



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

GABRIEL DE SOUSA SILVA
ÍCARO SANTOS COSTA

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DO GRUPO
MOTOR GERADOR NO HORÁRIO DE PONTA NO INSTITUTO FEDERAL DO
TOCANTINS – CAMPUS PALMAS

PALMAS – TO

2023

GABRIEL DE SOUSA SILVA
ÍCARO SANTOS COSTA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DO GRUPO
MOTOR GERADOR NO HORÁRIO DE PONTA NO INSTITUTO FEDERAL DO
TOCANTINS – CAMPUS PALMAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do Título
de Bacharel em Engenharia Elétrica do Curso de
Graduação em Engenharia Elétrica do Instituto
Federal do Tocantins - *Campus Palmas*.

Orientador: Prof. Me. Felipe Tozzi Bittencourt
Coorientador: Prof. Dr. Fábio Lima Albuquerque

PALMAS – TO

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

C838a Costa, Ícaro Santos
ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DO
GRUPO MOTOR GERADOR NO HORÁRIO DE PONTA NO
INSTITUTO FEDERAL DO TOCANTINS – CAMPUS PALMAS / Ícaro
Santos Costa, Gabriel de Sousa Silva. – Palmas, TO, 2023.
89 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2023.

Orientador: Me. Felipe Tozzi Bittencourt
Coorientador: Dr. Fábio Lima Albuquerque

1. Viabilidade. 2. Grupo motor gerador. 3. Algoritmo. I. Silva,
Gabriel de Sousa. II. Tozzi Bittencourt, Felipe III. Albuquerque, Fábio
Lima. IV. Título.

CDD 621

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).**

GABRIEL DE SOUSA SILVA

ÍCARO SANTOS COSTA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DO GRUPO
MOTOR GERADOR NO HORÁRIO DE PONTA NO INSTITUTO FEDERAL DO
TOCANTINS – CAMPUS PALMAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel
em Engenharia Elétrica do Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica do Instituto Federal do Tocantins -
Campus Palmas.

Orientador: Prof. Me. Felipe Tozzi Bittencourt
Coorientador: Prof. Dr. Fábio Lima Albuquerque

Aprovado em: 14 de Dezembro de 2023

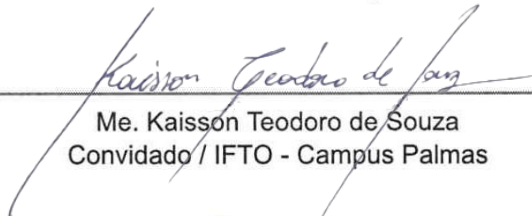
BANCA EXAMINADORA



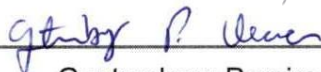
Me. Felipe Tozzi Bittencourt
Orientador / IFTO - Campus Palmas



Dr. Fábio Lima Albuquerque
Co-Orientador / IFTO - Campus Palmas



Me. Kaison Teodoro de Souza
Convidado / IFTO - Campus Palmas



Guntemberg Pereira Oliveira
Membro Externo

RESUMO

Considerando o acréscimo nas tarifas durante o horário de ponta, e também o grande aumento do preço do diesel, a presente análise foca na avaliação da viabilidade econômica associada à utilização do grupo motor gerador a diesel no campus Palmas do IFTO referente ao horário de ponta. Com o objetivo de mitigar os custos referentes aos kWh consumidos durante esse intervalo. Um estudo detalhado foi conduzido em relação à estrutura tarifária vigente para a energia elétrica durante o horário de ponta, bem como para analisar o custo do combustível diesel destinado ao funcionamento do grupo gerador. É considerado parâmetros econômicos como o custo do diesel, valor da tarifa, consumo do gerador, custo de manutenção, eficiência do gerador e análise dos custos benefícios associando os dois contextos da utilização do grupo motor gerador. O processo de obtenção dos dados foi executado através de análises adquiridas diretamente na subestação dos novos blocos, onde o grupo motor gerador está implantado atualmente, e também na subestação da biblioteca, a partir da instalação de analisadores de energia. É desenvolvido um algoritmo em excel e implantado no google planilhas, onde é inserido apenas o valor do diesel e do kWh na ponta, calcula-se toda a viabilidade com os dados implantados no algoritmo, sua interface gráfica interativa gera gráficos com curva de viabilidade mensal e semanal, entregando resumos dos resultados obtidos. Os resultados obtidos comprovam a viabilidade econômica da utilização do grupo gerador, sendo no contexto 1, na maior parte dos meses, porém menos que no Contexto 2. No contexto 2, com o aumento de carga, consumo e eficiência do gerador, sendo viável na maior parte dos meses exceto Janeiro e Julho.

Palavras-Chaves: Grupo motor gerador. Horário de ponta. Análise. Viabilidade. Algoritmo.

ABSTRACT

Given the increase in tariffs during peak hours and the significant rise in diesel prices, the present analysis focuses on evaluating the economic feasibility associated with the use of a diesel generator set at the IFTO Palmas campus during peak hours. The aim is to mitigate costs related to consumed kWh during this period. A detailed study has been conducted regarding the current tariff structure for electricity during peak hours, as well as to analyze the cost of diesel fuel intended for the operation of the generator set. Economic parameters such as diesel cost, tariff rate, generator consumption, maintenance cost, generator efficiency, and cost-benefit analysis associating the two contexts of generator set usage are considered. Data acquisition was performed through analyses directly obtained at the new blocks' substation, where the generator set is currently installed, and also at the library substation, through the installation of energy analyzers. An algorithm is developed in Excel and implemented in Google Sheets, where only the diesel and peak kWh values are input. The algorithm calculates the entire feasibility with the input data, and its interactive graphical interface generates charts with monthly and weekly feasibility curves, providing summaries of the obtained results. The results confirm the economic viability of using the generator set, predominantly in Context 1 for most months but less than in Context 2. In Context 2, with increased load, consumption, and generator efficiency, it is viable in most months except January and July.

Keywords: Generator set. Peak hours. Analysis. Feasibility. Algorithm.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Curva de Geração de Energia Hidrelétrica do subsistema Norte do Brasil.....	7
Figura 2 - Subgrupos do Grupo A.....	15
Figura 3 - Subgrupos do Grupo B.....	15
Figura 4 - Partida do Grupo Gerador em Emergência.....	27
Figura 5 - Partida em Rampa do Grupo Gerador com Rede Presente.....	27
Figura 6 - Grupo gerador instalado no Campus Palmas.....	30
Figura 7 - Composição do preço do diesel.....	32
Figura 8 - Controlador do gerador DCCO do IFTO Campus - Palmas.....	36
Figura 9 - Analisador de energia ims PQ-600.....	37
Figura 10 - Analisador de energia ims PQ-700.....	38
Figura 11 - Pesquisa do preço do combustível em Palmas 23/10/2023.....	39
Figura 12 - Fatura de energia do IFTO Campus Palmas.....	40
Figura 13 - Resumo de consumo dos blocos durante 7 dias.....	45
Figura 14 - Identificação do valor do kWh na interface do algoritmo.....	50
Figura 15 - Identificação do valor do diesel na interface do algoritmo.....	52
Figura 16 - Dados fornecidos pelo algoritmo após registros dos valores.....	54
Figura 17 - Resumo do gráfico de viabilidade mensal entregue pelo algoritmo.....	56
Figura 18 - Resumo do gráfico de viabilidade Semanal entregue pelo algoritmo.....	57
Figura 19 - Manutenção diária calculada pelo algoritmo ref. Setembro.....	58
Figura 20 - Resumo de consumo da biblioteca durante 7 dias.....	60
Figura 21 - Representação dos botões na interface.....	62
Figura 22 - Dados ilustrado pela interface com o acoplamento da biblioteca.....	65

Figura 23 - Resumo do gráfico de viabilidade mensal pós acoplamento.....	66
Figura 24 - Resumo do gráfico de viabilidade Semanal - pós acoplamento.....	67
Figura 25 - Interface interativa mostrada por completo.....	74
Figura 26 - Interface interativa, parte superior dos valores e resultados - Acoplado.....	74
Figura 27 - Interface interativa, parte superior dos valores e resultados - Acoplado.....	74
Figura 28 - Interface interativa, parte superior dos valores e resultados ref. Novembro.....	75
Figura 29 - Curva de viabilidade mensal e o respectivo resumo ref. Novembro.....	75
Figura 30 - Curva de viabilidade semanal e o respectivo resumo ref. Novembro.....	76
Figura 31 - Valores considerados na análise.....	77

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Gráfico 1 - Consumo Energético do IFTO - Campus Palmas.....	11
Gráfico 2 - Gastos energéticos do IFTO - Campus Palmas.....	12
Gráfico 3 - Gasto energético total do IFTO - Campus Palmas.....	12
Tabela 1 - Dados técnicos do grupo gerador instalado.....	29
Tabela 2 - Dados do GMG - Campus Palmas.....	42
Tabela 3 - Tabela simplificada da filtragem.....	43
Gráfico 4 - Consumo de energia ativa dos 4 blocos.....	44
Gráfico 5 - Demanda ativa dos 4 blocos.....	44
Tabela 4 - Consumo individual dos dias da semana.....	45
Tabela 5 - Dados de consumo retirados da conta de energia do IFTO - Campus Palmas....	46
Tabela 6 - Consumo do mês de Maio de 2023 retirado da conta energia.....	46
Tabela 7 - Percentual do dia da semana sobre a conta de energia do mês de Maio.....	47
Tabela 8 - Implementação da programação dos cálculos de reconhecimento de datas.....	47
Tabela 9 - Quantidade de dias da semana do mês Maio.....	48
Tabela 10 - Consumo mensal calculado do mês de Maio.....	48
Tabela 11 - Tabela resumida do consumo mensal dos blocos no mês de Maio.....	48
Tabela 12 - Tabela de cálculo percentual resumida do consumo mensal dos blocos no mês de Maio.....	49
Tabela 13 - Consumo do mês de Setembro de 2023 retirado da conta energia.....	51
Tabela 14 - cálculo percentual resumida do consumo mensal dos blocos no mês de Setembro.....	51
Gráfico 6 - Curva da viabilidade mensal (Setembro) do GMG.....	55
Gráfico 7 - Curva da viabilidade Semanal (Setembro) do GMG.....	57

Tabela 15 - Cálculo diário da semana ref. gráfico de viabilidade semanal.....	58
Gráfico 8 - Consumo de energia ativa da biblioteca.....	59
Gráfico 9 - Demanda ativa da biblioteca.....	59
Tabela 16 - Consumo individual dos dias da semana referente à biblioteca.....	60
Tabela 17 - Percentual referente ao mês de Maio na fatura.....	60
Tabela 18 - Consumo mensal calculado do mês de Maio ref. Biblioteca.....	61
Tabela 19 - Tabela resumida do consumo mensal de Maio ref. Biblioteca.....	61
Tabela 20 - Cálculo percentual resumida do consumo mensal no mês de Maio ref. Biblioteca.....	61
Tabela 21 - Tabela resultante do acoplamento da biblioteca com os blocos ref. Maio.....	63
Tabela 22 - Percentual resumida do consumo mensal da biblioteca ref. Setembro.....	63
Gráfico 10 - Curva da viabilidade mensal (Setembro) do GMG - pós acoplamento.....	66
Gráfico 11 - Curva da viabilidade Semanal (Setembro) do GMG - pós acoplamento.....	67
Gráfico 12 - Curva do consumo específico.....	68
Tabela 23 - Comparativo entre os gastos de ambos contextos no horário de ponta.....	73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
1.1 Considerações Gerais.....	6
1.2 Problemática.....	8
1.3 Justificativa.....	8
1.4 Objetivos.....	9
1.4.1 Objetivo Geral.....	9
1.4.2 Objetivo Específico.....	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1 IFTO - Campus Palmas.....	10
2.1.1 Consumo energético.....	10
2.2 Tarifas de energia elétrica.....	13
2.2.1 Classificação das unidades consumidoras.....	14
2.3 Modalidades tarifárias.....	16
2.3.1 Enquadramento tarifário do consumidor.....	19
2.4 Bandeiras tarifárias.....	19
2.5 Tributos cobrados.....	20
2.6 Grupo Motor Gerador (GMG).....	21
2.6.1 Alternador Trifásico.....	22
2.6.2 Unidade de Supervisão de Corrente Alternada - USCA.....	23
2.6.3 Quadro de Transferência Automática - QTA.....	25
2.6.4 Grupo Gerador DCCO.....	28

2.6.4.1 Garantia, assistência técnica e oficina.....	30
2.8 Combustível diesel.....	31
2.9 Composição do preço do diesel.....	32
2.10 Parâmetros econômicos.....	34
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	36
3.1 Carga gerada pelo gerador.....	36
3.2 Carga Consumida pelos blocos (14, 15, 16 e 17).....	37
3.3 Carga Consumida pela biblioteca.....	37
3.4 Valor atual do diesel.....	38
3.5 Valor da tarifa do Campus Palmas.....	40
3.6 Análises econômicas.....	40
4 RESULTADOS.....	41
4.1 Contexto 1.....	41
4.1.1 Dados de geração do GMG.....	41
4.1.2 Dados de consumo da rede.....	43
4.1.3 Custo do consumo mensal do Campus Palmas.....	50
4.1.3.1 <i>Custo kWh da rede.....</i>	<i>50</i>
4.1.3.2 <i>Gastos com a rede.....</i>	<i>50</i>
4.1.3.3 <i>Custo do diesel.....</i>	<i>51</i>
4.1.3.4 <i>Gastos com o GMG.....</i>	<i>52</i>
4.1.4 Viabilidade - Economia mensal.....	53
4.1.5 Curvas, análises e resumos da viabilidade no contexto 1.....	54
4.1.5.1 <i>Curva da viabilidade mensal.....</i>	<i>54</i>

4.1.5.2 Curva da viabilidade Semanal.....	56
4.2 Contexto 2.....	58
4.2.1 Dados de consumo da biblioteca.....	58
4.2.2 Acoplamento do consumo da biblioteca.....	62
4.2.3 Custo do consumo mensal: pós acoplamento.....	63
4.2.3.1 Gastos com a rede.....	63
4.2.3.2 Gastos com o GMG.....	64
4.2.4 Viabilidade - Economia mensal: pós acoplamento.....	65
4.2.5 Curvas, análises e resumos da viabilidade no contexto 2.....	66
4.2.5.1 Curva da viabilidade mensal.....	66
4.2.5.2 Curva da viabilidade Semanal.....	67
4.3 Consumo específico de combustível e eficiência do gerador.....	68
4.3.1 Contexto 1 - Consumo e eficiência.....	68
4.3.2 Contexto 2 - Consumo e eficiência.....	70
4.4 Comparativos dos contextos.....	72
4.5 Visualização geral da interface principal do algoritmo.....	73
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
REFERÊNCIAS.....	79

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Gerais

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) o consumo nacional de energia elétrica em janeiro de 2023 foi de 42.837 GWh, crescimento de 0,6% em comparação com o mesmo mês de 2022 (EPE, 2023).

Esse crescimento mostra que a demanda por eletricidade por parte dos consumidores de grande porte vem aumentando a cada ano e isso é mais preocupante quando esse consumo é relacionado ao horário de ponta (horário de pico), que acontece entre às 18:00 e às 21:00. O consumo nesse horário se eleva devido ao fato de que boa parte dos estabelecimentos, como comércios, fábricas e universidades, continuam em operação, ao mesmo tempo que a iluminação pública entra em funcionamento e grande parte da população está voltando do serviço para a residência, ligando assim as iluminações, eletrodomésticos e chuveiros elétricos.

Uma maneira de tentar diminuir o consumo no horário de ponta foi incentivar os consumidores do grupo A (instalações com carga instalada superior a 75kW) diminuïrem o consumo neste período. Esse incentivo se dá através do aumento tarifário que ocorre durante três horas consecutivas para esses consumidores. Este período é definido pela distribuidora e aprovado pela ANEEL para toda sua área de concessão. Para determinar o intervalo de tempo é considerada a curva de carga do sistema elétrico, essas 3 horas são diárias com exceção aos sábados, domingos e feriados nacionais definidos por lei (NOVAIS, 2019).

Figura 1 - Curva de Geração de Energia Hidrelétrica do subsistema Norte do Brasil



Fonte: ONS (2023).

Na Figura 1 é ilustrado o grande consumo quando se aproxima das 18:00. Para então reduzir o preço da fatura de energia, a maioria dos consumidores de grande porte, como empresas industriais, instalações comerciais de grande porte, centros de dados, hospitais, hotéis e outras organizações que têm uma demanda significativa de energia elétrica, utilizam sistemas de geração auxiliar para operação em períodos de horário de ponta. Na atualidade os geradores a óleo diesel são aplicados tanto para buscar alternativas na redução dos valores com a fatura, quanto para proporcionar confiabilidade durante a operação do sistema em situações de interrupção do fornecimento de energia por parte do sistema elétrico, como um sistema de emergência (CAMPOS, 2016).

1.2 Problemática

Para qualquer instalação, ela podendo ser residencial, industrial ou comercial, um gerenciamento do consumo de energia elétrica de maneira correta e eficiente faz toda a diferença e é fundamental para ter um gerenciamento de custos.

Porém, nos últimos anos os custos da energia elétrica aumentaram de forma significativa, principalmente na modalidade da tarifa verde, que é a modalidade tarifária em que o IFTO - Campus Palmas adota. Apesar de, a tarifa verde no qual o horário de ponta ainda custa aproximadamente 7 vezes o valor da tarifa do horário fora de ponta, continua sendo um problema no custo final da energia (ENERGISA-TO, 2023).

Além disso, o custo do diesel aumentou de forma bastante significativa, nos últimos 4 anos, sendo 3 vezes o valor de 2019, chegando a custar R\$6,89 no seu o valor mais alto, na cidade de Palmas - TO, em fevereiro de 2023. Assim, implicando questionamentos sobre a viabilidade da utilização do gerador, com o custo do diesel atual e com o valor do kWh no horário de ponta.

1.3 Justificativa

Com o grande aumento do valor do kW e consequentemente do kWh, acaba tendo um aumento maior nos custos de energia elétrica no horário de ponta. A utilização do gerador a diesel durante esse horário traz uma das soluções para amortecer esse problema. De acordo com Novais (2019), após realizar um estudo de viabilidade econômica do grupo gerador implantado no IFTO - Campus Palmas em 2019, o funcionamento em horário de ponta traria uma economia de R\$725.835,15 anual considerando os valores de manutenção e diesel da época. Porém, nos últimos 3 anos teve-se um aumento significativo do preço do diesel, chegando a um certo ponto de ser questionável a viabilidade da atuação do gerador no horário de ponta para a alimentação dos blocos 14, 15, 16 e 17.

Portanto, nesta análise obtém-se as medições e dados necessários para calcular a viabilidade do gerador a diesel do IFTO - Campus Palmas com o preço atual do diesel, na alimentação dos quatros blocos, e a viabilidade com a adição de carga da biblioteca nessa alimentação do gerador, que será acionado no horário de ponta.

Inserido no mesmo contexto, a análise realizada neste trabalho pode ser utilizada para fins de referência das análises de aplicação de viabilidade nos grupos geradores a diesel de outros locais. Neste trabalho especificamente, foi estudado a situação energética atual do IFTO - Campus Palmas com o preço atual do diesel e do kWh no horário de ponta, reproduzindo-se uma análise e um algoritmo simplificado, para benefícios da instituição.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um estudo energético e econômico, com objetivos de obter dados de viabilidade para a utilização do gerador a diesel do IFTO - Campus Palmas. Analisar o preço atual do diesel e avaliar a alimentação, no horário de ponta, dos quatros blocos (14, 15, 16 e 17), já acoplados no gerador. Além disso, verificar o acoplamento de carga da biblioteca no transformador já vinculado à alimentação do gerador, que entra no horário de ponta.

1.4.2 Objetivo Específico

- Realizar um levantamento do histórico de consumo energético em ponta e fora de ponta do IFTO - Campus Palmas nos últimos doze meses.
- Obter o consumo de carga em kWh fazendo medições na subestação da biblioteca e nos quatro blocos 14, 15, 16 e 17.
- Realizar estudos analisando as normas vigentes da concessionária atual (Energisa), dos sistemas tarifários vigentes e do preço atual do diesel.
- Analisar a viabilidade do acoplamento de carga da biblioteca no transformador que alimenta os blocos e, portanto, a viabilidade do gerador com a carga dos blocos, e com o acoplamento da biblioteca, aplicando o valor atual do diesel e do kWh ponta.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 IFTO - Campus Palmas

Inaugurado em 2003, na época conhecida como Escola Técnica Federal de Palmas, o Campus Palmas do IFTO tem capacidade para atender 4000 estudantes. A unidade ocupa uma área de 128.508,38m² sendo referência em ensino de qualidade na capital do Tocantins e em toda região. O Campus Palmas oferta cursos de níveis como pós-graduação lato sensu, graduação em bacharelados, licenciaturas e tecnológicos, técnicos nas modalidades subsequente, integrado ao ensino médio e EaD, e Proeja. Além disso, desenvolve diversas atividades de extensão e pesquisa, projetos que contribuem para o desenvolvimento e avanço da sociedade no geral (IFTO, 2016).

O Campus Palmas passa a ter um consumo energético considerável, possuindo em sua instalação de área mais de 17 blocos, biblioteca, ginásio e construído recentemente um refeitório. Portanto, para suprir toda essas cargas de maneira eficiente, não só energeticamente mas também de maneira segura em relação a proteção coordenada e seletiva, possui-se assim derivações de 5 subestações separadas pelo campus, sendo uma delas de medição e as outras de transformação/alimentação.

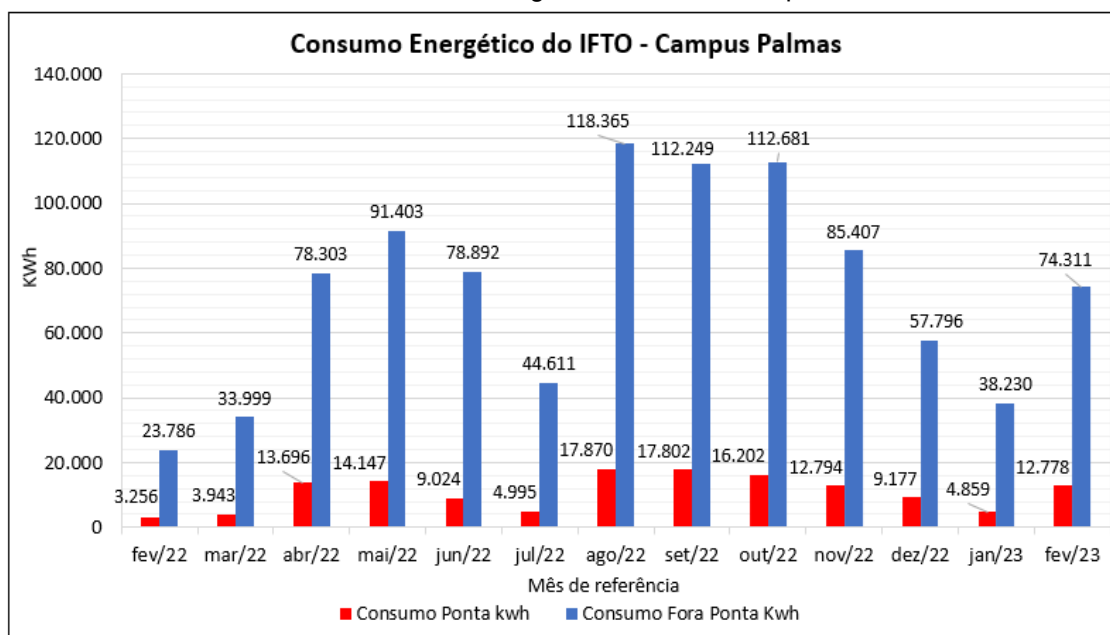
2.1.1 Consumo energético

Considerando os impactos da pandemia de COVID-19, que resultaram na suspensão das atividades no Instituto Federal - Campus Palmas por um período determinado, as aulas foram retomadas de forma presencial em 2022. Nesse contexto, o consumo de energia da instituição estabilizou-se conforme as cargas usuais em períodos letivos presenciais. Isso possibilitou a elaboração de um levantamento histórico de 12 meses, abrangendo o período de fevereiro de 2022 a fevereiro de 2023, com a apresentação do perfil energético real da instituição.

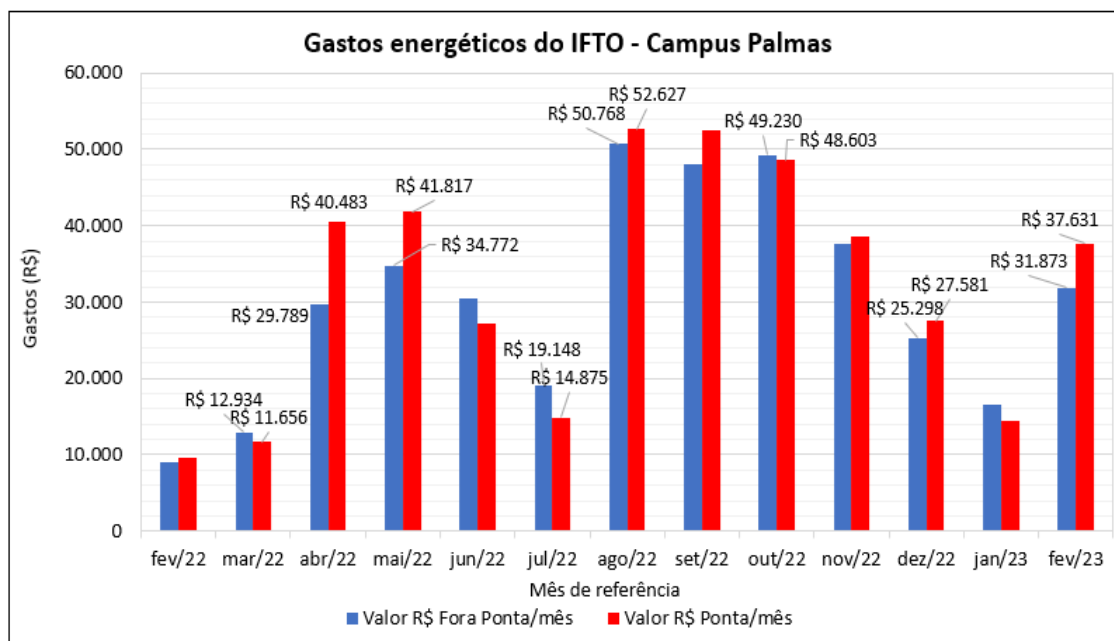
A seguir são apresentados os gráficos que foram desenvolvidos com a utilização dos dados do histórico energético do consumo do IFTO - Campus Palmas no período dos 12 meses. No Gráfico 1 é mostrado o consumo (kWh) que o Campus Palmas consumiu durante cada mês, apresenta-se a energia consumida tanto no horário de ponta quanto no fora ponta. O Gráfico 2 aponta os gastos mensais, tanto

em horário de ponta e fora ponta que foram pagos pelo Campus Palmas, onde os valores estão representados em R\$, e os tributos também estão incluídos nos valores apresentados no gráfico. Observando-se que em ambos os gráficos (1 e 2) o horário de ponta está representado pela cor vermelha, e o fora ponta de azul. E no Gráfico 3 estão representados os valores totais em R\$, onde inclui-se o horário de ponta mais o horário fora de ponta, dos gastos energéticos consumidos mensalmente pelo Campus Palmas.

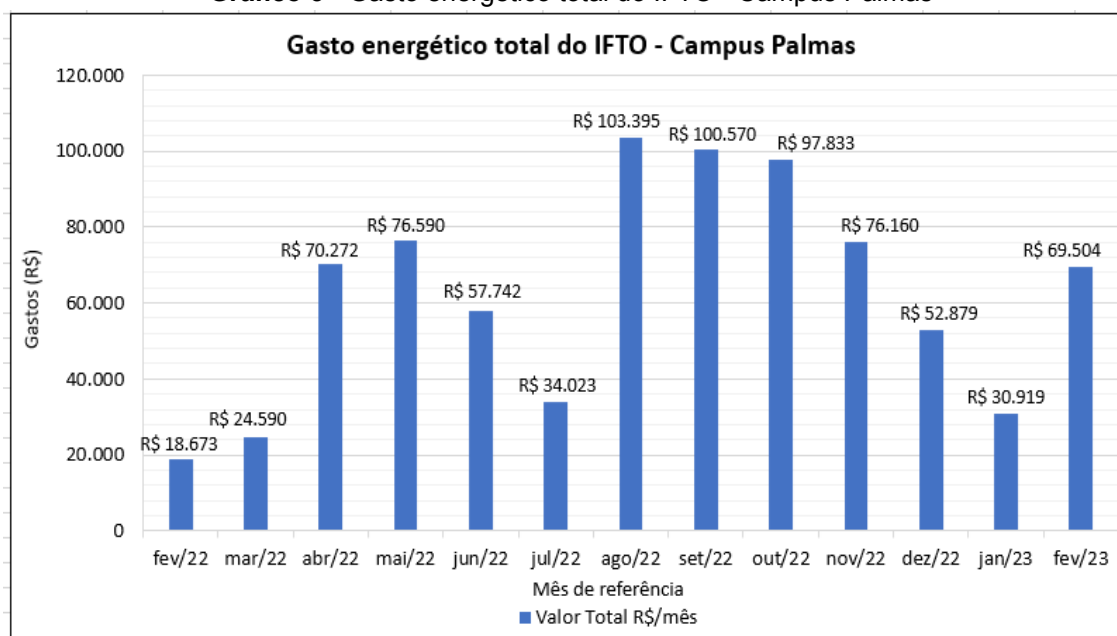
Gráfico 1 - Consumo Energético do IFTO - Campus Palmas



Fonte: Autoria própria (2023).

Gráfico 2 - Gastos energéticos do IFTO - Campus Palmas

Fonte: Autoria própria (2023).

Gráfico 3 - Gasto energético total do IFTO - Campus Palmas

Fonte: Autoria própria (2023).

Fazendo-se uma rápida análise dos dois primeiros gráficos, pode-se observar que o consumo de energia no horário fora de ponta é muito maior que o consumo no horário de ponta, e mesmo assim o valor gasto em R\$ dos dois horários mensalmente são muito próximos, da mesma forma majoritariamente os gastos em horários de ponta nos meses representados são maiores que o fora ponta.

2.2 Tarifas de energia elétrica

Para compreender a viabilidade do gerador a diesel inserido no campus, primeiramente é necessário entender a classificação das unidades consumidoras, como funciona a tarifação de energia elétrica, além do conceito da estrutura tarifária atual.

A tarifação é um processo que consiste em definir o valor que será cobrado pelos serviços prestados por uma empresa ou instituição. Na área de energia elétrica, a tarifa é a principal fonte de receita das concessionárias, sendo utilizada para cobrir os custos da empresa e garantir o retorno financeiro esperado.

A estrutura tarifária é a forma como a tarifa é composta e definida para cada tipo de consumidor, levando em consideração as características do mercado e da demanda de energia elétrica. Em geral, as tarifas são divididas em duas partes, que são a tarifa de energia elétrica e a tarifa de demanda.

A Resolução Normativa ANEEL nº 1000/2021 apresenta uma série de conceitos e definições importantes para a estrutura tarifária de energia elétrica. Algumas delas são:

- Concessionária: É a empresa responsável por prestar o serviço de distribuição de energia elétrica aos consumidores, podendo ser privada ou pública.
- Consumidor: A pessoa física ou jurídica que utiliza energia elétrica fornecida pela concessionária.
- Fator de potência: É a relação entre a potência ativa (consumida pelos equipamentos elétricos) e a potência aparente (que é a soma da potência ativa com a potência reativa). Quanto maior o fator de potência, menor a quantidade de energia reativa consumida (ou injetada), o que resulta em melhor eficiência energética.
- Demanda contratada: É a quantidade de energia elétrica que o consumidor se compromete a pagar à concessionária durante um determinado período de tempo, geralmente em kW. Essa demanda é estabelecida em contrato entre o consumidor e a concessionária.

- Carga instalada: É a potência total dos equipamentos elétricos instalados no estabelecimento do consumidor, em kW.
- Tarifa de fornecimento: É o valor cobrado pela concessionária para disponibilizar energia elétrica ao consumidor, independentemente da quantidade de energia efetivamente consumida.
- Tarifa de consumo: O valor cobrado pela concessionária em função da quantidade de energia elétrica efetivamente consumida pelo consumidor, geralmente em kWh.

É estabelecido diversas regras para a estrutura tarifária de energia elétrica, como a segmentação das tarifas em horários de ponta e fora de ponta, a adoção de tarifas binômias (com separação das tarifas de fornecimento e consumo) e a utilização de bandeiras tarifárias para indicar a variação do custo da energia elétrica em função das condições de geração de energia.

2.2.1 Classificação das unidades consumidoras

Conforme a resolução nº 1000 da ANEEL (2021), a distribuidora deve classificar a unidade consumidora para fins de aplicação tarifária de acordo com a atividade comprovadamente exercida e a finalidade de utilização da energia elétrica.

Assim, de acordo com a Resolução Normativa, às unidades consumidoras são classificadas em dois grupos: Grupo A e Grupo B.

O Grupo A se refere às unidades consumidoras de alta tensão, que são aquelas com tensão nominal maior ou igual a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão menor que 2,3 kV. Já o Grupo B se refere às unidades consumidoras de baixa tensão, que são aquelas com tensão nominal igual ou inferior a 2,3 kV.

A Figura 2 abaixo mostra um resumo das classes e subclasses tarifárias do grupo A segundo Albuquerque (2023) com seguimento na nova resolução.

Figura 2 - Subgrupos do Grupo A

Subgrupos do Grupo A - Média e Alta Tensão	
A1	Para nível de 230 KV ou tensão superior
A2	Para nível de tensão de 88 a 138 KV
A3	Para nível de tensão de 69 KV
A3a	Para nível de tensão de 30 a 44 KV
A4	Para nível de tensão de 2,3 a 25 KV
AS	Para sistemas subterrâneos

Fonte: Albuquerque (2023)

Figura 3 - Subgrupos do Grupo B

Subgrupos do Grupo B - Baixa Tensão	
B1 - residencial e residencial baixa renda	127, 220 ou 380 V
B2 - rural e cooperativa rural	
B3 - demais classes	
B4 - iluminação pública	

Fonte: Albuquerque (2023)

A Figura 3 mostra as subclasses do grupo B, de acordo com a Resolução Normativa também define as unidades consumidoras em diferentes classes, levando em consideração a carga elétrica instalada e a atividade econômica desenvolvida. São elas:

- Residencial: destinada à habitação, com carga instalada de até 75 kW;
- Rural: destinada a atividades agropecuárias, com carga instalada de até 100 kW;
- Industrial: destinada a atividades industriais, com carga instalada superior a 75 kW;
- Comercial: destinada a atividades comerciais, com carga instalada superior a 75 kW;
- Poder Público: destinada aos órgãos públicos das esferas federal, estadual, municipal e distrital, com carga instalada superior a 75 kW;
- Serviço público: destinada às entidades que prestam serviços públicos, como saneamento básico, iluminação pública, entre outros, com carga instalada superior a 75 kW;
- Iluminação pública: destinada exclusivamente à iluminação pública, com carga instalada superior a 75 kW;

- Consumo próprio: Deve ser classificada na classe consumo próprio a unidade consumidora de titularidade da distribuidora, subdividindo-se nas seguintes subclasses que são estação de recarga de veículos elétricos e outras atividades. Para a classe consumo próprio aplicam-se as tarifas homologadas para o grupo A, e, para o grupo B, as tarifas homologadas do subgrupo B3.

2.3 Modalidades tarifárias

No Brasil, existem diferentes tipos de modalidades tarifárias para a cobrança de serviços públicos. De acordo com a ANEEL (2021), na resolução nº 1000, diz que a modalidade tarifária é o conjunto de tarifas que são aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e demanda. Dessa forma, de acordo com Albuquerque (2023), dito no material produzido sobre sistema solar fotovoltaico, no subtema de tarifação, apresenta-se sobre as modalidades que estão em vigência para consumidores atualmente no Brasil, que são:

Tarifa Convencional: A modalidade tarifária convencional é caracterizada por uma única tarifa para o consumo de energia, sem dependência horária do dia, válida tanto para o grupo B quanto para o grupo A. Portanto, a conta de energia é calculada pela seguinte equação:

$$Tc = Cm \cdot Vkw \quad (1.0)$$

Onde a tarifa convencional é representada pela variável Tc , o consumo medido é representado por Cm , e o valor por quilowatts-hora é representado por Vkw .

Tarifas Horárias: Nessa modalidade tarifária, é onde caracteriza-se pela aplicação de diferentes tipos de tarifas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, que mudam de acordo com os horários e horas de utilização do dia, essa modalidade divide-se em:

- **Tarifa Horária Branca:** É caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia, sendo separadas em 3 postos tarifários, que são uma tarifa para o posto tarifário ponta, uma tarifa para o posto tarifário intermediário e uma tarifa para o posto tarifário fora de ponta.

Sobre o posto tarifário intermediário, período de horas conjugadas ao horário de ponta, aplicado somente para unidades consumidoras que optem pela tarifa branca. Podendo variar de 1 hora a 1 hora e 30 minutos antes e depois do horário de ponta. O valor do kwh do posto intermediário é menor do que o de ponta e maior do que o fora de ponta.

O cálculo da conta onde obtém-se a modalidade tarifária branca é composto pelas equações:

$$\begin{aligned}
 PcP &= TeP \cdot CmP \\
 Pcl &= Tel \cdot Cml \\
 PcFP &= TeFP \cdot CmFP \\
 TB &= PcP + Pcl + PcFP
 \end{aligned} \tag{2.0}$$

Onde PcP representa a parcela de consumo em horário de ponta, Pcl representa a parcela de consumo em horário intermediário, PcFP representa a parcela de consumo em horário de fora ponta, TeP representa a tarifa de energia em horário de ponta, Tel representa a tarifa de energia em horário intermediário, TeFP representa a tarifa de energia em horário de fora ponta, CmP representa o consumo medido em horário de ponta, Cml representa o consumo medido em horário intermediário, CmFP representa o consumo medido em horário de fora ponta e por último tem-se TB que representa o cálculo final da tarifa branca.

- Tarifa Horária Verde: É caracterizada por ter uma tarifa para a demanda sem segmentação horária, uma tarifa para o consumo de energia elétrica para o posto tarifário ponta, e uma tarifa para o consumo de energia elétrica para o posto tarifário fora de ponta. Assim, o cálculo da tarifa horária verde constitui-se das seguintes equações:

$$\begin{aligned}
 Pc &= Tep \cdot CmP + TeFP \cdot CmFP \\
 Pd &= Td \cdot Dc \\
 Pu &= Tu \cdot 2 \cdot (Dm - Dc) \\
 ThV &= Pc + Pd + Pu
 \end{aligned} \tag{3.0}$$

Onde Pc representa a parcela de consumo, Pd representa a parcela de demanda, Pu representa a parcela de ultrapassagem, Td representa a tarifa

de demanda, D_c representa a demanda contratada, T_u representa a tarifa de ultrapassagem, D_m representa a demanda medida e ThV que representa a tarifa horária verde.

- Tarifa Horária Azul: É caracterizada por uma tarifa para a demanda para o posto tarifário ponta, uma tarifa para a demanda para o posto tarifário fora de ponta, uma tarifa para o consumo de energia elétrica para o posto tarifário ponta, e uma tarifa para o consumo de energia elétrica para o posto tarifário fora de ponta.

Para calcular a tarifa horária azul usamos as equações:

$$\begin{aligned}
 P_c &= T_{eP} \cdot C_{mP} + T_{eFP} \cdot C_{mFP} \\
 P_d &= T_{dP} \cdot D_{cP} + T_{dFP} \cdot D_{cFP} \\
 P_u &= T_{uP} \cdot 2 \cdot (D_{mP} - D_{cP}) + T_{uFP} \cdot 2 \cdot (D_{FPm} - D_{cFP}) \\
 ThA &= P_c + P_d + P_u
 \end{aligned} \tag{4.0}$$

Onde ThA representa a tarifa horária azul, T_{uP} representa a tarifa de ultrapassagem no hora ponta, T_{uFP} representa a tarifa de ultrapassagem no fora ponta, D_{cP} representa a demanda contratada no ponta, D_{cFP} representa a demanda contratada no fora ponta, D_{mP} representa a demanda medida no ponta, e por último D_{mFP} representando a demanda medida no fora ponta.

Portanto, os postos tarifários são definidos por distribuidora, no seu processo de revisão tarifária periódica (a cada 4 ou 5 anos), de acordo com a Resolução Normativa (REN) nº 1.000/2021. Assim pode-se dizer que:

- Horário (posto) de ponta: Caracterizado pelo período diário de 3h consecutivas, com exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais;
- Horário (posto) intermediário: Caracterizado pelo período de horas conjugadas ao horário de ponta, aplicado exclusivamente às unidades consumidoras que optem pela Tarifa Branca. Pode variar de 1h a 1h30 antes e depois do horário de ponta;
- Horário (posto) fora de ponta: Caracterizado pelo período diário composto pelas horas consecutivas e complementares ao horário de ponta e intermediário.

Os postos tarifários são aplicados aos dias úteis. Assim, nos fins de semana e feriados nacionais, todas as horas são consideradas fora de ponta. Em relação aos feriados, no total são considerados 11 feriados nacionais (ANEEL, 2022a).

2.3.1 Enquadramento tarifário do consumidor

De acordo com a nova resolução nº 1000 da ANEEL (2021), as unidades consumidoras do grupo B devem ser enquadradas nas modalidades tarifárias convencional, que são de forma compulsória e automática para todas as unidades consumidoras, ou na horária branca, que é opcional para os consumidores, sendo vedada a aplicação para unidades consumidoras, de baixa renda da classe residencial, da classe iluminação pública, e faturada pela modalidade de pré-pagamento.

A unidade consumidora pertencente ao grupo A requer a classificação em modalidades tarifárias específicas, sendo que, em casos de tensão de conexão igual ou superior a 69 kV, a modalidade horária azul é aplicável. Para tensões de conexão inferiores a 69 kV, o consumidor tem a opção de escolher entre as modalidades horária azul ou verde, conforme sua preferência.

Nas modalidades tarifárias do Grupo A, aplicam-se os horários de ponta e fora de ponta. E na Tarifa Branca aplicada ao Grupo B, aplicam-se os três postos tarifários: ponta, intermediário e fora de ponta.

2.4 Bandeiras tarifárias

O sistema de bandeiras tarifárias é um sistema que faz a indicação do aumento que terá no valor da tarifa, criado em 2015, o projeto tem como meta sensibilizar o consumidor acerca do efetivo consumo energético, proporcionando-lhe uma compreensão detalhada dos custos associados à produção de energia. Essa iniciativa visa, por conseguinte, auxiliá-lo na gestão eficiente de suas despesas, especialmente em períodos de elevação nos preços da energia, caracterizados por momentos de crise no setor. Esse sistema é mantido e fiscalizado pela ANEEL. As bandeiras tarifárias que estão atualmente em vigência anualmente no Brasil são:

- **Bandeira verde:** Condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofrerá nenhum acréscimo.

- Bandeira amarela: Condições de geração são menos favoráveis. A tarifa aplicará um acréscimo de R\$ 1,874 para cada 100 quilowatts-hora (kWh) consumidos.
- Bandeira vermelha - Patamar 1: As condições de geração são mais custosas. A tarifa aplicará um acréscimo de R\$3,971 para cada 100 quilowatts-hora (kWh) consumidos.
- Bandeira vermelha - Patamar 2: As condições de geração são ainda mais custosas. A tarifa aplicará um acréscimo de R\$9,49 a cada 100 quilowatts-hora (kWh) consumidos.
- Bandeira escassez hídrica: Criada para a seca de 2021, essa tarifa aplicará um acréscimo de R\$14,20 extras a cada 100 quilowatts-hora (kWh) consumidos.

Assim, as bandeiras tarifárias são fundamentadas em análises elaboradas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), incorporando informações relativas aos níveis de reservas, padrões de consumo e dados meteorológicos. Nesse contexto, o aumento tarifário é compartilhado por todos os consumidores integrados ao Sistema Interligado Nacional (SIN), excluindo-se apenas aqueles que utilizam sistemas isolados e estão isentos desse ajuste tarifário (BORTOLOTO, 2020).

2.5 Tributos cobrados

Na conta de energia elétrica são cobrados diversos tributos e encargos. De acordo com ANEEL (2022b), os principais tributos e encargos cobrados na conta de energia elétrica no Brasil, e que são considerados na tarifa, são formados por três custos distintos:

- Energia gerada.
- Transporte de energia até as unidades consumidoras (Transmissão e distribuição).
- Encargos setoriais.

Além do valor da tarifa, a conta de luz é composta por tributos cobrados pelos governos federal, estadual e municipal, que incluem o PIS (Programa de Integração Social), COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social), ICMS

(Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) e a Contribuição para Iluminação Pública (CIP). É importante destacar que esses encargos e tributos não são estabelecidos pela ANEEL, mas sim definidos por leis. Alguns deles incidem somente sobre os custos de distribuição, enquanto outros estão inclusos nos encargos de geração e transmissão de energia.

Portanto, ao receber a conta de luz, o consumidor paga pela aquisição de energia, pela transmissão (custos da transmissora) e pela distribuição (serviços prestados pela distribuidora), além dos encargos setoriais e tributos. Para obtenção do cálculo tarifário, os gastos da distribuidora são divididos basicamente em duas parcelas:

- Parcela A: Que inclui a compra de energia, transmissão e encargos setoriais.
- Parcela B: Que diz respeito à distribuição de energia, manutenção da rede de distribuição, atendimento ao cliente e investimentos em infraestruturas.

Dessa forma, ambas as parcelas são definidas pela ANEEL e são atualizadas anualmente, levando em consideração diversos fatores como a inflação e os gastos da energia elétrica.

2.6 Grupo Motor Gerador (GMG)

Quando tem-se aplicações do Grupo Motor Gerador (GMG) acionado por um motor à combustão diesel, geradores síncronos são acoplados diretamente no eixo do motor (ROSA; LIMA, 2020).

Os motores Diesel são equipamentos que realizam a conversão de energia térmica em energia mecânica através da combustão interna. Seu nome é uma homenagem ao seu inventor, Rudolf Diesel, um engenheiro nascido em Paris que desenvolveu a primeira versão do motor na Alemanha entre os anos de 1893 e 1898. Foi em 17 de fevereiro de 1897 que o primeiro teste oficial de um motor Diesel ocorreu, na Maschinenfabrik Augsburg (PEREIRA, 2005).

De acordo com a explicação de Silva e Barradas (1980, p.214), a capacidade do motor está diretamente relacionada ao tamanho de sua instalação, pois sua alimentação é feita a partir do acoplamento do alternador ao motor. Em virtude da utilização de alternadores que fornecem tensões constantes com frequência fixa, como é o caso dos alternadores de 4 pólos, a velocidade do motor deve ser ajustada

para corresponder à rotação do alternador, que é de 1800 rpm de acordo com as normas da TELEBRAS, independentemente da potência de saída. Por esse motivo, a rotação do motor Diesel fica limitada a 1800 rpm, correspondente à potência compatível do alternador utilizado para acioná-lo.

Tais vantagens quando somadas à sua mecânica simplificada e a economia dos gastos de combustível, torna o emprego do Motor Diesel vantajoso em sistemas estacionários. Portanto, tendo em vista que o Motor Diesel utiliza a energia térmica para transformá-la em energia mecânica pelo processo de combustão interna, e ainda, utiliza o óleo Diesel como elemento combustível a fim de se obter a energia térmica, tendo a sua finalidade no sistema de energia em acionar um gerador de corrente alternada trifásico com acoplamento elástico, constituído Grupo Motor Gerador de corrente alternada (ALVES *et al.*, 2015).

O sistema de geração onde engloba grupos geradores com o seu modo de operação basicamente é classificado de três formas:

- Modo de operação contínuo: Onde a geração tende a suprir toda a demanda de energia, utilizados todo o tempo. Geralmente o modo de operação contínuo é utilizado em sistemas isolados onde não há rede elétrica da concessionária.
- Modo de operação stand-by: É utilizado geralmente como um sistema de emergência, onde ele entra em operação suprimindo a energia quando ocorre falha na rede elétrica por parte da concessionária.
- Modo de operação prime: É utilizado em operação em horários programados, como por exemplo o horário de ponta, com o objetivo de diminuir gastos tarifários. Além disso, o modo prime também engloba a operação de emergência em casos de falhas na rede.

2.6.1 Alternador Trifásico

Segundo Maciel e Coraiola (2010), máquinas síncronas podem executar o processo de conversão de energia em ambos os sentidos, ou seja, essa conversão pode ocorrer tanto a partir da energia mecânica em energia elétrica, fazendo com que o alternador funcione como um gerador elétrico, quanto a partir da energia

elétrica em energia mecânica, permitindo que a máquina síncrona opere como um motor elétrico.

A energia mecânica utilizada pelo alternador é fornecida pelo motor Diesel através de um acoplamento elástico entre seus eixos. Uma das partes do alternador é o elemento rotor que gira à mesma rotação do eixo do motor Diesel (no Brasil padronizada para uma frequência de 60Hz ou 1800 rpm com 4 polos), para induzir por acoplamento magnético tensão CA nas partes fixas do alternador denominado estator. Além do estator e do rotor tem-se o elemento excitador que é indispensável para o funcionamento do alternador. O excitador é uma fonte de corrente contínua variável, que alimenta o campo de excitação do alternador variando a corrente de excitação deste campo de acordo com a carga, e mantendo a tensão de saída constante (ALVES *et al.*, 2015).

2.6.2 Unidade de Supervisão de Corrente Alternada - USCA

De acordo com Silva e Barradas (1980), define-se que USCA (Unidade de Supervisão de Corrente Alternada) tem como principal função efetuar o comando, a medição, a sinalização e a proteção da fonte CA. É composta por um módulo microprocessado, o qual tem a função de monitorar os sinais enviados pelos sensores do motor estacionário, as anomalias da rede elétrica e controlar a partida e parada do grupo gerador tanto em modo manual como em modo automático.

Silva e Barradas (1980) explica que para assegurar o fornecimento de energia elétrica aos consumidores que utilizam corrente alternada, a USCA é responsável por controlar e supervisionar cada uma das fontes de energia CA do sistema. Isto é realizado de forma individual e automática, ou seja, para cada fonte existe um conjunto de circuitos e dispositivos auxiliares, que realizam sua medição, sinalização, comando e proteção. Sua lógica é alimentada pelo sistema de suprimento de corrente contínua visando manter sua operação ininterrupta. Permitindo à USCA monitorar as fontes de energia CA disponíveis mesmo em casos de interrupção da concessionária. A USCA é capaz de realizar os comandos para transferência das cargas para o grupo gerador, bem como o retorno delas para o suprimento da concessionária. Além disso, ela também recebe sinalização dos disjuntores motorizados e pode também comandá-los. Além de ter a capacidade de os retificadores também poderem ser comandados a partir desta unidade. No caso

específico do retificador reserva, por exemplo, a USCA está programada para mantê-lo fora de operação quando o sistema for alimentado pelo grupo gerador (ALVES *et al.*, 2015).

Atualmente existem dois tipos de USCA:

- USCA de grupo: usada em sistemas denominados tipo A, onde as fontes CA são formadas exclusivamente por grupos geradores. Onde consegue-se supervisionar partida do motor, pressão do óleo lubrificante do motor, tensão (V) e frequência (Hz) do alternador, sobrecarga nos consumidores, nível de combustível no tanque, grupo em funcionamento, barramento de saída alimentado, tensão de fase e de linha (V), correntes de fase (A), potência ativa (kW), potência reativa (kVAr), potência aparente (kVA), fator de potência, tensão na bateria do motor, tempo de funcionamento, número de partidas, rotações por minuto do motor (RPM) dentre algumas outras funções restantes;
- USCA de rede ou QTA: usada em sistemas denominados tipo B, onde a fonte de CA é formada pela rede comercial tendo grupos geradores como fontes reservas. Podendo supervisionar algumas variáveis que são registradas e sinalizadas de forma visual na USCA, como a tensão e frequência da rede, sobrecarga nos consumidores, tensão de fase e de linha (V), correntes de fase (A), potência ativa (kW), potência reativa (kVAr) e potência aparente (kVA);

Portanto, pode-se dizer que a finalidade da USCA é assegurar a alimentação de energia em CA para os diversos consumidores, mantendo-se dentro dos parâmetros pré-estabelecidos de tensão, corrente e frequência. Tanto a USCA de rede quanto a de grupo podem ser utilizadas para monitorar e controlar o desempenho do motor diesel. Contudo, a USCA de grupo possui funções adicionais, como a supervisão dos níveis de tensão, corrente e frequência, além de realizar o controle de outros eventos relacionados ao desempenho do motor diesel (ALVES *et al.*, 2015).

A função principal do módulo de controle consiste em receber dados de outros módulos da USCA que compõem o sistema de controle e, a partir desses

dados, processar e determinar quais saídas devem ser geradas pelo módulo de comando. Estas saídas se caracterizam de acordo com cada tipo de USCA:

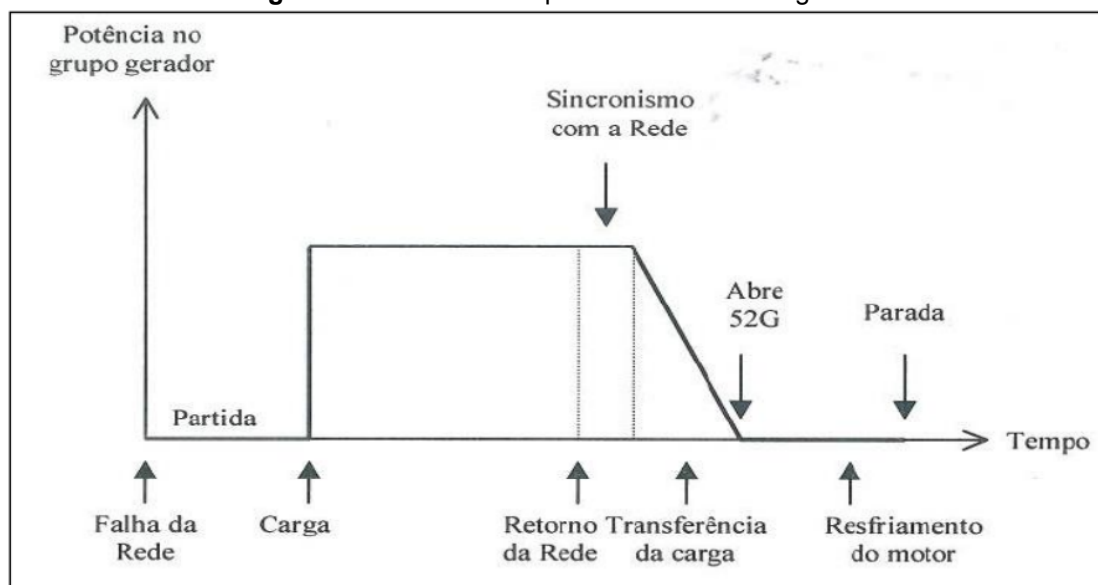
- USCA de Grupo: Conecta e desconecta o grupo em funcionamento ao barramento de saída para manter o grupo em funcionamento. Parte o grupo principal e desabilita a alimentação de CA ao consumidor, e também inicia os procedimentos de partida do grupo reserva, (através do módulo de controle da USCA do outro grupo).
- USCA de Rede: Conecta e desconecta a rede do barramento de saída e impede a alimentação de CA ao consumidor, e também inicia os procedimentos de partida do grupo reserva, (através do módulo de controle da USCA do outro grupo).

2.6.3 Quadro de Transferência Automática - QTA

QTA é um quadro com dispositivos de controle e proteção das fontes CA. Ele é essencial para todas instalações que utilizam fontes de energia alternativa, necessita obrigatoriamente de uma chave reversora ou comutadora de fonte para a transferência de energia, onde deve-se atender às principais especificações industriais. Quando programado para operar em modo automático, o QTA comuta imediatamente a interrupção do sinal externo (rede elétrica) e aciona um relé auxiliar que ativa a partida do Grupo Gerador e reabastece todo o circuito elétrico. O painel também efetua o bloqueio automático em caso de falhas, objetivando a preservação do Grupo Gerador de energia. Portanto, para atender a esta função são utilizadas chaves reversoras com comandos elétricos que são constituídas por pares de contadores ou disjuntores motorizados. As chaves reversoras devem possuir intertravamento mecânico por exigência das concessionárias de energia. Adicionalmente nas chaves com acionamento elétrico, são utilizados contatos auxiliares para propiciar o intertravamento elétrico. Assim, as concessionárias de energia exigem que os circuitos sejam independentes e não permitam qualquer interligação com a rede alimentada por ela (ALVES *et al.*, 2015).

Existem dois tipos de transferências, que são:

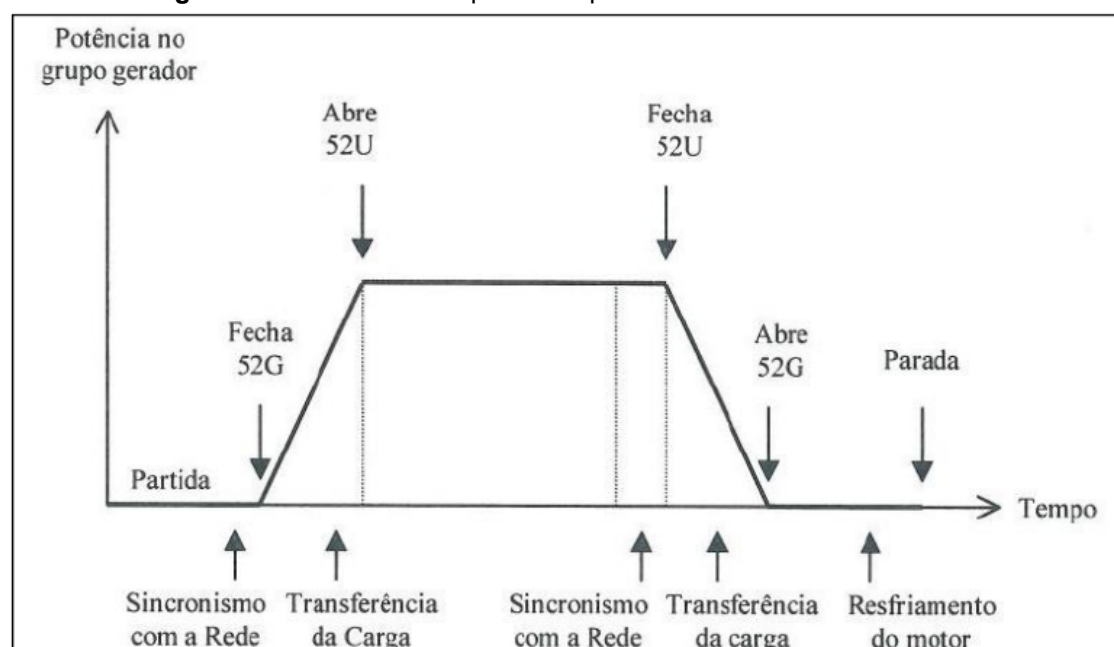
- **Transferência Aberta:** Neste tipo de transferência, a trava mecânica impede que a ação de dois contadores se fechem simultaneamente. Dessa forma, as bobinas dos contadores K1 e K2 são Intertravadas eletricamente por meio de contatos ou relés auxiliares, para evitar a alimentação de ambos os contatos ao mesmo tempo. Adicionalmente, podem ser instaladas lâmpadas de sinalização para indicar o estado da chave de transferência. Nos sistemas automáticos, os contatos de relés que são comandados pelo sistema de controle executam as funções de ligar/desligar a rede e o gerador. Para a operação automática do sistema, os sensores de rede são instalados para detectar falhas de tensão e frequência e acionar um contato para a partida do grupo gerador. Esses sensores devem permitir ajustes nos seus parâmetros, incluindo o tempo de confirmação de falhas, para evitar acionamento desnecessário do grupo gerador devido a picos instantâneos de tensão (ALVES *et al.*, 2015).
- **Transferência Fechada com Rampa de Carga:** Esse processo de transferência ocorre em paralelo com a rede, sobre monitoramento de transformadores de corrente que realizam medições do fluxo de energia que circula e controlam o sistema de combustível do motor. Assim, a transferência é realizada com o sincronismo do grupo gerador com a rede e em seguida as chaves de paralelismo são fechadas. O paralelismo é responsável por controlar e verificar a tensão, frequência e sequência de fases do grupo gerador. E em caso de falha na rede, o grupo gerador é acionado de forma emergencial.

Figura 4 - Partida do Grupo Gerador em Emergência

Fonte: Pereira; José Cláudio(2005, p.121)

A Figura 4 representa o acionamento do gerador quando há falha na rede, e assim o gerador assume a carga.

No entanto, se o grupo gerador for acionado com a rede presente no horário de ponta, vamos ter a seguinte análise de acordo com a Figura 5.

Figura 5 - Partida em Rampa do Grupo Gerador com Rede Presente

Fonte: Pereira; José Cláudio(2005, p.121)

Portanto, o sistema monitora o fluxo de corrente para manter a quantidade de combustível ideal para evitar que no momento do fechamento da chave de paralelismo 52G, o grupo gerador não entre em carga ou seja acionado pela rede. Assim, quando fechado 52G, a transferência de carga é feita gradualmente, em uma taxa que aumenta em kW por segundo, sem ultrapassar a potência do gerador. Além disso, o grupo gerador pode ser utilizado em paralelo com a rede elétrica para fornecer energia excedente à demanda imposta para a rede. Também o grupo gerador pode ser utilizado em paralelo com a rede para geração de potência reativa (kVAr), porém, nesta condição, o sistema de controle deverá ser programado para operar sob fator de potência constante e promover a variação da excitação do alternador, fazendo assim gerar a potência reativa. Para a geração de potência ativa o sistema irá atuar sobre o governador de rotações, assim o sistema controla a dosagem de combustível, mantendo a rotação constante e variando a quantidade de kW fornecidos às cargas (ALVES *et al.*, 2015).

2.6.4 Grupo Gerador DCCO

O IFTO - Campus Palmas optou pela obtenção do grupo gerador da empresa DCCO Soluções em Energia e Equipamentos LTDA. A DCCO oferece uma ampla gama de Geradores de Energia Cummins, que variam em potência de 25 a 4.375 kVA, podendo ser utilizados em situações de stand-by, contínua ou durante o horário de ponta.

Esses geradores são adequados para diversas áreas, incluindo agronegócio, construção, mineração, saúde, telecomunicações, entre outros. Além disso, DCCO tem uma representante em Palmas-TO, dessa forma acaba facilitando a comunicação e manutenção da empresa com o cliente.

O grupo gerador instalado no campus é um C500D6, onde no modo stand-by tem-se 625 kVA de potência, e 569 kVA de potência no modo prime. Foram obtidos dados técnicos do grupo gerador utilizado no Campus Palmas, disponibilizado no site do próprio fabricante onde encontra-se o manual com os dados. Alguns desses dados são:

- Performance do Grupo Gerador: A tensão de saída com variação de $\pm 1\%$ será mantido o fator de potência entre 0,8 e 1,0. Essa mesma variação de

tensão é mantida nas condições de qualquer nível de carga entre vazio e plena carga, e com a queda de rotação de até 4,5%.

- Dados técnicos do modelo:

Tabela 1 - Dados técnicos do grupo gerador instalado

Dados Técnicos	C500D6
Alternador - Regulação de voltagem	± 1,0%
Potência em Standby	625 kVA / 500 kW
Alternador - Classe de isolamento	H
Potência em Prime	569kVA / 455kW
Grau de Proteção	IP 23
Consumo de Combustível a 100% de carga(Standby)	130 L/h
Consumo de Combustível a 100% de carga (Prime)	115 L/h
Capacidade de óleo lubrificante	83 L
Capacidade de líquido de arrefecimento (somente o motor)	24 litros
Regulador de Velocidade/Classe	Eletrônico
Capacidade de líquido de arrefecimento (motor + radiador)	58 litros
Temperatura de escape (Prime)	468°C
Vazão de gases de escape (Prime)	1510 L/s
Vazão de ar do radiador	11,8 m³/s
Consumo de ar para combustão	730 L/s
Capacidade da Bateria	150 A/h (2x)
Mínima abert. de entrada ar na sala	2,24 m²
Mínima abert. de saída de ar na sala	1,49 m²
Rotação	1800 rpm
Capacidade do tanque da base	500 litros

Fonte: Adaptação de DCCO (2011).

Figura 6 - Grupo gerador instalado no Campus Palmas



Fonte: Autoria própria (2023).

O grupo gerador instalado no Campus Palmas possui toda a estrutura e montagem necessária para um bom funcionamento, como ilustrado na Figura 6, com isso inclui-se QTA (Quadro de Transferência Automática) e USCA (Unidade de Supervisão de Corrente Alternada).

2.6.4.1 Garantia, assistência técnica e oficina

A DCCO detém todo o conhecimento necessário para realizar a manutenção do seu grupo gerador. Além disso, oferecem a oportunidade de evitar despesas imprevistas com o equipamento por meio dos contratos de manutenção para grupos geradores.

Disponibilizam uma equipe técnica especializada, que realiza manutenções planejadas e previamente agendadas para garantir que o gerador funcione corretamente. Oferecem diferentes tipos de contratos que podem ser escolhidos de acordo com as suas necessidades com inclusão de peças preventivas ou específicas para serviços.

O grupo gerador que está instalado no campus faz parte de um sistema de garantia contida em seu manual, onde tem a garantia de 2 anos para Stand-by ou 1 ano na modalidade Prime. Tem a opção de garantia estendida de 5 anos para Stand-by, garantia estendida de 2 anos ou 6000 horas na modalidade Prime (DCCO, 2023).

2.8 Combustível diesel

O diesel é um combustível fóssil derivado do petróleo, utilizado principalmente em motores de combustão interna para gerar energia mecânica. Esse combustível é composto principalmente por hidrocarbonetos, com pequenas quantidades de enxofre, oxigênio e nitrogênio.

Uma das principais características do diesel é o seu alto poder calorífico, que é a quantidade de energia liberada quando o combustível é queimado. Em média, o poder calorífico do diesel (S10) é de cerca de 45,5 MJ/L (CARDOSO; RODRIGUES, 2015). Esse alto poder calorífico é uma das razões pelas quais o diesel é frequentemente utilizado em motores de veículos pesados, como caminhões e ônibus, que precisam de combustível eficiente para mover grandes cargas, e também em grupo gerador para suprir energia.

O óleo diesel, em relação a adição de biodiesel, de acordo com a Petrobras (2021) classificam-se em:

Óleo diesel A: É produzido por meio de processos de refino de petróleo e processamento de gás natural, sem adição do biodiesel.

Óleo diesel B: É obtido por meio da adição de biodiesel ao diesel A, seguindo as exigências da legislação atual.

Para atender às diferentes necessidades de uso, são especificados quatro tipos básicos de óleo diesel, para uso em motores de ônibus, caminhões, carretas, veículos utilitários, embarcações marítimas, etc.

Dos tipos, são os destinados a veículos de uso rodoviário, como Óleo Diesel S10 e Óleo Diesel S500, e os destinados a uso não rodoviário, como Óleo Diesel não Rodoviário (S1800) e Óleo Diesel Marítimo. O Óleo Diesel S10 possui no máximo 10 mg/kg de enxofre total, sendo indicado para veículos homologados segundo os critérios da fase P7 do PROCONVE. Já o Óleo Diesel S500, possui no máximo 500 mg/kg de enxofre total.

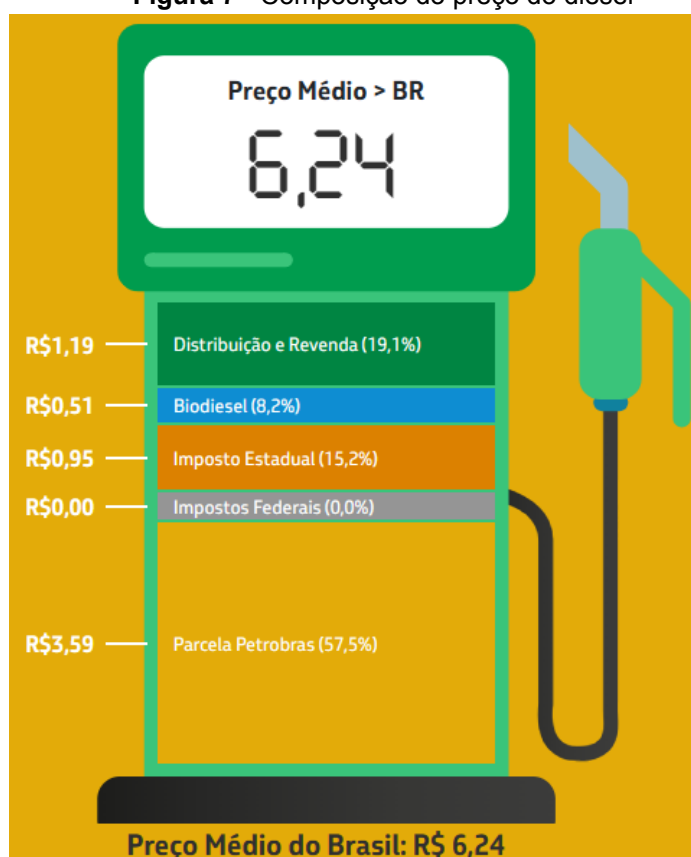
Por outro lado, o Óleo Diesel não Rodoviário (S1800) é utilizado em atividades como geração de energia (usinas termelétricas), transporte ferroviário e mineração a céu aberto. Esse tipo de diesel apresenta um teor máximo de 1800 mg/kg de enxofre. Já o Óleo Diesel Marítimo é destinado a atender embarcações e é produzido com a característica de Ponto de Fulgor acima de 60°C, por questões de segurança.

No entanto, nos grupos geradores, é comum a utilização do diesel S500, também conhecido como diesel comum. Esta escolha se justifica, em parte, pela sua refinada composição e densidade, conferindo-lhe um potencial de queima e poder calorífico superiores ao diesel S10. Ao contrário do diesel S10, caracterizado por uma maior viscosidade, o diesel S500 é menos propenso à oxidação quando em repouso, evitando assim possíveis danos ao motor e ao tanque de combustível. Diante desse contexto, o IFTO - Campus Palmas continua adotando o diesel S500 para alimentar o grupo gerador, garantindo eficiência e preservação do sistema.

2.9 Composição do preço do diesel

A Petrobras é responsável por uma parte do valor do combustível, mas outros fatores entram no cálculo do valor que chega até o consumidor final.

Figura 7 - Composição do preço do diesel



Fonte: Petrobras (2023)

A Petrobras elaborou um relatório utilizando informações da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), que se baseiam nos preços médios do diesel S-10 da Petrobras (diesel A) e os preços médios do diesel S-10

para consumidores finais (diesel B) nos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal. Essa análise considera a adição obrigatória de 12% de biodiesel (PETROBRAS, 2023).

Dessa forma, como observado na Figura 7, pode-se dizer que o preço do diesel é composto por diversos fatores, incluindo:

- Preço do petróleo bruto: O petróleo é a principal matéria-prima para a produção do diesel. Portanto, o preço do diesel é influenciado pelo preço do petróleo no mercado internacional.
- Câmbio: Como o petróleo é cotado em dólares, a taxa de câmbio também afeta o preço do diesel. Quando o dólar está valorizado, o preço do diesel tende a subir.
- Impostos: Os impostos, como o ICMS e o PIS/Cofins, representam uma parte significativa do preço do diesel no Brasil. Esses impostos são cobrados tanto na produção quanto na distribuição do combustível.
- Custo de produção: O custo de produção do diesel, incluindo o refino e a adição de aditivos, também é um fator importante na formação do preço do combustível.
- Lucro dos distribuidores: As distribuidoras de combustíveis também adicionam uma margem de lucro ao preço do diesel para cobrir seus próprios gastos e obter lucro.
- Logística: O transporte e armazenamento do diesel até os postos de combustíveis também afeta o preço final do combustível.
- Demanda e oferta: A oferta e demanda por diesel também pode afetar o preço do combustível. Quando a demanda é alta e a oferta é limitada, o preço tende a subir.

2.10 Parâmetros econômicos

Parâmetros econômicos utilizados avaliam-se a viabilidade financeira de um projeto ou investimento. Com a grande variação do valor do combustível diesel e das tarifas nos últimos anos, deve-se ter consciência para fazer ou manter bons investimentos, assim como por exemplo, o planejamento de manter a utilização de um grupo gerador utilizando-o no horário de ponta para mitigar o alto valor do kWh da concessionária para o grupo tarifário verde, englobando todos os custos e tributos atuais.

Alguns parâmetros econômicos são importantes para auxiliar na tomada de decisão sobre a utilização de um investimento, permitindo avaliar a sua rentabilidade e compará-lo com outras opções disponíveis no mercado. Entre os principais parâmetros econômicos estão incluídos:

- O custo do diesel: Avaliou-se o custo do diesel, que é um dos principais insumos para o funcionamento do gerador. Pois as mudanças nos preços do diesel podem impactar significativamente a viabilidade econômica.
- Tarifas de energia elétrica: Analisou-se as tarifas de energia elétrica praticadas pela concessionária durante o horário de ponta.
- Consumo de combustível do gerador: Calcula-se o consumo de combustível do gerador durante o horário de ponta. Esse valor está diretamente relacionado ao gasto operacional do equipamento.
- Eficiência do gerador: Considerou-se a eficiência do gerador na conversão de combustível em eletricidade. Dessa forma, geradores mais eficientes podem resultar em menores despesas operacionais.
- Custo de manutenção: Estimou-se os custos de manutenção do gerador, incluindo serviços preventivos e corretivos. Com isso, equipamentos bem mantidos tendem a ter menor impacto nos encargos operacionais.

- Análise de custos-benefícios: Realizou-se uma análise de custos-benefícios completa, comparando os gastos associados ao uso do gerador com os benefícios esperados, como a economia de despesas durante o horário de ponta.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Carga gerada pelo gerador

Para a realizar o estudo de viabilidade necessita-se de algumas informações que entraram como variáveis nesse quesito. Dessa forma, para obtenção desses dados, utilizou-se o controlador do gerador, que armazena históricos de funcionamento do gerador, como por exemplo, total de horas ligadas, números de partidas, potência gerada até o momento atual e dentre outras informações.

No entanto, o engenheiro encarregado do monitoramento do grupo gerador do IFTO - Campus Palmas faz a coleta dos dados diariamente, consegue-se ter amostras diárias sobre as horas de funcionamento, consumo e energia gerada pelo gerador de um dia para o outro, desenvolvendo assim uma planilha de dados, coletados desde 2019 até atualmente em 2023, com grande parte das informações que conseguem-se obter através do controlador, ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Controlador do gerador DCCO do IFTO Campus - Palmas



Fonte: CUMMINS (2023).

Portanto, os dados necessários de suma importância para o estudo de viabilidade, e que são coletados e analisados tanto da planilha quanto diretamente

do controlador são: Horas de funcionamento, energia gerada em kWh nas devidas amostras e consumo do litro de diesel.

3.2 Carga Consumida pelos blocos (14, 15, 16 e 17)

Para realizar os cálculos da viabilidade em relação aos blocos de salas de aula, é necessário obter a carga que é consumida neles. Esses dados foram obtidos com o analisador de energia PQ-600 da ims, representado na Figura 9, equipamento que foi emprestado pela empresa Ensercon para fins acadêmicos no IFTO.

Com isso, obtém-se o consumo de energia da subestação onde instalou-se o analisador. Programando-se a instalação para ocorrer por 7 dias e 7 horas, iniciando na segunda às 00:00 e finalizando na outra segunda às 7:00. Obteve-se as análises como: Consumo em kWh do tempo em que foi instalado, demanda em kW, carga em kVA e kVAr, dentre outros tipos diversos de dados.

Figura 9 - Analisador de energia ims PQ-600



Fonte: Autoria própria (2023)

3.3 Carga Consumida pela biblioteca

Para realizar os cálculos da viabilidade em relação ao acoplamento da carga da biblioteca para a subestação onde o grupo gerador está atualmente instalado,

necessita-se seguir o mesmo procedimento realizado na subestação dos blocos de salas de aula. Realizou-se na subestação da biblioteca, portanto, a medição da carga que é consumida por ela. E da mesma forma, para a coleta, utilizou-se o analisador de energia PQ-700 da ims ilustrado na Figura 10.

Com isso, obteve-se o consumo de energia da subestação onde instalou-se o analisador. Do mesmo modo, instalou-se nos mesmos horários que o PQ-600 na subestação dos blocos, ou seja, iniciado na segunda às 00:00 e finalizado na outra segunda às 7:00, a fim de fazer com que os dois analisadores registrem os dados das cargas de ambas subestações nos mesmos horários dos mesmos dias.

Figura 10 - Analisador de energia ims PQ-700



Fonte: Autoria própria (2023)

3.4 Valor atual do diesel

Para obter informações sobre o preço do diesel para o gerador, utiliza-se o site do Procon Tocantins. Esse site exibe os preços praticados pelos postos de todas as regiões de Palmas, separando eles por tipos de combustíveis.

A Figura 11 mostra uma pesquisa realizada em 23/10/2023. Essas pesquisas sobre os preços dos combustíveis são conduzidas periodicamente. Na imagem, os preços estão listados por região, e foram selecionados os preços da região Sul, que é a mais próxima do IFTO, considerando que foi obtida a informação que o campus

abastece no posto Verão da região Sul. Assim, como o Diesel utilizado pelo grupo gerador do Campus Palmas é referente ao S500, usa-se como foco a coluna referente à “Diesel”. O número destacado em verde representa o menor preço do diesel encontrado nesta pesquisa.

Figura 11 - Pesquisa do preço do combustível em Palmas 23/10/2023



Pesquisa Preço Combustível - Palmas - Data: 23/10/2023

POSTO	BANDEIRA	LOCALIZAÇÃO	PRODUTOS/PREÇO/LT				
			Gasolina	G.Aditivada	Etanol	Diesel	D-S10
		Região Sul					
Petrolíder 75 - 99284-7467/ 99279-7280	BAND. BRANCA	712 Sul - TO 050	6,05	6,05	4,18	*	*
Auto Posto Eldorado 4 - 3225-4849	BR	Saida P/ Aparecida do Rio Negro	6,00	6,07	4,18	5,89	6,09
Auto Posto Cantão - 3217-4010	SHELL	Próximo Rodoviária - 112 Sul	6,08	6,48	4,19	5,89	6,19
Super Posto Líder - 3322-6722/ 99281-7737	BAND. BRANCA	1006 Sul, Av. NS 10, Lote 01	6,05	6,15	4,19	*	6,39
Rodoposto - 3228-9090/ 992268315	BR	TO 050 - Próximo viaduto Rodoviária	5,85	5,85	4,29	5,99	6,25
Posto San Marino - 3216-6600/ 99203-0250/ 98443-	BAND. BRANCA	806 Sul - NS 10 - ARSE 82 (Matriz)	6,05	6,15	4,19	*	6,49
Posto Sagres - 98445-1376	BAND. BRANCA	Conj. 02 - Qd. 1401 Sul Av. Lo 33, Lt 01	5,95	*	3,95	6,35	6,39
Posto Rodopetro- 98425-1436	BAND. BRANCA	Q.1112 Sul AV. LO 27	6,00	6,00	4,18	6,14	6,34
Petrolíder 112- 99284-7467	BAND. BRANCA	1106 Sul - NS 4	6,05	6,05	4,18	*	5,99
Petrolíder Posto 71- 99284-7467	BAND. BRANCA	704 Sul - NS 4	6,05	6,05	4,18	*	5,99
Posto Autovia - 3224-5196/5699/984012740	BR	Av. Palmas Brasil	6,08	6,08	4,45	*	6,42
Posto Star - 3214-5352	BAND. BRANCA	604 Sul - NS 2	6,05	*	4,19	*	6,39
Petrolíder - 99284-1376	BAND. BRANCA	404 Sul - NS 2 - (ao lado do extra)	6,05	6,05	4,18	*	5,99
Posto Verão - 3219-6600	BR	402 Sul - Avenida LO 9 - Plano Diretor	6,08	6,18	4,29	6,42	6,92
Auto Posto 61 - 3026-2599	BAND. BRANCA	Qd. 603 Sul, Av NS 01	6,05	*	4,29	*	6,39
Perequeté - 98409-5011	BAND. BRANCA	612 Sul (Arse 75)	6,05	*	4,15	*	6,29
Auto Posto Araguaia - 3216-1202/9 9973-0245/ 3217-	SHELL	712 Sul Alameda 04 lote 61 QI- 03	6,05	6,45	4,19	6,09	6,29
Posto Central - 3217-2356	SHELL	602 Sul - Io 13 -lado Defensoria Pública	6,08	6,28	4,68	*	6,89
Posto J Ferro - 98435-4821/ 3216-1700	IPIRANGA	LO - 27 (ao lado da Eadcon)	5,85	*	4,59	*	6,49
Auto Posto Elite - 98124-8871/ 98418-6226/ 3217-1371	BR	804 sul, NS 04	6,08	6,22	*	6,20	6,67
Auto Posto Lago Sul - 99118-6996	IPIRANGA	501 Sul, Av. LO 11, conj. 02 11.24	6,29	6,39	4,69	*	6,49
Posto Gelo Sul - (99) 99970-0262	ALE	1103 s, av NS	6,00	*	4,03	*	6,01

Fonte: Procon (2023).

O IFTO não compra o combustível diretamente dos postos de gasolina. Trata-se de um contrato firmado exclusivamente do fornecimento de combustível, onde a empresa contratada fornece cartão magnético e sistema de gerenciamento de abastecimento de frota cobrando um percentual em cima do valor do combustível.

Além disso, nem todos os postos aceitam o cartão da contratada, assim o custo do combustível por meio da utilização do cartão é mais alto, pois o pagamento ao posto não é imediato como em um cartão de crédito comum. Isso encarece ainda mais o combustível. Por fim, o IFTO não tem permissão para transportar combustível, o posto deve entregá-lo no campus, que também contribui com o aumento do valor do combustível.

3.5 Valor da tarifa do Campus Palmas

O valor da tarifa do Campus Palmas pode ser facilmente consultado na fatura de energia da unidade consumidora. Para realizar os cálculos, é importante utilizar o valor da tarifa com tributos, que pode ser facilmente verificado na Figura 12 abaixo. A imagem apresenta uma conta referente ao mês de Outubro de 2023 da fatura de energia do IFTO Campus Palmas.

Figura 12 - Fatura de energia do IFTO Campus Palmas

REF: MÊS / ANO							
Outubro / 2023							
Itens da Fatura	Unid.	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	Valor (R\$)	PIS/ COFINS (R\$)	Base Calc. ICMS (R\$)	% Aliq. ICMS
Consumo em kWh - Ponta	KWH	20.619,90	3,193330	65.846,40	3.202,76	65.846,40	20
Consumo em kWh - Fora Ponta	KWH	121.630,74	0,411750	50.082,67	2.436,02	50.082,67	20
Energia Atv Injetada - Fora Ponta	KWH	61,32	0,393200	-24,11	-1,23	-19,56	20
Energia Reativa Exced em KWh - Fponta	UN	232,26	0,336610	78,18	3,80	78,18	20
Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	KW	621,60	55,020220	34.200,57	1.663,51	34.200,57	20
Demanda Potência Ativa - Ultrap - F Ponta	KW	81,60	110,040450	8.979,30	436,75	8.979,30	20

Fonte: Coordenação de Materiais e Patrimônio - Campus Palmas (2023).

3.6 Análises econômicas

A análise econômica foi realizada com o objetivo de analisar a viabilidade da utilização do grupo motor gerador atualmente em 2023, com o preço atual do diesel e do kWh no horário de ponta. Levando em consideração que todos os possíveis custos da implantação seja desconsiderado, pois o gerador já está implantado, porém considera-se as devidas manutenções mensais.

Obteve a análise do preço atual do diesel, e o quanto é gasto em litros por cada kWh consumido, comparando com o preço atual do kWh da concessionária. Dessa forma, analisou-se com o acoplamento da carga da biblioteca, as variações de gastos e consumos que resultam.

4 RESULTADOS

Os resultados apresentam-se em dois contextos, onde a análise econômica são representadas pelo contexto 1 e contexto 2. O Contexto 1 implica a utilização atual do gerador, onde estão incluídos os blocos 14, 15, 16 e 17. Já o contexto 2 é com o acoplamento de carga da biblioteca, com implantação já prevista. É realizada as duas análises para meios de utilização imediata do gerador, que no caso atualmente é o no contexto 1.

Para a elaboração dos resultados de viabilidade econômica do gerador, desenvolveu-se um algoritmo em excel, onde fica a critério do executor decidir o valor do diesel e do preço do kWh atual, fazendo o algoritmo calcular a viabilidade do cenário atual, assim as análises dos dados serão exibidas de maneira mais dinâmica.

4.1 Contexto 1

4.1.1 Dados de geração do GMG

No IFTO realiza-se um levantamento dos dados do grupo motor gerador do campus, que atualmente encontra-se acoplado aos blocos 14, 15, 16 e 17, em que um servidor responsável executa diariamente atualizações como por exemplo: kWh gerado da última geração, litros consumidos, tempo de operação e dentre outros diversos dados.

Tabela 2 - Dados do GMG - Campus Palmas

Data	Hora	Operação	D/S	Combustível			Energia						Litros por hora	Ignição		Energia Gerada
				Medida [cm]	Consumido	Restam	Horímetro	kWh (+)	kWh (-)	kVarh (+)	kVarh (-)	horas		Starts	Runs	
29/03/2023	08:31	Oper. Normal	Qua	19,00	77,47	432,90	1147,1	40.699	2	1.372	374	3,1	24,989	359	336	201 kWh
30/03/2023	13:36	Oper. Normal	Qui	15,80	72,91	359,99	1150,2	40.874	2	1.373	378	3,1	23,519	360	337	175 kWh
31/03/2023	07:18	Oper. Normal	Sex	11,60	95,69	264,29	1153,3	41.107	2	1.376	378	3,1	30,869	361	338	233 kWh
04/04/2023	07:21	Oper. Normal	Ter	8,00	82,02	182,27	1156,4	41.297	2	1.378	381	3,1	26,459	362	339	190 kWh
04/04/2023	10:50	Abastecimento	Ter	23,90	#VALOR!	544,54	1156,4	41.297	2	1.378	381		#VALOR!			
05/04/2023	08:20	Oper. Normal	Qua	21,30	59,24	485,30	1159,5	41.445	2	1.379	386	3,1	19,109	364	340	148 kWh
24/04/2023	08:27	Oper. Normal	Seg	21,30	0,00	485,30	1159,5	41.445	2	1.379	386	0,0	#VALOR!	364	340	0 kWh
25/04/2023	08:50	Oper. Normal	Ter	17,80	79,74	405,56	1162,6	41.660	2	1.383	388	3,1	25,724	365	341	215 kWh
28/04/2023	13:05	Oper. Normal	Sex	5,40	282,52	123,03	1171,9	42.426	2	1.406	390	9,3	30,379	368	344	766 kWh
02/05/2023	14:00	Abastecimento	Ter	10,00	#VALOR!	227,84	1171,9	42.426	2	1.406	390		#VALOR!			
03/05/2023	07:20	Oper. Normal	Qua	6,00	91,14	136,70	1175,0	42.630	2	1.408	392	3,1	29,399	369	345	204 kWh
03/05/2023	10:00	Abastecimento	Qua	23,60	#VALOR!	537,70	1175,0	42.630	2	1.408	392		#VALOR!			#VALOR!
12/05/2023	07:31	Oper. Normal	Sex	1,80	496,69	41,01	1224,9	44.022	2	1.447	394	49,9	9,954	374	350	1.392 kWh
12/05/2023	11:10	Abastecimento	Sex	23,00	#VALOR!	524,03	1224,9	44.022	2	1.447	394		#VALOR!			
24/05/2023	07:25	Oper. Normal	Qua	23,00	0,00	524,03	1224,9	44.022	2	1.447	394	0,0	#VALOR!	376	351	0 kWh
25/05/2023	13:02	Oper. Normal	Qui	19,00	91,14	432,90	1228,0	44.280	2	1.454	394	3,1	29,399	377	352	258 kWh
31/05/2023	13:09	Oper. Normal	Qua	6,00	296,19	136,70	1237,3	45.056	2	1.473	397	9,3	31,849	380	355	776 kWh
01/05/2023	10:30	Abastecimento	Seg	24,40	#VALOR!	555,93	1237,3	45.056	2	1.473	397		#VALOR!			
05/06/2023	07:20	Oper. Normal	Seg	20,70	84,30	471,63	1346,7	45.297	2	1.479	397	109,4	0,771	383	357	241 kWh
07/06/2023	13:24	Oper. Normal	Qua	16,00	107,08	364,54	1352,9	45.795	2	1.489	399	6,2	17,272	386	359	498 kWh
03/07/2023	07:30	Oper. Normal	Seg	15,60	9,11	355,43	1353,6	45.796	2	1.489	400	0,7	13,019	394	367	1 kWh

Fonte: Coordenação de Patrimônio IFTO (2023)

Utiliza-se a Tabela 2 como referência para calcular uma nova variável que será utilizada nos cálculos, no caso, o kWh/L. Realizou-se a filtragem da tabela total dos dados, onde buscou-se interessar apenas nas medições em que o próprio gerador tenha operado por 3 horas, que é o tempo de funcionamento do horário de ponta. Portanto, na Tabela 2 consegue-se observar em “horas” que o tempo de funcionamento bastante aproximado do horário de ponta é o 3,0 - 3,2 horas, onde provavelmente o tempo a mais que é considerado seja de resfriamento no momento de desligamento às 21 horas.

Calcula-se, a média do kWh/L que o gerador consumiu em todo o seu tempo de funcionamento, de 2019 até 2023, utilizando-se a seguinte equação:

$$Média \text{ kWh/L} = \frac{\Sigma \text{ kWh referente à 3,1 horas}}{\Sigma \text{ Litros referente à 3,1 horas}} \quad (7.0)$$

Tabela 3 - Tabela simplificada da filtragem

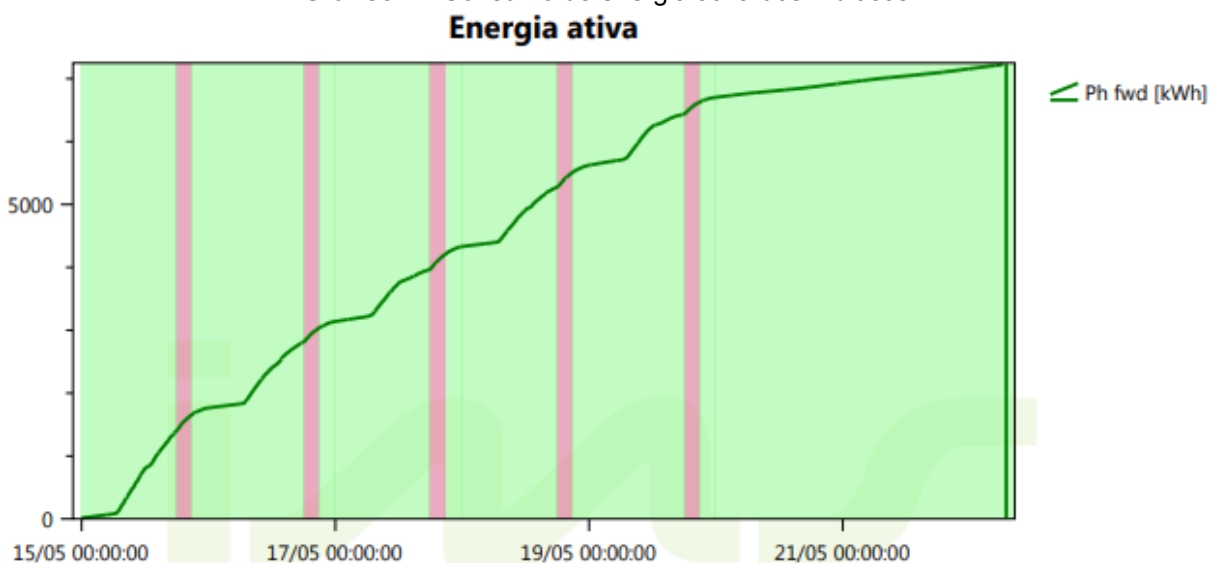
	Horas	KWh	Litros		
18/09/2019	---	---	---	Kwh/L	media kWh/L
19/09/2019	3,1	465,00	159,49	2,915543	2,679
20/09/2019	3,2	445	141,26	3,150219	
21/09/2019	3,2	364	136,7	2,662765	
24/09/2019	3,2	449	143,54	3,128048	
25/09/2019	3,1	423,00	125,31	3,375628	
26/09/2019	3	427	141,26	3,022795	
27/09/2019	3,1	382,00	125,31	3,04844	
28/09/2019	3	343	123,03	2,787938	
01/10/2019	3,1	353,00	120,76	2,923153	
02/10/2019	3,1	292,00	97,97	2,980504	
03/10/2019	3,2	289	100,25	2,882793	
04/10/2019	3,1	347,00	125,31	2,769133	
05/10/2019	3	176	72,91	2,413935	
08/10/2019	3,1	407,00	143,54	2,835447	
09/10/2019	3,1	258,00	97,97	2,633459	

Fonte: Autoria própria (2023)

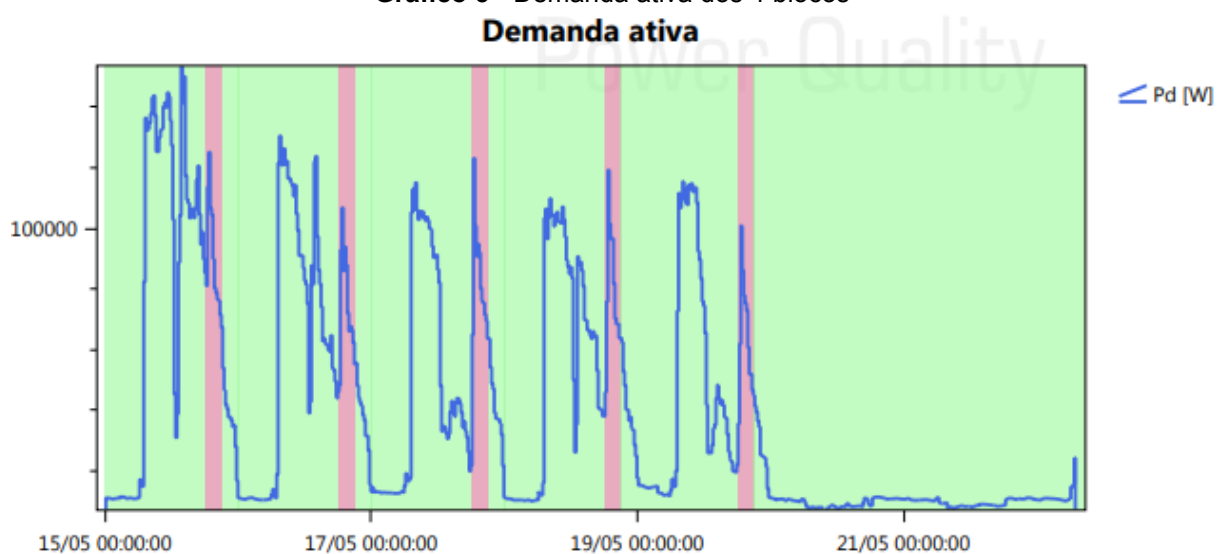
A Tabela 3 mostra de forma simplificada, onde utilizou-se 72 amostras no total, em todo o período de funcionamento do GMG de 2019 até julho de 2023, onde a média do kWh/L que será utilizado, resulta em 2,679 kWh/L de consumo do combustível diesel.

4.1.2 Dados de consumo da rede

Com o auxílio da utilização dos analisadores de energia para adquirir o consumo de energia e a carga dos blocos, Realizou-se a obtenção do consumo tanto no horário ponta quanto no fora ponta durante 1 semana, executou-se essas análises no mês de maio, da segunda feira dia 15 de Maio até a outra segunda-feira seguinte, dia 22 de Maio. O próprio programa do analisador da ims permite gerar alguns relatórios com os dados especificados pelo executor do programa, assim, consegue-se dados precisos de consumo dos blocos.

Gráfico 4 - Consumo de energia ativa dos 4 blocos

Fonte: Autoria própria (2023).

Gráfico 5 - Demanda ativa dos 4 blocos

Fonte: Autoria própria (2023).

Percebe-se observando os gráficos que, tanto a demanda quanto o consumo de segunda-feira é o maior da semana, os outros 4 dias permanecem bem próximos. O programa disponibiliza também um resumo de consumo e demanda das medições com dados precisos.

Figura 13 - Resumo de consumo dos blocos durante 7 dias

Registros válidos 2099

	Tarifas	Consumo total [kWh]	Demanda ativa máxima [W]
	Sem tarifas	0,00	0,00
	Ponta	1.174,75	125.092,40
	FP	6.073,04	153.489,00

Fonte: Autoria própria (2023).

Consegue-se assim obter os dados do consumo do horário de ponta durante os 7 dias de medição, que totalizam 1.174,75 kWh de consumo total da ponta pelos blocos. Dessa forma, consegue-se fragmentar essa análise semanal usando o próprio programa da ims (analisador), conectado diretamente na subestação dos blocos, onde é repartido os dias úteis da semana por completo, das 00:00 de um dia até as 00:00 do outro seguinte, assim obtêm-se os dados semanais individualmente de segunda a sexta.

Tabela 4 - Consumo individual dos dias da semana

	Ponta	F. Ponta	
seg	267,91	1.488,15	kWh
ter	226,41	1.153,45	kWh
qua	250,79	945,56	kWh
qui	238,09	1.059,73	kWh
sex	191,55	892,71	kWh
sab/dom	0,00	533,44	kWh
total	1.174,75	6.073,04	total

Fonte: Autoria própria (2023).

Assim, com auxílio da coordenação de infraestrutura do campus Palmas, onde disponibiliza-se as contas de energia elétrica do campus dos últimos anos para obter-se as cargas que foram utilizadas, utiliza-se as cargas do último ano, sendo de Novembro de 2022 a Outubro de 2023, totalizando os 12 meses completos, onde provavelmente os consumos de cargas continuam sendo bem próximos do real.

Tabela 5 - Dados de consumo retirados da conta de energia do IFTO - Campus Palmas

Meses	kWh Ponta	kWh Fora Ponta
Janeiro - 2023	4.858,56	38.230,08
Fevereiro - 2023	12.778,29	74.310,81
Março - 2023	14.550,48	89.574,03
Abril - 2023	11.691,12	80.169,39
Maio - 2023	17.086,65	107.299,08
Junho - 2023	13.700,61	85.170,33
Julho - 2023	6.802,32	49.394,1
Agosto - 2023	21.032,55	118.080,06
Setembro - 2023	23.096,43	126.427,56
Outubro - 2023	20.619,90	121.630,74
Novembro - 2022	12.793,62	85.406,79
Dezembro - 2022	9.177,21	57.796,2

Fonte: Autoria própria (2023)

Com a obtenção dos dados de consumo do campus no período de 12 meses, e dados dos dias da semana, consegue-se implementar o algoritmo do excel, onde obtém a porcentagem de influência no consumo dos dias individuais da semana, utilizando os dados mensais da Tabela 3, sobre a conta total do mês em questão que realiza-se a medição, que referencia-se da Tabela 4 especificamente do mês de maio, resultando na Fórmula (8.0).

$$\% \text{ do dia na conta} = \frac{\text{Consumo da Ponta do dia}}{\text{Consumo da Ponta do mês}} \quad (8.0)$$

Tabela 6 - Consumo do mês de Maio de 2023 retirado da conta energia

Conta de energia		
consumo do mês de maio (kWh)		
F. Ponta	107.299,08	86%
Ponta	17.086,65	14%
Total	124.385,73	100%

Fonte: Autoria própria (2023)

Obtém-se os percentuais diários da semana em relação do kWh total do mês de maio, onde calcula-se a medição precisa da semana completa.

Tabela 7 - Percentual do dia da semana sobre a conta de energia do mês de Maio

	% do dia na conta	
	Ponta	F. Ponta
seg	1,57%	1,39%
ter	1,33%	1,07%
qua	1,47%	0,88%
qui	1,39%	0,99%
sex	1,12%	0,83%
sab/dom	0,00%	0,50%
total	6,88%	5,66%

Fonte: Autoria própria (2023)

Ao implementar a programação de datas no algoritmo, onde calcula-se em qual mês estamos atualmente, a quantidade de dias úteis no mês e também separando as quantidades de cada dia da semana, a quantidades de segundas, terças e assim por diante, durante o todo o mês atual, para assim obter-se precisamente os dados de maneira mensal baseado nos consumos diários da semana.

Tabela 8 - Implementação da programação dos cálculos de reconhecimento de datas

Data atual	início	fim	dias uteis	Mês atual n°	dias no mes
5/15/2023	5/1/2023	5/31/2023	23	5	31
mês atual					
Maio					

Fonte: Autoria própria (2023)

As datas são atualizadas automaticamente quando o mês é mudado, assim, todo o cálculo realiza-se automaticamente com fórmulas no Google Planilhas. Logo em seguida, o cálculo automático da quantidade de dias de cada dia da semana são obtidos, resultando na Tabela 9.

Tabela 9 - Quantidade de dias da semana do mês Maio

Dia da semana	Qtd. de dias
seg	5
ter	5
qua	5
qui	4
sex	4

Fonte: Autoria própria (2023)

Com isso, tendo como base os dados da Tabela 4, consegue-se calcular o consumo mensal em kWh total do mês de Maio no horário de ponta resultando na Tabela 10.

Tabela 10 - Consumo mensal calculado do mês de Maio

	total no mes			
	Ponta	F. Ponta	kwh ponta	kwh f.p
seg	7,84%	6,93%	1.339,55	7.440,75
ter	6,63%	5,37%	1.132,05	5.767,25
qua	7,34%	4,41%	1.253,95	4.727,80
qui	5,57%	3,95%	952,36	4.238,92
sex	4,48%	3,33%	766,20	3.570,84
sab/dom		1,99%	0,00	2.133,76
total	31,86%	25,98%	5.444,11	27.879,32

Fonte: Autoria própria (2023)

Dessa forma, adquire-se um cálculo de consumo mensal muito aproximado do real, e lembrando que esses dados se referem apenas aos 4 novos blocos, e que permanece ideal para a obtenção de dados mensais de consumo.

Tabela 11 - Tabela resumida do consumo mensal dos blocos no mês de Maio

Medição analisador (4 blocos) (kWh)			Ponta (kWh)	F. Ponta (kWh)
F. Ponta	6.073,04	84%		
Ponta	1.174,75	16%		
Total	7.247,79	100%		
p/dia	994,93			
p/mês calculado	33.323,43		5.444,11	27.879,32

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 12 - Tabela de cálculo percentual resumida do consumo mensal dos blocos no mês de Maio

Cálculo % dos blocos na fatura				
Fatura total (kWh)	124.385,73	Ponta	17.086,65	
Fatura dos blocos (kWh)	33.323,43	Ponta	5.444,11	
		% dos blocos ponta da conta		
% dos blocos na conta	26,79%		32%	

Fonte: Autoria própria (2023)

Com isso, obtém-se o cálculo de consumo dos blocos no horário de ponta, e também calcula-se o percentual de influência dos blocos na conta de energia da fatura no horário de ponta, chegando no resultado de 32%, ou seja, do consumo no horário de ponta total da conta de energia do campus palmas 32% é referente aos blocos 14, 15, 16 e 17 no mês de Maio. Realiza-se o cálculo utilizando a seguinte equação:

$$\% \text{ blocos na fatura ponta} = \frac{\text{Consumo mensal dos blocos Ponta}}{\text{Consumo da Fatura total Ponta}} \cdot 100\% \quad (9.0)$$

Aplicando o mesmo procedimento de cálculo para os outros meses, onde utiliza-se a Tabela 7 e Tabela 9 em função da Tabela 6, obtêm-se os consumos diários de cada dia da semana e consequentemente calculado o mensal, aplica-se esse procedimento nos meses do ano, de janeiro a dezembro, consegue-se obter de maneira muito aproximada o consumo do referente mês atual no horário de ponta. Assim, replicando-se para os outros meses, obtém-se o consumo em kWh do mês em referência que estiver na data atual, que é calculado e entregue pelo próprio algoritmo de acordo com a Tabela 8 e Tabela 9, e o consumo calcula-se pela parte do algoritmo referente a Tabela 10 e Tabela 12.

Consequentemente, o percentual de influência dos blocos na conta de energia é variável dependendo do mês. O que manterá estático serão os dados da Tabela 7, onde obteve-se em relação ao mês de Maio que terá como base para os

outros meses, uma vez que é durante este mês que a medição foi realizada, e de certa forma a carga do campus não foi alterada, então o percentual acaba acompanhando o consumo.

4.1.3 Custo do consumo mensal do Campus Palmas

4.1.3.1 *Custo kWh da rede*

Para obter-se os gastos da rede utiliza-se o valor mais atualizado do custo do kWh no horário de ponta, busca-se na última fatura de energia, onde a mesma entrega o gasto do kWh com os tributos inclusos. Nos cálculos de análise, usa-se o valor mais atual do kWh, onde retira-se da conta de energia do campus Palmas do mês referente a outubro de 2023, o valor do kWh na ponta com os tributos considerados sendo R\$3,1933.

Contudo, aplica-se no algoritmo em excel a opção de alterar o valor do kWh da rede sempre que necessário pelo executante, deixando assim, o cálculo de viabilidade mais dinâmico possível, assim, todas as despesas da rede é alterada e dinâmica variando de acordo com a mudança do valor inserido pelo executante, como ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Identificação do valor do kWh na interface do algoritmo

Valor da tarifa verde A4 (kWh)	
Identificação dos dados:	
Ponta (R\$)	R\$ 3,19330
Valor do diesel (R\$)	R\$ 6,42

Fonte: Autoria própria (2023)

4.1.3.2 *Gastos com a rede*

Como especificado no tópico anterior, o algoritmo atualiza automaticamente os dados de consumo mensal e diário de acordo com o mês em que consta na programação realizada em datas, que são representados pela Tabela 8 e Tabela 9, que são usadas em conjunto com a Tabela 7, baseado no consumo em kWh da fatura de Setembro de 2023. Portanto, apresentando-se como base para uma análise específica o mês de setembro de 2023, onde tem-se a carga mais elevada devido ao grande aumento de temperatura na região.

Tabela 13 - Consumo do mês de Setembro de 2023 retirado da conta energia

Conta de energia		
consumo do mês de Setembro (kWh)		
F. Ponta	126.427,56	85%
Ponta	23.096,43	15%
Total	149.523,99	100%

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 14 - cálculo percentual resumida do consumo mensal dos blocos no mês de Setembro

Cálculo % dos blocos na fatura				
Fatura total (kWh)	149.523,99	Ponta	23.096,43	
Fatura dos blocos (kWh)	41.465,38	Ponta	6.614,82	
		% dos blocos ponta conta		
% dos blocos na conta	27,73%		29%	

Fonte: Autoria própria (2023)

Observa-se que o percentual de influência dos blocos na conta de energia no horário de ponta do mês de Setembro é cerca de 29%, obtém-se também o valor de consumo dos blocos, que resulta em 6.614,82 kWh. Realiza-se o cálculo para obter-se os gastos mensais da rede com o consumo dos blocos no mês de Setembro, utilizando a seguinte equação:

$$\text{Custo da rede mensal} = \text{Valor kWh Ponta R\$} \cdot \text{Consumo mensal dos blocos Ponta} \quad (10.0)$$

$$\text{Custo da rede mensal} = 3,1933 \cdot 6.614,82 \quad (10.1)$$

$$\text{Custo da rede mensal} = \text{R\$ } 21.123,10 \quad (10.2)$$

4.1.3.3 Custo do diesel

O preço do diesel comum que utiliza-se nos cálculos obtém-se da tabela de pesquisa de preço do Procon, onde é divulgado no próprio site do governo do Tocantins atualizado de 7 em 7 dias. Retira-se o valor do diesel da Figura 11, onde o preço atualizado do dia 23 de Outubro de 2023.

Após obter-se informações de um dos servidores responsáveis pelo monitoramento dos dados do gerador a diesel do campus Palmas, dito-se que, o

posto em que abastece o diesel é o posto Verão que se localiza na região sul de Palmas, sendo assim, o valor atualmente disponibilizado no posto é de R\$6,42 que utiliza-se na obtenção dos custos dos gastos do grupo motor gerador.

Aplica-se no algoritmo em excel a opção de alterar o valor do diesel sempre que necessário pelo executante, deixando assim, o cálculo de viabilidade mais dinâmico possível, assim, todo o custo do diesel é alterado e dinâmico variando de acordo com a mudança do valor inserido pelo executante ilustrado na Figura 15.

Figura 15 - Identificação do valor do diesel na interface do algoritmo

Valor da tarifa verde A4 (kWh) Identificação dos dados:	
Ponta (R\$)	R\$ 3,19330
Valor do diesel (R\$)	R\$ 6,42

Fonte: Autoria própria (2023)

4.1.3.4 Gastos com o GMG

Calcula-se os gastos mensal do grupo motor gerador utilizando o valor da variável encontrada no tópico 4.1.1, que seria o kWh/L consumido pelo gerador do campus Palmas. Onde o consumo do kWh/L calculado foi-se 2,679 kWh/L utilizando 72 amostras, um valor de consumo bastante aproximado do real, dessa forma, obtém-se o Litros/mês que é gasto atualmente pelo gerador, onde utilizamos a equação:

$$\text{Litros/mês} = \frac{\text{Consumo mensal dos blocos Ponta}}{\text{kWh/L do gerador}} \quad (11.0)$$

$$\text{Litros/mês} = \frac{6.614,82}{2,679} \quad (11.1)$$

$$\text{Litros/mês} = 2.469,14 \quad (11.2)$$

O consumo de Litros do gerador resulta em 2.469,14 Litros por mês, calculado referente ao mês de Setembro. Onde inclui-se no algoritmo funções para calcular automaticamente o consumo de litros por mês apenas em função do consumo mensal do mês no horário de ponta, que também atualiza-se automaticamente pelo algoritmo em função da data e dias úteis do mês.

Considerando a manutenção mensal do gerador, o contrato atual ainda não foi renovado, portanto, utiliza-se como base o último contrato de manutenção mensal do grupo motor gerador do campus, onde o custo era de R\$2.500,00 até o início do ano de 2023.

Contudo, informado pela coordenação de infraestrutura do campus que, ao abastecer o diesel, o posto cobra uma taxa de transporte e segurança por cada litro transportado, dessa forma, obteve-se os dados de que em Agosto de 2023, abastecido no posto Verão, o custo era de R\$6,77 o litro do diesel, sendo que o valor no próprio posto era também anunciado de R\$6,42, apenas subtraindo os valores do diesel obtém-se a taxa custeada naquele mês que foi-se de R\$0,33 por litro de diesel. Assim, utiliza-se o próprio valor da taxa de Agosto, mesmo informado que essa taxa não seja constante, acredita-se que continue sendo um valor aproximado da própria, tendo em vista que o próprio valor do diesel no posto referente não foi alterado desde então.

Portanto, é implementado na programação para obter o cálculo dos gastos do gerador no mês. O valor mensal dos gastos do gerador resultando do seguinte cálculo:

$$Gastos\ Gerador = Manutenção + Litros/mês \cdot (valor\ diesel + taxa\ do\ diesel) \quad (12.0)$$

$$Gastos\ Gerador = 2.500 + 2469,14 \cdot (6,42 + 0,33) \quad (12.1)$$

$$Gastos\ Gerador \simeq R\$ 19.166,67 \quad (12.2)$$

4.1.4 Viabilidade - Economia mensal

Para obter a análise de viabilidade da utilização do Grupo Motor Gerador no mês corrente, considera-se os valores vigentes do diesel e do kWh, inclui-se os tributos, durante o horário de ponta, implementou-se no algoritmo os cálculos para a avaliação, determinando a viabilidade da utilização do Grupo Motor Gerador. Em caso afirmativo, são apresentados os valores correspondentes à economia mensal prevista. Em situação contrária, são destacadas as projeções de prejuízo. O cálculo utilizado é simplesmente a subtração do valor da rede com o valor do grupo gerador:

$$Viabilidade\ mensal = Custo\ da\ rede\ mensal - Gastos\ Gerador \quad (13.0)$$

$$Viabilidade\ mensal = 21.123,10 - 19.166,67 \quad (13.1)$$

$$Viabilidade\ mensal = R\$ 1.956,42 \quad (13.2)$$

No mês de setembro, registrou-se um saldo positivo, resultando em uma economia mensal de R\$1.956,42. Nessa conjuntura, o gerador a diesel demonstrou ser uma opção viável para a utilização no campus Palmas.

Figura 16 - Dados fornecidos pelo algoritmo após registros dos valores

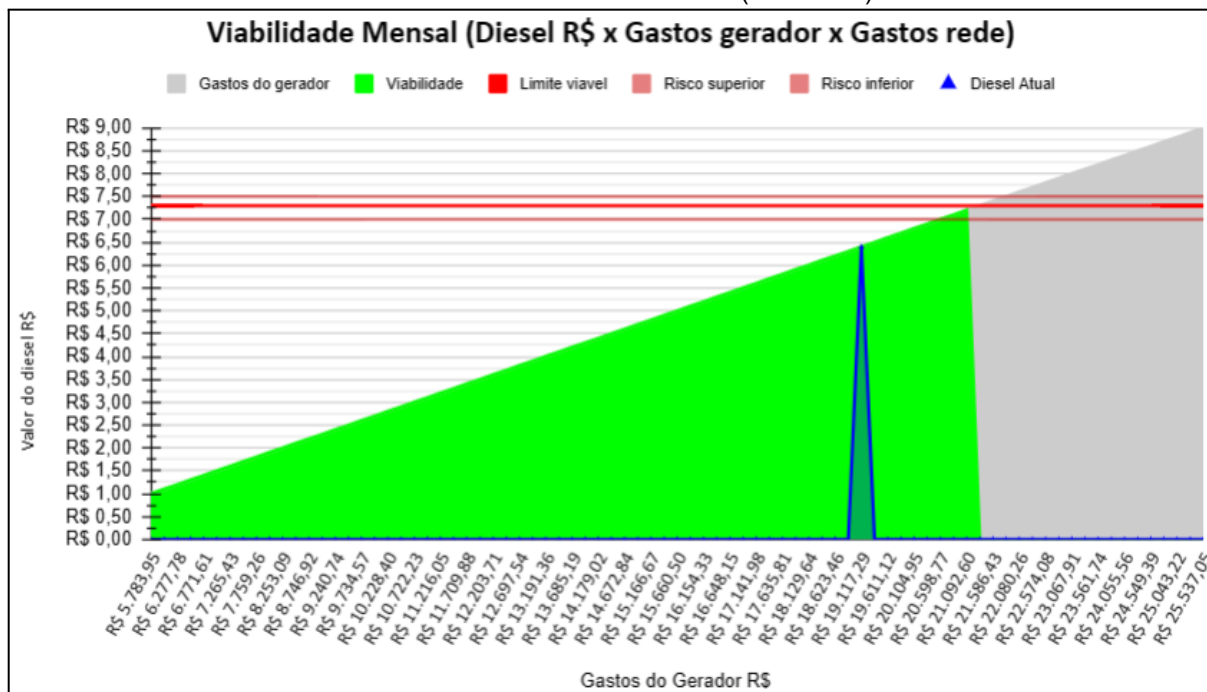
Mês	Setembro
Gastos rede	R\$ 21.123,10
Gastos gerador	R\$ 19.166,67
Economia R\$	R\$ 1.956,42
viável	

Fonte: Autoria própria (2023)

4.1.5 Curvas, análises e resumos da viabilidade no contexto 1

4.1.5.1 Curva da viabilidade mensal

Ao fazer a inserção dos dados necessários na interface gráfica do algoritmo, são eles o valor do kWh atual no horário de ponta e o preço atual do diesel, o algoritmo executa uma plotagem do gráfico, a curva da viabilidade do GMG naquelas condições atuais.

Gráfico 6 - Curva da viabilidade mensal (Setembro) do GMG

Fonte: Autoria própria (2023)

A curva de viabilidade mensal está relacionada com o preço do diesel no eixo Y, e também com o custo do gerador mensal no eixo X. Mostrando a área de cor verde, significando até onde é viável o preço do diesel. São traçadas 3 retas, representando-se uma zona de risco, onde a reta inferior é a zona de risco inferior, a reta central representa o limite máximo da viabilidade coincidindo com a ponta da área verde, e a reta superior representa uma zona de risco superior.

A zona de risco da reta inferior do gráfico, no período considerado, representa-se uma área em que o gasto, desde a linha inferior até a reta central, aproximou-se de R\$600,00. Ou seja, essa faixa estabelece para evitar que a economia mensal se aproximasse excessivamente de zero, evitando também que os custos do gerador se aproximassem demais dos gastos associados à utilização da rede elétrica. Essa reta de risco inferior implementa-se com o propósito de alertar, fornecendo informações cruciais sobre a condição em que a economia se situava nos R\$600,00 ou abaixo desse valor.

Sobre a zona de risco da reta superior do gráfico, onde é traçada em R\$7,50 representa mostrando que, da reta central de viabilidade limite até a reta superior, é uma zona onde tem um prejuízo de até R\$600,00 caso a viabilidade atual esteja situada entre elas.

A linha azul representa a situação atual do diesel, nas atuais condições de valores definidos na interface, para fins de localização, onde o sistema atual do campus está localizado na curva de viabilidade mensal.

Figura 17 - Resumo do gráfico de viabilidade mensal entregue pelo algoritmo

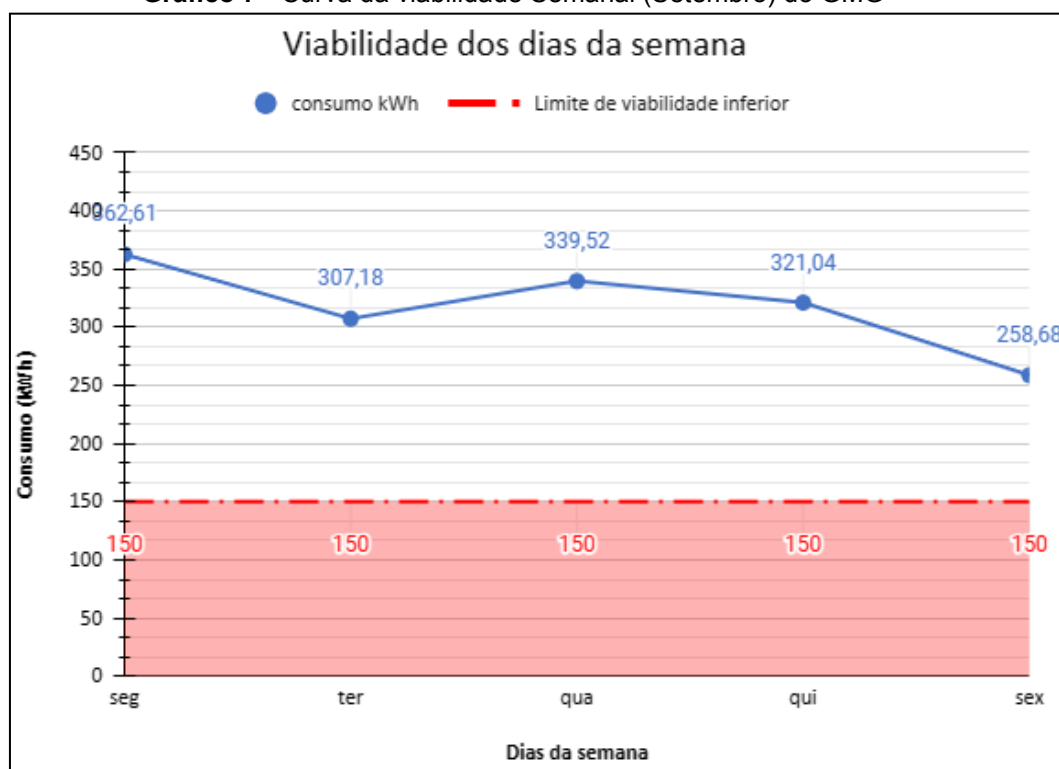
Limites do valor do diesel (R\$) (Zona de risco)			
Risco superior	Limite de viabilidade	Risco inferior	Situação Atual
R\$ 7,50	R\$ 7,30	R\$ 7,00	Viável

Fonte: Autoria própria (2023)

O algoritmo desenvolve um resumo que é mostrado logo abaixo do gráfico da curva de viabilidade, onde entrega-se valores resumidos dos gráficos. Na Figura 17, representando o resumo referente ao Gráfico 6, instruindo que, se o valor do diesel estiver a partir do risco inferior de R\$7,00 até o limite de viabilidade R\$7,30 a economia será menor que R\$600,00. Entrega-se também a situação atual do sistema dizendo se é viável, viável com estado crítico de viabilidade, ou não viável.

4.1.5.2 Curva da viabilidade Semanal

Projetado pela programação, uma curva da viabilidade semanal é plotada e mostrada na interface, para fins de análises mais precisas sobre os dias da semana de segunda a sexta.

Gráfico 7 - Curva da viabilidade Semanal (Setembro) do GMG

Fonte: Autoria própria (2023)

De acordo com o Gráfico 7, a curva de viabilidade semanal está associada ao consumo de kWh no eixo Y, com os dias da semana representados no eixo X. A área delimitada pela linha vermelha no gráfico indica o limite mínimo de kWh necessário para tornar viável a utilização do gerador a diesel naquele dia específico da semana. A curva azul representa de forma bastante próxima o consumo diário correspondente ao respectivo dia da semana.

Figura 18 - Resumo do gráfico de viabilidade Semanal entregue pelo algoritmo

Limite inferior de viabilidade (kWh)	Seg (kWh)	Ter (kWh)	Qua (kWh)	Qui (kWh)	Sex (kWh)
150	362,61	307,18	339,52	321,04	258,68
Situação de viabilidade	viável	viável	viável	viável	viável

Fonte: Autoria própria (2023)

O programa apresenta, em sua interface gráfica principal, um resumo do gráfico semanal gerado, exibindo o limite mínimo de kWh necessário para que a utilização do gerador fosse considerada viável. Adicionalmente, são apresentadas as cargas aproximadas consumidas em cada dia da semana, com uma seção abaixo

indicando a situação de viabilidade, destacando se a utilização do gerador é viável ou não.

Observa-se que, em Setembro todos os dias da semana é aconselhável a utilização do grupo motor gerador no campus.

Tabela 15 - Cálculo diário da semana ref. gráfico de viabilidade semanal

Gastos da rede/dia Ponta	Gastos do gerador/dia Ponta	Viabilidade
R\$ 1.113,08	R\$ 946,13	viável
R\$ 900,29	R\$ 786,44	viável
R\$ 982,13	R\$ 847,86	viável
R\$ 943,94	R\$ 819,19	viável
R\$ 747,51	R\$ 671,78	viável

Fonte: Autoria própria (2023)

Para obter-se as despesas da rede no horário de ponta por dia, utiliza-se a equação 10.0, porém, ao invés de usar o consumo mensal, utiliza-se o consumo diário referente à Tabela 4. Nos gastos do gerador, utilizando a equação 11.0, porém, no cálculo de Litros/mês substituímos por Litros/dia, onde o consumo utilizado também é da Tabela 4. Os gastos de manutenção foram calculados diários, onde divide-se o total utilizado por mês, que seria os R\$2.500, pela quantidade de dias úteis no mês de referência, assim encontra-se os gastos de manutenção por cada dia da semana.

Figura 19 - Manutenção diária calculada pelo algoritmo ref. Setembro

Gastos de manu. por dia da semana(dias uteis)	R\$ 119,05
--	------------

Fonte: Autoria própria (2023)

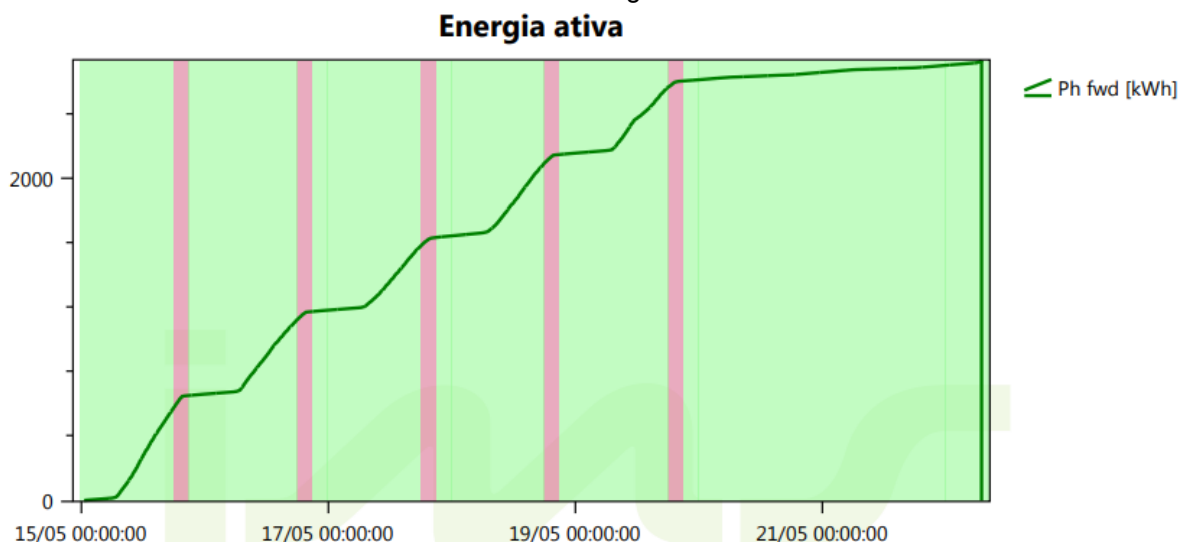
4.2 Contexto 2

4.2.1 Dados de consumo da biblioteca

Assim como os dados obtidos dos novos blocos , também foram-se coletados os dados da biblioteca com a utilização do analisador ims, onde instalou-se no

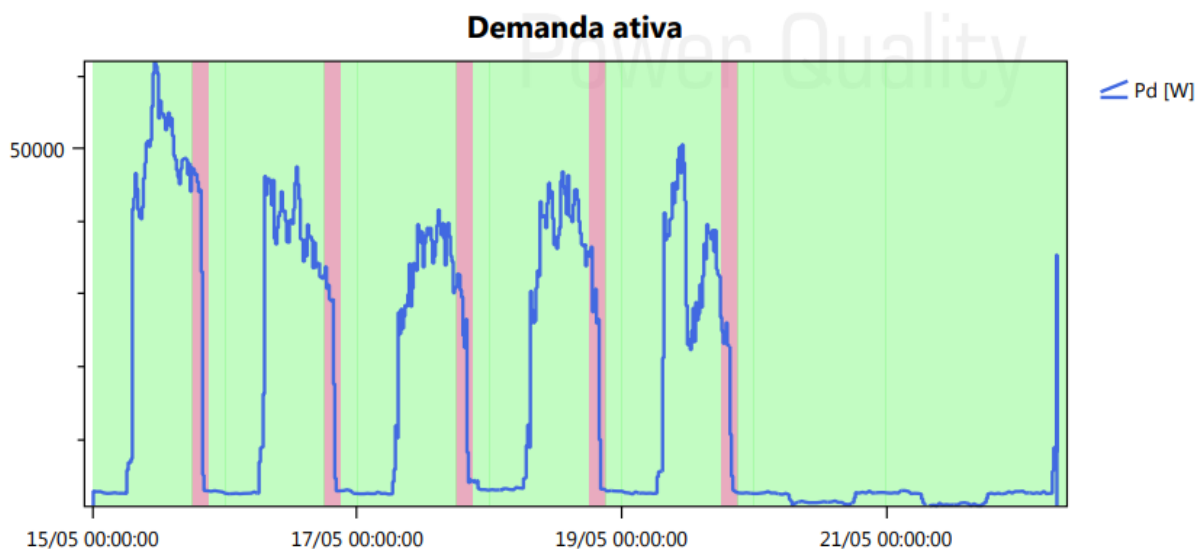
mesmo dia e horário do analisador dos blocos de salas de aula. Obteve-se medições de uma semana completa, do dia 15 à 22 de Maio. Portanto, foram utilizados da mesma forma os relatórios gerados pelo programa do analisador, onde consegue-se o consumo horossazonal da biblioteca durante essa medição.

Gráfico 8 - Consumo de energia ativa da biblioteca



Fonte: Autoria própria (2023)

Gráfico 9 - Demanda ativa da biblioteca



Fonte: Autoria própria (2023)

Da mesma forma que a demanda dos 4 blocos, nos gráficos da biblioteca representado pelo Gráfico 8 e Gráfico 9, observa-se que tanto a demanda quanto o consumo de segunda-feira é o maior da semana.

Figura 20 - Resumo de consumo da biblioteca durante 7 dias

	Tarifas	Consumo total [kWh]	Demanda ativa máxima [W]
	Sem tarifas	0,00	0,00
	Ponta	292,60	47.413,21
	FP	2.438,56	61.992,05

Fonte: Autoria própria (2023)

Obtêm-se os dados de consumo do horário de ponta da biblioteca durante esse período de uma semana, resultando-se assim em um consumo de 292,60 kWh. Portanto, fragmentou-se também toda a análise semanal em dias separados individualmente, para cada dia útil da semana, de segunda a sexta.

Tabela 16 - Consumo individual dos dias da semana referente à biblioteca

Viabilidade semanal		
	Ponta	F. Ponta
seg	80,98	579,64 kWh
ter	54,28	466,87 kWh
qua	56,01	405,29 kWh
qui	58,60	455,15 kWh
sex	42,72	412,83 kWh
sab/dom	0,00	118,78 kWh
total	292,59	2.438,56 kWh

Fonte: Autoria própria (2023)

Da mesma forma feito no Contexto 1, obtém-se o percentual diário da semana em relação do kWh total do mês de Maio, que é o mês referência onde temos a medição de uma semana completa.

Tabela 17 - Percentual referente ao mês de Maio na fatura

% do dia na conta		
	Ponta	F. Ponta
seg	0,47%	0,54%
ter	0,32%	0,44%
qua	0,33%	0,38%
qui	0,34%	0,42%
sex	0,25%	0,38%
sab/dom	0,00%	0,11%
total	1,71%	2,27%

Fonte: Autoria própria (2023)

Da mesma forma do contexto 1, utiliza-se os dados do script feito para obter-se a data atual e a quantidade de dias que se enquadra nas segundas até as sextas individualmente, usando a mesma Tabela 8 e Tabela 9 para implementar no contexto 2 referente à biblioteca, consegue-se assim calcular da mesma forma o consumo mensal da biblioteca no mês de Maio. Assim, resultando na Tabela abaixo.

Tabela 18 - Consumo mensal calculado do mês de Maio ref. Biblioteca

	total no mes			
	Ponta	F. Ponta	kwh ponta	kwh f.p
seg	2,37%	2,70%	404,90	2.898,20
ter	1,59%	2,18%	271,40	2.334,35
qua	1,64%	1,89%	280,05	2.026,45
qui	1,37%	1,70%	234,40	1.820,60
sex	1,00%	1,54%	170,88	1.651,32
sab/dom		0,89%	0,00	475,12
total	7,97%	10,89%	1.361,63	11.206,04

Fonte: Autoria própria (2023)

Onde resulta-se na tabela resumida do consumo da biblioteca no mês de referência.

Tabela 19 - Tabela resumida do consumo mensal de Maio ref. Biblioteca

Medição analisador (Biblioteca) (kWh)			Ponta (kWh)	F. Ponta (kWh)
F. Ponta	2.438,56	89%		
Ponta	296,60	11%		
Total	2.735,16	100%		
p/dia	374,92			
p/mês calculad	12.567,67		1.361,63	11.206,04

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 20 - Cálculo percentual resumida do consumo mensal no mês de Maio ref. Biblioteca

Cálculo % da fatura na biblioteca			
Fatura total	124.385,73	Ponta	17.086,65
Fatura da biblioteca	12.567,67	Ponta	1.361,63
		% da biblioteca a ponta	
da biblioteca na con	10,10%	conta	8%

Fonte: Autoria própria (2023)

4.2.2 Acoplamento do consumo da biblioteca

Para implementar a junção de carga da biblioteca com a carga dos blocos no script, implementa-se um sistema de automação de script que é utilizado no excel chamado-se macro. O macro refere-se a um conjunto de instruções ou comandos que são gravados para realizar uma tarefa específica automaticamente, ou seja, as macros no excel são frequentemente usadas para automatizar tarefas repetitivas ou para executar uma série de ações complexas com um único clique.

É implementado um script do macro utilizado para o acoplamento da biblioteca, e assim, vincula-se esse script em um botão na própria interface principal do algoritmo de viabilidade, e da mesma forma cria-se um botão para desacoplar a carga da biblioteca, assim ficando a escolha do executante decidir se acopla ou não a carga da biblioteca nos resultados mostrados na interface.

Figura 21 - Representação dos botões na interface

Desacoplado	
Acoplar Biblioteca	
Desacoplar	
Valor da tarifa verde A4 (kWh)	
Identificação dos dados:	
Ponta (R\$)	R\$ 3,1933
Valor do diesel (R\$)	R\$ 6,42

Fonte: Autoria própria (2023)

Observa-se que na interface, logo acima dos botões de “Desacoplar” e “Acoplar Biblioteca” tem-se a informação do status atual dos resultados do algoritmo. Portanto, essa seção indica se a carga da biblioteca está atualmente acoplada ou desacoplada nos resultados exibidos na tela.

Para a execução do acoplamento, implementado no script vinculado nos botões, para o “Acoplar Biblioteca” realiza-se a soma dos consumos diários da Tabela 15 com a Tabela 4, obtendo a seguinte tabela resultante calculada pelo próprio script.

Tabela 21 - Tabela resultante do acoplamento da biblioteca com os blocos ref. Maio

	kWh consumido por dia	kWh/mês
	Ponta	Ponta
seg	348,57	1.742,84
ter	281,93	1.409,65
qua	307,56	1.537,80
qui	295,60	1.182,40
sex	234,09	936,35
total	1.467,74	6.809,03

Fonte: Autoria própria (2023)

Onde o consumo mensal referente ao mês de Maio resultante da Tabela 21 obtém-se através da equação seguinte:

$$\text{Consumo total} = \text{Consumo blocos ponta} + \text{Consumo biblioteca ponta} \quad (14.0)$$

A interface é atualizada automaticamente com os dados da tabela resultante do acoplamento, consequentemente atualizando os gráficos instantaneamente.

4.2.3 Custo do consumo mensal: pós acoplamento

4.2.3.1 Gastos com a rede

Assim como feito no contexto 1, utiliza-se os cálculos feitos no mês de Setembro de 2023 como o mês base, para assim acoplar nos resultados obtidos a partir dos cálculos já realizados pelo algoritmo em relação aos 4 blocos.

Tabela 22 - Percentual resumida do consumo mensal da biblioteca ref. Setembro

Cálculo % da fatura na biblioteca			
Fatura total	149.523,99	Ponta	23.096,43
Fatura da biblioteca	15.439,25	Ponta	1.637,54
% da biblioteca na conta	10,33%	% da biblioteca a ponta na conta	7%

Fonte: Autoria própria (2023)

Com um consumo de 1.637,54 kWh no mês de Setembro pela Biblioteca, somando-o com o consumo dos blocos para assim termos um consumo resultante do acoplamento de carga da Biblioteca na utilização do grupo motor gerador, assim resultando nos dados mostrados na Tabela 21, onde utiliza-se no cálculo o resultado total de consumo sendo 6.809,03 kWh consumidos pela biblioteca e pelos 4 blocos juntos, no mês de Setembro. Dessa mesma forma, adaptou-se a equação 10.0 usada no contexto 1, resultando na seguinte equação 15.0, para obter-se o custo da rede mensal com a carga da biblioteca acoplada ao gerador.

$$\text{Consumo total} = 6.614,82 + 1.637,54 \quad (14.1)$$

$$\text{Consumo total} = 8.252,35 \text{ kWh} \quad (14.2)$$

Obtém-se assim o consumo total referente ao mês de Setembro de 2023, resultando em 8.252,35 kWh.

$$\text{Custo da rede mensal} = \text{Valor kWh ponta R\$} \cdot \text{Consumo total} \quad (15.0)$$

$$\text{Custo da rede mensal} = 3,1933 \cdot 8.252,35 \quad (15.1)$$

$$\text{Custo da rede mensal} = \text{R\$ } 26.352,24 \quad (15.2)$$

4.2.3.2 Gastos com o GMG

Assim como no cenário anterior (contexto 1), emprega-se a equação idêntica (Equação 11.0) para calcular a variável Litros/mês, onde a mesma será proporcional ao aumento do consumo total no horário de ponta. Sendo assim, resulta-se em:

$$\text{Litros/mês} = \frac{8.252,35}{2,679}$$

$$\text{Litros/mês} = 3.080,39$$

Resultando em 3.080,39 litros por mês de consumo no mês de Setembro. Com os mesmos dados anteriormente, usando o custo de manutenção mensal por R\$2.500, o valor do diesel está sendo considerado atualmente em R\$6,42 e a taxa do diesel em R\$0,33. Utilizando a mesma Equação (12.0), os gastos do gerador resultando:

$$\text{Gastos Gerador} = 2.500 + 3.080,39 \cdot (6,42 + 0,33)$$

$$\text{Gastos Gerador} = \text{R\$ } 23.292,61$$

4.2.4 Viabilidade - Economia mensal: pós acoplamento

Determina-se a análise de viabilidade da utilização do gerador a diesel depois que a carga da biblioteca é acoplada, referente ao mês de Setembro. Se a resposta for positiva, os montantes previstos para a economia mensal são exibidos. No caso contrário, são enfatizadas as estimativas de prejuízo. Nesse contexto, a metodologia consiste na mesma do contexto anterior, na simples subtração do valor da rede pelo valor do grupo gerador, utilizando a mesma equação (13.0).

$$\text{Viabilidade mensal} = 26.352,24 - 23.292,61$$

$$\text{Viabilidade mensal} = \text{R\$ } 3.059,64$$

Portanto, no mês de setembro, registrou-se um saldo positivo, resultando em uma economia mensal de R\$3.059,64. Nesse contexto, o gerador a diesel alimentando os 4 blocos mais a carga da biblioteca demonstrou ser uma opção viável para a utilização no campus Palmas.

Figura 22 - Dados ilustrado pela interface com o acoplamento da biblioteca

Mês	Setembro
Gastos rede	R\$ 26.352,24
Gastos gerador	R\$ 23.292,61
Economia R\$	R\$ 3.059,64
viável	

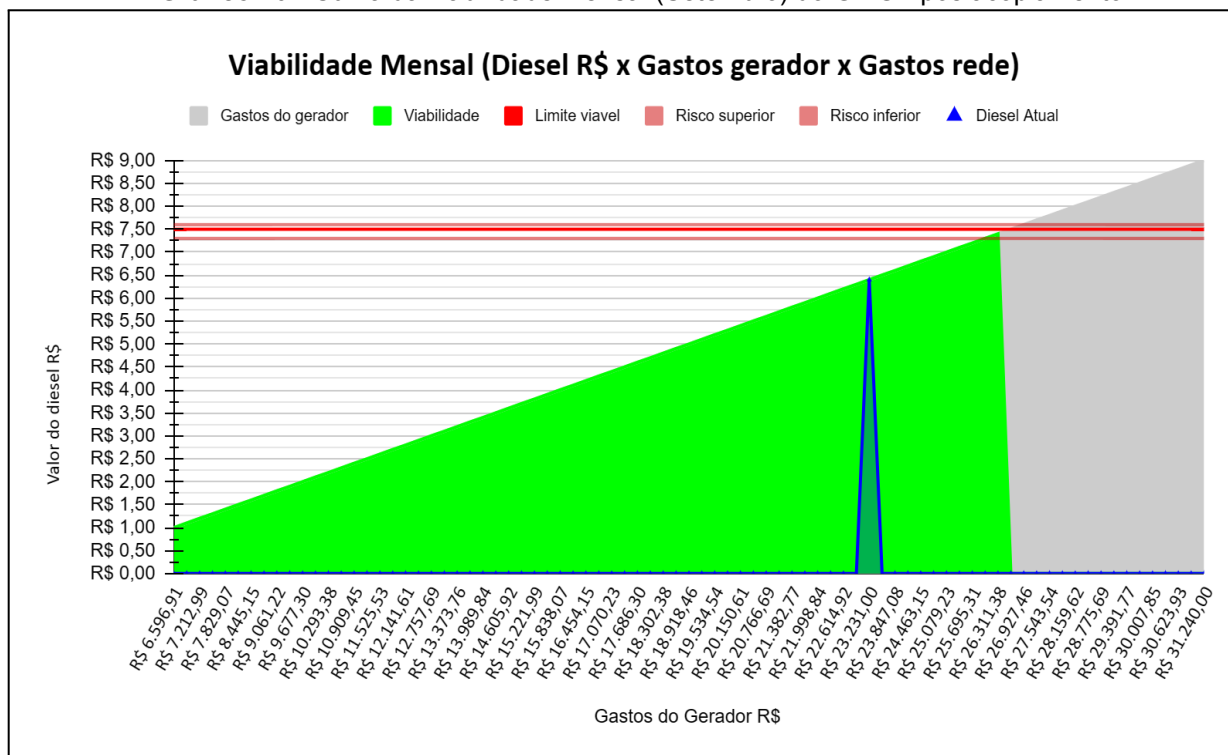
Fonte: Autoria própria (2023)

4.2.5 Curvas, análises e resumos da viabilidade no contexto 2

4.2.5.1 Curva da viabilidade mensal

Após a junção dos consumos da biblioteca com os blocos, o algoritmo atualiza automaticamente de maneira instantânea o gráfico da curva de viabilidade mensal que é mostrado na interface.

Gráfico 10 - Curva da viabilidade mensal (Setembro) do GMG - pós acoplamento



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 23 - Resumo do gráfico de viabilidade mensal pós acoplamento

Limites do valor do diesel (R\$) (Zona de risco)			Situação Atual	
Risco superior	Limite de viabilidade	Risco inferior		
R\$ 7,60	R\$ 7,50	R\$ 7,30	Viável	

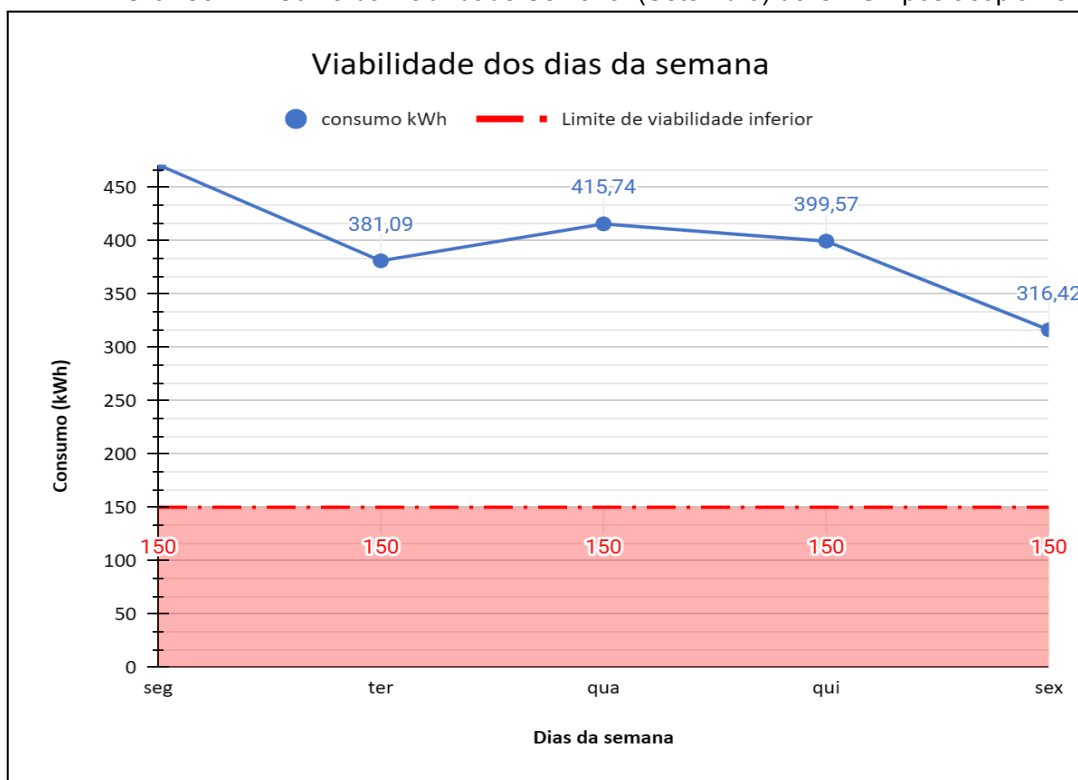
Fonte: Autoria própria (2023)

Como prescrito anteriormente no Contexto 1, a Figura 23 ilustra um resumo do gráfico de viabilidade representado pelo Gráfico 10, onde o mesmo é atualizado no mesmo instante do gráfico após a escolha de acoplamento de carga, onde as zonas de risco e o limite de viabilidade são alterados automaticamente de acordo com a carga adicionada. Consegue-se observar que, as zonas de risco subiram de valor, no gráfico elas foram deslocadas para cima.

4.2.5.2 Curva da viabilidade Semanal

Assim como ocorreu com a curva de viabilidade mensal, uma vez que os consumos da biblioteca foram integrados aos blocos, o algoritmo atualiza de maneira imediata e automática o gráfico referente à curva de viabilidade semanal, que é visível na interface.

Gráfico 11 - Curva da viabilidade Semanal (Setembro) do GMG - pós acoplamento



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 24 - Resumo do gráfico de viabilidade Semanal - pós acoplamento

Limite inferior de viabilidade (kWh)	Seg (kWh)	Ter (kWh)	Qua (kWh)	Qui (kWh)	Sex (kWh)
150	471,17	381,09	415,74	399,57	316,42
Situação de viabilidade	viável	viável	viável	viável	viável

Fonte: Autoria própria (2023)

Portanto, o resumo do gráfico de viabilidade semanal representado pela Figura 24 também é atualizado, assim consegue-se ilustrar e notificar a situação viável do dia da semana em específico após a mudança de consumo do acoplamento.

4.3 Consumo específico de combustível e eficiência do gerador

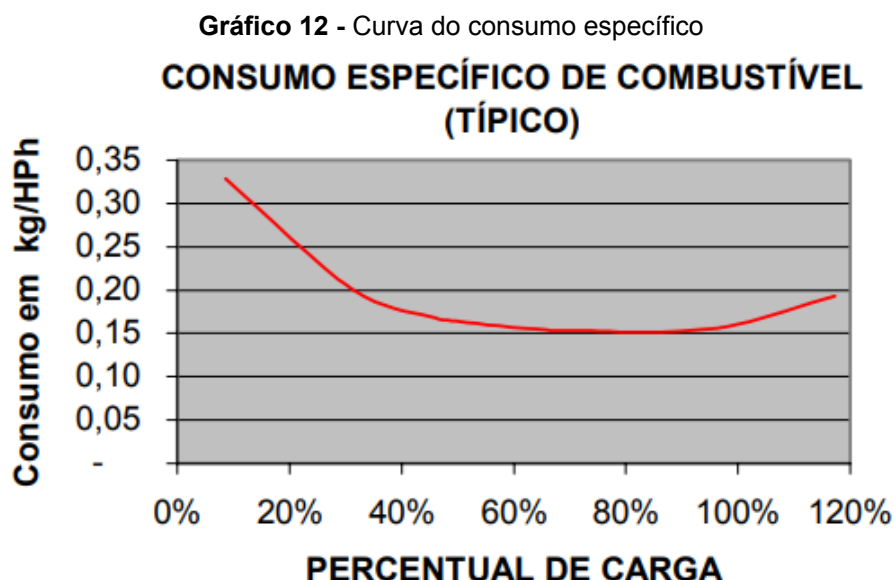
De acordo com Pereira (2005), o consumo específico de combustível representa um parâmetro amplamente empregado na comparação, destacando a eficácia com que um motor converte combustível em trabalho.

Para sabermos o consumo específico de combustível do gerador a diesel usa-se a equação abaixo:

$$b = \frac{\text{Massa}}{(\text{Potência}) \cdot (\text{Tempo})} = \frac{\rho \cdot v}{\text{Potência em HPh}} \quad (16.0)$$

Onde o consumo b é dado em kg/HPh, ρ sendo a densidade do combustível diesel, e v sendo o volume do combustível consumido. Considera-se a densidade do combustível diesel como : $\rho = 0,854 \text{ kg/Litro}$.

O consumo específico se manifesta de acordo com a representação gráfica abaixo, na qual se observa um notável incremento no consumo em kg/HPh para cargas que se situam abaixo de 30% da capacidade nominal do motor. Dito isso, é possível notar que o ponto ótimo de trabalho do motor seria por volta dos 80% de carga.



Fonte: Pereira; José Cláudio(2005, p.13)

4.3.1 Contexto 1 - Consumo e eficiência

No contexto 1, considera-se o cálculo para o mês de Setembro, temos um consumo de 6.614,82kWh pelos quatros blocos, com um gasto de 2.469,14 Litros de

combustível, tendo assim como uma resultante de 0,37L/kWh. Para realizar-se a comparação desse consumo do Contexto 1 com a curva dada no Gráfico 12, realiza-se a conversão do consumo para kg/HPh, para isso, converte-se litros para kg, e kWh para HPh.

$$Massa (kg) = Litros \cdot \rho \qquad consumo HPh = \frac{consumo kWh}{0,7457}$$

$$Massa = 2.469,14 \cdot 0,854 \qquad consumo HPh = \frac{6.614,82}{0,7457}$$

$$Massa = 2108,64 kg \qquad consumo = 8.870,61 HPh$$

Dessa forma, o consumo específico de 0,37 L/kWh resulta-se em:

$$b = \frac{2108,64}{8.870,61} \rightarrow b \simeq 0,24 kg/HPh$$

Portanto, calcula-se o percentual de carga do gerador no Contexto 1, onde inicialmente tem-se uma demanda inicial às 18:00 quando o mesmo é acionado, de 125kW que foi identificada de acordo com a Figura 15. De acordo com DCCO (2011), é também fornecido pelo fabricante a potência do gerador como 455kW. Assim calcula-se o percentual como:

$$\% de carga no acionamento = \frac{125kW}{455kW} \cdot 100\%$$

$$\% de carga no acionamento = 27,47\%$$

Tendo em vista que a carga diminui depois de 1 hora de acionamento, às 19:00, a demanda resulta-se na demanda média de 102,52kW, dados abstraídos da análise feita com analisador. Com essa queda de demanda, a partir das 19:00 o percentual de carga resulta-se em:

$$\% depois de 1hr = \frac{102,52kW}{455kW} \cdot 100\%$$

$$\% depois de 1hr = 22,53\%$$

Portanto, consegue-se observar na curva do Gráfico 12 usando os resultados de 0,24kg/HPh de consumo com um percentual de 22,53%.

Para obtermos o rendimento do gerador no Contexto 1, utiliza-se a equação da eficiência:

$$Eficiência = \frac{Energia \text{ Útil Gerada}}{Energia Consumida} \quad (17.0)$$

Neste caso, a energia útil gerada é de 6.614,82 kWh e a energia consumida é a quantidade de diesel convertida para energia. A eficiência será então:

$$Eficiência = \frac{6.614,82 \text{ kWh}}{2.469,14 \text{ Litros}} \quad (17.1)$$

Para completar a equação, deve-se converter os litros de diesel para kWh usando o poder calorífico do diesel. O poder calorífico do diesel, de acordo com Bermann e Parente (2022), é em torno de 36 MJ/L.

$$Energia consumida(kWh) = Litros de diesel \cdot Poder Calorífico do diesel$$

$$Energia consumida(kWh) = 2.469,14 \cdot 36MJ/L \cdot \frac{1kWh}{3,6 MJ}$$

$$Energia consumida(kWh) = 2.469,14L \cdot 10 kWh/L$$

$$Energia consumida(kWh) = 24.691,4 kWh$$

$$Eficiência\% = \frac{6.614,82 kWh}{24.691,4 kWh} \cdot 100\% \quad (17.2)$$

$$Eficiência \simeq 26,79 \% \quad (17.3)$$

Dessa forma, apresentando o gerador no Contexto 1 uma eficiência de 26,79%.

4.3.2 Contexto 2 - Consumo e eficiência

No Contexto 2, com o acoplamento da biblioteca, realiza-se a soma da demanda máxima da biblioteca com a dos blocos, a demanda máxima teve um aumento, resultando no valor de 172,4kW de demanda máxima, que é a demanda no momento do acionamento do gerador até 1 hora depois, ou seja, das 18:00 às 19:00. Portanto, calcula-se o percentual como:

$$\% \text{ de carga no acionamento} = \frac{172,4kW}{455kW} \cdot 100\%$$

$$\% \text{ de carga no acionamento} \simeq 37,89\%$$

Tendo em vista que a carga diminui depois de 1 hora de acionamento, às 19:00, a demanda resulta-se na demanda média com a carga da biblioteca acoplada de 128kW, dados abstraídos da análise feita com analisador. Com essa queda de demanda, a partir das 19:00 o percentual de carga resulta-se em:

$$\% \text{ depois de } 1hr = \frac{128kW}{455kW} \cdot 100\%$$

$$\% \text{ depois de } 1hr = 28,13\%$$

Percebe-se que, com o aumento da demanda sobre o gerador, o percentual de carga aumentou, e consequentemente de acordo com o gráfico o consumo também teve uma leve queda, com o percentual de 28,13% de carga, o consumo chegando a aproximadamente 0,21kg/HPh.

Assim, com o aumento de carga, consequentemente com o acoplamento da biblioteca terá um consumo no mês de Setembro de 8.252,35kWh, e um gasto de:

$$Massa (kg) = 0,21 \cdot \text{consumo HPh} \qquad \text{consumo HPh} = \frac{\text{consumo kWh}}{0,7457}$$

$$Massa = 0,21kh/HPh \cdot 11.066,59 \qquad \text{consumo HPh} = \frac{8.252,35}{0,7457}$$

$$Massa = 2.323,98 kg \qquad \text{consumo} = 11.066,59 HPh$$

Para transformar o consumo de kg para Litros, usa-se a densidade do diesel:

$$\text{Consumo Litros} = 2.323,98kg \cdot 0,854 kg/L$$

$$\text{Consumo} = 2.721,29 \text{ Litros}$$

Dessa forma, calcula-se também a eficiência do gerador com a mudança de carga:

$$\text{Eficiência} = \frac{8.252,35 kWh}{2.721,29 \text{ Litros}} \qquad (17.4)$$

Para completar a equação, como feito anteriormente para o Contexto 1, deve-se converter os litros de diesel para kWh usando o poder calorífico do diesel, o mesmo usado para o cenário anterior.

$$\text{Energia consumida(kWh)} = 2.721,29 \cdot 36MJ/L \cdot \frac{1kWh}{3,6 MJ}$$

$$\text{Energia consumida(kWh)} = 2.721,29L \cdot 10 kWh/L$$

$$Energia consumida(kWh) = 27.212,9 kWh$$

$$Eficiência\% = \frac{8.252,35 kWh}{27.212,9 kWh} \cdot 100\% \quad (17.2)$$

$$Eficiência \simeq 30,33 \% \quad (17.3)$$

Apresentando o gerador no Contexto 2, é observado que houve um aumento na eficiência depois do acoplamento de carga, resultando uma eficiência de 30,33%.

Portanto, depois da análise de eficiência, implementa-se no algoritmo a nova eficiência pós acoplamento, e com isso, observa-se que chegou-se a ter uma economia de aproximadamente R\$3.000,00 a mais, por causa do aumento da eficiência.

4.4 Comparativos dos contextos

Os comparativos foram construídos sobre a hipótese de que, ambos os contextos utilizem o uso do grupo motor gerador em horário de ponta para mitigar os gastos tarifários na fatura de energia elétrica. É observado se houve ou não economia mensal de acordo com cada contexto.

Quanto ao contexto 1, sobre o cenário onde apenas os quatro novos blocos são considerados na alimentação suprida pelo gerador no mês de Setembro, observou-se que a utilização do gerador acarretaria uma economia de 9,26% em comparação ao consumo de energia proveniente da concessionária.

No contexto 2, que é retratado pelo acoplamento de carga da biblioteca no mês de Setembro, verificou-se que o uso da geração do grupo gerador custaria 20,81% a menos do que a utilização da concessionária como fornecedora de energia.

A geração de energia com a utilização do grupo gerador realiza um impacto positivo, onde considera-se como “economia” os supostos números. Assim, na Tabela 23 abaixo, apresenta uma comparação dos consumos com a utilização do grupo motor gerador, uma comparação entre a diferença de gastos do contexto 1 e 2, uma estimativa de todos os meses do ano feita pelo algoritmo utilizando todos os dados que foram implantados no mesmo, onde mostra-se a economia ou o prejuízo obtido nos meses.

Tabela 23 - Comparativo entre os gastos de ambos contextos no horário de ponta

Meses do ano	Consumo na Ponta (kWh)		Gastos Ponta (R\$3,1933)		Gastos GMG (R\$6,42/)		economia/prejuízo (R\$)	
	Contexto 1	Contexto 2	Contexto 1	Contexto 2	Contexto 1	Contexto 2	Contexto 1	Contexto 2
Jan	1.477,97	1.848,68	4.719,61	5.903,40	6.223,90	6.614,94	-1.504,28	-711,54
Fev	3.516,59	4.390,62	11.229,51	14.020,57	11.360,38	12.272,98	-130,87	1.747,59
Mar	4.583,40	5.712,52	14.636,18	18.241,79	14.048,32	15.215,36	587,85	3.026,42
Abr	3.217,40	4.017,07	10.274,11	12.827,71	10.606,54	11.441,50	-332,43	1.386,21
Mai	5.448,93	6.809,03	17.400,08	21.743,28	16.229,11	17.656,06	1.170,96	4.087,22
Jun	4.114,29	5.132,25	13.138,17	16.388,81	12.866,36	13.923,75	271,81	2.465,06
Jul	1.978,79	2.476,04	6.318,89	7.906,75	7.485,77	8.011,37	-1.166,88	-104,62
Ago	6.669,42	8.316,27	21.297,46	26.556,35	19.304,25	21.010,99	1.993,21	5.545,36
Set	6.614,82	8.252,35	21.123,10	26.352,24	19.166,67	20.868,72	1.956,42	5.483,52
Out	6.272,57	7.845,87	20.030,21	25.054,22	18.304,36	19.963,94	1.725,85	5.090,28
Nov	3.886,7	4.847,50	12.411,40	15.479,53	12.292,92	13.289,94	118,48	2.189,59
Dez	2.628,35	3.279,02	8.393,12	10.470,89	9.122,39	9.798,69	-729,27	672,20

Fonte: Autoria própria (2023)

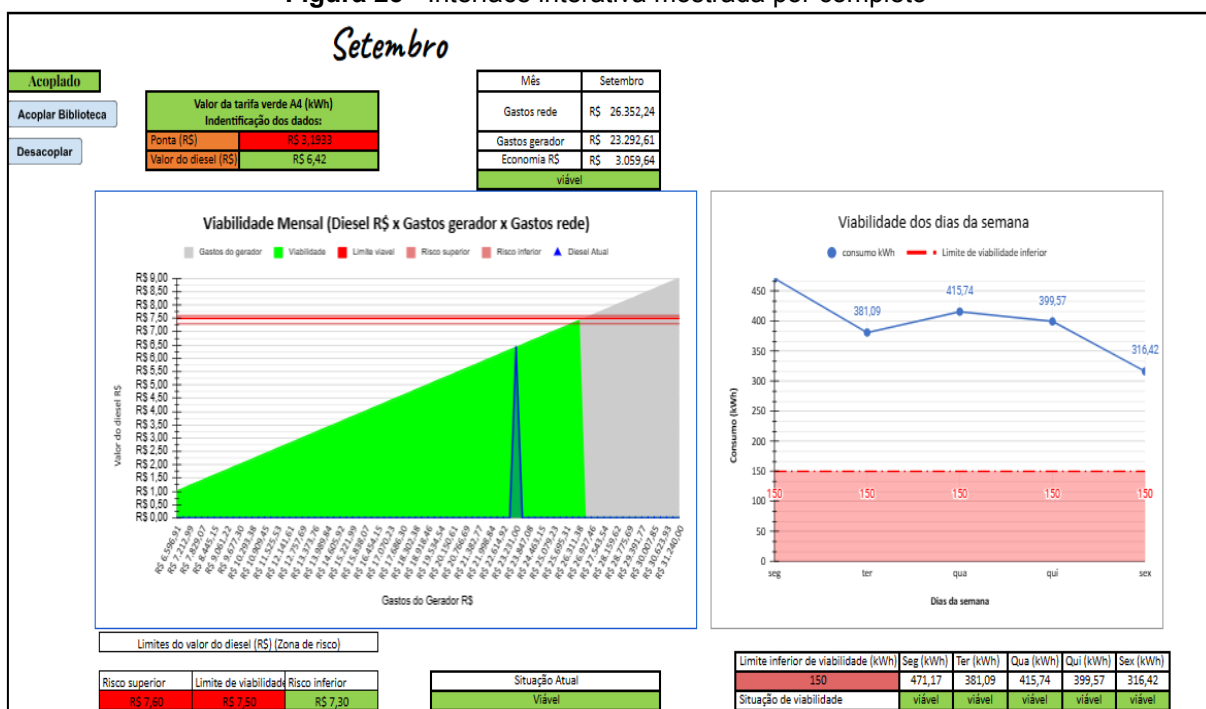
Na coluna de “Economia/Prejuízo(R\$)” a cor em vermelho retrata o prejuízo, a laranja retrata a viabilidade em estado crítico (economia menor que R\$600,00), e a cor verde retrata a viabilidade considerada ideal (economia acima de R\$600,00). Observa-se que os meses de maior economia são os meses de maior consumo, são eles Agosto, Setembro e Outubro. Já os meses de maiores prejuízos, estão inclusos os meses de menor movimento do campus, consequentemente de menor consumo, sendo eles Janeiro, Julho e Dezembro.

4.5 Visualização geral da interface principal do algoritmo

A interface implementada no excel e em seguida replicada para o google planilhas para que possa ser utilizada de forma online e hospedada na nuvem do google, que de certa forma utiliza-se as mesmas funcionalidades do excel. Foi desenvolvida para facilitar a utilização do usuário que irá utilizar o algoritmo, onde de

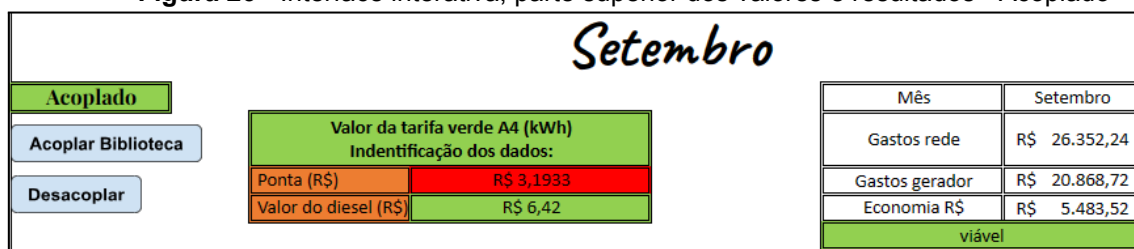
maneira simples e intuitiva precisará apenas alterar o valor do diesel e do kWh da rede caso esses valores sejam alterados por consequências econômicas nacionais.

Figura 25 - Interface interativa mostrada por completo



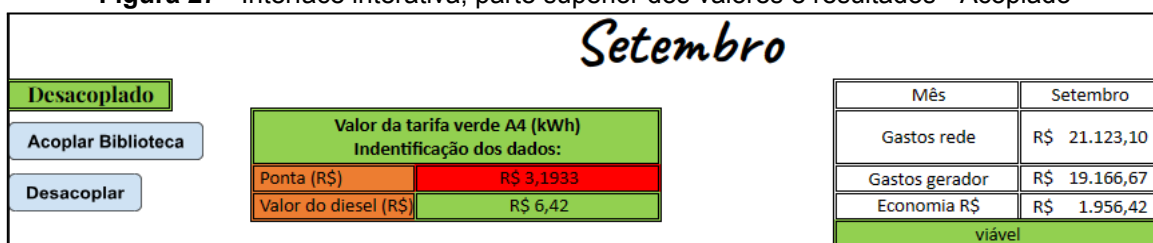
Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 26 - Interface interativa, parte superior dos valores e resultados - Acoplado



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 27 - Interface interativa, parte superior dos valores e resultados - Acoplado



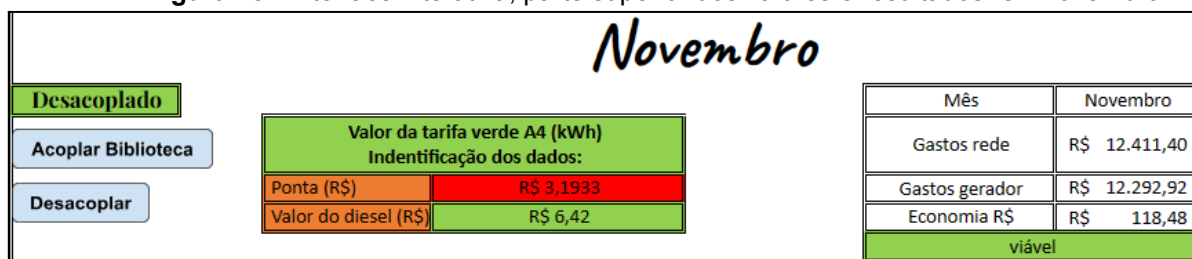
Fonte: Autoria própria (2023)

Ilustrando a Figura 25 e Figura 26, com apenas cliques nos botões de “Acoplar Biblioteca” e “Desacoplar” pode-se observar as alterações nos resultados

de gastos de ambos contextos, e a economia resultante onde é ilustrado na Figura 27.

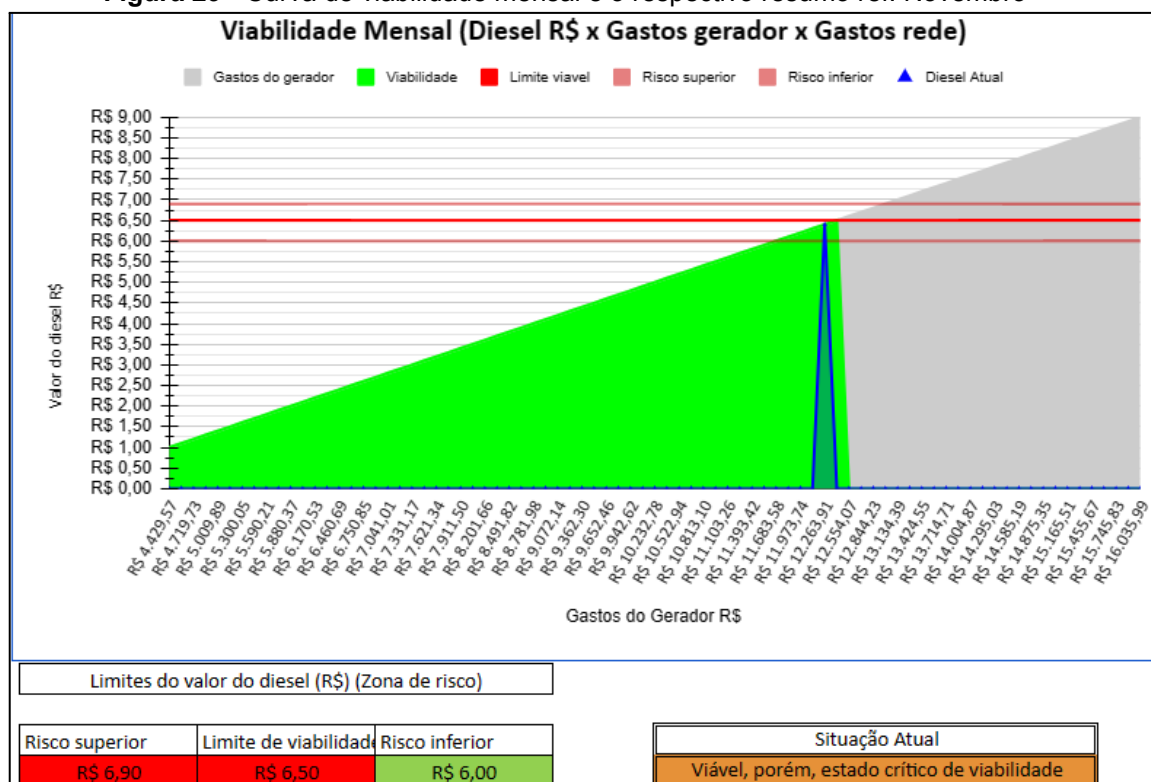
Ao aplicar-se experimentos, alterando o mês na planilha “datas”, onde encontra-se o script de reconhecimento da data atual, para observar valores de outro mês, onde é ilustrado na Figura 28.

Figura 28 - Interface interativa, parte superior dos valores e resultados ref. Novembro

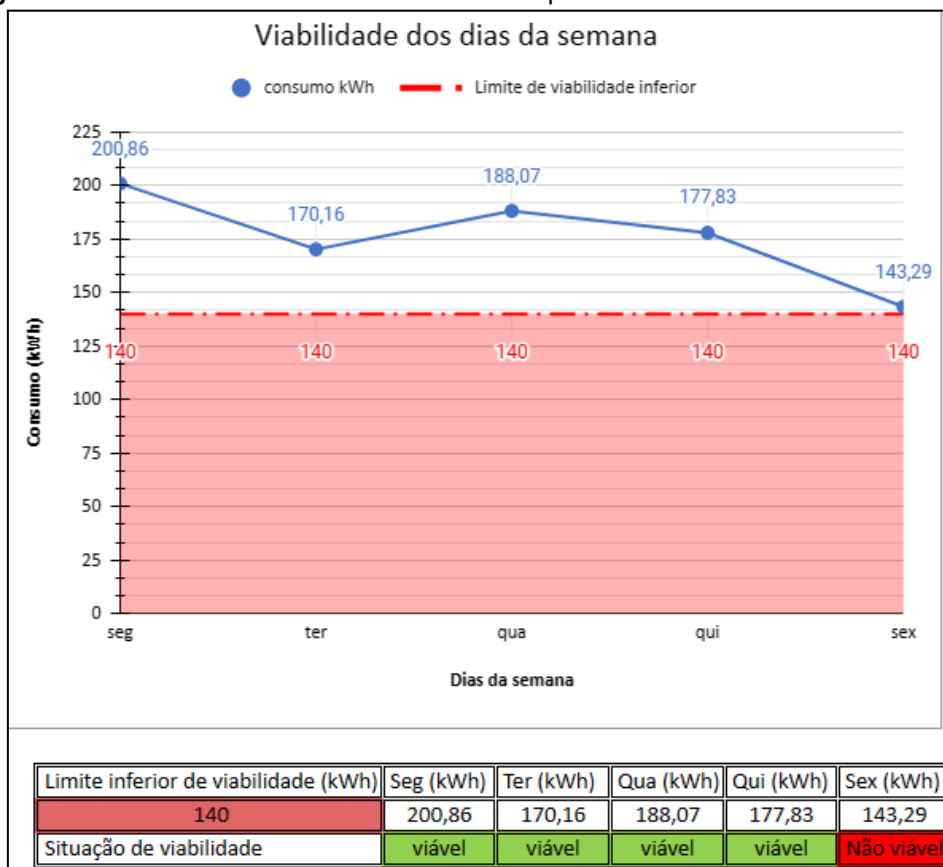


Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 29 - Curva de viabilidade mensal e o respectivo resumo ref. Novembro



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 30 - Curva de viabilidade semanal e o respectivo resumo ref. Novembro

Fonte: Autoria própria (2023)

Altera-se o mês para fins de análise, é ilustrado na Figura 29 a viabilidade mensal, e observa-se grandes diferenças na economia final do mês, e também no gráfico de viabilidade semanal ilustrado na Figura 30, onde a sexta feira aproxima bastante da zona de viabilidade inferior, fazendo com que o próprio algoritmo considera-se não viável a utilização do grupo gerador naquele respectivo dia da semana.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando o Contexto 1, que atualmente é o cenário atual do Campus Palmas é possível observar que a utilização do grupo motor gerador, no horário de ponta, apresenta economia em alguns meses, sendo Setembro o mês analisado como base, também sendo o mês de maior economia na utilização do gerador nesse contexto. É necessário informar que, é desprezado nessa análise, o custo da obtenção do Grupo Motor Gerador, assim já considerando o gerador instalado.

Para fins analíticos, executa-se a verificação de acoplamento do transformador da subestação da biblioteca que atualmente é de 300kVA, no transformador instalado na subestação dos quatro novos blocos, que atualmente é de 500kVA. Ao observar-se que, a biblioteca tem a máxima de demanda ativa de 61,992kW e para fins de parâmetros, a demanda ativa máxima dos quatros blocos chega em 153,489kW. Esses dados que considera tanto na medição fora ponta quanto no horário de ponta, adquirido-se pela medição feita com os analisadores em ambas subestações.

Assim, obtém-se que a carga da biblioteca seria suportada pelo transformador dos blocos, ambos acoplados, dando uma demanda ativa resultante estimada de 215,481kW e ainda teria uma margem de folga como segurança para um transformador de 500kVA.

Portanto, obtém-se a partir dessa análise que, o Contexto 1 apresenta 9,26% mais economia ao fazer a utilização do grupo gerador, do que a própria utilização da rede concessionária no mês considerado o mais quente do ano, que seria Setembro. E portanto, como ilustrado no próprio resumo do gráfico de viabilidade do Contexto 1 no mês de Setembro, o ponto ideal que o preço do diesel permaneça é abaixo de R\$7,00 considerando assim uma economia mensal pelo menos maior que R\$600,00.

Figura 31 - Valores considerados na análise

Valor da tarifa verde A4 (kWh)	
Identificação dos dados:	
Ponta (R\$)	R\$ 3,1933
Valor do diesel (R\$)	R\$ 6,42

Fonte: Autoria própria (2023)

Executando-se análise sobre o Contexto 2, considera que, esse cenário apresenta 20,81% a mais de economia após a implementação do aumento do rendimento do gerador com o acoplamento de carga, utilizando o gerador no horário de ponta, do que usar a rede da concessionária no mês de Setembro. Dessa forma, apresentando como o ponto ideal, representado pela zona de risco inferior do gráfico da curva de viabilidade mensal, manter o valor do diesel igual ou menor que R\$7,30 para manter a economia sendo no mínimo de R\$600,00.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Fábio Lima de. **Sistema Solar Fotovoltaico**: tarifação. Palmas: Instituto Federal do Tocantins - Campus Palmas, 2023. 30 slides, color.

ALVES, Edinilson *et al.* **DOCUMENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE MANUAL DE OPERAÇÃO E PROCEDIMENTO DE MANUTENÇÃO DE GRUPO MOTOR GERADOR DIESEL**. 2015. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Automação Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Utfpr, Curitiba, 2015.

ANEEL. **Postos Tarifários**. 2022a. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/entenda-a-tarifa/postos-tarifarios>>. Acesso em: 21 abr. 2023.

ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.000, DE 7 DE DEZEMBRO DE 2021**: capítulo VII - das modalidades tarifárias. 2021. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2023.

ANEEL. **Custo da energia que chega aos consumidores**: o que está embutido no custo da energia que chega aos consumidores?. 2022b. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/entenda-a-tarifa/custo-da-energia-qu-e-chega-aos-consumidores>>. Acesso em: 21 abr. 2023.

BERMANN, Célio; PARENTE, Virgínia. **Precificação dos Combustíveis**: recursos e oferta de energia. Recursos e Oferta de Energia. 2022. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7096332/mod_resource/content/1/PEN5002%20-%20Precifica%C3%A7%C3%A3o%20dos%20combust%C3%ADveis_2022.pdf. Acesso em: 25 out. 2023.

BORTOLOTO, Gabriel. **Bandeiras Tarifárias**. 2020. Disponível em: <https://3euel.com/bandeiras-tarifarias/?gclid=EAlaIqobChMltluprKy7_gIVtkZlAB0VTgqNEAAYASAAEgJWNPD_BwE>. Acesso em: 21 abr. 2023.

CAMPOS, Thiago Prado de. **ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO ECONÔMICA DE INSTALAÇÃO DE UM GRUPO GERADOR DIESEL NA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - CÂMPUS PATO BRANCO**. 2016. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco, Pato Branco, 2016. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15026/1/PB_COELT_2016_1_12.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2023.

CARDOSO, João Paulo Coutinho; RODRIGUES, Adahyl de Paula Garcez. **COMBUSTÃO DIESEL - ETANOL**. Departamento de Engenharia Mecânica, Rio de Janeiro, p. 6-8, 2015.

CUMMINS. **PowerCommand 3.3 Application Guide Phase 2 Release**. 2010. Disponível em: <<https://docplayer.net/61535196-Powercommand-3-3-application-guide-phase-2-release-revision-1-7-may-05-pcc3-3-control-system-overview.html>>. Acesso em: 27 maio 2023.

DCCO. **Grupos Geradores acionados por Motor Diesel: C500D6**. 2011.

Disponível em:

<https://www.dcco.com.br/cms/uploads/Grupo_Gerador_Cummins_DCCO_C500_D6_PT_REV_03_c5543463a9.pdf>. Acesso em: 06 maio 2023.

ENERGISA-TO. **TIPOS DE TARIFAS**: modalidade tarifária horária verde. 2023.

Disponível

em:<<https://www.energisa.com.br/empresa/Paginas/grandes-empresas/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Resenha Mensal: O consumo nacional de energia elétrica foi de 42.837 GWh em janeiro de 2023, crescimento de 0,6% em comparação com mesmo mês de 2022**. 2023. Disponível em:

<<https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/resenha-mensal-o-consumo-nacional-de-energia-eletrica-foi-de-42-837-gwh-em-janeiro-de-2023-crescimento-de-0-6-em-comparacao-com-mesmo-mes-de-2022#:~:text=Conteúdo%20da%20Página-,O%20consumo%20nacional%20de%20energia%20elétrica%20foi%20de%2042.837%20GWh,com%20mesmo%20mês%20de%202022>>. Acesso em: 12 mar. 2023.

GITMAN, L. J. **Princípios da Administração Financeira**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

IFTO. INSTITUTO FEDERAL DO TOCANTINS - CAMPUS PALMAS. . **Institucional**: apresentação. 2016. Disponível em:

<<http://www.ifto.edu.br/palmas/acesso-a-informacao-palmas/institucional>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

MACIEL, Ednilson Soares; CORAIOLA, José Alberto. **Máquinas Elétricas**. Curitiba, PR: Base Editorial, 2010.

NOVAIS, Maria Isabella de Oliveira. **ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE GRUPO DE GERADOR A DIESEL NO INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS - IFTO CAMPUS PALMAS**. 2019. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Instituto Federal do Tocantins - Campus Palmas, Palmas, 2019.

ONS. **HISTÓRICO DA OPERAÇÃO**: curva de carga horária. CURVA DE CARGA HORÁRIA. 2023. Disponível em:

https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/curva_carga_horaria.aspx. Acesso em: 13 out. 2023.

PEREIRA, José Claudio. **Apostila Técnica sobre grupo gerador a Diesel**. 2005.

Disponível em: <<http://www.joseclaudio.eng.br/apost.html>>. Acesso em: 30 abr. 2023.

PETROBRAS. **Óleo Diesel - Informações Técnicas**. 2021. Disponível em:

<https://petrobras.com.br/data/files/04/93/72/4C/5A39C710E2EF93B7B8E99EA8/Manual-de-Diesel_2021.pdf>. Acesso em: 06 maio 2023.

PETROBRAS. **Como são formados os preços: DIESEL**. 2023. Disponível em: <<https://precos.petrobras.com.br/sele%C3%A7%C3%A3o-de-estados-diesel>>. Acesso em: 06 maio 2023.

PROCON. **Combustível Palmas**. 2023. Disponível em: <<https://www.to.gov.br/procon/combustivel-palmas/22lqex3rws1>>. Acesso em: 13 mar. 2023.

ROSA, Marcelo Francisco Oliveira; LIMA, Tayrine de Carvalho. **Estudo da integração de um grupo motor gerador (GMG) à rede elétrica**. Analecta - Centro Universitário Academia, Juiz de Fora, v. 6, n. 3, p. 3-5, abr. 2020.

SILVA, A. Ferreira da; BARRADAS, O. Cesar Machado. Telecomunicações: Sistemas de energia. Rio de Janeiro: Livro técnico e científico, 1980.