

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

Rodrigo Santana Esperidião

**Desenvolvimento de *software* destinado à análise de custos de energia elétrica em
unidades consumidoras do grupo A e grupo B**

Goiânia

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome(s) completo(s) do(a)(s) autor(a)(es)(as): **RODRIGO SANTANA ESPERIDIÃO**

Título do trabalho: **Desenvolvimento de *software* destinado à análise de custos de energia elétrica em unidades consumidoras do grupo A e grupo B**

2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador) Concorda com a liberação total do documento [X] SIM [] NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à)(s) autor(a)(es)(as) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Nunes Belchior, Professor do Magistério Superior**, em 18/07/2024, às 11:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Santana Esperidiao, Discente**, em 18/07/2024, às 11:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4668408** e o código CRC **1A241C81**.

Referência: Processo nº 23070.017311/2024-65

SEI nº 4668408



Rodrigo Santana Esperidião

Desenvolvimento de *software* destinado à análise de custos de energia elétrica em unidades consumidoras do grupo A e grupo B

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação da Universidade Federal de Goiás, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Nunes Belchior

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Esperidião, Rodrigo Santana

Desenvolvimento de software destinado à análise de custos de
energia elétrica em unidades consumidoras do grupo A e grupo B
[manuscrito] / Rodrigo Santana Esperidião. - 2024.

lxxxv, 85 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Nunes Belchior.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de
Computação (EMC), Engenharia Elétrica, Goiânia, 2024.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui lista de figuras, lista de tabelas.

1. Análise Tarifária. 2. Modalidade Tarifária. 3. Python. 4.
Demanda Contratada. 5. Faturamento de Energia Elétrica. I. Belchior,
Fernando Nunes, orient. II. Título.

CDU 621.3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao(s) 16 dia(s) do mês de julho do ano de 2024 iniciou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “Desenvolvimento de software destinado à análise de custos de energia elétrica em unidades consumidoras do grupo A e grupo B”, de autoria de Rodrigo Santana Esperidião, do curso de Engenharia Elétrica, do(a) EMC da UFG. Os trabalhos foram instalados pelo(a) Prof. Dr. Fernando Nunes Belchior (FCT/UFG) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Prof. Dr. Marcelo Stehling de Castro (EMC/UFG), Prof. Dr. Antônio Melo de Oliveira (EMC/UFG). Após a apresentação, a banca examinadora realizou a arguição do(a) estudante. Posteriormente, de forma reservada, a Banca Examinadora atribuiu a nota final de 10 (dez) , tendo sido o TCC considerado aprovado.

Proclamados os resultados, os trabalhos foram encerrados e, para constar, lavrou-se a presente ata que segue assinada pelos Membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Nunes Belchior, Professor do Magistério Superior**, em 17/07/2024, às 11:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Stehling De Castro, Professor do Magistério Superior**, em 17/07/2024, às 11:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Melo De Oliveira, Professor do Magistério Superior**, em 17/07/2024, às 19:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4483287** e o código CRC **7A44417B**.

RESUMO

Compreender como são realizadas as cobranças relacionadas ao uso da energia elétrica em uma instalação é essencial para a boa gestão das despesas com esse insumo, pois permite identificar maneiras de reduzir os custos decorrentes de sua utilização. Embora existam diversas distribuidoras de energia no Brasil, todas estão submetidas às normas e resoluções estabelecidas pela ANEEL, o que implica uma padronização sobre o faturamento da energia. Este trabalho tem como objetivo detalhar o desenvolvimento de uma aplicação *web* destinada a auxiliar no estudo dos custos relacionados ao uso da energia elétrica em unidades consumidoras brasileiras. O programa combina os elementos de HTML e CSS com seu código principal escrito na linguagem Python. O perfil da unidade e os resultados das simulações são apresentados na forma de valores numéricos e gráficos em planilhas do Excel. O *software* possui dois modelos de análise: a análise por cargas, em que é analisado o perfil de consumo semanal da unidade de acordo com as cargas instaladas e seus horários de utilização; e a análise por fatura, em que são interpretados os dados presentes na fatura de energia elétrica para 12 meses de funcionamento da unidade. As análises buscam apresentar de forma clara o perfil de consumo da unidade e identificar possíveis oportunidades de economia através de reenquadramento tarifário ou alteração de demanda contratada. Na análise por cargas, verifica-se a modalidade tarifária ideal para o perfil da unidade e estuda-se, para consumidores do grupo A, a presença de custos com elementos reativos, uma vez que não há essa cobrança para consumidores do grupo B. Na análise por fatura, o programa aborda apenas unidades do grupo A, recomendando a demanda contratada ideal, a modalidade tarifária adequada e apresentando a economia estimada caso o consumidor adote as medidas sugeridas. Foram realizados cinco estudos de caso para a validação dos resultados gerados pela aplicação: três voltados para a análise por cargas e dois para a análise por fatura. Os quatro primeiros estudos avaliaram os resultados e identificaram as causas das eventuais diferenças constatadas, enquanto o último consistiu em um estudo prático, aplicando a ferramenta para a execução da análise de uma unidade consumidora da Universidade Federal de Goiás. O *software* se mostrou eficiente, gerando resultados consistentes, com erros pequenos na maioria dos casos.

Palavras-chave: Análise Tarifária. Modalidade Tarifária. Python. Demanda Contratada. Faturamento de Energia Elétrica.

ABSTRACT

Understanding how charges related to the use of electrical energy in an installation are made is essential for good expense management of this resource, as it allows identifying ways to reduce the costs arising from its use. Although there are several energy distributors in Brazil, all of them are subject to the rules and resolutions established by ANEEL, which implies standardization of energy billing. This work aims to detail the development of a web application intended to assist in the study of costs related to the use of electrical energy in Brazilian consumer units. The program combines HTML and CSS elements with its main code written in Python. The unit's profile and simulation results are presented as numerical values and graphs in Excel spreadsheets. The software has two analysis models: load analysis, where the unit's weekly consumption profile is analyzed according to the installed loads and their usage times; and bill analysis, where the data present in the electricity bill for 12 months of the unit's operation are interpreted. The analyses aim to clearly present the unit's consumption profile and identify possible cost-saving opportunities through tariff reclassification or contracted demand alteration. In load analysis, the ideal tariff modality for the unit's profile is verified, and for Group A consumers, the presence of costs with reactive elements is studied, as there is no such charge for Group B consumers. In bill analysis, the program addresses only Group A units, recommending the ideal contracted demand, the appropriate tariff modality, and presenting the estimated savings if the consumer adopts the suggested measures. Five case studies were conducted to validate the results generated by the application: three focused on load analysis and two on bill analysis. The first four studies evaluated the results and identified the causes of any observed differences, while the last consisted of a practical study, applying the tool to analyze a consumer unit at the Federal University of Goiás. The software proved to be efficient, generating consistent results with small or no errors in most cases.

Keywords: *Tariff Analysis. Tariff Modality. Python. Contracted Demand. Electricity Billing.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha família, especialmente aos meus pais, Adriano e Rosimeire, e à minha irmã Isabel, que estiveram presentes em todos os momentos e me apoiaram sempre que necessário.

Agradeço aos professores que fizeram parte da minha graduação, em particular ao meu orientador, Fernando Belchior, por sua disponibilidade, empenho e atenção, que foram de extrema importância para o desenvolvimento deste trabalho.

Sou grato aos colegas que conheci durante meu estágio, em especial aos membros da minha equipe, Haroldo, Gidean e Paulo Takao, com quem aprendi diversas lições que foram incorporadas neste trabalho e na minha vida.

Por fim, agradeço aos meus amigos que me acompanharam nessa jornada acadêmica, tornando esse período repleto de boas lembranças e experiências memoráveis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Componentes que compõem o código.....	28
Figura 2: Interface inicial do <i>software</i>	31
Figura 3: Interface de preenchimento de dados de tarifas para consumidor do grupo B	32
Figura 4: Interface de preenchimento de dados de tarifas para consumidor do grupo A	32
Figura 5: Modelo de planilha para envio na página "Tarifas Praticadas"	33
Figura 6: Interface de preenchimento da página "Análise por Cargas"	34
Figura 7: Tabela de cargas exibida na página "Análise por Cargas"	35
Figura 8: Planilha de cargas com cargas de exemplo para análise de consumidor do grupo B	36
Figura 9: Planilha de Consumo por carga para consumidor do grupo B.....	36
Figura 10: Planilha de análise de consumo na modalidade convencional.....	37
Figura 11: Planilha de análise de consumo na modalidade branca	38
Figura 12: Planilha de comparativo para consumidores do grupo B	39
Figura 13: Planilha de cargas com cargas de exemplo para análise de consumidor do grupo A	40
Figura 14: Planilha "Consumo por carga" para análise de consumidor do grupo A	41
Figura 15: Planilha de análise de consumo na modalidade verde.....	41
Figura 16: Planilha de análise de consumo na modalidade azul	43
Figura 17: Dados da planilha de reativos para modalidade tarifária verde	44
Figura 18: Resultados de acréscimo na fatura na planilha de reativos para modalidade tarifária verde 44	
Figura 19: Dados da planilha de reativos para modalidade tarifária azul.....	45
Figura 20: Resultados de acréscimo na fatura na planilha de reativos para modalidade tarifária azul.	45
Figura 21: Planilha de comparativo entre modalidades tarifárias para consumidor do grupo A	46
Figura 22: Interface da página "Análise por Fatura"	47
Figura 23: Histórico energético de uma unidade consumidora do grupo A na fatura de energia	47
Figura 24: Histórico energético da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade verde.....	48
Figura 25: Gráfico de custos com energia ativa da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade verde.....	49
Figura 26: Gráfico de custos com elementos reativos da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade verde.....	49
Figura 27: Gráfico de custos com multas por ultrapassagem da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade verde	49
Figura 28: Gráfico da composição anual de custos da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade verde.....	50
Figura 29: Histórico energético da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade azul	50
Figura 30: Gráfico de custos com energia ativa da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade azul	50
Figura 31: Gráfico de custos com elementos reativos da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade azul	51
Figura 32: Gráfico de custos com multas por ultrapassagem da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade azul.....	51
Figura 33: Gráfico da composição anual de custos da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade azul	51
Figura 34: Planilha de comparativo com a modalidade verde definida como ideal	52
Figura 35: Tabela de simulação da demanda ideal na modalidade verde	52

Figura 36: Tabela de simulação das demandas ideais na modalidade azul	52
Figura 37: Gráfico de custos ao longo do ano.....	53
Figura 38: Valor de demanda contratada recomendada e custos anuais para simulação de cada modalidade.....	53
Figura 39: Demandas contratadas recomendadas para caso de a modalidade ideal ser a azul	53
Figura 40: Planilha de resultados da análise para unidade cuja modalidade ideal encontrada é a verde	54
Figura 41: Planilha de recomendação para unidade cuja modalidade ideal encontrada é a azul	55
Figura 42: Equipamentos do caso B.....	57
Figura 43: Horários de utilização do caso B	57
Figura 44: Parte da disposição das cargas no Excel para análise do <i>software</i>	58
Figura 45: Visualização das cargas usadas nos dias úteis dentro do programa	59
Figura 46: Visualização das cargas usadas nos sábados dentro do programa	59
Figura 47: Visualização das cargas usadas nos domingos dentro do programa	60
Figura 48: Tarifas aplicadas para a análise	60
Figura 49: Resultados da simulação do trabalho de referência	61
Figura 50: Resultados da planilha "Consumo por Carga"	62
Figura 51: Resultado mensal para modalidade tarifária convencional	62
Figura 52: Resultado mensal para modalidade tarifária horária branca.....	63
Figura 53: Planilha de cargas para análise por cargas de unidade do grupo A	65
Figura 54: Dados aplicados na simulação do modelo de referência.....	69
Figura 55: Resultados da simulação do modelo de referência	69
Figura 56: Dados inseridos na planilha modelo para análise.....	70
Figura 57: Resultados da simulação por fatura.....	70
Figura 58: Demanda contratada ideal e economia anual estimada	70
Figura 59: Tarifas aplicadas para o estudo de caso para a análise por fatura	71
Figura 60: Tarifas aplicadas para a análise da fatura da UFG.....	72
Figura 61: Parte da fatura de energia de uma unidade consumidora da UFG.....	73
Figura 62: Tabela com histórico dos últimos meses presente na fatura de energia	73
Figura 63: 1ª metade dos dados coletados e calculados pelo programa.....	74
Figura 64: 2ª metade dos dados coletados e calculados pelo programa.....	74
Figura 65: Gráfico da composição anual de custos de uma unidade consumidora da UFG	75
Figura 66: Gráfico de custos com consumo de energia ativa de uma unidade consumidora da UFG ...	76
Figura 67: Gráfico de multas por ultrapassagem de demanda de uma unidade consumidora da UFG	77
Figura 68: Gráfico de custos com reativos de uma unidade consumidora da UFG.....	77
Figura 69: Gráfico de comparativo de custos entre modalidades verde e azul para uma unidade consumidora da UFG	78
Figura 70: Resultados do comparativo entre modalidades tarifárias e demanda contratada ideal para uma unidade consumidora da UFG	78
Figura 71: Parte superior da planilha "Resultados" da análise de uma unidade consumidora da UFG.	79
Figura 72: Gráfico de Custo Anual X Demanda Contratada para uma unidade consumidora da UFG...	79
Figura 73: Resultados da análise por fatura do Caso A1.....	85
Figura 74: Resultados da análise por fatura do Caso A2.....	86
Figura 75: Resultados da análise por fatura do Caso A3.....	87
Figura 76: Resultados da análise por fatura do Caso A4.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação de resultados para análise de cargas de unidade consumidora do grupo B	63
Tabela 2: Potência média para cada hora do dia	64
Tabela 3: Comparação de resultados para análise por carga de consumidor do grupo A	66
Tabela 4: Dados do exercício de referência	66
Tabela 5: Comparação de resultados de faturamento de excedente de energia reativa	68
Tabela 6: Comparação de resultados para análise por fatura de energia.....	71

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1. Modalidades Tarifárias.....	16
2.1.1. Modalidade Tarifária Convencional	17
2.1.2. Modalidade Tarifária Horária Branca	17
2.1.3. Modalidade Tarifária Horária Verde	18
2.1.4. Modalidade Tarifária Horária Azul.....	18
2.2. Metodologia para Faturamento da Energia Elétrica.....	19
2.2.1. Consumo e Demanda	19
2.2.2. Composição das Tarifas.....	19
2.2.3. Faturamento do Grupo B	20
2.2.4. Faturamento do Grupo A.....	21
2.3. Análise Tarifária.....	24
2.4. Ferramentas Computacionais	24
2.4.1. <i>Python</i>	25
2.4.2. Elementos <i>Web</i>	26
2.5. Considerações Finais	27
3. METODOLOGIA.....	27
3.1. Estrutura Geral do Código	28
3.2. Panorama Geral do <i>Software</i>	30
3.3. Tarifas Praticadas.....	31
3.4. Análise por Cargas	33
3.4.1. Resultados para Consumidores do Grupo B	35
3.4.2. Resultados para Consumidores do Grupo A	39
3.5. Análise por Fatura.....	46
3.6. Considerações Finais	55
4. ESTUDO DE CASO	55
4.1. Análise por Cargas – Grupo B	56
4.2. Análise por Cargas – Grupo A	63
4.3. Análise por Cargas – Elementos Reativos.....	66
4.4. Análise por Fatura com Preenchimento Manual – Grupo A	68
4.5. Análise por Fatura com Preenchimento Automático – Grupo A.....	71
4.6. Considerações Finais	80
5. CONCLUSÕES.....	80

6. REFERÊNCIAS.....	82
APÊNDICE A – RESULTADOS DE ANÁLISES POR FATURA COM PREENCHIMENTO AUTOMÁTICO.....	85

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um elemento fundamental para o funcionamento de praticamente todas as instalações comerciais, residenciais e industriais presentes no mundo contemporâneo, essencial na realidade do Brasil. Custos relacionados a esse insumo, portanto, representam uma preocupação relevante para os administradores em geral. Devido ao uso intensivo e extensivo da eletricidade no país, fez-se necessária a criação de diversas leis e regulamentos, responsáveis por disciplinar sua distribuição e consumo nas diferentes áreas do território brasileiro.

Embora existam diversas empresas distribuidoras de energia elétrica no país, todas devem seguir as regras estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), ente estatal responsável por fiscalizar e emitir normas de funcionamento do setor elétrico brasileiro. A ANEEL é então encarregada de regular a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, fiscalizar as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica, estabelecer tarifas, entre outras atividades. Essa regulação é realizada a partir de normas infralegais, que estabelecem os parâmetros e condições para o funcionamento adequado do setor. Neste trabalho, as normas regulamentares estudadas foram a Resolução Normativa N° 1000 da ANEEL, de 7 de dezembro de 2021, e a Resolução Homologatória N° 3.279, de 17 de outubro de 2023.

A complexidade das legislações que regulam o faturamento da energia elétrica muitas vezes torna o processo de sua gestão mais difícil e suscetível a erros. Assim, é importante que sejam desenvolvidos métodos simplificados, mas confiáveis, para a realização de análises tarifárias e estudos acerca do consumo de energia nas unidades consumidoras.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma solução computacional que objetivou ser mais simples e eficiente para atividades de análise e previsão de custos com energia elétrica em unidades consumidoras brasileiras. O *software* criado contempla dois métodos de análise diferentes, sendo um aplicável somente a consumidores de energia elétrica abastecidos por tensões superiores a 2,3 kV – o grupo A.

Divide-se a estrutura deste trabalho em quatro seções principais. Primeiramente, são apresentados os fundamentos teóricos aplicados ao desenvolvimento do programa e utilizados como referência ao longo da pesquisa. Em seguida, a metodologia utilizada para a criação da aplicação é exposta, com detalhes da estrutura do projeto e de suas funcionalidades. Posteriormente, são discutidos os estudos de caso, onde os resultados obtidos pelo uso do *software* são comparados com dados extraídos de trabalhos de referência. Por fim, a conclusão aborda os principais achados e discorre a respeito da eficácia do *software* desenvolvido.

É esperado que o uso da ferramenta computacional desenvolvida permita que as atividades abordadas possam ser realizadas em um menor intervalo de tempo, além de proporcionar resultados consistentes e padronizados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo se encontram as explicações acerca dos conteúdos usados como base para o desenvolvimento do trabalho. Dentre os temas apresentados estão: as modalidades tarifárias existentes, a metodologia para cobrança de energia elétrica no Brasil e a definição da atividade de análise tarifária. Além da contextualização acerca das questões relacionadas à energia elétrica e tarifações, serão apresentadas, também, as ferramentas computacionais que foram utilizadas para o desenvolvimento do *software* criado para este trabalho.

2.1. Modalidades Tarifárias

De acordo com o artigo 2º, XXXI, da Resolução Normativa Nº 1000 da ANEEL, de 7 de dezembro de 2021, o termo “modalidade tarifária” possui a seguinte definição: “modalidade tarifária: conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda”. Essa definição indica então que a modalidade tarifária está relacionada à forma de medição e cobrança do uso de energia elétrica por diferentes consumidores (ANEEL, 2021).

Atualmente, o Brasil possui quatro modalidades principais, a modalidade tarifária convencional, a modalidade tarifária horária branca, a modalidade tarifária horária verde e a modalidade tarifária horária azul. Cada uma dessas modalidades possui características próprias que relacionam quais e como as tarifas são aplicadas aos tipos de uso da energia elétrica e quais os critérios para que um consumidor se enquadre em uma dessas modalidades.

As descrições apresentadas nos subtópicos seguintes, em que são detalhadas as modalidades tarifárias, constam da Resolução Normativa Nº 1000 da ANEEL, de 7 de dezembro de 2021 (ANEEL, 2021).

2.1.1. Modalidade Tarifária Convencional

A modalidade tarifária convencional é aplicada por meio do uso de uma única tarifa ao longo do dia. O custo da energia elétrica de uma unidade consumidora enquadrada na modalidade tarifária convencional depende, assim, do valor de seu consumo de energia elétrica ativa (energia elétrica capaz de ser convertida em outra forma de energia) ao longo do dia, medido em kWh (quilowatts-hora). Esse valor medido é então multiplicado pela tarifa única.

O custo da energia elétrica para os consumidores enquadrados nessa modalidade não sofre influência do horário de utilização da energia elétrica. Além disso, não há cobranças relacionadas à demanda ou à energia elétrica reativa (energia elétrica que circula entre os campos elétricos e magnéticos do sistema sem realizar trabalho).

Os consumidores que fazem parte dessa modalidade são os abastecidos por baixa tensão, denominados como grupo B¹, e são, em sua maioria, estabelecimentos residenciais e comerciais.

2.1.2. Modalidade Tarifária Horária Branca

A modalidade tarifária horária branca, como seu próprio nome já induz, possui diferentes valores de tarifas referentes aos horários do dia. São então aplicadas três tarifas diferentes ao longo do dia para essa modalidade: uma tarifa para o horário fora de ponta, uma para o horário de ponta e uma para o horário intermediário. Os segmentos horários considerados para o cálculo da fatura de energia das modalidades tarifárias horárias são denominados “postos tarifários”.

O posto tarifário ponta é definido pela concessionária de acordo com o perfil dos consumidores da região atendida, sendo composto por três horas consecutivas no período em que há a maior requisição de energia elétrica sobre o sistema de distribuição. O posto tarifário intermediário, por sua vez, é um período de duas horas, sendo uma hora imediatamente anterior e a outra imediatamente posterior ao horário de ponta. Assim como o horário de ponta, o horário intermediário não é contado aos sábados, domingos e feriados nacionais. Os horários do dia que estão fora dos postos tarifários ponta e intermediário se enquadram no posto tarifário fora de ponta.

Assim como a modalidade convencional, a modalidade tarifária branca é aplicável sobre consumidores do grupo B, podendo ser aderida de acordo com a opção do consumidor, uma

¹ Grupo representado por unidades consumidoras com conexão em tensão nominal menor que 2,3 kV.

vez que a unidade não se enquadre como: subclasses de baixa renda da classe residencial, classe iluminação pública ou que seja faturada pela modalidade de pré-pagamento.

Essa modalidade oferece um valor de tarifa no posto tarifário fora de ponta mais baixo quando comparado à tarifa única da modalidade convencional. Nos horários intermediário e de ponta, por sua vez, o valor da tarifa é consideravelmente mais elevado, o que faz com que seja recomendada uma análise criteriosa sobre o perfil de consumo da unidade que tem interesse em aderir à modalidade branca.

2.1.3. Modalidade Tarifária Horária Verde

A modalidade tarifária horária verde também possui valores diferentes de tarifa, como a branca, de acordo com o horário do dia, porém não há uma tarifa para o horário intermediário, sendo contabilizados somente os postos tarifários de ponta e fora de ponta. Além do custo do consumo de energia, há também um custo sobre a demanda de potência ativa da unidade consumidora, aplicado de acordo com uma tarifa única de demanda, sem segmentação horária.

Pode se enquadrar na modalidade tarifária verde a unidade consumidora do grupo A com tensão de conexão menor que 69 kV. Por fazer parte do grupo A², a unidade consumidora que adere à modalidade tarifária verde está sujeita a pagar os custos relacionados à energia reativa.

2.1.4. Modalidade Tarifária Horária Azul

A modalidade tarifária horária azul, semelhante à modalidade verde, também possui segmentação entre horário de ponta e fora de ponta para o consumo de energia. Já no caso da demanda, a modalidade tarifária azul contempla uma segmentação nos postos tarifários ponta e fora de ponta, permitindo que sejam definidas duas demandas contratadas.

Essa modalidade é obrigatória para unidades consumidoras do grupo A com tensão de conexão maior ou igual a 69 kV e opcional para unidades de com tensão menor de 69 kV. Assim como na modalidade tarifária verde, é realizada a cobrança sobre os elementos reativos, porém a segmentação horária da demanda também é levada em conta quando calculados os custos da demanda reativa.

² Grupo representado por unidades com conexão em tensão nominal igual ou superior a 2,3 kV.

2.2. Metodologia para Faturamento da Energia Elétrica

Existe uma série de procedimentos e cálculos para que seja atingido o valor final de uma fatura de energia. Os elementos que compõem a fatura podem variar de acordo com a modalidade tarifária da unidade consumidora, a geração de energia no período, o valor das tarifas praticadas na região, entre outros fatores. Neste trabalho, os principais componentes estudados são os relacionados diretamente ao uso da energia elétrica por parte do consumidor.

No próximo subtópico serão apresentados os conceitos básicos que devem ser conhecidos para a compreensão do faturamento das unidades consumidoras. Posteriormente, serão detalhados os cálculos aplicados para obter os valores do faturamento das unidades, separados de acordo com o grupo em que são enquadradas (grupo A ou grupo B).

2.2.1. Consumo e Demanda

Para realizar o faturamento da energia elétrica utilizada em uma unidade consumidora, a concessionária deve medir a utilização dessa energia. O uso da energia elétrica ativa em uma instalação é denominado “consumo de energia”. No caso de consumidores do grupo B, somente a energia ativa é considerada no faturamento, enquanto consumidores do grupo A também são cobrados pela energia reativa que circula no sistema devido à natureza indutiva ou capacitiva de suas cargas.

O consumo de energia ativa é usualmente tratado em kWh e medido cumulativamente ao longo do mês. O resultado da medição é exposto na fatura de energia do consumidor ao final do mês, sendo dividido de acordo com os postos tarifários de consumo caso a unidade esteja enquadrada em uma modalidade tarifária horária (todas exceto a modalidade convencional).

A demanda em uma unidade é representada pela média das potências elétricas ativas registradas em um período de 15 minutos. Para o faturamento da demanda, é considerada a maior demanda medida na unidade consumidora durante o período de um mês.

2.2.2. Composição das Tarifas

As tarifas representam os valores monetários associados a uma unidade de medida de demanda ou consumo que são usados para o faturamento da energia elétrica em uma unidade

consumidora. As tarifas empregadas pelas distribuidoras de energia elétrica são compostas por dois fatores: a tarifa de energia (TE) e a tarifa do uso do sistema de distribuição (TUSD).

A TE possui um valor dado em R\$/MWh e estipulado pela ANEEL. Essa tarifa é utilizada para o faturamento do consumo de energia de uma unidade consumidora.

A TUSD pode ser dada em R\$/MWh ou em R\$/MW, sendo usada para o faturamento dos consumidores que estão ligados e fazem uso do sistema de distribuição de energia elétrica.

Para a realização do faturamento da energia reativa excedente, verificada em unidades consumidoras do grupo A, é empregado um valor de referência equivalente à tarifa TE aplicada a consumidores do subgrupo B1 para o cálculo de seu custo.

2.2.3. Faturamento do Grupo B

O custo da energia elétrica cobrado sobre uma unidade consumidora do grupo B por uma distribuidora de energia será obtido a partir do consumo de energia da unidade. Isso essencialmente significa que o valor da fatura será composto pelo resultado do produto entre consumo da unidade pela tarifa vigente relacionada à categoria em que se enquadra.

Para a modalidade tarifária convencional, uma vez que não há nenhuma segmentação horária, o custo referente ao consumo de energia se dá pela equação (1).

$$F = Ea \times T \quad (1)$$

Onde:

F – Valor faturado (R\$);

Ea – Energia ativa medida no mês (kWh);

T – Tarifa única de consumo (R\$/kWh).

No caso da modalidade tarifária horária branca, é necessário levar em consideração a presença dos diferentes postos tarifários. Nesse caso, o medidor instalado na unidade também identifica separadamente o consumo de energia em cada um dos períodos, como mostra a equação (2).

$$F = EaFP \times Tfp + EaI \times Ti + EaP \times Tp \quad (2)$$

Onde:

F – Valor faturado (R\$);

EaFP – Energia ativa medida no horário fora de ponta durante o mês (kWh);

EaI – Energia ativa medida no horário intermediário durante o mês (kWh);

EaP – Energia ativa medida no horário de ponta durante o mês (kWh);

Tfp – Tarifa de consumo do horário fora de ponta (R\$/kWh);

Ti – Tarifa de consumo do horário intermediário (R\$/kWh);

Tp – Tarifa de consumo do horário de ponta (R\$/kWh).

Existe ainda um valor mínimo da fatura que a unidade consumidora deverá pagar à distribuidora de energia. Caso o cálculo do faturamento de acordo com o consumo de energia seja inferior ao valor mínimo, a unidade deverá pagar o valor mínimo. Esse valor, denominado “custo de disponibilidade do sistema elétrico”, é calculado como o custo equivalente ao consumo de 30 kWh, se a unidade for alimentada por sistema monofásico ou bifásico a dois condutores, de 50 kWh, se for bifásico a três condutores ou de 100 kWh se for trifásico. O valor da tarifa usada para calcular o custo de disponibilidade é o mesmo aplicado à modalidade convencional.

2.2.4. Faturamento do Grupo A

No faturamento da energia elétrica para consumidores do grupo A, está envolvido um número maior de elementos, uma vez que ambas as modalidades tarifárias aplicadas a esse grupo possuem segmentação horária, custo de demanda e cobrança sobre excedentes reativos. Além disso, é também cobrado um valor adicional para os casos em que a demanda medida é superior a 5% da demanda contratada, configurando a situação de ultrapassagem de demanda.

O faturamento do consumo da energia ativa é o mesmo para as modalidades tarifárias verde e azul, como é mostrado na equação (3).

$$FC = EaFP \times TCfp + EaP \times TCp \quad (3)$$

Onde:

FC – Valor faturado relativo ao consumo de energia elétrica (R\$);

EaFP – Energia ativa medida no horário fora de ponta durante o mês (kWh);

EaP – Energia ativa medida no horário de ponta durante o mês (kWh);

TCfp – Tarifa de consumo do horário fora de ponta (R\$/kWh);

TCp – Tarifa de consumo do horário de ponta (R\$/kWh).

No caso da demanda, o cálculo do faturamento para os consumidores da modalidade verde segue a equação (4), em que é aplicada uma única tarifa sobre a demanda da unidade. As unidades enquadradas na modalidade azul, por sua vez, contam com dois segmentos para o

cálculo do faturamento, como é mostrado na equação (5). O valor usado no cálculo do faturamento da demanda será o maior entre a demanda medida e a demanda contratada.

$$FD = DA \times TD \quad (4)$$

$$FD = DA_{fp} \times TD_{fp} + DA_p \times TD_p \quad (5)$$

Onde:

FD – Valor faturado relativo à demanda de energia elétrica (R\$);

DA – Maior valor entre a demanda medida no mês e a demanda contratada (kW);

DA_{fp} – Maior valor entre a demanda medida no horário fora de ponta e a demanda contratada para o horário fora de ponta (kW);

DA_p – Maior valor entre a demanda medida no horário de ponta e a demanda contratada para o horário de ponta (kW);

TD – Tarifa de demanda única (R\$/kW);

TD_{fp} – Tarifa de demanda do horário fora de ponta (R\$/kW);

TD_p – Tarifa de demanda do horário de ponta (R\$/kW).

Caso seja requisitado da concessionária um valor superior a 5% da demanda contratada, será cobrado do consumidor um valor adicional relativo a essa ultrapassagem. O custo da ultrapassagem é calculado com base no excedente de demanda medido, sendo que a tarifa aplicada sobre esse excedente tem o dobro do valor da tarifa usada para demandas dentro do valor contratado. A segmentação horária também é válida para situações de ultrapassagem. A equação (6) apresenta o cálculo do custo da ultrapassagem na modalidade verde e a equação (7) é referente à modalidade azul.

$$FU_v = (DAM - DAC) \times TU \quad (6)$$

$$FU_a = (DAM_{fp} - DAC_{fp}) \times TU_{fp} + (DAM_p - DAC_p) \times TU_p \quad (7)$$

Onde:

FU_v – Valor faturado relativo à ultrapassagem de demanda contratada na modalidade verde (R\$);

FU_a – Valor faturado relativo à ultrapassagem de demanda contratada na modalidade azul (R\$);

DAM – Valor da demanda medida (kW);

DAM_{fp} – Valor da demanda medida no horário fora de ponta (kW);

DAM_p – Valor da demanda medida no horário de ponta (kW);

DAC – Valor da demanda contratada única (kW);

DAC_{fp} – Valor da demanda contratada no horário fora de ponta (kW);

DACp – Valor da demanda contratada no horário de ponta (kW);

TU – Tarifa única de ultrapassagem, equivalente ao dobro da TD (R\$/kW);

TUfp – Tarifa de ultrapassagem no horário fora de ponta, equivalente ao dobro da TDfp (R\$/kW);

TUp – Tarifa de ultrapassagem no horário de ponta, equivalente ao dobro da TDp (R\$/kW).

Por fim, são contabilizados os custos relativos ao fator de potência medido. Caso seja registrado um fator de potência indutivo menor do que 0,92 ao longo do dia, a unidade deverá pagar uma parcela adicional. Para esse custo, há uma parcela que contabiliza a energia reativa excedente em relação ao fator de potência de referência (0,92), mostrada na equação (8), e uma parcela referente à demanda de potência reativa excedente, mostrada na equação (9).

$$FEr = \sum_{T=1}^n \left[Ea_T \times \left(\frac{f_R}{f_T} - 1 \right) \right] \times VRer \quad (8)$$

$$FDr = \left[\sum_{T=1}^n \text{MAX} \left(DAM_T \times \frac{f_R}{f_T} \right) - DAF \right] \times VRdr \quad (9)$$

Onde:

FEr – Valor faturado relativo à energia reativa excedente no sistema (R\$);

T – Período de uma hora;

Ea_T – Energia ativa medida em cada intervalo T (kWh);

f_R – Fator de potência de referência (adimensional);

f_T – Fator de potência medido no intervalo T (adimensional);

VRer – Valor de referência equivalente à tarifa “TE” aplicável ao subgrupo B1 em (R\$/kWh);

FDr – Valor faturado relativo à demanda reativa (R\$);

DAM_T – Demanda medida no intervalo T (kW);

DAF – Demanda faturável identificada (kW);

MAX – Função que identifica o valor máximo do elemento dentro dos parênteses;

VRdr – Valor de referência equivalente à tarifa de demanda fora de ponta (R\$/kW).

O cálculo do faturamento da demanda reativa leva em consideração o horário da medição para o caso da modalidade tarifária azul, havendo a possibilidade de ocorrer cobrança por demanda reativa nos horários de ponta e fora de ponta. Além disso, se, ao longo do dia, o fator de potência registrado na unidade for capacitivo, não haverá nenhum custo adicional ainda que

seja inferior ao valor de referência, sendo que o mesmo é válido para o caso de o fator de potência registrado ser indutivo durante horário noturno e de madrugada.

Em uma fatura de energia de uma unidade consumidora do grupo A, os valores referentes à energia reativa excedente estão associados à sigla UFER, que significa “unidade de faturamento de energia elétrica reativa excedente”, enquanto a demanda reativa é marcada pela sigla DMCR, que significa “demanda máxima corrigida registrada”.

É importante ressaltar que os cálculos aplicados para as análises consideram sistemas equilibrados, de acordo com a Resolução N° 1000 da ANEEL, mas existem outros cálculos possíveis provenientes de outras normas, como por exemplo a norma n° 1459 do Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE POWER & ENERGY SOCIETY, 2010), que apresenta modelos de cálculo para sistemas desequilibrados. Ainda que o *software* proposto possa ser expandido para abarcar essa modalidade de cálculo, o presente trabalho, por necessidade do recorte monográfico, não tratará desses sistemas.

2.3. Análise Tarifária

Devido a todas as particularidades apresentadas anteriormente, faz-se necessária a realização de um estudo para definir qual a melhor opção tarifária para a unidade consumidora. Esse estudo recebe a denominação de “Análise Tarifária”.

Para realizar a análise tarifária, é comum que seja realizado um levantamento das últimas 12 faturas pagas pelo consumidor, considerando os consumos e demandas, caso a unidade seja do grupo A, nos horários de ponta e fora de ponta. A análise tarifária deverá considerar a sazonalidade do uso de energia elétrica da unidade, por isso a importância de verificar o perfil da unidade em todos os meses do ano.

Além de ser usada para definir a melhor modalidade tarifária para a unidade consumidora, é importante realizar a análise para averiguar se a demanda contratada para a unidade está de acordo com suas necessidades. É comum que consumidores aumentem ou reduzam a carga de uma instalação e não atualizem sua demanda contratada, o que leva a unidade a arcar com despesas adicionais, como custos por ultrapassagem de demanda ou custos com uma demanda contratada superior à necessária.

A análise tarifária também é importante para revelar quais os principais elementos que compõem a fatura de energia do consumidor, permitindo que seja identificado se há cobrança sobre energia reativa, se há um excesso de consumo no horário de ponta, se estão sendo cobradas multas por ultrapassagem, entre outros fatores.

2.4. Ferramentas Computacionais

Um dos interesses tratados neste estudo é a automatização de processos e implementação de aplicações para agilizar trabalhos. Nesse contexto, existem diversas linguagens de programação e ferramentas computacionais para auxiliar no desenvolvimento de *softwares* que permitam facilitar a realização das atividades desejadas. Para o desenvolvimento da aplicação *web* criada para esse trabalho de conclusão de curso, foi empregada a linguagem *Python*, o *framework FLASK*, e a ferramenta *Bootstrap*, que juntas permitiram o desenvolvimento do *software* de forma a integrar a linguagem de programação com o ambiente *web* desenvolvido em HTML.

2.4.1. *Python*

Python é uma linguagem de programação de alto nível, orientada a objetos, dinâmica e de fácil aprendizado. “O objetivo inicial da linguagem era permitir código enxuto e menos verboso, ou seja, com menos caracteres especiais, menos sintaxes complexas e mais estruturas de código simples”(SIQUEIRA; GIVANALDO; DE SOUZA, 2020). Essa descrição acerca da linguagem revela um dos motivos pelos quais foi adotada nesta pesquisa. Com a utilização de uma linguagem mais simples e direta, o processo do desenvolvimento permite uma implementação mais perceptível dos elementos teóricos ao longo do código, como as fórmulas e condições estabelecidas nos subtópicos anteriores.

Quando se diz que uma linguagem de programação é de “alto nível”, isso não diz respeito à “qualidade” dessa linguagem ou ao seu potencial para desenvolver programas complexos. Refere-se, na verdade, à sua relação com o sistema e com o desenvolvedor. As linguagens de baixo nível possuem uma maior proximidade com o código da máquina em que são implementadas, tornado assim maior o seu controle sobre os elementos mais básicos do sistema, como por exemplo a alocação de variáveis em locais específicos da memória da máquina. Um exemplo de linguagem de programação de baixo nível é o *Assembly*.

As linguagens de alto nível, por sua vez, possuem um grau maior de abstração e contam com elementos que facilitam a escrita e compreensão do código por parte do programador. Esses elementos tornam a linguagem de alto nível mais simples de se aprender e permitem que o desenvolvedor escreva menos linhas de código para implementar certas atividades. Por outro lado, as linguagens de alto nível oferecem um controle e desempenho menor quando comparadas às de baixo nível. São consideradas como linguagens de programação de alto nível o *Python*, *Java*, *PHP*, entre outras.

Para o desenvolvimento do *software* criado para este trabalho, foi identificado que uma linguagem de alto nível seria ideal, pois permite uma escrita mais simples e direta e suas limitações não afetariam negativamente a obtenção do resultado desejado.

Outra característica da linguagem que foi explorada durante o desenvolvimento do programa foi a orientação a objetos. Esse paradigma é voltado para a criação de classes e objetos, em que uma classe é criada com determinados atributos próprios. Posteriormente são instanciados objetos contendo os atributos dessas classes. Essa funcionalidade foi utilizada principalmente na elaboração dos formulários para preenchimento do usuário (dados de cargas e tarifas, por exemplo).

Existem diversas bibliotecas que podem ser utilizadas em programas feitos em *Python* e que facilitam o desenvolvimento das aplicações. Para o *software* desenvolvido, as principais bibliotecas utilizadas foram:

- *Flask* – *Framework* para desenvolvimento *web* em *Python*;
- *pandas* – Biblioteca usada para tratamento de dados;
- *PyPDF2* – Biblioteca usada para leitura de arquivos do tipo “PDF”;
- *XlsxWriter* – Biblioteca usada para escrita de arquivos Excel;
- *openpyxl* – Biblioteca usada para escrita e edição de arquivos Excel.

2.4.2. Elementos Web

Para desenvolver o programa de modo que pudesse ser utilizado como uma aplicação *web*, foi empregado o “micro *framework*” chamado *Flask*. Essa ferramenta pode ser utilizada para realizar a integração de códigos escritos em *Python* com interfaces *web* desenvolvidas em HTML e CSS. Foi utilizada também a ferramenta *Bootstrap*, que oferece modelos e classes visuais já prontos para aplicar nos elementos das páginas criadas com o HTML, facilitando o desenvolvimento e reduzindo a necessidade de trabalhar com CSS.

“O desenvolvimento *client-side* é baseado em 3 camadas principais: informação, formatação e comportamento”(EIS; FERREIRA, 2012). A partir desse trecho é possível então entender o papel de cada elemento e nomear quais foram as ferramentas utilizadas para preencher cada uma dessas camadas.

A camada da informação está relacionada ao conteúdo acessível pelo usuário na aplicação *web* e é regida por códigos escritos em HTML. HTML, sigla em inglês para “Linguagem de Marcação de Hipertexto”, foi a linguagem empregada neste trabalho para a criação das páginas

presentes na aplicação. No desenvolvimento da aplicação, são criados diferentes arquivos HTML, conectados entre si por meio de hiperlinks ou outros elementos.

A camada da formatação está relacionada à aparência dos elementos visuais da aplicação. Cores, fontes, efeitos visuais ao passar o *mouse* sobre os botões fazem parte dessa camada, sendo sua implementação, na maioria das vezes, realizada através do CSS. CSS é também uma sigla em inglês, que representa a definição “Folhas de Estilo em Cascata”. O CSS é a ferramenta responsável por atribuir elementos próprios de formatação e estilo visual aos elementos inseridos na página pelos códigos em HTML. Neste trabalho, não houve edição direta em arquivos CSS devido ao uso da ferramenta *Bootstrap*, que possui modelos visuais já criados que podem ser inseridos facilmente aos elementos criados em HTML.

Por fim, a camada do comportamento está relacionada à natureza dinâmica da aplicação, isto é, à forma como o *site* irá reagir aos comandos e entradas do usuário. A ferramenta mais comum para utilização nessa camada é o *Javascript*, que permite que sejam elaborados *scripts* que se relacionam aos elementos presentes na camada de informação da página. No caso do software desenvolvido para o presente estudo, utilizou-se a linguagem *Python* nessa camada, empregada por meio do *Flask*.

Essas camadas e ferramentas permitem o desenvolvimento de uma aplicação *web* capaz de receber informações do usuário, tratar essas informações e devolver o produto desse tratamento de forma visualmente compreensível e responsiva.

2.5. Considerações Finais

Nesse capítulo, voltado para a revisão teórica dos conteúdos que foram utilizados no trabalho, foram apresentados os principais elementos que compõem uma fatura de energia, as diferentes modalidades tarifárias possíveis de serem contratadas no sistema elétrico nacional, o conceito e a importância da atividade de análise tarifária e algumas ferramentas computacionais que podem ser utilizadas na criação de uma aplicação *web*.

3. METODOLOGIA

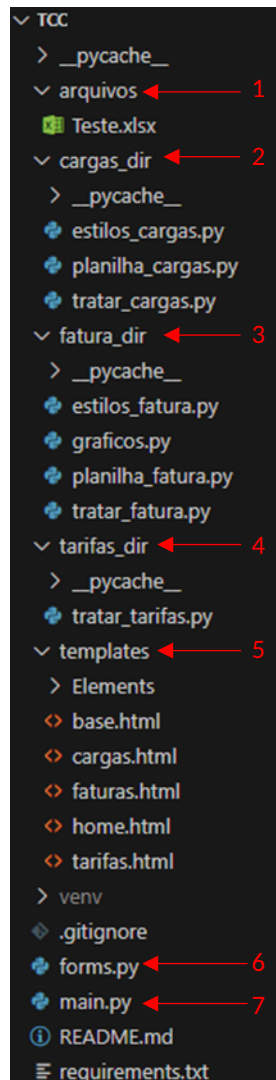
Este capítulo contemplará a metodologia aplicada para o desenvolvimento do *software* elaborado para o trabalho. Durante o capítulo, serão empregadas diversas das informações introduzidas anteriormente na Revisão Teórica, exibindo as maneiras como foram empregadas

as equações apresentadas e como foram implementadas as análises entre as modalidades para seus respectivos grupos de consumidores.

3.1. Estrutura Geral do Código

O código desenvolvido para a criação da aplicação foi construído de forma segmentada, a fim de obter um maior grau de organização e permitir que diferentes partes possam ser tratadas separadamente do todo, facilitando o processo de desenvolvimento e correção de erros. A Figura 1 apresenta os principais elementos do código, os quais serão detalhados em sequência.

Figura 1: Componentes que compõem o código



Fonte: Próprio autor

No primeiro diretório, representado pelo número 1 na Figura 1, são salvos os arquivos enviados pelo usuário para a realização das análises e os arquivos de resultados gerados pelo

programa a serem encaminhados de volta ao usuário. Os arquivos destinados a esse diretório são temporários, sendo automaticamente excluídos após alcançarem seus propósitos (obter os dados enviados pelo usuário ou devolver os resultados).

O diretório representado pelo número 2, por sua vez, contém os códigos em *Python* que realizam o tratamento de dados, fazem a análise relativa às cargas inseridas pelo usuário no programa e geram a planilha final de resultados para esse modelo de análise. Esse componente é dividido em três arquivos principais. O arquivo “tratar_cargas.py” é responsável por receber os dados de entrada do usuário e verificar se houve algum valor inserido de forma incorreta, como por exemplo o preenchimento de um valor não inteiro para o número de dias de funcionamento. No arquivo “planilha_cargas.py” são estruturados os valores de entrada para a inserção no arquivo de resultados, sendo subdividido em diversas funções³ relativas às planilhas presentes no resultado final. Por fim, o arquivo “estilos_cargas.py” é responsável por formatar os aspectos visuais das planilhas, como os títulos de tabelas, células mescladas, unidades de medida em frente aos números, quantidade de casas decimais exibidas, posicionamento das informações na planilha, entre outros fatores.

O diretório de número 3 possui uma construção semelhante ao de número 2. Esse diretório contém os códigos voltados para o modelo de análise por fatura de energia. O arquivo “tratar_fatura.py” é responsável por ler e armazenar os dados presentes na fatura enviada em formato “PDF” e por realizar a análise das informações coletadas. Nesse arquivo se encontram funções que realizam os cálculos para a análise da demanda, do consumo de energia ativa e do uso de energia reativa. No arquivo “planilha_fatura.py” são inseridas as planilhas com os resultados das análises no arquivo de resultados. Como essa análise gera uma maior quantidade de gráficos que possuem um número de elementos mais extenso, foi criado também o arquivo “graficos.py”, em que são construídos os gráficos com os dados da análise. O arquivo “estilos_fatura.py” possui o mesmo propósito do arquivo “estilos_cargas.py”, comentado no parágrafo anterior.

O diretório de número 4 possui somente o arquivo “tratar_tarifas.py”, que tem como função verificar se os dados de entrada são válidos e então registrar os dados inseridos pelo usuário. Os dados registrados por esse arquivo são utilizados em ambas as análises realizadas pelo *software*.

Os arquivos presentes no diretório “*templates*”, marcado pelo número 5, são os arquivos HTML responsáveis pela criação das páginas da aplicação *web*. O arquivo “cargas.html”, por

³ “Função é um nome para um conjunto de comandos que pode ser chamado várias vezes em pontos diferentes do programa, sem a necessidade de repetição de código” (MCKINNEY, 2018)

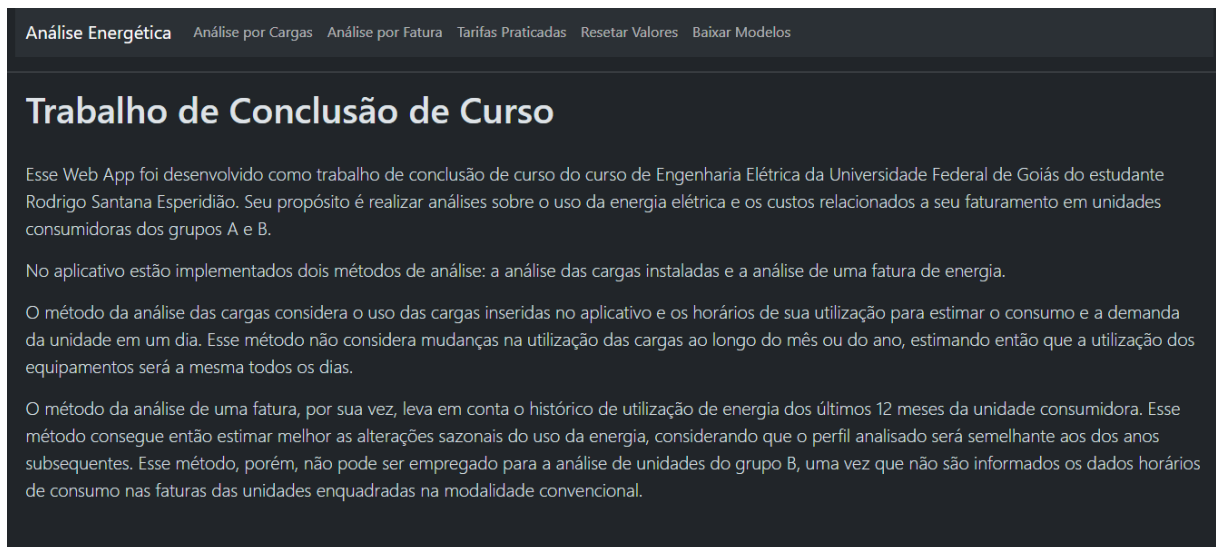
exemplo, possui os formulários de preenchimento de dados, a tabela de cargas, o campo para carregar cargas e o espaço para nomear e salvar o arquivo de resultados. Nos arquivos desse diretório foram utilizadas as classes do *Bootstrap*, que permitiram aos elementos das páginas (formulários, botões, textos, entre outros) terem um aspecto visual padronizado e agradável ao usuário. A pasta “*Elements*”, que consta do diretório, contém alguns outros arquivos HTML, aplicados dentro dos arquivos principais, como por exemplo a barra de navegação, presente em todas as páginas da aplicação. Essa divisão foi feita para facilitar a edição desses elementos sem interferir em outros elementos das páginas.

O arquivo “*forms.py*”, marcado pelo número 6, contém as estruturas dos formulários que são apresentados ao usuário dentro das páginas do *software*. Nesse arquivo são definidas as informações que deverão ser fornecidas pelo usuário e que os arquivos em HTML irão acessar para apresentar visualmente nas páginas da aplicação. Na criação dos formulários são também implementados alguns elementos de verificação, para que o usuário seja alertado caso preencha algum dado incorretamente, como tentar inserir um texto em um campo destinado a números, por exemplo.

Por fim, o arquivo número 7, “*main.py*”, é o arquivo principal a partir do qual todos os outros elementos serão chamados. Por meio desse arquivo, a ferramenta *Flask* faz a integração dos arquivos *Python* com as páginas em HTML. Nesse arquivo são estabelecidas as rotas para as diferentes páginas do *software*, que são referenciadas na barra de navegação para permitir a navegação entre as interfaces da aplicação. São também inseridas as ações que são chamadas após pressionar certos botões nas páginas, como por exemplo registrar valores, adicionar cargas, carregar dados e salvar arquivos.

3.2. Panorama Geral do *Software*

Será agora explicado o panorama geral do *software* e seus elementos básicos. Na Figura 2 é possível visualizar a interface inicial do programa e alguns de seus recursos de navegação.

Figura 2: Interface inicial do *software*

Fonte: Próprio autor

Na página inicial da aplicação é possível ver a barra de navegação superior com os elementos que levam às demais interfaces do programa. Os *links* levam às páginas de “Análise por Cargas”, “Análise por Fatura” e “Tarifas Praticadas”.

Os dois últimos botões realizam ações que não estão relacionadas a uma página em específico. O botão “Resetar Variáveis” tem como função redefinir os valores já inseridos, caso se deseje aplicar novos valores para as análises, enquanto o botão “Baixar Modelos” é responsável por baixar os arquivos de base que possuem as configurações e formatações adequadas para ser utilizados nas funções “Carregar Tarifas” e “Carregar Cargas”, que serão explicadas posteriormente.

Ao longo deste capítulo será tratada cada interface, detalhando seus respectivos propósitos e funcionamentos.

3.3. Tarifas Praticadas

A página de “Tarifas Praticadas” é o lugar em que são inseridos valores referentes às tarifas que serão aplicadas nas análises realizadas pelo programa. Como as análises são feitas entre consumidores de um mesmo grupo, a primeira informação a ser inserida na página é o grupo ao qual pertence o consumidor. Após selecionado o grupo desejado, a página irá exibir os campos para preenchimento específico ao grupo definido. Nas figuras 3 e 4 é possível ver os formulários de preenchimento de tarifas para os grupos B e A, respectivamente.

Figura 3: Interface de preenchimento de dados de tarifas para consumidor do grupo B

Definir Tarifas

Grupo tarifário desejado
Grupo B Selecionar

Grupo B

Tarifa Convencional
Valor da tarifa convencional (R\$/kWh)
0.0

Tarifa Branca
Tarifa Branca - horário fora de ponta (R\$/kWh) 0.0
Tarifa Branca - horário intermediário (R\$/kWh) 0.0
Tarifa Branca - horário de ponta (R\$/kWh) 0.0

Registrar

Carregar Tarifas (.xlsx) ?

Escolher arquivo Nenhum arquivo escolhido Carregar

Fonte: Próprio autor

Figura 4: Interface de preenchimento de dados de tarifas para consumidor do grupo A

Definir Tarifas

Grupo tarifário desejado
Grupo A Selecionar

Grupo A

Tarifa Verde
Valor da tarifa de demanda única (R\$/kW) 0.0
Valor da tarifa de consumo - horário fora de ponta (R\$/kWh) 0.0
Valor da tarifa de consumo - horário de ponta (R\$/kWh) 0.0

Tarifa Azul
Valor da tarifa de demanda - horário fora de ponta (R\$/kW) 0.0
Valor da tarifa de demanda - horário de ponta (R\$/kW) 0.0
Valor da tarifa de consumo - horário fora de ponta (R\$/kWh) 0.0
Valor da tarifa de consumo - horário de ponta (R\$/kWh) 0.0

Tarifa de Reativos
Valor da tarifa de referência reativa - TE do subgrupo B1 (R\$/kWh) 0.0

Registrar

Carregar Tarifas (.xlsx) ?

Escolher arquivo Nenhum arquivo escolhido Carregar

Fonte: Próprio autor

Para o caso de o usuário desejar inserir um valor recorrente de tarifas, é possível utilizar a funcionalidade “Carregar Tarifas”, observada ao final da página. Essa funcionalidade permite que o usuário faça o envio de uma planilha *Excel* para o programa com os valores desejados das

tarifas. Para o uso dessa funcionalidade, a planilha enviada deverá ser preenchida a partir do modelo disponibilizado pela opção “Baixar Modelos”. Esse recurso então pode ser usado para agilizar o preenchimento dos dados de tarifas praticadas. A Figura 5 ilustra o modelo disponível para *download* pelo programa.

O tratamento desses dados, realizado pelo programa após o registro das informações, consiste apenas na alocação dos valores inseridos em uma variável do tipo dicionário, que será acessada posteriormente no momento da análise.

Figura 5: Modelo de planilha para envio na página “Tarifas Praticadas”

Convencional		
Tipo	Horário	Valor
Consumo	-	0,71063

Os valores das tarifas de consumo são dados em R\$/kWh e os das tarifas de demanda são dados em R\$/kW.

Branca		
Tipo	Horário	Valor
Consumo	Fora Ponta	0,57436
Consumo	Intermediário	0,90194
Consumo	Ponta	1,38205

Verde		
Tipo	Horário	Valor
Consumo	Fora Ponta	0,466663
Consumo	Ponta	2,538583
Demanda	-	32,127528

Azul		
Tipo	Horário	Valor
Consumo	Fora Ponta	0,466663
Consumo	Ponta	0,660982
Demanda	Fora Ponta	32,127528
Demanda	Ponta	77,516261

Reativo (TE Subgrupo B1)		
Tipo	Horário	Valor
Reativo	-	0,35967

Fonte: Próprio autor

3.4. Análise por Cargas

A primeira análise implementada foi inserida na página “Análise por Cargas”. Essa análise é realizada sobre as informações que o usuário fornece ao programa a respeito das cargas instaladas no estabelecimento. Para a geração dos resultados, deve ser informado o nome de identificação, potência em kW, o fator de potência e seu tipo (indutivo ou capacitivo), a quantidade, se a carga é utilizada em um dia útil, sábado ou domingo e o horário de funcionamento de cada carga. Além disso, deve ser também informado o início do horário de ponta, em horas, o número de dias úteis, sábados e domingos em que as cargas operam durante o mês. Na Figura 6 são mostrados os campos de preenchimento das informações usadas na análise.

Após inserir as informações no campo “Adicionar Cargas”, é possível visualizá-las em uma tabela abaixo do campo de preenchimento, sendo permitido remover eventuais adições que foram feitas de forma incorreta, como mostra a Figura 7.

Figura 6: Interface de preenchimento da página "Análise por Cargas"

The image shows a dark-themed user interface with two main sections. The top section, titled "Adicionar Cargas", contains several input fields: "Nome do equipamento" (empty), "Potência (kW)" (empty), "Fator de potência" (value: 1), "Indutivo" (dropdown menu), "Quantidade" (value: 1), "Dias de Uso" (dropdown menu with "Dias Úteis" selected), "Horário de funcionamento" (with sub-fields "Início" value: 00:00 and "Fim" value: 00:00), and a blue "Adicionar" button. The bottom section, titled "Parâmetros da Análise", contains four input fields: "Início do horário de ponta" (value: 18.0), "Nº de dias úteis" (value: 22), "Nº de sábados" (value: 4), and "Nº de domingos" (value: 4), along with a blue "Registrar" button. Both sections include a help icon (question mark in a circle) in the top right corner.

Fonte: Próprio autor

Figura 7: Tabela de cargas exibida na página "Análise por Cargas"

Carga	Potência	FP	FP - Tipo	Quantidade	Início	Fim	Remove
Carga1	150	0.33	Capacitivo	1	00:00	01:00	Remove
Carga2	130	0.29	Capacitivo	1	01:00	02:00	Remove
Carga3	130	0.29	Capacitivo	1	02:00	03:00	Remove
Carga4	140	0.96	Capacitivo	1	03:00	04:00	Remove
Carga5	130	0.95	Capacitivo	1	04:00	05:00	Remove
Carga6	150	0.96	Capacitivo	1	05:00	06:00	Remove
Carga7	1000	0.67	Indutivo	1	06:00	07:00	Remove
Carga8	1700	0.88	Indutivo	1	07:00	08:00	Remove
Carga9	2000	0.9	Indutivo	1	08:00	09:00	Remove
Carga10	2300	0.94	Indutivo	1	09:00	10:00	Remove
Carga11	1800	0.9	Indutivo	1	10:00	11:00	Remove
Carga12	1900	0.88	Indutivo	1	11:00	12:00	Remove

Fonte: Próprio autor

De modo semelhante à funcionalidade “Carregar Tarifas”, presente na página “Tarifas Aplicadas”, há a funcionalidade “Carregar Cargas”, que permite que o usuário envie uma planilha *Excel* contendo as informações das cargas da instalação sem precisar adicioná-las de modo individual. Assim como é feito para o caso das tarifas, o arquivo a ser utilizado na funcionalidade “Carregar Cargas” deverá ser preenchido a partir do modelo obtido ao pressionar o botão “Baixar Modelos”.

Após preenchidos os dados, o usuário poderá nomear a planilha de análise que será gerada e salvar o arquivo na opção “Salvar Análise”. Essa opção irá enviar os dados registrados para a rotina do programa que realiza a análise e gera o arquivo com os resultados.

Os resultados são apresentados em um arquivo *Excel* que contém diversas planilhas, sendo essas planilhas diferentes de acordo com o grupo (A ou B) definido pelo usuário ao preencher as informações das tarifas aplicadas anteriormente. Para facilitar o entendimento, os resultados serão explicados separadamente para cada grupo nos tópicos a seguir.

3.4.1. Resultados para Consumidores do Grupo B

O arquivo gerado com os resultados para a análise das cargas de um consumidor do grupo B é separado em cinco planilhas. A primeira planilha, relativa aos dados das cargas inseridas, é

somente uma apresentação das informações preenchidas pelo usuário no aplicativo. Essa planilha possui o propósito de, além de expor quais foram os elementos analisados, permitir que seja submetida na funcionalidade de “Carregar Cargas” do programa, caso se deseje realizar alguma alteração. Para exemplificar os resultados com valores coerentes, foram aplicadas as cargas mostradas na Figura 8, modelando uma unidade consumidora residencial com poucas cargas consideradas para facilitar a visualização.

Figura 8: Planilha de cargas com cargas de exemplo para análise de consumidor do grupo B

Carga	Potência (kW)	FP	FP - Tipo	Início	Fim	Quantidade	Dias de
Iluminação	0,15	1	Indutivo	18:30	23:00	1	Dias Úteis
Chuveiro 1	5	1	Indutivo	06:00	07:00	1	Dias Úteis
Chuveiro 2	5	1	Indutivo	17:00	18:00	1	Dias Úteis
Ar condicionado 1	1,1	1	Indutivo	00:00	05:30	1	Dias Úteis
Ar condicionado 2	1,1	1	Indutivo	21:30	23:59	1	Dias Úteis
Televisão 1	0,2	1	Indutivo	17:00	21:00	1	Dias Úteis
Televisão 2	0,2	1	Indutivo	12:00	13:00	1	Dias Úteis
Máquina de lavar	0,6	1	Indutivo	07:00	11:00	1	Dias Úteis
Freezer	0,12	1	Indutivo	00:00	23:59	1	Dias Úteis
Geladeira	0,1	1	Indutivo	00:00	23:59	1	Dias Úteis

Fonte: Próprio autor

A próxima planilha, denominada como “Consumo por carga”, apresenta qual foi o consumo de energia ativa, em kWh, de cada carga ao longo de um dia. Os consumos são apresentados de acordo com os postos tarifários. No caso da análise para consumidores do grupo B, são exibidos os consumos relativos ao posto tarifário ponta, fora ponta e intermediário, informando a quantidade de horas em atividade para cada posto. Na Figura 9 é possível observar os resultados de cada carga, ainda referentes às cargas exemplificadas na Figura 8.

Figura 9: Planilha de Consumo por carga para consumidor do grupo B

Carga	Potência (kW)	Horas de Utilização Diária				Consumo Diário Típico (kWh)			
		H - Ponta	H - Intermediário	H - Fora Ponta	Total - H	C - Ponta	C - Intermediário	C - Fora Ponta	Total - C
Iluminação	0,15	2,5	1	1	4,5	0,375	0,15	0,15	0,675
Chuveiro 1	5	0	0	1	1	0	0	5	5
Chuveiro 2	5	0	1	0	1	0	5	0	5
Ar condicionado 1	1,1	0	0	5,5	5,5	0	0	6,05	6,05
Ar condicionado 2	1,1	0	0,5	1,983333333	2,483333333	0	0,55	2,181666667	2,731666667
Televisão 1	0,2	3	1	0	4	0,6	0,2	0	0,8
Televisão 2	0,2	0	0	1	1	0	0	0,2	0,2
Máquina de lavar	0,6	0	0	4	4	0	0	2,4	2,4
Freezer	0,12	3	2	18,98333333	23,98333333	0,36	0,24	2,278	2,878
Geladeira	0,1	3	2	18,98333333	23,98333333	0,3	0,2	1,898333333	2,398333333

Fonte: Próprio autor

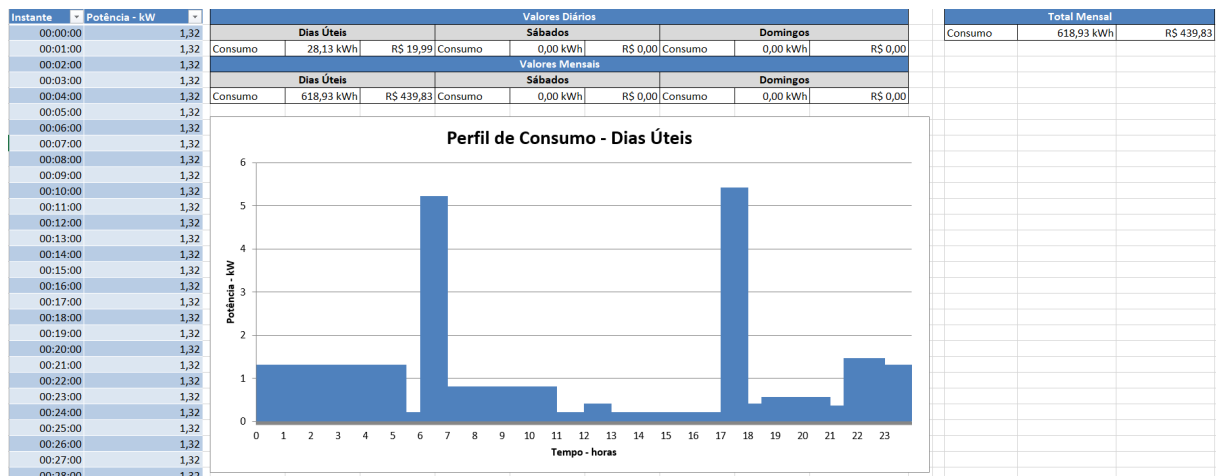
Para atingir os resultados apresentados nessa planilha, multiplicou-se a potência associada à carga pelo seu tempo de uso durante os respectivos postos tarifários. Foi obtido, assim, o valor de consumo em kWh. Essa apresentação é importante para que seja possível identificar

separadamente o impacto de cada carga sobre o consumo total da instalação e quais as cargas com maior presença nos horários em que o custo da energia é mais elevado.

Nas duas planilhas seguintes, são mostradas a curva de carga diária da unidade e os custos estimados com a energia durante um dia e durante um mês, sendo separado entre dias úteis, sábados e domingos. Os gráficos são construídos de acordo com soma das potências das cargas de minuto em minuto. Na aba “Consumo – Convencional”, é exibida a estimativa de custos para o caso da aplicação da modalidade tarifária convencional, em que não há segmentação horária. O valor estimado foi calculado com o uso da equação (1), sendo a energia ativa utilizada na equação a junção dos valores calculados na planilha “Consumo por carga”. Quando há inserção de cargas nos sábados e domingos, são também gerados gráficos separados para esses dias.

Na Figura 10 é possível ver os resultados para o consumidor da modalidade convencional. A tabela inserida à esquerda da planilha contém os dados de horário e potência usados para a construção do gráfico.

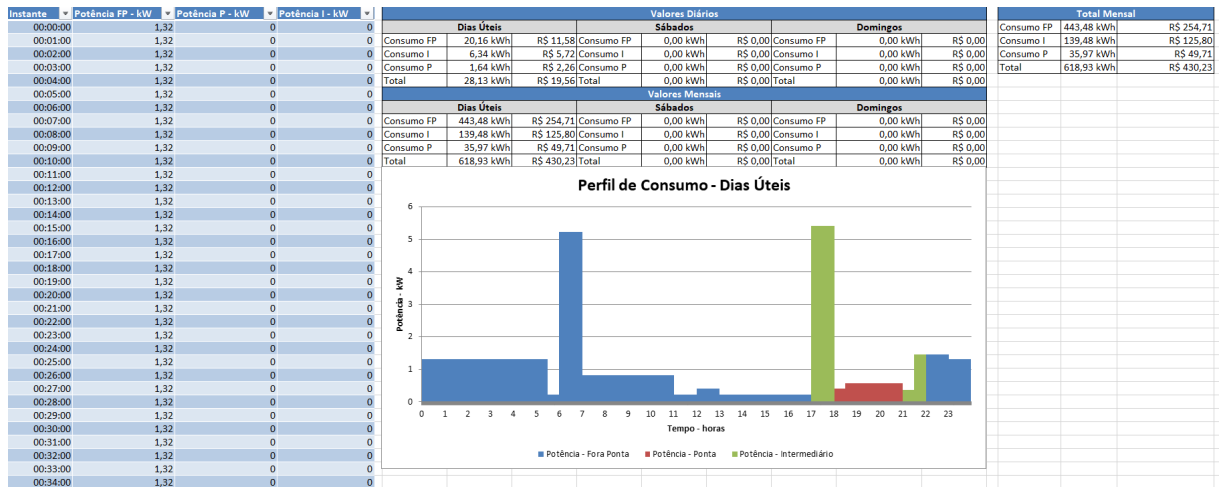
Figura 10: Planilha de análise de consumo na modalidade convencional



Fonte: Próprio autor

De maneira semelhante, é formada a planilha relativa à modalidade tarifária branca, que por sua vez possui a separação de valores e do gráfico para abranger os diferentes postos tarifários. Na Figura 11, em que é mostrada a planilha “Consumo – Branca”, é possível identificar os demais elementos que não constam na análise para a modalidade convencional.

Figura 11: Planilha de análise de consumo na modalidade branca

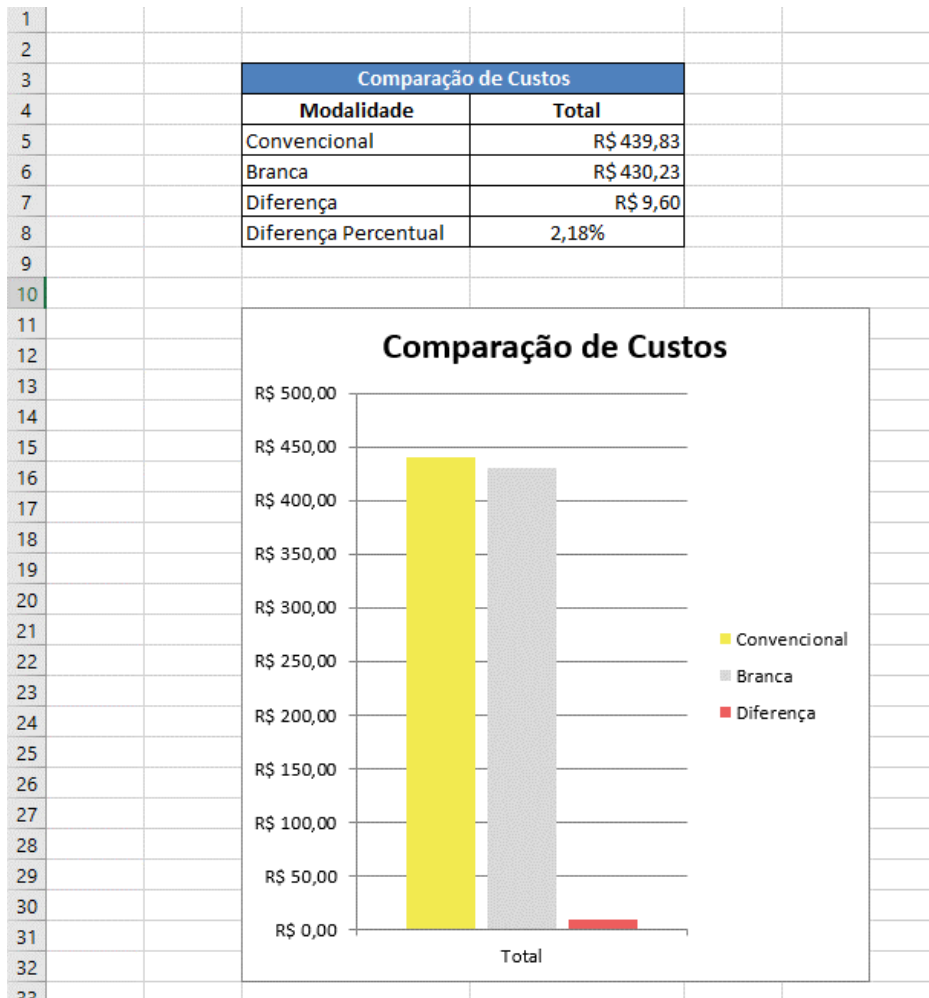


Fonte: Próprio autor

Na Figura 11 pode-se observar no gráfico a separação dos postos tarifários por cores distintas, para melhor visualização.

Por fim, a planilha “Comparativo” exhibe as diferenças encontradas nas duas análises, permitindo ao leitor identificar qual das modalidades apresenta uma estimativa de menor custo para seu perfil de consumo. Na Figura 12 é possível ver a tabela com os valores obtidos e o gráfico que apresenta a diferença encontrada nas modalidades.

Figura 12: Planilha de comparativo para consumidores do grupo B



Fonte: Próprio autor

3.4.2. Resultados para Consumidores do Grupo A

Os resultados gerados na análise para consumidores do grupo A seguem padrões semelhantes aos gerados para os consumidores do grupo B, porém com algumas diferenças particulares de cada grupo.

Na Figura 13 já é possível ver que a planilha “Cargas” é igual para ambos os grupos. A figura mostra as cargas usadas como exemplo para apresentar os resultados da análise da unidade consumidora de grupo A.

Figura 13: Planilha de cargas com cargas de exemplo para análise de consumidor do grupo A

Carga	Potência (kW)	FP	FP - Tipo	Quantidade	Início	Fim	Dias de Uso
Carga1	150	0,33	Capacitivo	1	00:00	01:00	Dias Úteis
Carga2	130	0,29	Capacitivo	1	01:00	02:00	Dias Úteis
Carga3	130	0,29	Capacitivo	1	02:00	03:00	Dias Úteis
Carga4	140	0,96	Capacitivo	1	03:00	04:00	Dias Úteis
Carga5	130	0,95	Capacitivo	1	04:00	05:00	Dias Úteis
Carga6	150	0,96	Capacitivo	1	05:00	06:00	Dias Úteis
Carga7	1000	0,67	Indutivo	1	06:00	07:00	Dias Úteis
Carga8	1700	0,88	Indutivo	1	07:00	08:00	Dias Úteis
Carga9	2000	0,9	Indutivo	1	08:00	09:00	Dias Úteis
Carga10	2300	0,94	Indutivo	1	09:00	10:00	Dias Úteis
Carga11	1800	0,9	Indutivo	1	10:00	11:00	Dias Úteis
Carga12	1900	0,88	Indutivo	1	11:00	12:00	Dias Úteis
Carga13	800	0,47	Capacitivo	1	12:00	13:00	Dias Úteis
Carga14	700	0,42	Capacitivo	1	13:00	14:00	Dias Úteis
Carga15	2100	0,9	Indutivo	1	14:00	15:00	Dias Úteis
Carga16	2200	0,91	Indutivo	1	15:00	16:00	Dias Úteis
Carga17	2100	0,93	Indutivo	1	16:00	17:00	Dias Úteis
Carga18	200	0,85	Indutivo	1	17:00	18:00	Dias Úteis
Carga19	180	0,93	Indutivo	1	18:00	19:00	Dias Úteis
Carga20	200	0,91	Indutivo	1	19:00	20:00	Dias Úteis
Carga21	2000	0,89	Indutivo	1	20:00	21:00	Dias Úteis
Carga22	2000	0,88	Indutivo	1	21:00	22:00	Dias Úteis
Carga23	1200	0,9	Indutivo	1	22:00	23:00	Dias Úteis
Carga24	150	0,33	Capacitivo	1	23:00	24:00	Dias Úteis

Fonte: Próprio autor

A planilha “Consumo por carga” é muito semelhante à gerada na análise voltada para o grupo B, sendo a única diferença a ausência das colunas relativas ao posto tarifário intermediário, uma vez que esse posto não é considerado nas modalidades tarifárias possíveis para consumidores do grupo A. É possível identificar as diferenças observando a Figura 14.

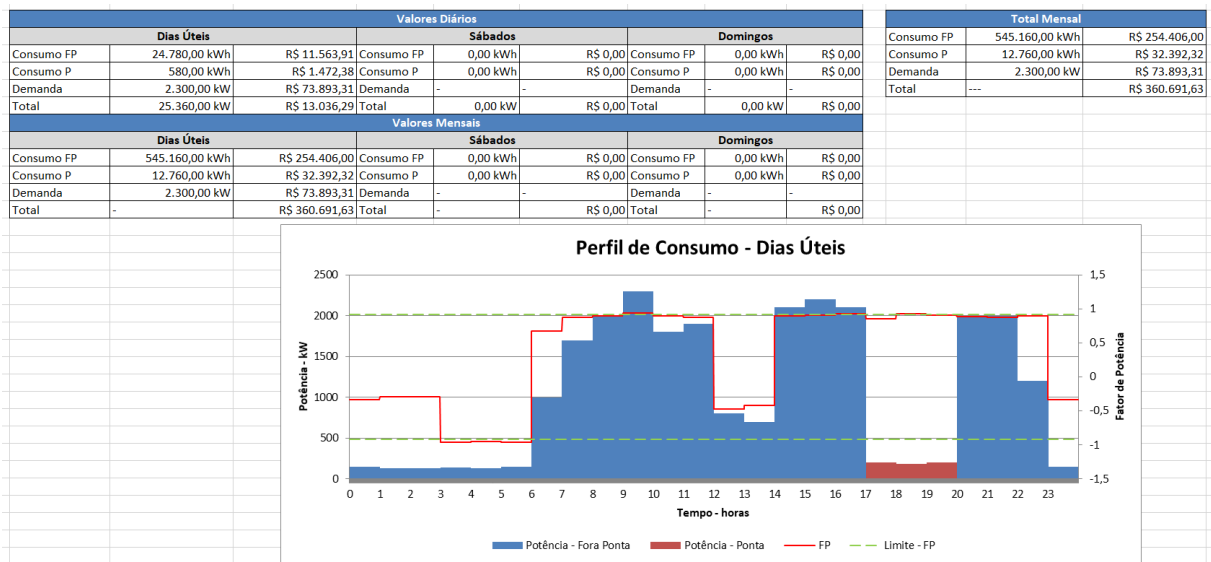
Na sequência, a planilha de análise de consumo também é semelhante à encontrada nos resultados para o grupo B, porém nesse caso são exibidos alguns outros elementos próprios das unidades consumidoras do grupo A. Na Figura 15 é visível a parte da planilha que apresenta os resultados e o gráfico do perfil de consumo diário da instalação para a modalidade tarifária verde.

Figura 14: Planilha "Consumo por carga" para análise de consumidor do grupo A

	A	B	C			D	E	F			G	H
1			Horas de Utilização Diária					Consumo Diário Típico (kWh)				
2	Carga	Potência (kW)	H - Ponta	H - Fora Ponta	Total - H	C - Ponta	C - Fora Ponta	Total - C				
3	Carga1	150	0	1	1	0	150	150				
4	Carga2	130	0	1	1	0	130	130				
5	Carga3	130	0	1	1	0	130	130				
6	Carga4	140	0	1	1	0	140	140				
7	Carga5	130	0	1	1	0	130	130				
8	Carga6	150	0	1	1	0	150	150				
9	Carga7	1000	0	1	1	0	1000	1000				
10	Carga8	1700	0	1	1	0	1700	1700				
11	Carga9	2000	0	1	1	0	2000	2000				
12	Carga10	2300	0	1	1	0	2300	2300				
13	Carga11	1800	0	1	1	0	1800	1800				
14	Carga12	1900	0	1	1	0	1900	1900				
15	Carga13	800	0	1	1	0	800	800				
16	Carga14	700	0	1	1	0	700	700				
17	Carga15	2100	0	1	1	0	2100	2100				
18	Carga16	2200	0	1	1	0	2200	2200				
19	Carga17	2100	0	1	1	0	2100	2100				
20	Carga18	200	0	1	1	0	200	200				
21	Carga19	180	1	0	1	180	0	180				
22	Carga20	200	1	0	1	200	0	200				
23	Carga21	2000	1	0	1	2000	0	2000				
24	Carga22	2000	0	1	1	0	2000	2000				
25	Carga23	1200	0	1	1	0	1200	1200				
26	Carga24	150	0	1	1	0	150	150				
27												

Fonte: Próprio autor

Figura 15: Planilha de análise de consumo na modalidade verde



Fonte: Próprio autor

Na Figura 15, identifica-se que foram feitos os cálculos dos faturamentos relativos ao consumo nos postos de ponta e fora ponta e, além disso, da demanda máxima registrada e seu respectivo custo. Como nessa análise não é definida uma demanda contratada, o valor considerado para estimar o faturamento da demanda é a máxima registrada durante o dia.

Para calcular o valor de demanda a ser usado para estimar o seu custo, foi aplicada a equação (4). O cálculo das demandas foi feito seguindo a resolução 1000 da ANEEL, considerando a média das potências registradas em intervalos de 15 minutos.

No gráfico exibido na planilha, é possível observar as potências medidas ao longo do dia de acordo com os postos tarifários e, por ser um consumidor do grupo A, são mostrados os valores de fator de potência indutivo e capacitivo ao longo do período de operação da instalação, sendo o valor positivo para indutivo e negativo para capacitivo. Como os consumidores do grupo A são cobrados sobre o uso de energia reativa, é importante conhecer o perfil de requisição da energia reativa ao longo do dia para que seja possível dimensionar corretamente um sistema de compensação de reativos.

Para obter os valores de fator de potência de cada instante, foi primeiro calculada a potência reativa em cada minuto. Para encontrar a potência reativa de uma carga, foi usada a equação (10), mostrada a seguir:

$$Q = P \times \sqrt{\left(\frac{1}{FP^2}\right) - 1} \quad (10)$$

Onde:

Q – Potência reativa (kVar);

P – Potência ativa (kW);

FP – Fator de potência (adimensional).

Dessa forma, para cada carga que funciona em determinado minuto, é calculada sua potência reativa e somada com a das demais cargas atuantes no mesmo instante, para totalizar a potência reativa total do minuto. Uma vez com esse valor, e considerando que o mesmo somatório é feito para se obter a potência ativa total a cada minuto, a equação (11) foi aplicada para se obter o fator de potência total do instante.

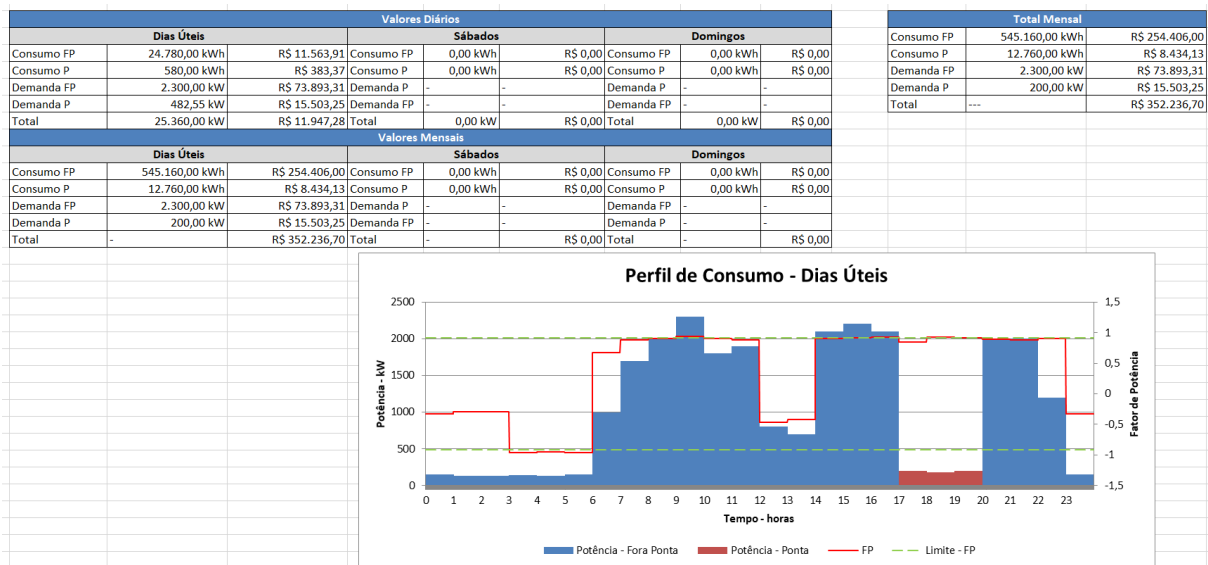
$$FP = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (11)$$

Para que fosse possível distinguir se o fator de potência era indutivo ou capacitivo, ao calcular a potência reativa através da equação (10), o programa checa o tipo de fator de potência de cada carga. Se a carga for indutiva, o resultado é armazenado como valor positivo, se for capacitiva o resultado é multiplicado por -1. Dessa forma, foi possível definir a condição de que caso a potência reativa total em um instante é negativa, o fator de potência será capacitivo, e se for positiva, o fator de potência será indutivo. Essa modelagem permitiu que fossem criadas duas séries de fator de potência para visualizar no gráfico os momentos do dia em que é

necessária a compensação de reativos ou se pode haver momentos em que o sistema de banco de capacitores está ativado sem necessidade, gerando custos extras à unidade.

A planilha de análise de consumo para a modalidade tarifária azul segue o mesmo padrão. A única diferença consiste na adição da estimativa de custo com a demanda no posto tarifário ponta e fora ponta, como pode ser observado na Figura 16.

Figura 16: Planilha de análise de consumo na modalidade azul



Fonte: Próprio autor

Em sequência, são apresentados os valores referentes à energia reativa injetada ou absorvida pelas cargas da instalação. As informações apresentadas nas planilhas são segmentadas em intervalos de uma hora, uma vez que, como já explicado nas equações (8) e (9), para os cálculos dos faturamentos da energia reativa excedente e demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência, são considerados períodos de uma hora. Além de introduzir essas equações no programa, foi necessário também considerar as condições referentes ao horário em que são analisados os fatores de potência, tornando nulo o custo relativo a fatores de potência capacitivos ao longo do dia e relativos a fatores de potência indutivos no horário noturno e de madrugada.

Nas figuras 17, 18, 19 e 20 é possível ver as planilhas relativas às modalidades tarifárias verde e azul. Para a modalidade verde é calculado apenas um valor de demanda de potência reativa excedente, que diz respeito à demanda contratada única, enquanto para a modalidade azul há um valor referente ao posto tarifário ponta e um ao fora ponta.

Figura 17: Dados da planilha de reativos para modalidade tarifária verde

Período	Valores Ativos			Valores Reativos		Fator de Potência		Valores Calculados	
	Demanda	Consumo		Fora Ponta	Ponta	Indutivo	Capacitivo	Demanda	Energia
	kW	Fora Ponta - kWh	Ponta - kWh	Fora Ponta - kVArh	Ponta - kVArh			kW	R\$
0-1	150,00	150,00	0,00	-429,08	0,00	0,00	0,33	418,18	96,46
1-2	130,00	130,00	0,00	-429,01	0,00	0,00	0,29	412,41	101,58
2-3	130,00	130,00	0,00	-429,01	0,00	0,00	0,29	412,41	101,58
3-4	140,00	140,00	0,00	-40,83	0,00	0,00	0,96	134,17	0,00
4-5	130,00	130,00	0,00	-42,73	0,00	0,00	0,95	125,89	0,00
5-6	150,00	150,00	0,00	-43,75	0,00	0,00	0,96	143,75	0,00
6-7	1.000,00	1.000,00	0,00	1.108,00	0,00	0,67	0,00	1.373,13	134,21
7-8	1.700,00	1.700,00	0,00	917,56	0,00	0,88	0,00	1.777,27	27,79
8-9	2.000,00	2.000,00	0,00	968,64	0,00	0,90	0,00	2.044,44	15,99
9-10	2.300,00	2.300,00	0,00	834,79	0,00	0,94	0,00	2.251,06	0,00
10-11	1.800,00	1.800,00	0,00	871,78	0,00	0,90	0,00	1.840,00	14,39
11-12	1.900,00	1.900,00	0,00	1.025,51	0,00	0,88	0,00	1.986,36	31,06
12-13	800,00	800,00	0,00	-1.502,41	0,00	0,00	0,47	1.565,96	0,00
13-14	700,00	700,00	0,00	-1.512,54	0,00	0,00	0,42	1.533,33	0,00
14-15	2.100,00	2.100,00	0,00	1.017,08	0,00	0,90	0,00	2.146,67	16,78
15-16	2.200,00	2.200,00	0,00	1.002,35	0,00	0,91	0,00	2.224,18	8,70
16-17	2.100,00	2.100,00	0,00	829,97	0,00	0,93	0,00	2.077,42	0,00
17-18	200,00	200,00	0,00	123,95	0,00	0,85	0,00	216,47	5,92
18-19	180,00	0,00	180,00	0,00	71,14	0,93	0,00	178,06	0,00
19-20	200,00	0,00	200,00	0,00	91,12	0,91	0,00	202,20	0,79
20-21	2.000,00	0,00	2.000,00	0,00	1.024,63	0,89	0,00	2.067,42	24,25
21-22	2.000,00	2.000,00	0,00	1.079,49	0,00	0,88	0,00	2.090,91	32,70
22-23	1.200,00	1.200,00	0,00	581,19	0,00	0,90	0,00	1.226,67	9,59
23-24	150,00	150,00	0,00	-429,08	0,00	0,00	0,33	418,18	96,46

Fonte: Próprio autor

Figura 18: Resultados de acréscimo na fatura na planilha de reativos para modalidade tarifária verde

Acréscimo na Fatura	
DMCR	R\$ 0,00
UFER	R\$ 15.801,02
Total	R\$ 15.801,02

Fonte: Próprio autor

Figura 19: Dados da planilha de reativos para modalidade tarifária azul

Período	Valores Ativos				Valores Reativos		Fator de Potência		Valores Calculados		
	Demanda		Consumo		Fora Ponta - kVArh	Ponta - kVArh	Indutivo	Capacitivo	kW	R\$	Energia
	Fora Ponta - kW	Ponta - kW	Fora Ponta - kWh	Ponta - kWh							
0-1	150,00	0,00	150,00	0,00	-429,08	0,00	0,00	0,33	418,18	96,46	
1-2	130,00	0,00	130,00	0,00	-429,01	0,00	0,00	0,29	412,41	101,58	
2-3	130,00	0,00	130,00	0,00	-429,01	0,00	0,00	0,29	412,41	101,58	
3-4	140,00	0,00	140,00	0,00	-40,83	0,00	0,00	0,96	134,17	0,00	
4-5	130,00	0,00	130,00	0,00	-42,73	0,00	0,00	0,95	125,89	0,00	
5-6	150,00	0,00	150,00	0,00	-43,75	0,00	0,00	0,96	143,75	0,00	
6-7	1.000,00	0,00	1.000,00	0,00	1.108,00	0,00	0,67	0,00	1.373,13	134,21	
7-8	1.700,00	0,00	1.700,00	0,00	917,56	0,00	0,88	0,00	1.777,27	27,79	
8-9	2.000,00	0,00	2.000,00	0,00	968,64	0,00	0,90	0,00	2.044,44	15,99	
9-10	2.300,00	0,00	2.300,00	0,00	834,79	0,00	0,94	0,00	2.251,06	0,00	
10-11	1.800,00	0,00	1.800,00	0,00	871,78	0,00	0,90	0,00	1.840,00	14,39	
11-12	1.900,00	0,00	1.900,00	0,00	1.025,51	0,00	0,88	0,00	1.986,36	31,06	
12-13	800,00	0,00	800,00	0,00	-1.502,41	0,00	0,00	0,47	1.565,96	0,00	
13-14	700,00	0,00	700,00	0,00	-1.512,54	0,00	0,00	0,42	1.533,33	0,00	
14-15	2.100,00	0,00	2.100,00	0,00	1.017,08	0,00	0,90	0,00	2.146,67	16,78	
15-16	2.200,00	0,00	2.200,00	0,00	1.002,35	0,00	0,91	0,00	2.224,18	8,70	
16-17	2.100,00	0,00	2.100,00	0,00	829,97	0,00	0,93	0,00	2.077,42	0,00	
17-18	200,00	0,00	200,00	0,00	123,95	0,00	0,85	0,00	216,47	5,92	
18-19	0,00	180,00	0,00	180,00	0,00	71,14	0,93	0,00	178,06	0,00	
19-20	0,00	200,00	0,00	200,00	0,00	91,12	0,91	0,00	202,20	0,79	
20-21	0,00	2.000,00	0,00	2.000,00	0,00	1.024,63	0,89	0,00	2.067,42	24,25	
21-22	2.000,00	0,00	2.000,00	0,00	1.079,49	0,00	0,88	0,00	2.090,91	32,70	
22-23	1.200,00	0,00	1.200,00	0,00	581,19	0,00	0,90	0,00	1.226,67	9,59	
23-24	150,00	0,00	150,00	0,00	-429,08	0,00	0,00	0,33	418,18	96,46	

Fonte: Próprio autor

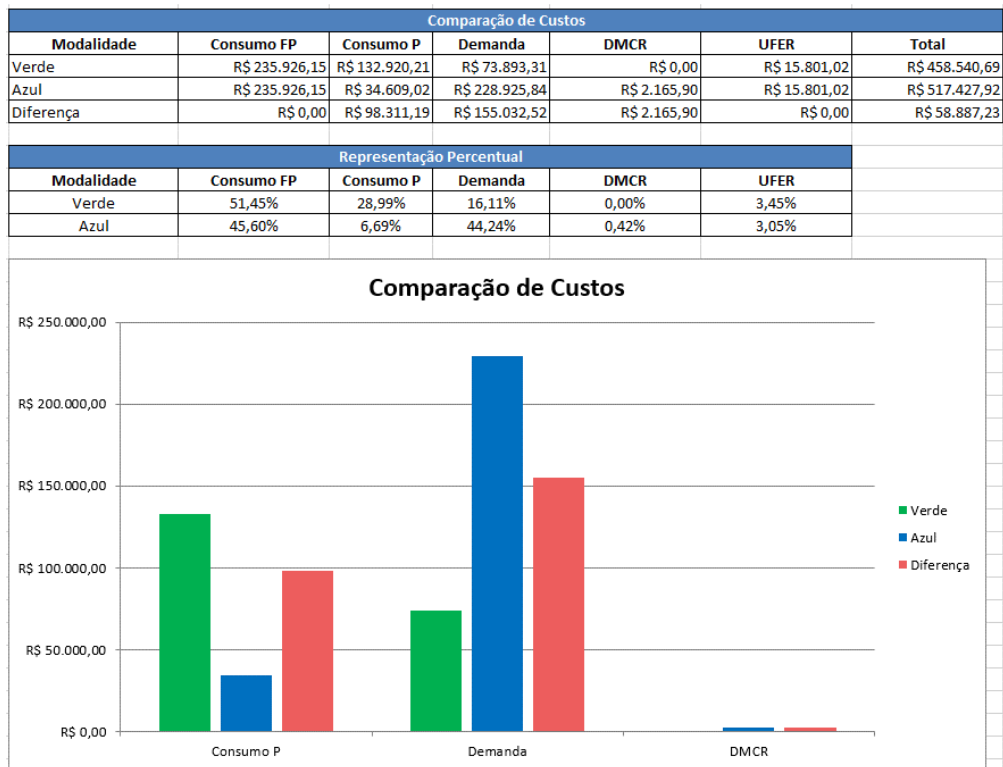
Figura 20: Resultados de acréscimo na fatura na planilha de reativos para modalidade tarifária azul

Acréscimo na Fatura	
DMCR FP	R\$ 0,00
DMCR P	R\$ 2.165,90
UFER	R\$ 15.801,02
Total	R\$ 17.966,92

Fonte: Próprio autor

Por fim, é apresentada a planilha de comparativo entre as modalidades tarifárias. Nessa planilha estão resumidos os resultados de custo estimado para as duas modalidades analisadas, separando os valores entre consumo no posto tarifário fora ponta, consumo no posto tarifário ponta, demanda, demanda de potência reativa excedente, energia reativa excedente e o valor total estimado para o mês. Além da apresentação dos valores, é também informado o percentual relativo a cada elemento sobre a fatura de cada uma das modalidades. Esse modo de apresentação permite ao usuário compreender quais os fatores mais influentes na conta de energia da unidade consumidora estudada. A Figura 21 apresenta a planilha, contendo o comparativo dos valores em tabelas e em um gráfico de barras.

Figura 21: Planilha de comparativo entre modalidades tarifárias para consumidor do grupo A



Fonte: Próprio autor

3.5. Análise por Fatura

A segunda forma de análise realizada pelo programa foi inserida na página “Análise por Fatura”, em que a análise é realizada com base nos dados de uma fatura de energia enviada pelo usuário à aplicação. Atualmente, o programa só é capaz de realizar a análise das faturas de consumidores de grupo A da distribuidora de energia Equatorial Energia Goiás. Na Figura 22 é apresentada a interface da página desse modelo de análise, exibindo os campos que devem ser preenchidos para sua realização.

Após preenchidos os campos da página “Tarifas Praticadas” com os valores para consumidor do grupo A, deverão ser informados os dados de demanda contratada na ponta e fora de ponta da unidade analisada. Caso a unidade se enquadre na modalidade tarifária verde, somente o primeiro campo de preenchimento de demanda contratada deverá ser preenchido, mantendo o outro com o valor zero.

Figura 22: Interface da página "Análise por Fatura"

Analisar Fatura
?

Definir Demanda Contratada Atual
?

Demanda Contratada Fora de Ponta ou Única (kW)

Demanda Contratada na Ponta (kW) - Manter 0 Para Modalidade Verde

Registrar

Tipo de Preenchimento
?

Modelo de preenchimento de dados desejado

Selecionar

Fonte: Próprio autor

Posteriormente, o usuário deverá optar pelo preenchimento manual ou automático. O preenchimento automático requer apenas o envio da fatura de energia mais recente da unidade consumidora para que seja realizada a análise. Atualmente esse tipo de preenchimento só atende às faturas da concessionária Equatorial Energia Goiás. O modelo de preenchimento manual, por sua vez, requer que o usuário preencha os dados das faturas relativas a cada um dos últimos 12 meses.

Para apresentar as funcionalidades do método, foi utilizada uma fatura de energia de uma unidade consumidora da UFG. Uma das páginas presentes na fatura analisada possui uma tabela com o histórico de consumo e demanda dos últimos 13 meses da unidade, como mostra a Figura 23. Essa tabela é o elemento do qual o programa extrai os dados para a realização da análise.

Figura 23: Histórico energético de uma unidade consumidora do grupo A na fatura de energia

Histórico dos últimos meses								
MÊS	DEMANDA MEDIDA			CONSUMO FATURADO			HORÁRIO RESERVADO	
	PONTA	FORA PONTA	REATIVO EXCEDENTE	PONTA/TOT	FORA PONTA	REATIVO EXCEDENTE	CONSUMO	REATIVO EXCEDENTE
DEZ / 23	71,4630	126,4440	0,0000	1656,44	13732,95	30,90	793,35	0,00
NOV / 23	91,5120	109,3470	0,0000	1561,02	12017,10	19,71	830,25	0,00
OUT / 23	44,7720	112,6680	0,0000	712,66	11463,60	16,16	821,02	0,00
SET / 23	69,6180	102,8280	0,0000	1273,23	9590,92	4,69	845,62	0,00
AGO / 23	38,7450	64,0830	0,0000	508,23	5642,62	12,30	885,60	0,00
JUL / 23	55,7190	77,6130	0,0000	1057,27	6168,45	1,32	781,05	0,00
JUN / 23	53,6280	107,7480	0,0000	874,40	7524,52	13,98	762,60	0,00
MAI / 23	52,3980	82,0410	0,0000	844,76	7072,50	2,15	670,35	0,00
ABR / 23	66,5430	85,8540	0,0000	731,32	7819,72	10,01	688,80	0,00
MAR / 23	61,0080	92,3730	0,0000	1068,80	7675,20	15,33	661,12	0,00
FEV / 23	30,3810	74,6610	0,0000	551,99	5427,37	3,31	685,72	3,07
JAN / 23	56,7030	66,9120	0,0000	593,93	4757,02	9,98	713,40	6,15
DEZ / 22	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	43,01	0,00	0,00

Fonte: Equatorial Energia Goiás

Após lidas e armazenadas as informações provenientes da fatura de energia, o programa realiza uma simulação dos custos anuais com demanda, considerando valores de demanda contratada e ultrapassagens, para diferentes valores de demanda contratada. Os valores testados para demanda contratada variam de 30 kW, que é o valor mínimo permitido para contratação, até 500 kW acima do valor máximo de demanda registrada, com uma variação de 5 kW por teste. Os resultados desse estudo geram então vários valores de custo anual de demanda contratada, e permitem que seja encontrada a demanda contratada que resulta no menor custo anual de acordo com o perfil da unidade consumidora. Essa simulação é feita considerando a modalidade tarifária azul e a modalidade tarifária verde, permitindo que se encontrem as demandas contratadas ideais para ambos os casos.

São, então, calculados os custos relativos ao consumo de energia ativa para ambas as modalidades, registrando os resultados que serão posteriormente aplicados, em conjunto com os resultados da análise das demandas, para definir qual a modalidade tarifária que proporciona um menor custo para a unidade.

Após realizadas as análises e tratamento dos dados, o arquivo de resultados é salvo, assim como ocorre na análise por cargas. Esse arquivo é dividido em três planilhas: a planilha com os dados atuais e histórico da unidade, a planilha de comparativo entre as modalidades e a planilha de resultados da análise.

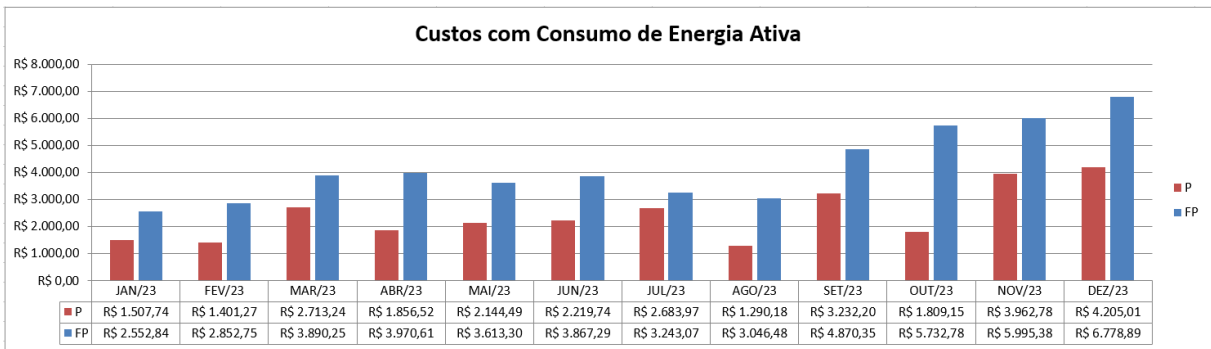
A primeira planilha apresenta os dados extraídos da fatura de energia juntamente com uma estimativa do quanto foi gasto em cada elemento analisado, considerando as tarifas inseridas pelo usuário. Abaixo da tabela com os dados, são inseridos gráficos com informações de custos com elementos reativos, consumo e ultrapassagens. As figuras 24 a 28 ilustram essa planilha para um consumidor enquadrado na modalidade tarifária verde, enquanto as figuras 29 a 33 apresentam a mesma planilha construída para um consumidor da modalidade azul.

Figura 24: Histórico energético da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade verde

Mês	Demanda Registrada na Ponta	Demanda Registrada Fora Ponta	Custo da Demanda	Demanda Não Utilizada	Custo com Demanda Não Utilizada	Ultrapassagem Registrada	Custo da Ultrapassagem	Consumo na Ponta	Custo do Consumo na Ponta	Consumo Fora Ponta	Custo do Consumo Fora Ponta	UFER	Custo da UFER	DMCR	Custo da DMCR
JAN/23	56,70 kW	66,91 kW	R\$ 2.149,72	17,09 kW	R\$ 549,00	0,00 kW	R\$ 0,00	593,93 kWh	R\$ 1.507,74	5.470,42 kWh	R\$ 2.552,84	16,13 kVarh	R\$ 5,80	0,00 kW	R\$ 0,00
FEV/23	30,38 kW	74,66 kW	R\$ 2.389,67	9,34 kW	R\$ 300,04	0,00 kW	R\$ 0,00	551,99 kWh	R\$ 1.401,27	6.113,09 kWh	R\$ 2.852,75	6,38 kVarh	R\$ 2,29	0,00 kW	R\$ 0,00
MAR/23	61,01 kW	92,37 kW	R\$ 2.967,72	0,00 kW	R\$ 0,00	8,37 kW	R\$ 538,01	1.068,80 kWh	R\$ 2.713,24	8.336,32 kWh	R\$ 3.890,25	15,33 kVarh	R\$ 5,51	0,00 kW	R\$ 0,00
ABR/23	66,54 kW	85,85 kW	R\$ 2.758,28	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	731,32 kWh	R\$ 1.856,52	8.508,52 kWh	R\$ 3.970,61	10,01 kVarh	R\$ 3,60	0,00 kW	R\$ 0,00
MAI/23	52,40 kW	82,04 kW	R\$ 2.635,77	1,96 kW	R\$ 62,94	0,00 kW	R\$ 0,00	844,76 kWh	R\$ 2.144,49	7.742,85 kWh	R\$ 3.613,30	2,15 kVarh	R\$ 0,77	0,00 kW	R\$ 0,00
JUN/23	53,63 kW	107,75 kW	R\$ 3.461,68	0,00 kW	R\$ 0,00	23,75 kW	R\$ 1.525,93	874,40 kWh	R\$ 2.219,74	8.287,12 kWh	R\$ 3.867,29	13,98 kVarh	R\$ 5,03	0,00 kW	R\$ 0,00
JUL/23	55,72 kW	77,61 kW	R\$ 2.493,51	6,39 kW	R\$ 205,20	0,00 kW	R\$ 0,00	1.057,27 kWh	R\$ 2.683,97	6.949,50 kWh	R\$ 3.243,07	1,32 kVarh	R\$ 0,47	0,00 kW	R\$ 0,00
AGO/23	38,75 kW	64,08 kW	R\$ 2.058,83	19,92 kW	R\$ 639,88	0,00 kW	R\$ 0,00	508,23 kWh	R\$ 1.290,18	6.528,22 kWh	R\$ 3.046,48	12,30 kVarh	R\$ 4,42	0,00 kW	R\$ 0,00
SET/23	69,62 kW	102,83 kW	R\$ 3.303,61	0,00 kW	R\$ 0,00	18,83 kW	R\$ 1.209,79	1.273,23 kWh	R\$ 3.232,20	10.436,54 kWh	R\$ 4.870,35	4,69 kVarh	R\$ 1,69	0,00 kW	R\$ 0,00
OUT/23	44,77 kW	112,67 kW	R\$ 3.619,74	0,00 kW	R\$ 0,00	28,67 kW	R\$ 1.842,06	712,66 kWh	R\$ 1.809,15	12.284,62 kWh	R\$ 5.732,78	16,16 kVarh	R\$ 5,81	0,00 kW	R\$ 0,00
NOV/23	91,51 kW	109,35 kW	R\$ 3.513,05	0,00 kW	R\$ 0,00	25,35 kW	R\$ 1.628,67	1.561,02 kWh	R\$ 3.962,78	12.847,35 kWh	R\$ 5.995,38	19,71 kVarh	R\$ 7,09	0,00 kW	R\$ 0,00
DEZ/23	71,46 kW	126,44 kW	R\$ 4.062,33	0,00 kW	R\$ 0,00	42,44 kW	R\$ 2.727,24	1.656,44 kWh	R\$ 4.205,01	14.526,80 kWh	R\$ 6.778,99	30,90 kVarh	R\$ 11,11	0,00 kW	R\$ 0,00
Total			R\$ 35.422,91		R\$ 1.757,05		R\$ 9.471,71	11.434,05 kWh	R\$ 29.026,28	108.030,85 kWh	R\$ 50.914,00	149,06 kVarh	R\$ 53,61		R\$ 0,00

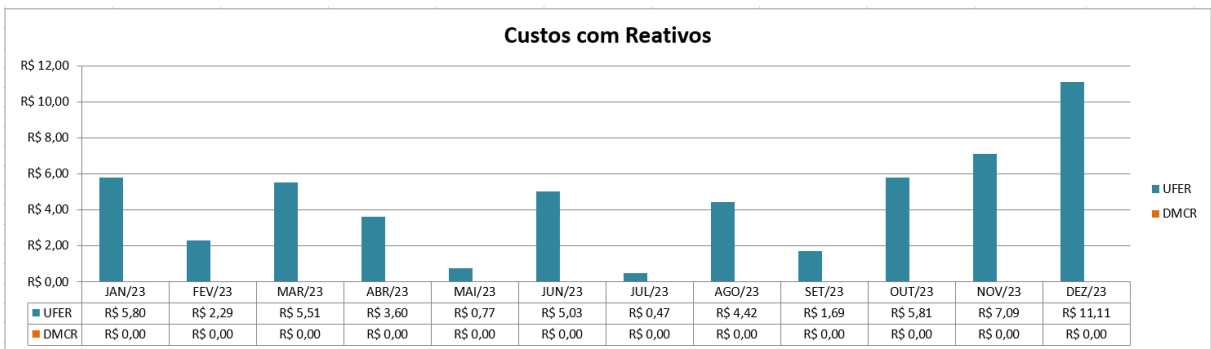
Fonte: Próprio autor

Figura 25: Gráfico de custos com energia ativa da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade verde



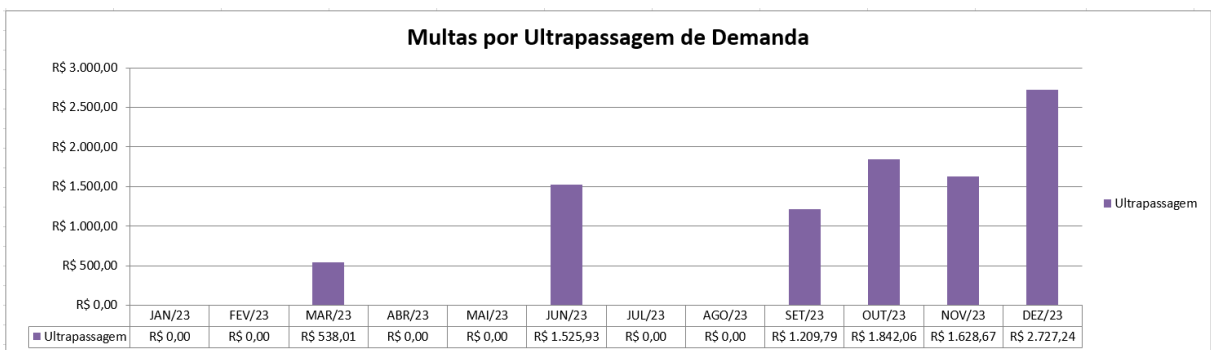
Fonte: Próprio autor

Figura 26: Gráfico de custos com elementos reativos da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade verde



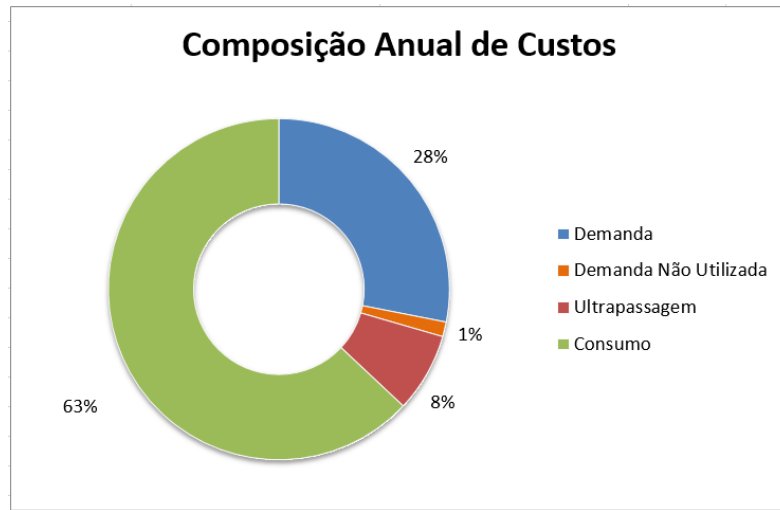
Fonte: Próprio autor

Figura 27: Gráfico de custos com multas por ultrapassagem da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade verde



Fonte: Próprio autor

Figura 28: Gráfico da composição anual de custos da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade verde



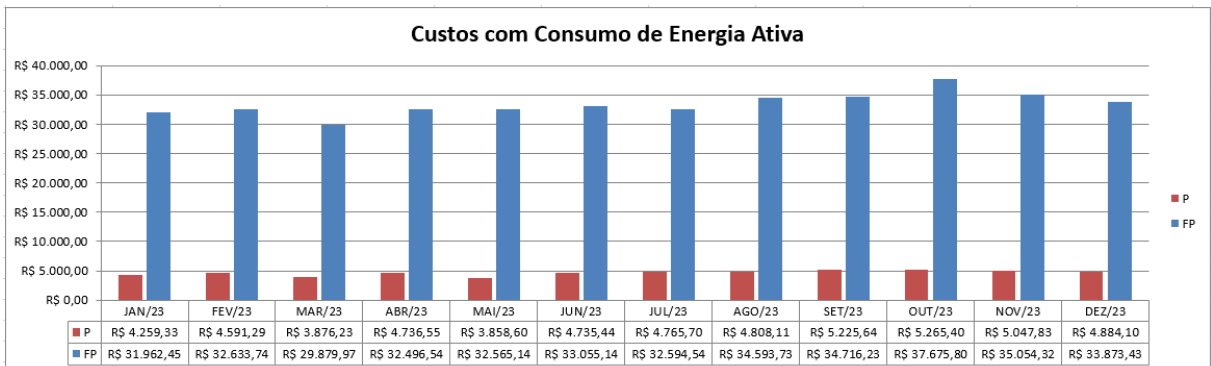
Fonte: Próprio autor

Figura 29: Histórico energético da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade azul

Mês	Demanda Registrada na Ponta	Custo da Demanda na Ponta	Demanda Registrada Fora Ponta	Custo da Demanda Fora Ponta	Ultrapassagem Registrada na Ponta	Custo da Ultrapassagem na Ponta	Ultrapassagem Registrada Fora Ponta	Custo da Ultrapassagem Fora Ponta	Consumo na Ponta	Custo do Consumo na Ponta	Consumo Fora Ponta	Custo do Consumo Fora Ponta	UFER	Custo da UFER	DMCR	Custo da DMCR
JAN/23	122,22 kW	R\$ 11.859,99	140,28 kW	R\$ 4.915,51	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	6.443,95 kWh	R\$ 4.259,33	68.491,50 kWh	R\$ 31.962,45	11.998,77 kVarh	R\$ 4.315,60	0,00 kW	R\$ 0,00
FEV/23	129,78 kW	R\$ 11.859,99	137,76 kW	R\$ 4.915,51	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	6.946,17 kWh	R\$ 4.591,29	69.930,00 kWh	R\$ 32.633,74	10.710,32 kVarh	R\$ 3.852,25	0,00 kW	R\$ 0,00
MAR/23	127,26 kW	R\$ 11.859,99	142,80 kW	R\$ 4.915,51	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	5.964,35 kWh	R\$ 3.876,23	64.029,00 kWh	R\$ 29.879,97	9.649,71 kVarh	R\$ 3.470,71	0,00 kW	R\$ 0,00
ABR/23	124,32 kW	R\$ 11.859,99	136,08 kW	R\$ 4.915,51	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	7.165,93 kWh	R\$ 4.736,55	69.636,00 kWh	R\$ 32.496,54	10.675,45 kVarh	R\$ 3.839,64	0,00 kW	R\$ 0,00
MAI/23	126,00 kW	R\$ 11.859,99	138,60 kW	R\$ 4.915,51	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	5.837,68 kWh	R\$ 3.858,60	69.783,00 kWh	R\$ 32.565,14	10.597,75 kVarh	R\$ 3.811,69	0,00 kW	R\$ 0,00
JUN/23	123,90 kW	R\$ 11.859,99	132,72 kW	R\$ 4.915,51	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	7.164,25 kWh	R\$ 4.735,44	70.833,00 kWh	R\$ 33.055,14	12.356,08 kVarh	R\$ 4.444,11	0,00 kW	R\$ 0,00
JUL/23	124,74 kW	R\$ 11.859,99	137,76 kW	R\$ 4.915,51	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	7.210,03 kWh	R\$ 4.765,70	69.846,00 kWh	R\$ 32.594,54	12.090,85 kVarh	R\$ 4.348,72	0,00 kW	R\$ 0,00
AGO/23	151,82 kW	R\$ 11.859,99	155,30 kW	R\$ 4.925,15	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	7.274,19 kWh	R\$ 4.808,11	74.130,00 kWh	R\$ 34.593,73	13.277,67 kVarh	R\$ 4.775,58	0,00 kW	R\$ 0,00
SET/23	140,70 kW	R\$ 11.859,99	154,98 kW	R\$ 4.979,22	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	7.905,67 kWh	R\$ 5.225,64	74.392,50 kWh	R\$ 34.716,23	11.494,50 kVarh	R\$ 4.119,65	0,00 kW	R\$ 0,00
OUT/23	147,42 kW	R\$ 11.859,99	157,50 kW	R\$ 5.060,09	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	7.966,03 kWh	R\$ 5.285,40	80.734,50 kWh	R\$ 37.675,80	16.677,57 kVarh	R\$ 5.998,42	0,00 kW	R\$ 0,00
NOV/23	147,42 kW	R\$ 11.859,99	162,96 kW	R\$ 5.235,50	0,00 kW	R\$ 0,00	9,96 kW	R\$ 639,98	7.836,86 kWh	R\$ 5.047,83	75.117,00 kWh	R\$ 35.054,32	11.473,66 kVarh	R\$ 4.126,73	0,00 kW	R\$ 0,00
DEZ/23	148,68 kW	R\$ 11.859,99	157,08 kW	R\$ 5.046,59	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	7.389,16 kWh	R\$ 4.884,10	72.586,50 kWh	R\$ 33.873,43	9.411,36 kVarh	R\$ 3.384,98	0,00 kW	R\$ 0,00
Total		R\$ 142.319,86		R\$ 59.655,04		R\$ 0,00		R\$ 639,98	84.804,47 kWh	R\$ 56.054,23	859.509,00 kWh	R\$ 401.101,05	140.353,89 kVarh	R\$ 50.481,08		R\$ 0,00

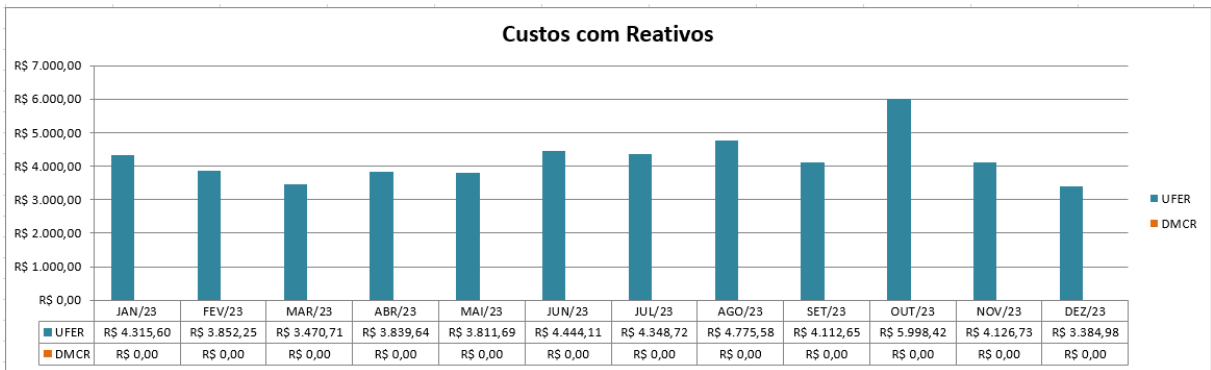
Fonte: Próprio autor

Figura 30: Gráfico de custos com energia ativa da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade azul



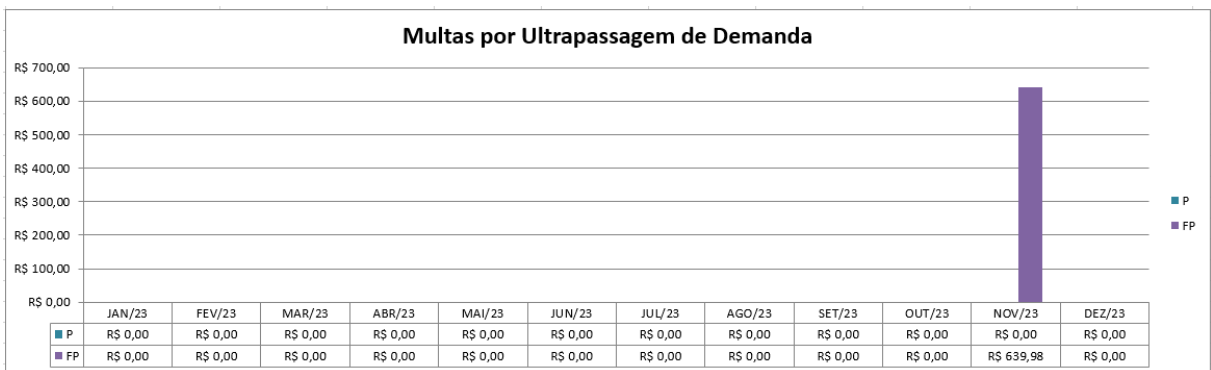
Fonte: Próprio autor

Figura 31: Gráfico de custos com elementos reativos da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade azul



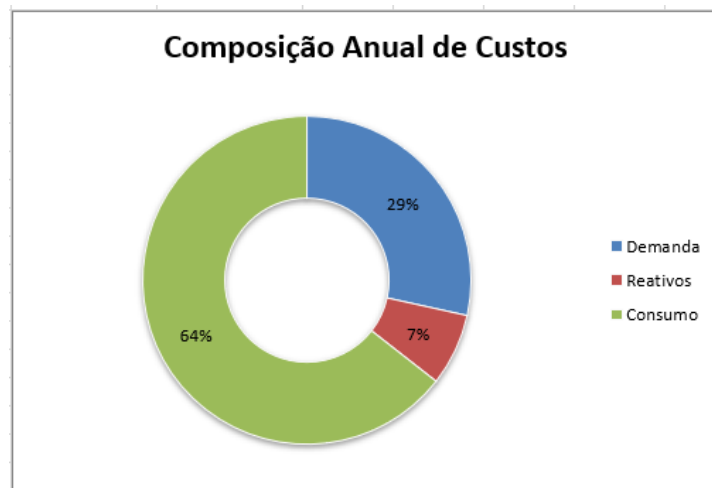
Fonte: Próprio autor

Figura 32: Gráfico de custos com multas por ultrapassagem da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade azul



Fonte: Próprio autor

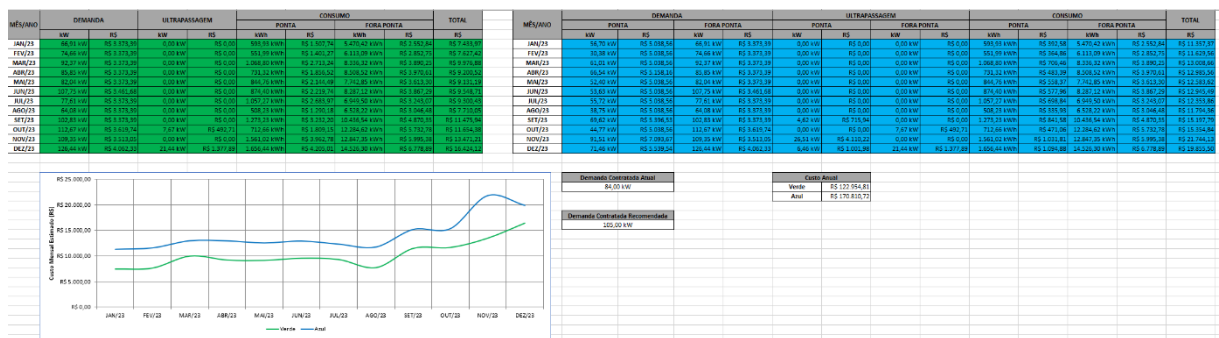
Figura 33: Gráfico da composição anual de custos da planilha de dados atuais da análise por fatura para consumidor da modalidade azul



Fonte: Próprio autor

Em sequência, na planilha de comparativo, são apresentadas as simulações de demandas contratadas nas modalidades verde e azul que atingiram o menor custo anual. A partir dessa planilha o usuário é capaz de identificar qual a modalidade ideal para a unidade consumidora e qual a demanda (ou as demandas, no caso da modalidade azul) ideal para a contratação. As figuras 34 a 38 apresentam a planilha de comparativo para uma unidade cuja modalidade tarifária ideal calculada é a verde.

Figura 34: Planilha de comparativo com a modalidade verde definida como ideal



Fonte: Próprio autor

Figura 35: Tabela de simulação da demanda ideal na modalidade verde

MÊS/ANO	DEMANDA		ULTRAPASSAGEM		CONSUMO				TOTAL
	kW	R\$	kW	R\$	PONTA		FORA PONTA		
JAN/23	66,91 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	593,93 kWh	R\$ 1.507,74	5.470,42 kWh	R\$ 2.552,84	R\$ 7.433,97
FEV/23	74,66 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	551,99 kWh	R\$ 1.401,27	6.113,09 kWh	R\$ 2.852,75	R\$ 7.627,42
MAR/23	92,37 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	1.068,80 kWh	R\$ 2.713,24	8.336,32 kWh	R\$ 3.890,25	R\$ 9.976,88
ABR/23	85,85 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	731,32 kWh	R\$ 1.856,52	8.508,52 kWh	R\$ 3.970,61	R\$ 9.200,52
MAI/23	82,04 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	844,76 kWh	R\$ 2.144,49	7.742,85 kWh	R\$ 3.613,30	R\$ 9.131,19
JUN/23	107,75 kW	R\$ 3.461,68	0,00 kW	R\$ 0,00	874,40 kWh	R\$ 2.219,74	8.287,12 kWh	R\$ 3.867,29	R\$ 9.548,71
JUL/23	77,61 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	1.057,27 kWh	R\$ 2.683,97	6.949,50 kWh	R\$ 3.243,07	R\$ 9.300,43
AGO/23	64,08 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	508,23 kWh	R\$ 1.290,18	6.528,22 kWh	R\$ 3.046,48	R\$ 7.710,05
SET/23	102,83 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	1.273,23 kWh	R\$ 3.232,20	10.436,54 kWh	R\$ 4.870,35	R\$ 11.475,94
OUT/23	112,67 kW	R\$ 3.619,74	7,67 kW	R\$ 492,71	712,66 kWh	R\$ 1.809,15	12.284,62 kWh	R\$ 5.732,78	R\$ 11.654,38
NOV/23	109,35 kW	R\$ 3.513,05	0,00 kW	R\$ 0,00	1.561,02 kWh	R\$ 3.962,78	12.847,35 kWh	R\$ 5.995,38	R\$ 13.471,21
DEZ/23	126,44 kW	R\$ 4.062,33	21,44 kW	R\$ 1.377,89	1.656,44 kWh	R\$ 4.205,01	14.526,30 kWh	R\$ 6.778,89	R\$ 16.424,12

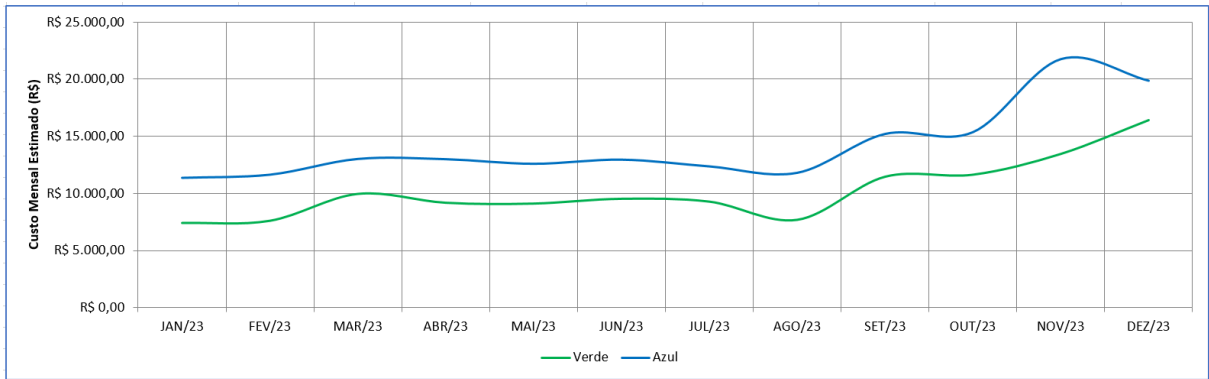
Fonte: Próprio autor

Figura 36: Tabela de simulação das demandas ideais na modalidade azul

MÊS/ANO	DEMANDA				ULTRAPASSAGEM				CONSUMO				TOTAL
	PONTA		FORA PONTA		PONTA		FORA PONTA		PONTA		FORA PONTA		
JAN/23	56,70 kW	R\$ 5.038,56	66,91 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	593,93 kWh	R\$ 392,58	5.470,42 kWh	R\$ 2.552,84	R\$ 13.557,37
FEV/23	30,38 kW	R\$ 5.038,56	74,66 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	551,99 kWh	R\$ 364,86	6.113,09 kWh	R\$ 2.852,75	R\$ 11.629,56
MAR/23	61,01 kW	R\$ 5.038,56	92,37 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	1.068,80 kWh	R\$ 706,46	8.336,32 kWh	R\$ 3.890,25	R\$ 13.008,66
ABR/23	66,54 kW	R\$ 5.158,16	85,85 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	731,32 kWh	R\$ 483,39	8.508,52 kWh	R\$ 3.970,61	R\$ 12.985,56
MAI/23	52,40 kW	R\$ 5.038,56	82,04 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	844,76 kWh	R\$ 558,37	7.742,85 kWh	R\$ 3.613,30	R\$ 12.583,62
JUN/23	53,63 kW	R\$ 5.038,56	107,75 kW	R\$ 3.461,68	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	874,40 kWh	R\$ 577,96	8.287,12 kWh	R\$ 3.867,29	R\$ 12.945,49
JUL/23	55,72 kW	R\$ 5.038,56	77,61 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	1.057,27 kWh	R\$ 698,84	6.949,50 kWh	R\$ 3.243,07	R\$ 12.353,86
AGO/23	38,75 kW	R\$ 5.038,56	64,08 kW	R\$ 3.373,39	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00	508,23 kWh	R\$ 335,93	6.528,22 kWh	R\$ 3.046,48	R\$ 11.794,36
SET/23	69,62 kW	R\$ 5.396,53	102,83 kW	R\$ 3.373,39	4,62 kW	R\$ 715,94	0,00 kW	R\$ 0,00	1.273,23 kWh	R\$ 841,58	10.436,54 kWh	R\$ 4.870,35	R\$ 15.197,79
OUT/23	44,77 kW	R\$ 5.038,56	112,67 kW	R\$ 3.619,74	0,00 kW	R\$ 0,00	7,67 kW	R\$ 492,71	712,66 kWh	R\$ 471,06	12.284,62 kWh	R\$ 5.732,78	R\$ 15.354,84
NOV/23	91,51 kW	R\$ 7.093,67	109,35 kW	R\$ 3.513,05	26,51 kW	R\$ 4.110,22	0,00 kW	R\$ 0,00	1.561,02 kWh	R\$ 1.031,81	12.847,35 kWh	R\$ 5.995,38	R\$ 21.744,13
DEZ/23	71,46 kW	R\$ 5.539,54	126,44 kW	R\$ 4.062,33	6,46 kW	R\$ 1.001,98	21,44 kW	R\$ 1.377,89	1.656,44 kWh	R\$ 1.094,88	14.526,30 kWh	R\$ 6.778,89	R\$ 19.855,50

Fonte: Próprio autor

Figura 37: Gráfico de custos ao longo do ano



Fonte: Próprio autor

Figura 38: Valor de demanda contratada recomendada e custos anuais para simulação de cada modalidade

Demanda Contratada Atual		Custo Anual	
	210,00 kW	Verde	R\$ 684.339,63
		Azul	R\$ 718.651,23
Demanda Contratada Recomendada		Modalidade Indicada	
	240,00 kW	Verde	

Fonte: Próprio autor

Para o caso de a modalidade tarifária ideal encontrada para a unidade ser a modalidade azul, a única diferença da planilha será a presença de dois valores de demanda recomendada, uma para o posto tarifário ponta e uma para o posto fora ponta, como ilustra a Figura 39.

Figura 39: Demandas contratadas recomendadas para caso de a modalidade ideal ser a azul

Demanda Contratada Atual		Custo Anual	
Ponta	153,00 kW	Verde	R\$ 676.679,25
Fora Ponta	153,00 kW	Azul	R\$ 653.502,18
Demanda Contratada Recomendada		Modalidade Indicada	
Ponta	145,00 kW	Azul	
Fora Ponta	150,00 kW		

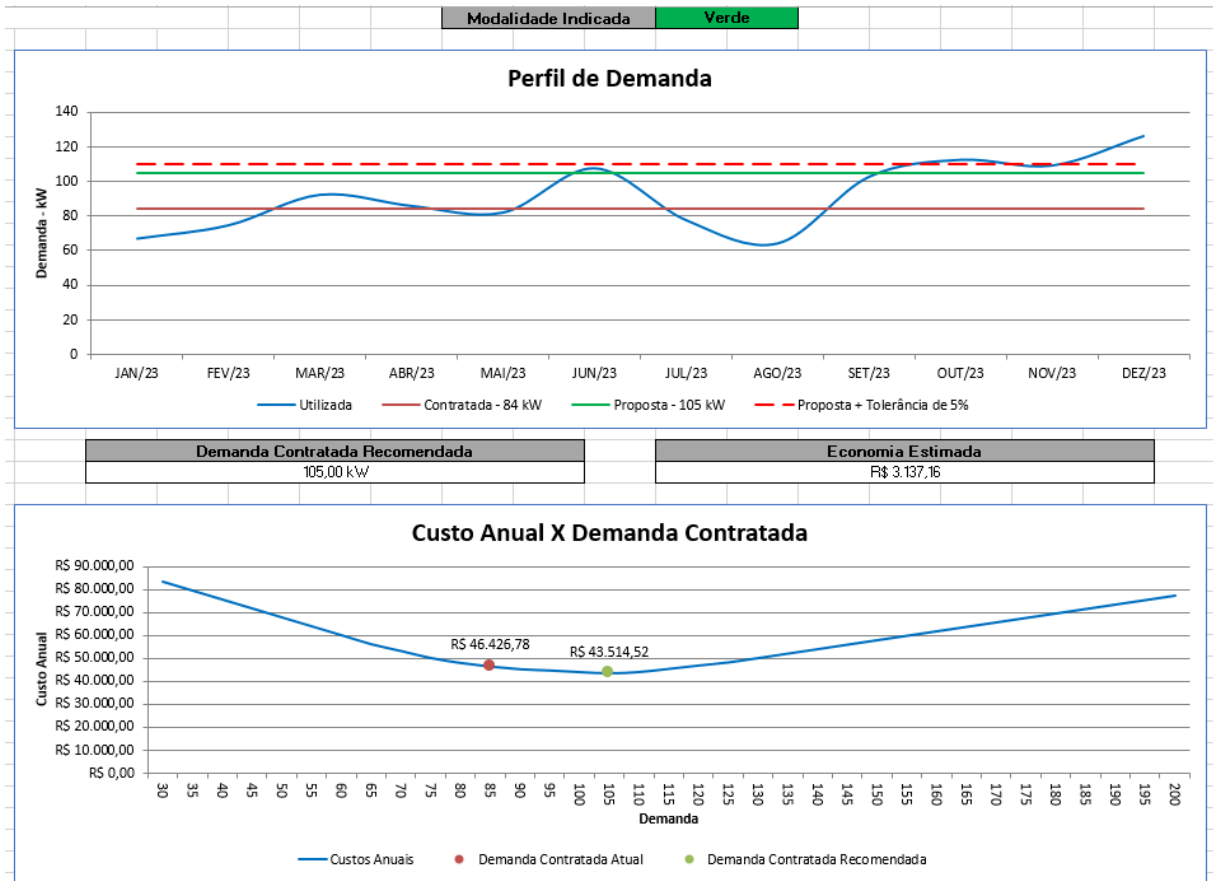
Fonte: Próprio autor

Por fim, a planilha de resultados apresenta novamente a demanda recomendada e qual será a economia estimada com a alteração da demanda para o caso de a unidade seguir a recomendação. Na planilha criada para uma unidade cuja recomendação é a modalidade verde,

são construídos dois gráficos. Um dos gráficos apresenta a demanda utilizada na unidade e mostra os limites da demanda contratada atual e da recomendada, permitindo que o usuário identifique em quais meses a demanda é maior e há maiores possibilidades de ultrapassagem. O segundo gráfico mostra a curva de custos encontrada através das simulações com diferentes demandas contratadas, explicitando o ponto de menor custo, com a demanda recomendada, e o ponto relativo à demanda atual. Esse gráfico tem como propósito demonstrar que, a partir do ponto ótimo encontrado, o aumento ou a redução da demanda contratada acarretará um maior custo.

Na Figura 40 é mostrada a planilha “Resultados”.

Figura 40: Planilha de resultados da análise para unidade cuja modalidade ideal encontrada é a verde

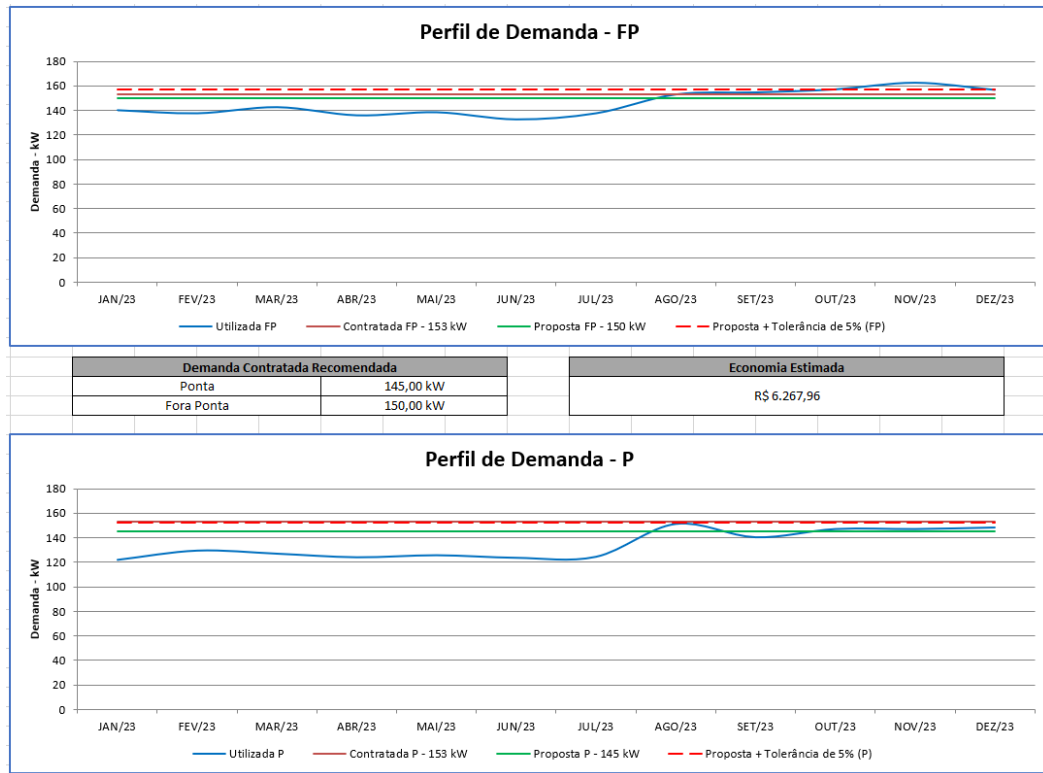


Fonte: Próprio autor

Caso a modalidade ideal encontrada seja a azul, a planilha não apresentará o gráfico “Custo Anual X Demanda Contratada”. Os dois gráficos construídos para esse caso seguem o padrão do primeiro gráfico mostrado na Figura 40, mas um é voltado para a análise no posto tarifário

fora ponta e o outro é voltado ao posto tarifário ponta. Na Figura 41 é possível observar os valores de demanda recomendada e economia estimada e os gráficos de análise das demandas.

Figura 41: Planilha de recomendação para unidade cuja modalidade ideal encontrada é a azul



Fonte: Próprio autor

3.6. Considerações Finais

Nesse capítulo foram apresentadas a estrutura geral do código do programa, as interfaces da aplicação e suas funcionalidades, os dois modelos de análise trabalhados e a composição dos arquivos de resultados. As equações descritas no capítulo 2 serviram de base para o desenvolvimento das análises juntamente com as particularidades estudadas acerca de cada grupo e modalidade tarifária.

4. ESTUDO DE CASO

Para a validação dos resultados gerados a partir do programa, foram realizados estudos utilizando dados de diferentes fontes que trabalham o tema. No estudo, foram aplicados ao

software os mesmos dados analisados nos modelos de referência e, posteriormente, comparados os resultados.

Visando a uma melhor compreensão dos estudos, foram feitas divisões em tópicos, considerando a comparação entre a modalidade convencional e a modalidade horária branca, por meio do método de análise por cargas. Também foi feita a comparação entre modalidade horária verde e modalidade horária azul, por meio do método de análise por cargas e, por fim, procedeu-se à análise por cargas e comparação entre a modalidade horária verde e a modalidade horária azul, por meio da análise por fatura.

Para verificar a consistência do método de análise por fatura com preenchimento automático, foram realizadas algumas análises com faturas de energia de diferentes unidades consumidoras da UFG. Os resultados das análises são mostrados no Apêndice A.

Devido à forma como as informações são dispostas nos arquivos de resultado gerados pelo programa, os resultados de cada um dos casos estudados foram inseridos em uma pasta⁴ do *Google Drive*.

4.1. Análise por Cargas – Grupo B

Para o estudo desse caso, foi usado como referência o trabalho de conclusão de curso da engenheira eletricista Regina Ravazi da Câmara, em que é detalhado o desenvolvimento e funcionamento de um ambiente de simulação para verificar a viabilidade da adesão à tarifa branca.

No trabalho de referência, são apresentados diferentes cenários, em que são informados os equipamentos utilizados juntamente com suas respectivas potências e tempos de utilização. Nos casos foram considerados 21 dias úteis e 9 dias de final de semana (sábados e domingos). O trabalho considerou também que não houve variação do perfil de consumo em cada caso ao longo da semana, ou seja, o consumo durante dias úteis é igual ao consumo nos finais de semana.

O horário de ponta estipulado para a análise se inicia às 19 horas, seguindo até as 22 horas. Dessa forma, os períodos do horário intermediário se encontram entre 18 e 19 horas e entre 22 e 23 horas.

Foi definido o estudo do Caso B apresentado no trabalho, que representa um perfil residencial. “O segundo caso, denominado Caso B, trata-se de um perfil residencial. Nesta

⁴ Disponível em: <<https://drive.google.com/drive/folders/1s1seffulgkxex-IA3cWxYHpFVZEDeVmW?usp=sharing>>

residência moram quatro pessoas: uma pessoa trabalha em horários alternativos, dois são estudantes e a outra pessoa trabalha em casa realizando serviços domésticos.” (RAVAZI, 2019). Nas figuras 42 e 43 são mostrados os equipamentos com suas potências e seus horários de utilização, respectivamente.

Figura 42: Equipamentos do caso B

Nome	Potência Nominal	Classificação
Aspirador de Pó	300	F
Cafeteira	500	F
Chuveiro Elétrico	4000	F
Depurador de ar	230	II
Exaustor	150	II
Ferro Elétrico	1000	F
Forno Elétrico	620	II
Forno Microondas	900	F
Freezer	150	R
Geladeira Dupla	250	R
Máquina lava-roupas	500	F
Panela Elétrica	600	II
Sanduícheira	800	II
Televisor	150	II

Fonte: RAVAZI, 2019

Figura 43: Horários de utilização do caso B

	A	B	C
Equipamento	Início Uso	Final Uso	
1 Lampada LED	06:00	07:10	
3 Forno Microondas	06:15	07:20	
4 Lampada LED	08:30	09:30	
5 Máquina lava-roupas	09:00	10:30	
6 Aspirador de Pó	09:10	09:25	
7 Televisor	11:00	13:20	
8 Depurador de ar	11:30	12:10	
9 Panela Elétrica	11:30	12:05	
10 Forno Microondas	12:30	12:35	
11 Ferro Elétrico	15:00	15:35	
12 Forno Elétrico	16:00	17:00	
13 Chuveiro Elétrico	17:05	17:15	
14 Chuveiro Elétrico	18:00	18:10	
15 Chuveiro Elétrico	18:30	18:35	
16 Chuveiro Elétrico	22:30	22:38	
17 Lampada LED	18:00	23:00	
18 Lampada LED	17:05	18:35	
19 Lampada LED	22:25	22:45	
20 Lampada LED	22:00	22:30	
21 Sanduícheira	20:40	20:45	
22 Geladeira Dupla	00:00	23:59	
23 Freezer	00:00	23:59	
24			
25			
26			

Fonte: RAVAZI, 2019

Na organização dos dados de modo adequado para a interpretação do programa, foi necessário preencher as rotinas para os dias úteis, sábados e domingos. Na Figura 44 é possível ver parte da disposição das cargas no Excel.

Figura 44: Parte da disposição das cargas no Excel para análise do *software*

Carga	Potência (kW)	FP	FP - Tipo	Início	Fim	Quantic	Dias de
Lâmpada LED 1 - DU	0,01	1	Indutivo	06:00	07:00	1	Dias Úteis
Microondas 1 - DU	0,9	1	Indutivo	06:15	07:20	1	Dias Úteis
Lâmpada LED 2 - DU	0,01	1	Indutivo	08:30	09:30	1	Dias Úteis
Máquina lava-roupas - DU	0,5	1	Indutivo	09:00	10:30	1	Dias Úteis
Aspirador de pó - DU	0,3	1	Indutivo	09:10	09:25	1	Dias Úteis
Televisor - DU	0,15	1	Indutivo	11:00	13:20	1	Dias Úteis
Depurador de ar - DU	0,23	1	Indutivo	11:30	12:10	1	Dias Úteis
Panela Elétrica - DU	0,6	1	Indutivo	11:30	12:05	1	Dias Úteis
Microondas 2 - DU	0,9	1	Indutivo	12:30	12:35	1	Dias Úteis
Ferro elétrico - DU	1	1	Indutivo	15:00	15:35	1	Dias Úteis
Forno elétrico - DU	0,62	1	Indutivo	16:00	17:00	1	Dias Úteis
Chuveiro elétrico 1 - DU	4	1	Indutivo	17:05	17:15	1	Dias Úteis
Chuveiro elétrico 2 - DU	4	1	Indutivo	18:00	18:10	1	Dias Úteis
Chuveiro elétrico 3 - DU	4	1	Indutivo	18:30	18:35	1	Dias Úteis
Chuveiro elétrico 4 - DU	4	1	Indutivo	22:30	22:38	1	Dias Úteis
Lâmpada LED 3 - DU	0,01	1	Indutivo	18:00	23:00	1	Dias Úteis
Lâmpada LED 4 - DU	0,01	1	Indutivo	17:05	18:35	1	Dias Úteis
Lâmpada LED 5 - DU	0,01	1	Indutivo	22:25	22:45	1	Dias Úteis
Lâmpada LED 6 - DU	0,01	1	Indutivo	22:00	22:30	1	Dias Úteis
Sanduicheira - DU	0,8	1	Indutivo	20:40	20:45	1	Dias Úteis
Geladeira Duplex - DU	0,25	1	Indutivo	00:00	23:59	1	Dias Úteis
Freezer - DU	0,15	1	Indutivo	00:00	23:59	1	Dias Úteis
Lâmpada LED 1 - S	0,01	1	Indutivo	06:00	07:00	1	Sábados
Microondas 1 - S	0,9	1	Indutivo	06:15	07:20	1	Sábados
Lâmpada LED 2 - S	0,01	1	Indutivo	08:30	09:30	1	Sábados
Máquina lava-roupas - S	0,5	1	Indutivo	09:00	10:30	1	Sábados
Aspirador de pó - S	0,3	1	Indutivo	09:10	09:25	1	Sábados
Televisor - S	0,15	1	Indutivo	11:00	13:20	1	Sábados
Depurador de ar - S	0,23	1	Indutivo	11:30	12:10	1	Sábados

Fonte: Próprio autor

Quando carregadas as cargas no programa, sua visualização, por meio das abas com os respectivos dias (dias úteis, sábados e domingos), fica mais coerente, como é possível ver nas figuras 45 a 47.

Figura 45: Visualização das cargas usadas nos dias úteis dentro do programa

Dias Úteis							
Sábados							
Domingos							
Carga	Potência (kW)	FP	FP - Tipo	Quantidade	Início	Fim	Remove
Lâmpada LED 1 - DU	0.01	1	Indutivo	1	06:00	07:00	Remove
Microondas 1 - DU	0.9	1	Indutivo	1	06:15	07:20	Remove
Lâmpada LED 2 - DU	0.01	1	Indutivo	1	08:30	09:30	Remove
Máquina lava-roupas - DU	0.5	1	Indutivo	1	09:00	10:30	Remove
Aspirador de pó - DU	0.3	1	Indutivo	1	09:10	09:25	Remove
Televisor - DU	0.15	1	Indutivo	1	11:00	13:20	Remove
Depurador de ar - DU	0.23	1	Indutivo	1	11:30	12:10	Remove
Panela Elétrica - DU	0.6	1	Indutivo	1	11:30	12:05	Remove
Microondas 2 - DU	0.9	1	Indutivo	1	12:30	12:35	Remove

Fonte: Próprio autor

Figura 46: Visualização das cargas usadas nos sábados dentro do programa

Dias Úteis							
Sábados							
Domingos							
Carga	Potência (kW)	FP	FP - Tipo	Quantidade	Início	Fim	Remove
Lâmpada LED 1 - S	0.01	1	Indutivo	1	06:00	07:00	Remove
Microondas 1 - S	0.9	1	Indutivo	1	06:15	07:20	Remove
Lâmpada LED 2 - S	0.01	1	Indutivo	1	08:30	09:30	Remove
Máquina lava-roupas - S	0.5	1	Indutivo	1	09:00	10:30	Remove
Aspirador de pó - S	0.3	1	Indutivo	1	09:10	09:25	Remove
Televisor - S	0.15	1	Indutivo	1	11:00	13:20	Remove
Depurador de ar - S	0.23	1	Indutivo	1	11:30	12:10	Remove
Panela Elétrica - S	0.6	1	Indutivo	1	11:30	12:05	Remove
Microondas 2 - S	0.9	1	Indutivo	1	12:30	12:35	Remove

Fonte: Próprio autor

Figura 47: Visualização das cargas usadas nos domingos dentro do programa

Dias Úteis Sábados Domingos							
Carga	Potência (kW)	FP	FP - Tipo	Quantidade	Início	Fim	Remove
Lâmpada LED 1 - D	0.01	1	Indutivo	1	06:00	07:00	Remove
Microondas 1 - D	0.9	1	Indutivo	1	06:15	07:20	Remove
Lâmpada LED 2 - D	0.01	1	Indutivo	1	08:30	09:30	Remove
Máquina lava-roupas - D	0.5	1	Indutivo	1	09:00	10:30	Remove
Aspirador de pó - D	0.3	1	Indutivo	1	09:10	09:25	Remove
Televisor - D	0.15	1	Indutivo	1	11:00	13:20	Remove
Depurador de ar - D	0.23	1	Indutivo	1	11:30	12:10	Remove
Panela Elétrica - D	0.6	1	Indutivo	1	11:30	12:05	Remove
Microondas 2 - D	0.9	1	Indutivo	1	12:30	12:35	Remove

Fonte: Próprio autor

Para o preenchimento das tarifas, foram utilizados os mesmos valores aplicados no estudo de referência, seguindo os dados mostrados na Figura 48.

Figura 48: Tarifas aplicadas para a análise

1	Tarifa Convencional	Tarifa Fora de Ponta	Tarifa Intermediária	Tarifa Ponta
2	R\$ 0,54760	R\$ 0,47457	R\$ 0,64236	R\$ 0,98699
3				
4				

Equipamentos Utilização **Tarifas** (+)

Fonte: RAVAZI, 2019

O primeiro resultado a ser analisado é o consumo referente a cada carga. Na Figura 49 são mostrados os resultados obtidos na simulação do trabalho de referência.

Figura 49: Resultados da simulação do trabalho de referência

Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 1.167 horas	Consumo:0.012 kWh
Equipamento: Forno Microondas	Tempo de uso: 1.083 horas	Consumo:0.975 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 1.000 horas	Consumo:0.010 kWh
Equipamento: Máquina lava-roupas	Tempo de uso: 1.500 horas	Consumo:0.750 kWh
Equipamento: Aspirador de Pó	Tempo de uso: 0.250 horas	Consumo:0.075 kWh
Equipamento: Televisor	Tempo de uso: 2.333 horas	Consumo:0.350 kWh
Equipamento: Depurador de ar	Tempo de uso: 0.667 horas	Consumo:0.153 kWh
Equipamento: Panela Elétrica	Tempo de uso: 0.583 horas	Consumo:0.350 kWh
Equipamento: Forno Microondas	Tempo de uso: 0.083 horas	Consumo:0.075 kWh
Equipamento: Ferro Elétrico	Tempo de uso: 0.583 horas	Consumo:0.583 kWh
Equipamento: Forno Elétrico	Tempo de uso: 1.000 horas	Consumo:0.620 kWh
Equipamento: Chuveiro Elétrico	Tempo de uso: 0.167 horas	Consumo:0.667 kWh
Equipamento: Chuveiro Elétrico	Tempo de uso: 0.167 horas	Consumo:0.667 kWh
Equipamento: Chuveiro Elétrico	Tempo de uso: 0.083 horas	Consumo:0.333 kWh
Equipamento: Chuveiro Elétrico	Tempo de uso: 0.133 horas	Consumo:0.533 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 5.000 horas	Consumo:0.050 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 1.500 horas	Consumo:0.015 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 0.333 horas	Consumo:0.003 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 0.500 horas	Consumo:0.005 kWh
Equipamento: Sanduicheira	Tempo de uso: 0.083 horas	Consumo:0.067 kWh
Equipamento: Geladeira Dupla	Tempo de uso: 23.983 horas	Consumo:5.996 kWh
Equipamento: Freezer	Tempo de uso: 23.983 horas	Consumo:3.598 kWh
Consumo Mensal: 476.6 kWh		
Valor mensal Tarifa Convencional: R\$260.99 reais		
Valor mensal Tarifa Branca: R\$252.86 reais		
O percentual de Economia é de 3.1%		

Fonte: RAVAZI, 2019

Na simulação desenvolvida pela autora do trabalho tomado como referência, não há a separação dos consumos nos postos tarifários de ponta, intermediário e fora ponta, sendo apresentado apenas o consumo diário total de cada equipamento e seus respectivos tempos de uso.

Para a comparação dos resultados, foram utilizados os valores apresentados na planilha “Consumo por Carga”, presente no arquivo final gerado na análise do programa. Para facilitar a visualização, serão apresentados somente os valores relativos aos dias úteis, uma vez que os demais dias possuem as mesmas características, sendo a única diferença a ausência de consumo nos postos intermediários e ponta. Como não é possível verificar os consumos separadamente nos postos tarifários, foram ocultadas as colunas de horas de utilização e consumo dos respectivos horários, mantendo apenas os resultados totais. Os resultados para comparação são exibidos na Figura 50.

Figura 50: Resultados da planilha "Consumo por Carga"

Carga	Potência (kW)	Utilização Diária	Consumo Diário (kWh)
		Total - H	Total - C
Lâmpada LED 1 - DU	0,01	1,166666667	0,011666667
Microondas 1 - DU	0,9	1,083333333	0,975
Lâmpada LED 2 - DU	0,01	1	0,01
Máquina lava-roupas - DU	0,5	1,5	0,75
Aspirador de pó - DU	0,3	0,25	0,075
Televisor - DU	0,15	2,333333333	0,35
Depurador de ar - DU	0,23	0,666666667	0,153333333
Panela Elétrica - DU	0,6	0,583333333	0,35
Microondas 2 - DU	0,9	0,083333333	0,075
Ferro elétrico - DU	1	0,583333333	0,583333333
Forno elétrico - DU	0,62	1	0,62
Chuveiro elétrico 1 - DU	4	0,166666667	0,666666667
Chuveiro elétrico 2 - DU	4	0,166666667	0,666666667
Chuveiro elétrico 3 - DU	4	0,083333333	0,333333333
Chuveiro elétrico 4 - DU	4	0,133333333	0,533333333
Lâmpada LED 3 - DU	0,01	5	0,05
Lâmpada LED 4 - DU	0,01	1,5	0,015
Lâmpada LED 5 - DU	0,01	0,333333333	0,003333333
Lâmpada LED 6 - DU	0,01	0,5	0,005
Sanduicheira - DU	0,8	0,083333333	0,066666667
Geladeira Duplex - DU	0,25	23,98333333	5,995833333
Freezer - DU	0,15	23,98333333	3,5975

Fonte: Próprio autor

Comparando os resultados das duas simulações, é possível identificar que as diferenças encontradas são somente devidas ao arredondamento de valores.

Em sequência, o próximo elemento a ser comparado são os resultados do consumo mensal calculado e dos valores mensais para as respectivas modalidades tarifárias. As figuras 51 e 52 mostram os resultados mensais gerados pela aplicação para a modalidade convencional e para a modalidade horária branca, respectivamente.

Figura 51: Resultado mensal para modalidade tarifária convencional

Total Mensal		
Consumo	476,59 kWh	R\$ 260,98

Fonte: Próprio autor

Figura 52: Resultado mensal para modalidade tarifária horária branca

Total Mensal		
Consumo FP	399,64 kWh	R\$ 189,66
Consumo I	49,72 kWh	R\$ 31,94
Consumo P	27,23 kWh	R\$ 26,88
Total	476,59 kWh	R\$ 248,47

Fonte: Próprio autor

A partir desses resultados, foi feita a comparação dos valores calculados na simulação com os obtidos no trabalho de referência. A Tabela 1 ilustra os valores e as diferenças encontradas.

Tabela 1: Comparação de resultados para análise de cargas de unidade consumidora do grupo B

	Convencional		Branca	
	Consumo (kWh)	Custo (R\$)	Consumo (kWh)	Custo (R\$)
Referência	476,59	260,99	476,59	252,86
<i>Software</i>	476,60	260,98	476,60	248,47
Diferença	0,01	0,01	0,01	4,39
Diferença (%)	0,00	0,00	0,00	1,74

Fonte: Próprio autor

Primeiramente, é possível verificar que o consumo total mensal calculado na simulação está de acordo com o valor de referência, diferindo apenas devido a arredondamentos. Da mesma forma se dá o custo total mensal associado à modalidade tarifária convencional.

O resultado do custo da modalidade tarifária horária branca, por sua vez, apresenta uma diferença de R\$ 4,39. Essa diferença possivelmente está associada aos arredondamentos aplicados na simulação de referência juntamente com a possível consideração dos minutos de transição entre postos tarifários de forma diferente da implementada no *software* desenvolvido para este trabalho de conclusão de curso.

4.2. Análise por Cargas – Grupo A

O trabalho usado como referência no estudo de caso da análise por cargas para uma unidade do grupo A foi a “Análise Tarifária de Estabelecimentos Prisionais do Grupo A4” (SCHAEDLER, 2017).

Esse documento contém análises de consumo e demanda de diferentes estabelecimentos prisionais, sendo uma das análises voltada para o estudo de viabilidade da implementação de um sistema fotovoltaico de geração de energia. No estudo em questão, o autor faz um levantamento do consumo médio por hora na instalação para cada mês do ano analisado. Como o objetivo principal desse caso é voltado para geração de energia, não houve análise da demanda da unidade, somente dos valores de consumo nos postos ponta e fora ponta.

A validação do programa então contará com os dados para o mês de janeiro, que serão inseridos para a análise e posteriormente comparados com os resultados mensais de consumo medidos pelo autor para o trabalho. A Tabela 2 apresenta os dados do trabalho de referência para o mês de janeiro.

Tabela 2: Potência média para cada hora do dia

Hora	Potência (kW)
00:00	91
01:00	88
02:00	87
03:00	88
04:00	99
05:00	110
06:00	120
07:00	141
08:00	92
09:00	90
10:00	107
11:00	99
12:00	114
13:00	84
14:00	75
15:00	108
16:00	110
17:00	112
18:00	114
19:00	127
20:00	143
21:00	126
22:00	107
23:00	98

Fonte: SCHAEGLER, 2017

Para a inserção dos dados no *software*, foram enumeradas cargas de 1 a 24 e separadas para dias úteis, sábados e domingos, mantendo os valores de potência. A Figura 53 ilustra parte da planilha com as cargas aplicadas para a análise.

Figura 53: Planilha de cargas para análise por cargas de unidade do grupo A

Carga	Potência (kW)	FP	FP - Tipo	Quantidade	Início	Fim	Dias de Uso
Carga 1 - DU	91	1	Indutivo	1	00:00	01:00	Dias Úteis
Carga 2 - DU	88	1	Indutivo	1	01:00	02:00	Dias Úteis
Carga 3 - DU	87	1	Indutivo	1	02:00	03:00	Dias Úteis
Carga 4 - DU	88	1	Indutivo	1	03:00	04:00	Dias Úteis
Carga 5 - DU	99	1	Indutivo	1	04:00	05:00	Dias Úteis
Carga 6 - DU	110	1	Indutivo	1	05:00	06:00	Dias Úteis
Carga 7 - DU	120	1	Indutivo	1	06:00	07:00	Dias Úteis
Carga 8 - DU	141	1	Indutivo	1	07:00	08:00	Dias Úteis
Carga 9 - DU	92	1	Indutivo	1	08:00	09:00	Dias Úteis
Carga 10 - DU	90	1	Indutivo	1	09:00	10:00	Dias Úteis
Carga 11 - DU	107	1	Indutivo	1	10:00	11:00	Dias Úteis
Carga 12 - DU	99	1	Indutivo	1	11:00	12:00	Dias Úteis
Carga 13 - DU	114	1	Indutivo	1	12:00	13:00	Dias Úteis
Carga 14 - DU	84	1	Indutivo	1	13:00	14:00	Dias Úteis
Carga 15 - DU	75	1	Indutivo	1	14:00	15:00	Dias Úteis
Carga 16 - DU	108	1	Indutivo	1	15:00	16:00	Dias Úteis
Carga 17 - DU	110	1	Indutivo	1	16:00	17:00	Dias Úteis
Carga 18 - DU	112	1	Indutivo	1	17:00	18:00	Dias Úteis
Carga 19 - DU	114	1	Indutivo	1	18:00	19:00	Dias Úteis
Carga 20 - DU	127	1	Indutivo	1	19:00	20:00	Dias Úteis
Carga 21 - DU	143	1	Indutivo	1	20:00	21:00	Dias Úteis
Carga 22 - DU	126	1	Indutivo	1	21:00	22:00	Dias Úteis
Carga 23 - DU	107	1	Indutivo	1	22:00	23:00	Dias Úteis
Carga 24 - DU	98	1	Indutivo	1	23:00	24:00	Dias Úteis
Carga 1 - S	91	1	Indutivo	1	00:00	01:00	Sábados
Carga 2 - S	88	1	Indutivo	1	01:00	02:00	Sábados
Carga 3 - S	87	1	Indutivo	1	02:00	03:00	Sábados
Carga 4 - S	88	1	Indutivo	1	03:00	04:00	Sábados
Carga 5 - S	99	1	Indutivo	1	04:00	05:00	Sábados
Carga 6 - S	110	1	Indutivo	1	05:00	06:00	Sábados
Carga 7 - S	120	1	Indutivo	1	06:00	07:00	Sábados

Fonte: Próprio autor

Os valores de tarifa aplicados foram de 0,35308 R\$/kWh para consumo no posto tarifário ponta e de 0,2374 R\$/kWh para consumo no posto tarifário fora ponta. O período de ponta estipulado foi das 18 horas às 21 horas.

A Tabela 3 apresenta os resultados de consumo e custo de energia mensal por posto tarifário para o mês de janeiro.

As diferenças encontradas nos resultados se devem ao fato de os valores de potência por hora aplicados na análise serem uma média dos valores registrados ao longo do mês, enquanto os valores de consumo nos postos ponta e fora ponta foram medidos e representam um valor real. Como os consumos diários na unidade não são uniformes, os valores calculados pelo programa somente poderão ser utilizados como estimativas, que serão mais confiáveis conforme a uniformidade do perfil de consumo diário da instalação.

Tabela 3: Comparação de resultados para análise por carga de consumidor do grupo A

	Ponta		Fora Ponta	
	Consumo (kWh)	Custo (R\$)	Consumo (kWh)	Custo (R\$)
Referência	8.311,22	2.934,53	66.239,06	15.725,15
Software	8.448,00	2.982,82	67.452,00	16.013,10
Diferença	136,78	48,29	1.212,94	287,95
Diferença (%)	1,65		2,41	

Fonte: Próprio autor

4.3. Análise por Cargas – Elementos Reativos

Para validar os resultados gerados na parte da análise de excedente de energia reativa no método de análise por cargas, foi usado como referência um exercício resolvido do livro Instalações Elétricas Industriais (MAMEDE FILHO, 2023).

No modelo, são apresentados os valores de demanda, consumo de energia ativa, energia reativa medida (indutiva e capacitiva) e os valores calculados para a demanda excedente e os custos referentes a excedente de energia reativa para cada intervalo de uma hora do dia. Foram considerados os valores tarifários de R\$ 7,20/kW para demanda no posto fora ponta na modalidade tarifária azul e de R\$ 0,524949/kWh para a tarifa de consumo de energia TE do subgrupo B1 para a atividade constante da empresa em 22 dias úteis no mês, com período de ponta das 17 às 20 horas. A unidade consumidora do exemplo é enquadrada na modalidade tarifária azul, com os valores de demanda contratada fora ponta e ponta de 2300 kW e 210 kW, respectivamente.

Na Tabela 4 são replicados os dados do exercício.

Tabela 4: Dados do exercício de referência

Período	Valores medidos					Valores Calculados		
	Demanda	Consumo	Energia reativa		Fator de Potência	Tipo de Fator de Potência	Faturamento excedente	
	Valores ativos		Indutiva	Capacitiva			Demanda	Consumo
	kW	kWh	kVArh				kW	R\$
0-1	150	150	-	430	0,33	C	418	140,78
1-2	130	130	-	430	0,29	C	412	148,25
2-3	130	130	-	430	0,29	C	412	148,25
3-4	140	140	-	40	0,96	C	134	0,00
4-5	130	130	-	42	0,95	C	126	0,00

Período	Valores medidos					Valores Calculados		
	Demanda	Consumo	Energia reativa		Fator de Potência	Tipo de Fator de Potência	Faturamento excedente	
	Valores ativos		Indutiva	Capacitiva			Demanda	Consumo
	kW	kWh	kVArh				kW	R\$
5-6	150	150	-	43	0,96	C	144	0,00
6-7	1000	1000	1100	-	0,67	I	1373	195,88
7-8	1700	1700	890	-	0,88	I	1777	40,56
8-9	2000	2000	915	-	0,90	I	2044	23,33
9-10	2300	2300	830	-	0,94	I	2251	0,00
10-11	1800	1800	850	-	0,90	I	1840	21,00
11-12	1900	1900	980	-	0,88	I	1986	45,34
12-13	800	800	-	1500	0,47	C	1566	0,00
13-14	700	700	-	1500	0,42	C	1533	0,00
14-15	2100	2100	1000	-	0,90	I	2147	24,50
15-16	2200	2200	1100	-	0,91	I	2224	12,69
16-17	2100	2100	1150	-	0,93	I	2077	0,00
17-18	200	200	120	-	0,85	I	216	8,65
18-19	180	180	70	-	0,93	I	178	0,00
19-20	200	200	90	-	0,91	I	202	1,15
20-21	2000	2000	970	-	0,89	I	2067	35,39
21-22	2000	2000	1050	-	0,88	I	2091	45,72
22-23	1200	1200	870	-	0,90	I	1380	94,49
23-24	150	150	-	430	0,33	C	418	140,78

Fonte: MAMEDE FILHO, 2023

Antes de apresentar os resultados do estudo, é importante evidenciar que existem algumas particularidades e inconsistências no exemplo apresentado. Os valores da coluna “Energia reativa” foram arredondados para números múltiplos de 10. Em algumas linhas da tabela, o valor da energia reativa calculada não está de acordo com a equação (10), como por exemplo no período de 7-8, em que é mostrada uma energia reativa de 890 kVArh. Com base na fórmula, deveria resultar em 917,56 kVArh. Além disso, no período de 22-23 é calculado um valor de 1370 kW de demanda excedente, que deveria resultar em 1226,67 kW, de acordo com a parte da equação (9) aplicada ao cálculo ($DAM_T \times \frac{f_R}{f_T}$). Em sequência, no período de 21-22, o valor calculado na coluna de “Faturamento excedente – Consumo” não está de acordo com a equação (8), oferecendo um resultado inferior ao esperado em R\$ 2,00. Por fim, ao calcular o faturamento da demanda de potência reativa excedente no horário de ponta, foi considerado um valor de R\$ 4,36/kW, porém o valor correto seria de R\$ 7,2/kW.

A Tabela 5 apresenta a comparação dos resultados do exercício, considerando as correções dos erros pontuados no parágrafo anterior, com os resultados obtidos a partir da análise do programa.

Tabela 5: Comparação de resultados de faturamento de excedente de energia reativa

	Faturamento de energia reativa excedente (R\$)	Faturamento de demanda de potência reativa excedente (R\$)	
		Fora Ponta	Ponta
	-		
Referência	23.061,97	0,00	46,59
Software	23.062,06	0,00	118,59
Diferença	0,09	0,00	72,00
Diferença (%)	0,00	0,00	39,29

Fonte: Próprio autor

A grande diferença encontrada nos valores de faturamento de demanda de potência reativa excedente se deve ao funcionamento do programa, que não considera um valor de demanda contratada, aplicando à fórmula o maior valor de demanda registrada. No caso desse estudo, o valor adotado pelo *software* foi de 200 kW, enquanto o exercício utilizou 210 kW. As demais diferenças observadas no faturamento de energia reativa excedente se devem aos arredondamentos realizados no exemplo de referência.

4.4. Análise por Fatura com Preenchimento Manual – Grupo A

Para a validação do método de análise por fatura, foi usado como referência o artigo “Desenvolvimento de Software Baseado em Algoritmo Genético para Determinar a Demanda de Potência de Clientes do grupo A” (JULIANI et al., 2023), em que foi desenvolvido um *software* com objetivo de realizar a otimização da demanda de potência contratada de maneira rápida e eficaz através da implementação de um algoritmo genético.

No decorrer do artigo, os autores apresentam um exemplo de uma simulação realizada pelo sistema desenvolvido, em que são dispostos os dados de demanda e consumo nos postos tarifários ponta e fora ponta. Na Figura 54 são mostradas as informações de demanda medida, contratada e consumo aplicadas na simulação, enquanto na Figura 55 são apresentados os resultados da simulação.

Figura 54: Dados aplicados na simulação do modelo de referência

Valores de Demanda Medidos				Valores de Consumo Medidos			
Demanda Medida Fora da Ponta		Demanda Medida na Ponta		Consumo Fora da Ponta (kWh)		Consumo na Ponta (kWh)	
Janeiro	518.4 kW	Janeiro	440.06 kW	Janeiro	193190 kWh	Janeiro	21144 kWh
Fevereiro	487.3 kW	Fevereiro	379.01 kW	Fevereiro	150571 kWh	Fevereiro	15365 kWh
Março	512.64 kW	Março	407.81 kW	Março	194560 kWh	Março	19987 kWh
Abril	483.84 kW	Abril	393.98 kW	Abril	165724 kWh	Abril	16850 kWh
Mai	373.25 kW	Mai	306.43 kW	Mai	129496 kWh	Mai	12577 kWh
Junho	334.08 kW	Junho	289.15 kW	Junho	119753 kWh	Junho	9786 kWh
Julho	278.78 kW	Julho	235.01 kW	Julho	108335 kWh	Julho	11324 kWh
Agosto	298.37 kW	Agosto	246.53 kW	Agosto	118815 kWh	Agosto	13161 kWh
Setembro	288 kW	Setembro	238.46 kW	Setembro	116139 kWh	Setembro	11790 kWh
Outubro	305.28 kW	Outubro	266.11 kW	Outubro	124767 kWh	Outubro	12927 kWh
Novembro	288 kW	Novembro	256.9 kW	Novembro	117437 kWh	Novembro	12652 kWh
Dezembro	430.85 kW	Dezembro	349.06 kW	Dezembro	117683 kWh	Dezembro	11758 kWh

Selecionar Concessionária		Tarifas (R\$)	
Estado	RS	<input type="radio"/> Planilha Excel	<input checked="" type="radio"/> Banco de Dados ANEEL
Concessionária	RGE	<input type="button" value="Importar Tarifas"/>	É sugerido que os valores de tarifa sejam verificados em:
Sigla	RGE	https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/basestarifas	
Situação Atual		Demanda Fora da Ponta (R\$/kW):	<input type="text"/>
<input checked="" type="radio"/> Verde	<input type="radio"/> Azul	Multa Fora da Ponta (R\$/kW):	<input type="text"/>
Demanda Contratada Fora da Ponta:	400 kW	Demanda na Ponta (R\$/kW):	<input type="text"/>
Demanda Contratada na Ponta:	0 kW	Multa na Ponta (R\$/kW):	<input type="text"/>
Custo Anual:	R\$ 1359899.77	Consumo Fora da Ponta (R\$/kWh):	<input type="text"/>
		Consumo na Ponta Verde (R\$/kWh):	<input type="text"/>
		Consumo na Ponta Azul (R\$/kWh):	<input type="text"/>

Fonte: JULIANI et al., 2023

Figura 55: Resultados da simulação do modelo de referência

Resultados	
Modalidade Sugerida:	Verde
Demanda Fora da Ponta Sugerida:	465 kW
Demanda na Ponta Sugerida:	- kW
Custo Total Verde:	R\$ 1.352.838,83
Custo Total Azul:	R\$ 1.394.834,8
Economia Total:	R\$ 7.060,95

Fonte: JULIANI et al., 2023

Os dados foram então transcritos para a planilha Excel de modelo para o método de preenchimento manual da análise. A Figura 56 mostra os dados inseridos na planilha modelo, que será lida pelo programa.

Figura 56: Dados inseridos na planilha modelo para análise

Mês	Demanda Registrada na Ponta	Demanda Registrada Fora Ponta	Consumo na Ponta	Consumo Fora Ponta	Consumo no Horário Reservado	UFER	UFER Horário Reservado	DMCR
DEZ/23	349,06 kW	430,85 kW	11.758,00 kWh	117.683,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kVarh	0,00 kVarh	0,00 kW
	256,90 kW	288,00 kW	12.652,00 kWh	117.437,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kVarh	0,00 kVarh	0,00 kW
	266,11 kW	305,28 kW	12.927,00 kWh	124.767,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kVarh	0,00 kVarh	0,00 kW
	238,46 kW	288,00 kW	11.790,00 kWh	116.139,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kVarh	0,00 kVarh	0,00 kW
	246,53 kW	298,37 kW	13.161,00 kWh	118.815,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kVarh	0,00 kVarh	0,00 kW
	235,01 kW	278,78 kW	11.324,00 kWh	108.335,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kVarh	0,00 kVarh	0,00 kW
	289,15 kW	334,08 kW	9.786,00 kWh	119.753,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kVarh	0,00 kVarh	0,00 kW
	306,43 kW	373,25 kW	12.577,00 kWh	129.496,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kVarh	0,00 kVarh	0,00 kW
	393,98 kW	483,84 kW	16.850,00 kWh	165.724,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kVarh	0,00 kVarh	0,00 kW
	407,81 kW	512,64 kW	19.987,00 kWh	194.560,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kVarh	0,00 kVarh	0,00 kW
	379,01 kW	487,30 kW	15.365,00 kWh	150.571,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kVarh	0,00 kVarh	0,00 kW
	440,06 kW	518,40 kW	21.144,00 kWh	193.190,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kVarh	0,00 kVarh	0,00 kW

Fonte: Próprio autor

Após a submissão dos dados ao programa e geração do arquivo de resultados, foi possível comparar os valores obtidos. Na Figura 57 e Figura 58 são mostrados os resultados calculados na simulação do programa.

Figura 57: Resultados da simulação por fatura

Demanda Contratada Atual	Custo Anual
400,00 kW	Verde R\$ 1.393.180,50
	Azul R\$ 1.450.020,24
Demanda Contratada Recomendada	
465,00 kW	

Fonte: Próprio autor

Figura 58: Demanda contratada ideal e economia anual estimada

Demanda Contratada Recomendada	Economia Estimada
465,00 kW	R\$ 5.616,86

Fonte: Próprio autor

Devido à ausência de informações das tarifas aplicadas no modelo de referência, não foi possível validar a economia estimada pela análise. Os valores de tarifa aplicados para o estudo desse caso são apresentados na Figura 59.

Figura 59: Tarifas aplicadas para o estudo de caso para a análise por fatura

Verde		
Tipo	Horário	Valor
Consumo	Fora Ponta	0,466663
Consumo	Ponta	2,538583
Demanda	-	32,127528

Azul		
Tipo	Horário	Valor
Consumo	Fora Ponta	0,466663
Consumo	Ponta	0,660982
Demanda	Fora Ponta	32,127528
Demanda	Ponta	77,516261

Fonte: Próprio autor

Tanto a recomendação da modalidade tarifária quanto o valor encontrado para a demanda contratada ideal corresponderam aos resultados da simulação de referência. A Tabela 6 apresenta os resultados que puderam ser comparados nessa análise.

Tabela 6: Comparação de resultados para análise por fatura de energia

	Modalidade Tarifária Sugerida	Demanda Sugerida (kW)	
		Fora Ponta	Ponta
Referência	Verde	465	-
Software	Verde	465	-
Diferença	-	0,00	0,00
Diferença (%)	-	0,00%	0,00%

Fonte: Próprio autor

4.5. Análise por Fatura com Preenchimento Automático – Grupo A

Com intuito de avaliar o funcionamento da ferramenta de preenchimento automático dos dados para a análise por fatura de um consumidor do grupo A, foi realizada a análise de uma unidade consumidora da Universidade Federal de Goiás de dezembro de 2023. Uma vez que a instalação estudada é abastecida pela distribuidora de energia Equatorial Energia Goiás, é

possível utilizar o método de preenchimento de dados automático, pois o programa está adequado para o formato da fatura dessa distribuidora.

Os valores das tarifas aplicadas para o estudo foram definidos a partir da própria fatura estudada e de dados retirados da Resolução Homologatória N° 3.279, de 17 de outubro de 2023 (ANEEL, 2023), em que são detalhados os valores das tarifas desconsiderados os encargos tributários. A Figura 60 mostra os dados tarifários aplicados à simulação.

Figura 60: Tarifas aplicadas para a análise da fatura da UFG

Verde		
Tipo	Horário	Valor
Consumo	Fora Ponta	0,466663
Consumo	Ponta	2,538583
Demanda	-	32,127528

Azul		
Tipo	Horário	Valor
Consumo	Fora Ponta	0,466663
Consumo	Ponta	0,660982
Demanda	Fora Ponta	32,127528
Demanda	Ponta	77,516261

Reativo (TE Subgrupo B1)		
Tipo	Horário	Valor
Reativo	-	0,35967

Fonte: Próprio autor

Para realizar a análise por fatura no *software*, foi necessário inserir o valor da demanda contratada vigente na época para a unidade consumidora. Observando a Figura 61, é possível identificar que a instalação analisada se encontra enquadrada na modalidade tarifária verde, uma vez que possui apenas um valor de demanda contratada exposto na fatura de energia.

Figura 63: 1ª metade dos dados coletados e calculados pelo programa

Mês	Demanda Registrada na Ponta	Demanda Registrada Fora Ponta	Custo da Demanda	Demanda Não Utilizada	Custo com Demanda Não Utilizada	Ultrapassagem Registrada	Custo da Ultrapassagem
JAN/23	141,04 kW	203,69 kW	R\$ 6.543,99	6,31 kW	R\$ 202,79	0,00 kW	R\$ 0,00
FEV/23	120,05 kW	194,83 kW	R\$ 6.259,47	15,17 kW	R\$ 487,31	0,00 kW	R\$ 0,00
MAR/23	180,40 kW	238,46 kW	R\$ 7.661,00	0,00 kW	R\$ 0,00	28,46 kW	R\$ 1.828,44
ABR/23	131,53 kW	226,32 kW	R\$ 7.271,10	0,00 kW	R\$ 0,00	16,32 kW	R\$ 1.048,64
MAI/23	151,54 kW	250,92 kW	R\$ 8.061,44	0,00 kW	R\$ 0,00	40,92 kW	R\$ 2.629,32
JUN/23	134,48 kW	199,42 kW	R\$ 6.407,00	10,58 kW	R\$ 339,78	0,00 kW	R\$ 0,00
JUL/23	106,60 kW	171,22 kW	R\$ 5.500,75	38,78 kW	R\$ 1.246,03	0,00 kW	R\$ 0,00
AGO/23	102,01 kW	220,42 kW	R\$ 7.081,42	0,00 kW	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00
SET/23	148,58 kW	230,58 kW	R\$ 7.408,09	0,00 kW	R\$ 0,00	20,58 kW	R\$ 1.322,63
OUT/23	198,11 kW	378,18 kW	R\$ 12.150,12	0,00 kW	R\$ 0,00	168,18 kW	R\$ 10.806,67
NOV/23	208,94 kW	336,20 kW	R\$ 10.801,27	0,00 kW	R\$ 0,00	126,20 kW	R\$ 8.108,99
DEZ/23	133,50 kW	247,31 kW	R\$ 7.945,52	0,00 kW	R\$ 0,00	37,31 kW	R\$ 2.397,48
Total	-	-	R\$ 93.091,18	-	R\$ 2.275,91	-	R\$ 28.142,17

Fonte: Próprio autor

Figura 64: 2ª metade dos dados coletados e calculados pelo programa

Mês	Consumo na Ponta	Custo do Consumo na Ponta	Consumo Fora Ponta	Custo do Consumo Fora Ponta	UFER	Custo da UFER	DMCR	Custo da DMCR
JAN/23	5.604,61 kWh	R\$ 14.227,77	59.925,60 kWh	R\$ 27.965,06	0,00 kVarh	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00
FEV/23	5.214,95 kWh	R\$ 13.238,58	56.891,60 kWh	R\$ 26.549,20	0,00 kVarh	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00
MAR/23	5.381,41 kWh	R\$ 13.661,16	59.720,60 kWh	R\$ 27.869,39	0,00 kVarh	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00
ABR/23	5.983,04 kWh	R\$ 15.188,44	66.534,80 kWh	R\$ 31.049,33	0,00 kVarh	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00
MAI/23	4.835,62 kWh	R\$ 12.275,62	64.165,00 kWh	R\$ 29.943,43	0,00 kVarh	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00
JUN/23	6.001,66 kWh	R\$ 15.235,71	62.221,60 kWh	R\$ 29.036,52	0,00 kVarh	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00
JUL/23	4.797,49 kWh	R\$ 12.178,83	51.996,20 kWh	R\$ 24.264,70	0,00 kVarh	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00
AGO/23	4.743,20 kWh	R\$ 12.041,01	53.939,60 kWh	R\$ 25.171,62	0,00 kVarh	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00
SET/23	6.809,69 kWh	R\$ 17.286,96	72.086,20 kWh	R\$ 33.639,96	0,00 kVarh	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00
OUT/23	7.476,02 kWh	R\$ 18.978,50	87.920,40 kWh	R\$ 41.029,20	0,00 kVarh	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00
NOV/23	8.194,34 kWh	R\$ 20.802,01	93.578,40 kWh	R\$ 43.669,58	0,00 kVarh	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00
DEZ/23	7.818,37 kWh	R\$ 19.847,58	93.184,80 kWh	R\$ 43.485,90	0,00 kVarh	R\$ 0,00	0,00 kW	R\$ 0,00
Total	72.860,40 kWh	R\$ 184.962,17	822.164,80 kWh	R\$ 383.673,89	0,00 kVarh	R\$ 0,00	-	R\$ 0,00

Fonte: Próprio autor

Os valores de demanda e consumo apresentados nas imagens referentes ao programa foram extraídos da fatura de energia, enquanto os valores de custos, mostrados em reais, foram calculados a partir das informações tarifárias inseridas para a análise.

Primeiramente, é possível identificar que os meses e anos expostos na planilha gerada pelo programa estão de acordo com os dispostos na fatura de energia, sendo a única diferença a sua ordem.

Os valores de demanda na ponta estão corretos, sendo a única diferença a exibição das casas decimais, pois na planilha são mostradas apenas duas, ainda que o valor efetivamente registrado e aplicado aos cálculos contenha a mesma quantidade de casas decimais que os valores de referência.

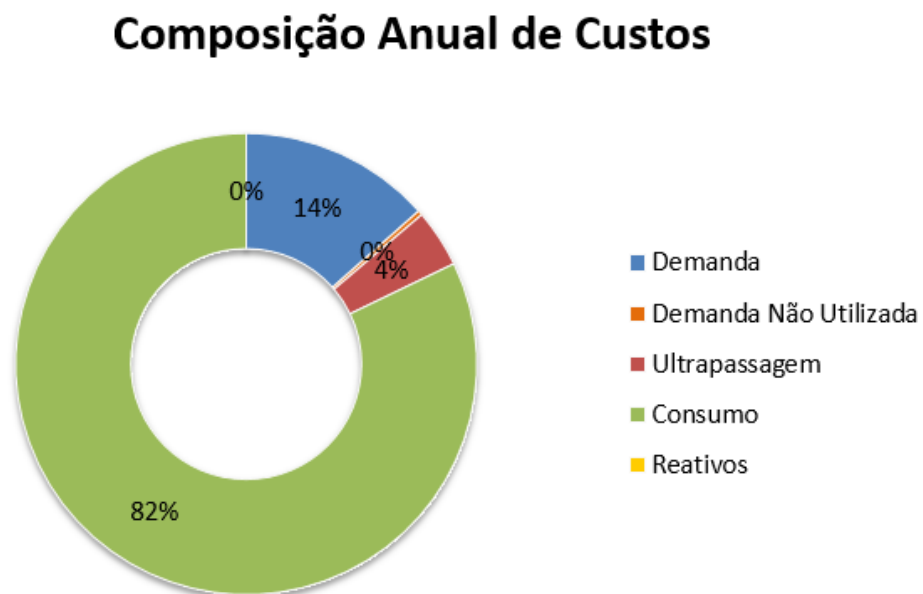
Os valores referentes à demanda fora ponta também estão corretos. Não é possível verificar a questão da demanda não utilizada e ultrapassagem de forma direta, mas, ao considerar que o valor da demanda contratada se manteve constante nos 12 meses contemplados na análise, é possível calcular esses valores e validá-los.

O consumo na ponta pode ser diretamente comparado e validado, enquanto para verificar o consumo fora ponta é necessário somar os valores de consumo da coluna “Fora Ponta” presente sob o rótulo “Consumo Faturado” com os valores da coluna “Consumo” sob o rótulo “Horário Reservado” da tabela de referência. Realizando essa operação, é possível comparar os resultados dos respectivos meses e averiguar a coerência dos valores.

Após essa verificação, é possível confirmar que o programa é capaz de coletar os dados da fatura de forma adequada. Elementos que poderiam afetar essa coleta estão relacionados à formatação e disposição dos dados na fatura de energia, o que justifica a atual incapacidade do programa de realizar o preenchimento automático com base em faturas de outras distribuidoras de energia.

Em sequência, são analisados os gráficos gerados referentes ao perfil atual da unidade consumidora. A Figura 65 mostra o gráfico de composição anual de custos da unidade no período estudado.

Figura 65: Gráfico da composição anual de custos de uma unidade consumidora da UFG

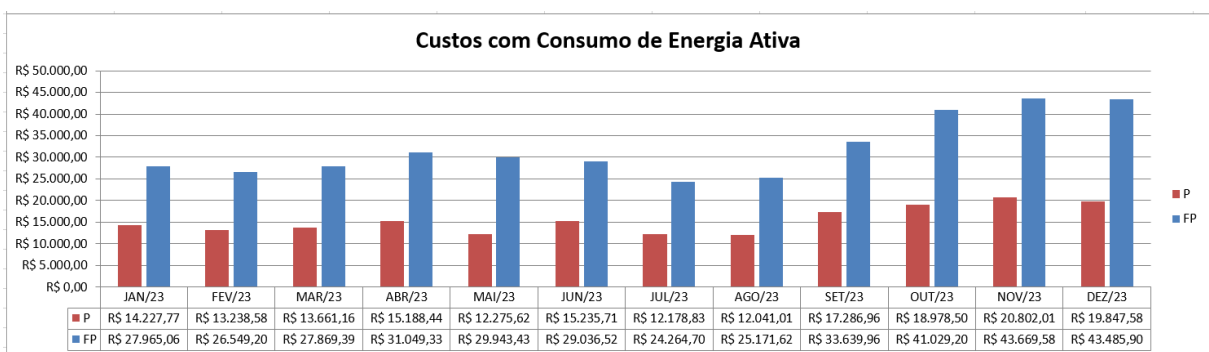


Fonte: Próprio autor

O gráfico da Figura 65 indica que os custos relativos ao excedente de energia reativa e a demanda não utilizada são inferiores a 1% do total estimado, além de haver uma parcela dos custos que está ligada à ultrapassagem de demanda. Interpretando os dados da tabela presente na fatura, é possível identificar que essas informações são coerentes, pois não houve registro de reativos excedentes no período estudado, apenas 4 meses apresentaram um valor de demanda registrada levemente inferior à contratada e os demais meses possuíram demandas registradas superiores à contratada. Dessa forma, para a utilização desse gráfico em um relatório de análise tarifária, seria interessante rearranjar os rótulos e remover o elemento “Reativos” para permitir uma melhor leitura.

As despesas estimadas com o consumo de energia ativa nos horários de ponta e fora de ponta são dispostas no gráfico “Custos com Consumo de Energia Ativa”, apresentado na Figura 66.

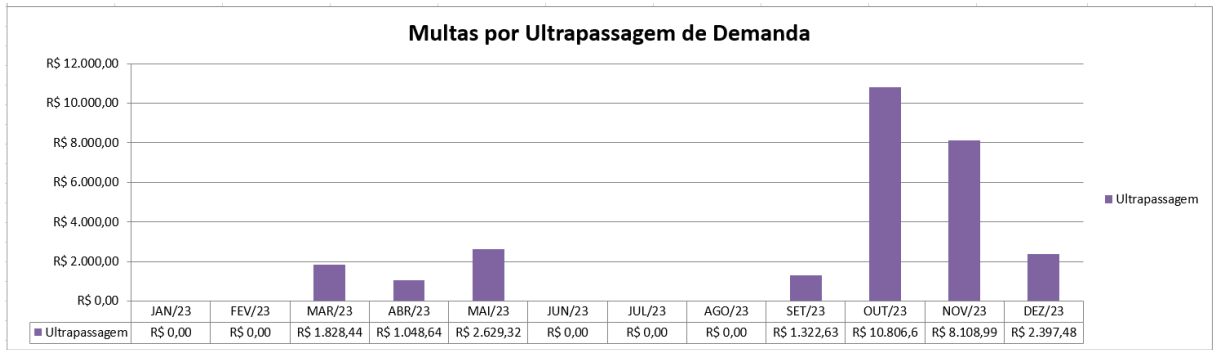
Figura 66: Gráfico de custos com consumo de energia ativa de uma unidade consumidora da UFG



Fonte: Próprio autor

No gráfico de multas por ultrapassagem de demanda, apresentado na Figura 67, são destacados os meses em que a unidade apresentou valores de demanda registrada superiores a 5% do limite de tolerância sobre a demanda contratada.

Figura 67: Gráfico de multas por ultrapassagem de demanda de uma unidade consumidora da UFG



Fonte: Próprio autor

Por não ter ocorrido registro de excedente de energia reativa na unidade durante o período estudado, o gráfico de custos com reativos ficou em branco, como mostra a Figura 68.

Figura 68: Gráfico de custos com reativos de uma unidade consumidora da UFG

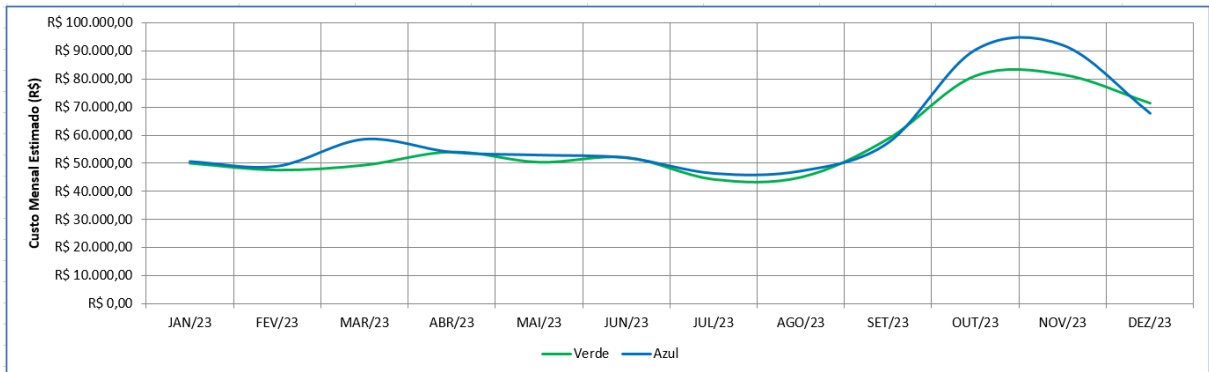


Fonte: Próprio autor

Partindo para a planilha seguinte, que contém os resultados da análise comparativa entre a modalidade verde e a azul para os valores de demanda contratada ideais para o perfil de consumo da unidade, são interpretadas as demais informações geradas pela simulação.

O gráfico exibido na Figura 69 demonstra os custos estimados associados à cada modalidade tarifária (verde e azul) para o perfil de consumo e demanda da unidade consumidora, ao longo de 12 meses. No gráfico é possível identificar que há uma predominância da curva verde na parte inferior, que é mais acentuada nos meses de outubro e novembro. Essa característica da curva representa um menor custo associado à modalidade tarifária verde para a unidade consumidora. Nos meses de outubro e novembro, a disparidade entre as modalidades se dá devido à alta demanda registrada nesses meses, que acarreta um custo de ultrapassagem de demanda, que é mais significativo na modalidade azul.

Figura 69: Gráfico de comparativo de custos entre modalidades verde e azul para uma unidade consumidora da UFG



Fonte: Próprio autor

Além do gráfico detalhado acima, na planilha “Comparativo” são apresentados os resultados da comparação do custo anual entre as duas modalidades tarifárias juntamente com o valor da demanda contratada responsável por retornar o menor custo. Na figura é possível identificar que o menor valor é referente à modalidade tarifária verde, atingido através da demanda contratada de 240 kW.

Figura 70: Resultados do comparativo entre modalidades tarifárias e demanda contratada ideal para uma unidade consumidora da UFG

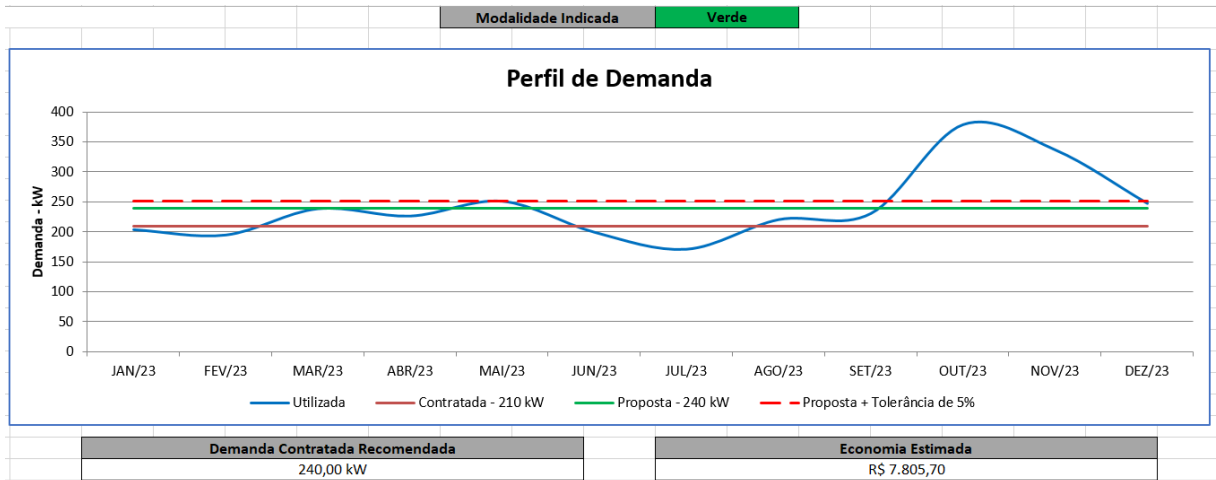
Demanda Contratada Atual		Custo Anual	
210,00 kW		Verde	R\$ 684.339,63
		Azul	R\$ 718.651,23
Demanda Contratada Recomendada			
240,00 kW			

Fonte: Próprio autor

Um dos elementos que pode indicar coerência no valor da demanda contratada recomendada é a média das demandas registradas na unidade no período estudado. Para a instalação em questão, a média das demandas é de 241,46 kW.

Por fim, na planilha “Resultados” são apresentados de forma mais direta e visual os produtos obtidos na simulação. A parte superior da planilha, ilustrada na Figura 71, dispõe a modalidade ideal indicada para o consumidor, os valores da demanda contratada recomendada com a economia estimada associada a ela e o gráfico do perfil de demanda da unidade.

Figura 71: Parte superior da planilha "Resultados" da análise de uma unidade consumidora da UFG

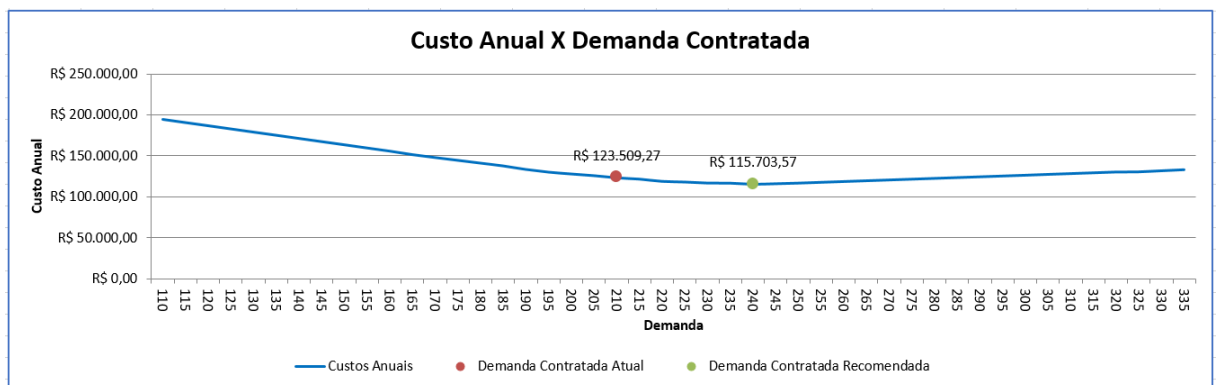


Fonte: Próprio autor

O valor da demanda contratada atual juntamente com a recomendada dispostos no gráfico acima permitem que seja fácil perceber se a demanda contratada anterior estava subdimensionada ou superdimensionada.

Na parte inferior da planilha está inserido o gráfico “Custo Anual X Demanda Contratada”, que permite que o leitor identifique que o valor da demanda recomendada é o que permite a obtenção do menor custo possível para o perfil de consumo e demanda estudado.

Figura 72: Gráfico de Custo Anual X Demanda Contratada para uma unidade consumidora da UFG



Fonte: Próprio autor

4.6. Considerações Finais

Os estudos de caso apresentados nesse capítulo puderam revelar algumas informações importantes sobre o tópico trabalhado. Foi possível verificar que o *software* desenvolvido apresenta resultados satisfatórios, com erros em sua maioria consideravelmente baixos. Os erros mais elevados puderam ser também compreendidos, podendo ser evitados ou tratados em análises futuras.

Para o estudo de caso, realizado com uma unidade consumidora da Universidade Federal de Goiás, foi validada a eficácia do *software* para a atividade de análise tarifária, uma vez que rapidamente gerou resultados coerentes e significativos.

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do *software* para análise de custos de energia elétrica, detalhado neste trabalho, foi motivado pela necessidade de reduzir o trabalho envolvido nas atividades de análise e previsão de custos com eletricidade em unidades consumidoras dos grupos A e B. O *software* aqui tratado buscou, portanto, apresentar um método simplificado e confiável para a realização de análises tarifárias e estudos de consumo de energia.

Os resultados obtidos pelos estudos de caso revelaram que o programa apresenta produtos coerentes e confiáveis dentro do que se propôs inicialmente, mas também mostram que existem particularidades para se atentar durante seu uso devido aos diferentes métodos de abordagem das atividades.

No estudo de caso da análise por cargas para unidade consumidora do grupo B, descrito no item 4.1, é possível identificar uma pequena diferença entre o resultado obtido através do programa e o valor utilizado como referência, que possivelmente decorre da aplicação de algum método de tratamento das cargas minuto a minuto.

Na análise por cargas de uma unidade consumidora do grupo A tratada no item 4.2, por sua vez, foi possível identificar uma questão muito importante para o funcionamento da aplicação. Ao definir valores estimados das potências das cargas e seus respectivos tempos de uso diários para generalizar o consumo mensal da unidade, espera-se que surjam discrepâncias entre os dados obtidos pela medição mensal e os calculados a partir das estimativas diárias. Quanto mais consistente e repetitivo for o perfil de consumo da instalação, mais confiável será o resultado mensal apresentado pela análise do *software*. No modelo estudado, foi possível encontrar

resultados com uma baixa diferença percentual quando comparados com os valores de referência. Todavia, o usuário que for realizar essa análise deve ter uma noção do perfil de consumo da unidade, de modo a poder identificar eventuais inconsistências.

Ainda dentro do contexto da análise por cargas de unidade consumidora do grupo A, o estudo de caso do item 4.3 revela uma limitação da versão atual do programa. O método de análise por cargas, atualmente, não considera os valores de demanda contratada da unidade, uma vez que prevê um perfil de consumo uniforme. Sendo assim, não haveria sentido em possuir uma demanda contratada superior à máxima demanda registrada. Também foi decidido não estabelecer uma demanda contratada inferior à máxima registrada, pois tornaria a instalação mais suscetível às ultrapassagens de demanda, estipulando assim o valor de demanda contratada igual à máxima registrada. Em razão dessa decisão, que se entendeu mais interessante para a proposta do *software*, os cálculos dos custos com demanda ativa e demanda de potência reativa excedente podem apresentar resultados em desacordo com os valores reais, como é observado na Tabela 5.

O estudo de caso detalhado nos tópicos 4.4 e 4.5 tratam de um dos modelos mais importantes, pois é o mais aplicado nas atividades de análise tarifária de unidades consumidoras do grupo A. Nesses estudos foi possível atingir valores coerentes e válidos de demanda contratada recomendada e dados relevantes para o conhecimento do perfil das unidades analisadas.

As planilhas geradas através das análises do programa contêm diversas informações e gráficos que podem ser inseridos em relatórios de análise tarifária para apresentação ao cliente, além de exibir ao usuário os dados que foram aplicados nos cálculos, permitindo que sejam averiguadas eventuais discrepâncias causadas por inserção de dados incorretos.

De toda a exposição, é possível chamar a atenção para os seguintes achados, decorrentes do estudo e desenvolvimento do programa proposto.

Primeiramente, pode-se concluir que o *software* apresenta uma aplicação relevante ao usuário, pois permite que se tenha uma ideia clara sobre o perfil de consumo e demanda da unidade, que é um fator essencial para a gestão desse recurso e otimização de despesas.

Outro aspecto importante a ser enfatizado está relacionado à aplicação da análise por cargas, que possibilita identificar os padrões de consumo e demanda de uma nova unidade consumidora. Com o levantamento de cargas, é possível estimar quais serão as despesas da instalação e definir um valor inicial para a demanda contratada, permitindo uma melhor previsão dos custos e a evasão sobre multas por ultrapassagem de demanda no início do funcionamento da unidade.

Também deve ser evidenciada a estruturação do programa, que apresenta flexibilidade para introdução de novos elementos e funcionalidades, ou eventuais correções que devam ser realizadas, sem que haja uma desestabilização dos fatores já implementados.

A linguagem *Python* mostrou-se um elemento facilitador para o processo de desenvolvimento do programa, por diversas razões. Além de se tratar, como já foi mencionado, de uma linguagem de alto nível, essa ferramenta é amplamente utilizada na atualidade. Em razão dessa popularidade, conta com uma comunidade ativa e dedicada a solucionar as dúvidas e dificuldades de seus operadores. Outra vantagem no uso dessa ferramenta consiste nas inúmeras bibliotecas disponíveis gratuitamente para os desenvolvedores, permitindo um processo de criação de programas mais rápido e menos complexo.

O *software* desenvolvido para o trabalho possui ainda uma grande possibilidade de expansão, a permitir a geração de resultados mais detalhados e de forma mais prática. De todo modo, o desenvolvimento do programa de forma modular facilita seu aperfeiçoamento e aprimoramento com a implementação de novas funcionalidades, sem a necessidade de que outras sejam removidas ou reestruturadas.

Tal característica da estruturação do programa abre janelas para a continuidade de seu desenvolvimento, por exemplo, mediante a implementação do preenchimento automático para diferentes distribuidoras de energia. Outra fronteira possível para expansão das funcionalidades do software pode estar na consideração da modalidade de unidade do grupo A optante por faturamento do grupo B nas análises. Pensa-se, ainda, na possibilidade de introdução de novos métodos de cálculo presentes em outras normas para análise de sistemas equilibrados e desequilibrados.

Por fim, o projeto envolvia a criação de uma ferramenta computacional simples, não amarrada em especificidades, mas adaptável à dinâmica e a variabilidade das condições normativas regentes do faturamento em unidades consumidoras de energia elétrica brasileiras.

6. REFERÊNCIAS

ALCANTARA, D. M. **ANÁLISE TARIFÁRIA DE CONSUMIDORES DO GRUPO A4 EM MÉDIA TENSÃO APLICADA AS UNIDADES DO SISTEMA FIEC**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2022.

ANEEL. **RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 3.279, DE 17 DE OUTUBRO DE 2023**. *Diário Oficial da União*, 2023. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20233279ti.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2024

ANEEL. **Resolução Normativa Nº 1000, de 7 de dezembro de 2021**. *Diário Oficial da União*, 2021. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html>>. Acesso em: 24 jun. 2024

- BORGES, R. C. et al. Análise da estrutura tarifária de energia elétrica de uma unidade consumidora utilizando modelo de otimização para demanda contratada. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 10060–10071, 2020.
- EIS, D.; FERREIRA, E. **HTML5 e CSS3 com farinha e pimenta**. São Paulo: Tableless, 2012.
- ELETROBRÁS. **Manual de Tarifação da Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: PROCEL, 2011.
- ELETROBRÁS. **Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial - Goiás 2019**. [s.l.]: PROCEL. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/ESTADOS_GOIAS.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2024.
- EQUATORIAL GOIÁS DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S/A. **Agência Virtual**. Disponível em: <<https://goias.equatorialenergia.com.br/LoginGO.aspx>>. Acesso em: 17 maio. 2024.
- EQUATORIAL GOIÁS DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S/A. **Valor de tarifas e serviços**. Disponível em: <<https://go.equatorialenergia.com.br/valor-de-tarifas-e-servicos/>>. Acesso em: 24 jun. 2024.
- GAZONI, E.; CLARCK, C. **openpyxl - A Python library to read/write Excel 2010 xlsx/xlsm files**. Disponível em: <<https://openpyxl.readthedocs.io/en/stable/>>. Acesso em: 24 jun. 2024.
- IEEE POWER & ENERGY SOCIETY. **IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions**. Nova Iorque, Estados Unidos IEEE, mar. 2010.
- JULIANI, R. A. S. et al. **Desenvolvimento de Software Baseado em Algoritmo Genético para Determinar a Demanda de Potência de Clientes do grupo A**. 2023 XV Brazilian Conference on Quality of Power (CBQEE). São Luis - MA: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023.
- MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2023.
- MCKINNEY, W. **Python para Análise de Dados: Tratamento de Dados com Pandas, Numpy e Ipython**. 2. ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda., 2018.
- MCNAMARA, J. **Creating Excel files with Python and XlsxWriter**. Disponível em: <<https://xlsxwriter.readthedocs.io>>. Acesso em: 23 jun. 2024.
- MENEZES, H. L. DE S. **Avaliação da Aplicação da Modalidade Tarifária Horária Branca: Estudo de Caso Para Consumidores Residenciais**. Brasília: Universidade de Brasília - UnB, 2014.
- NUMFOCUS. **Pandas documentation**. Disponível em: <<https://pandas.pydata.org/docs/>>. Acesso em: 23 jun. 2024.
- PALLETS. **Flask**. Disponível em: <<https://flask.palletsprojects.com/en/3.0.x/>>. Acesso em: 23 jun. 2024.
- RAVAZI, R. **AMBIENTE DE SIMULAÇÃO PARA VERIFICAR A VIABILIDADE DE ADESÃO DA TARIFA BRANCA**. São Leopoldo: UNISINOS, 2019.
- SCHAEDLER, A. M. **ANÁLISE TARIFÁRIA DE ESTABELECIMENTOS PRISIONAIS DO GRUPO A4**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. DEPARTAMENTO NACIONAL. **CAPACITAÇÃO PARA FORMAÇÃO DE CONSULTORES, INDÚSTRIA + EFICIENTE, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**. Brasília - DF: 2017.

SIQUEIRA, R.; GIVANALDO, M.; DE SOUZA, R. **PYTHON COM APLICAÇÕES DE SISTEMAS OPERACIONAIS**. Natal: Editora IFRN, 2020.

SOUZA, L. M. DE. Metodologia de análise tarifária baseada no consumo de energia elétrica. **Technology Sciences**, v. 1, n. 2, p. 7-14, 18 nov. 2019.

THOMA, M. **PyPDF2**. Disponível em: <<https://pypdf2.readthedocs.io/en/3.x/>>. Acesso em: 23 jun. 2024.

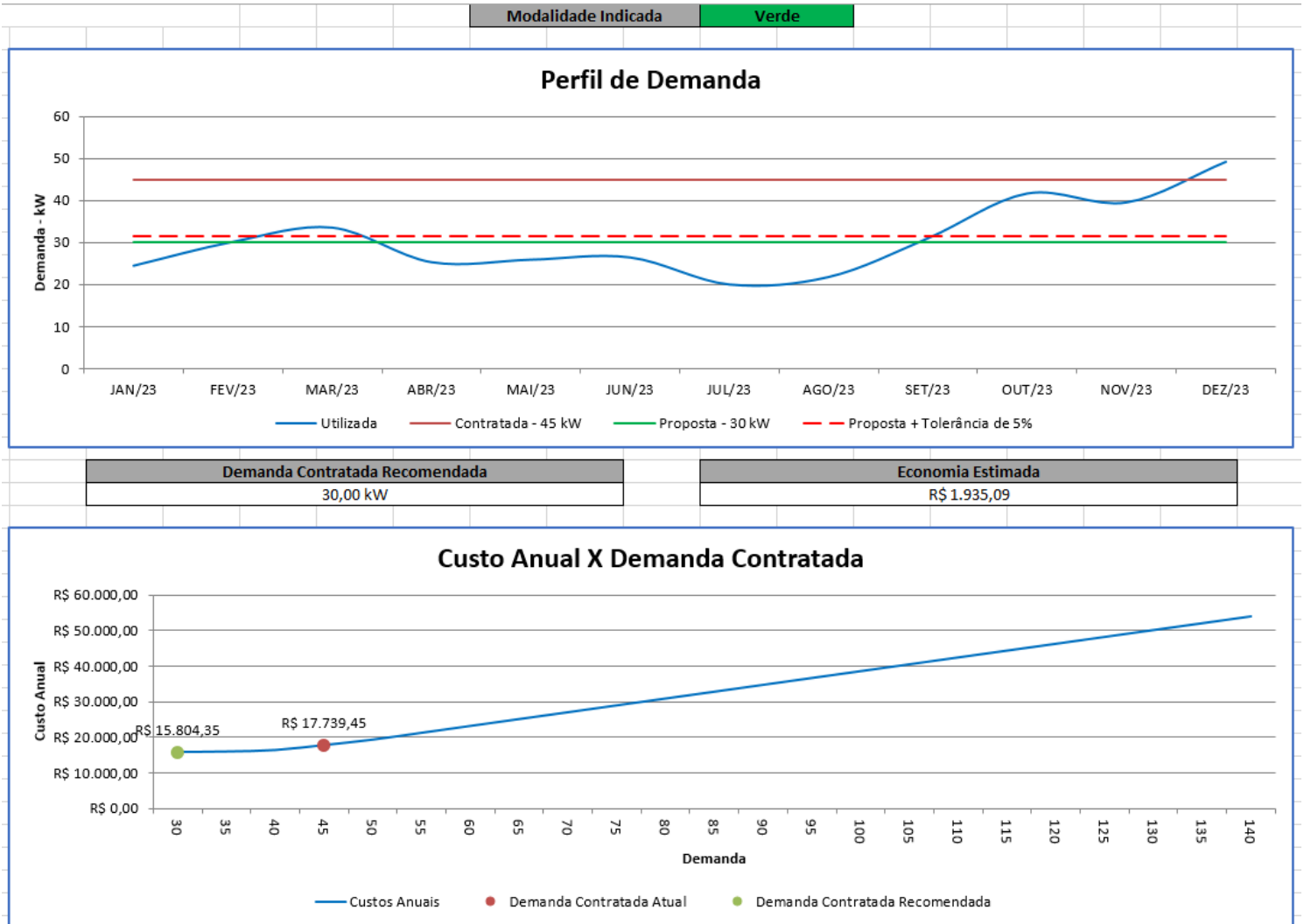
WTFORMS. **WTForms**. Disponível em: <<https://wtforms.readthedocs.io/en/3.1.x/>>. Acesso em: 23 jun. 2024.

APÊNDICE A – RESULTADOS DE ANÁLISES POR FATURA COM PREENCHIMENTO AUTOMÁTICO

CASO A1:

Demanda Contratada Atual – 45 kW.

Figura 73: Resultados da análise por fatura do Caso A1

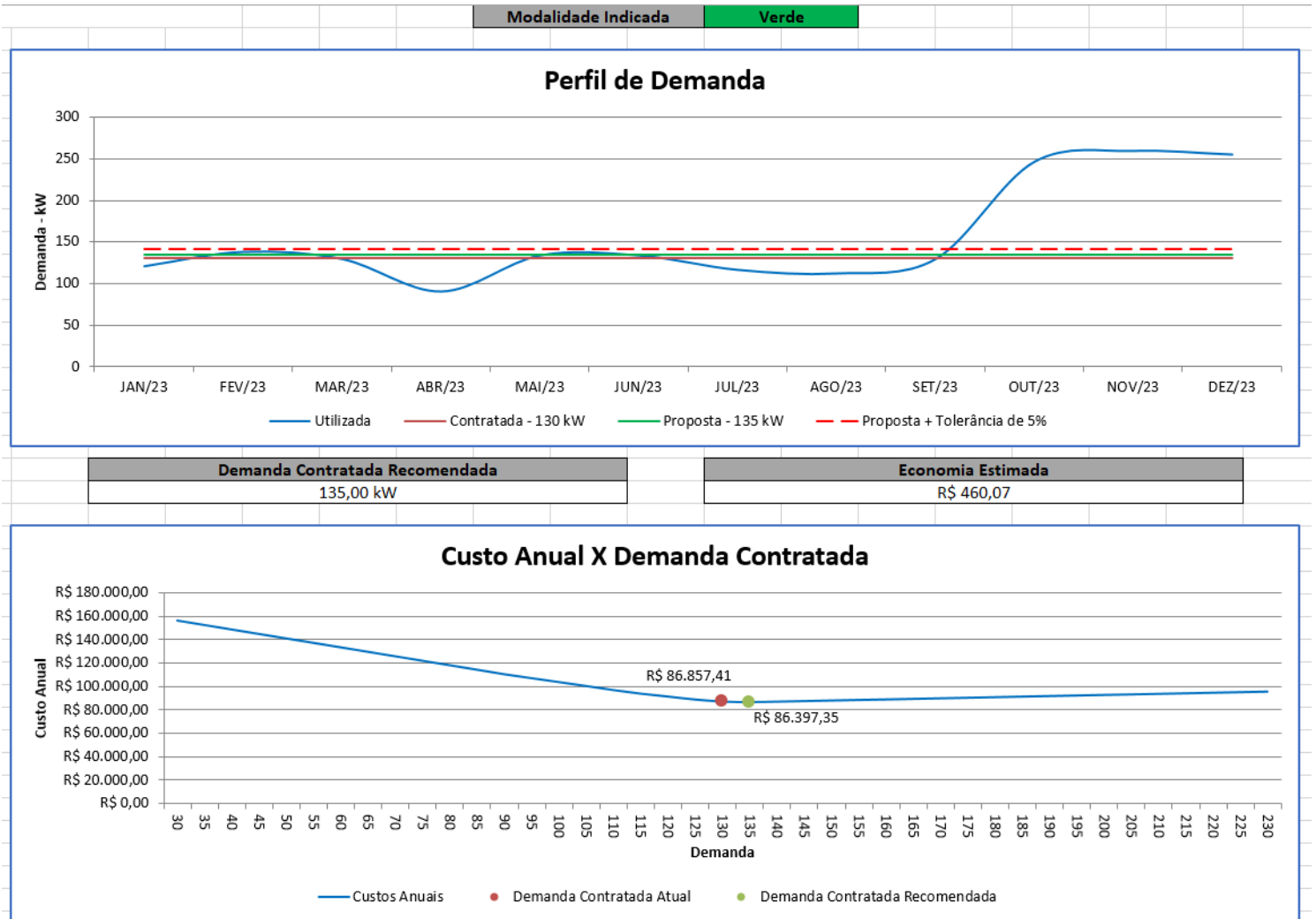


Fonte: Próprio autor

CASO A2:

Demanda Contratada Atual – 130 kW.

Figura 74: Resultados da análise por fatura do Caso A2

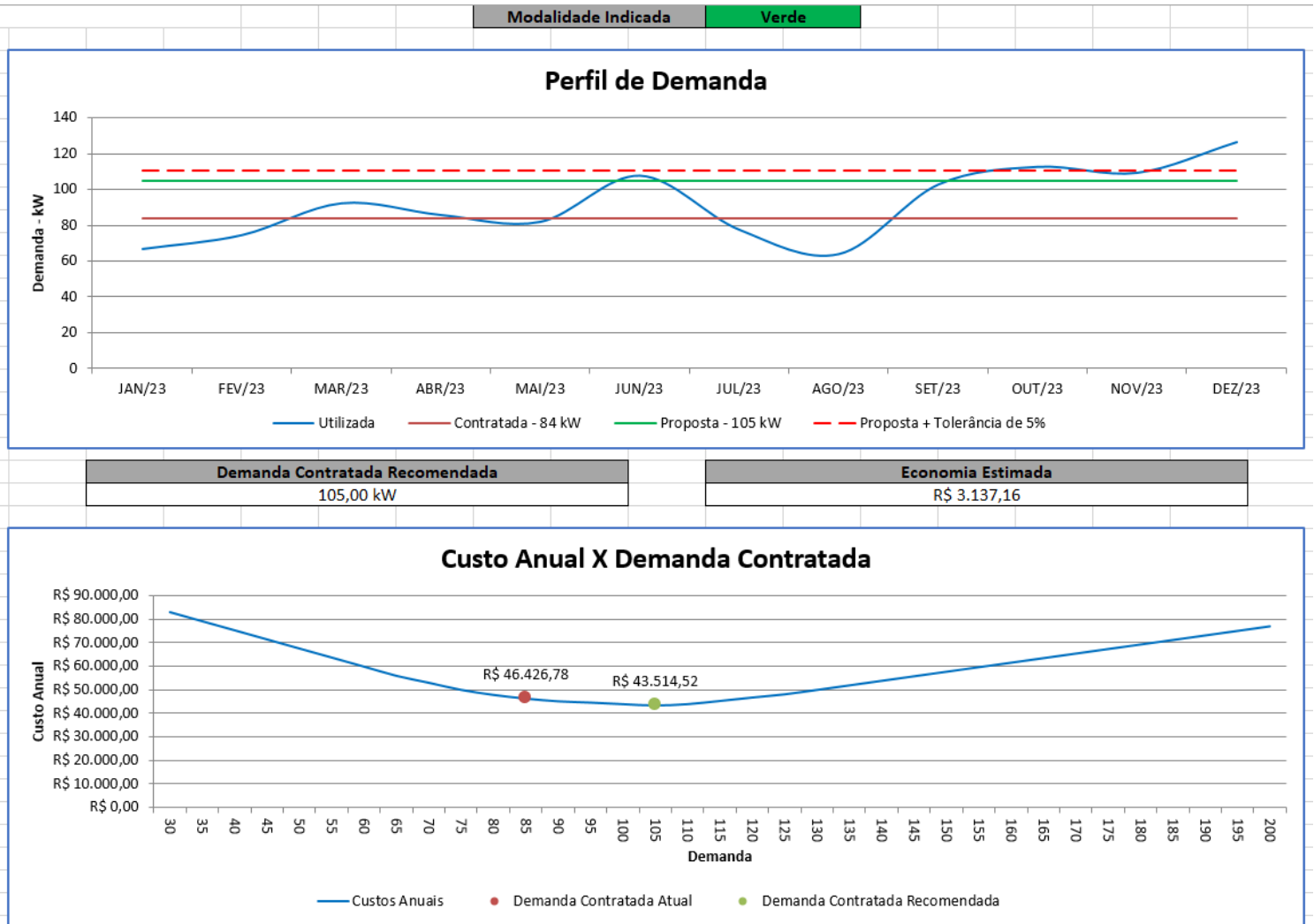


Fonte: Próprio autor

CASO A3:

Demanda Contratada Atual – 84 kW.

Figura 75: Resultados da análise por fatura do Caso A3

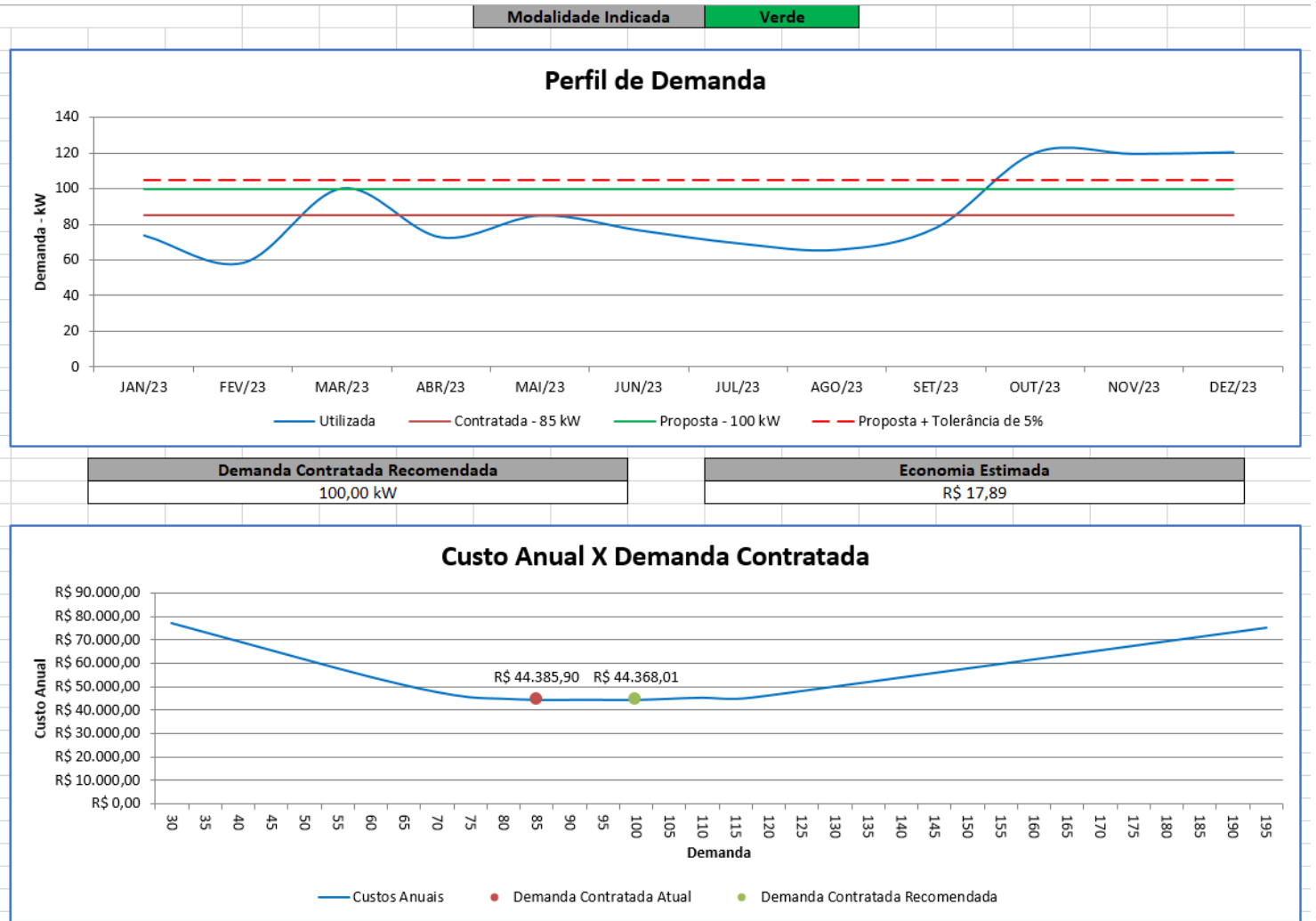


Fonte: Próprio autor

CASO A4:

Demanda Contratada Atual – 85 kW.

Figura 76: Resultados da análise por fatura do Caso A4



Fonte: Próprio autor