

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PECE – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS, GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

**CLAUDINEY GONÇALVES PRIMO**

**ANÁLISE DA DINÂMICA DO CONSUMO E GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA  
DO INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE DA USP**

**SÃO PAULO – SP  
2021**



**CLAUDINEY GONÇALVES PRIMO**

**ANÁLISE DA DINÂMICA DO CONSUMO E GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA  
DO INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE DA USP**

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Área de concentração:

Gerenciamento de Energia Elétrica

Orientador: Prof. Dr. José Aquiles Baesso  
Grimoni

**SÃO PAULO – SP**

**2021**

Autorizo a reprodução e divulgação parcial ou total deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

PRIMO, CLAUDINEY GONÇALVES  
ANÁLISE DA DINÂMICA DO CONSUMO E GERAÇÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA DO INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE DA  
USP / C. G. PRIMO -- São Paulo, 2021.  
118 p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.  
PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 2.CONSUMO DE ENERGIA  
ELÉTRICA I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. PECE –  
Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

**CLAUDINEY GONÇALVES PRIMO**



**ANÁLISE DA DINÂMICA DO CONSUMO E GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA  
DO INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE DA USP**

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

APROVADO EM \_\_/\_\_/2021

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. José Aquiles Baesso Grimoni  
Orientador

---

Prof. -----



## AGRADECIMENTOS

Apresento os meus agradecimentos aos meus familiares em especial minha esposa Solange Silva Santos Primo pela compreensão e atenção apresentada nos momentos da realização deste trabalho.

O meus agradecimentos aos colegas de trabalho entre os diversos laboratórios do Instituto de Energia e Ambiente sendo: aos senhores Me. Francisco Salotti e Abrão Garcia de Oliveira Junior do Serviço Técnico de Conversão, Transformação e Acumulação de Energia (CTAE); aos senhores Dr. Welson Bassi e Me. Milton Zanotti do Serviço Técnico de Altas Tensões (SVALPOT); aos senhores Prof. Dr. Roberto Zilles e Me. Marcelo de Almeida e José Cesar de Souza Almeida Neto Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos (LSF); aos senhores Marcelo Fernandes Simões da Silva e Luiz Gustavo do Serviço Técnico de Metrologia e Redes Inteligentes (SVTRIM) pelas informações, sugestões e, principalmente, aos conhecimentos transmitidos no desenvolvimento das atividades deste trabalho.

Os meus agradecimentos aos senhores Leonardo Favato da Prefeitura do *Campus* USP da Capital (PUSP-C) e Christiano Bernini Peres do Serviço Técnico de Uso Eficiente Racional da Energia e Água (SVPUERHE) na disponibilização de informações ou na indicação de fontes de informação para o desenvolvimento de etapas deste trabalho. E por fim, os meus agradecimentos ao Prof. Me. Danilo Ferreira de Souza (UFMT) pelas sugestões apresentadas e, também, ao Prof. Dr. José Aquiles Baesso Grimoni (EP/USP) pelas indicações acadêmicas realizadas na orientação deste trabalho.



## RESUMO

O setor elétrico recebeu ao longo dos anos novas tecnologias voltadas à otimização da dinâmica operacional do sistema elétrico. As ferramentas e técnicas das redes inteligentes (*smart grid*), das cidades inteligentes (*smart cities*) e internet das coisas (*IoT*) passaram a fazer parte do cotidiano dos agentes do setor e, também, demais organizações. A Universidade de São Paulo introduziu em sua infraestrutura ferramentas de *smart grid* e *smart cities* para o gerenciamento de sua rede de distribuição de energia elétrica, com ferramentas desenvolvidas para o gerenciamento de faturas, monitoramento das unidades e apresentação de informes de consumo de energia. O Instituto de Energia e Ambiente, acompanhando estes passos, realizou a instalação de sistemas fotovoltaicos de geração de energia para suprir parcialmente sua demanda e fornecer o seu excedente à USP. E também, passos foram dados à instalação de sistemas de medição próprios e contratação de serviços para transmissão de dados e monitoramento remoto do consumo de energia ativa. Não era realizado o monitoramento das grandezas reativas e, com isso, impossibilitava a caracterização do seu consumo de energia elétrica.

Assim, este trabalho apresentará as modificações realizadas no sistema de monitoramento de energia elétrica do IEE para o ingresso das grandezas reativas. Apresentará o levantamento histórico dos registros de consumo e fornecimento de energia do IEE realizado por ela e pela USP. Apresentará a contabilização deste histórico conforme as regras tarifárias para avaliar as condições de uso das instalações. E por fim, indicará as características mínimas de bancos de capacitores necessários às cabines primárias do IEE, para a correção do fator de potência, na operação dos sistemas fotovoltaicos.

**Palavras-chaves:** sistemas de medição, gerenciamento da energia, indicadores de eficiência energética.

## ABSTRACT

Over the years, the electricity sector has received new technologies aimed at optimizing the operational dynamics of the electrical system. The tools and techniques of *smart grids*, *smart cities* and the *Internet of Things (IoT)* have become part of the daily lives of agents in the sector and also other organizations. The University of Sao Paulo (USP) has introduced *smart grid* and *smart cities* tools for the management of its electricity distribution network, with tools developed for invoice management, unit monitoring and presentation of energy consumption reports. The Institute of Energy and Environment (IEE), following these steps, carried out the installation of photovoltaic power generation systems to partially supply its demand and supply its surplus to USP. And also, steps were taken to install our own metering systems and contract services for data transmission and remote monitoring of active energy consumption. The monitoring of reactive quantities was not performed and, therefore, it made it impossible to characterize their electricity consumption.

Thus, this work will present the modifications carried out in the IEE's electrical energy monitoring system for the entry of reactive quantities. It will present the historical survey of IEE's energy consumption and supply records carried out by it and by USP. It will present the accounting of this history according to the tariff rules to evaluate the conditions of use of the facilities. Finally, it will indicate the minimum characteristics of capacitor banks necessary for the IEE primary cabins, for power factor correction, during the operation of photovoltaic systems.

**Keywords:** measuring systems, energy management, energy efficiency indicators.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema Interligado Nacional conforme o ONS em 2015. ....	20
Figura 2 – Agentes de mercado cadastrados no CCEE. ....	23
Figura 3 – Subsistemas de comercialização energia elétrica. ....	26
Figura 4 – Redes elétricas inteligentes: elementos e funcionalidades. ....	30
Figura 5 – Tecnologias inseridas ao setor elétrico. ....	31
Figura 6 – Motivadores dos mercados regionais. ....	31
Figura 7 – Abrangência de uma <i>smart city</i> . ....	32
Figura 8 – Das redes elétricas inteligentes à Internet das Coisas (IoT) ....	34
Figura 9 – Arquitetura de comunicação. ....	38
Figura 10 – Ciclo operacional da contabilização de um agente. ....	38
Figura 11 – Rede de distribuição subterrânea da CUASO[32]. ....	43
Figura 12 – Tela de apresentação do sistema Elipse. ....	48
Figura 13 – Circuitos alimentadores IEE. ....	56
Figura 14 – Posicionamento das fontes GDs no IEE. ....	60
Figura 15 – Diagrama do circuito de MT da cabine CP45. ....	62
Figura 16 – Diagrama do circuito de MT da cabine CP48. ....	62
Figura 17 – Diagrama do circuito de MT da cabine CP51. ....	63
Figura 18 – Topologia do sistema de medição. ....	68
Figura 19 – Plataforma para aquisição dos dados. ....	70
Figura 20 – Lista parcial das grandezas monitoradas na cabine CP51. ....	71
Figura 21 – Histórico da demanda de potência ativa trifásica. ....	71
Figura 22 – Histórico da potência reativa trifásica. ....	72
Figura 23 – Relatório de monitoramento da cabine CP51. ....	85
Figura 24 – Formulário de contabilização de consumo. ....	88
Figura 25 – Liquidação da contabilização. ....	89
Figura 26 – Formulário de contabilização de fornecimento. ....	90
Figura 27 – Características dos capacitores escolhidos (WEG). ....	118

## LISTA DE GRÁFICOS



Gráfico 1 – Histórico de consumo da CUASO.....	45
Gráfico 2 – Histórico da cabine ENERGIA – CP45. ....	51
Gráfico 3 – Histórico corrigido da cabine ENERGIA – CP45.....	52
Gráfico 4 - Histórico da cabine AFERIÇÃO – CP48.....	52
Gráfico 5 – Histórico da cabine TIO PATINHAS – CP51.....	53
Gráfico 6 – Histórico dos índices percentual de consumo (PTC) do IEE. ....	53
Gráfico 7 - Histórico dos índices de consumo por área construída (CMM) do IEE....	54
Gráfico 8 – Dados de consumo e custo anuais em março/2021 (PUSP-C). ....	64
Gráfico 9 – Dados estimas das fontes geradoras para 2021.....	65
Gráfico 10 – Gráfico de demanda de potência e fluxo de energia na cabine CP45. .	74
Gráfico 11 – Histórico do fluxo de energia ativa da cabine CP45.....	76
Gráfico 12 – Histórico do fluxo de energia reativa da cabine CP45. ....	76
Gráfico 13 – Histórico do fluxo de energia ativa da cabine CP48.....	77
Gráfico 14 – Histórico do fluxo de energia reativa da cabine CP48. ....	77
Gráfico 15 – Histórico do fluxo de energia ativa da cabine CP51.....	78
Gráfico 16 – Histórico do fluxo de energia reativa da cabine CP51. ....	78
Gráfico 17 – Histórico da tensão de linha medida pela cabine CP45.....	80
Gráfico 18 – Histórico da tensão de linha medidas nas cabines CP48 e CP51. ....	80
Gráfico 19 – Histórico anual do fluxo de energia ativa total do IEE.....	82
Gráfico 20 – Histórico anual do fluxo de energia reativa total do IEE.....	82
Gráfico 21 – Liquidação da contabilização da cabine CP45. ....	93
Gráfico 22 – Liquidação da contabilização da cabine CP48. ....	93
Gráfico 23 – Liquidação da contabilização da cabine CP51. ....	94
Gráfico 24 – Liquidação da contabilização do IEE. ....	94
Gráfico 25 – Fator de potência médio mensal da cabine CP45. ....	96
Gráfico 26 – Fator de potência indutivo medido pela cabine CP45.....	97
Gráfico 27 – Fator de potência médio mensal da cabine CP48. ....	97
Gráfico 28 – Fator de potência médio mensal da cabine CP51. ....	98
Gráfico 29 – Carga capacitiva necessária à cabine CP45. ....	100
Gráfico 30 – Carga capacitiva necessária à cabine CP48. ....	100
Gráfico 31 – Carga capacitiva necessária à cabine CP51. ....	101

Gráfico 32 – Saldo acumulado das cabines CP45 e CP48. ....	105
Gráfico 33 – Saldo acumulado descontado da cabine CP51. ....	105

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC – Área construída de uma instalação  
ACR – Ambiente de Contratação Regulada  
ACL – Ambiente de Contratação Livre  
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica  
CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica  
CE – Custo Total da Energia Elétrica  
CMM – Consumo Médio Mensal por Área Construída  
CUASO – Cidade universitária “Armando de Salles Oliveira”  
CUE – Custo Unitário da Energia Elétrica  
DMM – Demanda Máxima Mensal por Área Construída  
EAP – Energia Ativa Positiva – Consumo  
EAN – Energia Ativa Negativa – Fornecimento  
ERP – Energia Reativa Positiva – Indutiva  
ERN – Energia Reativa Negativa – Capacitiva  
EPE – Empresa de Pesquisa Energética  
ETD – Estação de Transmissão e distribuição  
FC – Fator de Carga  
FC<sub>GD</sub> – Fator de Capacidade da Geração Distribuída  
FD – Fator de Demanda  
IEE/USP – Instituto de Energia e Ambiente da USP  
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia  
FP<sub>Indutivo</sub> – Fator de Potência Indutivo  
P<sub>Cons</sub> – Potência Ativa de Consumo  
Q<sub>C</sub> – Potência reativa capacitiva instantânea de uma instalação  
PEE – Programa de Eficiência Energética  
P&D – Programas de Pesquisa e Desenvolvimento  
PCT – Índice Percentual de Consumo Total  
ONS – Operador nacional do sistema  
PRORET – Procedimentos de Regulação Tarifária  
PRODIST – Procedimentos de Distribuição

PUERHE/USP – Programa Permanente para Uso Eficiente dos Recursos Hídricos e Energéticos da Universidade de São Paulo

PUSP-C – Prefeitura do campus da USP da capital

RI – Redes Inteligentes

UFER – Unidade de Faturamento de Energia Reativa

USP – Universidade de São Paulo

SEB – Sistema elétrico brasileiro

SEF/USP – Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo

SMF – Sistema de Medição para Faturamento

SIN – Sistema integrado nacional

TE – Tarifa da energia elétrica

TR – Tensão de Referência

TL – Tensão de Leitura

TI's – Transformadores para instrumentos

TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. Justificativa e Motivação.....	15
1.2. Objetivos do trabalho.....	16
1.3. Metodologia do trabalho.....	17
1.4. Estrutura do texto.....	17
2. SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO.....	20
3. O MERCADO E O CONSUMO DA ENERGIA ELÉTRICA.....	25
4. REDES INTELIGENTES (RI) OU SMART GRID.....	29
4.1. Medidores de energia baseados em tecnologia eletrônica ( <i>smart meters</i> ):.....	35
4.2. Medição de energia:.....	36
5. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES DA USP.....	40
5.1. Estrutura física do IEE:.....	41
5.2. Instalações dos circuitos alimentadores da ETD – CUASO:.....	42
5.3. Faturamento do consumo de energia elétrica da CUASO:.....	44
5.4. Gerenciamento dos espaços físicos e seus usos (PUSP-C e SEF):.....	46
5.4.1. Sistema CONTALUZ WEB:.....	47
5.4.2. Sistema de monitoramento on-line das instalações:.....	47
5.4.3. Informe mensal de consumo de energia elétrica:.....	48
5.5. Gerenciamento das cabines primárias do IEE:.....	51
5.5.1. Gerenciamento das cabines primárias do IEE:.....	51
5.5.2. Análise do histórico de indicadores do IEE:.....	54
5.6. Instalações Elétricas Alimentadoras – Cabines primárias do IEE:.....	56
5.7. Os pontos de geração distribuída existentes no IEE:.....	58
5.8. Distribuição de energia no IEE (Transformadores):.....	61
5.9. Consolidação do consumo e geração do IEE:.....	63
6. MONITORAMENTO DE MEDIÇÃO DE ENERGIA DO IEE.....	67
6.1. Sistemas de medição instalados:.....	68
6.2. Monitoramento e aquisição de dados:.....	70
6.3. Análise dos dados de medição do IEE:.....	72
6.3.1. Curvas de carga e fluxo de energia ativa da cabine CP45.....	73

6.3.2. Histórico individual do fluxo de energia elétrica do IEE. ....	75
6.3.3. Histórico da tensão de linha da rede de distribuição. ....	79
6.3.4. Consolidação do fluxo de energia elétrica do IEE. ....	81
6.3.5. Estimativa da contribuição dos transformadores do IEE.....	83
6.3.6. Relatório de monitoramento mensal de instalação: .....	84
7. CONTABILIZAÇÃO DO HISTÓRICO DE MEDIÇÃO DO IEE .....	86
7.1. Características da contabilização realizada ao IEE: .....	86
7.1.1. Contabilização do consumo individual: .....	87
7.1.2. Contabilização do fornecimento individual: .....	88
7.1.3. Liquidação da contabilização individual: .....	89
7.2. Histórico da contabilização do IEE:.....	90
7.3. Custo anual do excedente reativo:.....	91
7.4. O impacto do excedente reativo na contabilização anual: .....	92
8. PROPOSTA PARA CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA INDUTIVO: .....	96
8.1. Histórico das cargas indutivas conectadas às cabines primárias (FPi):.....	96
8.2. Levantamento individualizado dos bancos de capacitores: .....	98
8.3. Avaliação financeira do investimento:.....	103
8.3.1. Análise pelo método do <i>Payback</i> Simples:.....	104
8.3.2. Análise pelo método do <i>Payback</i> descontado: .....	104
9. RESULTADOS OBTIDOS.....	107
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	109
11. TRABALHOS FUTUROS .....	112
REFERÊNCIAS .....	113
ANEXO I .....	117
ANEXO II .....	118

## **1. INTRODUÇÃO**

A realização de ações voltadas ao estabelecimento do gerenciamento da energia elétrica nas organizações está, atualmente, ganhando espaço no mercado. Seja pela preocupação contínua da otimização dos seus ciclos produtivos ou pela redução contínua dos custos associados ao fornecimento deste produto. Onde os sistemas de medição ganham uma posição fundamental.

O ingresso das ferramentas de tecnologia da informação, para a aquisição e transmissão dos dados, e dos medidores baseados em tecnologia eletrônica, capazes de medir diversas grandezas e eventos elétricos, no cotidiano setor elétrico possibilitou ao usuário condições de realizar monitoramento das suas instalações em tempo real. Entretanto, as características técnicas inerentes aos sistemas de medição, transmissão dos dados e os critérios de análise utilizados são, por vezes, deixados a um segundo plano. Com isso, restringindo o usuário a uma condição passiva da visualização de históricos e eventos determinados pelo fornecedor ou prestador deste serviço.

Assim, este trabalho visa demonstrar a importância que a caracterização dos sistemas de medição, formatação dos dados medidos, das grandezas elétricas monitoradas, da transmissão e acesso remoto dos dados são temas fundamentais às organizações para a criação de uma estratégia de análise do seu perfil de consumo pelo histórico de medição. Pois, um gerenciamento de energia elétrica em instalações complexas apoiado em uma base limitada de dados não garante a construção de estratégias que resultem na redução do consumo de energia ou na redução dos custos associados ao seu cotidiano funcional.

### **1.1. Justificativa e Motivação**

A motivação para o desenvolvimento deste trabalho foi a possibilidade de apresentar, por meio de uma pesquisa descritiva e quantitativa, as ações realizadas ao longo dos anos pela Universidade de São Paulo para o gerenciamento,

monitoramento e análise do consumo de energia elétrica das instalações conectadas a rede de distribuição subterrânea da Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira (CUASO).

E também, apresentar as ações realizadas pelo Instituto de Energia e Ambiente (IEE), em sua busca contínua pela autossuficiência energética, para o gerenciamento, monitoramento e análise do consumo de energia elétrica de suas instalações e do fornecimento de energia elétrica excedente dos seus sistemas de geração fotovoltaicos instalados.

## **1.2. Objetivos do trabalho**

O objetivo deste trabalho é a caracterização dos perfis de consumo e geração do Instituto de Energia e Ambiente (IEE/USP), a partir dos dados dos sistemas de medição instalados em suas cabines primárias, ao sistema de distribuição de energia elétrica subterrâneo em média tensão da CUASO. De forma a apresentar a sua dinâmica de consumo de energia elétrica na realização de suas atividades institucionais, e de fornecimento da energia elétrica excedente gerada à rede de distribuição, a partir de suas fontes geradoras instaladas – 03 (três) fotovoltaicas e 01 (um) banco de baterias.

Apresentar a necessidade da readequação dos sistemas utilizados pela USP e pelo IEE para a medição, monitoramento e análise de dados. E ainda, a readequação dos indicadores utilizados para a análise dos históricos de medição. De forma que, apresentem as efetivas características das instalações monitoradas e possibilitem a verificação falhas sistêmicas ou problemas inerentes à sua rede de distribuição.

E por fim, este trabalho visa apresentar como um processo de gerenciamento de energia de instalações de grande porte e alta complexidade, como as verificadas na CUASO, requer o conhecimento prévio da caracterização dos sistemas de medição, transmissão de dados, monitoramento e análise são necessárias para o êxito dos objetivos desejados.

### 1.3. Metodologia do trabalho

Este trabalho realiza uma pesquisa quantitativa a partir de dados primários, formado pelo histórico de medição de energia elétrica da USP e do IEE, e de dados secundários, formados por referências literárias que abordam o tema de gerenciamento de energia, referenciais normativos operacionais do setor elétrico e dados históricos de agentes setoriais como a ANEEL, a EPE e a CCEE.

✓ Dados primários:

Levantamento do histórico do monitoramento de consumo de energia elétrica, realizado pela USP, e dos indicadores de eficiência energética utilizados para avaliação das instalações.

Levantamento do histórico do monitoramento de consumo de energia elétrica do IEE e também, do histórico de fornecimento da energia elétrica excedente à rede de distribuição da CUASO.

✓ Dados secundários:

Consulta a referenciais normativos para identificação de critérios de análise a serem utilizados nos dados primários, como: limites para as tensões de fornecimento, limites para o fator de potência medido nas instalações.

Consulta bibliográfica para identificação das especificidades da estrutura do setor elétrico brasileiro e, também, da atuação dos agentes setoriais para a regulamentação, operacionalidade, gerenciamento e comercialização da energia elétrica no Brasil.

### 1.4. Estrutura do texto

No capítulo 2 é apresentada a estrutura do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB), o Sistema Integrado Nacional (SIN) e os agentes que atuam na regulamentação, operacionalização e comercialização da energia elétrica no Brasil.

No capítulo 3 é apresentado o crescimento verificado, a partir dos anos 2000, no mercado de energia elétrica com o aumento da capacidade instalada, da

estrutura das redes de transmissão, das unidades geradoras e dos agentes cadastrados ao CCEE. Abordando a atuação destes agentes responsáveis pela operacionalização, comercialização e regulamentação da energia elétrica entre os submercados existentes no SIN.

No capítulo 4 é apresentado o ingresso das ferramentas da tecnologia da informação no cotidiano do mercado de energia pelo advento dos conceitos de Redes Inteligentes (*smart grid*), Cidade Inteligente (*smart city*) e Internet das Coisas (*IoT*). E ainda, do ingresso dos medidores de energia baseados em tecnologia eletrônica (*smart meters*) e sua utilização pelo setor elétrico.

No capítulo 5 são apresentadas, a partir dos dados institucionais, as características da infraestrutura da Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira (CUASO) na distribuição, fornecimento, contabilização e monitoramento do consumo da energia elétrica de suas unidades internas. Dos passos dados à promoção do tema da eficiência energética no seu cotidiano, como: o gerenciamento dos recursos energéticos; o gerenciamento das faturas de energia elétrica das unidades; a zeladoria dos sistemas de distribuição de energia elétrica; e a elaboração e divulgação de informes de eficiência energética. E também, apresentar as características da infraestrutura do Instituto de Energia e Ambiente (IEE) para o consumo e fornecimento de energia por suas fontes instaladas de geração fotovoltaica.

No capítulo 6 são apresentadas as iniciativas adotadas pelo IEE para o gerenciamento do fluxo de energia por suas cabines primárias pela instalação de sistemas de medição paralelos ao da universidade e a contratação de serviços de plataforma de comunicação de dados para o monitoramento e acesso remoto dos dados de medição. Também, a integração de dispositivos e equipamentos à estrutura universitária, através do desenvolvimento de projetos de Programas de Eficiência Energética (PEE) e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), destinados à geração de energia a partir de sistemas de placas fotovoltaicas instaladas em suas estruturas e fora dela. E com isso dando passos importantes na busca gradual da autossuficiência energética.

No capítulo 7 é apresentada a contabilização do consumo e fornecimento de energia elétrica do IEE conforme as regras tarifárias. E assim, verificar os custos associados aos fluxos das energias ativa e reativa nas instalações do IEE.

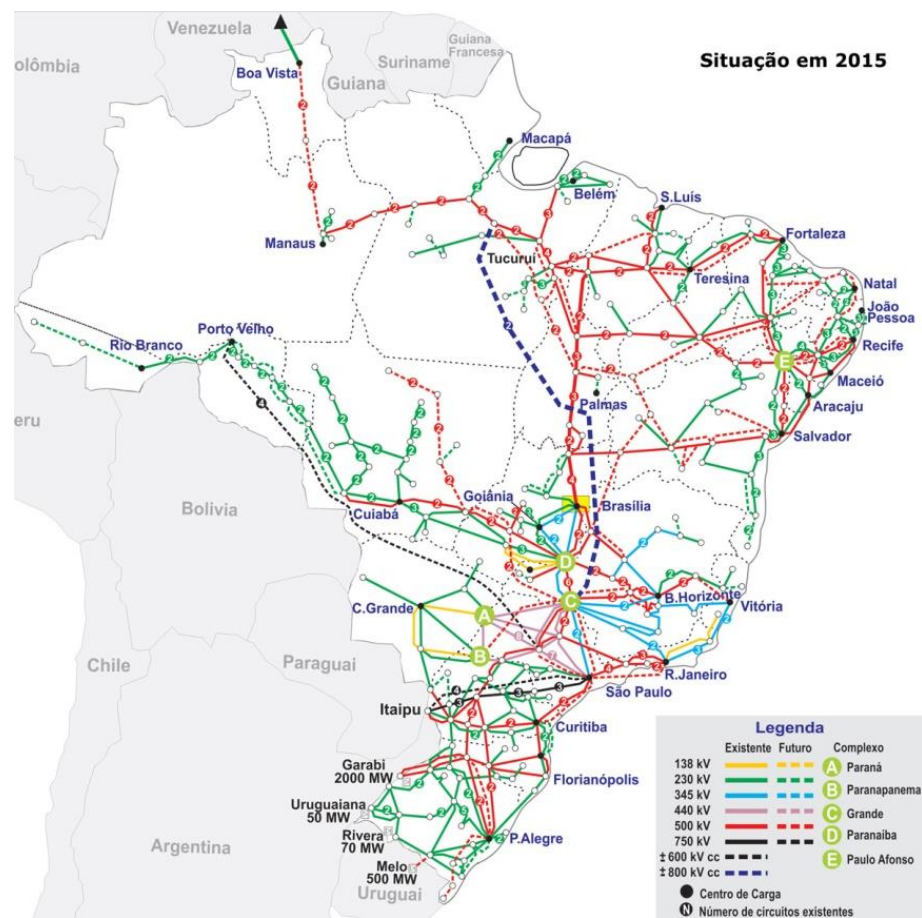
No capítulo 8 são apresentadas, a partir de dados de fabricantes e estudos acadêmicos, as características e os custos associados para a instalação de bancos de capacitores necessários para a correção dos fatores de potência verificados nas cabines primárias do IEE na execução de suas atividades.

## 2. SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

Ao longo da história da comercialização da energia elétrica no Brasil, o fluxo de energia e as transações comerciais eram determinados por uma via de mão única. Direcionadas, exclusivamente, de um agente para outro, ou seja, da geradora à transmissora, desta à distribuidora e, por fim, desta aos consumidores finais.

Entre a última década de 1990 e ao longo da década de 2000, o Estado deu passos ao estabelecimento de um novo modelo de estrutura, para o sistema elétrico brasileiro (SEB), denominado Sistema Integrado Nacional (SIN), sendo um sistema hidro-termo-eólico, constituídos de múltiplos proprietários, estabelecendo a interconexão da geração, transmissão e distribuição para o atendimento de energia elétrica aos quatro subsistemas regionais (ONS, 2021), conforme a Figura 1.

Figura 1 – Sistema Interligado Nacional conforme o ONS em 2015.



Fonte: ANEEL (2021).

No mesmo período, verificando a grandiosidade e complexidade do SIN, o Estado atuou na criação de entidades que atuassem em frentes distintas e legalmente estabelecidas neste novo sistema elétrico, sendo:

- ✓ Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), autarquia sob-regime especial, criada em 1996, seria o agente responsável pela regulamentação, normalização das políticas e fiscalização do setor elétrico brasileiro na produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica (ANEEL, 2021) [3];
- ✓ Operador Nacional do Sistema (ONS), organização privada sem fins lucrativos, criado em 1998, seria o agente responsável pela coordenação e supervisão do gerenciamento centralizado do transporte de energia entre os agentes atuantes no SIN (geradoras, transmissoras, concessionárias) (ONS, 2021) [28];
- ✓ Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), organização privada sem fins lucrativos, criada em 2004, seria o agente responsável pelos contratos de comercialização da energia elétrica, operacionalização dos leilões de energia, administração dos sistemas de geração e consumo de energia de todos os agentes do mercado, entre outras atividades (CCEE, 2021) [15];

A promulgação da lei nº 8.674 de 28 de julho de 1988 estabeleceu os dois ambientes de comercialização de energia elétrica, sendo, o ambiente livre e o ambiente regulado. Posteriormente sendo regulamentados pelo meio do decreto nº 5.163 (BRASIL, 2004)[14].

- ✓ O Ambiente de Contratação Regulada (ACR) é aquele destinado a contratação de energia por meio de leilões na CCEE e supervisionado pela ANEEL. Efetivados por meio de Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR). No Ambiente Regulado, denominado também de Mercado Cativo, a comercialização da energia continuaria sendo realizada em via mão única, pois uma determinada concessionária trataria diretamente com os consumidores dentro da região do seu monopólio natural.
- ✓ O Ambiente de Contratação Livre (ACL) é aquele destinado a contratação e comercialização de energia por meio de negociações livres entre agentes compradores e vendedores com condições contratuais definidas

bilateralmente. No Ambiente Livre, denominado Mercado Livre, a comercialização da energia poderia ser realizada em via mão dupla, onde consumidores de grande porte poderiam realizar a compra da energia de outros agentes, além da concessionária local, e podendo transacionar o excedente aos demais agentes de mercado.

A ANEEL elaborou dois conjuntos de documentos, com a participação dos agentes e associações do setor elétrico nacional, para a padronização das atividades técnicas, critérios de qualidade e procedimentos contábeis a serem utilizados pelos agentes na distribuição e comercialização da energia elétrica, sendo:

**Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET** – conjunto de documentos que normatizam e padronizam as atividades contábeis e administrativas na comercialização de energia elétrica. (ANEEL, 2021)[9].

**Procedimentos de Distribuição – PRODIST** – conjunto de documentos, formado por 11 módulos, que normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de fornecimento de energia elétrica (ANEEL, 2021)[3]. Podendo ser destacados os respectivos módulos, sendo:

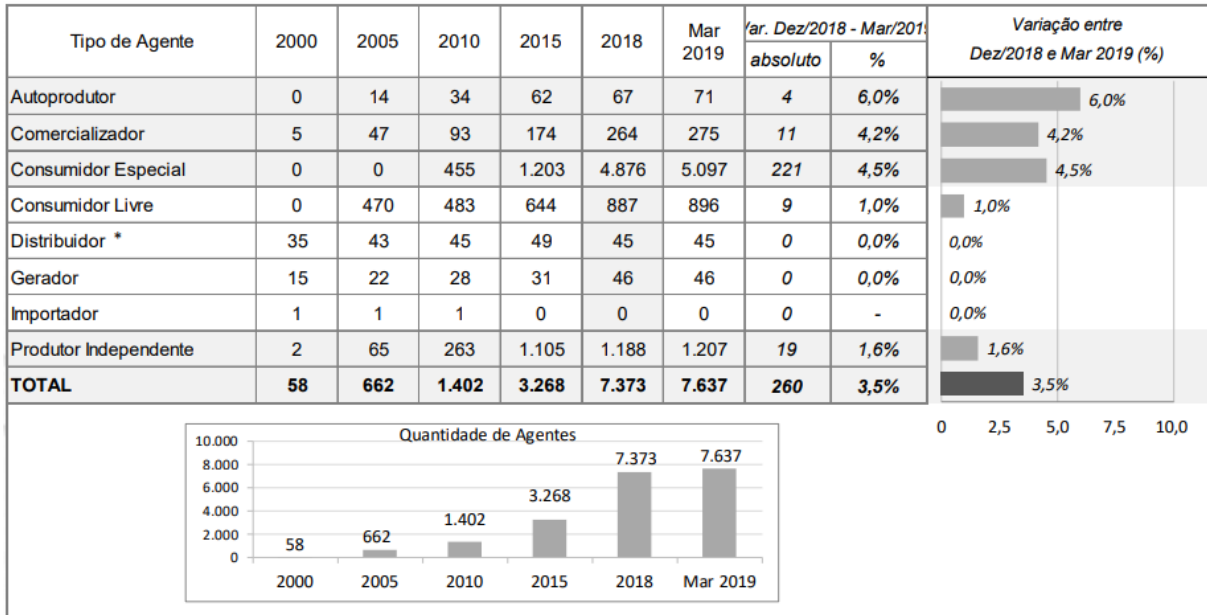
- ✓ Módulo 5: Define os requisitos mínimos para a medição de grandezas elétricas aplicáveis ao faturamento e à qualidade de energia (ANEEL, 2021)[7]; e,
- ✓ Módulo 8: Define os requisitos mínimos para as qualidades do produto (energia elétrica), do serviço prestado (fornecimento da energia) e tratamento das reclamações (ANEEL, 2021)[8];
- ✓ Módulo 11: Define os requisitos a serem cumpridos na emissão e apresentação das faturas de energia elétrica e informações suplementares (ANEEL, 2021)[6].

A Resolução Normativa nº 414/2012 apresenta as disposições gerais relativas aos direitos e deveres dos consumidores, no uso da energia e selo pela guarda do sistema de medição, e das distribuidoras no fornecimento pleno, contínuo, qualidade da energia elétrica e atendimento aos clientes (ANEEL, 2021)[5].

O setor elétrico brasileiro verificou, ao longo dos anos, o aumento contínuo de agentes cadastrados na CCEE para atuarem no mercado de energia brasileiro. A Figura 2 apresenta o aumento dos agentes cadastrados para operar no setor, principalmente, os consumidores livres, consumidores especiais e os produtores

independentes (ANEEL, 2019). Assim, as operações realizadas no sistema elétrico no transporte, medição e contabilização da energia comercializada se tornaram cada vez mais complexas e dinâmicas. Com isso, surgiram necessidades para a promoção de modificações sistêmicas e estruturais na geração, transmissão, distribuição, contabilização e fiscalização do SIN.

Figura 2 – Agentes de mercado cadastrados no CCEE.



Fonte: ANEEL (2019) [10].

O relatório da 1ª Reunião de Interação de Agentes de 2021, a CCEE apresentou seus dados atualizados com indicação da continuidade deste crescimento do setor. Onde, se verifica a continuidade do ingresso de agentes, medidores instalados e contratos firmados, sendo:

- 11.026 agentes cadastrados;
- 42.380 medidores instalados;
- 78.781 contratos de comercialização de energia monitorados; e,
- R\$ 19,230 bilhões de reais liquidados no curto prazo.

No século XXI, os agentes do mercado elétrico brasileiro verificaram a necessidade da adequação de suas estruturas por meio do ingresso das novas inovações tecnológicas de automação e tecnologias da informação. Assim, ocorrendo o ingresso de dispositivos físicos automatizáveis aos diversos sistemas elétricos de potência. De forma que possibilitasse a aquisição remota de dados dos diversos sistemas (proteção, manobra, medição), com maior precisão das medições e, também, o ingresso de ferramentas da tecnologia da informação para a melhoria

no gerenciamento de suas estruturas na prestação contínua dos serviços e na verificação da qualidade do fornecimento da energia elétrica.

Um caso exemplar foi a utilização pela CCEE de medidores, baseados em tecnologia eletrônica (*smart meters*), para o monitoramento de seus agentes, comunicação remota para a aquisição dos dados, utilização de plataforma para tratamento dos dados e contabilização do faturamento aos agentes.

A utilização de sistemas de gerenciamento de energia elétrica tornou-se, a cada dia, uma necessidade a pequenos e médios consumidores. Não se restringindo mais aos grandes agentes como as geradoras, as transmissoras e as distribuidoras.

Para muitos consumidores sejam, residenciais, comerciais ou industriais, o custo associado ao consumo da energia elétrica é de grande relevância e forte impacto aos seus orçamentos. Assim, o uso de sistemas de medição de energia digitais para o monitoramento contínuo deste insumo possibilita, antecipadamente, a tomada de decisões para a otimização dos seus sistemas produtivos e controle orçamentário. Por isto, tornando-se uma ferramenta necessária ao planejamento de sistemas industriais, atividades comerciais e, assim como, nas residenciais.

### 3. O MERCADO E O CONSUMO DA ENERGIA ELÉTRICA

Entre os anos 2006 e 2019, foi verificado o crescimento da carga instalada e o crescimento do consumo de energia com o mercado cativo de 262.616 GWh para 319.290 GWh e no mercado livre de 93.513 GWh para 162.936 GWh (EPE, 2020). A Tabela 1 apresenta o aumento do número de consumidores atendidos, seja no mercado cativo com o crescimento de 58.978.724 para 85.055.209 de consumidores ou do mercado livre com o crescimento de 974 para 16.079 (EPE, 2020).

Tabela 1 – Dados do setor elétrico entre 2006 [18] e 2019 [19].

		2006	2019	Total (%)	Taxa Anual (%)
Capacidade instalada	(MW)	96.294	170.118	76,67	5,90
Consumo de energia	(GWh)	356.129	482.226	35,41	2,72
Linhas de transmissão	(km)	86.229	141.888	64,55	4,97
Geradores	(Unid.)	28	45		
Consumidores atendidos	(Unid.)	58.979.698	85.071.288	44,24	3,40
Agentes cadastrados no CCEE	(Unid.)	1.403	8.824	528,94	40,69

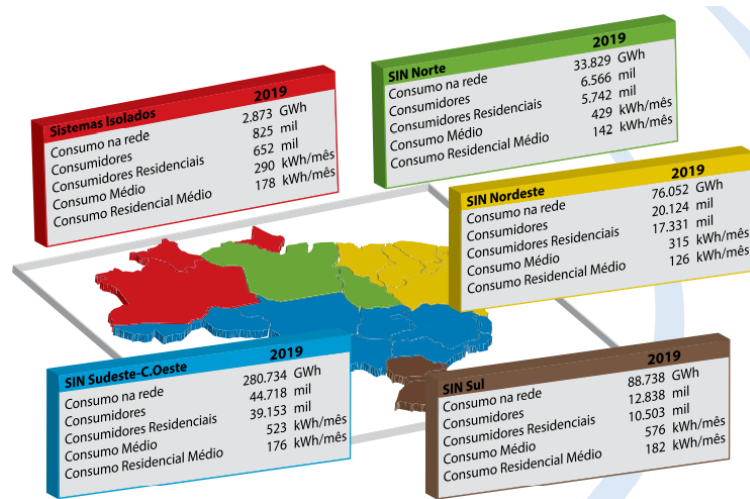
Fonte: EPE (2011/2020).

Atualmente, a CCEE opera um ambiente que contém 11.026 agentes cadastrados, com 42.380 medidores instalados e 78.781 contratos de comercialização de energia. Crescimento vinculado ao ingresso de novos comercializadores, produtores independentes, geradores, consumidores livres, consumidores especiais, autoprodutores e distribuidores. Entretanto, não é possível correlacionar diretamente, o número de consumidores ao número de medidores instalados, pois ao longo dos anos ocorreu a migração de grupos de empresas ao mercado livre, como por exemplo, bancos e redes varejistas. E assim, estando associado a um determinado agente um grande número de medidores de energia instalados nas unidades de sua rede.

O gerenciamento da energia elétrica é uma ferramenta que acompanhou o desenvolvimento do mercado de energia elétrico brasileiro e permitiu a adequação

do sistema para o ingresso contínuo de novas fontes geradoras para o despacho de energia e abastecimento aos consumidores localizados nos quatro submercados de consumo existente. A Figura 3 apresenta os dados relativos a 2019 da dimensão dos 04 (quatro) submercados do SIN e do subsistema isolado. Tendo como limitador a demanda máxima das linhas transmissoras utilizadas na transferência da energia.

Figura 3 – Subsistemas de comercialização energia elétrica.



Fonte: EPE (2020).

Ferramentas de gerenciamento são empregadas pelos diversos agentes responsáveis pela operacionalidade e coordenação do transporte de energia dentro no SIN. Agentes como, respectivamente, a ONS pela operacionalização do trânsito da energia elétrica das fontes geradoras, pela malha de transmissão existente, aos diversos agentes consumidores, comercializadores ou importadores conectados à Rede Básica nos quatro submercados; a CCEE no monitoramento e contabilização, individualizada, da energia transacionada e efetivamente demanda pelos agentes; e, por fim, a ANEEL na regulamentação e fiscalização do sistema.

O gerenciamento realizado pelos demais agentes do setor no SIN, sejam estes, geradoras, transmissoras ou, principalmente, concessionárias de distribuição de energia se consolidou como um instrumento necessário para a preservação do seu ativo patrimonial e sua receita financeira. Na manutenção das estruturas de transporte da energia elétrica transitada, verificação da demanda requerida, das perdas técnicas associadas, da qualidade da requerida, contabilização do fornecimento e a identificação e intervenção em fraudes. Assim, este gerenciamento pela dinamização da informação permite a tomada de ações visando melhoria dos serviços prestados e da qualidade do fornecimento de energia aos critérios normativos estabelecidos pelos órgãos reguladores.

Os custos associados ao consumo de energia de grandes consumidores como, por exemplo, as indústrias de transformação, montadoras automobilísticas, indústrias siderúrgicas e metalúrgicas são altamente relevantes ao valor final de seus produtos. E por isto, muitas destas empresas iniciaram a alocar pessoal e recursos financeiros voltados a ações de eficiência energética. E com isso, levando a utilização de sistemas de medição paralelos aos das concessionárias e realizar o monitoramento contínuo do seu consumo de energia e demais grandezas. E assim, adotando ações para o controle da demanda instantânea para não exceder a demanda contratada e definir o acompanhamento de sua curva de carga para atuar sobre seus ciclos de produtivos para redução do consumo em horário de pico ou do consumo total mensal.

Os consumidores de médio e pequeno porte, como os comerciais e residenciais, ao longo dos anos, ficaram restritos ao controle de seu consumo total mensal e seu histórico indicado em sua fatura emitida. Pois, a fatura e seu acesso ao visor do medidor eletromecânico instalado pela concessionária (limitado a uma medição acumulada em kWh) são os únicos instrumentos disponíveis ao seu gerenciamento. Esta limitação de informação se põe presente na eventualidade de análises mais profundas sobre o fornecimento seja em casos de ocorrência de queima de equipamentos, falhas verificadas na rede elétrica ou pela verificação de fraudes. O consumidor é restrito a uma verificação pontual e acumulativa. Sem a possibilidade de análises mais profundas sobre sua instalação ou de sua dinâmica de consumo. Assim, ainda não foi aplicada, a adoção de gerenciamento energético no cotidiano destes usuários. Seja pelo desconhecimento informativo, desconhecimento técnico ou pelas limitações financeiras associadas.

É comumente conhecido que existem dois tipos de gestões de energia possíveis. A gestão pelo lado da oferta (GLO) e a gestão pelo lado da demanda (GLD). Cada qual com características distintas, sendo:

A gestão pelo lado da oferta é o aumento proporcional do fornecimento em resposta ao aumento de demanda. E é considerada uma medida de longo tempo, pois é o tempo necessário para o acionamento de outras fontes (Toledo, 2012)[31]. E acaba sobre dimensionando a rede para o novo patamar de fornecimento. Este tipo de gerenciamento estará vinculado a ações do Estado na readequação do sistema elétrico nacional para o atendimento futuro do mercado.

Segundo Toledo (2012), a gestão pelo lado da demanda é a regulação da demanda tendo um fornecimento determinado. Esta gestão sendo realizada pela adoção de um conjunto de ações, como: controle da carga, tarifa diferenciadas, uso racional da energia, substituições de combustíveis, eficiência energética, etc. Serviços inseridos nesta análise são os aqueles destinados ao abastecimento de água, energia elétrica e gás. E executável pela utilização de uma ou mais das respectivas técnicas, sendo:

- ✓ **Redução do pico (*peak clipping*):** atuação do usuário para controle direto na curva de carga da instalação visando à redução da demanda no horário de ponta do sistema;
- ✓ **Preenchimento de vales (*valley filling*):** atuação do usuário para controle direto para a diminuição da demanda máxima diária em relação à demanda média e, com isso, melhorando o fator de carga da instalação;
- ✓ **Deslocamento da carga (*load shifting*):** atuação do usuário para o descolamento de cargas utilizadas em horário de ponta para atuarem no horário fora de ponta. Por vezes sendo utilizado pelo Estado com o horário de verão;
- ✓ **Conservação estratégica (*strategic conservation*):** atuação do usuário na substituição de seus equipamentos por novos similares mais eficientes e, com isso, visando uma redução das demandas máximas e médias verificadas com a diminuição do consumo total;
- ✓ **Crescimento estratégico da carga (*strategic load growth*):** atuação do usuário no crescimento uniforme de sua curva de carga em função de possíveis incentivos oferecidos por fornecedores pela substituição de fontes energéticas no seu ciclo produtivo; e por fim,
- ✓ **Curva de carga flexível (*flexible load shaping*):** condição em que existe a possibilidade de restrições ou limitações ao uso da energia pelo consumidor em trocas de benefícios financeiros pelos fornecedores.

A utilização deste conjunto de conhecimento para a promoção de ações de eficiência energética fica restrita a um pequeno conjunto de usuários, como: concessionárias distribuidoras, grandes organizações e empresas prestadoras de serviço de gerenciamento de energia.

#### 4. REDES INTELIGENTES (RI) OU SMART GRID

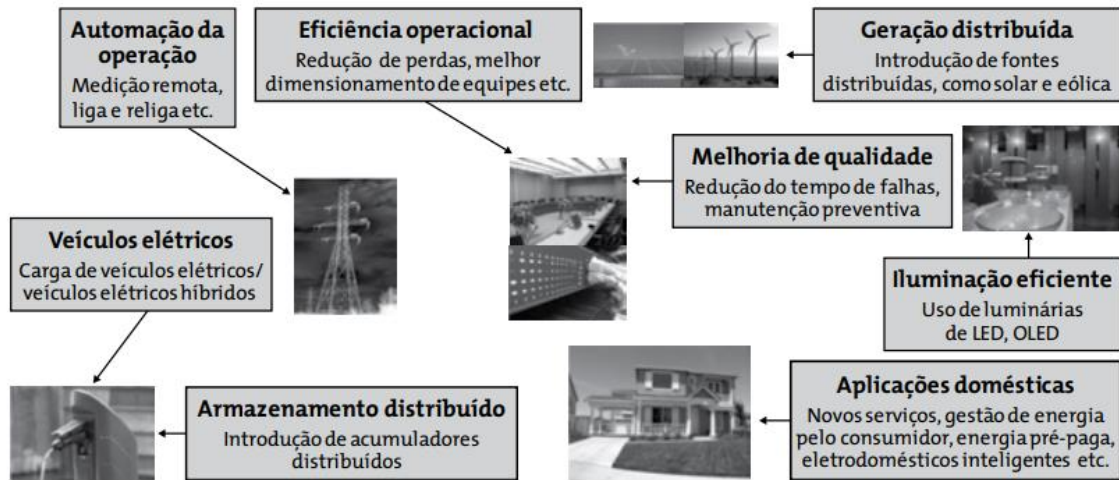
A literatura apresenta que desde 2005 o termo *smart grid*, foi utilizado inicialmente por Bruce F. Wollenberg e S. M. Armin no artigo intitulado "*Toward A Smart Grid*", porém a ideia de rede inteligente (RI) viria da necessidade da obtenção de uma rede mais integrativa com a transferência de informação (Lira, Mariz, & Almeida)[26]. E no tempo, tornou-se um conceito de utilização e aplicação de várias ferramentas da tecnologia da informação (TI) dentro do cotidiano do sistema elétrico e, assim, conseguindo uma integração de sistemas de comunicação e redes de infraestrutura de forma a automatizar os processos de medição e controle de eventos para um o sistema mais eficiente.

O Estado, através da ANEEL, já reconheceria em 2010, através da chamada de Projetos de P&D Estratégicos nº 011/2010: Programa Brasileiro de Redes Elétricas Inteligentes, a importância e relevância do tema ao setor elétrico nacional para modernização dos dispositivos do sistema e ao ingresso de tecnologias de informação (ANEEL, 2010). Onde destaca:

“Além de contribuir para a melhoria da qualidade do serviço prestado ao consumidor final, a RI tem o potencial de melhorar a confiabilidade do sistema elétrico nacional e reduzir os desperdícios” (ANEEL,2010).

A Figura 4 apresenta algumas das inúmeras funcionalidades aditivas e melhorias sistêmicas que o ingresso das redes inteligentes proporcionaria aos sistemas operativos do setor elétrico e aos usuários finais (BNDES, 2013).

Figura 4 – Redes elétricas inteligentes: elementos e funcionalidades.



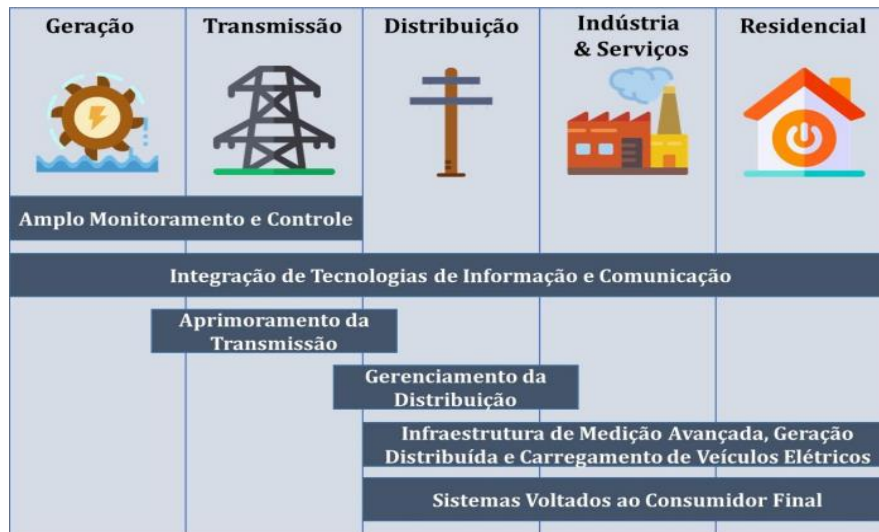
Fonte: BNDES (2013)[12].

O ingresso contínuo de tecnologias digitais avançadas aos sistemas elétricos de potência permitiu o aperfeiçoamento do gerenciamento e possibilitou o monitoramento em tempo real do fluxo de energia pelo SIN. Caracterizando um novo modelo operacional e, com isso, trazendo ao cotidiano do mercado o conceito de Redes Elétricas Inteligentes ou *Smart Grid*.

Neste modelo as informações dos sistemas devem fluir de forma bidirecional entre os diversos agentes atuantes no mercado, com grande enfoque aos dados entre os sistemas de fornecimento e as demandas dos clientes finais. Dados do Grupo de Trabalho (GT) para Modernização do Setor Elétrico, através da Portaria nº 187/2019 (EPE, 2019)[21], apresentam que ocorreu a inserção de novas tecnologias no setor elétrico brasileiro, de maior ou menor grau, por todos os níveis de agentes atuantes no setor elétrico.

A Figura 5 apresenta a abrangência das diversas malhas de comunicação possíveis nas camadas em camada distintas. Na malha entre os agentes de geração e transmissão, com centenas de agentes, limitada ao monitoramento e controle são menores em número e abrangência de dados que as camadas de consumo comercial e residencial, composta por dezenas de milhares de agentes.

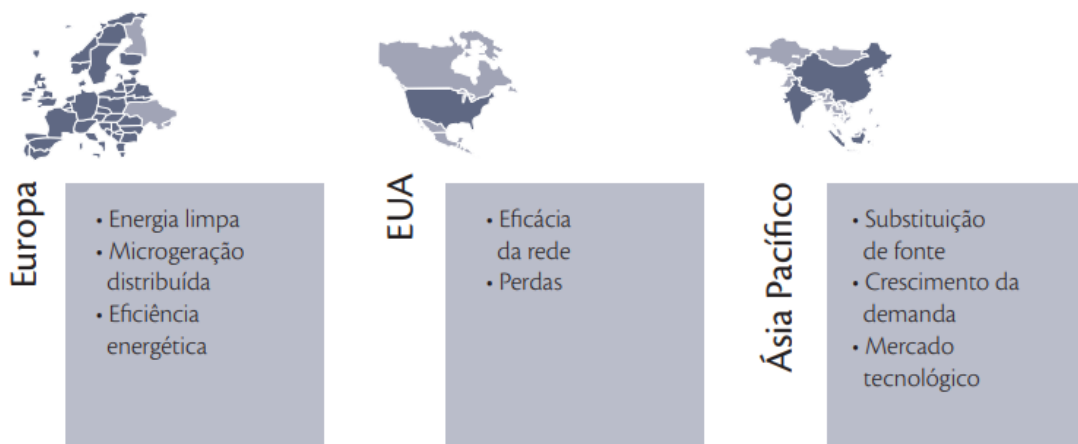
Figura 5 – Tecnologias inseridas ao setor elétrico.



Fonte: IEA (2011)[21]

A Figura 6 apresenta que as motivações apresentadas pelos mercados regionais no mundo, são por vezes diferentes, para o ingresso e adoção das ferramentas de redes inteligentes aos setores elétricos, porém acabam coincidindo em dois pontos, sendo: primeiro, a diminuição das perdas verificadas nas redes elétricas; e segundo, o melhor gerenciamento dos sistemas de energia elétrica.

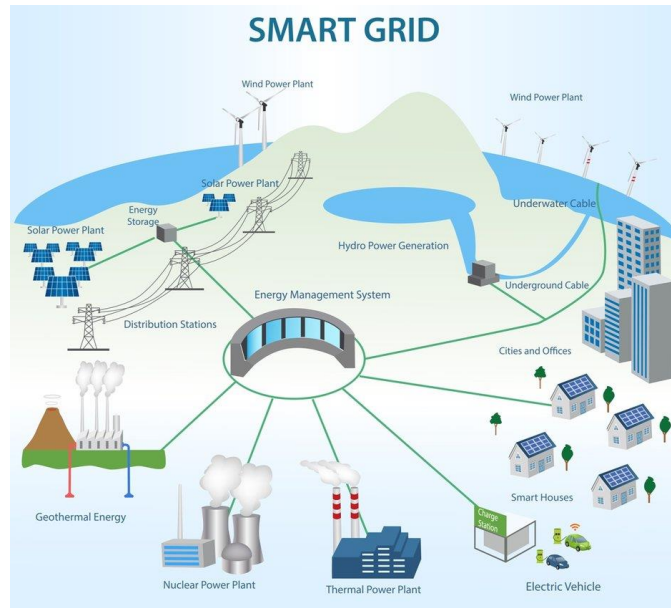
Figura 6 – Motivadores dos mercados regionais.



Fonte: cgee (2012) [17]

Este modelo não se caracterizaria só pela simples modernização estrutural, mas sim no estabelecimento do acesso remoto e controle dos diversos equipamentos instalados pelos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e, também, pela aquisição das leituras dos medidores de energias para a tarifação. A Figura 7 apresenta uma malha de compartilhamento instantâneo de dados em que os clientes e demais agentes poderiam utilizar novos meios de relacionamento e prestação de serviços.

Figura 7 – Abrangência de uma *smart city*.



Fonte: govtech (2021).

“Com o avanço do uso da tecnologia digital nos sistemas de fornecimento de energia elétrica, começa a surgir o que se convencionou chamar de quarta geração desses sistemas, ou seja, as chamadas smart grids, caracterizadas pelo uso intensivo de equipamentos digitais, de telecomunicações, de sensoriamento e operação remotos de instalações, e de tecnologia de informação (TI), adicionalmente às instalações físicas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica existentes.” (Bandeira;2012) [11].

Segundo Bandeira (2012), em relatório apresentado à Câmara de Deputados, as redes elétricas inteligentes ou *Smart Grid* é a interação de três áreas complementares ou camadas de inteligência, sendo:

1. Inteligência de fornecimento: associada à consolidação automatização aos sistemas de fornecimento de energia (geração, transmissão e distribuição) em função da otimização das ações de operação, proteção e medição aos agentes do setor. Isto, através da aquisição de informações em tempo real;
2. Inteligência de medição: associada à interatividade dos dados de medição e indicadores de qualidade aos agentes, fornecedor à consumidor, possibilitada por interfaces apropriadas, devido a utilização de medidores eletrônicos ou *smart meters* no SEB em substituição dos medidores eletromecânicos;

3. Inteligência de consumo: associada à mudança comportamental, dos consumidores em seus sistemas, através de dados compartilhados bidirecionalmente com a rede, para o controle das cargas instaladas ou ingresso de fontes complementares através de geração distribuída (geradora solar, eólica ou biomassa).

A ideia de redes inteligentes ou *Smart Grid* está associada ao fornecimento de um insumo a um conjunto de clientes. Assim, podendo haver redes setoriais como, por exemplo, eletricidade, gás e água. Desta forma, estando preferencialmente restrito ao universo setorial.

A integração destas redes a outros sistemas como: sistema de transporte público, transporte de passageiros, sistema de iluminação pública, sistemas monitoramento das condições climáticas, monitoramento da poluição entre outras atividades em conjunto maior é denominado de cidades inteligentes ou *Smart Cities*. Desta forma, estando preferencialmente direcionado ao universo governamental. Tema que o Estado brasileiro, a partir do Documento Final sobre redes Elétricas Inteligentes (REIs), realizado entre a cooperação entre Brasil e União Europeia, em 2014, apresenta os conceitos envolvidos e sua importância e aplicabilidade na sociedade. Onde diz:

“Este conceito se expandiria, ao longo dos anos, para a integração de possíveis soluções para os diversos problemas que se apresentam cotidianamente na vida dos indivíduos em uma sociedade, assim, chamando-se “smart city” ou cidade inteligente” e também “O termo smart city (“cidade inteligente”) diz respeito a um conjunto de soluções urbanísticas e tecnológicas visando ao desenvolvimento sustentável e à qualidade de vida. O conceito se baseia no crescimento planejado, na combinação adequada entre recursos e atividades e na participação dos cidadãos, com as tecnologias da informação e da comunicação (TICs) como uma das principais ferramentas” (Brasil; 2015).

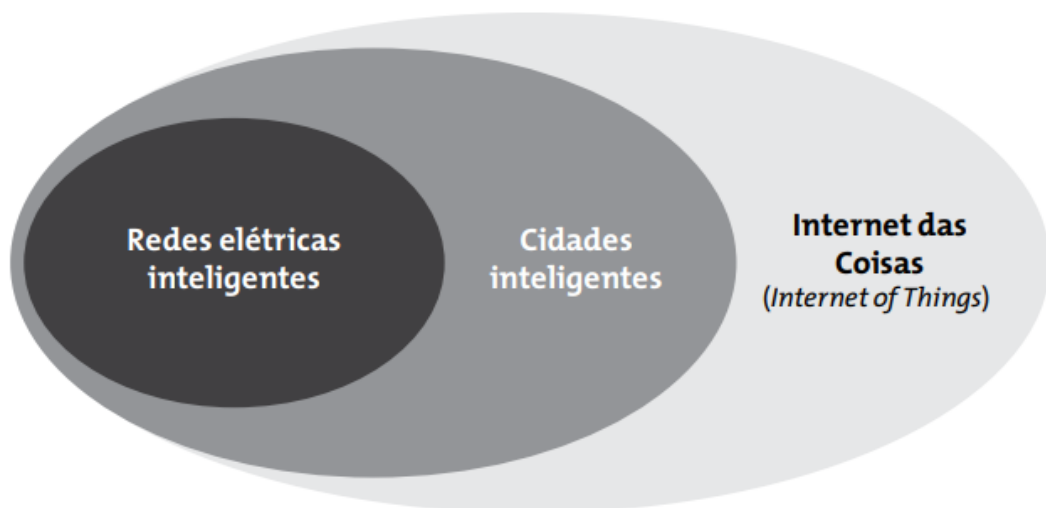
E por fim, a possibilidade da interligação de inúmeros dispositivos, máquinas, equipamentos e edifícios, por meio de uma conexão de transmissão de dados, de forma a atuarem conforme instruções originárias externas para operação e atualização de estado, de forma bidirecional. Este conceito passou a ser chamado de Internet das Coisas ou IoT (*Internet of Things*) e onde todos os objetos podem

ser, individualmente, identificados, reconhecidos, endereçados e acessados. Conforme Sonogo *et al* [30]:

“A Internet das Coisas corresponde a um novo paradigma, que imputa aos objetos a capacidade de disponibilizar informações a respeito de seu funcionamento e ao ambiente no qual tais objetos estão inseridos, caracterizando-se como abrangentes e diversificados os universos de prováveis aplicações a ela relacionadas.” (SÓNEGO; MARCELINO; GRUBER, *et al*; 2016).

A Figura 8 apresenta a abrangência exercida pela Internet das Coisas sobre os ambientes tecnológicos existentes ou ingressantes às atividades sociais.

Figura 8 – Das redes elétricas inteligentes à Internet das Coisas (IoT)



Fonte: BNDES (2013).

Desta forma, a sobreposição destes conceitos é associada ao ingresso progressivo dos avanços tecnológicos em sistemas eletrônicos, sistemas informáticos e sistemas de telecomunicações para o sensoriamento, comunicação, processamento e armazenamento de dados e, por fim, controle dos dispositivos.

Por fim, no mercado cativo ou no livre, a utilização de dispositivos automatizados (chaves religadoras, disjuntores, etc.), de instrumentos de melhor precisão (medidores de energia eletrônicos, analisadores de energia, sincrofasores) e de plataformas de gerenciamento operacional e contabilização de negócios (concentradores de dados, remotas de comunicação, etc.) é uma realidade no setor.

#### 4.1. Medidores de energia baseados em tecnologia eletrônica (*smart meters*):

O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), por meio da Portaria Inmetro nº. 431 de 04 de dezembro de 2007, apresentou os procedimentos de controle metrológico de medidores de energia elétrica eletrônicos para faturamento. Definindo os critérios, abrangência e normalização a ser utilizada pelo mercado. “Considerando a necessidade de implementar o controle metrológico dos medidores de energia elétrica ativa e/ou reativa, monofásicos e polifásicos, baseados em tecnologia eletrônica (INMETRO,2007)”.

A instalação dos medidores de energia eletrônicos, também chamados de *Smart Meters*, permitiria o registro de inúmeros parâmetros, respectivamente:

- ✓ Medição de consumo ou fornecimento de energia elétrica pela instalação – medição a quatro quadrantes;
- ✓ Indicadores de qualidade de energia;
- ✓ Valores instantâneos de diversas grandezas elétricas;
- ✓ Verificação de eventos cadastrados;
- ✓ Programação de tipo de tarifação submetida a instalação;
- ✓ Saída ou entrada de pulsos de medição por meio de porta de comunicação serial ou porta ótica.

Estes medidores associados a dispositivos de telecomunicação, permitiu o acesso remoto das informações a distância de forma bidirecional por meio de uma tecnologia de comunicação (ZigBee, PLC, rede Mesh, GPRS, Modbus) e, com isso, permitindo os primeiros passos à instalação de equipamentos, instrumentos e demais dispositivos pertencentes a Redes Inteligentes (RI) ou “*Smart Grid*” no setor. Uma vez que, diversos fabricantes se prepararam para atuar neste mercado com a apresentação destas tecnologias aos usuários e no oferecimento de dispositivos inteligentes, como:

“A rede inteligente ou smart grid, é a modernização da rede de distribuição de energia elétrica automatizada, com gestão integrada de sua infraestrutura e serviços, possibilitando informações e ações em tempo real. A medição inteligente (smart metering) é considerada a primeira etapa da implantação de uma rede inteligente. (WEG; 2021)”.

Inicialmente, em função do valor associado, as concessionárias realizaram a instalação deste tipo de medidor, paulatinamente, em novas instalações elétricas e em grandes consumidores ou na substituição de medidores eletromecânicos pela ocorrência de dano ou fraude.

Atualmente, a instalação deste tipo de tecnologia de medição já é uma realidade em instalações elétricas comerciais e residenciais, porém utilizando-se medidores de baixo custo, possuindo menor número de grandezas elétricas medidas e menor espaço de memória para o armazenamento de dados.

Entretanto, ainda não ocorreu o ingresso destas novas tecnologias à prestação de serviços do fornecimento de energia associado a comunicação dos dados a todos os usuários. As concessionárias de distribuição não implementaram um sistema de monitoramento remoto do consumo de energia a todos os seus cliente de forma gratuita ou de baixo custo.

#### **4.2. Medição de energia:**

No âmbito operacional da CCEE [16], na medição da energia transitada no ACL e no ACR, a ONS possibilita documentação, baseada no PRORET, para auxiliar os agentes na construção de seus sistemas de medição para faturamento (SMF), constituído de dois medidores<sup>1</sup> (principal e retaguarda) constantes na Tabela 2 e de transformadores para instrumentos (TIs) – potencial e corrente, e ainda, canais de comunicação para a contabilização e liquidação da energia. A partir destas informações a CCEE realiza a apuração dos despachos realizados pelos agentes do mercado e os consumos associados aos contratos de energia. A disponibilização destes e outros dados permite-lhe a verificação do seu perfil para maximização dos resultados aos contratos firmados.

---

<sup>1</sup> “Segundo o Módulo 12 dos Procedimentos de Rede, o SMF é um sistema composto pelos medidores principal e de retaguarda”. Disponível em: <[Cartilha SistemaMedicaoFaturamento.pdf \(ons.org.br\)](#)>. Acessado em: 17/04/2021.

Tabela 2 – Lista de medidores utilizados à plataforma da CCEE.

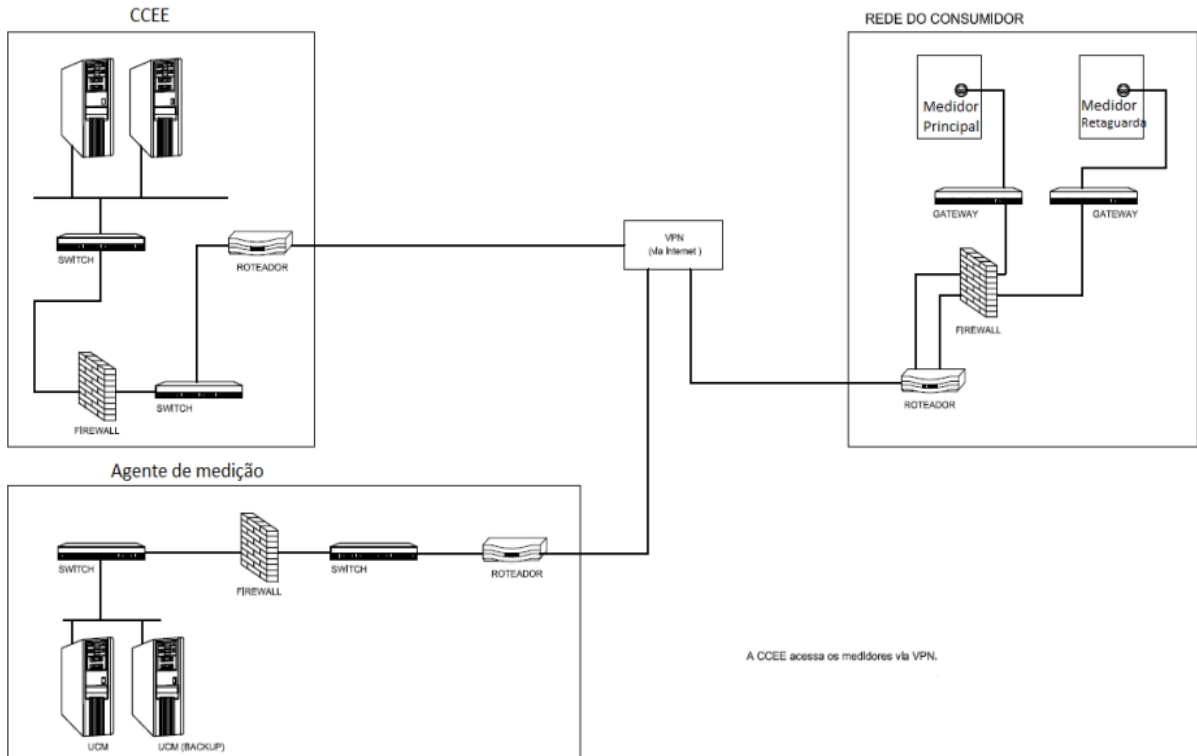
LISTA DE MEDIDORES		
FABRICANTE	MODELO	FIRMWARE
Electro Industries	NEXUS 1270	COM(BOOT-55:RUNTIME-223)
Electro Industries	NEXUS 1500 (****)	11.03; 4
Electro Industries	NEXUS 1500+ (****)	15
Electro Industries	NEXUS 1500+ (***) (****)	16 (com senha padrão)
Elo	ELO2180 (****)	Não aplicável (**)
Elo	ELO2183 (****)	Não aplicável (**)
Elo	ELO2113	52.06
ltron	Q1000 (****)	2.XXy ; 3.XXy ; 4.XXy ; 5.XXy (*)
ltron	SL7000	4.xx ; 5.xx (*)
Landis & Gyr	E750	75.03 e 75.16
Landis & Gyr	E750 G2 (A2E3)	01.60 e 01.64
Landis & Gyr	SAGA1000 / 1681	7101 a 7110 ; 8110 ; 8111
Nansen	Spectrum SX	306
Schneider Electric	ION7500 (****)	Não aplicável (**)
Schneider Electric	ION7550 (****)	Não aplicável (**)
Schneider Electric	ION7600 (****)	Não aplicável (**)
Schneider Electric	ION7650 (****)	Não aplicável (**)
Schneider Electric	ION8300 (****)	Não aplicável (**)
Schneider Electric	ION8400 (****)	Não aplicável (**)
Schneider Electric	ION8500 (****)	Não aplicável (**)
Schneider Electric	ION8600 (****) (****)	Não aplicável (**)
Schneider Electric	ION8650 (****) (****)	Não aplicável (**)
Schneider Electric	ION8800 (****) (****)	Não aplicável (**)
ZIV	5CTE (****)	4WF01031075

Fonte: CCEE (2021).

A Figura 9 apresenta a arquitetura de comunicação de dados utilizada pelo Sistema de Coleta de Dados de Energia (SCDE) da CCEE na coleta contínua dos dados das medições dos consumidores e demais agentes do mercado. Com isso, realizando o tratamento dos dados de medição e das inspeções lógicas dos medidores e, por fim, disponibilizando-as aos agentes para efetivo acompanhamento das operações realizadas e os contratos firmados. A operação dos dados pelo SCDE é realizada, como:

“Os dados de medição são coletados pelo SCDE por ponto de medição e por período de coleta (intervalos de 5 minutos), tanto para medição de energia ativa (kWh) quanto para energia reativa (kVAh). Esses dados são então integralizados em períodos de uma hora, para se tornarem compatíveis com o período de comercialização realizado na CCEE.” (ONS, 2015).

Figura 9 – Arquitetura de comunicação



Fonte: ONS (2015).

A Figura 10 apresenta o ciclo operacional de atividades realizado pela CCEE para a contabilização dos contratos dos agentes do mercado de energia em que se verifica o procedimento de medição e leitura, realizado pelo SCDE, como um dos diversos passos ou rotinas realizadas para a contabilização dos contratos. Rotinas como a análise crítica dos dados de medição, das perdas técnicas dos transformadores e da penalidade de inspeção lógica dos medidores são algumas das ações realizadas pela CCEE e apresentadas aos seus associados.

Figura 10 – Ciclo operacional da contabilização de um agente.



Fonte: CCEE (2021).

Desta forma, podemos afirmar que, ao longo dos anos, a uma parte dos usuários do sistema, o ingresso das novas tecnologias ao setor energético brasileiro possibilitou o acesso de um conjunto muito grande de informações como a medição remota, análise crítica, perdas, acompanhamento dos montantes de energia transitada, entre outros. Porém, restritas a uma pequena porção do número de consumidores.

O acesso a um conjunto maior de informação aos usuários sobre a sua dinâmica de consumo de energia em suas instalações a partir do ingresso dos medidores de energia baseados em tecnologia eletrônica por meio de comunicação remota ainda não se tornou uma realidade no setor elétrico brasileiro.

A inserção das novas tecnologias para o monitoramento dos consumos e verificação da qualidade do serviço não possibilitou a maior parte dos usuários, principalmente residenciais, diferenciações nas suas relações com as concessionárias. Diferente da realidade verificada por médios e grandes consumidores, que fazem parte do mercado livre, que usam sistemas de monitoramento próprios ou das informações apresentadas pela CCEE.

## 5. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES DA USP

A Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira, denominada CUASO, engloba um conjunto de 35 unidades (educacionais, técnicas, administrativas e esportivas) distintas que ocupam 889.034 m<sup>2</sup> de área construída dentro de uma área territorial de 3.648.944 m<sup>2</sup>. Atendendo diariamente uma população circulante de aproximadamente de 100.000 pessoas dentro de sua malha viária de 60 km (USP, 2021).

O Instituto de Energia e Ambiente (IEE) é um dos 06 (seis) institutos especializados da USP e está localizado na Avenida Professor Luciano Gualberto, nº 1.289 – Butantã – São Paulo no interior da CUASO e tem como atuação a promoção e o desenvolvimento do ensino, pesquisa e extensão universitária nas áreas de conhecimento da Energia e Ciências Ambientais. Desenvolvidas por um corpo de colaboradores formado por 10 docentes, 136 funcionários, 324 alunos de pós-graduação e 30 pós-doutorandos<sup>2</sup>.

No âmbito do ensino, atua no oferecimento de disciplinas optativas aos diversos cursos de graduação da Universidade.

No âmbito da pesquisa, atua no desenvolvimento de pesquisas aplicadas relacionadas aos usos da energia pelos diversos agentes sociais, industriais e governamentais. Bem como, no oferecimento de cursos de pós-graduação de mestrado e doutorados.

No âmbito da extensão universitária, o IEE atua na prestação de serviços especializados na realização de projetos e na execução de ensaios elétricos em dispositivos e equipamentos voltados ao setor elétrico nacional. Atua na realização de calibrações de instrumentos de medição elétrica através da Rede Brasileira de Calibração (RBC). E também, na emissão de laudos e certificados (IEE, 2021).

O IEE apresenta sua missão:

---

<sup>2</sup> Conforme informações demográficas constantes no anuário estatístico de 2020, tabela 2.15 População de Alunos e Servidores por Unidade. Disponível em: <<https://uspdigital.usp.br/anoario/AnuarioControle#>>. Acessado em: 01/05/2021.

“Promover a interação entre as necessidades da Sociedade, a Ciência e a Tecnologia, estimulando o intercâmbio e a colaboração interdisciplinar para enfrentar os desafios em Energia e Ambiente, atuando em atividades de Ensino, Pesquisa e Extensão, desenvolvendo soluções inovadoras, atuando como centro de integração e articulação com as demais unidades da Universidade de São Paulo e parceiros, contribuindo para o desenvolvimento sustentável (IEE, 2021)”.

### 5.1. Estrutura física do IEE:

O IEE possui uma estrutura formada por 19 (dezenove) laboratórios distribuídos por 04 (quatro) divisões científicas, 01 (um) anfiteatro, 01 (um) centro de vivência e diversas salas de reunião, escritórios e salas de aula que ocupam áreas individuais, conforme apresentado na Tabela 3, resultando em uma área edificada total de 16.015,32 m<sup>2</sup>.

Tabela 3 – Detalhamento das áreas edificadas do IEE.

<b>Setores</b>	<b>Área Construída (m<sup>2</sup>)</b>
Administração:	1.060,88
Apoio Administrativo	1.060,92
Apoio Científico	257,76
Apoio Comunitário	985,44
Bibliotecas	328,83
Laboratórios	6.052,63
Outras Áreas	4.951,97
Salas de Aula	815,60
Salas de Professores	501,29
Áreas Esportivas	0,00
<b>Área Total Edificada</b>	<b>16.015,32</b>

Fonte: USP (2021)<sup>3</sup>.

As atividades relacionadas à prestação de serviços de ensaios ou calibrações são constantemente acompanhadas por profissionais representantes da indústria, comércio, concessionárias de distribuição, órgãos governamentais etc.

<sup>3</sup> Conforme informações de infraestrutura física constantes em Anuário Estatístico de 2020, tabela 8.02 Área edificada por Campus e unidades. Processado em 03/2020. SEF – Superintendência do Espaço Físico da USP. Disponível em: <<https://uspdigital.usp.br/anuario/AnuarioControle#>>. Acessado em: 01/05/2021.

## **5.2. Instalações dos circuitos alimentadores da ETD – CUASO:**

A Universidade de São Paulo, entre setembro de 1999 e fevereiro de 2000, realizou a substituição de sua antiga rede de distribuição de energia elétrica aérea por uma nova rede de distribuição formada por cabos diretamente enterrados. Jardinetti (2003)[22] destaca essa modernização como necessária à CUASO pelo histórico de ocorrência de inúmeras interrupções nas redes elétricas, que ocasionavam longos períodos de desligamento, em função da inadequação da rede para operação adequada em zonas altamente arborizadas e com elevado índice de trovoadas.

A partir dos anos 2000, a distribuição da energia elétrica às diversas localizadas no interior da CUASO é realizada por meio de 05 (cinco) ramais subterrâneos em média tensão (13,8 kV) que partem de uma estação transformadora de distribuição (ETD), localizada na Avenida Professor Mello s/n ao lado da portaria nº 2 (P2 – USP) e percorrem todo o seu território, paralelamente ao calçamento das vias, conforme a

Figura 11. A planta da rede primária subterrânea do Campus da USP, revisão 25/10/2006, apresenta como é realizado o fornecimento de energia elétrica às cabines primárias das unidades ou aos transformadores de distribuição do tipo pedestal instalados nas unidades.



Atualmente, a rede de distribuição de energia elétrica da CUASO é composta pelos componentes apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Instalações dos circuitos de MT do CUASO.

<b>REDE ELÉTRICA CUASO/USP</b>	
Subestação ENEL – capacidade instalada	36,8 MVA
Cabines primárias de medição e transformação	101 unidades
Chaves de manobra em 13,8 kV	11 unidades
Extensão da Rede de distribuição em 13,8 kV	30 km
Iluminação pública	100 km
Poços de inspeção da rede primária	98 unidades
Pontos de luz instalados para iluminação pública	6.990 unidades
Postes de iluminação pública	5.470 unidades
Potência instalada em cabines primárias	79 MVA
Potência instalada em transformadores em pedestal	6,45 MVA
Transformadores em pedestal	48 unidades
Transformadores instalados em cabines	130 unidades

Fonte: USP (2019) [32].

### **5.3. Faturamento do consumo de energia elétrica da CUASO:**

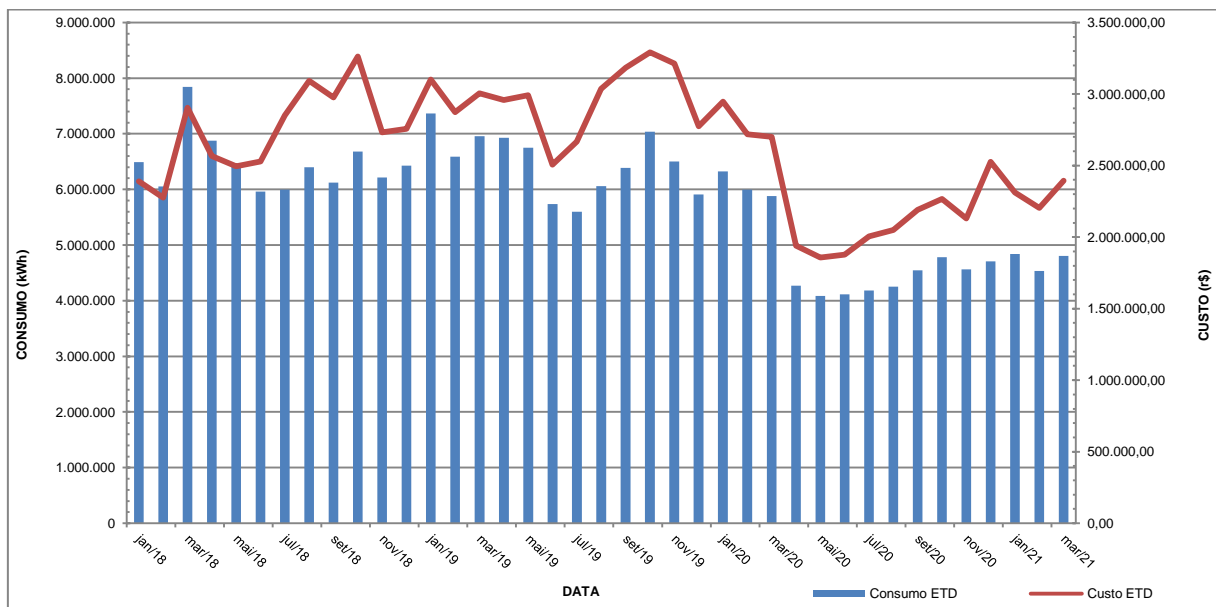
O faturamento deste *campus* é realizado pela concessionária ENEL a partir da leitura/aquisição dos registros (memória de massa) dos medidores de energia eletrônico instalados na ETD. Uma fatura de cobrança única é emitida para o consumo de energia elétrica de todo o *campus*, com uma demanda contratada de 22.000 kW e enquadrado na estrutura tarifária A4 horo-sazonal VERDE. A Tabela 5 apresenta o histórico de consumo da CUASO no período entre abril/2020 e março/2021 e ilustrado no Gráfico 1.

Tabela 5 – Histórico de consumo de energia e faturas do CUASO.

Mês	Demanda Máxima Verificada (kW)	Consumo de Ponta Reg. (kWh)	Consumo F. Ponta Reg. (kWh)	Consumo Total Fat. (kWh)	Fatura Total (R\$)
abr/2020	7.067,6	381.703	3.889.400	4.271.104	1.940.681,87
mai/2020	6.422,7	355.039	3.728.627	4.083.666	1.857.809,02
jun/2020	6.605,5	386.035	3.725.930	4.111.965	1.876.859,48
jul/2020	6.403,6	414.037	3.772.048	4.186.084	2.006.070,89
ago/2020	6.712,6	384.701	3.867.904	4.252.606	2.049.052,29
set/2020	8.573,9	416.618	4.130.099	4.546.717	2.190.989,83
out/2020	9.383,8	432.776	4.346.233	4.779.009	2.267.560,81
nov/2020	9.221,4	403.090	4.161.408	4.564.498	2.131.164,47
dez/2020	9.039,0	434.445	4.271.911	4.706.355	2.526.743,96
jan/2021	9.358,6	409.969	4.429.675	4.839.644	2.311.053,83
fev/2021	9.688,4	402.169	4.130.142	4.532.311	2.203.491,61
mar/2021	8.864,9	469.259	4.336.907	4.806.166	2.394.001,44
<b>Consumo total:</b>		<b>(MWh/ano)</b>	<b>(MWh/ano)</b>	<b>(MWh/ano)</b>	<b>(R\$)</b>
		4.889,84	48.790,28	53.680,13	25.755.479,50

Fonte: USP (2021)<sup>4</sup>.

Gráfico 1 – Histórico de consumo da CUASO.



Fonte: Elaborado pelo autor.

<sup>4</sup> Histórico da unidade consumidora constante no do sistema CONTALUZ. Consumidor ENEL n° MTE 0003414. PUSP-C – ETD – CUASO. Atualizado em 22/04/2021.

#### 5.4. Gerenciamento dos espaços físicos e seus usos (PUSP-C e SEF):

A Prefeitura do *Campus* da USP da Capital (PUSP-C) é uma unidade responsável pela zeladoria, no provimento de serviços de infraestrutura e manutenção de suas estruturas, possibilitando, desta forma, o funcionamento das instituições de pesquisa, de ensino, de extensão e dos espaços públicos e de integração social.

Dentre suas diversas atribuições estão a instalação e a manutenção dos sistemas de iluminação e das redes de distribuição de energia elétrica (média e baixa tensão) bem como as cabines primárias instaladas nas edificações por toda a extensão da CUASO.

A Superintendência do Espaço Físico (SEF) é a unidade responsável pela elaboração das diretrizes de uso de solo, elaboração dos planos diretores físicos, realização de estudos e laudos de projetos estruturantes originários das demais unidades da Universidade e também por apresentar programas incentivadores à promoção do uso eficiente dos recursos através de indicadores e metas de sustentabilidade (USP, 2015)[33].

Pode-se destacar como umas destas iniciativas a promoção do Programa Permanente para o Uso Eficiente dos Recursos Hídricos e Energéticos (PUERHE) que atua nas seguintes frentes, sendo:

- ✓ Ações de conscientização pela divulgação científica e publicidade;
- ✓ Especificação de equipamentos para os sistemas de iluminação;
- ✓ Gestão de faturas e contratos de fornecimento de energia elétrica a partir do Sistema ContaLuz Web;
- ✓ Informes mensais de consumo de energia das unidades;
- ✓ Projetos de eficiência energética; e,
- ✓ Sistema de monitoramento on-line das instalações.

Destas, destacamos algumas que se tornaram ferramentas de uso contínuo de apoio gerencial e administrativo, sendo:

#### **5.4.1. Sistema CONTALUZ WEB:**

A Universidade de São Paulo recebe 448 faturas mensais de energia, originárias de 22 cidades e de diversas concessionárias. Assim, este sistema foi desenvolvido em programação Python para o lançamento via página WEB de todas as faturas recebidas pelas unidades para seu direcionamento a um único bando de dados. E com isso, possibilitando a redução de perdas financeiras em multas por atrasos de pagamentos e, complementarmente, tornando-se uma ferramenta para consulta, análise e comparações do histórico de consumo na gestão de energia pelos dirigentes das unidades da USP<sup>5</sup>.

#### **5.4.2. Sistema de monitoramento on-line das instalações:**

O monitoramento das cabines primárias instaladas no campus da CUASO é realizado por um *Sistema Supervisório Unificado de Energia Elétrica com base na plataforma Elipse SCADA* com comunicação de dados através de rede de fibra ótica privativa ou internet e utilizando-se protocolo MODBUS RTU ou TCP/IP. Desta forma, possibilitando a identificar a situação operacional destas cabines de forma remota. A

---

<sup>5</sup> USP. Sistema CONTALUZ WEB. Disponível em: < <http://www.sef.usp.br/puerhe/energia/faturas-e-contratos/>>. Acessado em: 02/05/2021.

Figura 12 apresenta a tela de gerenciamento do sistema onde demonstra a condição operacional de 04 (quatro) disjuntores de algumas unidades internas.

Figura 12 – Tela de apresentação do sistema Elipse.



Fonte: SEF-USP (2021)<sup>6</sup>.

A partir deste sistema é realizado o monitoramento dos sistemas de proteção, disjuntores instalados nas entradas em média tensão, de todas as cabines primárias instaladas no campus. Entretanto, esta ferramenta não permite sua utilização para realizado um gerenciamento pelo lado da demanda com a intervenção ou indicações de como deverá ser utilizada a rede de distribuição pelas unidades internas.

#### 5.4.3. Informe mensal de consumo de energia elétrica:

Favato (2005)[20] apresenta as iniciativas anteriores da Universidade de São Paulo, através do Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica da USP (SIGGEN), para o monitoramento do consumo de energia de algumas unidades e o levantamento de indicadores de energia. O consumo de energia ativa mensal, o percentual de consumo, o consumo por área construída e a demanda máxima por área construída são alguns dos indicadores utilizados. Conforme apresentados na equações 01, 02 e 03.

<sup>6</sup> USP. Sistema supervisorio unificado de energia elétrica. Disponível em: <<http://www.sef.usp.br/puerhe/energia/puerhe-energia-sistema-de-monitoramento-line-das-instalacoes/>>. Acessado em 03/05/2021.

Destacamos os indicadores que compõem os atuais informes, sendo:

- ✓ Índice percentual de consumo total (PTC)

$$PCT = \frac{\text{Energia ativa da unidade (kWh)}}{\text{Energia ativa total da CUASO (kWh)}} \quad (1)$$

- ✓ Índice de consumo médio mensal por área construída (CMM)

$$CMM = \frac{\text{Energia média mensal da unidade (kWh)}}{\text{Área construída da unidade (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

- ✓ Índices de demanda máxima mensal por área construída (DMM)

$$DMM = \frac{\text{Demanda máxima mensal da unidade (kW)}}{\text{Área construída da unidade (m}^2\text{)}} \quad (3)$$

A partir de 2016, a Universidade de São Paulo apresenta mensalmente o informe do consumo de energia das unidades que, ao longo do tempo, passou a integrar o sistema de monitoramento on-line. Iniciando com o monitoramento remoto de 06 (seis) unidades em 2016 às 38 (trinta e oito) unidades em 2021.

Os dados originários dos sistemas CONTALUZ WEB (faturas) e Elipse (medição elétrica) possibilitam a elaboração de informes contendo as informações de consumo de energia, a partir das equações 04 e 05, e os indicadores de eficiência energética calculados para cada uma das unidades internas a CUASO.

O informe apresenta os respectivos indicadores:

- ✓ Índice unitário do custo da energia elétrica na CUASO;

$$CUE = \frac{\text{Valor total da fatura de energia da CUASO (R\$)}}{\text{Energia ativa total da CUASO (kWh)}} \quad (4)$$

- ✓ Consumo mensal de energia elétrica das unidades;

- ✓ Custo total da energia consumida pelas unidades;

$$CE_{\text{unidade}} = \text{Energia média mensal da unidade (kWh)} \times CUE \quad (5)$$

- ✓ Contribuição individual ao consumo do campus (PTC);

- ✓ Área construída das unidades;

- ✓ Consumo de energia em função da área construída (CMM); e,

- ✓ Demanda de potência em função da área construída (DMM).

Estas informações são apresentadas nos informe de consumo de energia das unidades, mensalmente, disponibilizadas no site institucional para consulta das unidades, para avaliação do seu consumo, e da sociedade, para avaliação do uso de recursos por agentes públicos. Conforme informe apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Indicadores das unidades da CUASO em março/2021.

LOCALIDADE: CAMPUS USP DA CAPITAL - CUASO		ANO: 2021		Mês de Referência:					Mês:		
		MARÇO		Consumo (kWh)		Valor Total (R\$)	RS / kWh (retirado da fatura de energia)	Contribuição no Consumo Total do Campus	Área Construída (m <sup>2</sup> )	kWh/m <sup>2</sup>	W / m <sup>2</sup>
CUASO	ETD	Todo o Campus	4.686.166	2.384.001,44	0,46811	100,00%	857659,83	5,60	10,75		
	Bleino	Bleino, Produção, Varejo e Circuito	14.679	7.311,62	0,46811	0,31%	13660,54	1,66	6,62	104	104
	Civil	Todo(s)	59.520	29.647,53	0,46811	1,24%	31522,97	1,89	5,39	104	104
	Mecânica / Naval	Todo(s)	43.814	21.624,29	0,46811	0,87%	36408,95	1,24	4,69	103	103
	Minas / Metalurgia	Todo(s)	47.395	23.603,14	0,46811	0,99%	20757,68	2,26	7,03	103	103
	Elétrica	Todo(s)	103.639	51.623,77	0,46811	2,16%	40181,87	2,98	8,71	104	104
	Bloco 13 e 18	Paralelepípedos de Química, Bloco 18 e Bloco 13 e 17	83.499	41.591,76	0,46811	1,74%	12669,98	6,99	17,46	106	106
	IO	Todo(s)	83.239	41.462,06	0,46811	1,73%	17703,73	4,70	10,52	106	106
	RUBP	Todo(s)	190.941	95.109,61	0,46811	3,97%	19833,41	6,63	19,02	104	104
	FFLCH	Administração (RT)	10.741	5.350,20	0,46811	0,22%	5182,43	2,87	6,42	106	106
	EEFE	Todo(s)	49.663	24.637,22	0,46811	1,04%	19137,69	2,81	5,85	103	103
	IO	Bloco Zero(Química Física) e Biótipo	189.720	94.501,51	0,46811	3,95%	3979,06	48,96	87,22	106	106
	IF	Principal									
	FEA	FEA	71.335	36.532,97	0,46811	1,49%	50508,98	1,37	2,95	106	106
	JAG	JAG	47.691	23.055,15	0,46811	1,00%	36232,28	1,39	7,23	103	103
	IEE	Energia	79.251	39.475,69	0,46811	1,65%	18862,43	4,37	7,62	106	106
	Alvado	Metrologia e Energia	12.931	6.440,93	0,46811	0,27%	3173,98	4,07	20,45	105	105
	Administração Central	Monitorado e Reservado	13.437	6.602,03	0,46811	0,29%	1903,42	7,06	31,94	106	106
	Órgão Central	Todo(s)	16.368	8.153,07	0,46811	0,34%	19500,00	1,66	1,94	104	104
	RUBP	Barbosa	47.691	23.755,29	0,46811	0,99%	15637,16	3,07	14,03	104	104
	HU	HU	369.203	178.622,87	0,46811	7,47%	59509,77	8,42	12,02	106	106
	ICB	ICB I	137.707	68.593,26	0,46811	2,87%	18530,96	7,43	17,01	105	105
	IEE	Tro Patrões	15.171	7.566,83	0,46811	0,32%	8625,91	2,20	23,49	106	106
	FFLCH	Casa da Cultura Japonesa	1.667	639,13	0,46811	0,03%	1604,00	0,86	9,39	104	104

Fonte: USP (2021)<sup>7</sup>.<sup>7</sup> USP. Informe mensal de consumo de energia elétrica. Disponível em: <<https://puspc.usp.br/consumo-de-energia-unidades/>>. Acessado em: 02/05/2021.

## 5.5. Gerenciamento das cabines primárias do IEE:

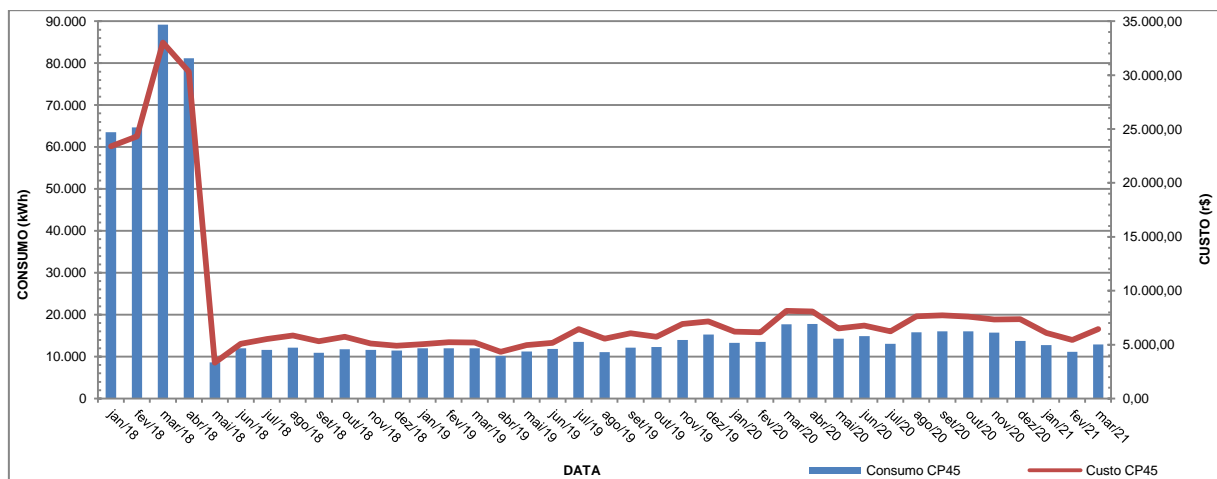
A partir dos dados constantes nos informes de consumo e energia, disponibilizados pela PUERHE, as unidades internas à CUASO podem verificar os seus indicadores de eficiência energética e realizar o acompanhamento do consumo de energia elétrica de suas instalações e estabelecerem comparações às demais instalações e à CUASO. Dessa forma, podem avaliar futuras estratégias visando ações de melhorias e eficiência energética tais como a adequação de suas instalações a novos parâmetros de consumo, demanda e qualidade. Entretanto, deve-se destacar que todas as análises realizadas pelos sistemas institucionais estabelecidos são em função da medição das grandezas de potência (kW) e energia ativas (kWh) e não apresentando as grandezas associadas a potências (kVAh) e energias reativas (kVAhr).

### 5.5.1. Gerenciamento das cabines primárias do IEE:

No caso das cabines do IEE, objeto deste trabalho, foi realizado o levantamento, a partir janeiro de 2018 até março de 2021, das informações constantes nos informes de consumo de energia.

O Gráfico 2 apresenta o histórico da cabine ENERGIA – CP45.

Gráfico 2 – Histórico da cabine ENERGIA – CP45.

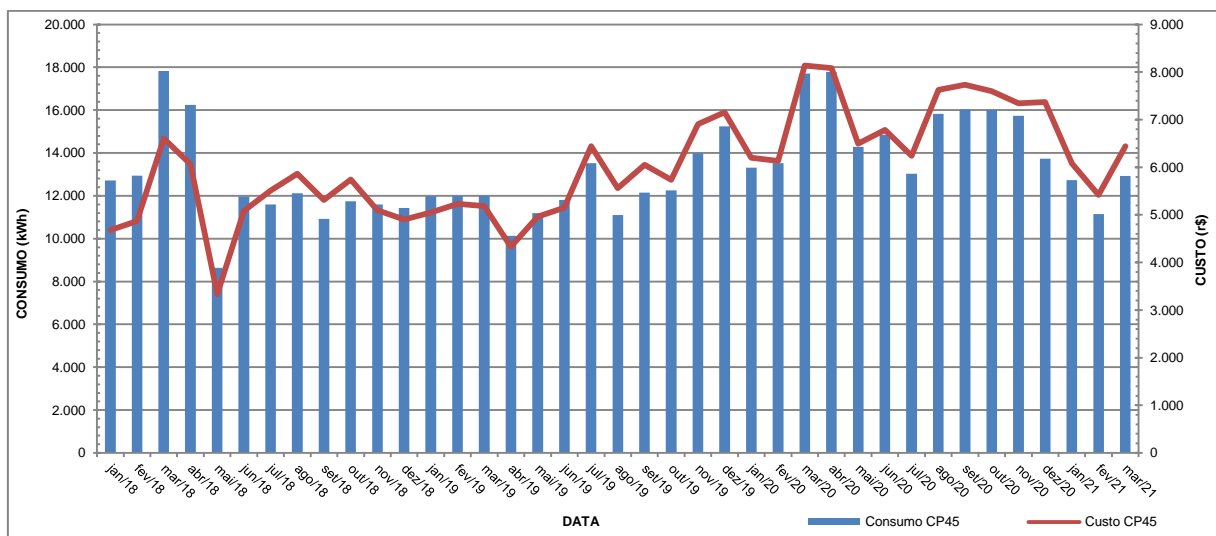


Fonte: Elaborado pelo autor.

O histórico de consumo desta cabine apresenta a ocorrência de uma queda acentuada em abril/2018, sem identificação causal, e por isto, foi realizada consulta à PUSP-C de ocorrências registradas neste período. Onde se informou do registro de problemas na configuração da relação dos transformadores de corrente no medidor de energia utilizado. Pois, não foram realizadas as correções dos informes apresentados anteriormente.

Desta forma, foi realizada a correção dos dados históricos para apresentar o efetivo consumo desta cabine pelo Gráfico 3.

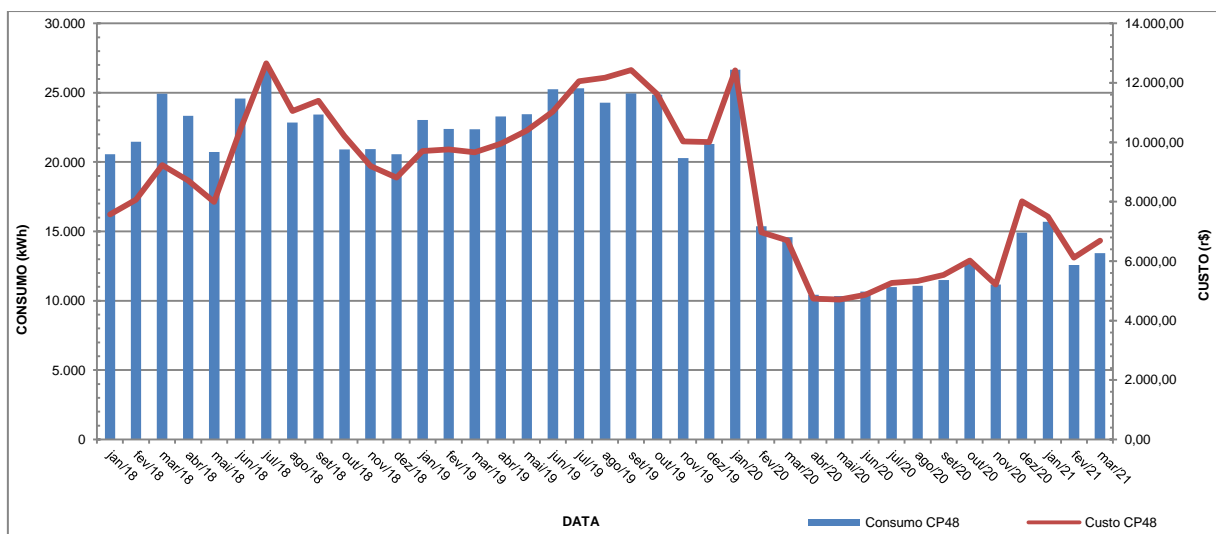
Gráfico 3 – Histórico corrigido da cabine ENERGIA – CP45.



Fonte: Elaborado pelo autor.

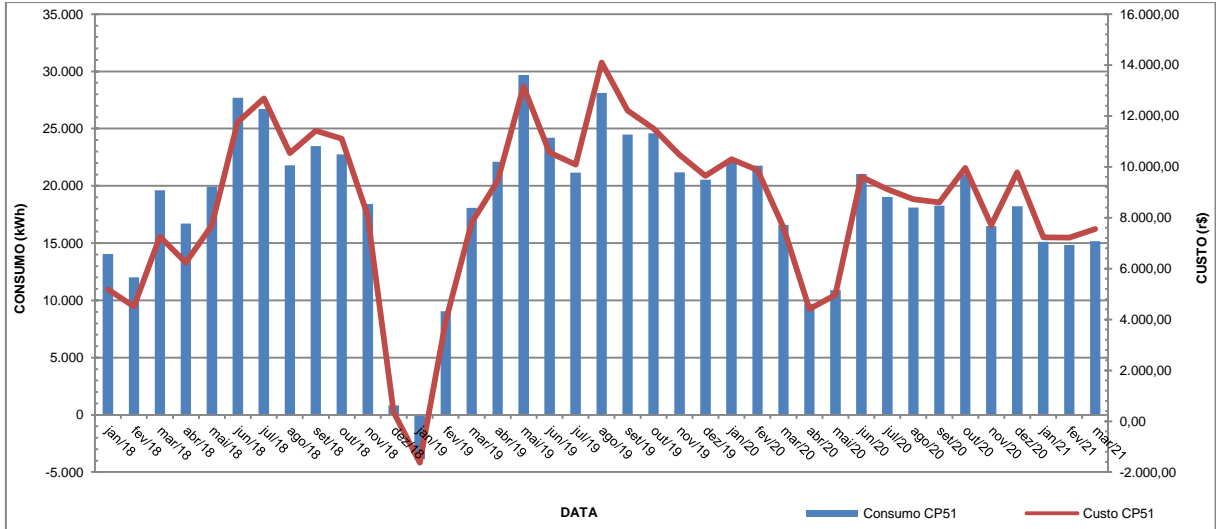
Em continuidade, foi o levantamento histórico das cabines AFERIÇÃO – CP48 e TIO PATINHAS – CP51, conforme os Gráfico 4 e Gráfico 5 respectivamente.

Gráfico 4 - Histórico da cabine AFERIÇÃO – CP48.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 5 – Histórico da cabine TIO PATINHAS – CP51.

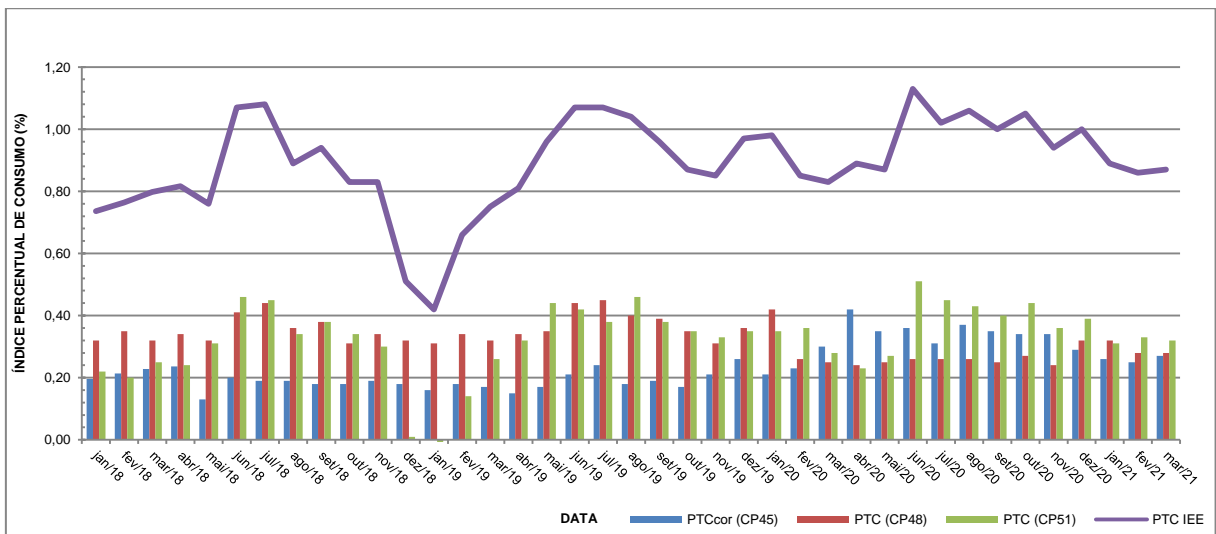


Fonte: Elaborado pelo autor.

Após avaliação do histórico de consumo da cabine TIO PATINHAS – CP51 foi realizado consulta à PUSP-C dos dados de dezembro/2019 e janeiro/2019. Em que, se informou da ocorrência da substituição do medidor de energia utilizado devido a problemas de funcionalidades. Sem que ocorresse a correção do banco de dados de medição. Deve-se destacar que as medições realizadas são restritas as energias ativas e reativas positivas. E por isto, neste sistema, não poderia ocorrer o registro de fornecimento de energia.

O Gráfico 6 apresenta o histórico do percentual de consumo total do IEE, considerando a reunião de todas as suas cabines primárias, em relação ao consumo total da CUASO.

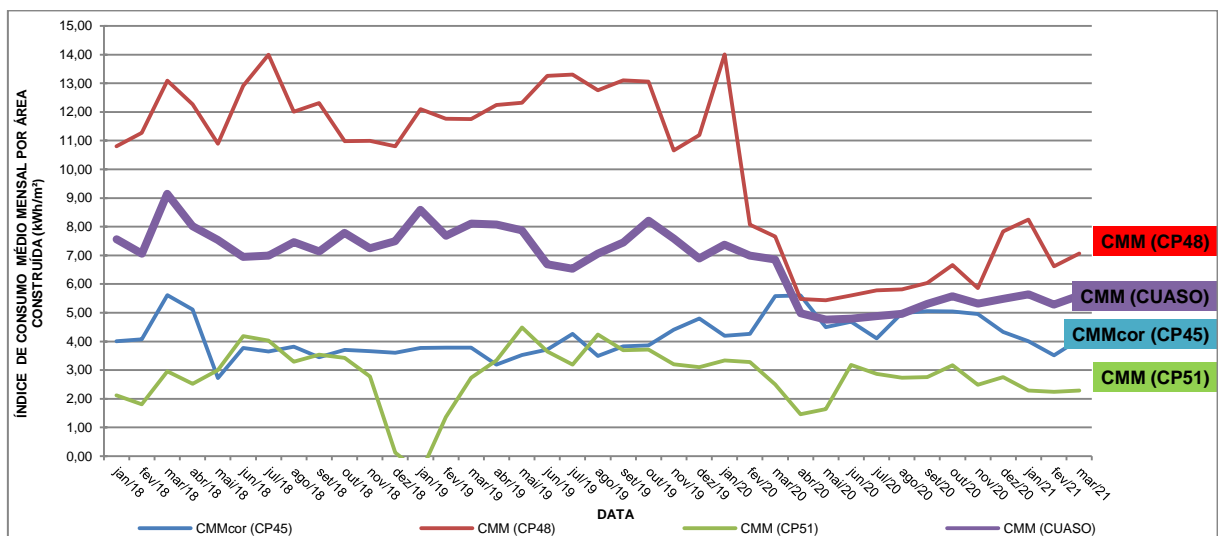
Gráfico 6 – Histórico dos índices percentual de consumo (PTC) do IEE.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 7 apresenta, individualmente, o histórico dos indicadores de consumo de energia por área construída das cabines do IEE e da CUASO. Pode-se verificar que as cabines ENERGIA – CP45 e TIO PATINHAS – CP51, historicamente, são inferiores a da CUASO e a cabine AFERIÇÃO – CP48, historicamente, é superior as demais cabines do IEE e da CUASO. Entretanto, a esta cabine, cabe ressaltar que a queda verificada no primeiro trimestre de 2021 é resultante da ausência de pessoal pela adoção do trabalho remoto pela USP.

Gráfico 7 - Histórico dos índices de consumo por área construída (CMM) do IEE.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.5.2. Análise do histórico de indicadores do IEE:

A análise dos dados históricos das cabines do IEE requereu a compreensão, mesmo que superficial, do fluxo de usuários na unidade, em função da pandemia de SARS-CoV-2 (COVID-19) a Universidade de São Paulo em 23 de março de 2020 suspendeu todas as atividades universitárias não relacionadas à área da saúde nas dependências de suas instalações. Ação que resultou na diminuição drástica do número de usuários, internos ou externos, circulando os espaços universitários.

Entretanto, cabe ressaltar que as atividades laboratoriais exercidas pelo IEE seguiram parcialmente, com rotina de revezamento dos colaboradores, em função de serem consideradas atividades suporte ao setor elétrico, principalmente aqueles dispositivos e equipamentos utilizados pelas concessionárias de energia.

A partir dos dados históricos das cabines monitoradas do IEE foram verificados os seguintes pontos:

1. As cabines ENERGIA – CP45 e TIO PATINHAS – CP51 mantiveram o seu perfil de consumo energia elétrica equivalente ao histórico. Ocorrendo leve queda nos meses de março e abril de 2020 devido a suspensão das atividades universitárias. Representado nos gráficos do histórico dos indicadores PTC e CMM.
2. A cabine AFERIÇÃO – CP48 apresentou queda acentuada no consumo de energia, a partir de março de 2020, em função da suspensão das atividades universitárias, representado nos gráficos do histórico dos indicadores PTC e CMM.
3. O índice de consumo percentual do IEE se manteve na média histórica de 0,89% e flutuação de 0,15% em função da continuidade das atividades e execução de obras nas instalações.
4. Não é possível verificar a contribuição dada pelas fontes de geração distribuídas, centrais fotovoltaicas, instaladas na unidade, pois o sistema de monitoramento Elipse não realiza o monitoramento da energia fornecida pela unidade à rede de distribuição subterrânea da CUASO.

As ferramentas da Universidade disponíveis às unidades permitem a consulta e estudo da sua demanda e consumo de energia ativa. Possibilitando análise de tendências de alta ou queda e sua correlação aos indicadores da CUASO.

Atualmente não é possível determinar a efetiva demanda de sua unidade à rede elétrica por não apresentar nos informes demais informações sobre as componentes reativas das potências e energias, fator de potência, valores das tensões e correntes medidos nos circuitos alimentadores e da energia fornecida por fontes distribuídas instaladas<sup>8</sup>.

Entretanto, é reconhecível o interesse institucional pela participação de unidades como PUSP-C e SEF, assim como seus colaboradores, na implantação de programas como PUERHE, CONTALUZ WEB e Sistema supervisor de

---

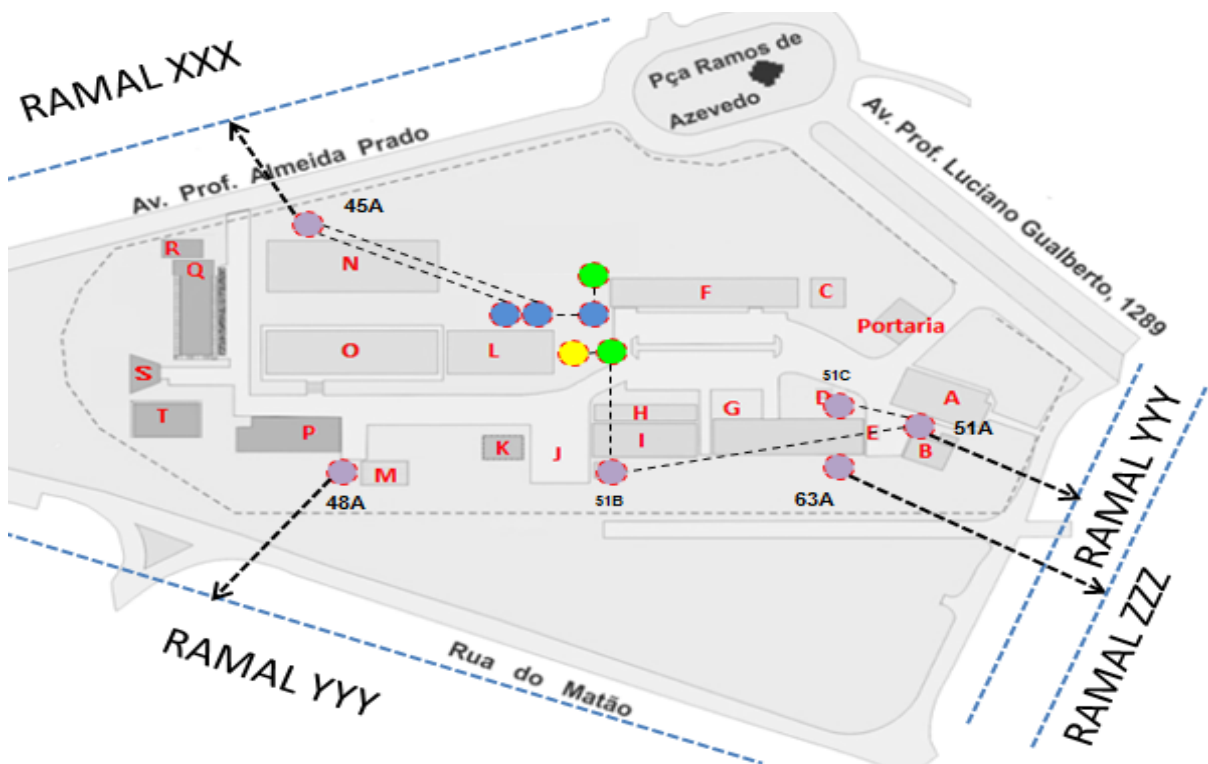
<sup>8</sup> O falta de registro das condições de fornecimento de energia aos circuitos alimentadores, por unidades que tenham fontes geradoras instaladas, em função da utilização, para este levantamento, dos dados medidos pelos relés integrantes dos sistemas de proteção nas cabines primárias, pois realizam a medição da energia limitada aos 1° e 4° quadrantes (consumo) e não dos 2° e 3° quadrantes (geração).

monitoramento on-line. Que ao longo do tempo, poderão receber melhorias sistêmicas para o auxílio as demais unidades em suas atividades institucionais.

### 5.6. Instalações Elétricas Alimentadoras – Cabines primárias do IEE:

O IEE está conectado a 03 (três) destes circuitos alimentadores subterrâneos por meio de 04 (quatro) cabines primárias principais, identificadas como 45, 48, 51 e 63, que são responsáveis pela proteção, manobra e medição de energia dos circuitos primários no fornecimento de energia às instalações internas. Conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Circuitos alimentadores IEE.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Entretanto, somente 02 (duas) destas derivam circuitos em média tensão para cabines primárias secundárias, identificadas acompanhadas por letras, ou transformadores localizados no interior do terreno do IEE. A estas cabines estão associados, atualmente, 04 (quatro) sistemas de geração distribuída, sendo: 03 (três) sistemas de geração fotovoltaica e 01 (um) sistema de acumulação por

baterias. Em 2020 foi iniciada a construção de 01 (um) sistema de geração moto gerador a biogás com previsão de início operacional em 2022.

A partir do levantamento dos circuitos que operam em média tensão, primários e secundários, foi possível determinar os locais que realizam o monitoramento do consumo e fornecimento de energia elétrica pelo IEE, enquanto unidade consumidora individual, a partir da reunião dos monitoramentos realizados, individualmente, nas 03 (três) cabines primárias n° 45, 48 e 51. A Tabela 7 apresenta as demandas individualizada e determinada a cada cabine primária pela PUSP-C.

Tabela 7 – Cabines primárias da unidade consumidora.

<b>Pontos Medição e Proteção</b>	<b>ID da Cabine</b>	<b>Identificado</b>	<b>Circuitos alimentados ou conectados</b>	<b>Demanda<sup>9</sup> PUSP-C (kVA)</b>	<b>Circuitos Média Tensão</b>
1	45A	Energia	Prédios C, F, L, O, N, GD <sub>01</sub> e GD <sub>02</sub>	150	XXX
2	48A	Fazendinha	Prédios J, K, M, P, T, S, Q e R	180	YYY
3	51A	Alta Tensão	Prédios A, B, D, E, G, H, I, GD <sub>03</sub> e GD <sub>04</sub>	200	YYY
4	63A <sup>10</sup>	LAC	Ensaio de Curto-Circuito	50	ZZZ

Fonte: Elaborado pelo autor.

<sup>9</sup> A demanda identificada de uma cabine primária é o valor definida pela PUSP-C no gerenciamento das cargas conectadas a um determinado ramal da rede de distribuição subterrâneo. Não podendo ser diretamente identificado como um percentual da demanda contratada da Universidade.

<sup>10</sup> No momento a cabine primária blindada responsável por alimentar, exclusivamente, o circuito de ensaio do Serviço Técnico de altas potências para a realização de ensaios de curto-circuito, identificada como 63A, não dispõe de um sistema de medição ou monitoramento das grandezas elétricas. Não sendo possível a projeção de sua participação no consumo do IEE e não sendo utilizado neste trabalho.

### 5.7. Os pontos de geração distribuída existentes no IEE:

O IEE dispõe em sua estrutura de sistemas de geração distribuída conectados à rede diferenciados, resultado da participação de seus colaboradores a projetos de P&D associados as concessionárias de energia elétrica, conforme identificado a seguir, sendo:

- A. Projeto PD-0068-0029/2011 (P&D ANEEL) intitulado “Arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira” (ALMEIDA, 2019) [1] destinado à instalação, operação e monitoramento de 01 (uma) sistema de geração distribuída de 0,540 MWp composto por 04 (quatro) subsistema geradores distintos em equipamentos utilizados, localização diversa e topologias utilizadas (IEE, 2021), sendo:
- ✓ 01 (um) sistema fotovoltaico adaptado a edifício, tipo BAPV (*building-applied photovoltaics*), com compensação de reativos de 78 kWp instalado na cobertura do edifício da administração e será identificado como CRPV ou GD01;
  - ✓ 01 (uma) central fotovoltaica de 156 kWp instalado no gramado atrás do prédio da administração e será identificado como sistema CTPV ou GD02;
  - ✓ 01 (um) sistema integrado a edifício, tipo BIPV (*building-integrated photovoltaics*), de 150 kWp instalado em sistema de cobertura de vagas de estacionamento e será identificado como GD03; e,
  - ✓ 01 (um) sistema fotovoltaico adaptado a edifício, tipo BAPV (*building-applied photovoltaics*), de 156 kWp instalado na cobertura do edifício da Biblioteca Brasileira Guita e José Mindlin da Universidade de São Paulo. Este não será objeto de análise neste trabalho porque não está contido nos circuitos de medição do IEE.

O monitoramento deste sistema é realizado por um sistema supervisor do tipo SCADA com a aquisição dos dados de medição das grandezas elétricas CA e CC nos circuitos dos inversores e CA nos acoplamentos destes aos circuitos em média tensão. As condições ambientais como temperatura ambiente e irradiância também são aquisitadas pelo supervisor em intervalos de 1 (um) minuto. Trabalho de ALMEIDA; ZILLES, RIBEIRO, DEORIO (2016) [2] apresenta os resultados da

participação deste sistema de geração de energia, ao longo do projeto, às redes de distribuição da CUASO e sua participação ao consumo total e sua projeção na monetização da redução do consumo mensal verificado e faturado pela concessionária. Conforme a Tabela 8 e a Tabela 9.

Tabela 8 – Histórico de produção mensal e anual (MWh).

<b>Período</b>	<b>BIPV</b>	<b>BAPV</b>	<b>CTPV</b>	<b>CRPV</b>	<b>TOTAL</b>
Maio/2015	12,21	12,45	12,86	5,41	42,92
Junho/2015	12,46	12,69	13,56	6,50	45,22
Julho/2015	11,45	11,92	11,94	5,76	41,06
Agosto/2015	17,37	17,11	17,73	9,24	61,44
Setembro/2015	13,69	13,40	14,99	7,33	49,42
Outubro/2015	16,45	16,36	16,58	7,57	56,95
Novembro/2015	13,40	13,58	13,36	6,37	46,70
Dezembro/2015	16,07	16,49	16,02	7,75	56,34
Janeiro/2016	16,01	17,04	16,00	7,76	56,80
Fevereiro/2016	15,74	17,00	15,84	7,51	56,09
Março/2016	15,97	16,75	17,44	8,06	58,22
Abril/2016	16,64	17,74	13,58	8,68	56,64
<b>ANO</b>	<b>177,47</b>	<b>182,51</b>	<b>179,90</b>	<b>87,93</b>	<b>627,80</b>

Fonte: Almeida, *et al* (2016).

Tabela 9 – Contribuição destas GD's à CUASO.

<b>Período</b>	<b>Participação no consumo (%)</b>	<b>Economia (R\$)</b>
Maio/2015	0,63	14.209,10
Junho/2015	0,70	14.918,72
Julho/2015	0,65	15.284,73
Agosto/2015	0,88	22.796,53
Setembro/2015	0,70	18.377,12
Outubro/2015	0,76	21.265,26
Novembro/2015	0,64	17.348,52
Dezembro/2015	0,81	20.936,21
Janeiro/2016	0,85	20.882,68
Fevereiro/2016	0,77	19.724,92
Março/2016	0,73	19.673,64
Abril/2016	0,73	18.104,17
<b>ANO</b>	<b>0,74</b>	<b>223.521,60</b>

Fonte: Almeida, *et al* (2016).

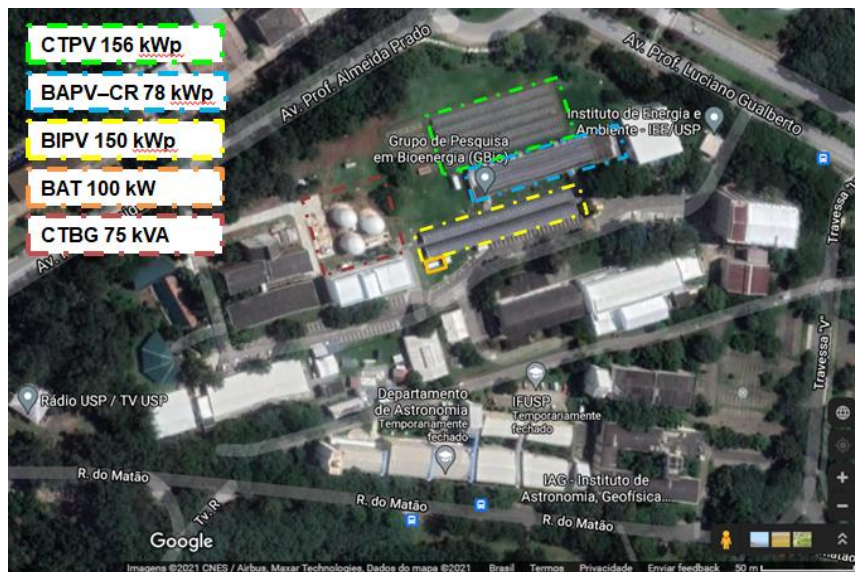
B. Projeto PD-0068-0038/2016 (P&D ANEEL) intitulado “FORNECIMENTO DE SERVIÇOS ANCILARES COM SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA EM SISTEMAS ELÉTRICOS COM ELEVADA PENETRAÇÃO DE GERAÇÃO INTERMITENTE” [1] para a instalação, operação e monitoramento de 01 (uma) sistema de armazenamento de energia por

baterias de lítio-íon com capacidade nominal de 200 kW e 100 kWh úteis e será identificado como GD04 (IEE, 2021).

- C. Projeto PD-00390-1086/2018 (P&D ANEEL) intitulado “Avaliação integrada de geração distribuída, gerenciamento da demanda, monitoramento, qualidade e desempenho da rede, visando otimização de investimentos e regulação tarifária em rede subterrânea”, como uma de suas atividades, a instalação, operação e monitoramento de 01 (uma) Usina Experimental de Microgeração Elétrica a partir de Biogás com potência nominal de 75 kVA e será identificado como GD05 (IEE, 2021).

A Figura 14 a localização territorial das fontes, acima apresentadas, no IEE sem identificar a localização das cabines primárias. Os circuitos em que estão conectadas estas GD's são apresentados na Figura 13.

Figura 14 – Posicionamento das fontes GDs no IEE.



Fonte: Google (2021).

Em função da quantidade de fontes geradoras, do número de grandezas elétricas e ambientais medidas e da ausência de histórico definitivo da ocorrência de manobras dos circuitos de média tensão. Não foi realizado o levantamento do histórico da energia produzida por estas fontes. Desta forma, será realizada a estimativa recente de geração de energia elétrica a partir dos dados constantes no relatório de produção de 2016 submetido a uma degradação operacional dos sistemas na conversão de energia. Com isso, a estimativa do consumo de energia interno total será realizada pelo acréscimo da diferença verificada entre a energia gerada estimada para 2021 e a energia excedente fornecida medida em 2021.

### 5.8. Distribuição de energia no IEE (Transformadores):

Foi realizado o levantamento de todos os transformadores de potência instalados nas dependências do IEE em que foram identificadas 06 (seis) cabines primárias existentes, conforme Figura 13: 04 (quatro) principais, identificadas como 45A, 48A, 51A e 63A, 02 (duas) cabines secundárias e demais transformadores encapsulados, expostos ao tempo, responsáveis pelo fornecimento da energia elétrica em baixa tensão aos prédios administrativos, laboratórios e demais dependências do IEE.

A Tabela 10 apresenta o número efetivo de transformadores instalados e sua localização individualizada para o levantamento da potência nominal associada aos circuitos alimentadores internos.

Tabela 10 – Transformadores de potência instalados na unidade.

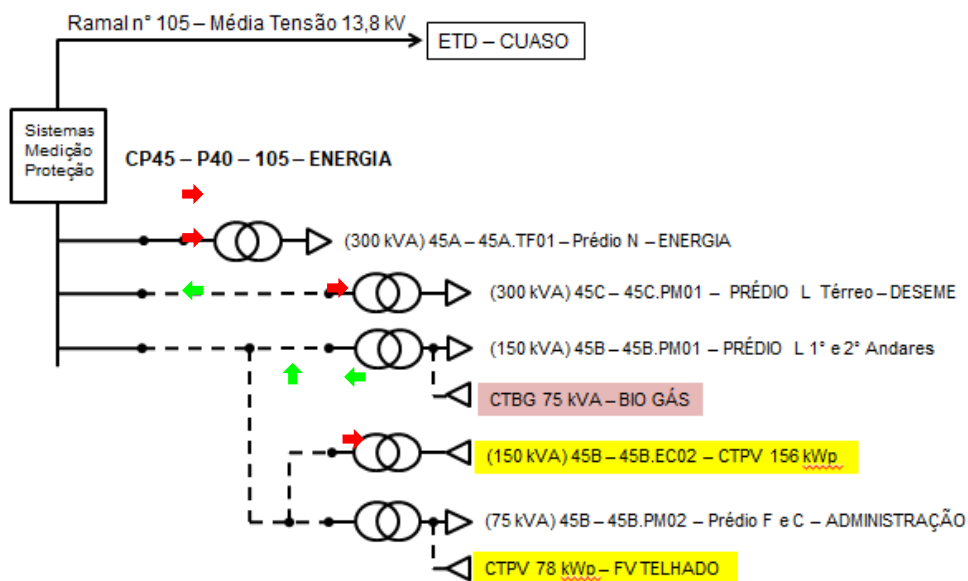
<b>Cabine Primária</b>	<b>ID da Cabine Primária</b>	<b>Circuitos Dependentes</b>	<b>Cargas alimentadas</b>	<b>Potência Nominal (kVA)</b>	<b>Potência Total (kVA)</b>
1	Energia 45	45A.TF01	Prédio N	1 x 300	975
		45B.PM01	Prédio L – 1º, 2º Pav. e GD05 - CTBG	1 x 150	
		45C.PM01	Prédio L - Térreo	1 x 300	
		45B.PM02	Prédios C, F e GD01 - CTPV	1 x 75	
		45B.EC02	GD02 – CTPV Gramado	1 x 150	
2	Fazendinha 48	48A.TF01	Prédios P, Q, R, S e T	1 x 200	800
		48A.TF02	Prédios J, K e O	1 x 300	
		48A.TF03	Prédios J, K, M, P, T, S, Q e R Ensaio no PRODES	1 x 300	
3	Alta Tensão 51	51A.TF01	Prédio B – SVTRIM	1 x 150	2.862,5
		51A.TF02	Ensaio no SVALTENDA (Cascata) – Exclusivo	1 x 375	
		51A.TF03	Prédios A e B	1 x 300	
		51A.04	VAZIO	---	
		51A.05	Alimentação CP51B	1.625	
4	Máquinas 51B	51B.TF01	Ensaio no CTAE (MOTORES) – Exclusivo	1 x 500	(1.625) 51A.05
		51B.TF02	Prédios H e I	1 x 750	
		51D.EC03	GD03 – BIPV Estacionamento	1 x 150	
		51E.EC04	GD04 – BAT 200kW/100kWh	1 x 225	
5	L.A.C 51C	51C.TF01	Prédios D, E e G	1 x 300	(412,5) 51A.06
		51C.TF02	Eletroposto carro elétrico	1 x 112,5	
6	LAC 63A	63A.CC01	Ensaio (Curto-Circuito)	Não Consta	----

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 15, a Figura 16 e a Figura 17 apresentam os diagramas dos circuitos alimentadores internos, em média tensão, identificando os transformadores de potência conectados em cada cabine primária. A partir disto, foi possível identificar os transformadores responsáveis ao fornecimento de energia às instalações elétricas dos laboratórios ou escritórios e, também, daqueles destinados ao acoplamento das fontes de geração instaladas.

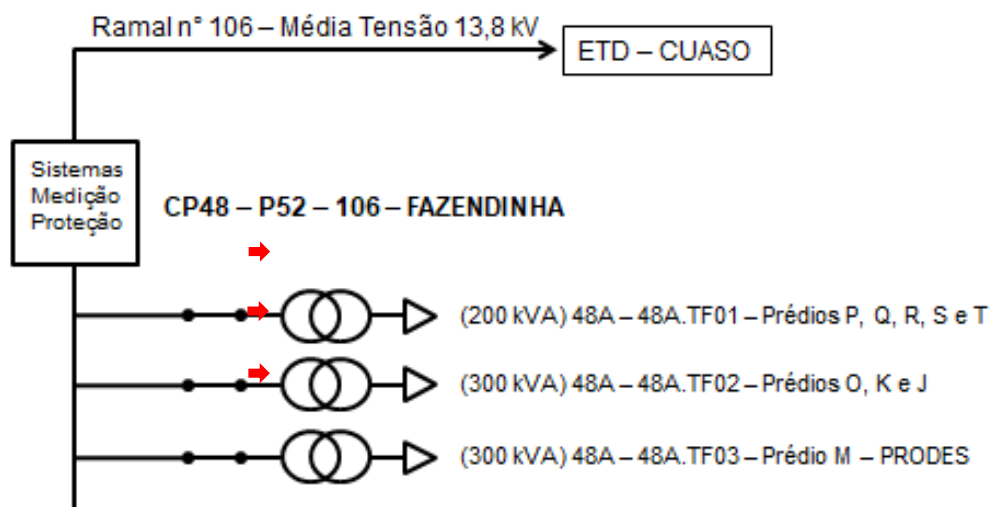
O fluxo da energia nos circuitos foi identificado por meio de setas vermelhas (consumo de energia) e setas verdes (fornecimento de energia).

Figura 15 – Diagrama do circuito de MT da cabine CP45.



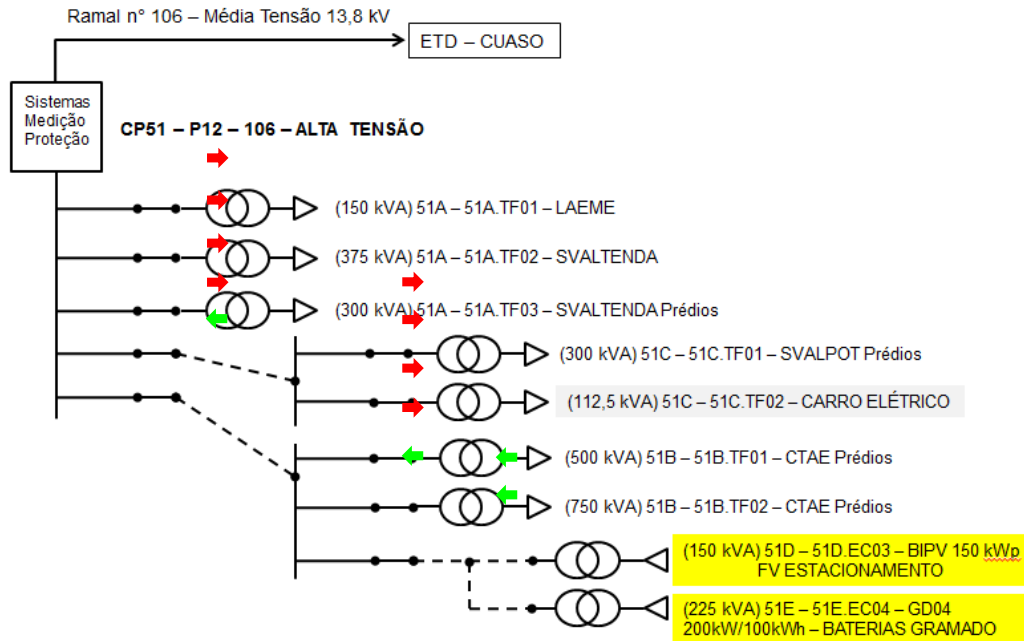
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16 – Diagrama do circuito de MT da cabine CP48.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17 – Diagrama do circuito de MT da cabine CP51.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.9. Consolidação do consumo e geração do IEE:

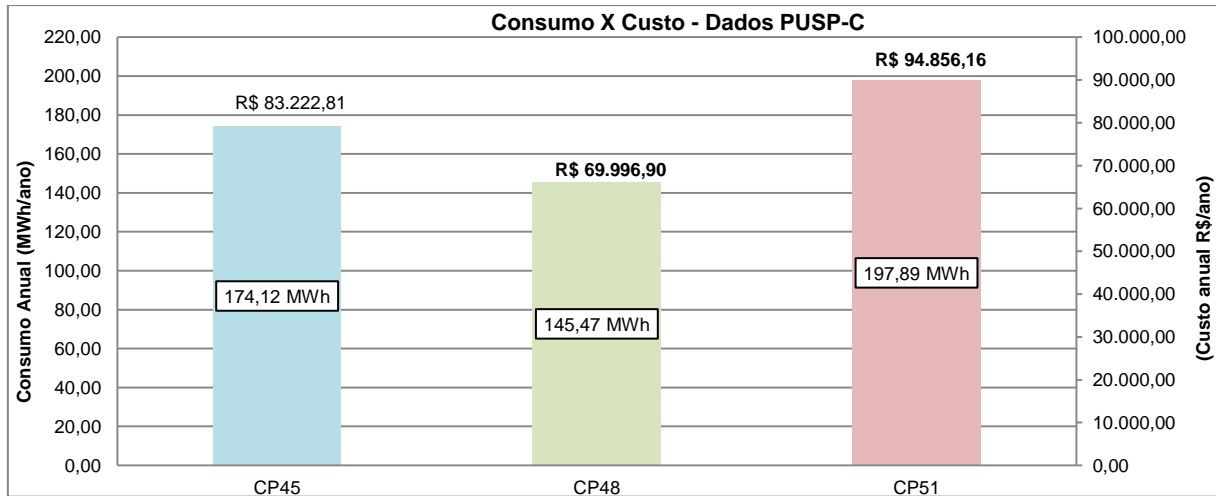
A partir dos dados históricos dos informes de consumo de energia da USP foi possível calcular o consumo anual de energia elétrica, o custo anual, o custo unitário e a participação total de consumo das cabines do IEE e da USP no período entre abril/2020 e março /2021, conforme apresentado na Tabela 11 e no Gráfico 8.

Tabela 11 – Consumo e custo anual das cabines do IEE conforme PUSP-C.

CABINE	Consumo Anual (MWh/ano)	Custo Individual (R\$/ano)	Custo Total (R\$/ano)	Custo Unitário Médio (R\$/MWh)	Contribuição Percentual (%)
CP45	174,12	83.222,81	248.075,87	477,96	0,32
CP48	145,47	69.996,90		481,18	0,27
CP51	197,89	94.856,16		479,34	0,37
CUASO	53.680,12	25.755.479,50	25.755.479,50	479,80	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 8 – Dados de consumo e custo anuais em março/2021 (PUSP-C).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Não foi possível, para este trabalho, realizar o levantamento histórico da produção de energia das fontes geradoras fotovoltaicas do IEE.

Desta forma, serão estimadas as potências instaladas e as produções de geração anual destas fontes para março/2021 a partir dos dados verificados em 2016 (ALMEIDA, *et al*, 2016.) [2].

A potência nominal estimada para cada fonte geradora em março/2021 considerando a depreciação ( $D_{FV}$ ) de 0,5%/ano foi realizada a partir da equação 06.

$$P_{Nominal_{2021}} = P_{Nominal_{2016}} \times (1 - D_{FV})^{Anos} \quad (6)$$

Considerando que o fator de capacidade ( $FC_{GD}$ ) de uma fonte geradora fotovoltaica não sofre depreciação significativa ao longo dos anos. A produção de energia anual de cada fonte geradora em março/2021, conforme equação 07.

$$F_C = \frac{E_{Anual}}{P_{Nominal} \times 8760h} \therefore E_{Anual} = F_{C_{GD}} \times P_{Nominal_{2021}} \times 8760h \quad (7)$$

O faturamento associado a cada fonte geradora será a produção de energia estimada vezes o custo unitário (CUE) verificado pela cabine primária que está conectada, conforme apresentado na Tabela 12, na Tabela 13 e no Gráfico 9.

Tabela 12 – Estimativa dos parâmetros para março/2021.

LOCAL	Fonte	Potência Nominal 2016 (kWp)	$D_{FV}$ (%)	Potência Nominal 2021 (kWp)	$FC_{GD}$ (%)	Horas (h)	Energia Produzida 2021 (MWh/ano)	Energia Total (MWh/ano)
	CTPV	156,00		152,06	13,10		174,50	
IEE	CRPV	78,00	2,53	76,03	12,80	8760	85,25	432,66
	BIPV	150,00		146,21	13,50		172,91	
BB-USP	BAPV	156,00	2,53	152,06	13,30	8760	177,16	177,16

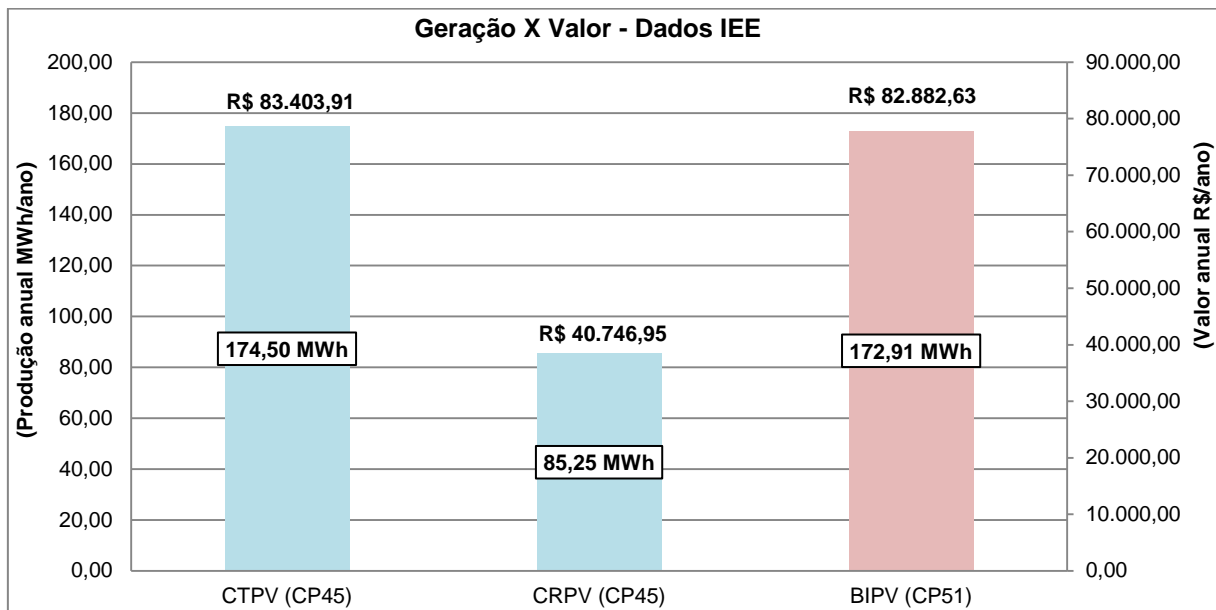
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 13 – Estimativa monetária da produção de energia.

LOCAL	FONTE	Geração Anual (MWh/ano)	CUE (R\$/MWh)	Total (R\$/ano)	Valor anual (R\$/ano)
IEE	CTPV	174,50	477,96	83.403,91	207.033,48
	CRPV	85,25	477,96	40.746,95	
	BIPV	172,91	479,34	82.882,63	
BB-SUP	BAPV	177,16	479,80	85.002,01	85.002,01

Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 9 – Dados estimas das fontes geradoras para 2021.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos dados da Tabela 13 e Tabela 14, foram realizadas as consolidações anuais, para março/2021, do fluxo de energia anual do IEE em consumo de 84,82 MWh/ano, conforme Tabela 14, e do resultado contábil líquido a pagar em R\$ 41.042,39, conforme Tabela 15.

Tabela 14 – Consolidação do consumo e geração de energia do IEE.

	CP45 (MWh/ano)	CP48 (MWh/ano)	CP51 (MWh/ano)	Total (MWh/ano)
Consumo	174,12	145,47	197,89	517,48
Geração	-259,75	-0,00	-172,91	-432,66
Resultado	-85,63	145,47	24,98	84,82

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Os valores em pretos são relativos à energia consumida e os valores em vermelho são relativos ao abatimento pela energia gerada.

Tabela 15 – Consolidação contábil do consumo de energia do IEE.

	<b>CP45</b> (R\$/ano)	<b>CP48</b> (R\$/ano)	<b>CP51</b> (R\$/ano)	<b>Total</b> (R\$/ano)
Consumo	83.222,81	69.996,90	94.856,16	248.075,87
<b>Geração</b>	<b>-124.150,86</b>	<b>-0,00</b>	<b>-82.882,63</b>	<b>-207.033,48</b>
Resultado	<b>-40.928,05</b>	69.996,90	11.973,53	41.042,39

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos dados das tabelas foi possível verificar que o IEE conseguiu, no período, gerar 83,62% do consumo da energia líquida medida pela PUSP-C e que corresponderia a uma redução nos custos orçamentários de 83,46%. Porém, não é possível quantificar, efetivamente, o quanto ele caminhou para sua autonomia energética. Outras informações devem ser avaliadas em paralelo, como:

- A. Durante este período, abril/2020 e março /2021, o IEE esteve em funcionamento parcial de atividades e com limitação máxima em 30% de seus colaboradores. Assim as atividades laboratoriais e administrativas funcionaram parcialmente e as atividades acadêmicas somente a distância. Disto, seria esperada uma redução do consumo de energia no período, que não ocorreu, e aumento no fluxo de energia fornecida pelo IEE às redes de distribuição da CUASO, que não é medido.
- B. O sistema de monitoramento on-line Elipse utilizado pela PUSP-C realiza a medição das energias nos 1° e 4° quadrantes a partir dos relés de proteção das cabines primárias, associados a transformadores de proteção. Por isto, não registram a energia fornecida por uma cabine à rede de distribuição da CUASO.
- C. O sistema de medição utilizado pelo IEE não é conectado aos utilizados pela PUSP-C e, por isto, uma análise efetiva do consumo de energia do IEE se torna muito trabalhoso. Seja pela falta de normalização da base de dados, das grandezas a serem medidas ou da base temporal utilizada.
- D. Não é possível qualquer verificar ou quantificar, a partir do informes de consumo, as energias reativas indutivas ou capacitivas e o fator de potência de uma unidade.

Destacamos a necessidade de aprimoramento nos sistemas de monitoramento de energia elétrica utilizados pelas instituições para a apresentação de maiores informações, sejam técnicas ou administrativa, e possibilitar um melhor gerenciamento de suas instalações elétricas.

## 6. MONITORAMENTO DE MEDIÇÃO DE ENERGIA DO IEE

Ao longo dos anos 2010, o IEE tomou a iniciativa de participar de programas de PEE e P&D de forma a otimizar suas instalações elétricas e da USP. E para o acompanhamento destes projetos eram necessárias mais informações que aquelas disponíveis no sistema de monitoramento on-line Elipse, que são medições limitadas ao 1° e 4° quadrantes, ou daquelas constantes nos informes de consumo que se limitam a energia ativa. Com isso, surgiu a necessidade da instalação de novos sistemas de medições para a medição de múltiplas grandezas e comunicação remota de dados para o monitoramento de suas cabines primárias.

Desta forma, foram instalados novos medidores de energia trifásicos, com medição em 04 (quatro) quadrantes, associados aos transformadores de medição (transformadores de corrente e transformadores de potencial) já existentes nestas cabines primárias. Assim, foram instalados dispositivos para comunicação de dados (modem), com chip de celular, e a contratação de serviços para a aquisição remota, com pacote de dados limite, e seu armazenamento em banco de dados e, com isso, sendo possível o acesso as suas informações por meio de uma plataforma na internet.

Informações iniciais foram requeridas, para a configuração de aquisição de dados de forma a atender as necessidades da instituição, sendo:

- ✓ Dados técnicos dos transformadores e medidor de energia;
- ✓ Definição do número de grandezas solicitadas por comunicação;
- ✓ Identificação das medições de grandezas instantâneas requisitadas;
- ✓ Identificação das medições de grandezas cumulativas requisitadas;
- ✓ Intervalo de tempo entre as chamadas de dados de medição.

Estes sistemas de medição e aquisição de dados foram instalados nas cabines primárias identificadas como CP45, CP48 e CP51.

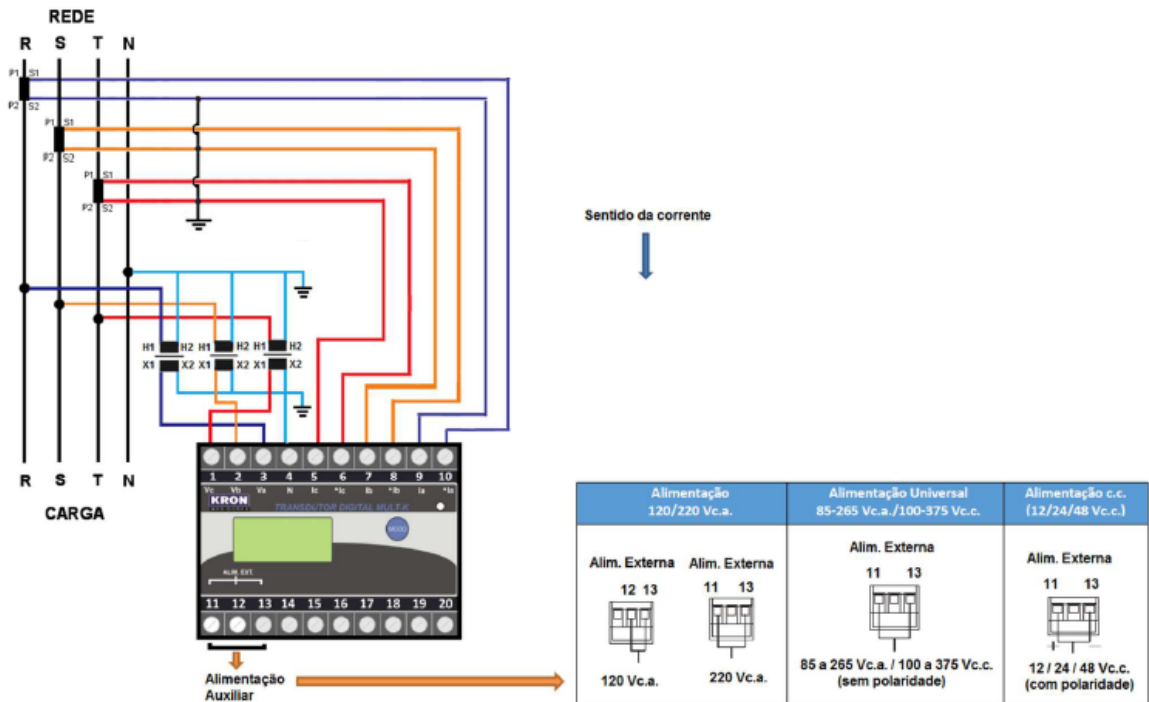
Neste momento, estes medidores não estão instalados em uma mesma rede de dados e por isto não estão sincronizados entre si. Ficando esta sincronia definida pela plataforma de aquisição de dados no ato da sua comunicação aos medidores.

**6.1. Sistemas de medição instalados:**

O monitoramento das grandezas elétricas nas cabines primárias CP45, CP48 e CP51 é realizado por meio de Sistemas de Medição formados, individualmente, por 03 (três) transformadores de corrente e 03 (três) transformadores de potencial indutivos cujos sinais secundários alimentam 01 (um) medidor de energia eletrônico (03 elementos) e topologia de medição como circuito estrela com 03 (três) elementos e ligação trifásica a 04 (quatro) fios. Conforme apresentado na Figura 18 e na Tabela 16.

Figura 18 – Topologia do sistema de medição.

Tensão por TP, Corrente por TC



Fonte: KRON MEDIDORES (2021)[24].

Tabela 16 – Composição dos sistemas de medição.

Cabine Primária	Local	Medidores utilizados	Identificação	Transformadores
CP45	Centro de medição	Marca: KRON Modelo: Mult-k 05	1001203	03 TPs – 8050/115 (V) 03 TCs – 15/5 (A)
CP48			1001088	03 TPs – 8050/115 (V) 03 TCs – 10/5 (A)
CP51			1002301	03 TPs – 8050/115 (V) 03 TCs – 70/5 (A)

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 17 apresenta algumas das grandezas elétricas escolhidas, para atual monitoramento das cabines primárias, foram definidas a partir das especificações do manual do fabricante. Onde foram escolhidas entre grandezas instantâneas e grandezas acumulativas que são disponíveis no mapa de grandezas do medidor escolhido. Conforme apresentado em maiores detalhes no ANEXO I.

Tabela 17 – Grandezas medidas pelo medidor escolhido [25].

	Grandeza	Unidade	Tipo de Medição
Instantâneas	Tensão	Vc.a.	Trifásica/Bifásica, Fase-neutro (sistema estrela/monofásico) ou Fase-fase (sistema estrela ou delta)
	Corrente	Ac.a.	Trifásica ou Bifásica / Por fase
	Potência Ativa	W	Trifásica ou Bifásica / Por fase
	Potência Reativa	VAr	Trifásica ou Bifásica / Por fase
	Potência Aparente	VA	Trifásica ou Bifásica / Por fase
	Fator de Potência	-	Trifásico ou Bifásico / Por fase
	Frequência	Hz	Fase R
	THD - Distorção Harmônica Total	%	Por fase
Acumulativas	Energia Ativa Positiva	KWh	Trifásica, bifásica ou monofásica, dependendo do circuito que está sendo medido.
	Energia Ativa Negativa	KWh	
	Energia Reativa Positiva	KVArh	
	Energia Reativa Negativa	KVArh	
	Demanda Média Ativa	KW	Trifásica, bifásica ou monofásica, dependendo do circuito que está sendo medido.
	Demanda Média Aparente	KVA	
	Demanda Máxima Ativa	KW	
	Demanda Máxima Aparente	KVA	
Máxima Tensão Trifásica	Vc.a.	Somente para <b>Mult-K 120</b>	
Máxima Corrente Trifásica	Ac.a.		
Contador de pulsos para as entradas digitais	Pulsos		

Fonte: KRON MEDIDORES.

As grandezas instantâneas escolhidas e identificadas no ANEXO I foram respectivamente: tensões de fase, correntes de fase, potências ativas por fase, fatores de potência por fase, as 03 (três) potências trifásicas e as distorções harmônicas de tensão e corrente por fase. O medidor responde a intensidade da grandeza medida naquele instante.

As grandezas acumulativas escolhidas e identificadas no ANEXO I foram respectivamente: as energias nos 04 (quatro) quadrantes que representam estados diferentes, sendo: Ativa Positiva – CONSUMO (EAP), Ativa Negativa – FORNECIMENTO (EAN), Reativa Positiva – INDUTIVO (ERP) e Reativa Negativa – CAPACITIVO (ERN). Estas grandezas são continuamente atualizadas com o acréscimo da energia medida. O medidor responde a intensidade acumulada para a grandeza naquele instante.

A aquisição remota das demais grandezas acumulativas poderão ser implementadas no futuro, pois esta ação requer modificações no algoritmo do sistema de monitoramento para atuar nas memórias dos medidores para zerar, em intervalos regulares, no início de cada mês, as informações relacionadas a valores máximos das grandezas elétricas.

## 6.2. Monitoramento e aquisição de dados:

O monitoramento dos dados de medição do IEE é realizado por meio da plataforma de aquisição de dados web da empresa Webvision. Esta plataforma é responsável pela aquisição remota dos dados de medição e pela manutenção dos bancos dos medidores em operação, conforme a Figura 19.

Figura 19 – Plataforma para aquisição dos dados.

Pos	Identificação	Descrição	Tipo	Número de série	Último contato	Serviços
1	M3C1001074	SISTEMA SOLAR ADMINISTRAÇÃO	RCX-GPRS	M3C1001074	12-05-2021 08:42:44	[Ícone]
2	M3C1001088	CP48-106-FAZENDINHA	RCX-GPRS	1001088	12-05-2021 08:40:37	[Ícone]
3	M3C1001203	CP45-105-METROLOGIA	RCX-GPRS	1002302	12-05-2021 08:39:24	[Ícone]
4	M3C1002301	CP51-106-ALTA TENSÃO -	RCX-GPRS	1002311	12-05-2021 08:40:37	[Ícone]
5	M3C25506	45B.EC02-GD02-ELETROPOSTO CTPV	RCX-GPRS	25506	20-09-2019 12:38:28	[Ícone]
6	M3C25507	51D.EC03-GD03-ELETROPOSTO BIPV	RCX-GPRS	25507	20-09-2019 12:15:11	[Ícone]
7	M3C25508	51E.EC04-GD04-BATERIAS	RCX-GPRS	25508	20-09-2019 11:56:06	[Ícone]
8	RXCMONOFASE	MONOFASE	RCX-GPRS	1001646	21-09-2019 02:39:48	[Ícone]

Fonte: IEE (2021).

Os dados das grandezas elétricas determinadas para monitoramento são atualizados continuamente, conforme intervalo programado, e apresentados ao usuário para aquisição de todo o histórico de medição, em formato CSV, ou de grandezas pontuais, conforme Figura 20.

Figura 20 – Lista parcial das grandezas monitoradas na cabine CP51.

**Leitura** Mostrar filtro

Pos	Terminais	Identificação	Descrição	Valor	Unidade	Última atualização	Serviços
1	M3C1002301	A10_PASSAPP	Potência Aparente Trifásica	108473.968	kVA	18-03-2021 15:00:00	
2	M3C1002301	A11_PASSREA	Potência Reativa Trifásica	102299.921	kVAr	18-03-2021 15:00:00	
3	M3C1002301	A12_PASS	Potência Ativa Trifásica	36073.937	kW	18-03-2021 15:00:00	
4	M3C1002301	A13_FREQ	Frequência	59.981	Hz	18-03-2021 15:00:00	
5	M3C1002301	A14_U1	Tensão de Linha - Neutro - Fase 01	7777.826	V	18-03-2021 15:00:00	
6	M3C1002301	A15_U2	Tensão de Linha - Neutro - Fase 02	7804.615	V	18-03-2021 15:00:00	
7	M3C1002301	A16_U3	Tensão de Linha - Neutro - Fase 03	7794.326	V	18-03-2021 15:00:00	
8	M3C1002301	A17_I1	Corrente de Linha - Fase 01	5.59	A	18-03-2021 15:00:00	
9	M3C1002301	A18_I2	Corrente de Linha - Fase 02	5.082	A	18-03-2021 15:00:00	
10	M3C1002301	A19_I3	Corrente de Linha - Fase 03	3.136	A	18-03-2021 15:00:00	

Fonte: IEE (2021).

Esta plataforma permite a visualização gráfica das grandezas elétricas do histórico de medição, em período definível, constante no banco de dados. Desta forma, possibilitando a visualização da dinâmica de consumo ou fornecimento de energia elétrica por uma cabine primária.

A Figura 21 apresenta o histórico da potência ativa trifásica (W), no período de 02 até 08 de dezembro de 2020, onde os valores positivos são da demanda em consumo e os valores negativos da demanda no fornecimento de energia.

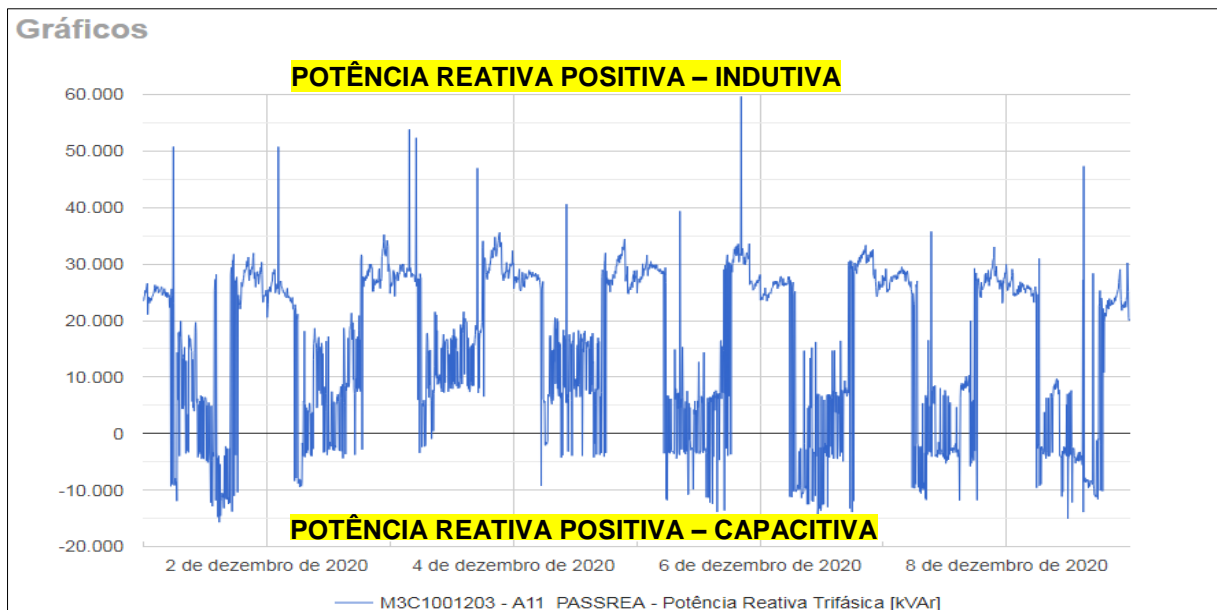
Figura 21 – Histórico da demanda de potência ativa trifásica.



Fonte: IEE (2021).

A Figura 22 apresenta o histórico da potência reativa trifásica (VA), no mesmo período, onde os valores positivos são da demanda de cargas indutivas e os valores negativos da demanda de cargas capacitivas.

Figura 22 – Histórico da potência reativa trifásica.



Fonte: IEE (2021).

Esta plataforma não permite ao usuário verificar, no momento, relatório de consolidação de dados para um determinado período. Ficando ao usuário a realização destes relatórios a partir dos dados históricos.

Ela não está dirigida ao gerenciamento das instalações da demanda (GLD) das instalações porque não foi possível, por limitações técnicas e físicas locais, a instalação de sistemas de medição em todos os ramais ou quadros que alimentam os circuitos de baixa tensão. Entretanto, o IEE vem dando passos na efetividade de tipo de monitoramento. E com isso, poder no futuro, maximizar a energia excedente à rede de distribuição da CUASO.

### 6.3. Análise dos dados de medição do IEE:

O conjunto de informações disponíveis ao IEE, pelos informes institucionais, não permitem uma análise efetiva das condições de consumo de cada instalação. Desta forma, foi realizada a análise do comportamento de consumo e fornecimento de energia elétrica do IEE a partir dos do histórico de medição disponível na plataforma virtual.

Esta análise foi realizada, individualmente, por meio da elaboração de uma planilha de cálculo para verificar um conjunto de informações nos alimentadores em média tensão, sendo:

- a) Diferenciação de todas as potências trifásicas;
- b) Apresentação das tensões de fase e tensões de linha;
- c) Análise do enquadramento da tensão aos limites do PRODIST;
- d) Apresentação das correntes de fase;
- e) Identificação do posicionamento fator de potência trifásico medido entre os 04 (quatro quadrantes) de medição;
- f) Cálculo da carga capacitiva necessária para correção do fator de potência e sua diferenciação entre o momento de consumo ou fornecimento;
- g) Identificação do dia e horo-sazonalidade;
- h) Cálculo dos fatores de demanda e carga da instalação;
- i) Apresentação em tabela da consolidação de relatório mensal;
- j) Apresentação de fatura de consumo de energia elétrica conforme regramento tarifário da fatura da CUASO e monetização do fornecimento à rede de distribuição;
- k) Apresentação gráfica do histórico mensal de todas as grandezas; e,
- l) Apresentação gráfica da demanda e energia ativa do dia de ocorrência da máxima demanda mensal.

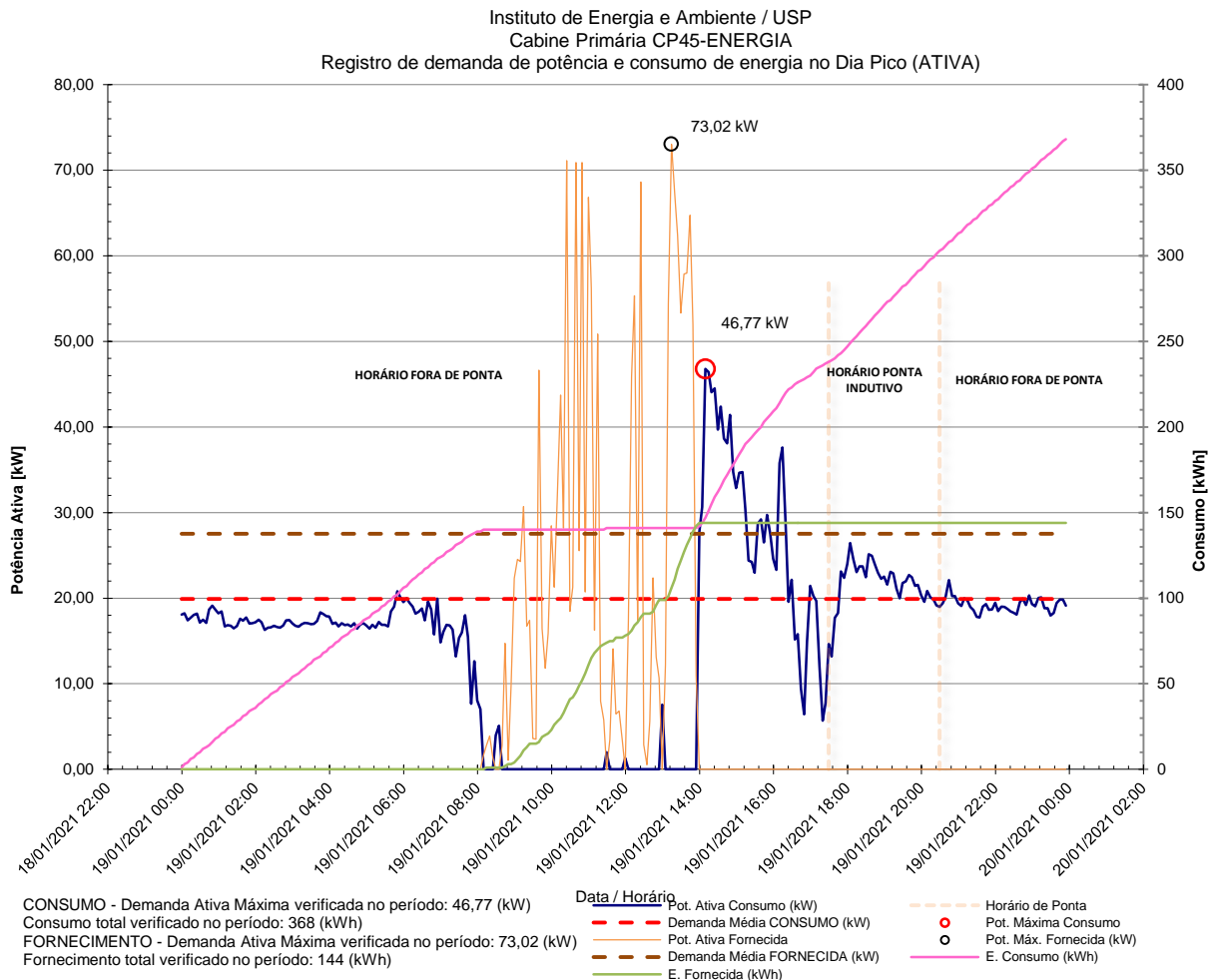
Este conjunto de informações permitirá uma melhor compreensão do uso das instalações elétricas e demais características.

### **6.3.1. Curvas de carga e fluxo de energia ativa da cabine CP45.**

A planilha de cálculo para análise possibilita a verificação das curvas de demanda de potências ativas (consumo e fornecimento) e o sentido do fluxo de energia da instalação no dia de máxima medida e permitindo o melhor entendimento do funcionamento diário da instalação. E identificar a redução do pico de consumo demandado (*peak clipping*) pela unidade da rede de distribuição

O Gráfico 10 permite visualizar a dinâmica das demandas de potência ativa medidas e do fluxo de energia ativa no dia de máximo fornecimento de energia (dia pico) da cabine CP45 à CUASO.

Gráfico 10 – Gráfico de demanda de potência e fluxo de energia na cabine CP45.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A curva de carga, apresentada no Gráfico 10, apresenta que ao longo do dia a instalação passou por 06 momentos distintos, sendo:

- 1º Momento: O intervalo entre 00:00 e 06:00 apresenta as medidas de demanda de potência e o consumo de energia da ativa;
- 2º Momento: O intervalo entre 06:00 e 08:00 apresenta o atendimento do consumo interno pelo ingresso operacional das GD's;
- 3º Momento: O intervalo entre 08:00 e 14:00 apresenta o fornecimento da energia excedente da cabine à rede de distribuição da CUASO;

4° Momento: O intervalo entre 14:00 e 16:00 apresenta o reestabelecimento do consumo interno. Fato verificável pela mudança brusca das condições climáticas “tempo nublado ou chuva” ou por desligamento das GD’s;

5° Momento: O intervalo entre 16:00 e 18:00 apresenta o aumento do consumo interno pela queda na produção das GD’s;

6° Momento: O intervalo entre 18:00 e 24:00 retorna às medidas de demanda de potência e o consumo de energia da ativa

Esta cabine ao longo de 19/01/2021 forneceu à rede de distribuição da CUASO o total de energia de 144 kWh dos 368 kWh consumidos. Esta transição no fluxo da energia é facilmente verificada no início da manhã e no fim da tarde.

A partir deste sistema de medição não é possível identificar o efetivo consumo de energia realizado pelas instalações internas ao longo do mês. Somente no período noturno.

Desta forma, ações que visam o balanço entre fornecimento e consumo de energia requererá intervenções nas instalações internas de forma a diminuir o seu consumo no período noturno.

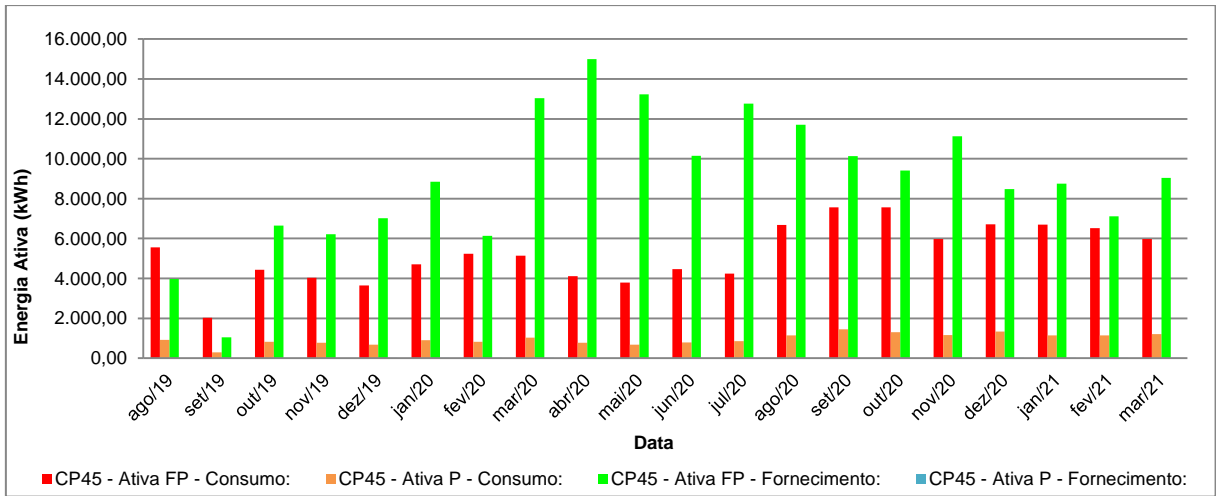
### **6.3.2. Histórico individual do fluxo de energia elétrica do IEE.**

A partir do histórico de dados de medição, disponível em sua plataforma virtual, foi realizado o levantamento histórico do consumo de energia elétrica e o fornecimento da energia excedente do IEE à rede de distribuição da CUASO. E através de uma planilha de cálculo, foram calculados para cada uma das cabines primárias os fluxos instantâneos de demanda e consumo de energia. Discriminando ainda, os valores referentes aos horários de ponta e fora ponta e a consolidação mensal das energias nos quatro quadrantes.

O período da análise realizada por este trabalho corresponde ao mês de agosto/2019, instante que iniciou a medição remota das grandezas solicitadas, até o mês de março/2021.

O Gráfico 11 corresponde aos valores mensais históricos do consumo de energia ativa e fornecimento da energia ativa excedente da cabine CP45.

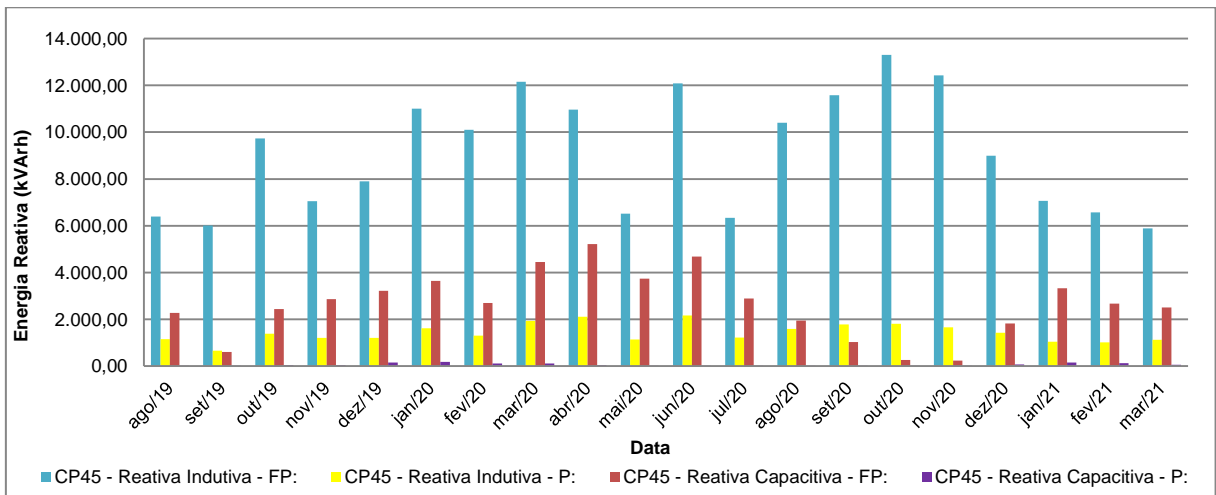
Gráfico 11 – Histórico do fluxo de energia ativa da cabine CP45.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 12 corresponde aos valores mensais históricos do consumo de energia reativa indutiva e reativa capacitiva verificadas na cabine CP45.

Gráfico 12 – Histórico do fluxo de energia reativa da cabine CP45.

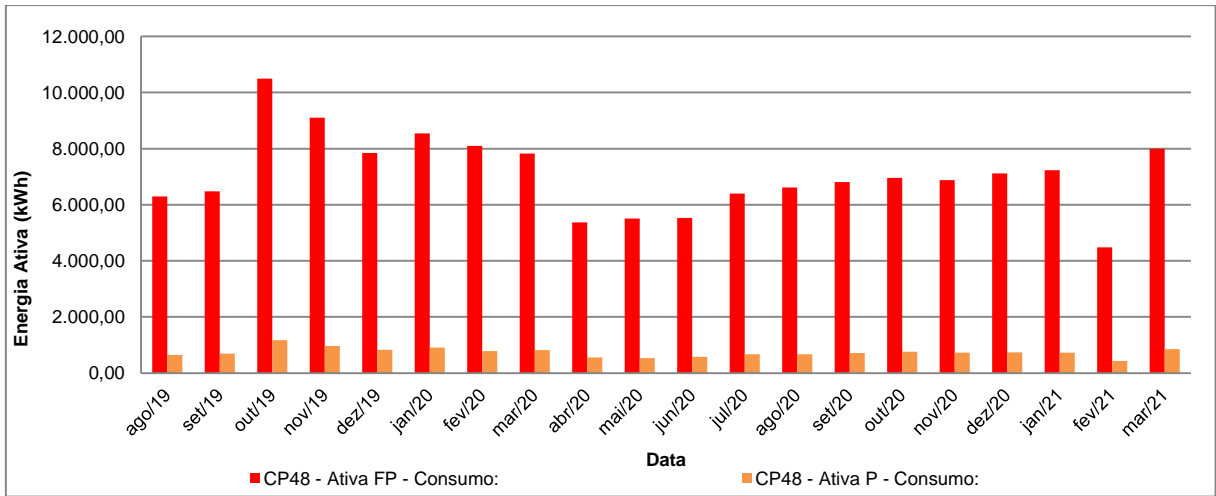


Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 11 e o Gráfico 12 permitem identificar que o circuito da cabine CP45, na maioria dos meses do ano, fornece a energia ativa excedente do IEE à rede de distribuição da CUASO e com uma grande componente indutiva em sua carga interna.

O Gráfico 13 corresponde aos valores mensais históricos do consumo de energia ativa da cabine CP48.

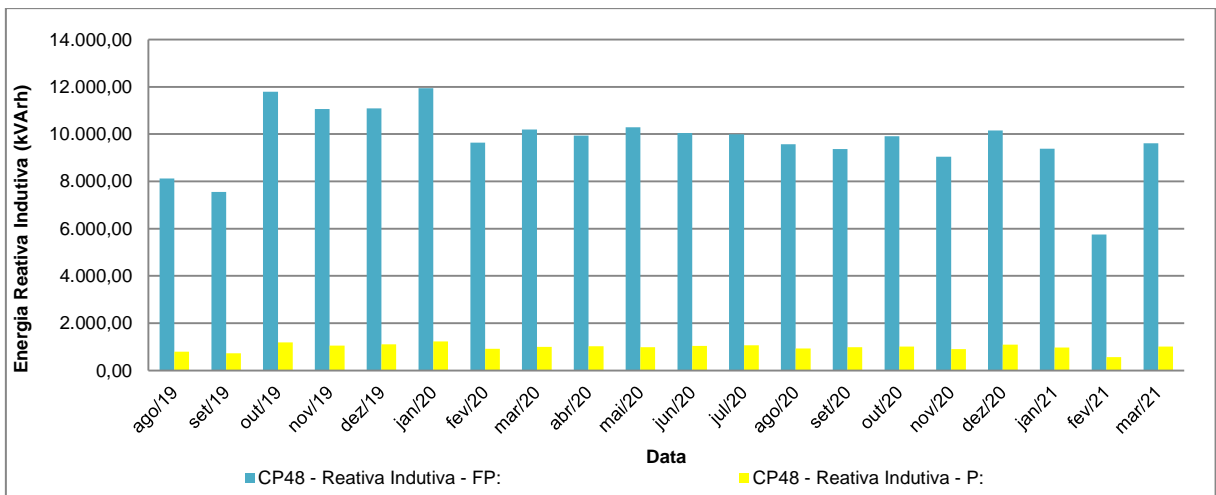
Gráfico 13 – Histórico do fluxo de energia ativa da cabine CP48.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 14 corresponde aos valores mensais históricos do consumo de energia reativa indutiva verificada na cabine CP48.

Gráfico 14 – Histórico do fluxo de energia reativa da cabine CP48.

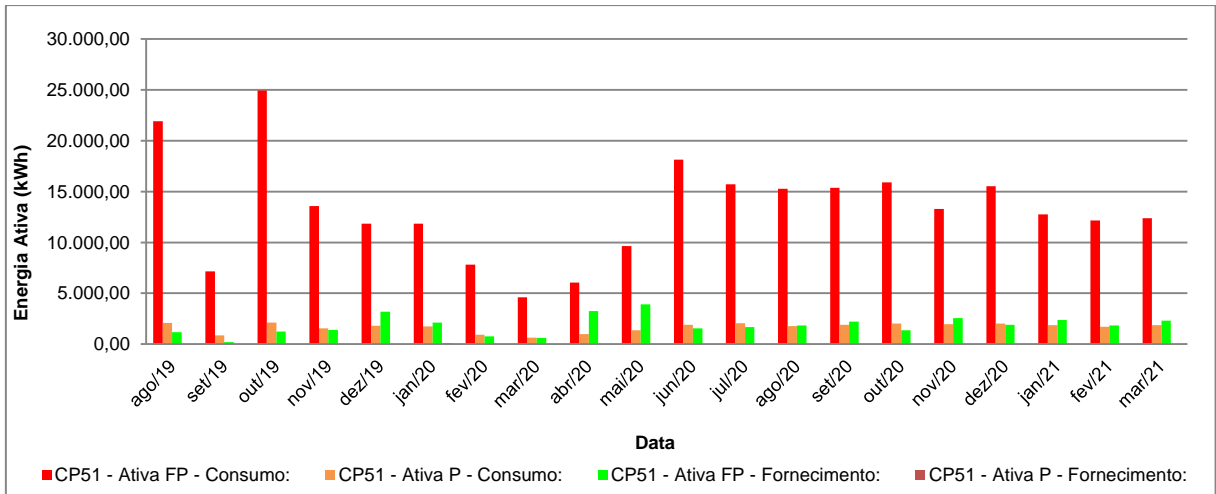


Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 13 e o Gráfico 14 permitem identificar que o circuito da cabine CP48, continuamente, mantém seu consumo energia ativa e com grande componente indutiva em sua carga interna.

O Gráfico 15 corresponde aos valores mensais históricos do consumo de energia ativa e fornecimento da energia ativa excedente da cabine CP51.

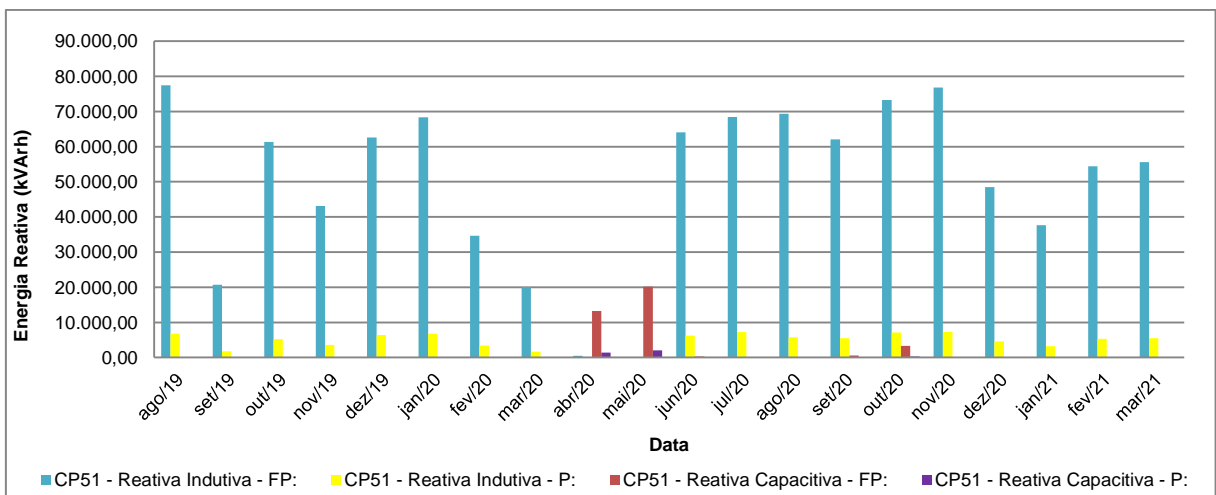
Gráfico 15 – Histórico do fluxo de energia ativa da cabine CP51.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 16 corresponde aos valores mensais históricos do consumo de energia reativa indutiva e reativa capacitiva verificadas na cabine CP45.

Gráfico 16 – Histórico do fluxo de energia reativa da cabine CP51.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 15 e o Gráfico 16 permitem identificar que o circuito da cabine CP51, na maioria dos meses, forneceu pouca energia excedente do IEE à rede de distribuição da CUASO e com grande componente indutiva em sua carga interna.

### 6.3.3. Histórico da tensão de linha da rede de distribuição.

A partir do histórico de dados de medição, foi realizado o levantamento histórico da tensão de linha dos ramais da rede de distribuição da CUASO às cabines primárias do IEE e verificar o seu enquadramento aos limites estabelecidos nos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) – Módulo 08: Qualidade da energia elétrica.

O PRODIST define como Tensão de Referência (TR) a tensão nominal de fornecimento de uma concessionária ao seu cliente, no CUASO é 13,8 kV, e a Tensão de Leitura (TL) é aquela medida no ponto de conexão e seus limites são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – Redes atendidas com tensão nominal superior a 1kV e inferior a 69kV.

Condição	Critério	Limites
Adequada	$0,93TR < TL \leq 1,05TR$	$12,834 \text{ kV} < TL \leq 14,490 \text{ kV}$
Precária	$0,90TR < TL \leq 0,93TR$	$12,42 \text{ kV} < TL \leq 13,834 \text{ kV}$
Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $T > 1,05TR$	$TL < 12,42 \text{ kV}$ ou $T > 14,490 \text{ kV}$

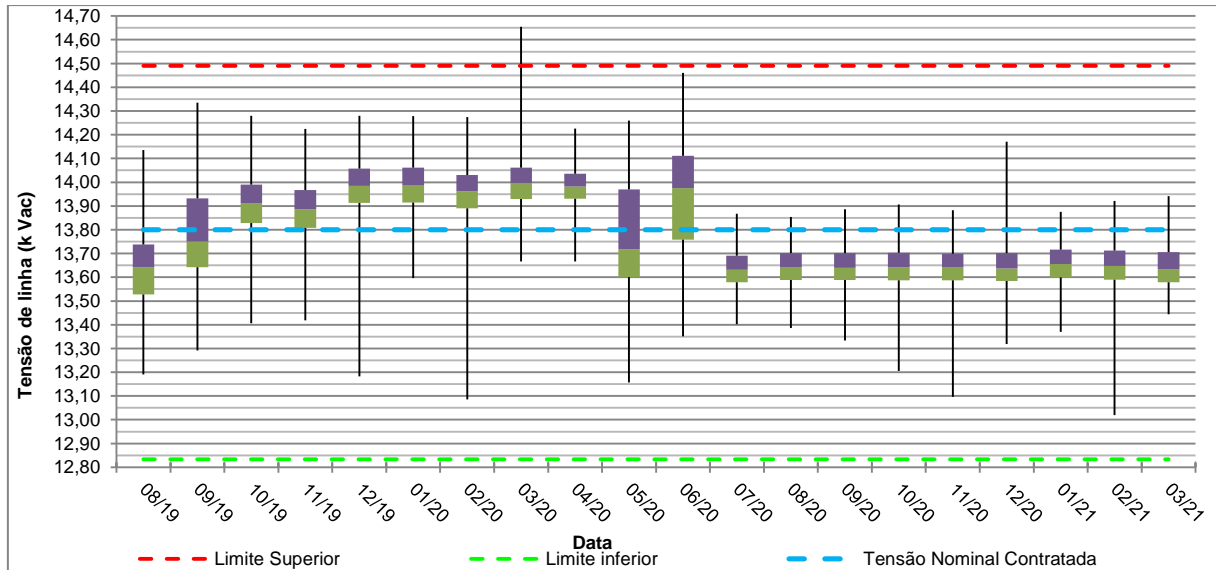
Fonte: PRODIST (2021)[8].

Esta verificação foi realizada a partir do histórico de medição da tensão de linha  $V_{AC}$ , das cabines primárias do IEE, e calculado mensalmente os valores da mediana, 1º quartil, 3º quartil, valor mínimo e valor máximo para sua apresentação em gráfico boxplot.

Os valores de medição das tensões de linha são calculados a partir das tensões de fase que, como apresentado anteriormente, são grandezas instantâneas do medidor. Estas medições são realizadas a cada intervalo de chamada de dados pela plataforma virtual. Não representando um conjunto amostral contínuo no tempo. Porém, esta análise permite identificar parâmetros como estabilidade ou tendências entre a TL e TR.

O Gráfico 17 apresenta o histórico da tensão de alimentação da cabine CP45. Onde se verifica que, ao longo do período, a TL manteve-se divergente da TR. Em seu primeiro intervalo, manteve-se acima do valor nominal próximo a 14,0 kV, com grande oscilação em relação à média. No segundo intervalo, manteve-se abaixo do valor nominal próximo a 13,6 kV, com grande oscilação em relação à média.

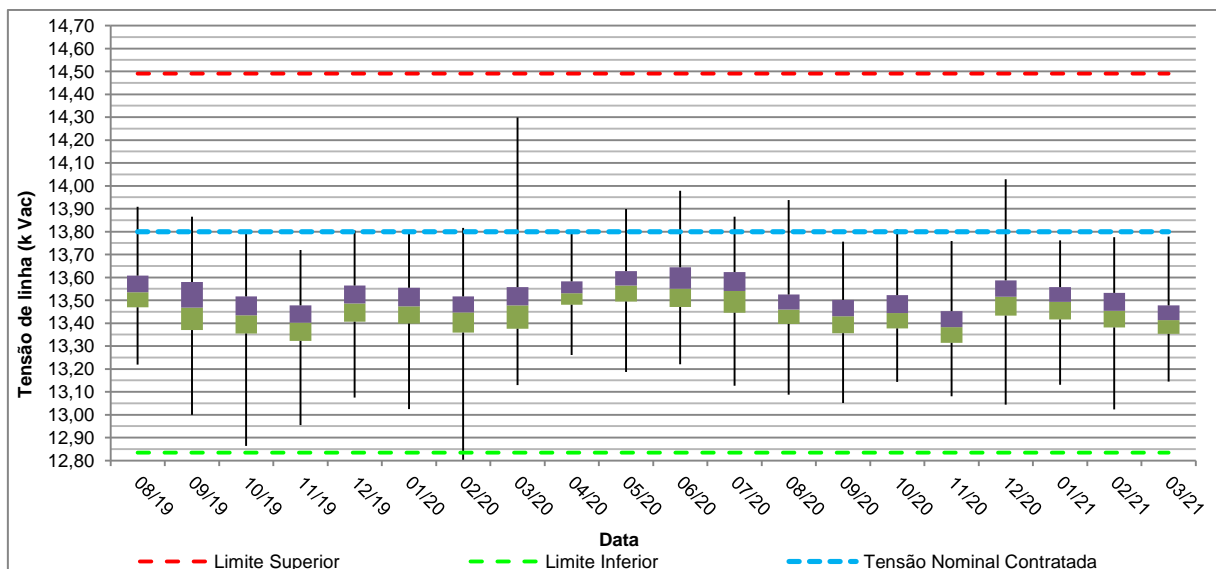
Gráfico 17 – Histórico da tensão de linha medida pela cabine CP45.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 18 apresenta o histórico da tensão de alimentação das cabines CP48 e CP51. Onde se verifica que, ao longo do período, a TL manteve-se divergente da TR. Mantendo seu valor nominal próximo a 13,5 kV, com grande oscilação em relação à média.

Gráfico 18 – Histórico da tensão de linha medidas nas cabines CP48 e CP51.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os gráficos permitem verificar que os valores TL medidos pelo IEE estão em condição ADEQUADA, porém, não apresentando homogeneidade operacional. Os dois ramais alimentadores do IEE apresentam valores nominais diferentes e tendências de alta ou baixa e, ainda, flutuações que entram na condição crítica ou precária. Requerendo maior análise para posterior adequação operacional.

### 6.3.4. Consolidação do fluxo de energia elétrica do IEE.

Este trabalho realizou, adicionalmente, o levantamento histórico do fluxo de energia total do IEE, no período entre abril/2020 e março/2021, através da reunião das planilhas das 03 (três) cabines primárias e, somando as grandezas dos quadrantes (EAP, EAR, ERP e ERN), apresentar um histórico único. E assim, identificar a contribuição efetiva do IEE no consumo da energia elétrica e no fornecimento da energia excedente, conforme apresentado em (kWh) na Tabela 19.

Tabela 19 – Histórico anual do fluxo de energia do IEE.

CP IEE								
Período	ATIVA CONSUMO (EAP)		REATIVA INDUTIVA (ERP)		REATIVA CAPACITIVA (ERN)		ATIVA FORNECIMENTO (EAN)	
	(kWh)	(kWh)	(kVAr)	(kVAr)	(kVAr)	(kVAr)	(kWh)	(kWh)
	FORA PONTA	PONTA	FORA PONTA	PONTA	FORA PONTA	PONTA	FORA PONTA	PONTA
abr/20	15.531,18	2.319,95	21.387,27	3.128,62	18.483,75	1.476,52	18.257,90	0,00
mai/20	18.929,14	2.569,49	16.798,57	2.127,19	23.924,70	2.022,14	17.130,85	0,00
jun/20	28.145,72	3.254,22	86.240,78	9.444,30	4.980,83	2,29	11.705,37	0,00
jul/20	26.374,38	3.574,59	84.742,24	9.492,88	2.901,13	10,22	14.438,60	0,00
ago/20	28.588,52	3.581,12	89.270,83	8.290,69	1.942,20	11,87	13.546,37	0,00
set/20	29.741,20	4.074,48	82.968,15	8.271,07	1.571,01	88,88	12.346,74	0,00
out/20	30.440,06	4.083,48	96.494,73	9.953,38	3.620,01	356,52	10.768,10	0,00
nov/20	26.152,71	3.856,96	98.246,10	9.912,31	233,27	13,13	13.663,49	0,08
dez/20	29.354,11	4.097,33	67.657,81	7.122,35	1.831,42	68,30	10.390,01	0,65
jan/21	26.674,81	3.734,86	54.075,97	5.272,65	3.323,45	150,80	11.141,35	3,80
fev/21	23.157,83	3.289,25	66.755,12	6.901,50	2.665,29	120,98	8.957,88	5,55
mar/21	26.362,17	3.920,10	71.042,37	7.631,17	2.510,80	61,06	11.345,76	0,35
<b>Total Anual</b>	<b>309.4512</b>	<b>42.356</b>	<b>835.680</b>	<b>87.548</b>	<b>67.988</b>	<b>4.383</b>	<b>153.692</b>	<b>10</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

A apresentação da contribuição, anualizada e individualizada, de cada cabine à consolidação do IEE é apresentada na Tabela 20.

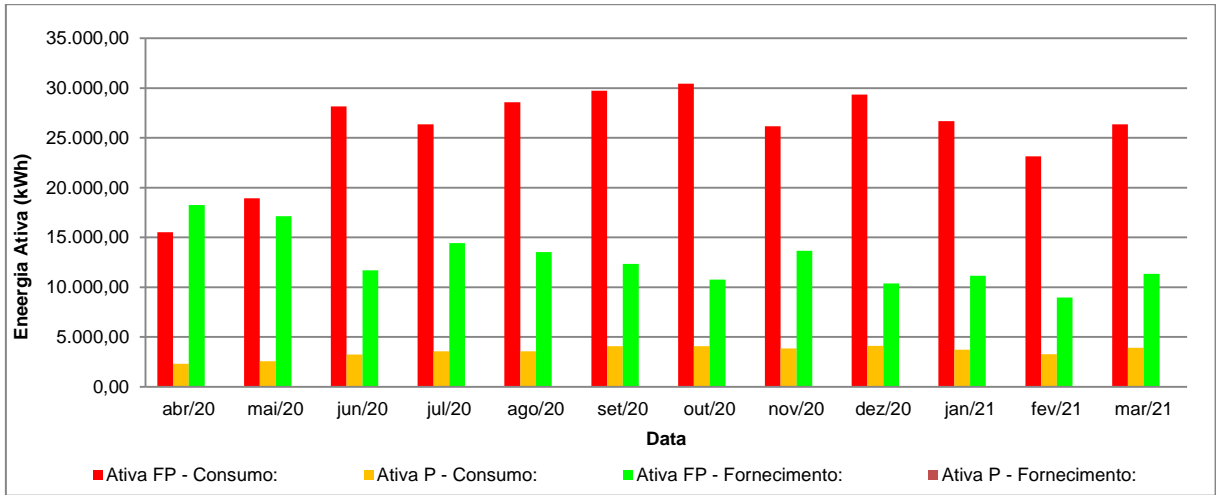
Tabela 20 – Histórico anual individualizado.

	EAP (MWh)		ERP (MWh)		ERN (MWh)		EAN (MWh)	
	FP	P	FP	P	FP	P	FP	P
<b>CP45</b>	70,29	12,97	112,15	18,08	30,32	0,51	126,89	0,01
<b>CP48</b>	76,89	7,95	113,05	11,55	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>CP51</b>	162,27	21,44	610,47	57,92	37,67	3,87	26,80	0,00
<b>CP IEE</b>	<b>309,45</b>	<b>42,36</b>	<b>835,68</b>	<b>87,55</b>	<b>67,99</b>	<b>4,38</b>	<b>153,69</b>	<b>0,01</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Considerando que o fornecimento de energia fosse abatido do consumo da energia de uma unidade consumidora. Assim, o IEE teria consumido 155,76 MWh, pois a partir dos dados da Tabela 21, e apresentado no Gráfico 19, é verificável que no último ano foi fornecido à CUASO 153,69 MWh dos 309,45 MWh consumidos. E representaria uma queda de 50,33% no consumo faturável.

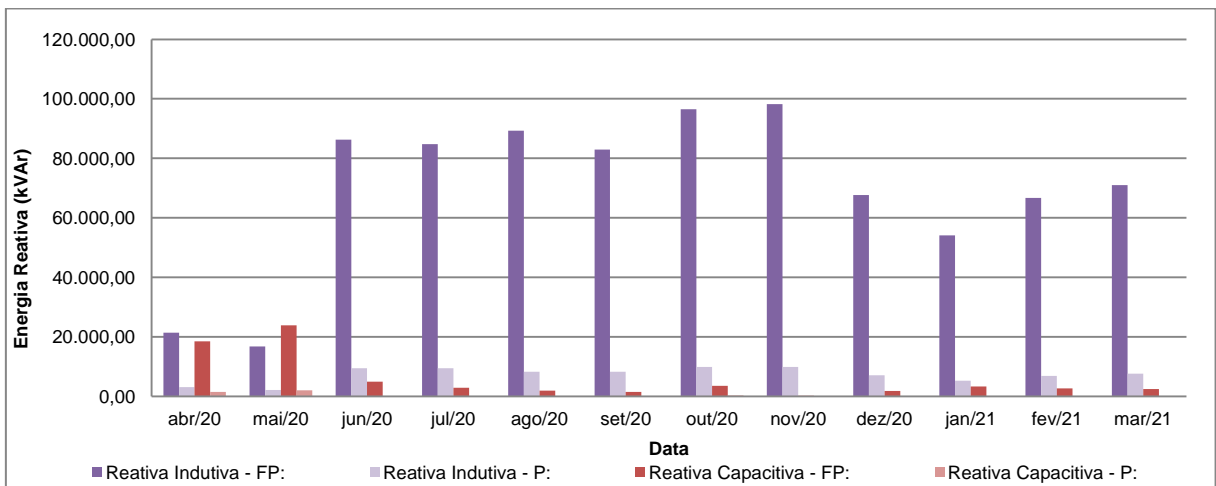
Gráfico 19 – Histórico anual do fluxo de energia ativa total do IEE.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 20 apresenta a consolidação das energias reativas indutivas e capacitivas verificadas no período que demonstram a grande participação de cargas indutivas nas instalações elétricas internas. Condição não verificada pela PUSP-C nos informes apresentados, pois seu monitoramento se restringe ao consumo de energia ativa pelas unidades. É verificável que uma instalação como esta, submetida a regras de tarifação da concessionária, dispensaria recursos no pagamento de multas por excedente reativo.

Gráfico 20 – Histórico anual do fluxo de energia reativa total do IEE.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 6.3.5. Estimativa da contribuição dos transformadores do IEE.

A partir do levantamento dos transformadores de potência em operação no IEE. Foi realizada a estimativa do consumo de energia elétrica ativa (kW) associada as suas perdas internas, componentes resistivas, e ao consumo de energia elétrica para manutenção do campo (kVAr), componentes indutivas.

Foi verificado que a maior parte destes transformadores opera a mais de 30 anos e poucos foram instalados nos últimos 10 anos, devido à instalação das fontes fotovoltaicas. Assim, por meio de consulta realizada aos colaboradores do Serviço Técnico de Conversão, Transformação e Acumulação de Energia do IEE<sup>11</sup>, foram indicados os valores percentuais de 0,2% para as componentes resistivas dos circuitos e de 1,5% para as componentes indutivas dos circuitos. Considerando uma operação de 720 horas no período de 30 dias foram estimadas as energias ativas e reativas indutivas associadas, conforme Tabela 21.

Tabela 21 – Estimativa de perdas nos transformadores do IEE.

ID TRAFOS	Potência Nominal (kVA)	Potência Ramal (kVA)	Potência Total (kVA)	Percentual Perdas Ativa (%)	Perdas Potência Ativa (kW)	Energia Ativa Perdas (kWh/mês)	Percentual Reativa Indutiva (%)	Potência Reativa (kVAr)	Energia Reativa (kVAr/mês)	FP Vazio
45A.TF01	300	300								
45B.PM01	150									
45B.PM02	75	375	975	0,2	1,95	1.404	1,5	14,63	10.530	0,13
45B.EC02	150									
45C.PM01	300	300								
48A.TF01	200									
48B.TF02	300	800	800	0,2	1,60	1.152	1,5	12,00	8.640	0,13
48C.TF03	300									
51A.TF01	150									
51A.TF02	375	825								
51A.TF03	300									
51B.TF01	500	1250	2.862,5	0,2	5,73	4.122	1,5	42,94	30.915	0,13
51B.TF02	750									
51D.EC03	150	150								
51E.EC04	225	225								
51C.TF01	300	412,5								
51C.TF02	112,5									
<b>TOTAL:</b>			<b>4.637,5</b>	<b>0,2</b>	<b>9.275</b>	<b>6.678</b>	<b>1,5</b>	<b>69.56</b>	<b>50.085</b>	<b>0,13</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os consumos estimados foram de 81,25 MWh/ano e 609,37 MVarh/ano.

<sup>11</sup> Laboratório do IEE que participa do Programa Brasileiro de Etiquetagem com a realização de ensaios de motores elétricos. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/MotoresTrifasicosStandard.asp>>. Acessado em: 13/05/2021.

### 6.3.6. Relatório de monitoramento mensal de instalação:

Verificamos que as informações constantes nos informes de consumo, disponíveis às unidades da CUASO, além da energia consumida e os indicadores de eficiência energética, não apresentam suficientemente informações do desempenho de suas instalações ao longo do tempo.

A planilha de cálculo utilizada neste trabalho foi elaborada de forma a apresentar um relatório contendo todas as informações, técnicas e medição, referentes às instalações monitoradas, sendo:

- ✓ Valores máximos e médios da tensão de linha, corrente de fase e demandas;
- ✓ Fatores de potências verificados;
- ✓ Fator de carga da instalação (FC):

$$\overline{FC}_{\text{Consumo,Fornecimento}} = \sum_i^n \frac{P_{\text{Instantânea}_i} \text{ (kW)}}{\frac{\text{Demanda}_{\text{Determinada,Contratada}} \text{ (kW)}}{n}} \quad (8)$$

- ✓ Fator de demanda da instalação (FD):

$$\overline{FD}_{\text{Consumo,Fornecimento}} = \sum_i^n \frac{P_{\text{Instantânea}_i} \text{ (kW)}}{\frac{\text{Demanda}_{\text{máxima mensal da unidade}} \text{ (kW)}}{n}} \quad (9)$$

- ✓ Índice de demanda determina por área construída (DMC):

$$DMM = \frac{\text{Demanda}_{\text{Determinada,Contratada}} \text{ (kW)}}{\text{Área construída da unidade} \text{ (m}^2\text{)}} \quad (10)$$

Desta forma, acreditamos que o usuário de posse de um relatório terá um melhor entendimento do uso de energia elétrica de suas instalações e, com isso, tomar decisões mais acertadas à otimização estrutural, pela substituição de equipamentos, ou comportamental, pela mudança de hábitos na forma de consumo.

A partir deste relatório, apresentado na Figura 23, é verificado os respectivos pontos, sendo:

- a) A tensão de linha se manteve muito abaixo da tensão nominal;
- b) A demanda indutiva ficou muito elevada ao longo do mês e chamando a ultrapassar em intensidade a demanda determinada para a cabine;
- c) Os fatores de potência da instalação no consumo e fornecimento ficaram extremamente baixos;

- d) Os fatores de demanda da instalação ficaram muito baixos no consumo e no fornecimento. Fato que pode ser explicado pelo atendimento de possível queda na demanda interna pela geração fotovoltaica;
- e) Os fatores de carga da instalação ficaram muito baixos no consumo e no fornecimento. Demonstrando que em média a instalação esteve operando em baixa demanda ou ocorreu picos momentâneos de alta demanda.

Figura 23 – Relatório de monitoramento da cabine CP51.

CONTRATO:	IEE-CP51/USP	IDENTIFICAÇÃO:	CP51
GRUPO:	A	CIRCUITO LIGADO:	xxxxxx
SUBGRUPO:	A4	ÁREA CONSTRUÍDA (m <sup>2</sup> ):	6.625,91
CLASSE:	PODER PÚBLICO	TENSÃO NOMINAL	DEMANDA CONTRATADA
TIPO FORNECIMENTO:	TRIFÁSICO	(kV)	(kW)
MODALIDADE TARIFÁRIA:	VERDE	13,8	180
<b>CIRCUITO DE ENTRADA EM MÉDIA TENSÃO</b>			
CP51A - ALTA TENSÃO (kVA)	CP51B - CTAE+GD3+GD4 (kVA)	CP51C - LAC (kVA)	POTÊNCIA INSTALADA (kVA)
825	1625	412,5	2.862,5
<b>GRANDEZAS MONITORADAS</b>			
	Média	Máxima	Grandeza
Tensão:	13,42	13,78	(kV)
Corrente:	4,86	13,01	(A)
Demanda Ativa Consumo:	23,45	169,06	(kW)
Demanda Reativa Indutiva:	82,04	215,56	(kVAr)
Demanda Ativa Fornecida:	16,99	57,56	(kW)
Demanda Reativa Capacitiva:	---	---	(kVAr)
<b>INDICADORES DE DESEMPENHO DA INSTALAÇÃO</b>			
CONSUMO		FORNECIMENTO	
FPI_ConsMed (1°Q)	0,28	FPI_GerMed (2°Q)	0,23
FPC_ConsMed (4°Q)	----	FPC_GerMed (3°Q)	----
FD_Cons (Dem.Contratada)	0,13	FDger( % )	0,09
FC_Cons (Dem.Ativa.Máx.)	0,14	FCger( % )	0,10
PCT - CP51/IEE (%):	0,30	Índice Percentual de Consumo Total	
CMM - CP51/IEE (kWh/m <sup>2</sup> ):	2,15	Índice de Consumo Mensal por m <sup>2</sup>	
DMM - CP51/IEE (Wmax/m <sup>2</sup> ):	25,52	Índice de Demanda Máxima Mensal por m <sup>2</sup>	
DMC - CP51/IEE (Wcont/m <sup>2</sup> ):	27,17	Índice de Demanda Contratada por m <sup>2</sup>	

Fonte: Elaborada pelo autor.

## **7. CONTABILIZAÇÃO DO HISTÓRICO DE MEDIÇÃO DO IEE**

A análise contábil do consumo de energia elétrica verificado, mensalmente, nas cabines do IEE utilizará os indicadores financeiros e tarifas unitárias constantes na fatura de energia elétrica recebida pela USP.

A planilha de cálculo utilizada na análise do consumo de energia foi modificada de forma a realizar a contabilização financeira do consumo de energia do IEE e a contabilização da energia fornecida à rede de distribuição da CUASO.

Esta contabilização foi realizada refletindo ao IEE todas as tarifas que a CUASO verifica em suas faturas, porém não foram utilizadas as ferramentas punitivas como a ultrapassagem de demanda e consumo de energia capacitiva

No caso da demanda, presumimos que a ocorrência desta ultrapassagem não provocaria maior impacto para à rede de distribuição.

No caso de consumo capacitivo, presume-se que a ocorrência deste consumo não provocaria maior impacto devido à alta carga indutiva associada as demais de unidades conectadas à rede de distribuição.

E assim, não provocariam maiores impactos na demanda ou consumo reativo verificado pelo medidor da concessionária instalado na ETD-USP.

### **7.1. Características da contabilização realizada ao IEE:**

A contabilização realizada para o faturamento do fluxo de energia verificado nas cabines primárias do IEE foi dividido em três partes, sendo: contabilização do consumo, contabilização do fornecimento e, por fim, liquidação contábil. Conforme os respectivos passos, sendo:

### 7.1.1. Contabilização do consumo individual:

A contabilização do fluxo de energia verificado pelos sistemas de medições instalados seguiram as respectivas considerações, sendo:

- a) Contabilização da demanda tarifária pela incidência da unidade tarifária ao maior valor entre a demanda determinada pela USP-C e a demanda máxima medida;
- b) Contabilização do consumo de energia ativa no período de fora ponta e ponta, calculado a partir de grandezas instantâneas do medidor, pela unidade tarifária relativa a TUSD;
- c) Contabilização do consumo de energia ativa no período de fora ponta e ponta, calculado a partir de grandezas instantâneas do medidor, pela unidade tarifária relativa a TUE;
- d) Contabilização da contribuição do fundo setorial pelo consumo de energia ativa no período de fora ponta e ponta, calculado a partir de grandezas instantâneas do medidor, pela unidade tarifária relativa a BANDEIRA TARIÁRIA do mês;
- e) Contabilização da energia excedente reativa verificada, individualmente, no período de fora ponta e ponta, calculado a partir de grandezas instantâneas do medidor, pela unidade tarifária relativa ao UFER;
- f) Indicação para contabilização da COSIP. Verificamos a necessidade de sua apresentação porque as unidades instaladas na CUASO contém seu sistema de iluminação pública custeado por ela;
- g) Contabilização dos impostos PIS/PASEP e COFINS sobre a fatura; e,
- h) Totalização dos valores para emissão da fatura de consumo.

A Figura 24 apresenta o formulário da contabilização realizada para o faturamento do consumo de energia elétrica da cabine CP51 para o mês de março/2021. Desta forma, fica evidente o impacto provocado à fatura pela energia excedente verificada no período.

Figura 24 – Formulário de contabilização de consumo.

<b>PERÍODO VERIFICADO</b>			
<b>INÍCIO:</b>	01/03/2021 00:00	<b>FIM:</b>	01/04/2021 00:00
<b>CONSUMO</b>	<b>Potência/Consumo k(W/VAr/Wh/VArh)</b>	<b>Tarifa (R\$/[kWh-kVArh])</b>	<b>Fatura (R\$)</b>
Demanda Máxima Verificada:	169,06	15,48	2.617,07
DEMANDA 16.886/18:	10,94	15,48	169,33
<b>ENERGIA CONSUMIDA NO PERÍODO</b>			
Consumo Ativo F. Ponta TUSD	12.393,51	0,07997	991,11
Consumo Ativo F. Ponta TE	12.393,51	0,23655	2.931,69
Consumo Ativo Ponta TUSD	1.857,79	0,64212	1.192,92
Consumo Ativo Ponta TE	1.857,79	0,38217	709,99
<b>CONTRIBUIÇÃO FUNDO SETORIAL - ANEEL</b>			
Bandeira F. PONTA	AMARELA	0,01343	166,44
Bandeira PONTA	AMARELA	0,01343	24,95
<b>MULTAS POR EXCEDENTE DE REATIVO - FP&lt;0,92</b>			
UFER (INDUTIVO) F. PONTA - CONSUMO	39.543,39	0,24868	9.833,65
UFER (INDUTIVO) PONTA - CONS	4.714,60	0,24868	1.172,43
UFER (CAPACITIVO) F. PONTA	0,00	0,24868	0,00
UFER (CAPACITIVO) PONTA	0,00	0,24868	0,00
<b>CONTRIBUIÇÃO</b>			
COSIP			30,47
<b>IMPOSTOS</b>		<b>Nominal</b>	<b>Corrigido</b>
PIS/PASEP		0,86%	179,28
COFINS		3,97%	827,62
<b>FATURA DE COBRANÇA DE ENERGIA ELÉTRICA</b>			
<b>LIQUIDAÇÃO DO CONSUMO:</b>			<b>20.846,96</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 7.1.2. Contabilização do fornecimento individual:

- Não ocorreu a contabilização da demanda no fornecimento, pois já foi cobrado no consumo;
- Contabilização do fornecimento de energia ativa no período de fora ponta e ponta, calculado a partir de grandezas instantâneas do medidor, pela unidade tarifária relativa a TUSD;
- Contabilização do fornecimento de energia ativa no período de fora ponta e ponta, calculado a partir de grandezas instantâneas do medidor, pela unidade tarifária relativa a TUE;

- d) Contabilização da energia excedente reativa verificada, individualmente, no período de fora ponta e ponta, calculado a partir de grandezas instantâneas do medidor, pela unidade tarifária relativa ao UFER; e,
- e) Totalização dos valores de fornecimento subtraído o valor de multa por excedente reativo a para emissão da fatura de fornecimento.

A Figura 25 apresenta o formulário da contabilização realizada para o faturamento de fornecimento de energia elétrica da cabine CP51 para o mês de março/2021. Nesta também fica evidente o impacto provocado à fatura pela energia excedente verificada no período.

Figura 25 – Liquidação da contabilização.

LIQUIDAÇÃO CONTÁBIL		Fatura ( R\$ )	
ENERGIA FORNECIDA NO PERÍODO			
<b>TOTAL A RECEBER:</b>		<b>732,56</b>	
MULTAS POR EXCEDENTE DE REATIVO - FP<0,92			
ENERGIA FORNECIDA NO PERÍODO			
<b>TOTAL A RECEBER:</b>		<b>732,56</b>	
UFER (INDUTIVO) F. PONTA	9.732,36	0,24868	2.420,24
UFER (INDUTIVO) PONTA	0,00	0,24868	0,00
<b>MULTA TOTAL:</b>		<b>2.420,24</b>	
<b>LIQUIDAÇÃO DO FORNECIMENTO:</b>			
<b>TOTAL:</b>		<b>- 1.687,68</b>	

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 7.1.3. Liquidação da contabilização individual:

A liquidação da contabilização resulta da diferença entre o valor verificado na contabilização de consumo e o valor verificado na contabilização de fornecimento da energia excedente.

A Figura 26 apresenta a liquidação da contabilização realizada para o faturamento da cabine CP51 para o mês de março/2021. Desta forma fica evidente o impacto provocado à fatura pela energia excedente verificada no período.

Figura 26 – Formulário de contabilização de fornecimento.

LIQUIDAÇÃO CONTÁBIL	Fatura ( R\$ )
<b>FATURA DE COBRANÇA DE ENERGIA ELÉTRICA</b>	
VALOR TOTAL DO CONSUMO:	20.846,96
<b>LIQUIDAÇÃO DO FORNECIMENTO:</b>	
VALOR TOTAL DO FORNECIMENTO:	- 1.687,68
<b>LIQUIDAÇÃO CONTÁBIL:</b>	
VALOR TOTAL DO FORNECIMENTO:	22.534,64

Fonte: Elaborada pelo autor.

## 7.2. Histórico da contabilização do IEE:

A realização desta contabilização na mesma planilha utilizada para a análise do consumo e fornecimento de energia elétrica permitiu a elaboração do histórico das liquidações contábeis individualizadas.

A Tabela 22 apresenta o histórico das cabines primárias do IEE e o histórico da PUSP-C nos seus informes de consumo de energia.

Tabela 22 – Comparação contábil entre IEE e PUSP-C.

DATA	CP45		CP48		CP51		TOTAL	
	IEE (R\$)	PUSP-C (R\$)	IEE (R\$)	PUSP-C (R\$)	IEE (R\$)	PUSP-C (R\$)	IEE (R\$)	PUSP-C (R\$)
abr/20	2.164,31	8.080,60	7.119,12	4.743,67	5.362,82	4.408,89	14.646,25	17.233,16
mai/20	1.211,24	6.498,68	7.236,91	4.704,77	5.626,95	4.957,44	14.075,10	16.160,89
jun/20	4.055,00	6.783,04	7.140,99	4.863,81	26.714,41	9.608,67	37.910,40	21.255,52
jul/20	1.991,30	6.243,06	7.972,38	5.269,70	26.671,97	9.114,98	36.635,65	20.627,74
ago/20	4.287,28	7.624,97	8.039,07	5.334,26	26.477,47	8.726,36	38.803,82	21.685,59
set/20	5.478,24	7.730,19	8.146,31	5.537,42	25.294,03	8.804,84	38.918,58	22.072,45
out/20	5.788,85	7.600,43	8.313,28	6.018,92	30.122,17	9.953,05	44.224,30	23.572,40
nov/20	4.312,25	7.345,27	7.942,46	5.210,60	29.324,52	7.702,64	41.579,23	20.258,51
dez/20	5.570,79	7.373,63	8.831,17	8.008,73	23.067,82	9.786,66	37.469,78	25.169,02
jan/21	4.472,28	6.078,82	8.200,92	7.492,83	18.387,19	7.222,19	31.060,39	20.793,84
fev/21	4.900,19	5.423,37	6.272,54	6.119,26	21.801,88	7.213,61	32.974,61	18.756,24
mar/21	4.134,04	6.440,93	8.775,82	6.692,93	22.534,63	7.556,83	35.444,49	20.690,69
<b>TOTAL</b>	<b>48.365,77</b>	<b>83.222,99</b>	<b>93.990,97</b>	<b>69.996,90</b>	<b>261.385,86</b>	<b>95.056,16</b>	<b>403.742,60</b>	<b>248.276,05</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 23 apresenta a diferença entre a contabilização individual e total propostos por este trabalho e aqueles apresentados pela PUSP-C.

Tabela 23 – Divergência entre a contabilização proposta e da PUSP-C.

DATA	$\Delta$ CP45 (R\$)	$\Delta$ CP48 (R\$)	$\Delta$ CP51 (R\$)	$\Delta$ TOTAL (R\$)
abr/20	5.916,29	-2.375,45	-953,93	2.586,91
mai/20	5.287,44	-2.532,14	-669,51	2.085,79
jun/20	2.728,04	-2.277,18	-17.105,74	-16.654,88
jul/20	4.251,76	-2.702,68	-17.556,99	-16.007,91
ago/20	3.337,69	-2.704,81	-17.751,11	-17.118,23
set/20	2.251,95	-2.608,89	-16.489,19	-16.846,13
out/20	1.811,58	-2.294,36	-20.169,12	-20.651,90
nov/20	3.033,02	-2.731,86	-21.621,88	-21.320,72
dez/20	1.802,84	-822,44	-13.281,16	-12.300,76
jan/21	1.606,54	-708,09	-11.165,00	-10.266,55
fev/21	523,18	-153,28	-14.588,27	-14.218,37
mar/21	2.306,89	-2.082,89	-14.977,80	-14.753,80
<b>TOTAL</b>	<b>34.857,22</b>	<b>-23.994,07</b>	<b>-166.329,70</b>	<b>-155.466,55</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda: Os valores em vermelho representam que a PUSP-C cobrou a menos o IEE. E os valores em preto representam que a PUSP-C cobrou a mais o IEE.

### 7.3. Custo anual do excedente reativo:

A contabilização dos custos associados a cada uma das cabines primárias permitiu identificar pontos de divergências entre os resultados calculados aos apresentados pela PUSP-C. Ou seja, a contabilização do excedente reativo no histórico de medição das cabines primárias do IEE e apresentados na Tabela 24.

Tabela 24 – Custo em multa por excedente reativo indutivo.

DATA	UFER CP45 (R\$)	UFER CP48 (R\$)	UFER CP51 (R\$)	UFER CP-IEE (R\$)
abr/20	2.809,96	2.157,70	94,58	5.062,24
mai/20	1.492,21	2.225,43	0,26	3.717,90
jun/20	3.097,88	2.171,51	15.675,11	20.944,50
jul/20	1.378,27	2.005,00	16.793,43	20.176,70
ago/20	2.060,88	1.839,44	16.668,36	20.568,68
set/20	2.075,93	1.776,06	14.795,28	18.647,27
out/20	2.350,68	1.899,70	18.231,62	22.482,00
nov/20	2.184,84	1.667,01	19.033,40	22.885,25
dez/20	1.688,97	1.966,27	11.143,24	14.798,48
jan/21	1.328,50	1.729,47	8.369,02	11.426,99
fev/21	1.196,56	1.048,65	13.195,38	15.440,59
mar/21	1.077,31	1.701,92	13.426,32	16.205,55
<b>TOTAL</b>	<b>22.741,99</b>	<b>22.188,16</b>	<b>147.426,00</b>	<b>192.356,15</b>
<b>Média</b>	<b>1.895,17</b>	<b>1.849,01</b>	<b>12.285,50</b>	<b>16.029,68</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

A comparação dos valores desta tabela aos apresentados na Tabela 23 permite verificar o impacto financeiro do excedente reativo. Entretanto, o mesmo não ocorreu na CP45 devido ao ganho obtido ao longo do ano com o fornecimento de energia a rede de distribuição da CUASO.

Devemos destacar que as instalações elétricas do IEE são destinadas, principalmente, a execução de ensaios elétricos em dispositivos e equipamentos com demandas específicas e de intensidade diversas. E dispõem de um conjunto de transformadores de potência em seus circuitos alimentadores com altos valores e, por vezes, pouco demandados. Assim, a manutenção contínua de um grande número de transformadores operando em baixa demanda ou em vazio pode ser um dos causadores do excedente reativo indutivo medido nas cabines primárias do IEE. E sua redução permitiria a redução dos custos relativos a multas e aumento dos recursos originários da energia fornecida por uma cabine primária.

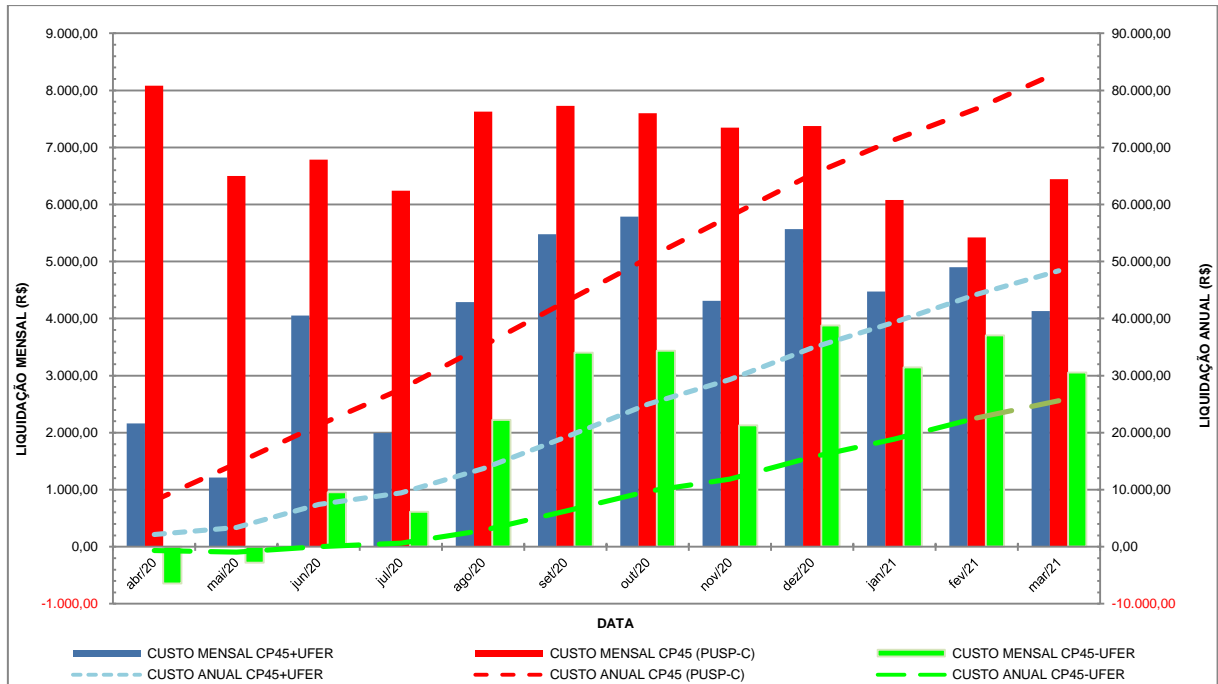
#### **7.4. O impacto do excedente reativo na contabilização anual:**

A avaliação do excedente reativo na contabilização foi realizada para verificar o seu impacto financeiro sobre a liquidação contábil das cabines primárias do IEE. E para isto, foi realizada a contabilização do histórico de medição das cabines primárias desconsiderando os momentos em que o fator de potência esteve abaixo do índice permitido ( $FP < 0,92$ ).

Os Gráficos 12, 13, 14 e 15 apresentam os valores mensais e anuais, das cabines CP45, CP48, CP51 e CP\_IEE contabilizados para três situações distintas, sendo: os custos calculados com UFER (CPxx+UFER); os custos calculados por rateio pela PUSP-C (PUSP-C); e os custos calculados sem UFER (CPxx-UFER).

O Gráfico 21 permite visualizar o impacto de R\$ 22.741,99 provocado em função da multa por excedente reativo provocaria ao longo do período analisado e a divergência com os valores calculados por rateio pela PUSP-C.

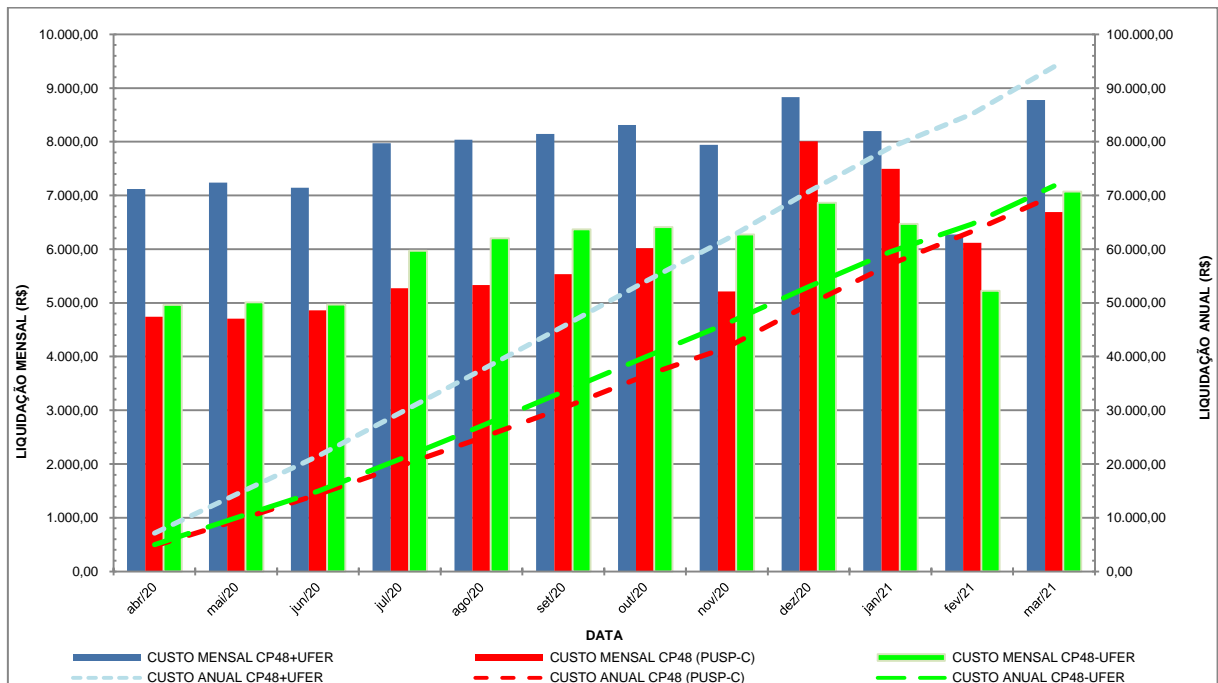
Gráfico 21 – Liquidação da contabilização da cabine CP45.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 22 permite visualizar o impacto de R\$ 22.188,16 provocado em função da multa por excedente relativo provocaria ao longo do período analisado.

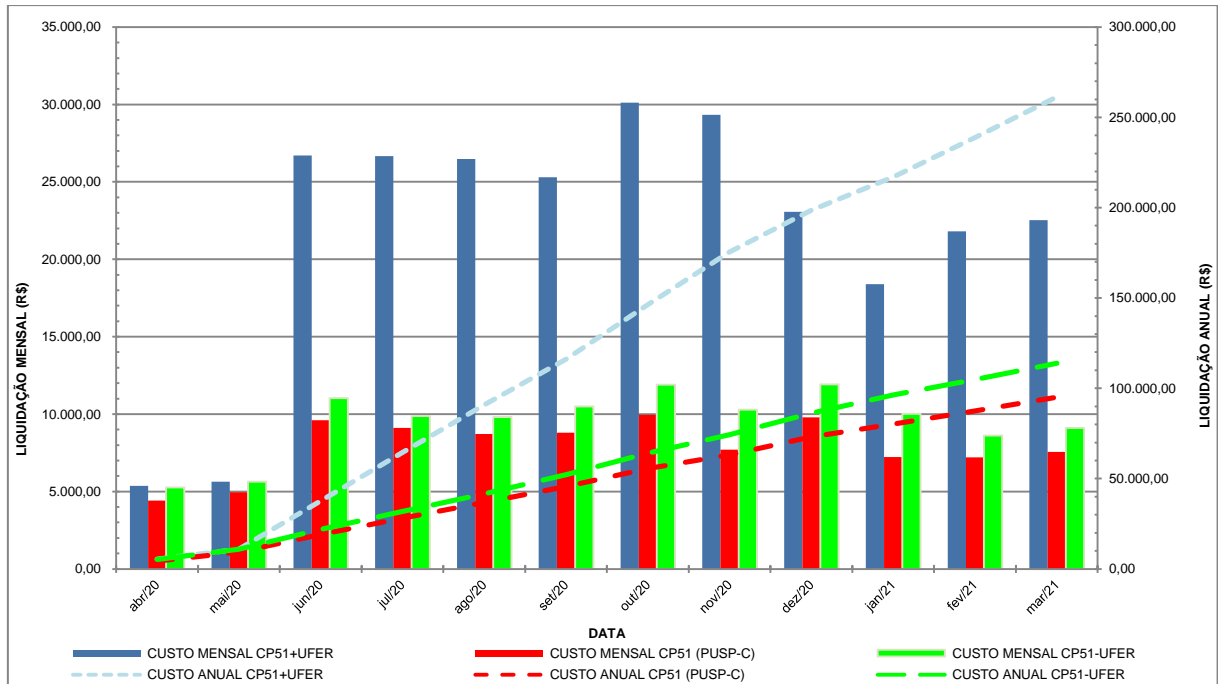
Gráfico 22 – Liquidação da contabilização da cabine CP48.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 23 permite visualizar o impacto de R\$ 147.426,00 provocado em função da multa por excedente relativo provocaria ao longo do período analisado.

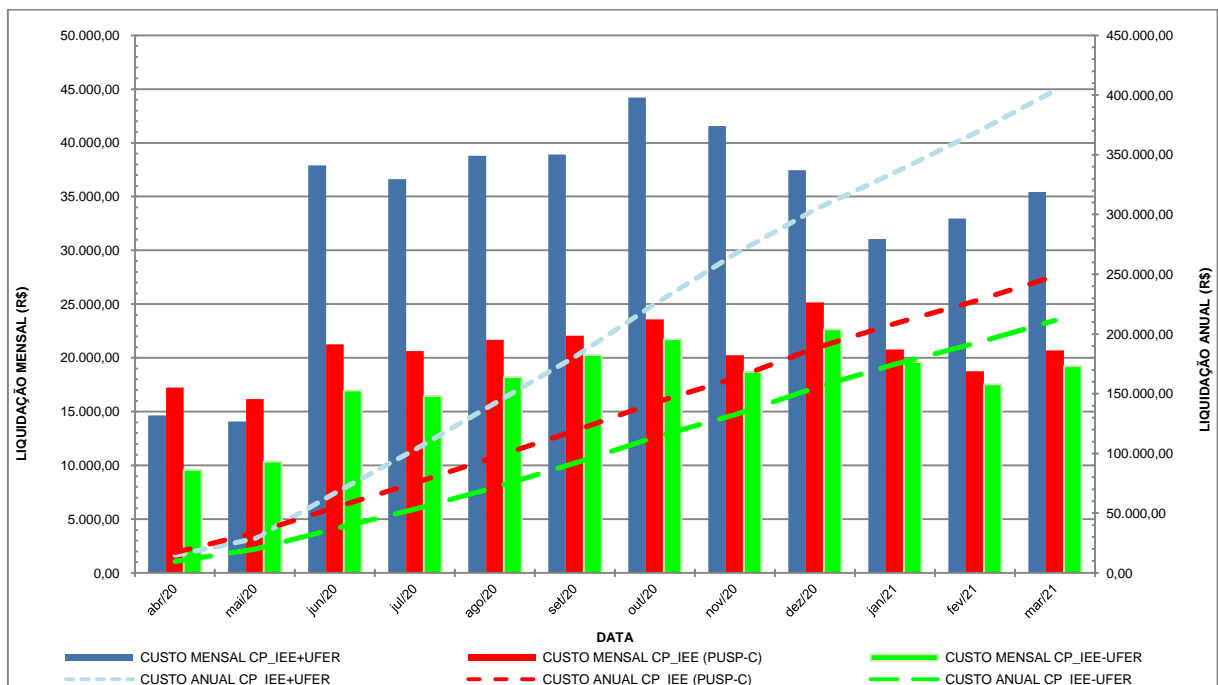
Gráfico 23 – Liquidação da contabilização da cabine CP51.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 24 permite visualizar o impacto de R\$ 192.356,15 provocado em função da multa por excedente relativo provocaria ao longo do período analisado.

Gráfico 24 – Liquidação da contabilização do IEE.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O levantamento realizado possibilita verificar a necessidade de ações à diminuição dos efeitos das cargas indutivas presentes nas instalações do IEE. Estas mudanças são necessárias nas condições de consumo e de fornecimento das

cabines do IEE. Efeitos não observáveis a partir do monitoramento ou pelos informes de consumo realizado pela PUSP-C.

A contabilização individualizada pela PUSP-C, a partir do rateio da fatura da CUASO, ao consumo de energia das unidades internas não representa efetivamente a participação de cada uma delas ao consumo geral.

A realização da contabilização das unidades internas conforme as regras tarifárias submetidas à CUASO uma ferramenta importante para a verificação dos consumos e custos associados aos usos.

## 8. PROPOSTA PARA CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA INDUTIVO:

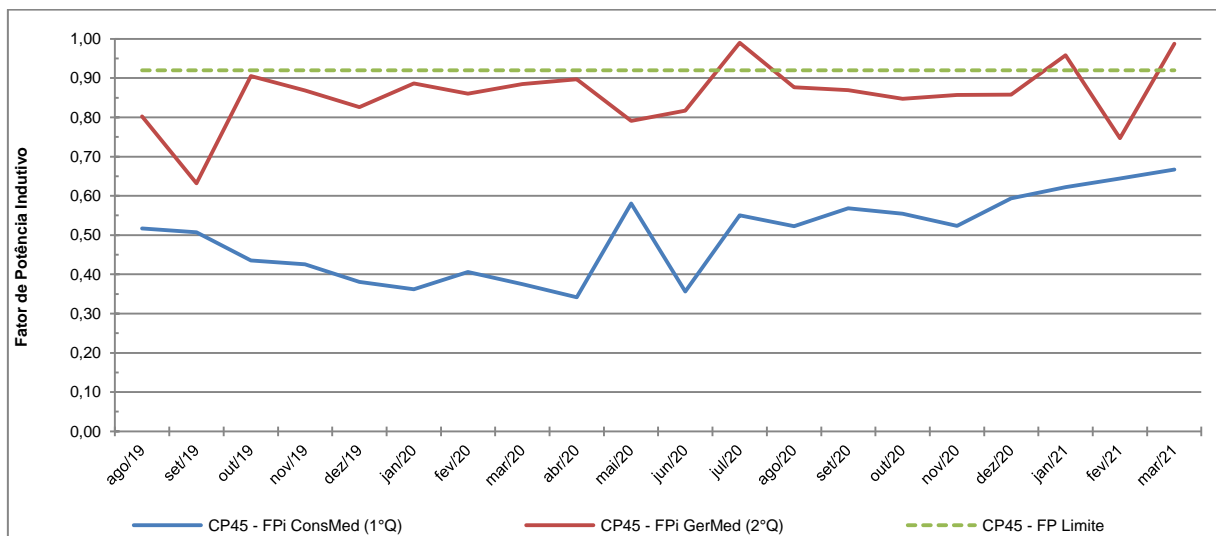
A partir do levantamento histórico do consumo de energia elétrica e o fornecimento da energia excedente do IEE à rede de distribuição da CUASO. Foi possível verificar, individualmente, no período, que o fluxo de energia pelas cabines primárias do IEE contém uma componente altamente indutiva. Conforme foi apresentado no Gráfico 12, Gráfico 14 e Gráfico 16 e as Tabela 19 e a Tabela 20.

### 8.1. Histórico das cargas indutivas conectadas às cabines primárias (FPi):

A identificação das cargas reativas indutivas presentes nos circuitos internos do IEE foi realizada a partir do levantamento histórico das planilhas utilizadas na avaliação do consumo e fornecimento de energia elétrica do IEE.

O Gráfico 25 apresenta o histórico dos fatores de potência indutivos médios mensais verificados na cabine primária CP45. A condição de consumo de energia (1º Quadrante) é verificável que o fluxo de energia está altamente indutivo. Entretanto, na condição de fornecimento de energia (2º Quadrante) é verificável que a componente indutiva é compensada.

Gráfico 25 – Fator de potência médio mensal da cabine CP45.

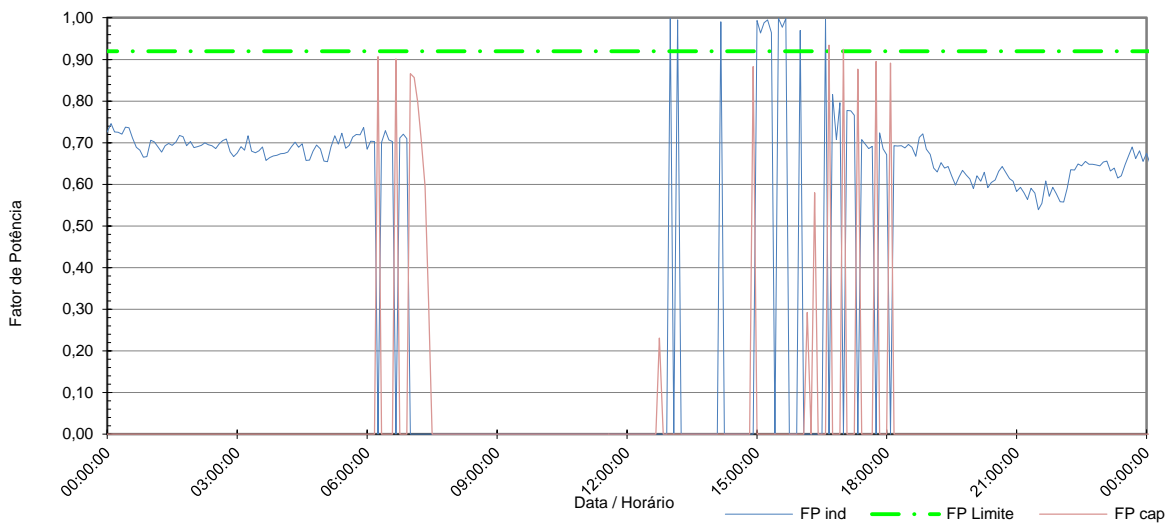


Fonte: Elaborada pelo autor.

O crescimento verificado no fator de potência indutivo na condição de consumo é devido ao retorno gradual das atividades e conseqüentemente aumento da carga e, também, da operação do sistema de geração fotovoltaico programado para a compensação da energia reativa pela injeção de carga capacitiva.

O Gráfico 26 apresenta a influência desta compensação na medição do fator de potência instantâneo na condição de consumo e fornecimento. Os intervalos em que a medição apresenta o FP=0,00 são aqueles em que o fator de potência ficou capacitivo. Condição que não será avaliada neste trabalho.

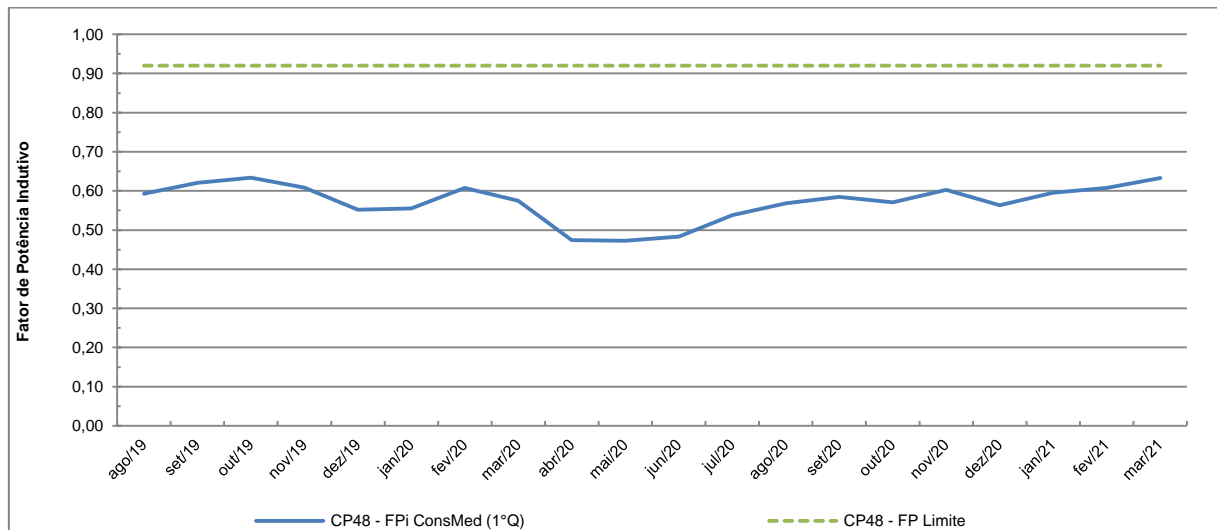
Gráfico 26 – Fator de potência indutivo medido pela cabine CP45.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 27 apresenta o histórico do fator de potência indutivo médio mensal verificado na cabine primária CP48 na exclusiva condição de consumo de energia (1º Quadrante). Não há fontes geradoras conectadas a esta cabine.

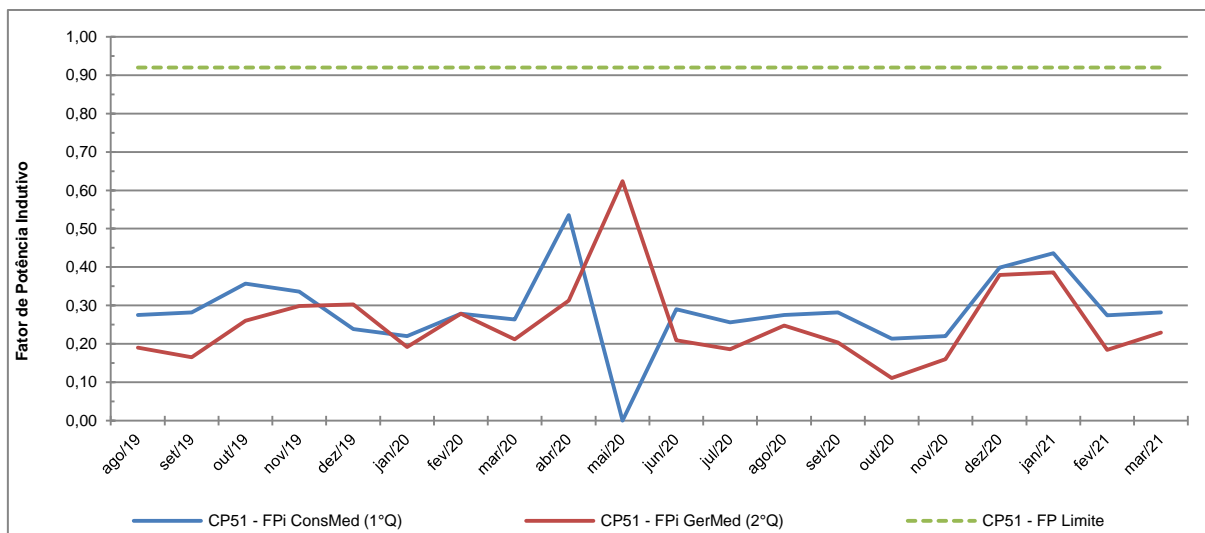
Gráfico 27 – Fator de potência médio mensal da cabine CP48.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 28 apresenta o histórico dos fatores de potência indutivos médios mensais verificados na cabine primária CP51 nas condições de consumo de energia (1º Quadrante) e na condição de fornecimento de energia (2º Quadrante). Em que é verificável a forte componente indutiva nas duas condições de operação.

Gráfico 28 – Fator de potência médio mensal da cabine CP51.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os históricos de medição dos fatores de potências indutivos médios mensais apresentam que os circuitos do IEE apresentam uma carga indutiva associada muito alta. Isto, em partes, associado ao número de transformadores instalados a apresentados na Tabela 10.

Destacamos que o período que compreende todo o histórico de dados, o IEE reduziu drasticamente suas atividades laboratoriais e de escritório, e conforme apresentado no Gráfico 26 a condição indutiva permanece por todo o período noturno. Desta forma, a condição apresentada tem associação direta a carga indutiva do conjunto de transformadores de potência em operação e seu consumo de energia dimensionado e apresentado na Tabela 10 e na Tabela 21.

## 8.2. Levantamento individualizado dos bancos de capacitores:

A necessidade da instalação de bancos de capacitores nas cabines primárias, para a compensação das cargas indutivas presentes nos circuitos internos, foi verificada pela implementação de rotinas de cálculos nas planilhas para o

dimensionamento das cargas capacitivas necessárias aos circuitos das cabines para a correção do fator de potência indutivo ( $FP_{Ind}$ ) ao limite de isenção de multa ( $FP_{Ind}=0,92$ ) a cada ciclo de medição.

Esta rotina realiza o cálculo do fator de potência, para cada ciclo de medição, pela equação 11 e verifica se está abaixo do limite de isenção. Conforme apresentado na equação 12.

$$FP_{Indutivo} = \frac{P_{Ativa}}{S_{Aparente}} \quad (11)$$

$$FP_{Indutivo} < 0,92 \quad (12)$$

Nesta condição, serão calculadas as potência dos bancos de capacitor ( $Q_C$ ), necessárias para a correção de  $FP_{Ind}$  de cada uma das cabines primárias do IEE, conforme a eq. 16 pela potências trifásicas medidas e o fator de potência limite.

$$Q_C = P_{Ativa} \times (\tan \varphi_{Instantânea} - \tan \varphi_{Desejado}) (kVAr) \leftrightarrow \quad (13)$$

Onde  $\varphi_{Instantâneo}$  e  $\varphi_{Desejado}$  são respectivamente:

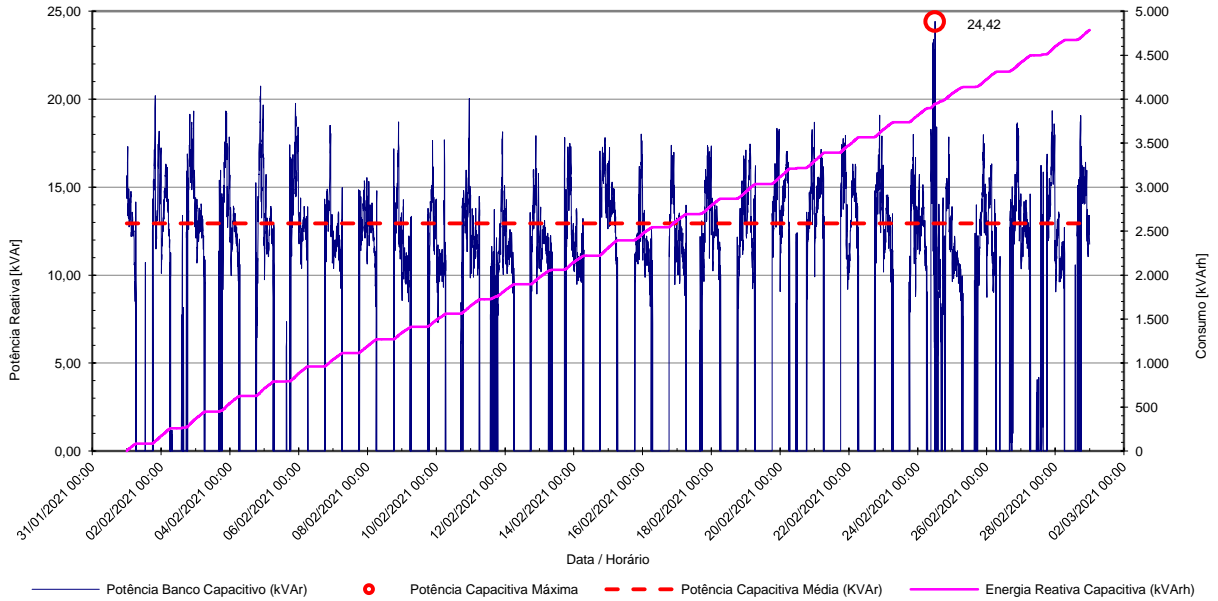
$$\varphi_{Desejado} = \arccos(FP_{Desejado}) = \arccos(0,92) \quad (14)$$

$$\varphi_{Instantâneo} = \arccos(FP_{Instantâneo}) = \arccos\left(\frac{P_{Cons}}{S_{Aparente}}\right) \quad (15)$$

$$Q_C = P_{Ativa} \times \left( \frac{Q_{Instantânea}}{P_{Instantânea}} - \frac{\sqrt{(1-FP_{Limite}^2)}}{FP_{Limite}^2} \right) (kVAr) \quad (16)$$

O Gráfico 29 apresenta a carga capacitiva instantânea requerida, para a correção do  $FP_{Ind}$ , ao circuito da cabine CP45 em fevereiro/2021 e os valores de ponto máximo mensal e da média mensal.

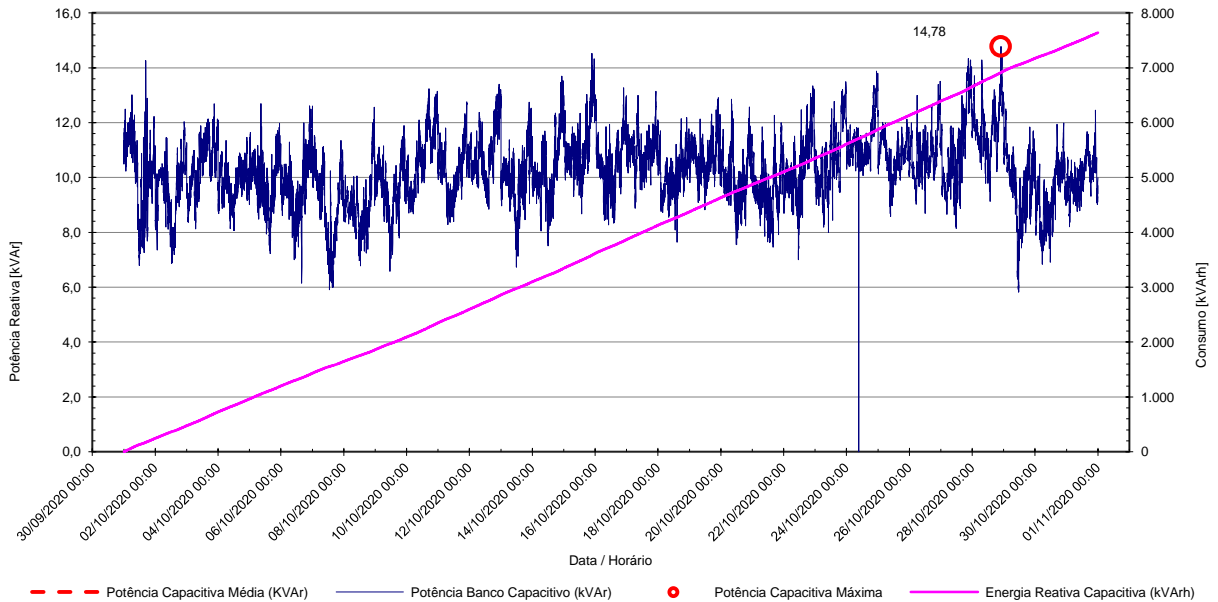
Gráfico 29 – Carga capacitiva necessária à cabine CP45.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 30 apresenta a carga capacitiva instantânea requerida, para a correção do  $FP_{Ind}$ , ao circuito da cabine CP48 em outubro/2020 e seus valores de ponto máximo mensal e da média mensal.

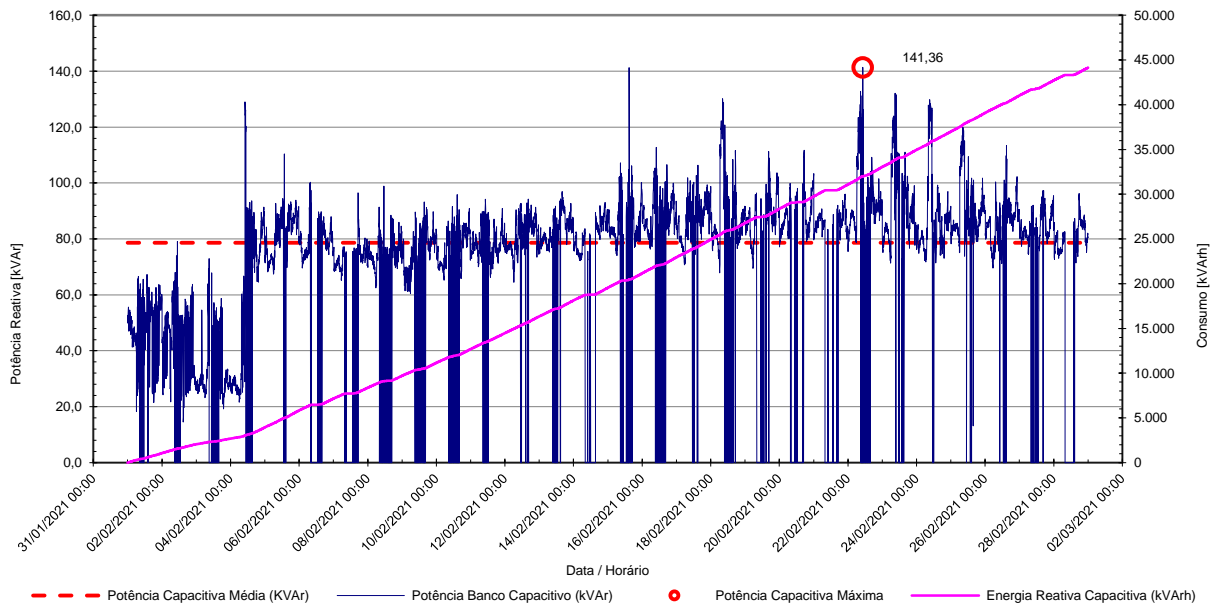
Gráfico 30 – Carga capacitiva necessária à cabine CP48.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 31 apresenta a carga capacitiva instantânea requerida, calculada para a correção do  $FP_{Ind}$ , ao circuito da cabine CP51 em fevereiro/2021 e seus valores de ponto máximo mensal e da média mensal.

Gráfico 31 – Carga capacitiva necessária à cabine CP51.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 25 apresenta o levantamento histórico dos valores das cargas capacitivas necessárias aos circuitos do IEE para a correção do fator de potência medido em cada uma de suas cabines primárias.

Tabela 25 - Histórico das cargas capacitivas requeridas.

Data	Qc-CP45			Qc-CP48			Qc-CP51		
	Qc Médio (kVA)	Qc Máximo (kVA)	$\Delta Qc$ (kVA)	Qc Médio (kVA)	Qc Máximo (kVA)	$\Delta Qc$ (kVA)	Qc Médio (kVA)	Qc Máximo (kVA)	$\Delta Qc$ (kVA)
ago/19	16,1	39,0	22,9	11,9	19,4	7,5	128,9	292,0	163,1
set/19	17,5	37,4	19,9	11,0	26,1	15,1	139,2	261,1	122,0
out/19	26,5	47,2	20,7	10,8	26,1	15,3	101,8	473,0	371,2
nov/19	25,2	41,2	16,0	10,9	20,6	9,7	74,3	441,7	367,4
dez/19	28,3	47,5	19,2	12,2	33,5	21,3	108,8	320,5	211,7
jan/20	27,6	46,9	19,3	12,4	41,3	28,9	105,9	235,5	129,6
fev/20	27,6	46,9	19,3	10,1	23,6	13,4	128,1	472,7	344,6
mar/20	28,7	46,5	17,8	10,1	28,0	17,8	85,6	170,4	84,9
abr/20	27,9	41,5	13,5	11,7	16,4	4,7	123,0	216,0	93,0
mai/20	14,0	41,4	27,4	11,7	15,9	4,2	---	---	---
jun/20	27,5	60,2	32,7	11,8	28,1	16,3	87,6	271,8	184,2
jul/20	12,4	24,6	12,2	10,8	17,0	6,2	93,0	363,7	270,7
ago/20	17,8	29,3	11,5	10,0	17,8	7,9	92,3	562,9	470,6
set/20	18,1	29,2	11,1	9,9	15,0	5,1	86,2	352,4	266,2
out/20	18,9	39,0	20,0	10,3	14,8	4,5	138,1	387,9	249,8
nov/20	19,4	38,1	18,6	9,4	17,2	7,8	106,1	188,2	82,1
dez/20	16,1	38,9	22,8	10,8	28,1	17,3	63,4	362,8	299,4
jan/21	13,9	21,0	7,1	10,4	27,3	16,9	46,7	468,4	421,7
fev/21	12,9	24,4	11,5	10,0	14,8	4,9	78,6	141,4	62,7
mar/21	11,9	19,8	7,8	9,2	17,3	8,1	72,8	164,1	91,3

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos dados apresentados foram retirados os valores médios e máximos históricos como referenciais iniciais para a caracterização dos bancos de capacitores necessários aos circuitos. Onde os valores mínimos e os valores máximos indicariam, individualmente, o primeiro e o último estágio do banco de capacitor. A Tabela 26 apresenta os parâmetros iniciais ao dimensionamento de um banco de capacitores com a escolha de 06 (seis) estágios de operação.

Tabela 26 - Dados preliminares dos bancos de capacitores requeridos.

		<b>Qc-CP45 (kVAr)</b>	<b>Qc-CP48 (kVAr)</b>	<b>Qc-CP51 (kVAr)</b>
Carga Média	1° Estágio	20,4	10,8	97,9
Carga Máxima	6° Estágio	60,23	41,30	562,92
N° Estágios	Adicionais	5	5	5
Qc/Estágio		9,66	6,42	103,25

Fonte: Elaborado pelo autor.

A apresentação de projeto constando todas as características técnica dos bancos de capacitores às cabines primárias do IEE não faz parte do escopo deste trabalho. Entretanto, serão apresentados os componentes essenciais a partir de dados técnicos de um fabricante nacional para a estimativa inicial.

Os referenciais técnicos e comerciais utilizados para esta estimativa inicial foi o catálogo de banco de capacitores trifásicos, conforme apresentado no ANEXO II, e demais dispositivos da empresa WEG S.A[34]. Assim, os bancos de capacitores seriam formados pelos respectivos componentes:

**CP45:** Banco de capacitores trifásico[35], Tipo: MCW-200V, Tensão nominal: 220 V, constituído de 06 (seis) estágios sendo: 1° Estágio de 20 kVAr e demais estágios de 10 kVAr formando uma faixa operacional de 20 a 70 kVAr. Acompanhado de 02 (dois) reatores de dissintonia, Tipo: DRW14-0,67V25, Tensão nominal: 220 V e Potência Nominal: 31,2 kVAr e 01 (um) controlador automático de fator de potência, Tipo PFW.

**CP48:** Banco de capacitores trifásico, Tipo: MCW-200V, Tensão nominal: 220 V, constituído de 06 (seis) estágios sendo: 1° Estágio de 10 kVAr e demais estágios de 7,5 kVAr formando uma faixa operacional de 10 a 47,5 kVAr. Acompanhado de 02 (um) reator de dissintonia, Tipo: DRW14-0,89V25, Tensão nominal: 220 V e Potência Nominal: 23,4 kVAr e 01 (um) controlador automático de fator de potência, Tipo PFW.

**CP51:** Banco de capacitores trifásico, Tipo: BCW-200V, Tensão nominal: 220 V, constituído de 06 (seis) estágios sendo: 1º Estágio de 100 kVAr e demais estágios de 100 kVAr formando uma faixa operacional de 100 a 600 kVAr. Acompanhado de 20 (dez) reatores de dissintonia, Tipo: DRW14-0,67V25, Tensão nominal: 220 V e Potência Nominal: 31,2 kVAr e 01 (um) controlador automático de fator de potência, Tipo PFW.

A verificação das características físicas dos locais das instalações internas das cabines primárias não foram realizadas e com isso, as efetivas características físicas destes bancos de capacitores e as condições de suas instalações podem mudar os componentes constantes na lista apresentada.

### 8.3. Avaliação financeira do investimento:

A avaliação financeira dos bancos de capacitores identificados foi realizada a partir das estimativas orçamentárias apresentadas nos trabalhos de Marchi (2019) [27] e Pereira *et al* (2015) [29] e assim definimos em R\$ 100,00/kVAr o indicador referencial inicial ao qual sofrerá adicional percentual em função da complexidade individual das instalações e, também, o número de estágios escolhidos. Assim, foram calculados os custos das instalações individualizadas e determinado em 10 anos a vida útil deste projeto. A Tabela 27 apresenta os valores individualizados.

Tabela 27 - Estimativa do custo de instalação dos bancos de capacitores.

Cabine	Qc Máxima (kVAr)	Indicador (R\$/kVAr)	Ágio (%/Estágio)	Estágios (Unidade)	Indicador Final (R\$/kVAr)	Preço (R\$)
CP45	70	100	10%	6	150	10.500,00
CP48	47,5	100	10%	6	150	7.125,00
CP51	600	100	25%	6	225	135.000,00
<b>Investimento TOTAL:</b>						<b>152.625,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 8.3.1. Análise pelo método do *Payback* Simples:

A Tabela 28 apresenta o *payback* simples para o investimento a ser realizado, no total de R\$ 152.625,00, em que é utilizado o custo médio mensal do excedente reativo verificado, conforme a Tabela 25, como o valor referencial no lançamento do fluxo de caixa. Nesta podemos verificar que o único que todos os componentes do projeto retornam o investimento integral no primeiro ano.

Tabela 28 – Cálculo do *payback* simples do projeto.

<b>CABINE</b>	<b>Investimento (R\$)</b>	<b>UFER Mensal (R\$)</b>	<b><i>Payback</i> Simples (Meses)</b>
<b>CP45</b>	10.500,00	1.895,17	5,54
<b>CP48</b>	7.125,00	1.849,01	3,85
<b>CP51</b>	135.000,00	12.285,50	10,99

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 8.3.2. Análise pelo método do *Payback* descontado:

A Tabela 29 apresenta o *payback* descontado para o investimento a ser realizado, no total de R\$ 152.625,00, em que é utilizado o custo médio anual do excedente reativo verificado, conforme a Tabela 25, como o valor referencial no lançamento do fluxo de caixa. Considerando uma vida útil de 10 anos para o projeto e a taxa média histórica recente do IPCA, entre os anos 2016 e 2020, no valor de 4,364% ao ano.

Tabela 29 – Cálculo do *payback* descontado do projeto.

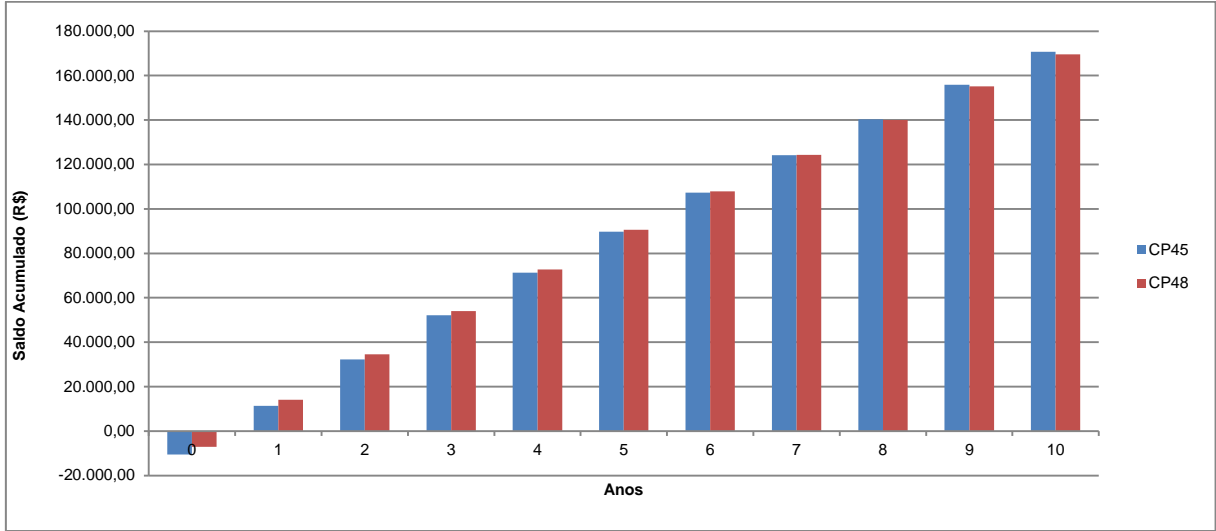
<b>CABINE</b>	<b>Investimento (R\$)</b>	<b>UFER Anual (R\$)</b>	<b>Vida Projeto (Anos)</b>	<b>VLP (R\$)</b>	<b>TIR (%)</b>	<b><i>Payback</i> Descontado (Anos)</b>
<b>CP45</b>	10.500,00	22.741,99	10	944.526,70	2,17	0,48
<b>CP48</b>	7.125,00	22.188,16	10	955.837,13	3,85	0,34
<b>CP51</b>	135.000,00	147.426,00	10	5.386.672,01	10,99	0,96

Fonte: Elaborado pelo autor.

O investimento realizado ao projeto, descontado a taxa definida para a operação financeira, obterá retorno no primeiro ano de operação dos sistemas.

O Gráfico 32 apresenta o saldo acumulado ao longo dos 10 (dez) anos de operação dos bancos de capacitores das cabines CP45 e CP48. Onde é verificável que o projeto se paga no primeiro semestre de operação.

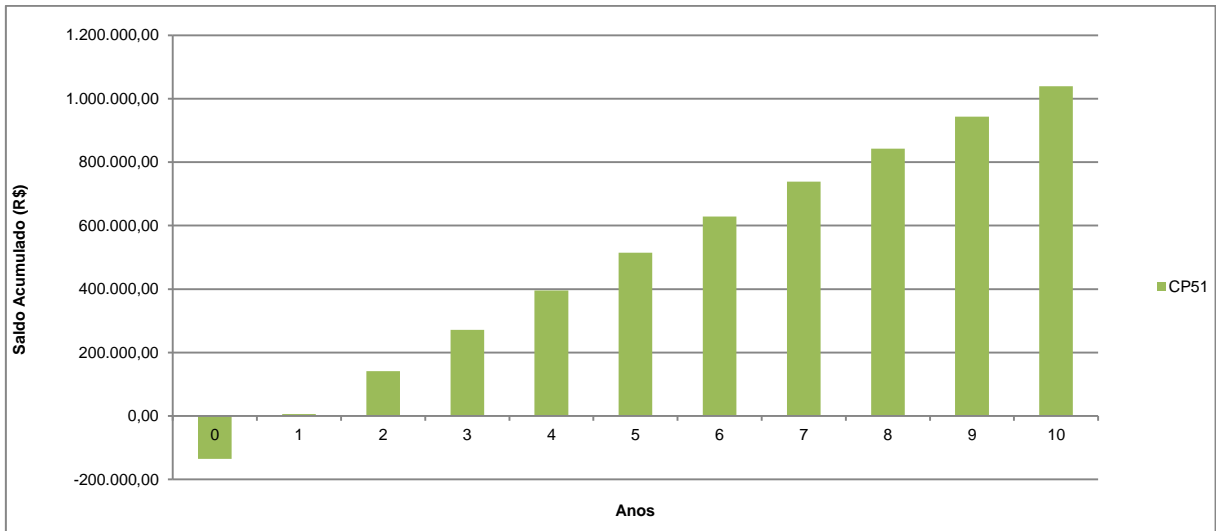
Gráfico 32 – Saldo acumulado das cabines CP45 e CP48.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 33 apresenta o saldo acumulado ao longo dos 10 (dez) anos de operação dos bancos de capacitores da cabine primária CP51. Onde é verificável que o projeto se paga no fim do primeiro ano de operação.

Gráfico 33 – Saldo acumulado descontado da cabine CP51.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Devemos destacar aqui a possível reanálise das condições financeiras deste projeto, pois sua efetividade dependerá das condições orçamentárias apresentadas ao IEE por prestadores de serviços. Modificações locais poderão ser requeridas e,

principalmente, aquelas destinadas a cabine primária CP51 devido ao tamanho do banco de capacitores aqui apresentados.

Onde a instalação do banco de capacitores de  $Q_c = 600 \text{ kVAr}$  pode apresentar maior complexidade que as verificadas neste trabalho. O conjunto de acessórios envolvidos nesta montagem poderão se demonstrar desproporcionais a potência reativa. Como foi realizado neste pelo cálculo de um indicador monetário para a compra e instalação dos equipamentos e instrumentos.

## 9. RESULTADOS OBTIDOS

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho foram alcançados os respectivos resultados, sendo:

- a) Realizar caracterização da CUASO como uma unidade consumidora que realiza o fornecimento de energia de todas as unidades dentro do seu território. E apresentar o seu histórico recente de 53.680,13 MWh/ano de energia consumida a um custo de R\$ 25.755.479,50;
- b) Apresentar as ações realizadas pela USP voltados ao gerenciamento da energia em suas instalações, como: o sistema CONTALUZ para o gerenciamento das faturas, o Supervisório Unificado de Energia Elétrica para o monitoramento das cabines primárias das unidades e o Informe mensal de consumo de energia elétrica das unidades monitoradas;
- c) Apresentar que os históricos de indicadores constantes nos informes de consumo de energia das unidades apresentam registros que não estão atualizados, por exemplo, os registros da cabine ENERGIA – CP45;
- d) Apresentar a limitação do monitoramento do consumo de energia elétrica pelo exclusivo registro da medição da energia ativa consumida. E por isto, não permitindo verificar a contribuição dada pelas fontes de geração distribuídas instaladas na CUASO;
- e) Apresentar a necessidade da readequação dos sistemas utilizados pela USP e pelo IEE para a medição, monitoramento e análise de dados em quatro quadrantes. De forma a representar o consumo e fornecimento de energia individual e ainda as grandezas reativas.
- f) Apresentar a necessidade de estratégias para a readequação dos indicadores utilizados para a análise dos históricos de medição. De forma que, apresentem as efetivas características das instalações monitoradas e possibilitem a verificação falhas sistêmicas ou problemas inerentes à sua rede de distribuição. Como por exemplo, o Gráfico 17 e no Gráfico 18 apresentam diferenças nominais entre ramas diferentes e ainda a oscilações ao longo do ano;
- g) Apresentar as instalações do IEE, composta por diversos transformadores e fontes de geração de energia fotovoltaica, que durante o dia permite o

atendimento da demanda interna e fornecimento do excedente à rede de distribuição da CUASO;

- h) Foi verificado que o IEE, com as ações à eficiência energética de suas instalações, não alcançou a autossuficiência energética. Apresentado na Tabela 14 como necessário o ingresso adicional de 84,82 MWh/ano e a Tabela 15 o seu custo associado de R\$ 41.042,39;
- i) Foi verificado que o conjunto de transformadores instalados no IEE, apresentado na Tabela 10, constituem uma das fontes da carga indutiva, em função das perdas apresentadas na Tabela 21, refletidas no fator de potência das cabines primárias estudadas;
- j) Foi apresentado um novo modelo de relatório de monitoramento de energia contendo um conjunto maior de informações para análise e tomada de decisões, como apresentado na Figura 23;
- k) Foi apresentada a contabilização dos registros das cabines primárias do IEE, conforme as regras tarifárias impostas à CUASO para o consumo, conforme o rateio (CUE) realizado pela PUSP-C para o fornecimento, e considerando o custo associado ao excedente reativo e apresentado na Tabela 23;
- l) Foi apresentado na Tabela 24 o custo associado aos excedentes reativos indutivos verificados nas cabines do IEE.
- m) A análise do Gráfico 29, do Gráfico 30 e do Gráfico 31 permite verificar a necessidade da instalação de bancos de capacitores para a correção dos fatores de potências médios mensais das instalações e Tabela 25.
- n) Foram verificados o cálculo do *payback* simples, apresentado na Tabela 28, e o cálculo do *payback* descontado, apresentado na Tabela 29, onde se verificar que os custos associados à instalação dos bancos de capacitores nas cabines do IEE são inferiores a um ano do custo associado ao excedente reativo indutivo contabilizado.

## 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O SEB passou por diversas transformações ao final do século XX com o estabelecimento de um mercado de energia elétrica constituído de agentes atuantes independentes (geradoras, transmissoras, distribuidoras, comercializadoras, autoprodutores, etc.) dentro do ambiente de contratação livre (ACL) e demais consumidores no ambiente de contratação regulado (ACR). Onde se apresentam agentes delegados com atuações específicas, como: regulação do mercado pela ANEEL, operacionalização do sistema pela ONS e, ainda, a manutenção dos contratos e sua monetização pela CCEE. Que se tornaram ainda mais importantes com o ingresso contínuo de consumidores que injetam energia nas redes elétricas por meio de sistemas próprios de geração, principalmente, fotovoltaicos e biomassa.

Os agentes atuantes neste mercado, nos primeiros anos do século XXI, foram integrando tecnologias ao seu parque operativo à automatização dos processos de controle dos equipamentos e dispositivos e dos instrumentos de medição do fluxo de energia em suas redes. Assim, adicionando as suas estruturas elementos e funcionalidades das Redes Inteligentes ou Smart Grid, como: religadores, disjuntores, medidores de energia, analisadores, etc. Com o tempo, surgiria a necessidade da integração de diversos sistemas desconexos para ao gerenciamento das infraestruturas locais, ou seja, ingressaria a ideia de Cidades Inteligentes ou *Smart Cities*. Por fim, do avanço alcançado pelos sistemas de telecomunicações à sociedade em que se permitem a comunicação de inúmeros dispositivos, máquinas, equipamentos e instrumentos de forma bidirecional. A ideia da Internet das Coisas ou IoT vem dando pequenos passos no que se refere ao mercado de energia elétrica na abrangência social. Porém, o conceito já está presente no mercado.

Acompanhando os avanços observados no mercado, a Universidade de São Paulo (USP) em seu *campus*, Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira (CUASO), que contém diversas faculdades e institutos especializados dentro dos seus limites, promoveu melhorias às suas infraestruturas como: substituição da antiga iluminação pública para um sistema a lâmpadas a LED automatizado; substituição da rede de distribuição por postes para uma rede subterrânea; criação de um sistema de gerenciamento das faturas das unidades, CONTALUZ; criação de um sistema de monitoramento das cabines primárias das unidades; e apresentação

de informes de consumo de energia de suas unidades de forma aberta. Entre outras iniciativas da universidade visando melhorias em seus sistemas de gerenciamento urbano (BOCCUZZI, 2015)[13]. Já que o conjunto de instalações dentro da CUASO consumiu 53.680,13 MWh de energia elétrica no último ano ao custo de R\$ 25.755.479,50 ao orçamento da universidade e, por isto, o interesse institucional na identificação de indicadores de eficiência energética e na promoção pelo uso consciente da energia elétrica por seus usuários. Entretanto, não foi realizada ações de forma a estruturar um sistema que permita o gerenciamento das cargas pelo lado da demanda (GLD) dos usuários à sua rede de distribuição de energia elétrica.

O Instituto de Energia e Ambiente (IEE) sendo um instituto especializado com atuação histórica no desenvolvimento de ensaios, para os agentes atuantes no setor elétrico brasileiro, e estudos acadêmicos voltados ao setor elétrico brasileiro. O IEE, através da execução de projetos de PEE e P&D, promoveu a instalação de sistemas de geração distribuídas em suas dependências e, também, fora dela. E desta forma, mesmo não sendo um dos agentes administrativos da CUASO, deu passos muito significativos ao ingresso efetivo de técnicas promotoras da eficiência energética na utilização dos espaços físicos da universidade. De forma que, continuamente, o IEE implementou ações aditivas e integrativas na busca de sua autossuficiência energética. Conforme os dados verificados, no período de abr/2020 a mar/2021, e apresentados por este trabalho os números do IEE são:

- ✓ A produção de energia estimada através de fontes fotovoltaicas instaladas no interior do IEE no período foi de 432,66 MWh/ano;
- ✓ O fornecimento da energia excedente do IEE à CUASO verificado no período foi de 153,69 MWh;
- ✓ O consumo de energia da rede de distribuição verificado pelo sistema de medição e monitoramento do IEE no período foi de 351,81 MWh;
- ✓ O consumo interno de energia elétrica na realização de suas atividades internas foi de 630,78 MWh.

O IEE realizou a estruturação de sistema de monitoramento remoto do fluxo de energia de suas instalações à USP. E com isso, poder dimensionar suas contribuições ao consumo de energia local e dimensionar o excedente disponível as demais instalações da USP. E também, dimensionar a sua participação na demanda de energia reativa para a rede de distribuição da USP. Uma vez que, suas atividades são direcionadas à realização de ensaios elétricos em equipamentos e dispositivos

com alta demanda de energia e, por isto, tendo em suas instalações um conjunto de transformadores de potência com alta demanda instalada necessária, porém não utilizadas continuamente.

Por esta feita, o presente trabalho apresenta uma análise realizada no fluxo de energia verificado nas instalações do IEE considerando, parcialmente, as regras tarifárias às quais a USP é submetida para a contabilização monetária de seu consumo de energia e de seu fornecimento de energia à rede de distribuição. Onde, foram verificadas grandes demandas de energia reativa indutiva devido à alta carga instaladas em transformadores. Assim, ações voltadas à correção dos fatores de potência indutivos medidos em suas cabines primárias no consumo e no fornecimento de energia são de fundamental importância. Assim, este trabalho se conclui no dimensionamento dos bancos de capacitores necessário para a diminuição da energia reativa por suas instalações e na verificação de que os custos associados serão liquidados no curto prazo.


## 11. TRABALHOS FUTUROS

No desenvolvimento deste trabalho diversos pontos, relacionados ao gerenciamento de energia elétrica nas organizações, não foram plenamente desenvolvidos por estarem fora do escopo das atividades propostas. Entretanto, igualmente importantes aos profissionais que atuaram em atividades voltadas à eficiência energética aplicada às organizações.

Desta forma, são apresentados temas para futuros trabalhos, sendo:

- a) Os modelos e metodologias utilizadas por empresas, no mercado brasileiro, na prestação de serviços voltados ao gerenciamento de energia de organizações. Considerando as características técnicas dos dispositivos utilizados, as informações disponibilizadas aos consumidores e, também, a precificação do serviço;
- b) Estratégias possíveis para a implantação do gerenciamento da energia pelo lado da demanda (GLD) em organizações públicas como a USP;
- c) A possibilidade da implantação do monitoramento de todas as edificações internas das unidades conectadas a rede de distribuição de energia da CUASO;
- d) A centralização de todos os sistemas de monitoramento e gerenciamento desenvolvidos e utilizados pela USP e demais unidades em uma única plataforma virtual;
- e) Estudo das instalações internas da CUASO para a caracterização da atual destas instalações e determinação de monitoramento realizado por meio de medidores de energia a 02 e 04 quadrantes;
- f) Análise dos indicadores de qualidade de energia no fornecimento de energia elétrica à rede de distribuição de energia elétrica da CUASO pela concessionária de energia local; e,
- g) Definição de um modelo para contabilização do fornecimento de energia elétrica das unidades internas da CUASO representativa as suas condições de usabilidade do sistema.

## REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, M. P.;  *et al.* Fornecimento de serviços auxiliares com sistemas de armazenamento de energia em sistemas elétricos em sistemas elétricos com elevada penetração de geração intermitente. Disponível em: <[http://www.iee.usp.br/sites/default/files/anexoseventos/Marcelo\\_ApresentacaoEvento\\_parceria\\_ambaixada\\_EUA%202019\\_07\\_24.pdf](http://www.iee.usp.br/sites/default/files/anexoseventos/Marcelo_ApresentacaoEvento_parceria_ambaixada_EUA%202019_07_24.pdf)>. Acessado em: 02 maio 2021.
- [2] ALMEIDA, M. P.; ZILLES, R.; RIBEIRO, C.; DEORIO, A. Projeto "desenvolvimento de competências e avaliação de arranjos técnicos e comerciais em geração distribuída com sistemas fotovoltaicos conectados à rede". Anais. São Paulo: IEE -USP, 2016. Disponível em: <[http://static.cteep.mediatgroup.com.br/Arquivos/Projetos/Projeto%20Estrat%C3%A9gico%20-%200068-0029\\_2011%20%20-%20Proponente:%20CTEEP.pdf](http://static.cteep.mediatgroup.com.br/Arquivos/Projetos/Projeto%20Estrat%C3%A9gico%20-%200068-0029_2011%20%20-%20Proponente:%20CTEEP.pdf)>. Acessado em: 03 maio 2021.
- [3] ANEEL. Breve histórico da regulação antes da ANEEL. Disponível em: <[Breve histórico da regulação antes da ANEEL - A ANEEL - Conheça a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL](#)>. Acessado em: 12/04/2021
- [4] ANEEL. **PRODIST – Procedimento de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional.** Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo1\\_Rev%20is%C3%A3o10/f6c63d9a-62e9-af35-591e-5fb020b84c13](http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo1_Rev%20is%C3%A3o10/f6c63d9a-62e9-af35-591e-5fb020b84c13)>. Acessado em: 15 abr. 2021.
- [5] ANEEL. BRASIL. **Resolução Normativa nº 414 de 2012.** Condições gerais de fornecimento de energia elétrica. Disponível em: <[https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/REN\\_414\\_2010\\_atu%20al\\_REN\\_499\\_2012.pdf/d299b3a0-ad4a-4c68-a280-6891e10b4465](https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/REN_414_2010_atu%20al_REN_499_2012.pdf/d299b3a0-ad4a-4c68-a280-6891e10b4465)>. Acessado em 15 abr. 2021.
- [6] ANEEL. **PRODIST – Módulo 11. Fatura de Energia Elétrica e Informações Suplementares.** Revisão nº 1 de 03/08/2020. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/modulo-11>>. Acessado em 15 abr. 2021.
- [7] ANEEL. **PRODIST – Módulo 5. Sistemas de Medição.** Revisão nº 6 de 01/01/2021. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/modulo-5>>. Acessado em: 15 abr. 2021.
- [8] ANEEL. **PRODIST – Módulo 8. Qualidade da Energia Elétrica.** Revisão nº 12 de 01/01/2021. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/modulo-8>>. Acessado em: 15 abr. 2021.

- [9] ANEEL. **PRORET – Procedimentos de regulação tarifária**. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/procedimentos-de-regulacao-tarifaria-proret>>. Acessado em: 15 abr. 2021.
- [10] ANEEL. **Boletim de informações gerenciais**. Março/2019. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa%C3%A7%C3%B5es+Gerenciais+-+1%C2%BA+trimestre+de+2019/b860054f-79ec-6608-951a-fb2288701434>>. Acessado em: 14 abr. 2021.
- [11] BANDEIRA, F. P. M. **Redes de energia elétrica inteligentes (smart grids)**. Nota técnica. Consultoria Legislativa, 2012. Disponível em: <<https://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/9848> ou [https://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/9848/redes\\_energia\\_bandeira.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/9848/redes_energia_bandeira.pdf?sequence=5&isAllowed=y)>. Acessado em: 15 abr. 2021.
- [12] BNDES. **Redes Inteligentes**. Disponível em: <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2927/1/RB%2040%20Redes%20el%C3%A9tricas%20inteligentes\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2927/1/RB%2040%20Redes%20el%C3%A9tricas%20inteligentes_P.pdf)>. Acessado em: 17 abr. 2021.
- [13] BOCCUZZI, C. V. et al.  Smart Grid aplicado na rede subterrânea de distribuição de energia elétrica da Cidade Universitária de São de Paulo. Fórum de Redes subterrâneas de Energia Elétrica. 2015. Disponível em: <<https://silo.tips/download/smart-grid-aplicado-na-rede-subterranea-de-distribuicao-de-energia-eletrica-da-ci#>>. Acessado em: 16 mar. 2021.
- [14] BRASIL. **Decreto Federal nº 5.163 de 30 de julho de 2004**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Ato2004-2006/2004/Decreto/D5163compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2004-2006/2004/Decreto/D5163compilado.htm)>. Acessado em: 15 abr. 2021.
- [15] CCEE. Quem somos. Disponível em: <<https://www.ccee.org.br/15anos/quem-somos.html>>. Acessado em: 12 abr. 2021.
- [16] CCEE. Lista de medidores compatíveis a plataforma SCDE da CCEE. Disponível em: <[https://www.ccee.org.br/ccee/documentos/CCEE\\_360644](https://www.ccee.org.br/ccee/documentos/CCEE_360644)>. Acessado em: 15 abr. 2021.
- [17] cgee. **Redes elétricas inteligentes: contexto nacional**. Dezembro/2012. Pág. 8. Disponível em: <[https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Redes\\_Eletricas\\_Inteligentes\\_22mar13\\_9539.pdf/36f87ff1-43ed-4f33-9b53-5c869ace9023?version=1.5](https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Redes_Eletricas_Inteligentes_22mar13_9539.pdf/36f87ff1-43ed-4f33-9b53-5c869ace9023?version=1.5)>. Acessado em: 16 abr. 2021.
- [18] EPE. Anuário estatístico de energia elétrica 2011. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202011.pdf>>. Acessado em: 13 abr. 2021.

- [19] EPE, Anuário estatístico de energia elétrica 2020 – ano base 2019. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Arquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202020.pdf>>. Acessado em: 13 abr. 2021.
- [20] FAVATO, L. B.; **Indicadores de eficiência energética em edifícios da USP: concepções, aplicabilidade e desdobramentos energético – ambientais associados**. São Paulo, 2005. Disponível em: <[http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/52/2015/09/Disserta%C3%A7%C3%A3o-de-Mestrado\\_Leonardo-Favato.pdf](http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/52/2015/09/Disserta%C3%A7%C3%A3o-de-Mestrado_Leonardo-Favato.pdf)>. Acessado em 16 mar. 2021.
- [21] Grupo de Trabalho para Modernização do Setor Elétrico. **Inserção de novas tecnologias**. 1º Relatório – Diagnóstico. Pág. 53. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/Documents/Modernizacao-Setor-Eletrico/Novas-Tecnologias/1o%20Relatorio%20-%20Diagnostico.pdf>>. Acessado em: 14 abr. 2021.
- [22] JARDINETTI, R. B.; MARTINI, José Sidnei Colombo. **O Sistema Elétrico Diretamente Enterrado - SEDE; implantação, monitoração e automação: o caso da Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"**. 2003. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- [23] KRON, Medidores. **Mapa de registros: Protocolo MODBUS – Família Mult – K**, revisão 4.5. Disponível em: <<https://kron.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Mapas-de-registros-modbus-geral-linha-Mult-K.zip>>. Acessado em: 16 mar. 2021.
- [24] KRON MEDIDORES. **Medidores de energia e transdutores digitais de grandezas elétricas – Manual do usuário: MKM – K 05 / MKM – K 120**, revisão 4.7. Disponível em: <<https://kron.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Manual-do-Usuario-Mult-K-05-e-Mult-K-120-Rev-4.7.pdf>>. Acessado em: 16 mar. 2021.
- [25] KRON MEDIDORES. **MULT – K 05: Ficha técnica**. Disponível em: <<https://kron.com.br/wp-content/uploads/2020/03/Mult-K-05-Ficha-Tecnica.pdf>>. Acessado em: 16 mar. 2021.
- [26] LIRA, G. R., MARIZ, M. F., & ALMEIDA, T. G. (s.d.). **SmartGrid - Redes Inteligentes**. Disponível em: <[https://www.gta.ufrj.br/grad/13\\_1/smartgrid/historia.html](https://www.gta.ufrj.br/grad/13_1/smartgrid/historia.html)>. Acessado em: 15 abr. 2021.
- [27] MARCHI, D. Projeto e estudo de viabilidade técnica e financeira da correção do fator de potência em indústria têxtil utilizando banco de capacitores. Trabalho de conclusão de curso – Faculdade de engenharia elétrica. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/197847>>. Acessado em: 10 maio 2021.

- [28] ONS. O que é o ONS. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/o-que-e-ons>>. Acessado em: 11 abr. 2021.
- [29] PEREIRA, R. F., *et al.*  Correção do fator de potência: Estudo de viabilidade da implantação de um banco de capacitor em uma empresa de mineração localizada em Cataguases – MG. XXXV Encontro nacional de engenharia de produção. enegep. Fortaleza. 2015. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_214\\_267\\_27339.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_214_267_27339.pdf)>. Acessado em: 11 maio 2021.
- [30] SÔNEGO, A. A.; MARCELINO, R.; GRUBER, V. **A Internet das Coisas aplicada ao conceito de eficiência energética: uma análise quantitativo-qualitativa do estado da arte da literatura.** <<http://revistas.ufpr.br/atoz/article/view/47860/29517>>. Acesso de 16 abr. 2021.
- [31] TOLEDO, F. *et al.*  **Desvendando as redes elétricas inteligentes – SMART GRID HANDBOOK.** Rio de Janeiro: Ed. BRASFORT, 2012.
- [32] USP. Relatório de Gestão 2014-2017. Prefeitura do campus USP da Capital (PUSP-C). pág. 20. Outubro/2017. <<http://www.puspc.usp.br/wp-content/uploads/sites/159/2017/11/RELATORIO-PUSP-C-2014-2017-rev.-nov.2017.pdf>>. Acessado em 02 maio 2021.
- [33] USP. Atribuições das PUSPs, SEF e SGA. 2015. Disponível em: <<http://www.puspc.usp.br/wp-content/uploads/sites/159/2016/08/Atribui%C3%A7%C3%B5es-das-PUSPs-SEF-e-SGA-CM.pdf>>. Acessado em: 02 maio 2021.
- [34] WEG. Manual para correção do fator de potência. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hea/h8b/WEG-correcao-do-fator-de-potencia-958-manual-portugues-br.pdf>>. Acessado em: 18 maio 2021.
- [35] WEG. Capacitores em corrente alternada. Manual de segurança elétrica. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h6a/hdc/WEG-10005056244-capacitores-em-corrente-alternada-manual-de-seguranca-e-aplicacao-pt.pdf>>. Acessado em: 18 maio 2021.

## ANEXO I

Tabela 30 – Protocolo MODBUS das grandezas monitoradas por medidor de energia da Família Mult-K da marca KRON [23].

Endereço (PLC)	REG # (HEX)	DESCRIÇÃO		TIPO	RANGE
30001, 30002	0x00	NS	Número de Série	Unsigned Int 32-bit (MSB,LSB)	
30003, 30004	0x02	U0	Tensão Trifásica (V)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30005, 30006	0x04	I0	Corrente Trifásica (A)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30007, 30008	0x06	FP	Fator de Potência Trifásico	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30009, 30010	0x08	S0	Potência Aparente Trifásica (VA)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30011, 30012	0x0A	O0	Potência Reativa Trifásica (VAR)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30013, 30014	0x0C	P0	Potência Ativa Trifásica (W)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30015, 30016	0x0E	F	Frequência (Hz)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30017, 30018	0x10	U1N	Tensão Linha-Neutro 1 (V)****	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30019, 30020	0x12	U2N	Tensão Linha-Neutro 2 (V)****	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30021, 30022	0x14	U3N	Tensão Linha-Neutro 3 (V)****	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30023, 30024	0x16	I1	Corrente Linha 1 (A)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30025, 30026	0x18	I2	Corrente Linha 2 (A)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30027, 30028	0x1A	I3	Corrente Linha 3 (A)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30029, 30030	0x1C	P1	Potência Ativa Linha 1 (W)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30031, 30032	0x1E	P2	Potência Ativa Linha 2 (W)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30033, 30034	0x20	P3	Potência Ativa Linha 3 (W)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30035, 30036	0x22	O1	Potência Reativa Linha 1 (VAR)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30037, 30038	0x24	O2	Potência Reativa Linha 2 (VAR)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30039, 30040	0x26	O3	Potência Reativa Linha 3 (VAR)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30041, 30042	0x28	S1	Potência Aparente Linha 1 (VA)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30043, 30044	0x2A	S2	Potência Aparente Linha 2 (VA)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30045, 30046	0x2C	S3	Potência Aparente Linha 3 (VA)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30047, 30048	0x2E	FP1	Fator de Potência Linha 1	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30049, 30050	0x30	FP2	Fator de Potência Linha 2	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30051, 30052	0x32	FP3	Fator de Potência Linha 3	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30053, 30054	0x34	EA+	Energia Ativa Positiva (kWh)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	0,0 a 99.999.999,0
30055, 30056	0x36	ER+	Energia Reativa Positiva (kVarh)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	0,0 a 99.999.999,0
30057, 30058	0x38	EA-	Energia Ativa Negativa (kWh)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	0,0 a 99.999.999,0
30059, 30060	0x3A	ER-	Energia Reativa Negativa (kVarh)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	0,0 a 99.999.999,0
30061, 30062	0x3C	MDA	Max. Demanda Ativa (kW)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30063, 30064	0x3E	DA	Demanda Ativa (kW)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30065, 30066	0x40	MDS	Max. Demanda Aparente (kVA)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30067, 30068	0x42	DS	Demanda Aparente (kVA)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30069, 30070	0x44	U12	Tensão Linha-Linha 12 (V)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30067, 30068	0x46	U23	Tensão Linha-Linha 23 (V)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30089, 30090	0x48	U31	Tensão Linha-Linha 31 (V)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30091, 30092	0x5A	Umáx	Max. Tensão Trifásica (V)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30093, 30094	0x5C	Imáx	Max. Corrente Trifásica (A)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30095, 30096	0x5E	EDP-1	Contador EDP-1 ***	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30097, 30098	0x60	EDP-2	Contador EDP-2***	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30099, 30100	0x62	EAP	Contador Parcial de Energia** (kWh)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30101, 30102	0x64		Corrente de Neutro** (A)	IEEE 32-bit fp (F2,F1,F0,EXP)	
30201	0xC8	THDU 1	THD – Tensão Linha 1	Inteiro 16-bit (MSB, LSB)	Escala: x 0,1
30202	0xC9	THDU 2	THD – Tensão Linha 2	Inteiro 16-bit (MSB, LSB)	
30203	0xCA	THDU 3	THD – Tensão Linha 3	Inteiro 16-bit (MSB, LSB)	
30204	0xCB	THD1 1	THD – Corrente Linha 1	Inteiro 16-bit (MSB, LSB)	
30205	0xCC	THD1 2	THD – Corrente Linha 2	Inteiro 16-bit (MSB, LSB)	
30206	0xCD	THD1 3	THD – Corrente Linha 3	Inteiro 16-bit (MSB, LSB)	
30321	0xDD	Erro	Código de Erro	Int 8-bit (MSB=0,LSB)	

ANEXO II



Figura 27 – Características dos capacitores escolhidos (WEG).

Linha	Série / Potência realiva	Montagem
UOW	<p><b>Série A</b> 0,83 kvar - 380...480 V</p>	
	<p><b>Série B</b> 0,83...3,33 kvar - 220 V 0,83...6,67 kvar - 380...535 V</p>	
	<p><b>Série C</b> 5...6,67 kvar - 220 V 6,67...10,0 kvar - 380...535 V</p>	
UOWT	<p><b>Série D</b> 0,5...3,0 kvar - 220 V 0,5...5,0 kvar - 380...535 V</p>	
	<p><b>Série E</b> 5,0...10,0 kvar - 220 V 7,5...15,0 kvar - 380...535 V</p>	
	<p><b>Série F</b> 10,5...30,0 kvar - 220 V 17,5...50,0 kvar - 380...535 V</p>	
MOW	<p>2,5...30,0 kvar - 220 V 2,5...60,0 kvar - 380...480 V</p>	
BOW	<p>10,0...50,0 kvar - 220 V 17,5...75,0 kvar - 380...480 V</p>	