das 19h, chegando a 300 A. Como o prédio funciona dia e noite, apenas por volta das 22h sua energia começa a ser desligada.

Nota-se que pela madrugada e nos finais de semana, em que o prédio encontra-se sem uso, a corrente se mantém constante em valores muito baixos, comparado aos demais horários, se mantendo em cerca de 25 A. Esse consumo se dá pelo fato de alguns equipamentos não poderem ser desligados, como condicionadores de ar, servidores, alguns serviços dos bancos que o prédio abriga, iluminação, etc.

Um outro perfil de consumo é mostrado na Figura 42, em que o analisador ficou instalado no transformador do prédio de Odontologia entre os dias 14/03/19 a 20/03/19. É possível notar uma certa semelhança com o prédio da Central de Aulas, onde se vê um pico de consumo por volta das 12h, em que as correntes chegaram a 100 A. Porém, percebe-se que suas atividades se encerram ao final do dia, por volta das 18h. A partir desse horário até o início da manhã do dia seguinte, as correntes caem para valores próximos a 10 A.

Perfis semelhantes a esses são vistos nos demais prédios do campus.

Figura 42: Dados do Analisador de Energia do Prédio de Odontologia



Fonte: Próprio Autor

### 5.3 Análise dos Trafos e Perdas

A fim de se detalhar ainda mais os custos, analisou-se em separado os consumos de excesso de energia reativas para o Grupo A, conforme é mostrado na Figura 43.

Figura 43: Consumo de Reativos do Grupo A



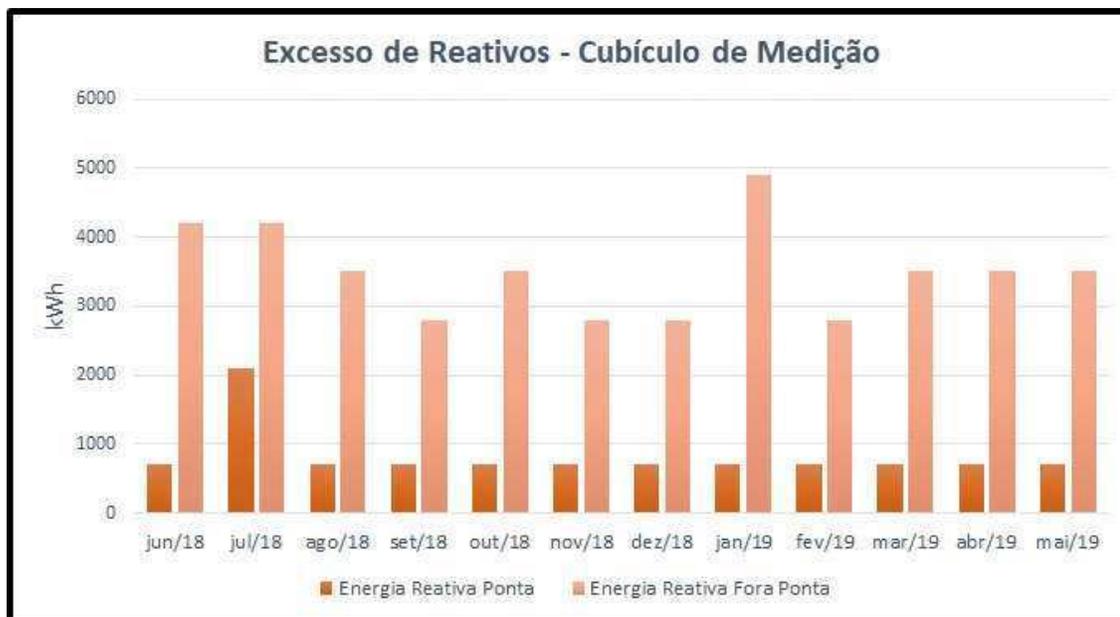
Fonte: Próprio Autor

Nota-se que praticamente todo o gasto com excessos de reativos no campus se dá pelos Cubículo de Medição. Analisando as faturas, observou-se que a Central de Aulas só foi faturada pelos reativos em 1 mês, outubro. A Central de Administração e o Biotério

foram faturados 3 e 6 meses, respectivamente. Enquanto que o Cubículo de Medição foi faturado todos os meses estudados, tanto no período de ponta como fora de ponta. Esse faturamento gerou um gasto de R\$ 19.863,66, ou 3,35% do custo total.

Um gráfico mais detalhado dos consumos de reativos do Cubículo pode ser visto na Figura 44.

Figura 44: Consumo de Reativos do Cubículo de Medição



Fonte: Próprio Autor

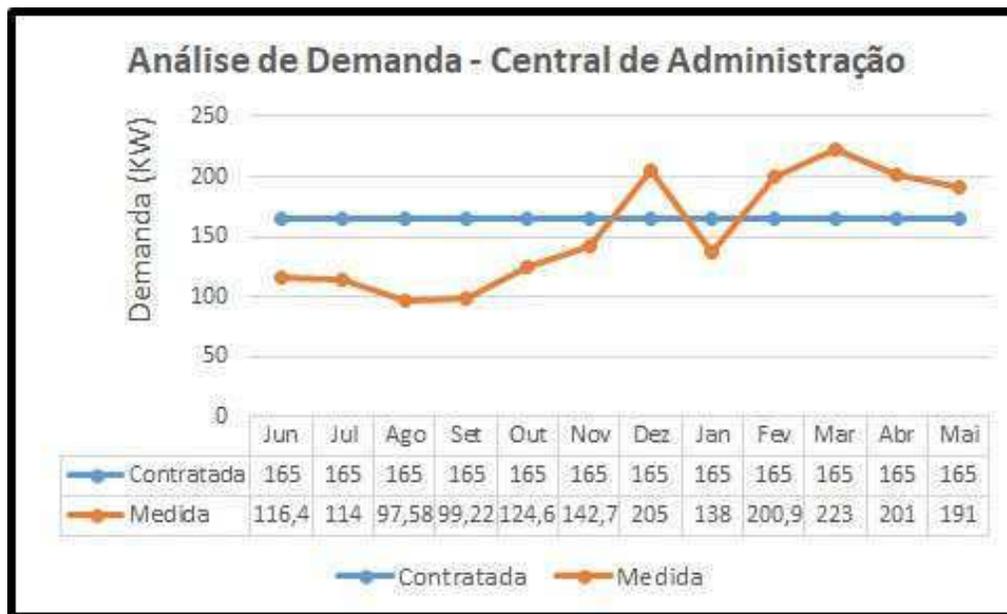
Nota-se que o mês de janeiro foi o de maior consumo de reativos. Isso se deu pelo fato da universidade se encontrar de férias, fazendo com que os transformadores trabalhassem com cargas muito baixas, aumentando os reativos.

## 5.4 Análise das Demandas

A seguir, são apresentados gráficos com as variações das demandas contratadas e das ultrapassagens e não-consumos dessas demandas.

Nota-se que a Central de Administração possui uma demanda contratada de 165 KW, e ultrapassou por 5 meses esse valor. Apesar do período de férias em julho, nota-se que a demanda medida não caiu, como esperado. Isso ocorreu porque, apesar dos estudantes estarem de férias, os funcionários continuaram trabalhando nesse período.

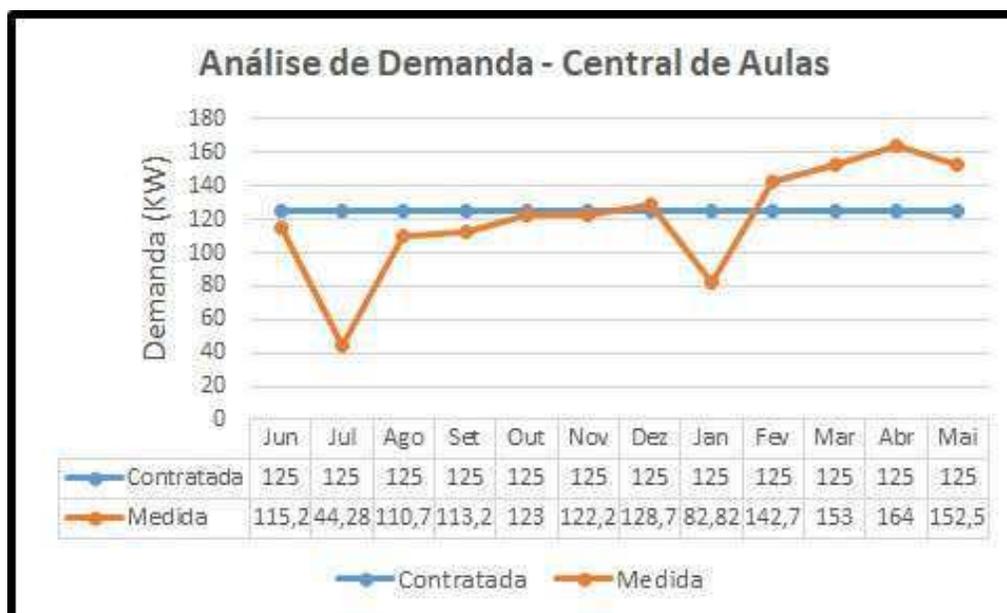
Figura 45: Histórico de Demanda - Central de Administração



Fonte: Próprio Autor

A Central de Aulas possui uma demanda contratada de 125 KW e foi faturado por 4 meses pela ultrapassagem. Diferentemente da Central de Administração, nota-se claramente a queda na demanda medida nos meses de janeiro e julho, decorrente das férias escolares dos estudantes. É apresentado na Figura 46 essas variações.

Figura 46: Histórico de Demanda - Central de Aulas

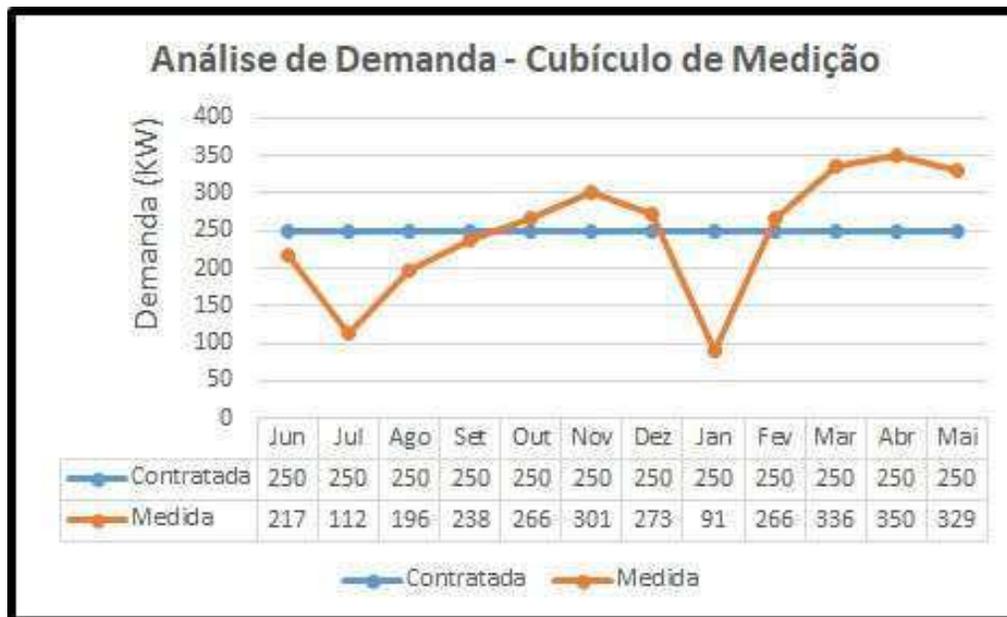


Fonte: Próprio Autor

Ao analisar o gráfico do Cubículo de Medição, nota-se uma grande variação dos valores medidos, quando comparado com o contratado. Vê-se que a demanda contratada

foi de 250 KW, porém houve mês que a demanda medida chegou a 36,4% desse valor, assim como a 140%. Como esperado, em janeiro e julho foram os meses de menor demanda, e abril o de maior.

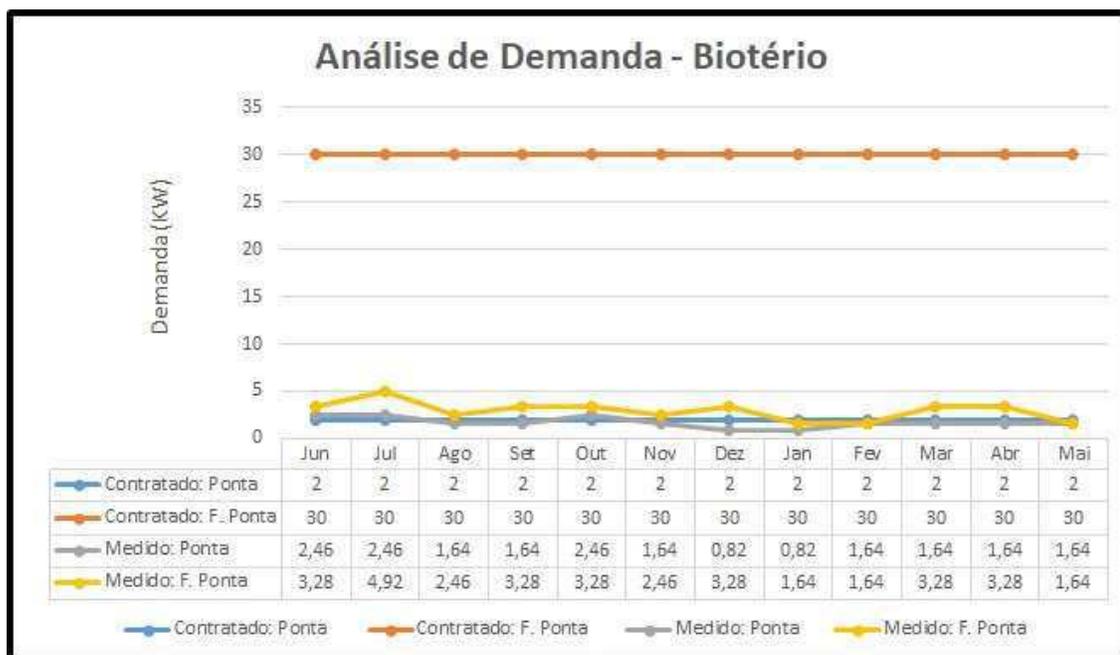
Figura 47: Histórico de Demanda - Cubículo de Medição



Fonte: Próprio Autor

Já o Biotério, como encontra-se desativado, nota-se claramente a diferença de valores. Como o prédio trabalha na modalidade tarifária azul, possui duas demandas diferentes, na ponta e fora de ponta. Como mencionado anteriormente, a demanda contratada na ponta é de 2 KW e fora de ponta é de 30 KW. No gráfico da Figura 48 nota-se que a demanda medida fora de ponta não passou de 5 KW, fazendo com que a maior parte dos custos da fatura fossem decorrentes de demanda não consumida.

Figura 48: Histórico de consumo - Biotério



Fonte: Próprio Autor

## 6 Diagnóstico Energético

Eficiência energética é melhorar a produção de forma que gaste menos energia. Um exemplo disso é a modernização de processos visando redução do consumo, além de programas que conscientizem sobre o consumo (Reyes, Rodrigues e Gonçalves, 2018).

A partir dos dados coletados no trabalho de pré-diagnóstico energético, tanto das instalações físicas do campus, como das análises tarifárias, pode-se agora ter ampla uma noção do perfil de consumo da instituição. Dessa forma, esta sessão tem por objetivo apresentar soluções para eventuais situações em que viu-se a possibilidade de realizar melhorias e, dessa forma, diminuir perdas.

### 6.1 Diagnóstico das Instalações Físicas

#### 6.1.1 Transformadores

Como pôde ser observado no pré-diagnóstico, alguns transformadores do campus encontram-se em situação de relativo risco, se tratando de sua proteção e por vezes de transeuntes próximos. Foi observado a falta de uma proteção para o condutor de aterramento nos transformadores do Biotério e no prédio de Fisioterapia. Nessa situação, corre-se o risco de acidentalmente energizar e danificar a isolação de condutores e talvez criar um caminho diferente do pretendido para um curto-circuito ou uma sobretensão indesejada.

Também foi visto a falta de para-raios em 5 transformadores analisados. Isso é um risco para o equipamento, tendo em vista que ele fica desprotegido em casos de sobretensões na rede.

Em algumas situações, foram vistos caixas de proteção sem a tampa, fazendo com que a proteção do transformador fique exposta, causando riscos tanto para a rede elétrica e o equipamento, como para pessoas próximas.

Em relação a chaves seccionadoras, foi visto em todos os transformadores analisados, mostrando uma boa atenção em situações que exijam manobras na rede.

Também foi notado que o transformador do prédio de Fisioterapia se encontrava relativamente longe do prédio, aumentando assim as perdas, diminuindo a eficiência da rede e aumentando os custos na fatura.

Dessa forma, recomenda-se que haja um trabalho para que os cabos de aterramentos sejam encapados, que a tampa da caixa de proteção do transformador de Fisioterapia seja colocada, que os equipamentos de para-raios sejam instalados e que haja uma substituição dos transformadores de Fisioterapia e do Biotério por transformadores de liga amorfas, assim como a realocação do transformador de fisioterapia para um local mais próximo ao prédio. Esse tipo de transformador apresenta menores perdas no núcleo.

### 6.1.2 Instalações Prediais

- Iluminação

Na parte interna das prédios analisados, não foi observado o uso de lâmpadas incandescentes, em sua maioria de 42  $W$ , o que dá um ganho na eficiência. Porém, não foi observado o uso de lâmpadas de LED.

Dessa forma, recomenda-se a troca dessas lâmpadas fluorescentes de 42  $W$  por lâmpadas de LED equivalentes, ou seja, 20  $W$ . As lâmpadas menores vistas, de 20  $W$ , podem ser substituídas por equivalentes de LED de 9  $W$ . Com essas mudanças, já se geraria uma economia de 65% nos gastos com iluminação.

Para não gerar um impacto inicial muito grande, devido ao relativo alto custo desse tipo de lâmpada, recomenda-se ir trocando-as à medida que as atuais forem queimando.

Como foi visto na Fundamentação Teórica, ao realizar essas trocas, já em um período de curto prazo seria possível ver o retorno do investimento. Além da economia imediata na fatura, lâmpadas de LED tem um tempo de vida útil bem maior que as fluorescentes, economizando na manutenção das mesmas. Ficando ligadas 8h por dia, só haveria necessidade de trocá-las a cada 17 anos. Por não possuir metais pesados em sua composição como chumbo ou mercúrio, como no caso das fluorescentes, não há necessidade de cuidados especiais para descarte. Por fim, como essas possuem maior rendimento luminoso, seria necessário uma menor quantidade de lâmpadas para iluminar a mesma quantidade das atuais fluorescentes.

Na Figura 49 é possível ver a comparação da lâmpada em uso atualmente e a lâmpada recomendada.

Além do tipo de lâmpada, sugere-se a modificação dos seus atuais sistemas de acionamento. Na grande maioria dos prédios, viu-se que muitas vezes um reduzido número

Figura 49: Lâmpada Fluorescente x Lâmpada de LED Tubulares



(a) Lâmpada Fluorescente Tubular Utilizada



(b) Lâmpada de LED Recomendada

Fonte: NSB Distribuidora e próprio autor

de interruptores são responsáveis por ligar uma grande quantidade de lâmpadas. Recomenda-se que haja uma maior segmentação desses interruptores. Dessa forma, é possível, por exemplo, intercalar as lâmpadas acessas em momentos em que não há necessidade de que todas fiquem acesas. Além disso, dessa forma há a possibilidade de se ter um maior aproveitamento da iluminação natural presente.

Recomenda-se o uso de aparelho automatizadores de iluminação. Pode-se citar o uso de sensores de presença em ambientes pouco utilizados ou que não há necessidade de ficar acesa todo o tempo, como banheiros, corredores, etc. Assim como o uso de temporizadores, ou timers para acionamento ou desligamento de lâmpadas por um período pré-estabelecido.

Fazer campanhas de conscientização do uso de energia para os usuários, assim como fazer a instrução aos professores e vigias para que não haja lâmpadas ligadas em salas de aulas ou ambientes em que não tenha ninguém presente. Bem como adaptar janelas para receber maior iluminação natural.

Também recomenda-se fazer a limpeza periódica das luminárias e lâmpadas para manter a qualidade da iluminação.

- Refrigeração

Ao realizar a análise, foi observado que atualmente a universidade faz uso de condicionares de ar novos. Muitos dos vistos já possuem a tecnologia Inverter, que gera uma economia no consumo devido a não dar picos de tensão cada vez que liga e outros fatores. Somente em alguns casos foi observado uso de aparelhos mais antigos, como em alguns locais do CCT e no prédio 3 Marias. Também foi visto locais em que sua instalação estava inadequada, como na Biblioteca Central, em que foi visto salas com condicionadores de ar no chão, diminuindo sua eficiência.

Nesse caso, recomenda-se a troca dos atuais condicionadores de ar mais antigos por modelos mais novos e econômico com a tecnologia Inverter.

Também sugere-se a manutenção das salas de aulas e escritórios no sentido de ter um maior aproveitamento da ventilação natural. Ao mesmo tempo, reforçar a vedação das janelas a fim de evitar a entrada de ar externo na área climatizada.

A fim de obter maiores ganhos de eficiências, algumas recomendações de uso podem ser citadas [14]

- Implementar uma manutenção centrada na E.E, uma filosofia baseada num conjunto de rotinas ou atividades que sejam feitas num tempo determinado de acordo a um cronograma, onde se façam monitorações das condições dos equipamentos, para manter o consumo energético dos equipamentos em um limite razoável.
- Manter as portas e janelas fechadas, evitando a entrada de ar externo.
- Limitar a utilização do aparelho somente às dependências ocupadas.
- Evitar a incidência dos raios solares no ambiente climatizado, pois aumentara a carga térmica para o condicionador.
- Limpar o filtro do aparelho com a periodicidade recomendada pelo fabricante, evitando que a sujeira prejudique seu rendimento.
- Desligar o ar condicionado em ambientes não utilizados ou que fiquem longo tempo desocupados.
- Manter desobstruídos as grelhas de circulação de ar.
- Manter livre a entrada de ar do condensador.
- Verificar o funcionamento do termostato.
- No inverno ou dias frios desligar o ar-condicionado (central ou individual) da rede elétrica e manter só a ventilação.
- NÃO colocar lâmpadas ou televisores perto do termostato do A.C, o termostato detecta o calor dissipado de estes equipamentos, o que pode fazer que o A.C funcione mais tempo do necessário.
- NÃO colocar os equipamentos de A.C perto de outras fontes de calor.
- NÃO ajustar o termostato a uma temperatura mais fria do normal quando se liguem os equipamentos de A.C. este fato NÃO fará com que o recinto se enfrie mais rápido e poderia causar um esfriamento excessivo, o que se traduz num desperdício incensário.
- NÃO é conveniente ajustar a temperatura dos A.C no verão abaixo de  $22^{\circ}C$  (a faixa de temperatura confortável recomendada pela ASHRAE é de  $22$  a  $26^{\circ}C$  no verão), já que NÃO é confortável e supõe um desperdício de energia (por cada grado menos de temperatura, o consumo energético aumenta na faixa de 5% - 7%).
- Realizar uma correta programação da temperatura de projeto segundo as condições climáticas, o qual pode chegar a gerar uma poupança anual significativa, sempre que elo não implique uma redução substancial das condições de conforto.

### 6.1.3 Iluminação Externa

Como mencionado na análise, muitos locais do campus se encontram mal iluminados ou com iluminação de padrões antigos. Foram vistos muitos locais em que se viu o uso de lâmpadas de vapor de sódio nos postes. E em alguns locais foram vistos postes antigos,

alguns muito altos e alguns muito baixos. Dessa forma, a fim de se diminuir custos e aumentar a eficiência da iluminação, sugere-se, apesar do relativo custo inicial elevado, a troca das atuais lâmpadas de vapor de sódio por lâmpadas de LED. Além de gerar economia mensal nas faturas, como mencionado em sessões anteriores, ela exigirá menos manutenção, diminuindo demandas de eletricitistas e facilitando seu descarte.

Além disso, recomenda-se a poda de árvores nas proximidades dos postes afetados por elas, como nas proximidades do prédio de Psicologia e no estacionamento da Central de Aulas. Em alguns locais próximos ao CCBS foram vistos postes com braços muito curtos, o que diminui sua eficiência. Dessa forma, recomenda-se a substituição de alguns postes antigos por modelos mais novos e mais eficientes.

Alguns postes e refletores são acionados por vigias em horários pré-programados. Dessa forma, recomenda-se o uso de fotocélulas nesses casos, a fim de se obter um acionamento automático e somente em situações necessárias.

## 6.2 Diagnóstico Tarifário

Apesar da melhor forma de evitar gastos seja melhorando a eficiência das instalações através de uso de equipamentos eficientes, uma importante fase no gerenciamento elétrico é fazer o gerenciamento tarifário, a fim de se evitar gastos na fatura onde se poderia ser evitado.

Conforme Silva *et al.* (2017), pode-se agrupar os gastos com energia em dois grupos: Custos Gerenciáveis (consumo, demanda, Bandeira Tarifária e contribuição de Iluminação Pública) e as Perdas Evitáveis (demanda de ultrapassagem, reativo excedente, multas e juros).

Dessa forma, a fim de diminuir tanto os custos gerenciáveis como as perdas evitáveis, essa sessão visa analisar os dados coletados e expostos anteriormente e propor mudanças quando necessário.

### 6.2.1 Análise de Demandas

Os valores referentes à Demanda de Ultrapassagem são cobrados quando os montantes de demanda de potência ativa medidos excedem em mais de 5% os valores contratados (ANEEL, 2010). Dessa forma, para evitar essas despesas desnecessárias, deve-se fazer a Revisão do Contrato de Demanda e para isso o CEPEL (2014) recomenda que seja contratada uma nova demanda de valor igual a 95% da maior Demanda Medida nos últimos doze meses e, na melhor das hipóteses, dos últimos três anos.

- Central de Administração

Ao analisar o gráfico da Figura 45, nota-se que por 5 meses ocorre ultrapassagem na demanda contratada. Essas ultrapassagens acarretaram em um gasto de R\$ 7.158,76. Ao analisar as faturas, percebe-se que, apesar da demanda não consumida somarem 321,88 KW, geraram um gasto de R\$ 4.220,76, a demanda ultrapassada somou 196,72 KW e um gasto de R\$ 7.158,76. Ou seja, apesar da demanda não contratada ser 61,11% maior que a demanda de ultrapassagem, seu

gasto foi 58,96% menor. O que mostra a importância de se evitar a demanda de ultrapassagem.

Dessa forma, nota-se a necessidade de se alterar essa demanda contratada.

Ao analisar as faturas no ano estudado e os gráficos produzidos, nota-se que a média das demandas dos meses em que houve ultrapassagem é 204,34 *KW*. Dessa forma, a fim de se evitar o pagamento pela ultrapassagem, deve-se contratar uma demanda tal que o máximo medido não ultrapasse em 5% esse valor. Logo, sugere-se a contratação de 195 *KW* para essa unidade.

- Central de Aulas

Fazendo a mesma análise, percebe-se que, no período estudado, a atual demanda contratada acabou gerando um gasto de R\$ 3.933,27 com demandas de ultrapassagem, o que representa 3,79% do valor pago pelas faturas. Ao analisar os valores medidos, nota-se que a média das demandas nos meses em que houve ultrapassagem é 153,05 *KW*. A fim de se enquadrar esse valor para não pagar por essas ultrapassagens, sugere-se a mudança da demanda contratada para 145 *KW*.

- Cubículo de Medição

Repetindo a análise para o Cubículo de Medição, nota-se que houve um gasto de R\$ 13.530,30 com ultrapassagens, o que representa 3,55% do valor pago nas faturas. A média das demandas medidas nos meses de ultrapassagens foi 304 *KW*. Dessa forma, sugere-se uma mudança na demanda contratada para 290 *KW*.

- Biotério

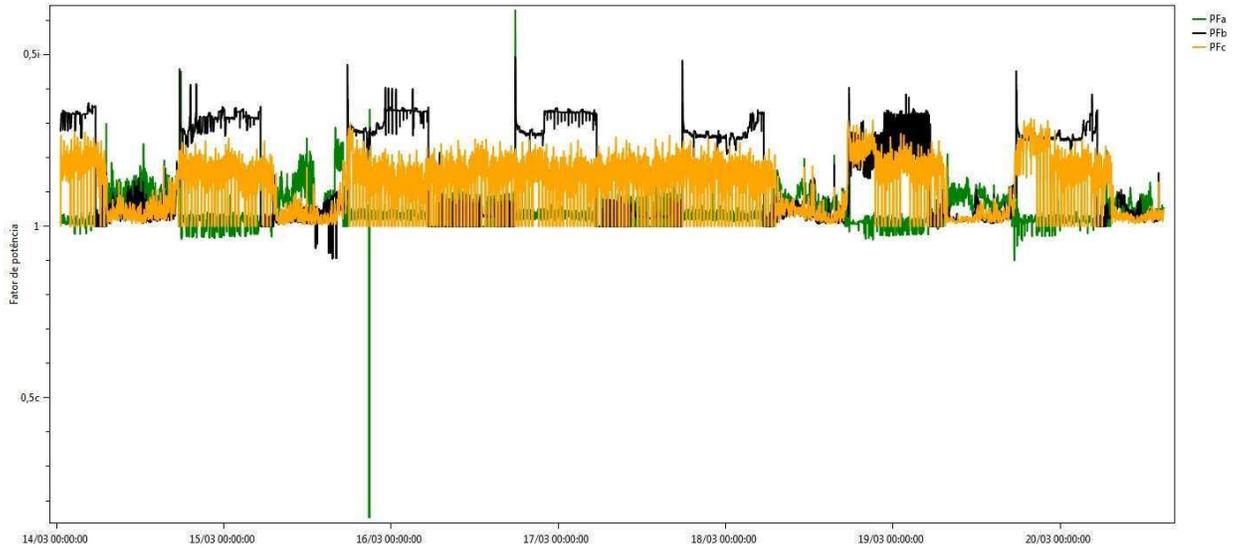
O Biotério não pôde ser estudado nesse sentido, pois, como dito em sessões anteriores, ele se encontra em reforma e desativado

## 6.2.2 Análise de Reativos

Um importante fator que influencia no valor da fatura são os gastos com excesso de reativos. Como dito em sessões anteriores, sistemas elétricos operando com excesso de potência reativa têm maior corrente aparente e, portanto, sobrecarga do sistema elétrico. Nesse caso, é possível um melhor aproveitamento do sistema elétrico com a redução da potência reativa, que aumentará o fator de potência, possibilitando um aumento de potência ativa sem a ampliação de sua capacidade instalada. A cobrança do reativo excedente é um adicional aplicado pela concessionária, justificado pelo fato de que precisa manter o seu sistema elétrico com um dimensionamento maior do que o realmente necessário.[15]

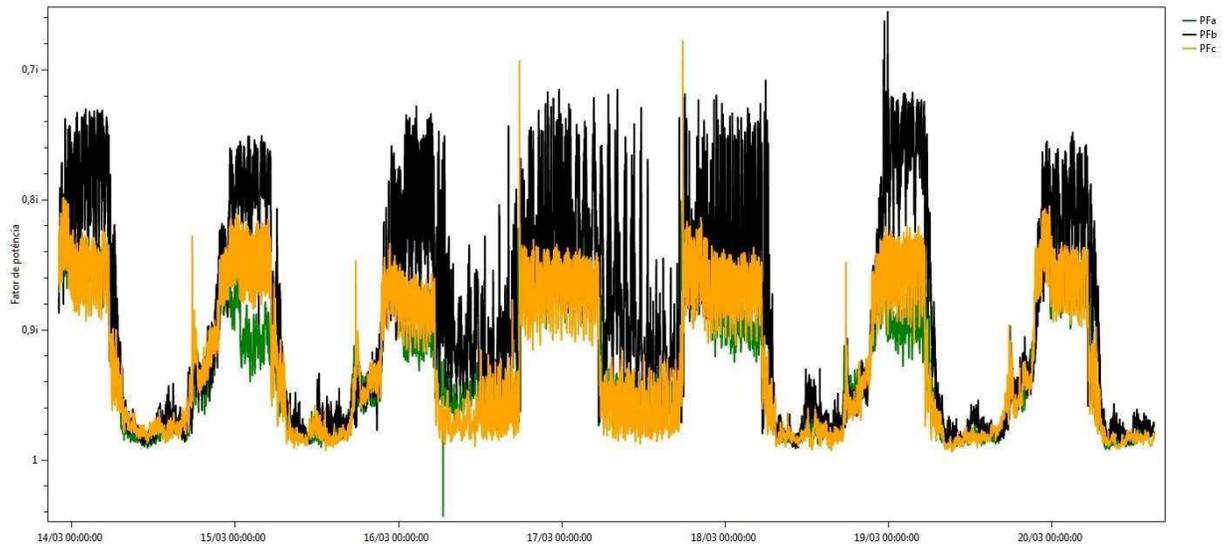
Como visto em sessões anteriores, houve um gasto considerável com reativos pelo Cubículo de Medição. Um claro diagnóstico de que há excessos de reativos em um sistema é o seu baixo fator de potência. Por meio das Figuras 50 e 51 é possível ter uma noção do fator de potência dessa unidade. Os analisadores de energia ficaram instalados nos transformadores de do prédio de Odontologia entre os dias 14/03/19 a 20/03/19 e no 3 Marias entre os dias 22/03/19 a 29/03/19.

Figura 50: Fator de Potência - Odontologia



Fonte: Próprio Autor

Figura 51: Fator de Potência - 3 Marias



Fonte: Próprio Autor

É possível ver que, diferente do que é mostrado nos gráficos dos demais blocos, o fator de potência nesses blocos se mantém baixo mesmo durante o dia e noite. Isso se dá porque, diferente dos demais blocos, esses não possuem banco de capacitores. De fato, uma forma de aumentar o fator de potência e, conseqüentemente, diminuir as perdas por reativos, é a instalação de banco de capacitores nesses e nos demais trafos do Cubículo de Medição. Com o banco de capacitores, recomenda-se o uso de temporizadores. A partir de estudos feito com os dados dos analisadores de energia, notou-se que não há necessidade de manter um banco de capacitores ligado todo o dia para o transformador do bloco 3 Marias. Viu-se que ligando-o às 16h e desligando às 23h já seria suficiente.

### 6.3 Recomendações Gerais

Visando conseguir o máximo aproveitamento das iniciativas aqui propostas e a implementação de novas, tal como sua manutenção, segue algumas sugestões gerais para o campus:

- A fim de reduzir os desperdícios, criar programas e metas e mantê-los, recomenda-se a criação e a manutenção de uma CICE no campus, envolvendo técnicos, funcionários e alunos;
- Recomenda-se a criação de programas de podas das árvores em locais próximos à linhas de transmissão, com o objetivo de evitar curto-circuitos na rede;
- Sabendo que desde o projeto inicial da rede e dos blocos, já houveram mudanças, recomenda-se a produção de diagramas unifilares atualizados do campus, bem como a carga instalada. Garantindo, dessa forma, que a proteção continuará sendo eficiente;
- Sugere-se monitoração remota de todos os medidores de energia, bem como a criação de um centro de monitoramento de energia na PROINFA, a fim de acompanhar em tempo real o consumo e a qualidade da energia em todos os campi;
- Instalação de sistema de SPDA nos prédios;
- Apesar do campus utilizar analisadores de energia periodicamente no campus, sugere-se o requerimento período com a Energisa e a análise da memória de massa da rede, a fim de analisar os horários de demanda máxima, fator de potência, potência ativa e reativa e correntes de fase;
- Apesar dos entraves jurídicos, sugere-se a devida taxaçaõ da energia elétrica consumida pelas lanchonetes e bancos presentes nas instalações do campus;
- Por fim, sugere-se a contratação de um diagnóstico energético para avaliar o investimento a ser realizado e o tempo de retorno do investimento pelo pré-diagnóstico apresentado neste TCC.

## 7 Considerações Finais

No presente Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado um estudo sobre o consumo de energia elétrica do Campus de Campina Grande da UEPB, visando a adoção medidas que possam melhorar o uso eficiente dessa energia e o custo médio pago pela mesma.

Introduziu-se uma breve explicação a respeito do Sistema Elétrico de Potência. Em seguida, apresentou-se os conceitos que envolvem esse setor, para, por fim, apresentar toda a teoria que envolve a tarifação no sistema brasileiro. Nessa teoria, explanou-se a respeito dos conceitos básicos desse setor e em seguida conceitos de composição tarifária, enquadramento tarifário, faturamento, entre outros.

Finalizando a parte de conceitos, o trabalho apresentou informações que envolvem a parte de gerenciamento de energia, tais como balanceamento de cargas, diagnóstico energéticos, programas internos, entre outros.

Finalizando a parte teórica, apresentou-se conceitos e exemplos de iluminação e refrigeração de ambientes. Em seguida, um breve histórico da UEPB.

Entrando no desenvolvimento, apresentou-se os dados coletados em visitas à UEPB, dividindo-a por regiões e por tipos. Levou-se em consideração quantidade e qualidade de lâmpadas, qualidade da refrigeração, postes, transformadores, rede elétrica, entre outros. Em seguida, apresentou-se os dados coletados a partir de faturas obtidas no site da Energisa, analisando consumos, demandas contratadas, medidas, excessos de reativos, etc.

Por fim, apresentou-se o diagnóstico energético, apresentando sugestões para melhoramento da eficiência energética, tanto da parte física do campus, como da parte tarifária. Sugerindo mudanças em demandas contratadas no Cubículo de Medição, na Central de Aulas e Central de Administração. Sugeriu-se a implementação de programas de criação e manutenção de metas a fim de buscar sempre o melhoramento da qualidade e eficiência energética na instituição.

# Referências bibliográficas

- 1 GONÇALVES RENATA C. DE F.; RODRIGUES, Ytalo L. O.; Reyes Luis R. M. Fundamentos da eficiência energética e gestão de energia. Campina Grande, Novembro, 2018.
- 2 LAGE WALMIR M.; LAGE, Matheus H. M; Lage Bruna L. de M. Aplicação da gestão energética como ferramenta de redução estratégica de custos nas escolas públicas municipais de belo horizonte/mg. Belo Horizonte - MG, Novembro, 2015.
- 3 ROCHA, Afrânio C. G. Eficientização energética em prédios públicos: Um desafio aos gestores municipais frente aos requisitos de governança e sustentabilidade. São Paulo, 2012.
- 4 MOURA, Luiz A. S. *ANÁLISE E COMPOSIÇÃO DA TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA TARIFA BRANCA*. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal de Campina Grande - PB, 2018.
- 5 BARROS, Jose D. L. *GERENCIAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NO CAMPUS DA UFCG EM CAMPINA GRANDE*. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal de Campina Grande - PB, 2011.
- 6 SABERELETRICA. *Você sabe qual a importância do balanceamento de cargas?* 2019. Acessado: 19 Junho 2019. Disponível em: <<https://www.sabereletrica.com.br/balanceamento-de-cargas/>>.
- 7 GUIMARÃES JOSÉ A. VILLAMARIM JR., Davidson L. Firmo Bruno R. F. B elo Oriane M. Neto Erivelton G. Nepomuceno Ronaldo. Eficientização energética em instituições de ensino. São João del-Rei, Minas Gerais, 2019. Acesso em: 21 jun. 2019.
- 8 MORALES, CLAYTON. *INDICADORES DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA COMO FERRAMENTAS DE APOIO À GESTÃO: CLASSIFICAÇÃO POR PRIORIDADES DE ATUAÇÃO NA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO*. Dissertação (Tese de mestrado), Universidade de São Paulo, 2007.
- 9 MUNDODAELETRICA. *Como funcionam as lâmpadas LED*. 2019. Acessado: 12 Julho 2019. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funcionam-as-lampadas-led/>>.
- 10 SOUZA IURI G. C. DE S.; REYES, Luis R. M. Critérios da escolha de luminárias À led para a iluminação pública. Campina Grande - Paraíba, 2015. Acesso em: 5 out. 2016.

- 11 BARBOSA, Jaques S. *ILUMINAÇÃO DE INTERIORES: ANÁLISE E ORIENTAÇÃO PARA APLICAÇÕES*. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ, Novembro, 2017.
- 12 FILHO, Luis A. B de A. *Relatório de Estágio Supervisionado*. Dissertação, Universidade Federal de Campina Grande - PB, 2018.
- 13 PINTO ROBERTO T. S.; FAVATO, Leonardo B. *ANÁLISES DE METODOLOGIAS DE GESTÃO DE ENERGIA E PROPOSIÇÕES VISANDO SUAS IMPLEMENTAÇÕES: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – ESTUDO DE CASO*. Dissertação, Universidade de São Paulo, 2009.
- 14 BATLLE, Eric A. O. *MODELO DE GESTÃO ENERGÉTICA PARA A DIMINUIÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO E IMPACTOS AMBIENTAIS DE INSTITUIÇÕES DE EDUCAÇÃO SUPERIOR (IES): ESTUDO DE CASO UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ*. Dissertação (Tese de Mestrado), UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - MG, Fevereiro, 2015.
- 15 BRUNONI RAFAEL E.; OLIVEIRA, Gustavo F. *CRIAÇÃO DE UMA FERRAMENTA PARA GERENCIAMENTO DO CONSUMO DA ENERGIA CONTRATADA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO*. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ, 2007.