

INSTITUTO FEDERAL

Paraíba

Campus João Pessoa

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

VITOR HUGO AIRES DA SILVA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**DESENVOLVIMENTO DE PLANILHA ELETRÔNICA
EM MICROSOFT POWER QUERY PARA ANÁLISE
AUTOMÁTICA DE RELATÓRIO DE MEMÓRIA DE MASSA**

João Pessoa
2022

VITOR HUGO AIRES DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE PLANILHA ELETRÔNICA EM MICROSOFT POWER QUERY PARA
ANÁLISE AUTOMÁTICA DE RELATÓRIO DE MEMÓRIA DE MASSA**

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso Superior de
Bacharelado em Engenharia Elétrica do
Instituto Federal da Paraíba como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do grau
de Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Orientador:

Professor Franklin Martins Pereira Pamplona, D. Sc.

João Pessoa
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Biblioteca Nilo Peçanha – IFPB, *campus* João Pessoa

S586d

Silva, Vitor Hugo Aires da.

Desenvolvimento de planilha eletrônica em Microsoft Power Query para análise automática de relatório de memória de massa / Vitor Hugo Aires da Silva. – 2022.

54 f. : il.

TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB / Coordenação de Engenharia Elétrica.

Orientador : Prof. Dr. Franklin Martins Pereira Pamplona.

1. Consumo de energia elétrica – Análise automática. 2. Eficiência energética. 3. Planilha eletrônica. 4. Microsoft Power Query. 5. Microsoft Office Excel. I. Título.

CDU 621.317.38:004.4

ATA 53/2022 - CCSBEE/UA3/UA/DDE/DG/JP/REITORIA/IFPB

Coordenação do Curso Superior de Bacharelado

**em Engenharia Elétrica
CCSBEE-JP**

**ATA DE APRESENTAÇÃO PÚBLICA E AVALIAÇÃO DE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

ATA Nº:	258/2022
(Nº / ANO)	

Às oito horas e trinta minutos do dia onze do mês de julho do ano de dois mil e vinte e dois, de modo virtual, foi realizada a Apresentação Pública e Avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "**DESENVOLVIMENTO DE PLANILHA ELETRÔNICA EM MICROSOFT POWER QUERY PARA ANÁLISE AUTOMÁTICA DE RELATÓRIO DE MEMÓRIA DE MASSA**", do aluno **VITOR HUGO AIRES DA SILVA**, requisito obrigatório para conclusão do CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, com os membros da Banca Examinadora **FRANKLIN MARTINS PEREIRA PAMPLONA, DR.** (Orientador, IFPB), **ÁLVARO DE MEDEIROS MACIEL, DR.** (Examinador, IFPB) e **Cleumar da Silva Moreira, Dr.** (Examinador, IFPB). Após a apresentação e as considerações da Banca Examinadora, o trabalho foi considerado **APROVADO**, com nota **95** sendo esta composta pela média aritmética das seguintes avaliações parciais:

Texto:	Apresentação:	Defesa oral:
90	100	95

Eu, **FRANKLIN MARTINS PEREIRA PAMPLONA, DR.** (Orientador, IFPB), lavrei a presente Ata, que segue assinada por mim e pelos demais membros da Banca Examinadora.

Observações:

Documento assinado eletronicamente por:

- Franklin Martins Pereira Pamplona, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/07/2022 11:11:40.
- Cleumar da Silva Moreira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/07/2022 15:07:55.
- Alvaro de Medeiros Maciel, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/07/2022 21:03:16.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 11/07/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 313549

Código de Autenticação: 05bb457b25



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre ter me dado forças para não desistir em meios aos obstáculos.

A toda a minha família, em especial aos meus pais que sempre me ajudaram a me manter no curso, ao meu irmão por me incentivar sempre.

A minha namorada, Maria Emília, por sempre me apoiar nas minhas decisões, por todo amor e compreensão.

Agradeço a meus amigos, especialmente a Frederico Scoralick e Gabryel Moraes pela amizade que construímos no decorrer do curso.

Ao meu professor orientador Dr. Franklin Martins Pereira Pamplona pelos ensinamentos, pela dedicação, ajuda e amizade.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de uma planilha eletrônica no Microsoft Power Query incorporado ao Microsoft Office Excel que realiza uma análise automática e rápida apresentando ao usuário algumas conclusões importantes a respeito do padrão de consumo de energia elétrica do consumidor analisado. Para isso, apresenta-se o desenvolvimento de um método computacional que, através da Linguagem M, realiza a análise do relatório de memória de massa do consumo energia e demanda de potência de consumidores do Grupo A da Energisa Paraíba, e em seguida apresenta um estudo de modalidade tarifária, sugestões de contratos de demandas e um dimensionamento de banco de capacitores para correção de fator de potência. Este trabalho demonstrou que a utilização da planilha desenvolvida apresenta uma redução significativa no tempo de execução da análise, como também, uma redução da possibilidade de erros durante a sua realização.

Palavras-chave: Consumidores, Energia Elétrica, Análise, Eficiência Energética, Engenharia, Microsoft Power Query, Microsoft Office Excel.

ABSTRACT

The objective of this work is to present the development of an electronic spreadsheet in Microsoft Power Query incorporated into Microsoft Office Excel that performs an automatic and fast analysis, presenting to the user some important conclusions regarding the consumption pattern of the analyzed consumer. For this, the development of a computational method is presented that, through the M Language, performs the analysis of the mass memory report of energy consumption and power demand of consumers in Group A of Energisa Paraíba, and then presents a study of tariff modality, suggestions for demand contracts and a capacitor bank sizing for power factor correction. This work demonstrated that the use of the developed spreadsheet presents a significant reduction in the execution time of the analysis, as well as a reduction in the possibility of errors during its execution.

Key-words: Consumers, Electricity, Analysis, Energy Efficiency, Engineering, Microsoft Power Query, Microsoft Office Excel.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Distribuição do consumo de energia elétrica no ano de 2021.....	12
Figura 2 – Arquivos disponibilizados pela Energisa referentes ao Consumo e Demanda	40
Figura 3 – Arquivos disponibilizados pela Energisa referentes ao Consumo e Demanda renomeados.....	41
Figura 4 – Alteração do título da planilha referente ao consumo.....	41
Figura 5 – Alteração do título da planilha referente a demanda.....	41
Figura 6 – Arquivos reunidos em uma única pasta de trabalho	41
Figura 7 – Atualização de dados no Excel	42
Figura 8 – Indicação de que o Excel está realizando os cálculos no Power Query.....	42
Figura 9 – Planilha de relatório	43
Figura 10 – Gráfico de consumo médio diário de energia do Consumidor 1.....	44
Figura 11 – Gráfico de maiores demandas registradas do Consumidor 1	44
Figura 12 – Resultado da análise tarifária do Consumidor 1	45
Figura 13 – Gráfico de consumo médio diário de energia do Consumidor 2.....	46
Figura 14 – Gráfico de maiores demandas registradas do Consumidor 2.....	46
Figura 15 – Resultado da análise tarifária do Consumidor 2	47
Figura 16 – Gráfico de consumo médio diário de energia do Consumidor 3.....	48
Figura 17 – Gráfico de maiores demandas registradas do Consumidor 3.....	48
Figura 18 – Resultado da análise tarifária do Consumidor 3	49
Figura 19 – Gráfico de consumo médio diário de energia do Consumidor 4.....	50
Figura 20 – Gráfico de maiores demandas registradas do Consumidor 4.....	50
Figura 21 – Resultado da análise tarifária do Consumidor 4	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Termos e definições conforme a Resolução nº 1000 (ANEEL).....	15
Tabela 2 – Valores das tarifas na modalidade tarifária azul.....	20
Tabela 3 – Valores das tarifas na modalidade tarifária verde.....	21
Tabela 4 – Valor da tarifa na modalidade tarifária convencional.....	22
Tabela 5 – Valores das tarifas na modalidade tarifária branca.....	22
Tabela 6 – Diferenças entre tarifas de energia	23
Tabela 7 – Postos Tarifários do Grupo A.....	24
Tabela 8 – Postos Tarifários do Grupo B	24
Tabela 9 – Dados dos estudos de caso.....	43
Tabela 10 – Quadro resumo dos estudos de caso	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CCER	Contrato de Compra de Energia Regulada
CIP	Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CUSD	Contrato de Uso do Sistema de Distribuição
EBO	Energisa Borborema
EPB	Energisa Paraíba
FDR	Faturamento de Demanda Reativa Excedente
FER	Faturamento de Energia Reativa Excedente
ICMS	Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços
IFPB	Instituto Federal da Paraíba
IP	Iluminação Pública
kV	Quilovolt
kVA	Quilovolt-ampère
kVAr	Quilovolt-ampère-reativo
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
PB	Paraíba
PIS	Programas de Integração Social
SIN	Sistema Interligado Nacional
TE	Tarifa de Energia
THS	Tarifa Horo-sazonal
TUSD	Tarifa de uso do sistema de distribuição
TWh	Terawatt-hora
UC	Unidade Consumidora

SUMÁRIO

1	Introdução	12
1.1	Motivação	13
1.2	Objetivos	14
1.3	Organização do trabalho	14
2	Fundamentação Teórica	15
2.1	Definições relacionadas à Tarifação de Energia	15
2.2	Tarifação de Energia Elétrica.....	16
2.2.1	Grupo A.....	17
2.2.2	Grupo B	18
2.2.3	Modalidades Tarifárias.....	18
2.2.4	Faturamento de energia elétrica	19
2.2.5	Definição dos postos tarifários horários.....	23
2.2.6	Consumidores do Grupo A optantes pela tarifação no Grupo B.....	24
2.2.7	Fator de potência e Energia reativa excedente	25
2.2.8	Bandeiras tarifárias.....	27
2.3	Relatório de Memória de Massa	28
3	Metodologia	29
3.1	Cálculo de consumo de energia	29
3.1.1	Simulação do custo do consumo de energia na Tarifa Azul	30
3.1.2	Simulação do custo do consumo na Tarifa Verde.....	31
3.1.3	Simulação do custo do consumo na Tarifa Convencional – Optante faturamento Grupo B	32
3.1.4	Simulação do custo do consumo na Tarifa Branca – Optante faturamento Grupo B.....	33
3.2	Cálculo de contrato de demandas	35
3.2.1	Simulação do custo das Demandas na Tarifa Azul	37
3.2.2	Simulação do custo da Demanda na Tarifa Verde	37
3.3	Dimensionamento do banco de capacitores automático	38
4	Resultados	40
4.1	Instruções ao usuário	40
4.2	Estudos de caso	43
4.2.1	Consumidor 1	44
4.2.2	Consumidor 2	46
4.2.3	Consumidor 3	48

4.2.4 Consumidor 4	49
5 Considerações Finais	52
Referencias	53

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos o consumo de energia elétrica tem aumentado gradativamente no Brasil. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022) o consumo total de energia elétrica no país em 2021 foi de 497 TWh, cerca de 4,6% maior que o ano de 2020.

O consumo dessa energia de forma consciente e eficiente tem sido assunto bastante presente nos dias de hoje. A Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO, 2022) destaca que a utilização racional de energia consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado. Dessa forma, o conceito de eficiência energética consiste na relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para a sua realização.

Como pode ser visto na Figura 1 abaixo, o setor industrial apresentou 36,3 % do consumo de energia elétrica do ano de 2021. Considerando que esse setor é representado por consumidores de médio a grande porte, é de suma importância que os mesmos possuam uma gestão constante no consumo de energia elétrica em suas instalações.

Figura 1 - Distribuição do consumo de energia elétrica no ano de 2021



Fonte: EPE (2022)

Segundo Krause, *et al.* (2002), para surgir uma conscientização a respeito do consumo eficiente de energia é necessário o comprometimento de todos os usuários da instalação.

Contudo, alguns consumidores já possuem políticas internas eficientes de consumo consciente da energia elétrica em suas unidades consumidoras, mas ainda poderiam reduzir os custos nas faturas de energia observando outros fatores além do consumo. Para esses consumidores torna-se ainda mais importante uma análise de gestão de modalidade tarifária com o objetivo de verificar se o cliente está enquadrado na modalidade que apresenta melhor viabilidade econômica para o seu padrão de consumo.

Conforme destacado por (SILVA, 2011), muitos contratos de fornecimento de energia elétrica são firmados sem o conhecimento do enquadramento tarifário adequado. Conseqüentemente, os contratos realizados de maneira equivocada podem trazer sérios problemas relativos a custos extras que poderiam ser evitados.

Além disso, segundo (MANOELA, 2020) alguns consumidores de médio ou grande porte acabam pagando algumas multas como: consumo excedente de energia reativa; ou, tarifa de ultrapassagem de demanda de potência, sem ter o real conhecimento da existência delas pelo fato de não entender por completo a fatura de energia elétrica.

1.1 MOTIVAÇÃO

Com base nesse cenário, o presente trabalho surgiu a partir da motivação de analisar os dados de consumo de energia elétrica de grandes consumidores da Energisa Paraíba de forma acessível e célere, por meio de planilha eletrônica em Microsoft Office Excel.

Tendo em vista que a análise de relatórios de memória de massa pode se tornar uma atividade trabalhosa e extensa, ao possuir uma ferramenta que analisa os dados de forma automática e rápida, irá reduzir não apenas o tempo de trabalho, como também reduzir a possibilidade de erros durante a sua realização.

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo a elaboração de uma planilha de relatório de análise tarifária e correção de fator de potência a partir da integração do Microsoft Power Query e o Microsoft Office Excel. Com a utilização da planilha eletrônica, o usuário deve inserir o relatório de memória de massa do consumidor, e, em seguida informar a carga instalada do mesmo. A partir dessas informações a ferramenta disponibiliza toda a análise realizada apontando qual a modalidade tarifária é mais viável economicamente, como também, o dimensionamento de banco de capacitores necessário para eventual correção de fator de potência.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Inicialmente, o Capítulo 2 apresenta tópicos essenciais ao desenvolvimento do arcabouço teórico. Posteriormente, o Capítulo 3, traz a metodologia utilizada, onde são descritos os cálculos e critérios de análise. Em seguida, no Capítulo 4, contém instruções do uso da ferramenta e resultados obtidos a partir da análise de quatro estudos de caso. O trabalho é finalizado no Capítulo 5, com o encaminhamento das considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No decorrer deste Capítulo serão abordados temas que são importantes para a compreensão do objetivo do trabalho.

2.1 DEFINIÇÕES RELACIONADAS À TARIFICAÇÃO DE ENERGIA

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), através da Resolução Normativa nº 1000 de 7 de dezembro de 2021 estabelece todas as regras de prestação de Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica, baseada na referida Resolução o presente trabalho foi realizado.

Para que haja uma compreensão adequada, é importante o entendimento prévio de alguns conceitos que serão citados no decorrer deste trabalho. Dessa forma, a Tabela 1 abaixo reúne as definições de vários conceitos que serão empregados neste escopo.

Tabela 1 – Termos e definições conforme a Resolução nº 1000 (ANEEL)

Termo	Definição
Bandeiras tarifárias	Sistema que tem como finalidade sinalizar os custos atuais da geração de energia elétrica ao consumidor por meio da tarifa de energia;
Carga instalada	Soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora e em condições de entrar em funcionamento, expressa em kW (quilowatts);
Ciclo de faturamento	Intervalo de tempo correspondente ao faturamento de determinada unidade consumidora;
Concessionária	Agente titular de concessão federal para prestar o serviço público de distribuição de energia elétrica, de agora em diante denominado distribuidora;
Consumidor	Pessoa física ou jurídica que solicite o fornecimento do serviço à distribuidora, assumindo as obrigações decorrentes desta prestação à sua unidade consumidora;
Demanda	Média das potências elétricas ativas ou reativas, injetada ou requerida do sistema elétrico de distribuição durante um intervalo de tempo especificado;
Demanda contratada	Demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora no ponto de conexão, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, em kW (quilowatts);
Demanda medida	Maior demanda de potência ativa injetada ou requerida do sistema elétrico de distribuição pela carga ou geração, verificada por medição e integralizada em intervalos de 15 minutos durante o período de faturamento, em kW (quilowatts);
Energia elétrica ativa	Aquela que pode ser convertida em outra forma de energia, em kWh (quilowatts-hora);
Energia elétrica Reativa	Aquela que circula entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada sem produzir trabalho, em kVARh (quilovolt-

	ampèrereativo-hora);
Fator de potência	Razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas num mesmo período;
Fatura	Documento emitido pela distribuidora com a quantia monetária total a ser paga pelo consumidor e demais usuários pela prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica e por outros serviços e atividades, função que pode ser cumprida pelo documento fiscal denominado "Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica";
Medição	Processo realizado por equipamento que possibilite a quantificação e o registro de grandezas elétricas associadas ao consumo ou geração de energia elétrica e à potência ativa ou reativa, caso aplicável;
Modalidade Tarifária	Conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda, conforme Capítulo VII do Título I da Resolução nº 1000, ANEEL
Posto tarifário	Período em horas para aplicação das tarifas de forma diferenciada ao longo do dia, podendo ser: posto tarifário ponta; posto tarifário intermediário ou posto tarifário fora ponta;
Tarifa	Valor monetário estabelecido pela ANEEL, fixado em R\$ (Reais) por unidade de energia elétrica ou de demanda de potência, sendo: tarifa de energia (TE) ou, tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD);
Unidade consumidora	Conjunto composto por instalações, ramal de entrada, equipamentos elétricos, condutores, acessórios e, no caso de conexão em tensão maior ou igual a 2,3 kV, a subestação.

Fonte: ANEEL, 2021

2.2 TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A compreensão da forma como é cobrada a energia elétrica e como são calculados os valores apresentados nas faturas de energia elétrica emitidas mensalmente pelas concessionárias de energia elétrica; é fundamental para a tomada de decisão em relação a projetos de eficiência energética (PROCEL, 2011).

As Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica são estabelecidas pela ANEEL, as quais definem que as unidades consumidoras são divididas em grupos distinguindo-se pelo nível de tensão de conexão com a rede. Competirá à concessionária estabelecer e informar ao interessado a tensão de fornecimento, com observância dos seguintes limites:

- Tensão secundária de distribuição: quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75 kW;
- Tensão primária de distribuição inferior a 69 kV: quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75 kW e a demanda

contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for igual ou inferior a 2.500 kW;

- Tensão primária de distribuição igual ou superior a 69 kV: quando a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for superior a 2.500 kW.

Para fins de faturamento, as unidades consumidoras podem ser tarifadas diferentemente a depender, principalmente, do nível de tensão em que são atendidos, como também da demanda requerida da rede (kW).

De forma a padronizar as diretrizes de fornecimento e tarifação de energia, os consumidores são agrupados, basicamente, em dois grupos tarifários: Grupo A e Grupo B. A seguir é visto a definição de cada um desses grupos.

2.2.1 GRUPO A

As unidades consumidoras que são atendidas com tensão elétrica acima de 2,3 kV são classificadas como Grupo A. Geralmente indústrias, shopping centers, edifícios comerciais de médio ou grande porte são classificados neste grupo pois são consumidores que demandam uma grande quantidade de energia elétrica da rede da distribuidora.

Dentro do Grupo A existem subgrupos que são definidos de acordo com a tensão de conexão com a rede, conforme detalhado abaixo:

- Subgrupo A1 – tensão de conexão maior ou igual a 230 kV;
- Subgrupo A2 – tensão de conexão maior ou igual a 88 kV e menor ou igual a 138 kV;
- Subgrupo A3 – tensão de conexão igual a 69 kV;
- Subgrupo A3a – tensão de conexão maior ou igual a 30 kV e menor ou igual a 44 kV;
- Subgrupo A4 – tensão de conexão maior ou igual a 2,3 kV e menor ou igual a 25 kV; e
- Subgrupo AS – tensão de conexão menor que 2,3 kV a partir do sistema subterrâneo de distribuição.

Vale destacar que os consumidores analisados na ferramenta desenvolvida neste trabalho devem estar classificados, necessariamente, no subgrupo A4.

2.2.2 GRUPO B

As unidades consumidoras que são atendidas com tensão elétrica inferior a 2,3 kV são classificadas como Grupo B. Nesse grupo estão enquadrados todos os clientes que estão conectados na baixa tensão, como: pequenos comércios, residências no geral, iluminação pública, dentre outros. Assim como existem os subgrupos do Grupo A, existem os subgrupos também no Grupo B, porém com a diferença de que a segmentação dos subgrupos não é relacionada ao nível de tensão de conexão, e sim, ao tipo de unidade consumidora. Segue abaixo, como os subgrupos são definidos:

- Subgrupo B1 – residencial;
- Subgrupo B2 – rural;
- Subgrupo B3 – demais classes; e
- Subgrupo B4 – Iluminação Pública

2.2.3 MODALIDADES TARIFÁRIAS

De acordo com o Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária (Proret) da ANEEL (2022), estrutura tarifária pode ser definida como o conjunto de tarifas aplicadas ao faturamento do mercado de distribuição de energia elétrica, que refletem a diferenciação relativa dos custos regulatórios da distribuidora entre os subgrupos, classes e subclasses tarifárias, de acordo com as modalidades e postos tarifários.

Dessa forma, as tarifas de energia variam de acordo com classificação da unidade consumidora, e, para compreender as diferenças entre elas, faz-se necessário o entendimento dos conceitos de tarifa monômnia e tarifa binômnia. Enquanto a primeira realiza o faturamento apenas do consumo de energia elétrica, a segunda, além de faturar o consumo de energia, realiza também o faturamento da máxima demanda registrada de energia ativa que é medida em intervalos de 15 em 15 minutos.

As modalidades tarifárias se dividem, basicamente, entre duas estruturas: Convencional e Horó-sazonal.

2.2.3.1 ESTRUTURA TARIFÁRIA CONVENCIONAL

Na estrutura tarifária convencional o faturamento aplicado ao consumo de energia elétrica independe do horário do dia e dos períodos do ano. Nesta estrutura o valor da energia elétrica consumida (kWh) tende a se manter constante ao longo do ano.

2.2.3.2 ESTRUTURA TARIFÁRIA HORO-SAZONAL

Segundo (HADDAD, 2004), a implantação da tarifa horo-sazonal demarcou uma importante mudança no sistema tarifário brasileiro e relata:

Este sistema tarifário permitiu a implantação de um sinal econômico para os consumidores, incentivando-os à maior utilização de energia durante os períodos de menor demanda ou de maior disponibilidade de oferta pelo sistema elétrico. A THS, como é também conhecida a tarifa horo-sazonal, teve suas primeiras portarias publicadas em 1982, sendo que a portaria DNAEE no 33, de 11 de fevereiro de 1988, consolidava todas as anteriores.

O sistema de tarifação horo-sazonal permitiu a diferenciação na cobrança de energia elétrica de acordo com os períodos do dia (horários de ponta e fora de ponta) e com os períodos do ano (seco e úmido). Tal forma de tarifação trouxe vantagens para o sistema elétrico, pois levou a uma utilização mais racional da energia. Os consumidores por sua vez passaram a ter alternativas de deslocamento do seu consumo para períodos em que o custo é mais baixo, reduzindo gastos.

2.2.4 FATURAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

A seguir é apresentado o conjunto de tarifas que são aplicadas aos consumidores do Grupo A e Grupo B.

2.2.4.1 FATURAMENTO DE UNIDADE CONSUMIDORA DO GRUPO A

Atualmente os clientes que são atendidos em média ou alta tensão podem se enquadrar, basicamente, em dois tipos de tarifas: Modalidade Tarifária Horo-sazonal Verde e Horo-sazonal Azul.

O conceito de THS está presente nas duas tarifas e ele representa que o valor da tarifa varia tanto em relação ao horário do dia em que a energia é consumida, como também de acordo com o período do ano.

- Modalidade Tarifária Horo-Sazonal Azul

Ao se tratar da tarifa horo-sazonal azul, haverá tarifas distintas aplicadas ao consumo de energia elétrica no posto tarifário ponta e fora ponta, além disso, ao se tratar da demanda de energia elétrica também haverá tarifas distintas aplicadas à maior demanda registrada nos postos tarifários ponta e fora ponta. Dessa forma, o consumidor que opta pela modalidade tarifária azul deve realizar um contrato de demanda para cada posto tarifário.

Na Tabela 2 apresenta-se os valores das tarifas equivalentes ao consumo e demanda de energia ativa que foram utilizados como base de cálculos na ferramenta. É importante destacar que os valores são correspondentes às tarifas vigentes no período de elaboração do presente trabalho, porém o usuário pode atualiza-los na base de dados que estão dispostos em formato *xlsx*.

Tabela 2 – Valores das tarifas na modalidade tarifária azul

Descrição da Tarifa	Custo sem tributos
Consumo kWh – Fora Ponta	R\$ 0,30539
Consumo kWh – Ponta	R\$ 0,46019
Demanda kW – Fora Ponta	R\$ 26,22
Demanda kW – Ponta	R\$ 52,15

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do site da ANEEL (2022)

- Modalidade Tarifária Horo-Sazonal Verde

Ao se tratar da tarifa horo-sazonal verde, o faturamento aplicado ao consumo de energia permanece com o mesmo princípio da azul, ou seja, haverá tarifas distintas aplicadas ao consumo de energia no horário de ponta e no horário de fora ponta. Já se tratando dos contratos de demanda de energia, não haverá distinção de horário no decorrer do dia, ou seja, o consumidor passa a contratar apenas um valor de demanda a distribuidora o qual será faturado independente do posto tarifário.

Apresenta-se na Tabela 3 os valores das tarifas equivalentes ao consumo e demanda ativa que foram utilizados como base de cálculos na ferramenta.

Tabela 3 – Valores das tarifas na modalidade tarifária verde

Descrição da Tarifa	Custo sem tributos
Consumo kWh – Fora Ponta	R\$ 0,30539
Consumo kWh – Ponta	R\$ 1,72781
Demanda kW	R\$ 26,22

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do site da ANEEL (2022)

- Tarifa de Ultrapassagem

De acordo com o Art. 301º da Resolução nº 1000 da ANEEL, a distribuidora adicionará ao faturamento regular a cobrança pela ultrapassagem se a demanda medida exceder os seguintes valores em relação à contratada:

- 1% (um por cento): para gerador, importador ou exportador;
- 5% (cinco por cento): para consumidor; e
- 10% (dez por cento): para outra distribuidora conectada.

A cobrança pela ultrapassagem deve ser calculada conforme a Equação (1):

$$C_{ULTRAPASSAGEM}(p) = [DAM(p) - DAC(p)] \times 2 \times VR_{DULT}(p) \quad (1)$$

em que:

$C_{ULTRAPASSAGEM}(p)$ = Valor correspondente à cobrança pela demanda excedente, por posto tarifário "p", caso aplicável, em Reais (R\$);

$DAM(p)$ = Demanda de potência ativa medida, em cada posto tarifário "p" no período de faturamento, caso aplicável, em quilowatt (kW);

$DAC(p)$ = Demanda de potência ativa contratada, por posto tarifário "p" no período de faturamento, caso aplicável, em quilowatt (kW);

VR_{DULT} = Valor de referência de ultrapassagem, equivalente às tarifas de demanda de potência aplicáveis aos subgrupos do grupo A ou as TUSD-Consumidores-Livres; e

p = Posto tarifário ponta ou fora de ponta para as modalidades tarifárias horárias.

2.2.4.2 FATURAMENTO DE UNIDADE CONSUMIDORA DO GRUPO B

Atualmente, os clientes atendidos em baixa tensão classificados como Grupo B podem optar por dois tipos de tarifas de energia: Tarifa convencional ou Tarifa horária

branca. Ambas estão enquadradas na estrutura monômnia, ou seja, realizam o faturamento apenas do consumo de energia, não sendo registrado as demandas de energia na unidade consumidora.

- Modalidade Tarifária Convencional

A tarifa convencional é enquadrada de forma compulsória e automática para todas as unidades consumidoras do Grupo B. Nela, o consumo de energia é faturado de forma igualitária independente do horário que o consumo foi realizado. Basicamente, é contabilizado todo o consumo de energia em kWh realizado em um mês e é aplicado o valor da tarifa ao montante, desconsiderando os impostos.

Na Tabela 4 apresenta-se o valor da tarifa equivalente ao consumo de energia ativa para os consumidores da modalidade tarifária convencional que foram utilizados como base de cálculo na ferramenta.

Tabela 4 – Valor da tarifa na modalidade tarifária convencional

Descrição da Tarifa	Custo sem tributos
Consumo kWh	R\$ 0,59692

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do site da ANEEL (2022)

- Modalidade Tarifária Horária Branca

Já a modalidade tarifária horária branca é caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de consumo durante o dia, sendo segmentada em três postos tarifários:

- Posto tarifário ponta;
- Posto tarifário intermediário; e
- Posto tarifário fora ponta.

Na Tabela 5 apresenta-se os valores das tarifas equivalentes ao consumo de energia ativa para os consumidores da modalidade tarifária branca, que foram utilizados como base de cálculo na ferramenta.

Tabela 5 – Valores das tarifas na modalidade tarifária branca

Descrição da Tarifa	Custo sem tributos
Consumo kWh – Fora Ponta	R\$ 0,49291
Consumo kWh – Intermediário	R\$ 0,82685
Consumo kWh – Ponta	R\$ 1,29558

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do site da ANEEL (2022)

A fim de resumir as diferenças entre as modalidades tarifárias, na Tabela 6 é apresentado um quadro resumo contendo as formas de faturamento de consumo e demanda das tarifas analisadas anteriormente.

Tabela 6 – Diferenças entre tarifas de energia

Modalidade Tarifária	Consumo	Demanda
Convencional	01 tarifa independente do horário.	Não realiza faturamento
Horária Branca	01 tarifa posto tarifário fora ponta; 01 tarifa posto tarifário intermediário; e 01 tarifa posto tarifário ponta.	Não realiza faturamento
Horo-sazonal Verde	01 tarifa posto tarifário fora ponta; e 01 tarifa posto tarifário ponta.	01 tarifa independente do horário.
Horo-sazonal Azul	01 tarifa posto tarifário fora ponta; e 01 tarifa posto tarifário ponta.	01 tarifa posto tarifário fora ponta; e 01 tarifa posto tarifário ponta.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Res. nº 1000 (ANEEL, 2021)

2.2.5 DEFINIÇÃO DOS POSTOS TARIFÁRIOS HORÁRIOS

De acordo com o Art.2º da Resolução nº 1000 da ANEEL, o posto tarifário ponta é definido da seguinte forma:

Período composto por 3 horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão ou permissão, não se aplicando aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi e aos feriados nacionais dos dias 1º de janeiro, 21 de abril, 1º de maio, 7 de setembro, 12 de outubro, 2 de novembro, 15 de novembro e 25 de dezembro.

O posto tarifário intermediário que está inserido na tarifa branca do Grupo B é definido como sendo o período de duas horas, sendo uma hora imediatamente anterior e outra imediatamente posterior ao horário de ponta.

Por fim, o posto horário fora de ponta é definido como o período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no posto ponta e, para o Grupo B, intermediário.

Tendo em vista as definições apresentadas acima, é notório que a Agência Reguladora deixa a cargo das distribuidoras definirem os postos horários obedecendo os pré-requisitos citados. Ao se tratar da Energisa Paraíba e Energisa Borborema, na Tabela 7 e Tabela 8 apresenta-se como estão divididos os postos tarifários de acordo com os Grupos A e B respectivamente.

Tabela 7 – Postos Tarifários do Grupo A

Posto Tarifário	Horários
Ponta	17:30 as 20:29
Fora Ponta	00:00 as 17:29 e 20:30 as 23:59

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do site da ANEEL (2022)

Tabela 8 – Postos Tarifários do Grupo B

Posto Tarifário	Horários
Ponta	17:30 as 20:29
Intermediário	16:30 as 17:29 e 20:30 as 21:29
Fora Ponta	00:00 as 16:29 e 21:30 as 23:59

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do site da ANEEL (2022)

2.2.6 CONSUMIDORES DO GRUPO A OPTANTES PELA TARIFICAÇÃO NO GRUPO B

A Resolução nº 1000 da ANEEL na Seção III do Capítulo X apresenta uma possibilidade de faturamento em que o consumidor do Grupo A pode optar pela aplicação da tarifa do Grupo B. Para que essa modalidade seja possível para o consumidor, faz-se necessário anteder aos seguintes critérios:

- A soma das potências nominais dos transformadores da unidade consumidora for menor ou igual a 112,5 kVA;
- A soma das potências nominais dos transformadores da unidade consumidora for menor ou igual a 1.125 kVA, se classificada na subclasse cooperativa de eletrificação rural;

- A atividade desenvolvida na unidade consumidora for a exploração de serviços de hotelaria ou pousada e estiver localizada em área de veraneio ou turismo, independentemente da potência nominal total dos transformadores; ou
- A carga instalada dos refletores utilizados na iluminação for maior ou igual a $2/3$ (dois terços) da carga instalada total em instalações permanentes para a prática de atividades esportivas ou parques de exposições agropecuárias.

Dessa forma, estes consumidores podem optar pelo faturamento na Tarifa Convencional ou Branca do Grupo B, ficando isentos, portanto, da contratação de demanda, e, conseqüentemente da possível cobrança de ultrapassagem de demanda.

2.2.7 FATOR DE POTÊNCIA E ENERGIA REATIVA EXCEDENTE

Segundo (MAMEDE FILHO, 2011), determinados equipamentos tais como motores elétricos, fornos a arco, transformadores etc, necessitam de uma certa quantidade de energia reativa para sua operação. Portanto, quando essa energia reativa não é compensada próximo as grandes cargas acarreta em perdas elevadas por efeito Joule no sistema de transmissão e distribuição. Dessa forma, para medir a relação entre a potência ativa e reativa consumida da rede em cada grande consumidor, faz-se necessário o cálculo do fator de potência da instalação de forma constante.

O fator de potência pode ser indicado como indutivo, ou seja, quando a instalação está consumindo muita energia reativa indutiva, geralmente proveniente de cargas dotadas de bobinas. Como também, o fator de potência pode ser indicado como capacitivo, ou seja, quando a instalação está fornecendo muita energia reativa capacitiva, geralmente proveniente de motores síncronos superexcitados ou capacitores.

Como definido na seção 2.1 do presente trabalho, fator de potência é a razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas num mesmo período. Portanto, o fator de potência é utilizado como parâmetro afim de verificar se o consumidor está consumindo mais energia reativa que o considerado como suportável.

Na Seção VIII do Capítulo X da Resolução nº 1000 a ANEEL determina que o fator de referência f_R , indutivo ou capacitivo, tem como limite mínimo permitido o valor de 0,92 (noventa e dois décimos) para as unidades consumidoras do Grupo A.

A partir disso, a distribuidora deve cobrar o montante de energia elétrica e demanda de potência reativas excedentes da unidade consumidora do Grupo A, incluindo a que optar pelo faturamento com a aplicação da tarifa do grupo B, conforme as Equações (2) e (3):

$$E_{RE} = \sum_{T=1}^n \left[EEAM_T \times \left(\frac{f_R}{f_T} - 1 \right) \right] \times VR_{ERE} \quad (2)$$

$$D_{RE}(p) = \left[\sum_{T=1}^n \text{MAX} \left(DAM_T \times \frac{f_R}{f_T} \right) - DAF(p) \right] \times VR_{DRE} \quad (3)$$

em que:

E_{RE} = Valor correspondente à energia elétrica reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência " f_R ", no período de faturamento, em Reais (R\$);

$EEAM_T$ = Montante de energia elétrica ativa medida em cada intervalo "T" de uma hora, durante o período de faturamento, em megawatt-hora (MWh);

f_R = Fator de potência de referência igual a 0,92 (noventa e dois décimos);

f_T = Fator de potência da unidade consumidora, calculado em cada intervalo "T" de uma hora, durante o período de faturamento;

VR_{ERE} = Valor de referência equivalente à tarifa de energia "TE" da bandeira verde aplicável ao subgrupo B1, em Reais por megawatt-hora (R\$/MWh);

$D_{RE}(p)$ = Valor, por posto tarifário "p", correspondente à demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência "fr" no período de faturamento, em Reais (R\$);

DAM_T = Demanda de potência ativa medida no intervalo de integralização de uma hora "T", durante o período de faturamento, em quilowatt (kW);

$DAF(p)$ = Demanda de potência ativa faturável, em cada posto tarifário "p" no período de faturamento, em quilowatt (kW);

VR_{DRE} = Valor de referência, em Reais por quilowatt (R\$/kW), equivalente às tarifas de demanda de potência - para o posto tarifário fora de ponta - das tarifas aplicáveis aos subgrupos do grupo A para a modalidade tarifária horária azul;

MAX = Função que identifica o valor máximo da equação, dentro dos parênteses correspondentes, em cada posto tarifário "p";

T = Intervalo de uma hora, no período de faturamento;

p = Posto tarifário ponta ou fora de ponta para as modalidades tarifárias horárias;

n = Número de intervalos de integralização "T", por posto tarifário "p", no período de faturamento.

2.2.8 BANDEIRAS TARIFÁRIAS

Segundo a ANEEL, Bandeiras Tarifárias é o Sistema que sinaliza aos consumidores os custos reais da geração de energia elétrica. Para tanto, as cores das bandeiras (verde, amarela ou vermelha) indicam se a energia custará mais ou menos em função das condições de geração de eletricidade.

Com isso, à medida que a geração da energia do nosso país é proveniente de fontes mais caras na nossa matriz energética, o valor final da energia passa a ser maior para o consumidor, e, atualmente quem faz esse ajuste é o sistema de Bandeiras tarifárias. Para o período que foi aplicado o presente trabalho, as Bandeiras tarifárias podem ser classificadas da seguinte forma:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,02989 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido;
- Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,06500 para cada quilowatt-hora kWh consumido.
- Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,09795 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

O Sistema de Bandeiras Tarifárias se aplica a todos os consumidores cativos das distribuidoras com exceção apenas dos clientes localizados em sistemas isolados.

2.3 RELATÓRIO DE MEMÓRIA DE MASSA

De acordo com o Módulo 5 que discorre acerca dos Sistemas de Medição e Procedimentos de Leitura dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) da ANEEL (2021) o sistema de medição utilizado para o faturamento dos usuários conectados em média e alta tensão de distribuição deve possuir memória de massa com as seguintes características:

- Capacidade de armazenamento de dados de energia ativa, energia reativa, tensão e, opcionalmente, demanda ativa e reativa;
- Capacidade de registro dos montantes consumidos e dos montantes injetados na rede, separadamente, quando necessário;
- Intervalo de integralização fixo em 5 minutos, ou programável de 5 a 60 minutos; e
- Armazenamento de dados referentes a, no mínimo, 37 dias de uso;

Para tanto, de acordo com o Capítulo IX do Título II da Resolução nº 1000 da ANEEL, a distribuidora deve disponibilizar os dados de medição armazenados em memória de massa a partir da solicitação do consumidor. O serviço pode ser cobrado pela distribuidora no faturamento regular, após a sua prestação.

3 METODOLOGIA

Com base nos conceitos desenvolvidos no capítulo anterior, foi elaborada uma planilha eletrônica automatizada utilizando Microsoft Power Query incorporada ao Microsoft Office Excel. A mesma auxilia na análise do comportamento de consumo de energia elétrica de um consumidor do subgrupo A4 da Energisa Paraíba ou Borborema.

A partir dos dados de consumo e demanda de energia que são introduzidos à ferramenta por meio do relatório de memória de massa fornecido pela distribuidora, o algoritmo em linguagem M realiza uma comparação entre a aplicação da modalidade tarifária horo-sazonal verde e a horo-sazonal azul, e retorna ao usuário a informação de qual das tarifas obtém uma melhor economia para o consumidor.

Além disso, a ferramenta disponibiliza ao usuário uma sugestão de contratação de demanda ativa de forma a não pagar multa por ultrapassagem de demanda, como também, um dimensionamento de banco de capacitores automático caso haja incidência de fator de potência abaixo de 0,92.

Como destacado no item 2.2.6, os clientes do subgrupo A4 que possuem uma carga instalada igual ou inferior a 112,5 kVA podem optar pelo faturamento do Grupo B, ou seja, serem faturados pelas tarifas convencional ou branca. Por esse motivo, foi incorporada à ferramenta uma simulação de faturamento nas duas modalidades tarifárias do grupo B caso o consumidor se enquadre na faixa de potência de carga instalada citada anteriormente.

A seguir é detalhado o passo a passo realizado na elaboração da ferramenta a começar pelo cálculo do consumo de energia ativa, em seguida, os cálculos para determinação das demandas contratadas, e por fim, o dimensionamento do banco de capacitores automático.

3.1 CÁLCULO DE CONSUMO DE ENERGIA

O primeiro passo do algoritmo é realizar o cálculo do consumo total de energia elétrica no posto horário fora ponta, para isso foi utilizado uma função capaz de agrupar todas as medições de cada posto horário conforme é apresentado na Equação (4):

$$C_{MTFP} = \sum_{T=0}^n kWh[FP]_T \quad (4)$$

em que:

C_{MTFP} = Consumo medido total no posto tarifário fora ponta, em quilowatt-hora (kWh);

$kWh[FP]$ = Consumo de energia ativa registrada em um intervalo de tempo de 15 minutos no posto tarifário fora ponta, em quilowatt-hora (kWh);

T = Intervalo de 15 minutos, no período de faturamento;

De forma semelhante foi calculada a parcela de consumo de energia ativa no posto tarifário ponta, conforme mostra a Equação (5):

$$C_{MTP} = \sum_{T=0}^n kWh[P]_T \quad (5)$$

em que:

C_{MTP} = Consumo medido total no posto tarifário ponta, em quilowatt-hora (kWh);

$kWh[P]$ = Consumo de energia ativa registrada em um intervalo de tempo de 15 minutos no posto tarifário ponta, em quilowatt-hora (kWh);

T = Intervalo de 15 minutos, no período de faturamento;

3.1.1 SIMULAÇÃO DO CUSTO DO CONSUMO DE ENERGIA NA TARIFA AZUL

Em seguida foi feita a simulação do custo do consumo de energia na tarifa horo sazonal azul utilizando os valores de tarifa sem impostos fornecidos pela concessionária. As Equações (6) e (7) demonstram os cálculos realizados para essa finalidade.

$$P_{CFP;Azul} = C_{MTFP} \times T_{CFP;Azul} \quad (6)$$

$$P_{CP;Azul} = C_{MTP} \times T_{CP;Azul} \quad (7)$$

em que:

$P_{CFP;Azul}$ = Parcela de consumo no posto tarifário fora ponta na tarifa azul, em Reais (R\$);

C_{MTP} = Consumo medido total no posto tarifário fora ponta, em quilowatt-hora (kWh);

$T_{CFP;Azul}$ = Tarifa azul de consumo no posto tarifário fora ponta, em Reais por quilowatt-hora (R\$/kWh).

$P_{CP;Azul}$ = Parcela de consumo no posto tarifário ponta na tarifa azul, em Reais (R\$);

C_{MTP} = Consumo medido total no posto tarifário ponta, em quilowatt-hora (kWh);

$T_{CP;Azul}$ = Tarifa azul de consumo no posto tarifário fora ponta, em Reais por quilowatt-hora (R\$/kWh).

3.1.2 SIMULAÇÃO DO CUSTO DO CONSUMO NA TARIFA VERDE

A partir dos dados de consumo de energia obtidos, foi feita a simulação do custo do consumo de energia na tarifa hora sazonal verde utilizando os valores de tarifa sem impostos. As Equações (8) e (9) apresentam os cálculos realizados:

$$P_{CFP;Verde} = C_{MTP} \times T_{CFP;Verde} \quad (8)$$

$$P_{CP;Verde} = C_{MTP} \times T_{CP;Verde} \quad (9)$$

em que:

$P_{CFP;Verde}$ = Parcela de consumo no posto tarifário fora ponta na tarifa verde, em Reais (R\$);

C_{MTP} = Consumo medido total no posto tarifário fora ponta, em quilowatt-hora (kWh);

$T_{CFP;Verde}$ = Tarifa verde de consumo no posto tarifário fora ponta, em Reais por quilowatt-hora (R\$/kWh).

$P_{CP;Verde}$ = Parcela de consumo no posto tarifário ponta na tarifa verde, em Reais (R\$);

C_{MTP} = Consumo medido total no posto tarifário ponta, em quilowatt-hora (kWh);

$T_{CP;Verde}$ = Tarifa verde de consumo no posto tarifário fora ponta, em Reais por quilowatt-hora (R\$/kWh).

Para os consumidores que apresentam uma carga instalada igual ou inferior a 112,5 kVA, além da ferramenta realizar as simulações das tarifas do Grupo A vistas anteriormente, é realizado também uma simulação considerando as tarifas convencional e branca do Grupo B. A seguir será descrito como foi realizada a simulação do custo do consumo de energia elétrica na modalidade tarifária convencional.

3.1.3 SIMULAÇÃO DO CUSTO DO CONSUMO NA TARIFA CONVENCIONAL – OPTANTE FATURAMENTO GRUPO B

Por se tratar de uma tarifa monômnia do Grupo B, a modalidade tarifária convencional não faz distinção do horário em que a energia foi consumida, por esse motivo, para calcular o consumo de energia ativa basta somar todos os registros de consumo independente do posto tarifário conforme exposto na Equação (10):

$$C_{MT} = \sum_{T=0}^n kWh_T \quad (10)$$

em que:

C_{MT} = Consumo medido total, em quilowatt-hora (kWh);

kWh = Consumo de energia ativa registrada em um intervalo de tempo de 15 minutos, em quilowatt-hora (kWh);

T = Intervalo de 15 minutos, no período de faturamento.

Para calcular o custo do consumo de energia elétrica na tarifa convencional foi multiplicado o valor do consumo total medido pelo valor equivalente da tarifa conforme apontado na Equação (11):

$$P_{C;Conv} = C_{MT} \times T_{C;Conv} \quad (11)$$

em que:

$P_{C;Conv}$ = Parcela de consumo na tarifa convencional, em Reais (R\$);

C_{MT} = Consumo medido total, em quilowatt-hora (kWh);

$T_{C;Conv}$ = Tarifa convencional de consumo de energia, em Reais por quilowatt-hora (R\$/kWh).

3.1.4 SIMULAÇÃO DO CUSTO DO CONSUMO NA TARIFA BRANCA – OPTANTE FATURAMENTO GRUPO B

Em seguida foi estruturado o cálculo do consumo correspondente aos postos tarifários fora ponta, intermediário e ponta. Para isso, inicialmente foi utilizado a função capaz de agrupar todos os registros de consumo no posto tarifário fora ponta da tarifa branca conforme indicado na Equação (12):

$$C_{MTPP;Branca} = \sum_{T=0}^n kWh[FP_{Branca}]_T \quad (12)$$

em que:

$C_{MTPP;Branca}$ = Consumo medido total no posto tarifário fora ponta da tarifa branca, em quilowatt-hora (kWh);

$kWh[FP_{Branca}]$ = Consumo de energia ativa registrada em um intervalo de tempo de 15 minutos no posto tarifário fora ponta da tarifa branca, em quilowatt-hora (kWh);

T = Intervalo de 15 minutos, no período de faturamento.

Multiplicando pelo valor da tarifa equivalente tem-se o custo do consumo de energia no período de fora ponta conforme exibido na Equação (13):

$$P_{CFP;Branca} = C_{MTPP;Branca} \times T_{CFP;Branca} \quad (13)$$

em que:

$P_{CFP;Branca}$ = Parcela de consumo no posto tarifário fora ponta na tarifa branca, em Reais (R\$);

$C_{MTPP;Branca}$ = Consumo medido total no posto tarifário fora ponta da tarifa branca, em quilowatt-hora (kWh);

$T_{CFP;Branca}$ = Tarifa branca de consumo no posto tarifário fora ponta, em Reais por quilowatt-hora (R\$/kWh).

De forma semelhante foi estruturado o cálculo do consumo realizado no posto tarifário intermediário. A Equação (14) mostra o agrupamento através do somatório dessas medições:

$$C_{MTInt;Branca} = \sum_{T=0}^n kWh[Int_{Branca}]_T \quad (14)$$

em que:

$C_{MTInt;Branca}$ = Consumo medido total no posto tarifário intermediário, em quilowatt-hora (kWh);

$kWh[Int_{Branca}]$ = Consumo de energia ativa registrada em um intervalo de tempo de 15 minutos no posto tarifário intermediário da tarifa branca, em quilowatt-hora (kWh);

T = Intervalo de 15 minutos, no período de faturamento.

Multiplicando o valor obtido pela tarifa equivalente tem-se o custo do consumo de energia no posto intermediário conforme apresenta a Equação (15):

$$P_{CInt;Branca} = C_{MTInt;Branca} \times T_{CInt;Branca} \quad (15)$$

em que:

$P_{CInt;Branca}$ = Parcela de consumo no posto tarifário intermediário na tarifa branca, em Reais (R\$);

$C_{MTInt;Branca}$ = Consumo medido total no posto tarifário intermediário, em quilowatt-hora (kWh);

$T_{CInt;Branca}$ = Tarifa branca de consumo no posto tarifário intermediário, em Reais por quilowatt-hora (R\$/kWh).

Em suma, foi estruturado o cálculo do consumo realizado no posto horário ponta. A Equação (16) mostra o agrupamento através do somatório dessas medições:

$$C_{MTP;Branca} = \sum_{T=0}^n kWh[P_{Branca}]_T \quad (16)$$

em que:

$C_{MTP;Branca}$ = Consumo medido total no posto tarifário ponta da tarifa branca, em quilowatt-hora (kWh);

$kWh[P_{Branca}]$ = Consumo de energia ativa registrada em um intervalo de tempo de 15 minutos no posto tarifário ponta da tarifa branca, em quilowatt-hora (kWh);

T = Intervalo de 15 minutos, no período de faturamento.

Multiplicando pelo valor da tarifa equivalente tem-se o custo do consumo de energia no posto tarifário ponta conforme indica a Equação (17):

$$P_{CP;Branca} = C_{MTP;Branca} \times T_{CP;Branca} \quad (17)$$

em que:

$P_{CP;Branca}$ = Parcela de consumo no posto tarifário ponta, em Reais (R\$);

$C_{MTP;Branca}$ = Consumo medido total no posto tarifário ponta da tarifa branca, em quilowatt-hora (kWh);

$T_{CP;Branca}$ = Tarifa branca de consumo no posto tarifário ponta, em Reais por quilowatt-hora (R\$/kWh).

A partir dos cálculos realizados até aqui, tem-se o mesmo consumo de energia aplicado a quatro modalidades tarifárias distintas. Esses valores são importantes para verificar qual das modalidades apresenta maior viabilidade econômica.

Contudo, além da análise do padrão de consumo de energia elétrica, faz-se necessário verificar qual o melhor valor de demanda ativa a contratar de forma que o consumidor não pague multas por ultrapassagem de demanda. A seguir será apresentado como foram feitos esses cálculos.

3.2 CÁLCULO DE CONTRATO DE DEMANDAS

Após as simulações de custos com o consumo de energia ativa em cada tipo de tarifa possível ao cliente, a ferramenta realiza alguns cálculos para obter o melhor valor de demanda a ser contratada no Contrato de Uso do Sistema de Distribuição - CUSD.

Como mencionado no subitem 2.2.4, a demanda de energia ativa a ser faturada pela concessionária é a maior demanda de energia ativa registrada no período de um mês, de forma que se o valor registrado não for inferior ou igual a 105 % (cento e cinco por cento) do valor contratado, será inserido na fatura do consumidor uma multa por ultrapassagem de demanda. Dessa forma, os cálculos realizados pela ferramenta têm como principal objetivo informar ao usuário da ferramenta uma sugestão de contrato de demanda de forma que o cliente não pague multas.

Vale ressaltar que os valores de demandas acordados no CUSD têm vigência de doze meses, contudo a ferramenta desenvolvida no presente trabalho analisa os dados de um mês de registros de demanda ativa. Com isso, é de suma importância que o usuário da ferramenta esteja ciente da possível variação no padrão de demanda de energia no decorrer do ano do consumidor estudado. Caso seja viável, cabe repetir a simulação de contrato de demanda para um período total de doze meses de consumo de forma a perceber como se comporta os valores de demandas registradas a longo prazo.

Para se obter os melhores valores de demandas contratadas para o cliente foi verificado inicialmente qual a maior demanda registrada em cada posto tarifário (ponta e fora ponta). Em seguida, foi aplicado um acréscimo de 10 % (dez por cento) nos valores de demandas com o objetivo de suportar pequenas variações de registros de demandas em meses subsequentes. Abaixo, as Equações (18) e (19) apresentam os cálculos realizados:

$$D_{FP} = \underset{T=0}{T=n} \text{MAX}[DAM(FP)] \times 1,1 \quad (18)$$

$$D_P = \underset{T=0}{T=n} \text{MAX}[DAM(P)] \times 1,1 \quad (19)$$

em que:

$DAM(FP)$ = Demanda de potência ativa medida no intervalo de integralização "T", durante o posto tarifário fora ponta, em quilowatt (kW);

D_P = Sugestão de contrato de demanda no posto tarifário ponta, em quilowatt (kW);

$DAM(P)$ = Demanda de potência ativa medida no intervalo de integralização "T", durante o posto tarifário ponta, em quilowatt, em quilowatt (kW);

MAX = Função que identifica o valor máximo da equação, dentro dos parênteses correspondentes;

T = Intervalo de 15 minutos, no período de faturamento;

n = Número de intervalos de integralização "T", no período de faturamento.

Após a realização do cálculo, foi feita uma manipulação matemática nos valores de D_{FP} e D_P para que não seja apresentado ao usuário valores fracionados de demandas. A manipulação consiste em dividir o valor por 50 (cinquenta), posteriormente realizar um arredondamento sempre para o valor superior mais próximo e em seguida

multiplicar por 50 (cinquenta), dessa forma, teremos valores de contrato de demandas sempre múltiplos de 50.

Com os valores de contrato de demandas calculados e ajustados, em seguida foram realizados os cálculos de custos com os contratos de demandas em cada tipo de tarifa.

3.2.1 SIMULAÇÃO DO CUSTO DAS DEMANDAS NA TARIFA AZUL

As Equações (20) e (21) detalham os cálculos inseridos na ferramenta para chegar no custo do cliente com as demandas sugeridas na tarifa azul.

$$P_{DFP;Azul} = D_{FP} \times T_{DFP;Azul} \quad (20)$$

$$P_{DP;Azul} = D_P \times T_{DP;Azul} \quad (21)$$

em que:

$P_{DFP;Azul}$ = Parcela de demanda no posto tarifário fora ponta na tarifa azul, em Reais (R\$);

D_{FP} = Sugestão de contrato de demanda no posto tarifário fora ponta, em quilowatt (kW);

$T_{DFP;Azul}$ = Tarifa azul de demanda no posto tarifário fora ponta, em Reais por quilowatt (R\$/kW);

$P_{DP;Azul}$ = Parcela de demanda no posto tarifário ponta na tarifa azul, em Reais (R\$);

D_P = Sugestão de contrato de demanda no posto tarifário ponta, em quilowatt (kW);

$T_{DP;Azul}$ = Tarifa azul de demanda no posto tarifário ponta, em Reais por quilowatt (R\$/kW).

3.2.2 SIMULAÇÃO DO CUSTO DA DEMANDA NA TARIFA VERDE

Como apresenta o subitem 2.2.4, diferentemente da Modalidade Tarifária Azul, a Modalidade Verde demonstra apenas um único valor de contrato de demanda. Apesar de ser denominada de Demanda Fora Ponta, ela contabiliza todos os registros de picos de demandas independentemente do horário.

Por esse motivo, para simular o custo com a demanda contratada na Modalidade tarifária Verde, a ferramenta utiliza a maior demanda sugerida e multiplica pelo valor da tarifa, conforme mostra a Equação (22):

$$P_{DFP;Verde} = D_{max} \times T_{DFP;Verde} \quad (22)$$

em que:

$P_{DFP;Verde}$ = Parcela de demanda na tarifa verde, em Reais (R\$);

D_{max} = Maior sugestão de contrato de demanda no independente do posto tarifário ponta ou fora ponta, em quilowatt (kW);

$T_{DFP;Verde}$ = Tarifa verde de demanda, em Reais por quilowatt (R\$/kW);

3.3 DIMENSIONAMENTO DO BANCO DE CAPACITORES AUTOMÁTICO

Por fim, foi implantado na planilha eletrônica um modelo de dimensionamento de banco de capacitores com o objetivo de compensar o baixo fator de potência registrado no posto horário indutivo. Para isso, inicialmente foi calculado o fator de potência a cada hora do posto horário indutivo de acordo com a Equação (23):

$$FP = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kVArh^2}} \quad (23)$$

em que:

FP = Fator de potência;

kWh = Registro de consumo de energia ativa em uma hora, em quilowatt-hora (kWh);

$kVArh$ = Registro de consumo de energia reativa em uma hora, em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kVArh);

Após a realização do cálculo detalhado acima, foram identificados os horários do posto indutivo em que o fator de potência estava abaixo de 0,92 e foram realizados cálculos de energia reativa capacitiva necessária para compensar o fator de potência para 0,95. A Equação (24) demonstra como foram feitos os cálculos:

$$Q = kVArh - \sqrt{\left(\frac{kWh}{0,95}\right)^2 - kWh^2} \quad (24)$$

em que:

Q = Potência reativa capacitiva, em quilovolt-ampère-reactivo (kVAr);

$kVArh$ = Registro de consumo de energia reativa em uma hora, em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kVArh);

kWh = Registro de consumo de energia ativa em uma hora, em quilowatt-hora (kWh).

Escolheu-se o valor de compensação para 0,95 de fator de potência com o intuito de existir uma margem de segurança em relação ao fator de potência que é tolerado pela distribuidora (0,92).

Após a realização do cálculo da Equação (24), o valor do banco de capacitores definiu-se como sendo o maior valor de energia reativa capacitiva calculada em todo o período do mês. Além disso, o valor obtido foi submetido a uma manipulação matemática a fim de fornecer ao usuário da ferramenta valores sempre múltiplos de 10.

Dessa forma têm-se valores de banco de capacitores mais próximos dos valores comerciais.

4 RESULTADOS

Para elaboração da ferramenta de análise de modalidade tarifária através de relatório de memória de massa, desenvolveu-se um algoritmo no Power Query incorporado ao Microsoft Office Excel conforme apresentado na Seção 3. A escolha desse programa se deu pela facilidade que o usuário terá em realizar a análise, como também, pelo fato de o programa ser de uso comum entre os atuantes em consultorias de análise de energia.

O presente capítulo apresentará as instruções básicas que devem ser observadas na utilização da ferramenta, e, em seguida, os resultados obtidos para os casos concretos processados.

4.1 INSTRUÇÕES AO USUÁRIO

Para realizar a análise do relatório de memória de massa faz-se necessário que o usuário tenha os arquivos referentes ao consumo e a demanda de energia de um período mínimo de 30 dias com intervalos de leituras de até 15 minutos em formato de Excel.

Conforme apresentado na Seção 2, ambos os arquivos são disponibilizados pela Energisa mediante a solicitação do consumidor.

De posse dos arquivos, faz-se importante alterar o nome dos mesmos para que a ferramenta não encontre problemas de referência ao realizar as análises. De forma padrão, os arquivos que são disponibilizados apresentam inicialmente a palavra “cons” ou “dem” e em seguida, caracteres numéricos. Faz-se necessário alterar os nomes dos arquivos para “Consumo” e “Demanda” respectivamente conforme mostrado na Figura 2 e Figura 3.

Figura 2 – Arquivos disponibilizados pela Energisa referentes ao Consumo e Demanda

Nome	Data de modificação	Tipo	Tamanho
 cons_20220606_141221	21/06/2022 13:40	Planilha do Micro...	119 KB
 dem_20220606_141221	21/06/2022 13:41	Planilha do Micro...	110 KB

Fonte: Elaboração própria (2022)

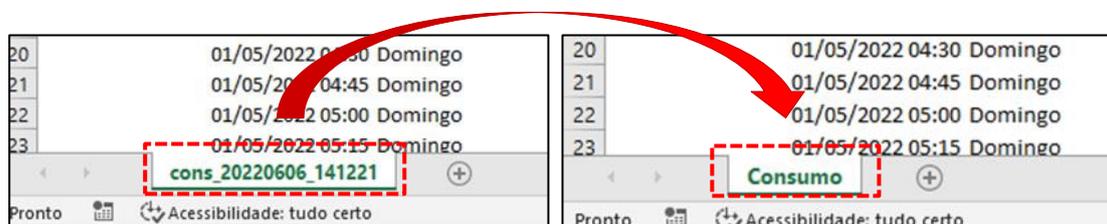
Figura 3 – Arquivos disponibilizados pela Energisa referentes ao Consumo e Demanda renomeados

Nome	Data de modificação	Tipo	Tamanho
 Consumo	21/06/2022 13:40	Planilha do Micro...	119 KB
 Demanda	21/06/2022 13:41	Planilha do Micro...	110 KB

Fonte: Elaboração própria (2022)

Além da alteração dos nomes dos arquivos, é necessário modificar os títulos das planilhas eletrônicas contidas em cada arquivo com os mesmos títulos: “Consumo” e “Demanda”, conforme demonstrado na Figura 4 e Figura 5.

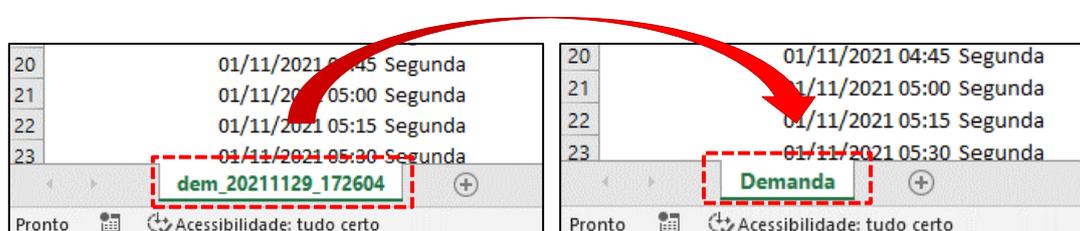
Figura 4 – Alteração do título da planilha referente ao consumo



20	01/05/2022 04:30 Domingo
21	01/05/2022 04:45 Domingo
22	01/05/2022 05:00 Domingo
23	01/05/2022 05:15 Domingo

Fonte: Elaboração Própria (2022)

Figura 5 – Alteração do título da planilha referente a demanda



20	01/11/2021 04:45 Segunda
21	01/11/2021 05:00 Segunda
22	01/11/2021 05:15 Segunda
23	01/11/2021 05:30 Segunda

Fonte: Elaboração Própria (2022)

Após as alterações descritas anteriormente, faz-se necessário que os arquivos “Análise” e “Tarifas” estejam na mesma pasta de trabalho conforme demonstrado na Figura 6.

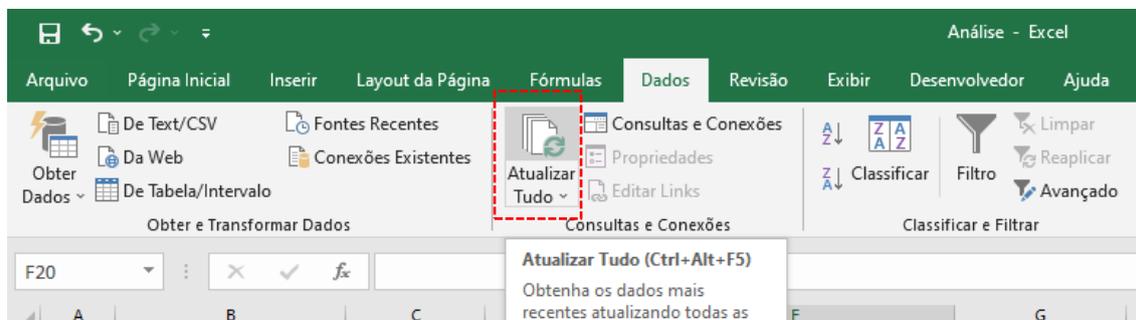
Figura 6 – Arquivos reunidos em uma única pasta de trabalho

Nome	Data de modificação	Tipo	Tamanho
 Análise	21/06/2022 10:42	Planilha do Micro...	93 KB
 Consumo	06/06/2022 23:41	Planilha do Micro...	109 KB
 Demanda	06/06/2022 23:42	Planilha do Micro...	109 KB
 Tarifas	21/06/2022 10:41	Planilha do Micro...	12 KB

Fonte: Elaboração própria (2022)

Com os arquivos reunidos na mesma pasta, o arquivo de Análise pode ser aberto. Para que análise seja iniciada, é necessário que o usuário entre na aba de “Dados” e em seguida clique em “Atualizar Tudo” conforme demonstrado na Figura 7.

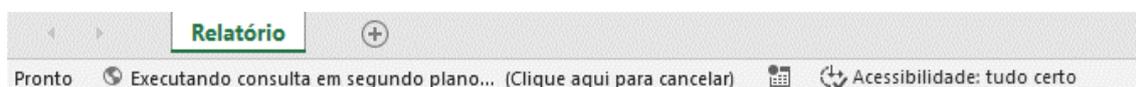
Figura 7 – Atualização de dados no Excel



Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

Após o usuário clicar na opção de “Atualizar tudo” o programa dá início a execução do algoritmo programado em linguagem M no Power Query. O processamento dos dados leva alguns instantes e o seu carregamento será indicado por um ícone apresentado no canto inferior esquerdo conforme apresentado na Figura 8.

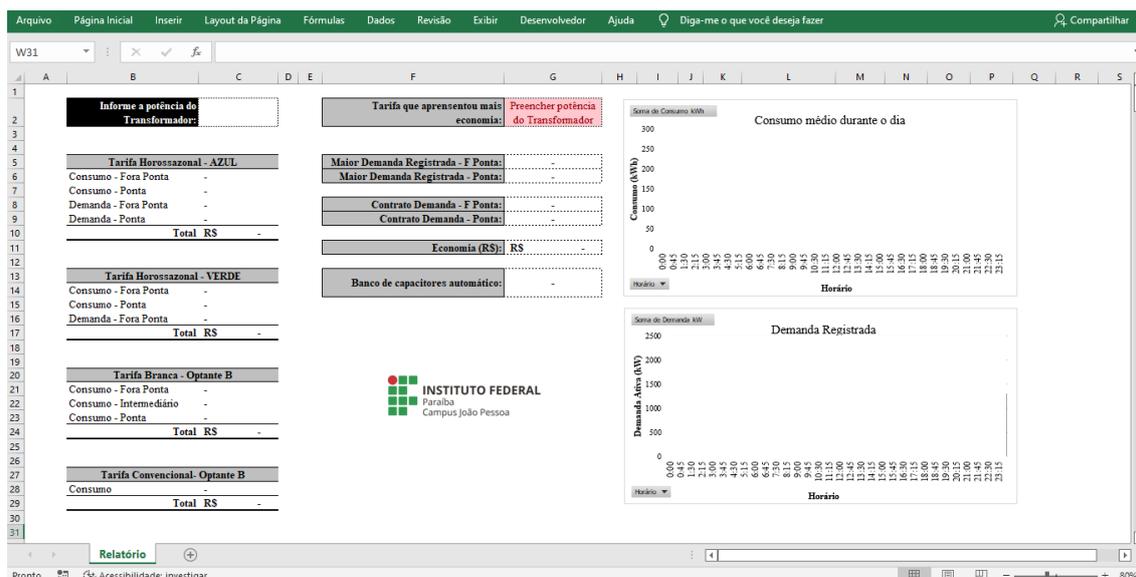
Figura 8 – Indicação de que o Excel está realizando os cálculos no Power Query



Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

Com os dados calculados, é imprescindível inserir a informação de carga instalada na célula indicada como “Informe a potência do Transformador”. Com isso a planilha “Relatório” apresentará uma simulação dos custos da fatura de energia sem impostos em cada tipo de modalidade tarifária e indicará qual a mais econômica para o consumidor analisado. A informação da carga instalada será importante na análise pois a partir dela o algoritmo também analisa se o consumidor observado pode ser enquadrado como optante pelo faturamento no Grupo B. Caso essa informação não seja preenchida, a planilha de Relatório não apresenta nenhuma análise conforme demonstrado na Figura 9.

Figura 9 – Planilha de relatório



Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

4.2 ESTUDOS DE CASO

Serão apresentados a seguir quatro estudos de caso com os resultados obtidos através da planilha eletrônica desenvolvida neste trabalho. Foram utilizados quatro relatórios de memórias de massa referentes a clientes do subgrupo A4, com medições de consumo e demanda de energia em intervalos de 15 minutos entre os dias 01/05/2022 a 31/05/2022. A Tabela 9 apresenta as principais características dos consumidores analisados.

Tabela 9 – Dados dos estudos de caso

Nome	Grupo	Subgrupo	Carga Instalada
Consumidor 1	A	A4	3.000 kVA
Consumidor 2	A	A4	1.500 kVA
Consumidor 3	A	A4	75 kVA
Consumidor 4	A	A4	112,5 kVA

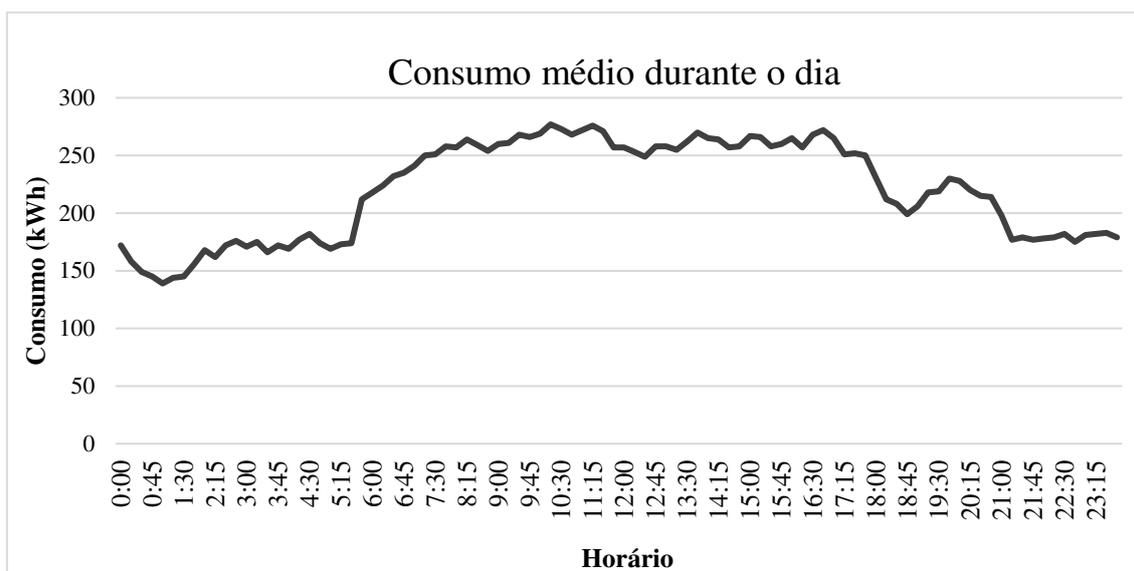
Fonte: Elaboração própria (2022)

O relatório de memória de massa do Consumidor 1 se trata de um consumidor real da Energisa Paraíba, o qual não é identificado por motivos de sigilo de dados do cliente. Em relação aos demais consumidores analisados, se tratam de relatórios manipulados afim de possuir diferentes padrões de consumo de energia para estudos de caso utilizando a ferramenta desenvolvida.

4.2.1 CONSUMIDOR 1

Foram carregados os dados de consumo e demanda do Consumidor 1 conforme descrito no passo a passo da seção 4.1 deste capítulo. A Figura 10 apresenta graficamente o consumo médio de energia elétrica durante o dia expresso em kWh.

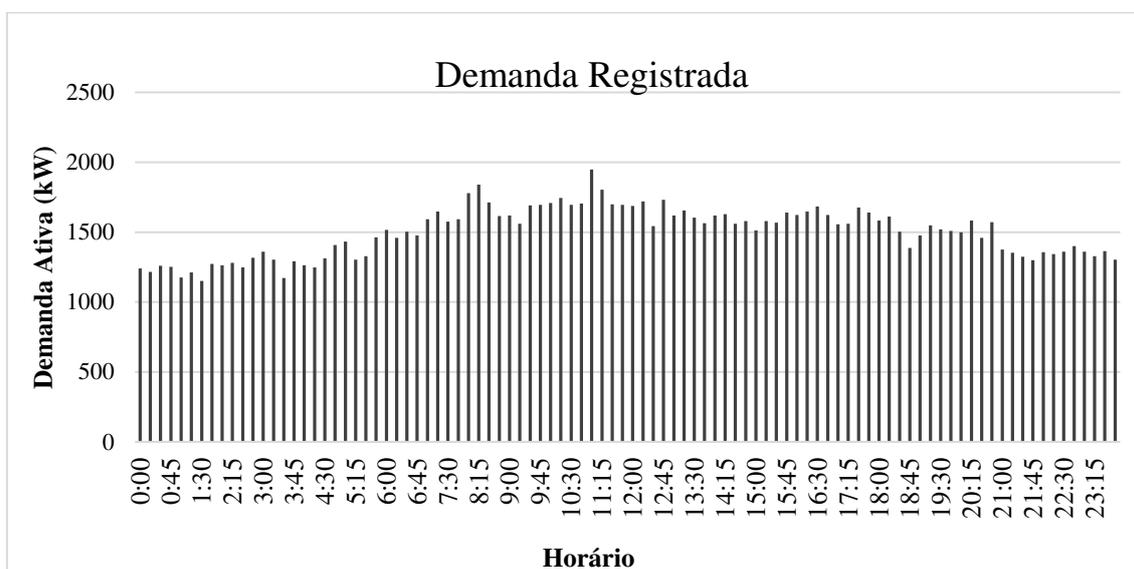
Figura 10 – Gráfico de consumo médio diário de energia do Consumidor 1



Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

Em seguida a planilha apresenta graficamente as maiores demandas de energia ativa registradas em kW a cada intervalo de quinze minutos. Essa representação pode ser visualizada na Figura 11 a seguir.

Figura 11 – Gráfico de maiores demandas registradas do Consumidor 1



Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

Na Figura 12 apresenta-se o resultado da análise automática do Consumidor 1 realizada pela ferramenta. Nela contém os cálculos de fatura de energia sem tributos nas modalidades tarifárias azul e verde; os valores de maiores demandas registradas; a sugestão de contrato de demanda; a economia em reais (R\$) entre as modalidades; e por fim, o dimensionamento de um banco de capacitores automático (tendo em vista que o algoritmo identificou um consumo excedente de energia reativa).

Figura 12 – Resultado da análise tarifária do Consumidor 1

Informe a potência do Transformador:	3000 kVA	Tarifa que apresentou mais economia:	Tarifa Horossazonal VERDE
Tarifa Horossazonal - AZUL		Maior Demanda Registrada - F Ponta:	1948 kW
Consumo - Fora Ponta	R\$ 178.361,81	Maior Demanda Registrada - Ponta:	1640 kW
Consumo - Ponta	R\$ 33.234,92	Contrato Demanda - F Ponta:	2150 kW
Demanda - Fora Ponta	R\$ 56.373,00	Contrato Demanda - Ponta:	-
Demanda - Ponta	R\$ 96.477,50	Economia (R\$):	R\$ 4.929,98
Total	R\$ 364.447,23	Banco de capacitores automático:	260 kVAr
Tarifa Horossazonal - VERDE			
Consumo - Fora Ponta	R\$ 178.361,81		
Consumo - Ponta	R\$ 124.782,44		
Demanda - Fora Ponta	R\$ 56.373,00		
Total	R\$ 359.517,25		
Tarifa Branca - Optante B			
Consumo - Fora Ponta	-		
Consumo - Intermediário	-		
Consumo - Ponta	-		
Total	R\$ -		
Tarifa Convencional- Optante B			
Consumo	-		
Total	R\$ -		

 **INSTITUTO FEDERAL**
Paraíba
Campus João Pessoa

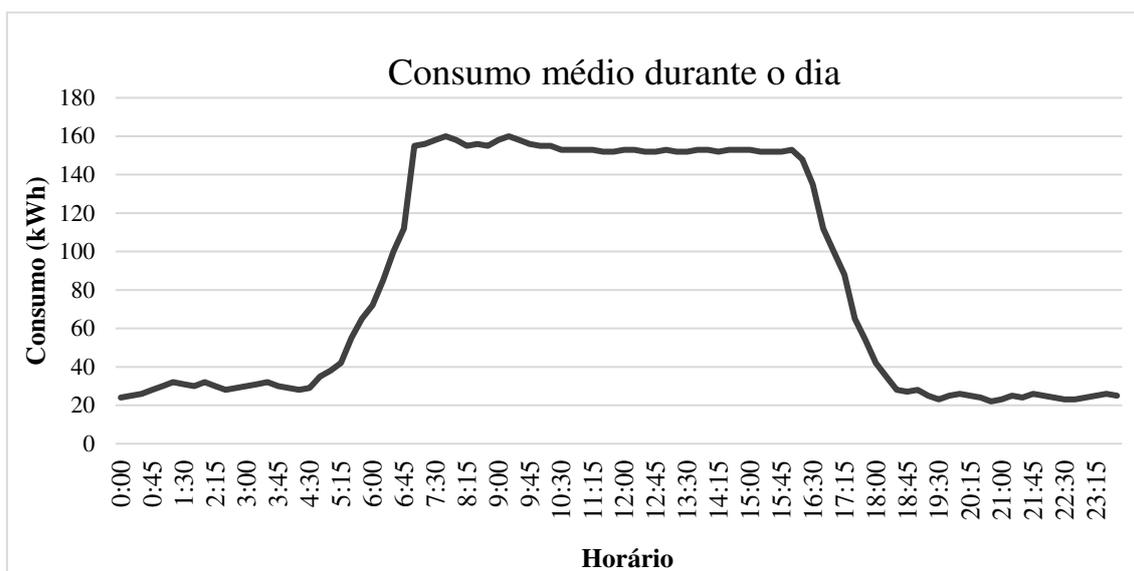
Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

Na Figura 12 nota-se também que a planilha eletrônica não disponibiliza a simulação de faturamento nas modalidades tarifárias do Grupo B. Isso se dá pelo fato do Consumidor 1 não possuir uma carga instalada inferior ou igual a 112,5 kVA. O mesmo acontece com o estudo de caso 2 que será apresentado a seguir.

4.2.2 CONSUMIDOR 2

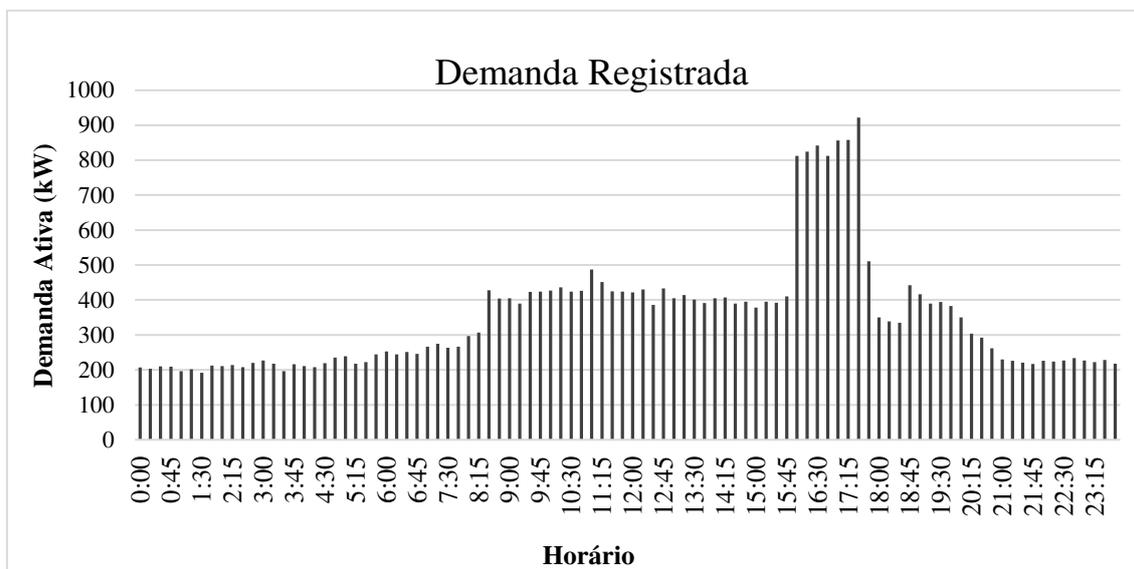
Feita a análise do relatório de memória de massa correspondente ao Consumidor 2, as Figura 13 e Figura 14 apresentam o consumo médio de energia elétrica durante o dia e os maiores registros de demandas, respectivamente.

Figura 13 – Gráfico de consumo médio diário de energia do Consumidor 2



Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

Figura 14 – Gráfico de maiores demandas registradas do Consumidor 2



Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

A partir da visualização dos gráficos apresentados, percebe-se uma diferença significativa no padrão de consumo de energia elétrica entre o Consumidor 2 e o estudo de caso apresentado anteriormente.

Em seguida, na Figura 15 apresenta-se os dados do resultado da análise automática realizada do Consumidor 2 pela planilha eletrônica. Nela contém os cálculos de fatura de energia sem tributos nas modalidades tarifárias azul e verde; os valores de maiores demandas registradas; a sugestão de contrato de demanda; e por fim, a economia em reais (R\$) entre as modalidades. Nesse estudo de caso a planilha não sugeriu a instalação de banco de capacitores pois o consumidor não apresentou consumo de energia reativa excedente.

Figura 15 – Resultado da análise tarifária do Consumidor 2

Informe a potência do Transformador:	1500 kVA	Tarifa que apresentou mais economia:	Tarifa Horossazonal AZUL
Tarifa Horossazonal - AZUL		Maior Demanda Registrada - F Ponta:	922 kW
Consumo - Fora Ponta	R\$ 75.075,86	Maior Demanda Registrada - Ponta:	72 kW
Consumo - Ponta	R\$ 3.664,95	Contrato Demanda - F Ponta:	1050 kW
Demanda - Fora Ponta	R\$ 27.531,00	Contrato Demanda - Ponta:	100 kW
Demanda - Ponta	R\$ 5.215,00	Economia (R\$):	R\$ 4.880,33
Total	R\$ 111.486,81	Banco de capacitores automático:	0 kVAr
Tarifa Horossazonal - VERDE			
Consumo - Fora Ponta	R\$ 75.075,86		
Consumo - Ponta	R\$ 13.760,28		
Demanda - Fora Ponta	R\$ 27.531,00		
Total	R\$ 116.367,13		
Tarifa Branca - Optante B			
Consumo - Fora Ponta	-		
Consumo - Intermediário	-		
Consumo - Ponta	-		
Total	R\$ -		
Tarifa Convencional- Optante B			
Consumo	-		
Total	R\$ -		

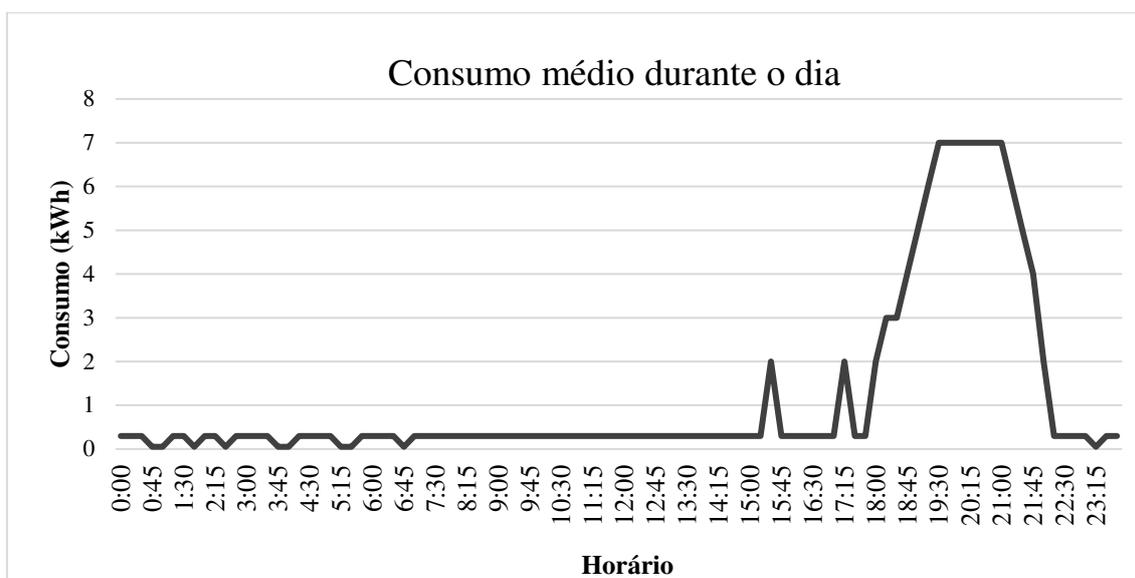
Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

Assim como no estudo de caso anterior, o Consumidor 2 não apresenta uma carga instalada inferior ou igual a 112,5 kVA, conseqüentemente, a planilha eletrônica não apresenta os cálculos referentes ao faturamento no Grupo B.

4.2.3 CONSUMIDOR 3

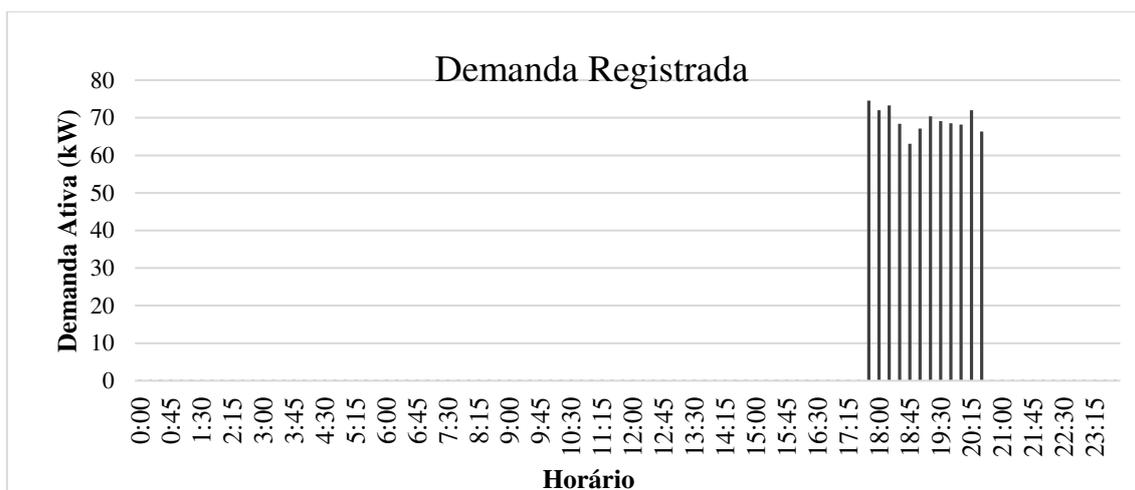
Realizaram-se dois estudos de caso de consumidores do Grupo A que podem se enquadrar na opção de faturamento pelo Grupo B. Após a análise o Consumidor 3 apresentou a curva de consumo médio de energia elétrica representada na Figura 16, como também, os maiores registros de demanda de energia elétrica representado na Figura 17.

Figura 16 – Gráfico de consumo médio diário de energia do Consumidor 3



Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

Figura 17 – Gráfico de maiores demandas registradas do Consumidor 3



Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

Os resultados obtidos através da análise estão descritos na Figura 18. Para este estudo de caso, a modalidade tarifária mais viável economicamente para o consumidor foi a Convencional do Grupo B.

Figura 18 – Resultado da análise tarifária do Consumidor 3

Informe a potência do Transformador:	75 kVA	Tarifa que apresentou mais economia:	Tarifa Convencional
Tarifa Horossazonal - AZUL		Maior Demanda Registrada - F	0,20 kW
Consumo - Fora Ponta	R\$ 683,77	Maior Demanda Registrada - Ponta:	74,55 kW
Consumo - Ponta	R\$ 590,24	Contrato Demanda - F Ponta:	-
Demanda - Fora Ponta	R\$ 1.311,00	Contrato Demanda - Ponta:	-
Demanda - Ponta	R\$ 5.215,00	Economia (R\$):	R\$ 5.697,61
Total	R\$ 7.800,01	Banco de capacitores automático:	20 kVAr
Tarifa Horossazonal - VERDE			
Consumo - Fora Ponta	R\$ 683,77		
Consumo - Ponta	R\$ 2.216,09		
Demanda - Fora Ponta	R\$ 2.622,00		
Total	R\$ 5.521,86		
Tarifa Branca - Optante B			
Consumo - Fora Ponta	R\$ 490,49		
Consumo - Intermediário	R\$ 757,14		
Consumo - Ponta	R\$ 2.072,41		
Total	R\$ 3.320,04		
Tarifa Convencional- Optante B			
Consumo	R\$ 2.102,40		
Total	R\$ 2.102,40		

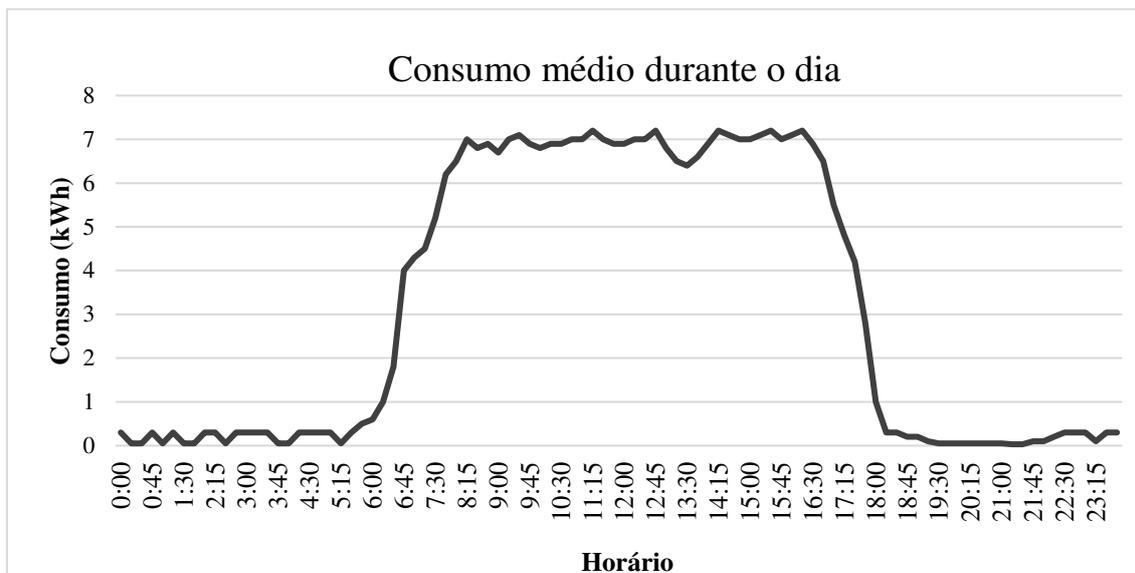


Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

4.2.4 CONSUMIDOR 4

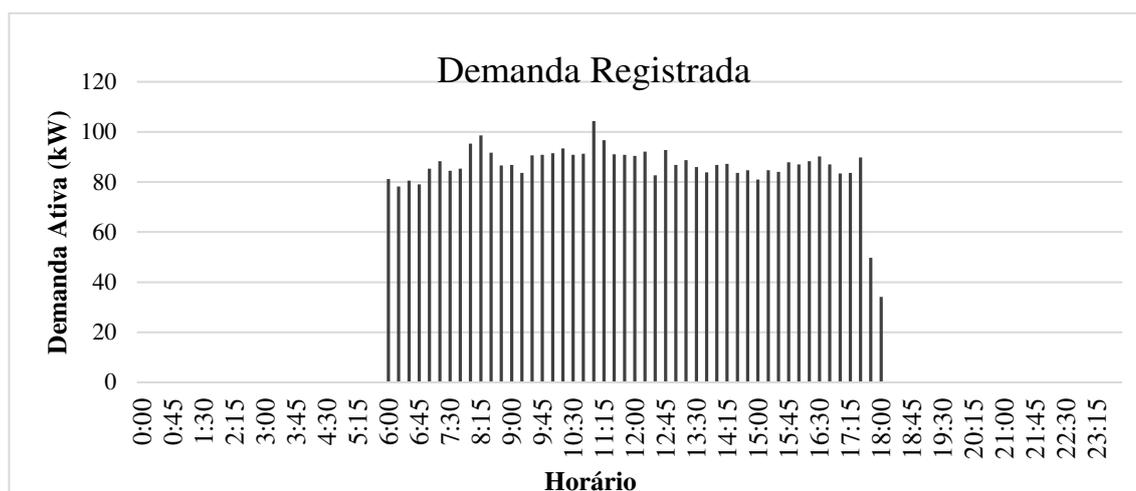
Neste último consumidor, o estudo de caso se deu com base em um relatório de memória de massa de outro consumidor do Grupo A que pode optar pelo faturamento do Grupo B. A Figura 19 apresenta a curva do consumo médio de energia elétrica do Consumidor 4 e a Figura 20 apresenta os maiores registros de demanda de energia elétrica.

Figura 19 – Gráfico de consumo médio diário de energia do Consumidor 4



Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

Figura 20 – Gráfico de maiores demandas registradas do Consumidor 4



Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

Os resultados obtidos através da análise estão descritos na Figura 21 abaixo. Para este estudo de caso, a modalidade tarifária mais viável economicamente para o Consumidor 4 foi a Tarifa Branca do Grupo B.

Figura 21 – Resultado da análise tarifária do Consumidor 4

Informe a potência do Transformador:	112,5 kVA	Tarifa que apresentou mais economia:	Tarifa Branca
Tarifa Horossazonal - AZUL		Maior Demanda Registrada - F	104,36 kW
Consumo - Fora Ponta	R\$ 2.841,12	Maior Demanda Registrada - Ponta:	0,33 kW
Consumo - Ponta	R\$ 52,14	Contrato Demanda - F Ponta:	-
Demanda - Fora Ponta	R\$ 3.933,00	Contrato Demanda - Ponta:	-
Demanda - Ponta	R\$ 2.607,50	Economia (R\$):	R\$ 4.313,63
Total	R\$ 9.433,76	Banco de capacitores automático:	10 kVAr
Tarifa Horossazonal - VERDE			
Consumo - Fora Ponta	R\$ 2.841,12		
Consumo - Ponta	R\$ 195,76		
Demanda - Fora Ponta	R\$ 3.933,00		
Total	R\$ 6.969,88		
Tarifa Branca - Optante B			
Consumo - Fora Ponta	R\$ 4.134,52		
Consumo - Intermediário	R\$ 612,10		
Consumo - Ponta	R\$ 373,52		
Total	R\$ 5.120,14		
Tarifa Convencional- Optante B			
Consumo	R\$ 5.620,93		
Total	R\$ 5.620,93		



Fonte: Tela do Microsoft Office Excel 2019

A partir dos estudos de caso realizados, percebeu-se a facilidade e agilidade na aplicação da ferramenta desenvolvida. Na Tabela 10 apresenta-se um quadro resumo com os principais dados obtidos neste capítulo.

Tabela 10 – Quadro resumo dos estudos de caso

Nome	Tarifa mais econômica	Contrato Demanda - P	Contrato Demanda - FP	Economia	Banco de capacitores
Consumidor 1	Tarifa Verde	-	2.150 kW	R\$ 4.929	260 kVAr
Consumidor 2	Tarifa Azul	100 kW	1.050 kW	R\$ 4.880	-
Consumidor 3	Tarifa Convencional	-	-	R\$ 5.697	20 kVAr
Consumidor 4	Tarifa Branca	-	-	R\$ 4.313	10 kVAr

Fonte: Elaboração própria (2022)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de realizado este Trabalho de Conclusão de Curso, é possível fazer algumas considerações finais, sobretudo, da notável importância de uma constante verificação da fatura de energia do consumidor.

Dando início as observações, para os consumidores do Grupo A torna-se ainda mais delicada a análise tendo em vista que são vários os fatores que devem ser verificados, como: contrato de demanda de potência, ultrapassagem na demanda contratada, consumo excedente de energia reativa, possibilidade de alteração de modalidade tarifária, dentre outros.

Porém, as informações que são apresentadas nas faturas de energia muitas vezes não são suficientes para embasar algumas tomadas de decisões a respeito da eficiência energética de consumidores de médio a grande porte. Por esse motivo faz-se necessário a análise detalhada de dados referentes ao consumo de energia elétrica e demanda de potência do consumidor.

Para obtenção desses dados, basicamente, pode-se coleta-los a partir da instalação de um equipamento de medição e registro de grandezas elétricas nas instalações do consumidor, como também, por meio de relatório de memória de massa disponibilizado pela distribuidora.

As análises através do relatório de memória de massa geralmente são feitas de forma manual pelos profissionais da engenharia, contudo, a ferramenta elaborada neste trabalho cumpriu o objetivo de automatizar a tarefa proposta para obtenção das informações de forma célere e eficaz, ao apresentar as informações necessárias ao usuário.

REFERENCIAS

ABESCO. **O que é Eficiência Energética? (EE)**. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>. Acesso em 10 de junho de 2022.

ANEEL. **Anexo V da Resolução Normativa nº 956, de 7 de setembro de 2021 Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional-PRODIST**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956_2_4.pdf>. Acesso em: 2 de junho de 2022.

ANEEL. **Bandeiras Tarifárias**. Disponível em: <<https://antigo.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

ANEEL. **Base de Dados das Tarifas das Distribuidoras de Energia Elétrica**. Disponível em: <<https://portalrelatorios.aneel.gov.br/mercado/basestarifas>>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

ANEEL. **Modalidades Tarifárias**. Disponível em: <<https://antigo.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

ANEEL. **Módulo 7 – Estrutura Tarifária das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica. Procedimentos de Regulação Tarifária (Proret)**. Brasília, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/proret>>. Acesso em: 2 de maio de 2022.

ANEEL. **Postos Tarifários**. Disponível em: <<https://antigo.aneel.gov.br/postos-tarifarios>>; Acesso em: 2 de junho de 2022.

ANEEL. **Ranking da Tarifa Residencial**. Disponível em: <<https://portalrelatorios.aneel.gov.br/mercado/rankingtarifas>>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

ANEEL. **Resolução Normativa N° 1.000, DE 7 de dezembro de 2021. Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica.** Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf>>. Acesso em: 7 de fevereiro de 2022.

EPE. **Anuário estatístico de energia elétrica 2022.** Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

EPE. **Balanco Energético Nacional 2022.** Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

HADDAD, F. J. **Energia Elétrica: Conceitos, Qualidade e Tarifação.** Rio de Janeiro, 2004, Procel Indústria.

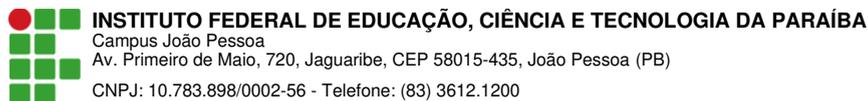
KRAUSE, C. B.; Rodrigues, J. A. P.; Maia, J. L. P.; Pacheco, L. F. L.; Américo, M.; Teixeira, P. **Manual de Prédios eficientes em energia elétrica.** IBAM/ELETRABRAS/PROCEL. Rio de Janeiro, 2002.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais – LTC – 8ª ed.,** 2011.

MANOELA, Joiris. **Entendendo a fatura de energia – 2.** Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://energes.com.br/entendendo-a-fatura-de-energia-2/>>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

PROCEL. **Manual de Tarifação de Energia Elétrica.** Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/>>. Acesso em: 24 de maio de 2022.

SILVA, M. S. et al. **Eficiência energética na gestão da conta de energia elétrica da Universidade Federal de Sergipe.** II Congresso Internacional IGLU, Florianópolis, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/29185>>. Acesso em: 2 de maio de 2022.



Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Arquivo do TCC

Assunto: Arquivo do TCC
Assinado por: Vitor Hugo
Tipo do Documento: Anexo
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Vitor Hugo Aires da Silva, ALUNO (20161610012) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA**, em 14/08/2022 11:12:15.

Este documento foi armazenado no SUAP em 14/08/2022. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 595567
Código de Autenticação: c5720f5e80

