

ANÁLISE TARIFÁRIA E AVALIAÇÃO DO FATOR DE CARGA POR MEIO DE  
ANALISADORES DE ENERGIA NA INSTALAÇÃO ELÉTRICA DA UNIFEI – CAMPUS  
ITABIRA

Maria Rosângela Lopes de oliveira (IC), Arthur Costa de Souza<sup>1</sup> (PQ)

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira - UNIFEI.

**Palavras-chave:** Análise tarifária. Demanda contratada. Curva de carga. Analisador de Potência e Qualidade de Energia. Fator de carga.

### Introdução

O desenvolvimento dos tipos de cobrança por parte dos agentes de distribuição, visa adequar a dinâmica dos grandes centros consumidores com as mudanças climáticas do país e com o consumo das demais cargas inseridas no sistema. As modalidades tarifárias são um conjunto de tarifas aplicáveis ao consumo de energia elétrica e à demanda de potência ativa. Elas são definidas de acordo com o Grupo Tarifário, segundo as opções de contratação definidas na Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021 e no Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária - Proret (ANEEL, 2022). Atualmente o Brasil sofre pelas alterações climáticas e escassez hídrica, o que atinge o principal meio de geração da matriz elétrica do país, as hidrelétricas. Como as hidrelétricas dependem de chuva para que os rios tenham água suficiente para movimentar as turbinas, em períodos de pouca chuva, é necessário acionar termelétricas movidas a combustíveis fósseis para não faltar energia (EPE, 2022). O acionamento de termelétricas aumenta os custos de geração de energia elétrica. Isso faz com que as indústrias e demais instalações alimentadas em média e alta tensão apliquem maior atenção nos contratos com as empresas distribuidoras de energia elétrica. Realizar uma análise de consumo nessas unidades possibilita uma realocação de recursos significativos para outros setores, além de uma grande redução de custos.

Logo, compreendendo a importância da correta aplicação dos investimentos financeiros, a pesquisa desenvolvida promove a realização da análise tarifária para Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Campus Itabira. Com base nos dados de consumo e demanda de 2018, 2019, 2021 e 2022, objetiva-se o levantamento da curva de carga da UNIFEI em regime presencial e remoto, respectivamente, assim como as tarifas adequadas para cada período analisado, a fim de comparar a dinâmica de consumo. Para coleta de dados e levantamento da curva de carga dos Blocos 1, 2, e Anexo 3, da universidade fora utilizado o Analisador de Potência

e Qualidade de Energia Fluke 435, assim como o software Power Log Classic para a leitura e tratamento das informações. Ademais, almeja-se uma redução nos custos tarifários da universidade por meio de uma mudança contratual com a distribuidora local de energia.

### Metodologia

Para a presente pesquisa, foram realizados estudos voltados a Modalidades tarifárias - O que difere cada uma delas e quais parâmetros são levados em consideração no momento de escolha do consumidor em aderir a alguma; Curva de Carga (como pode ser trabalhada através do analisador de energia) e Fator de carga (análise da demanda efetiva). Ademais, para obter-se resultados ainda mais precisos e exatos, realizou-se a leitura das Resoluções Normativas que abrangem o tema da pesquisa, sendo elas Nº 456/2000 e a Nº414/2010, além de explorar o Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) dando foco no Módulo 8, o qual está atrelado aos parâmetros da qualidade da energia elétrica. Também fora elaborado um estudo tanto teórico (leitura de manual e outros documentos), quanto prático (experiências laboratoriais) do qualímetro utilizado na coleta de dados, a fim de assimilar a sua ligação, os parâmetros que podem ser obtidos e sua capacidade de armazenamento. Além disso, fez-se o estudo da linguagem *Visual Basic for Applications (VBA)* para implementação de uma plataforma direcionada ao estudo. Por fim, realizou-se as medições nos alimentadores da universidade utilizando os analisadores de energia, para logo depois desenvolver a análise dos dados e apontar maneiras de otimizar os parâmetros de tarifação para outra modalidade mais favorável a universidade.

### Resultados e discussão

Com base nas contas de energia da universidade do ano de 2018 e 2019 observou-se que a demanda máxima

registrada possui uma média anual de 287 kW e 152,4 kW, respectivamente. Em contrapartida tem-se que o contrato da UNIFEI com a concessionária local de energia CEMIG é de 950 kW. Segundo o Manual de Tarifação da Energia Elétrica do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), a distribuidora de energia deve aplicar uma multa para o consumidor caso o mesmo ultrapasse 10% do valor da demanda contrata. Nesse sentido, de forma a garantir que a UNIFEI não irá ultrapassar os 10% de tolerância, fora possível prever uma adequação no contrato da demanda considerando o valor médio anual do ano de 2018, o que totaliza uma demanda contratada de 315,7 kW, que compreende a média anual de 287,5 kW acrescida dos 10% de seu próprio valor. Esta nova demanda contrata irá assegurar que a instalação não registre ultrapassagens, e que não haja desperdício de recursos por uma demanda muito acima dos valores máximos, já que independente do que for registrado deve ser pago o valor contrato para a concessionária de energia.

Com este valor de demanda, mesmo considerando as ultrapassagens ocorridas no ano de 2018 em relação a nova demanda estipulada, seria possível obter uma redução de custos de R\$ 69.200,37, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Custos com demanda contrata da UNIFEI para um reajuste de 634,3 kW a menos em relação ao contrato atual.

ANO 2018	Demanda no horário de ponta (kW)	Demanda no horário fora de ponta (kW)	Custos de demanda para demanda contratada de 950 kW	Custos de demanda para demanda contratada de 315,7 kW
JAN	84	161	R\$ 13.860,50	R\$ 4.606,06
FEV	70	364	R\$ 13.860,50	R\$ 6.720,15
MAR	119	140	R\$ 13.860,50	R\$ 4.606,06
ABR	532	700	R\$ 13.860,50	R\$ 21.426,87
MAI	532	665	R\$ 13.860,50	R\$ 19.894,92
JUN	168	203	R\$ 13.860,50	R\$ 4.606,06
JUL	161	175	R\$ 13.860,50	R\$ 4.606,06
AGO	147	490	R\$ 13.860,50	R\$ 12.235,17
SET	140	161	R\$ 13.860,50	R\$ 4.606,06
OUT	147	182	R\$ 13.860,50	R\$ 4.606,06
NOV	133	168	R\$ 13.860,50	R\$ 4.606,06
DEZ	112	175	R\$ 13.860,50	R\$ 4.606,06
Custos para a demanda de 950 kW			R\$ 166.326,00	
Custos para a demanda de 315,7 kW			R\$ 97.125,63	
<b>Economia Anual</b>			R\$ 69.200,37	

A Tabela 1 leva em consideração os valores de demanda do ano de 2021 fornecidos pela CEMIG para o subgrupo

A4, à qual enquadra-se a universidade. O valor utilizado para obtenção dos dados apresentados foi de 14,59 R\$/kW. As equações abaixo apresentam o cálculo de custos para ambas as demandas contratadas.

$$C_{demanda} = 950 \cdot 14,59 = R\$ 13.860,50$$

Equação 1: Custos com demanda por mês para a demanda contrata de 950 kW

$$C_{demanda} = 315,7 \cdot 14,59 = R\$ 4.606,06$$

Equação 2: Custos com demanda por mês para a demanda contrata de 315,7 kW sem ultrapassagens

$$C_{demanda} = D_{registrada} \cdot 14,59 + (D_{registrada} - D_{contratada}) \cdot 2 \cdot 14,59 [R\$]$$

Equação 3: Custos com demanda por mês para a demanda contrata de 315,7 kW com ultrapassagens

É possível observar que considerando a demanda contratada de 950 kW, não houve ultrapassagens no ano de 2018, portanto a cobrança de demanda será em cima da demanda contrata, como apresentado na Equação 1. Para o ano de 2019, considerando o mesmo reajuste, a economia anual estimada foi de R\$ 111.055,44. Ademais, com base na curva de carga obtida no ano 2022 fora possível observar que a média anual para a demanda contratada se manteve inalterada, registrando em determinados meses valores abaixo do esperado.

As análises realizadas no ano de 2021 não foram adotadas como referências para readequação de parâmetros do presente estudo, uma vez que a universidade não estava em plena operação e o consumo fora reduzido significativamente. Todavia, as mesmas auxiliaram para a compreensão do princípio de funcionamento do analisador de energia e dos pontos de distribuição da universidade – Verificou-se que o bloco 1 apresenta 5 disjuntores de distribuição, tornando necessário o estabelecimento de uma correlação dos dados coletados em um disjuntor com os demais. Além disso, observou-se que os dados registrados de demanda, tantos os adquiridos pelo qualímetro quanto pelos presentes na conta de energia, eram em média aproximadamente 2 vezes menores que os do ano de 2019, não podendo serem utilizados como base para cálculo de novas demandas. Também fora possível obter a curva de carga da instalação para o ano de 2022, onde foram coletados dados de demanda (kW) em um período de 24 horas no mês de maio, por meio do analisador de energia Fluke 435. Analisou-se três pontos de medição, Bloco 1, Bloco 2 e Anexo 3, sendo os dados apresentados na Figura 1, a soma total dos valores coletos nas três medições.

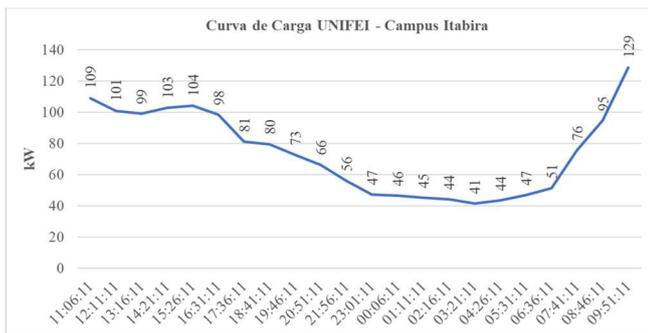


Figura 1: Curva de Carga UNIFEI – Campus Itabira, ano 2022

Figura 2: Página inicial da interface para coleta dos dados referentes a instalação da UNIFEI.

Por meio da mesma pode-se visualizar que no horário de ponta (HP), que corresponde o período das 17:00 às 20:00, o registro de demanda possui valores próximos aos registrados no horário fora de ponta (HFP). Em uma primeira análise, em termos de consumo (kWh), a tarifa azul pode apresentar maiores vantagens em relação a tarifa verde – Na modalidade horo-sazonal azul a tarifa de consumo no horário de ponta é aproximadamente 3 vezes menor que a tarifa na modalidade horo-sazonal verde para o mesmo horário. Todavia, quando verificado os dados de demanda registrada (kW), a tarifa verde apresenta maiores vantagens, uma vez que na modalidade horo-sazonal azul a tarifa de demanda no horário de ponta é 3 vezes maior que a tarifa única da modalidade horo-sazonal verde.

De forma a verificar as análises tarifárias efetuadas por meio da curva de carga da instalação, elaborou-se uma interface interativa no *software EXCEL*, utilizando a linguagem de programação própria *VBA*. O programa foi implementado com base no consumo por hora da instalação. Através dos dados da curva de carga do ano de 2022 e os valores máximos de demanda registrados no ano de 2018 (700 kW para o HFP e 585,2 kW para HP) fora possível analisar, por meio da interface desenvolvida, qual a tarifa mais adequada para a instalação.

Inicialmente, inseriu-se os dados correspondentes a demanda contratada no HP e no HFP; o subgrupo que a instalação pertence (para o caso da UNIFEI, subgrupo A4); a bandeira tarifária vigente; e a quantidade de dias úteis e sábados e domingos (considerou-se o mês com 4 semanas sem feriados). Na Figura 2 é possível visualizar a página inicial da interface com os parâmetros mencionados acima.

Em seguida, foram adicionados os dados de consumo coletados pelo analis de energia no período de 24 horas no ano de 2022 nos três pontos de distribuição da UNIFEI. A Figura 3 apresenta tais valores.

00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00
24	23	22	20	22	23
27	27	46	59	65	71
62	59	47	58	46	56
56	54	47	40	35	25

Figura 3: Página 2 da interface: Coleta dos dados de consumo.

Com os valores de entrada a interface apresentou, conforme a Figura 4, os custos com demanda e consumo para as duas modalidades tarifárias, e a modalidade que mais se adequa a instalação à qual os dados inseridos pertencem. A mesma utiliza como valores de tarifa os disponibilizados pela CEMIG no ano de 2021.

Resumo da Tarifa Verde	Melhor Tarifa	Resumo da Tarifa Azul
DEMANDA FATURADA: 11442,2	verde	DEMANDA FATURADA FORA DE PONTA: 3355,05
CONSUMO FATURADO FORA DE PONTA: 5467,88924		DEMANDA FATURADA FORA DE PONTA: 57665,58
CONSUMO FATURADO FORA DE PONTA: 9836,285036		CONSUMO FATURADO FORA DE PONTA: 9836,25694
VALOR DA FATURA: 26746,374256		CONSUMO FATURADO FORA DE PONTA: 1712,09964
		VALOR DA FATURA: 70285,95228

Figura 4: Página 3 da interface: Custos totais e modalidade tarifária ideal.

Observa-se por meio da interface desenvolvida, assim como na análise da curva de carga da instalação feita anteriormente, que a tarifa horo sazonal verde é a mais viável financeiramente para a universidade.

Por fim, avaliando o fator de carga diário da instalação, obtido pelos dados da curva de carga levantada (Figura 1), verificou-se que não há um aproveitamento racional da energia consumida pela instalação, uma vez que o mesmo apresenta um valor muito abaixo do ideal (fator de carga unitário), como demonstra a Equação 1.

$$F_{cd} = \frac{D_{méd}}{D_{máx}} = \frac{74 \text{ kW}}{129 \text{ kW}} = 0,574$$

Equação 4: Fator de carga diário da instalação da Universidade federal de Itajubá - Campus Itabira

Isto pode ser corrigido de modo a conservar o consumo da instalação e diminuir a demanda máxima registrada, realizando uma adequação das cargas em operação simultânea e verificando possíveis readequações de atividades que demandam uma potência elétrica elevada.

### Conclusões

A partir dos resultados obtidos foi possível verificar que a demanda contratada da UNIFEI Campus Itabira está superdimensionada e é possível realizar a adequação deste valor de forma a reduzir significativamente os custos com energia. Espera-se que uma demanda contratada no valor de 315,7 kW atenda às necessidades da instalação, uma vez que para as simulações realizadas nos anos antecessores a pandemia, esse valor gerou uma economia significativa, mesmo considerando a tarifa de ultrapassagem. Também foi possível visualizar que a modalidade tarifária à qual a universidade se encontra é condizente com seu modo de consumo e não é necessário realizar alterações no contrato. Além disto, observou-se que a instalação apresenta um fator de carga associado muito abaixo do valor ideal, necessitando de uma avaliação minuciosa da dinâmica de consumo do campus para aplicação dos métodos de correção, que só podem ser aplicados posteriormente a uma viabilização da mudança de comportamento das atividades da instalação. Por fim, é válido ressaltar que os resultados apresentados devem ser atualizados anualmente por meio da análise da curva de carga da instalação devido as obras de expansão do campus.

### Agradecimento

Agradeço ao professor Arthur Costa de Souza pela oportunidade de pelo apoio durante todo o desenvolvimento das atividades. Aos meus pais, Maria Elma Ferreira Lopes de Oliveira e Cícero Rômulo Borgneth de Oliveira, que me deram todo suporte para execução deste trabalho.

Ao engenheiro electricista Frederico Silva de Azevedo por auxiliar nas medições realizadas na instalação da UNIFEI e por disponibilizar os dados de consumo da universidade.

Ao CNPq pela oportunidade de realização da presente pesquisa.

### Referências

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Governo Federal. Modalidades Tarifárias. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/entenda-a-tarifa/modalidades-tarifarias>. Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Governo Federal. Mudanças Climáticas e Transição Energética. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcedenergia/clima-e-energia>. Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.003, DE 1º DE FEVEREIRO DE 2022. 2022. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20221003.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2022.

ELEKTRO et al. Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações. Elektro, Universidade Federal de Itajubá, Excen, Fupai. 1. a edição. Campinas, 2012.

BRASIL. Programa Nacional De Conservação De Energia Elétrica. Eletrobrás. MANUAL DE TARIFAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA. 2001. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/7502/material/Apostila%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%20II%20Manual%20de%20Tarifacao.pdf>. Acesso em: 20 de set. 2021.

AMALHO, Rafael Pereira. Análise Tarifária Para Reduzir O Custo De Energia Elétrica Na Agroindústria Caal. 2011. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2011. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/rii/956/1/An%C3%A1lise%20tarif%C3%A1ria%20para%20reduzir%20o%20custo%20de%20energia%20el%C3%A9trica%20na%20agroind%C3%BAstria%20caal.pdf>. Acesso em: 8 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Economia. Governo Federal. Como Analisar Gastos com Energia Elétrica. Disponível em: [https://www.gov.br/compras/pt-br/sistemas/arquivos-doc-pdf/cartilha\\_energia.pdf](https://www.gov.br/compras/pt-br/sistemas/arquivos-doc-pdf/cartilha_energia.pdf). Acesso em: 8 out. 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Procedimentos De Distribuição De Energia Elétrica No Sistema Elétrico Nacional – Prodist: Módulo 8 – Qualidade Do Fornecimento De Energia Elétrica. 2021. Disponível em: [11nq.com/kG30p](http://11nq.com/kG30p). Acesso em: 9 nov. 2021.