

## DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA AUTOMATIZADA PARA A ESCOLHA DA MODALIDADE TARIFÁRIA DE ENERGIA ELÉTRICA

RÍLARY OLIVEIRA DE ABREU<sup>1</sup>, RAFAEL CRUZ BORGES<sup>2</sup>, KAROLINE YASMIM RAMOS RODRIGUES<sup>3</sup>, VITÓRIA DE CARVALHO DOURADO<sup>4</sup>, GEAN MARCOS SOUZA FERREIRA<sup>5</sup>, RUDIERO CASSOL FOGAÇA<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFR, Rondonópolis-MT, (66) 9 9933-9822, rilary@aluno.ufr.edu.br

<sup>2</sup> Engenheiro Eletricista, Prof. Doutor, UFR, Rondonópolis-MT, (66) 3410-4063, rafael@ufr.edu.br

<sup>3</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFR, Rondonópolis-MT, karoline@aluno.ufr.edu.br

<sup>4</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFR, Rondonópolis-MT, vitoria.carvalho@aluno.ufr.edu.br

<sup>5</sup> Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFR, Rondonópolis-MT, gean.marcos@aluno.ufr.edu.br

<sup>6</sup> Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFR, Rondonópolis-MT, rudiero.cassol@aluno.ufr.edu.br

Apresentado no  
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2020  
23 a 25 de novembro de 2020 – Congresso On-line

**RESUMO:** O conhecimento do mecanismo tarifário em que a unidade consumidora se enquadra é fundamental na obtenção de estratégias que possam minimizar os impactos financeiros causados pela má escolha da modalidade ou demanda contratadas. A troca de modalidade tarifária ou apenas a atualização da demanda contratada podem ser uma medida de otimização energética visando eliminar ociosidades e ultrapassagens de demanda, evitando desperdício financeiro em uma empresa ou instituição. Assim, é preciso realizar um levantamento técnico do consumo de energia local periodicamente. O presente trabalho foi realizado na Universidade Federal de Rondonópolis – UFR, onde o fornecimento de energia é feito em tensão primária (13,8 kV) enquadrado no subgrupo A4 e de modalidade tarifária verde. O objetivo desse trabalho foi desenvolver uma ferramenta para ajudar as unidades consumidoras de alta tensão enquadradas no grupo A, obter dados para auxiliar na escolha das melhores demandas e modalidade tarifária a serem contratadas, a fim de conseguir um menor custo anual com energia elétrica. Para elaboração de tal ferramenta foi utilizado o *software* Microsoft Excel.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência no uso da energia, modelo de otimização, modalidade tarifária.

### DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED TOOL FOR CHOOSING THE ELECTRICAL ENERGY TARIFF MODALITY

**ABSTRACT:** The knowledge of tariff mechanism in which the consumer unit fits is essential in obtaining strategies that can minimize the financial impacts caused by poor choice of the contracted modality or demand. The change of tariff modality or just the updating of the contracted demand can be a way of energy optimization aiming to eliminate idleness and exceeding in demand, avoiding financial waste in a company or institution. Thus, it is necessary to carry out a technical survey of local energy consumption periodically. The present paper was carried out at the Federal University of Rondonopolis – UFR, where the supply of energy is made at primary voltage (13,8 kV) framed in Subgroup A4 and with green tariff modality. The objective of this paper was to develop an automated tool to help high voltage consumer units in group A to obtain data to assist in choosing the best demands and tariff modalities to be contracted, in order to achieve a lower annual cost with electricity. To prepare such a tool Microsoft Excel software was used.

**KEYWORDS:** Efficiency in energy use, optimization model, tariff modality.

**INTRODUÇÃO:** A energia elétrica consumida no Brasil é proveniente, em sua maior parte por hidrelétricas, as quais durante os períodos de seca sofrem uma diminuição no nível hídrico e, portanto, na geração de energia. A fim de garantir a capacidade de abastecimento energético e segurança da capacidade de geração do país, outras fontes de energia, como as termelétricas, são acionadas por um tempo, processo este que gera um custo maior às concessionárias. Desse modo, foi criado um mecanismo tarifário, onde é feita uma previsão dos gastos da unidade consumidora durante o período de 12 meses, para então um contrato ser assinado entre a concessionária e a unidade consumidora em questão, estabelecendo assim a demanda de energia necessária. Ao conhecer este mecanismo, o consumidor poderá alcançar o objetivo de tornar uma unidade consumidora mais eficiente, analisando a modalidade tarifária de forma a evitar desperdícios e assim, reduzir custos (DANNA, 2019). Cada grupo consumidor é submetido a uma maneira diferente de faturamento, exigindo-se que seja especificado um conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência, conforme a modalidade de fornecimento (ELETROBRAS, 2011). Para alcançar tal objetivo, conhecer a estrutura tarifária da unidade consumidora pertencente ao grupo A (alta tensão) é primordial para a escolha da modalidade e otimização da demanda de potência a ser contratada. Para tanto, deve-se analisar as demandas de potência contratada, medida e faturada, eliminando as ociosidades e ultrapassagens (BORGES et al., 2020). Para uma unidade consumidora, a gestão da energia elétrica pode ser apontada como um fator primordial, pois qualquer processo que se deseje desenvolver depende do consumo de energia elétrica por parte de suas máquinas e equipamentos (REZENDE; ESTREMOTE, 2001). Com isso, o desenvolvimento de ferramentas para análise automática desses parâmetros, auxilia na escolha da melhor demanda a ser contratada. Em relação a demanda contratada, chega-se a um impasse para a sua determinação, uma vez que: se a demanda contratada for inferior à demanda medida, fatura-se a contratada e, ainda, se for maior que o limite de 5% do valor da demanda contratada, será aplicada a tarifa de ultrapassagem, duas vezes mais cara que a contratada (ANEEL, 2010). O objetivo do trabalho é apresentar uma ferramenta automatizada que ajude a unidade consumidora a determinar a demanda a ser contratada, baseando em um processo de otimização e, auxiliar a unidade na escolha de tarifa (azul ou verde) que apresente menor custo anual. A ferramenta foi desenvolvida utilizando o *software* Microsoft Excel. Com base nos dados históricos da unidade consumidora, o modelo faz uma previsão quantitativa, ajuste qualitativo, com simulação financeira para determinar a demanda ótima e tipo de tarifa a ser contratada.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O presente trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de Rondonópolis- UFR, tendo em vista que atualmente a instituição recebe um fornecimento de energia elétrica no qual a tensão primária é de 13,8 kV enquadrada no subgrupo A4 de modalidade tarifária verde. Deste modo, desenvolveu-se uma ferramenta utilizando o *software* Microsoft Excel através da função macro para automatizar o estudo tarifário feito na instituição conforme apresentado em (ARAUJO et al., 2019) e, podendo ser utilizado por qualquer unidade consumidora pertencente ao grupo A. Para que a ferramenta desenvolvida faça os cálculos necessários é preciso que a unidade consumidora preencha previamente uma tabela fornecendo os dados das faturas dos últimos 12 meses, sendo estes: o mês da fatura, o consumo na ponta (P) e fora da ponta (FP) em kWh, as demandas contratadas (C) e medidas (M) na ponta e fora de ponta em kW. A unidade consumidora deverá fornecer ainda as tarifas atuais: de consumo (P e FP) em R\$/kWh, de demanda (P e FP) e ultrapassagem de demanda (P e FP) em R\$/kW disponibilizadas pela concessionária. A partir de então, informar qual a modalidade tarifária em que se encontra atualmente. Com esses dados fornecidos é calculado o total faturado da unidade consumidora conforme a equação:

$$TF = CA_P * TC_P + CA_{FP} * TC_{FP} + TD_P * xi_P + TD_{FP} * xi_{FP} + U_P * TU_P * yi_P + U_{FP} * TU_{FP} * yi_{FP} + CR \quad (1)$$

em que,

TF – Total faturado em [R\$];

CA – Consumo ativo medido em [kWh];

U – Ultrapassagem medida em [kW];

TC – Tarifa de consumo em [R\$/kWh];

TD – Tarifa de demanda em [R\$/kW];

TU – Tarifa de ultrapassagem em [R\$/kW];

$xi$  – máxima demanda entre a medida e contratada em [kW];

CR – Consumo relativo faturado em [R\$];

$yi$  – condição de ultrapassagem [0 ou 1] e;

$i$  – meses do ano.

Sendo assim, a partir dos dados obtidos, a ferramenta faz a aplicação de duas metodologias distintas, sendo estas: Método 5% e o GRG Não Linear através da ferramenta solver. Maiores detalhes das metodologias podem ser encontrados em (SACOMAN, 2012) e (ARAUJO et al., 2019). A primeira metodologia, método 5%, trata-se da subtração de 5% das maiores demandas medidas nos horários de ponta e fora de ponta, a fim de definir a melhor demanda a ser contratada. Já a segunda metodologia, é aplicada a ferramenta Solver, de forma a obter a melhor demanda contratada a partir da seguinte expressão:

$$\min f = [\sum_{i=1}^{20} (TD * xi + U * TU * yi)_V + (TD_P * xi_P + U_P * TU_P * yi_P + U_{FP} * TU_{FP} * yi_{FP})_A] \quad (2)$$

Sujeito a:

$$xi = \max(M, C); xi_P = \max(M_P, C_P); xi_{FP} = \max(M_{FP}, C_{FP}) \quad (3)$$

$$U = (M - C); U_P = (M_P - C_P); U_{FP} = (M_{FP} - C_{FP}) \quad (4)$$

$$yi, yi_P, yi_{FP} = [0 \text{ ou } 1] \quad (5)$$

$$yi = \begin{cases} 0, \text{ para } M \leq C \\ 0, \text{ para } 0 < M \leq 1,05 * C \\ 1, \text{ para } M > 1,05 * C \end{cases}; yi_P, yi_{FP} = \begin{cases} 0, \text{ para } M_{P,FP} \leq C_{P,FP} \\ 0, \text{ para } 0 < M_{P,FP} \leq 1,05 * C_{P,FP} \\ 1, \text{ para } M_{P,FP} > 1,05 * C_{P,FP} \end{cases} \quad (6)$$

em que,

M – Demanda Medida em [kW];

C – Demanda Contratada em [kW];

V – Índice referente à tarifa Verde;

A – Índice referente à tarifa Azul;

A função de minimização de custo (Equação 2) é feita separadamente para cada tarifa, ou seja, quando a demanda for calculada para tarifa verde, a parte da equação do índice A será igual a zero, e quando calculada para a tarifa azul, a parte da equação do índice V será igualado a zero (ARAUJO et al., 2019). Então, como resultado da ferramenta, são gerados um gráfico comparativo e um relatório, informando a unidade consumidora qual a melhor demanda e

modalidade tarifária a ser contratada, mostrando assim a economia gerada utilizando esta modalidade tarifária.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A fim de exemplificar o funcionamento da plataforma, utilizou-se dados das faturas de energia dos meses de outubro de 2018 a setembro de 2019 da UFR, a qual atualmente se encontra na modalidade tarifária verde, utilizando as tarifas cobradas atualmente pela concessionária de energia local. A primeira etapa, compreende o preenchimento dos dados tarifários e o histórico das faturas de energia da unidade consumidora, assim como a modalidade tarifária contratada atualmente (Figura 1). Nessa etapa, a ferramenta disponibiliza um link que direciona o usuário ao site da concessionária de energia, para buscar os valores das tarifas atualizadas.

INÍCIO
DADOS
RESULTADOS

Preencha apenas os campos vazios com os dados solicitados de acordo com a sua Unidade Consumidora:

**1** Tarifa de Consumo - Ponta (R\$/kWh)

Azul Verde

Dividas: 0,52828 1,61282

Tarifa de Consumo - Fora da Ponta (R\$/kWh)

Azul Verde

0,34961 0,34961

Tarifa de Demanda - Ponta (R\$/kWh)

Azul

44,65

Tarifa de Demanda - Fora da Ponta (R\$/kWh)

Azul Verde

16,83 16,83

Tarifa de Ultrapassagem - Ponta (R\$/kWh)

Azul

89,3

Tarifa de Ultrapassagem - Fora da Ponta (R\$/kWh)

Azul Verde

33,66 33,66

**2** Tarifa Atual

TARIFA AZUL  TARIFA VERDE

\*Site da Energisa com os valores atuais das tarifas para preenchimento.  
<https://www.energisa.com.br/empresa/Paginas/poder-publico/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>

**3** Preencha a tabela de acordo com o histórico das faturas de energia do último ano:

Mês	Consumo Ativo			Demanda			Total
	P [kWh]	FP [kWh]	C (P) [kW]	C (FP) [kW]	M (P) [kW]	M (FP) [kW]	
1 set-19	26460	181440	571,2	705	571,2	844,2	R\$ 125.001,81
2 ago-19	24780	141960	449,4	705	449,4	663,6	R\$ 101.461,47
3 jul-19	23100	143640	512,4	705	512,4	697,2	R\$ 99.339,27
4 jun-19	23520	152040	546	705	546	730,8	R\$ 103.387,59
5 mai-19	22680	176400	478,8	705	478,8	760,2	R\$ 112.902,16
6 abr-19	31500	203700	600,6	705	600,6	848,4	R\$ 141.124,80
7 mar-19	22680	163800	495,6	705	495,6	798	R\$ 110.405,60
8 fev-19	11760	124320	516,6	705	516,6	781,2	R\$ 78.142,77
9 jan-19	17640	145740	600,6	705	600,6	823,2	R\$ 97.235,37
10 dez-18	26040	184380	558,6	705	558,6	835,8	R\$ 124.928,17
11 nov-18	20580	168420	520,8	705	520,8	772,8	R\$ 107.361,52
12 out-18	30660	198240	609	705	609	915,6	R\$ 141.254,09
<b>Total</b>							<b>R\$ 1.342.544,63</b>

Legenda: P = Ponta; FP = Fora da Ponta; C = Contratada; M = Medida.

**Voltar** ←
**Próximo** →

FIGURA 1. Planilha a ser preenchida com os dados da unidade consumidora.

Com os dados preenchidos, após clicar no botão “próximo”, a ferramenta gera um relatório contendo informações como: porcentagem de economia e melhores demandas a serem contratadas pela unidade consumidora dentro de cada modalidade tarifária e resultado dos métodos aplicados, assim como, a escolha mais vantajosa (Figura 2). Como resultado dessa análise realizada, o melhor resultado alcançado pela ferramenta, foi a aplicação do método solver que apresentou uma economia de 1,82%, ou seja, aproximadamente R\$ 24.413,60 que seriam economizados utilizando a modalidade tarifária verde. Nesta análise, o método solver ajustou a demanda contratada fora da ponta de 705 kW para 808 kW. Além das informações sobre a economia obtida é possível observar as demandas ultrapassadas mensalmente utilizando a demanda atual ou ajustando para outras modalidades (Figura 3). Com esses dados, observa-se que no gráfico da demanda de ultrapassagem inicial, sem aplicação de qualquer metodologia, a demanda medida é excedida em vários meses à demanda contratada (representada pela linha branca no gráfico). Essa demanda que ultrapassou à contratada, aumenta o custo de energia da unidade consumidora, pois a tarifa de demanda de ultrapassagem é duas vezes mais cara que a tarifa de demanda contratada. Com a aplicação da ferramenta utilizando os dois métodos, observa-se nos demais gráficos, que as demandas de ultrapassagens diminuem, equalizando melhor as violações do contrato, tornando a metodologia solver para a tarifa verde mais atrativa.

Assim, com esses resultados, a ferramenta pode auxiliar o gestor de uma grande unidade consumidora a gerenciar seus custos com energia elétrica.

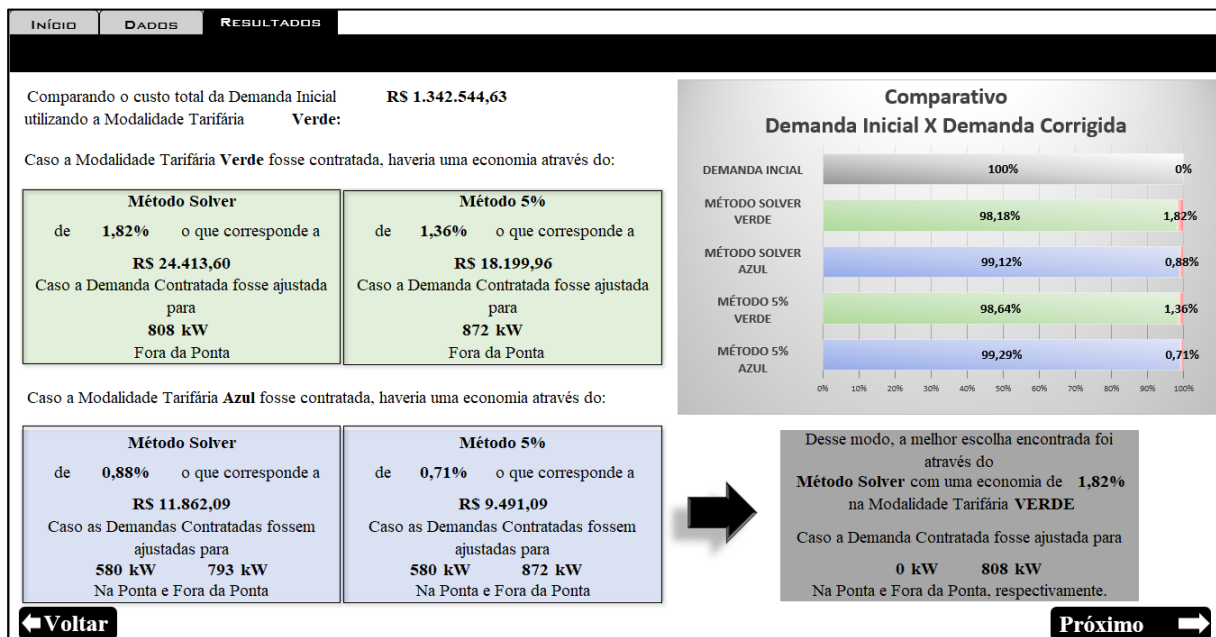


FIGURA 2. Planilha contendo os resultados obtidos.

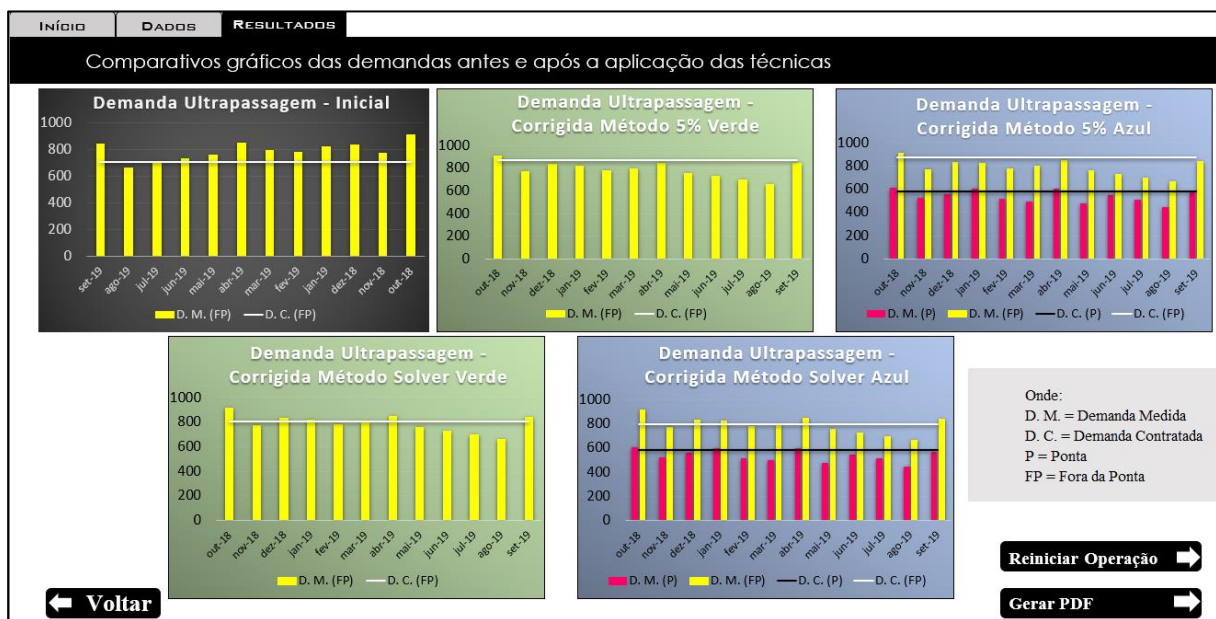


FIGURA 3. Comparativo das demandas de ultrapassagens em relação a Demanda Inicial.

A ferramenta possibilita ainda, a geração de um relatório em PDF, mostrando os resultados obtidos com a análise dos métodos, de modo a deixar documentado o estudo realizado (Figuras 4 e 5). Para gerar esse relatório, o usuário deve clicar no botão “Gerar PDF” da figura 3. Com esse relatório é possível armazenar e gerar um banco de dados sobre o histórico do consumo de energia da unidade consumidora e tarifas aplicadas, de modo a auxiliar na tomada de decisão dos próximos anos, quando ocorrer o novo período de renovação do contrato entre a concessionária de energia e unidade consumidora.



Relatório Tarifário contendo os dados obtidos com os valores fornecidos pela UC: \_\_\_\_\_, dos meses de \_\_\_\_/\_\_\_\_ a \_\_\_\_/\_\_\_\_.

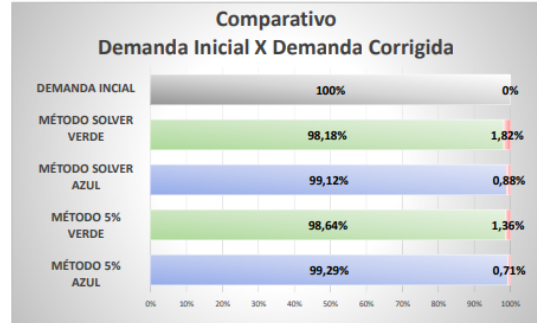
Comparando o custo total da Demanda Inicial de **RS 1.342.544,63** utilizando a Modalidade Tarifária **Verde**:

Caso a Modalidade Tarifária **Verde** fosse contratada, haveria uma economia através do:

<p><b>Método Solver</b> de <b>1,82%</b> o que corresponde a <b>RS 24.413,60</b> Caso a Demanda Contratada fosse ajustada para <b>808 kW</b> Fora da Ponta</p>	<p><b>Método 5%</b> de <b>1,36%</b> o que corresponde a <b>RS 18.199,96</b> Caso a Demanda Contratada fosse ajustada para <b>872 kW</b> Fora da Ponta</p>
---	---

Caso a Modalidade Tarifária **Azul** fosse contratada, haveria uma economia através do:

<p><b>Método Solver</b> de <b>0,88%</b> o que corresponde a <b>RS 11.862,09</b> Caso as Demandas Contratadas fossem ajustadas para <b>580 kW</b> <b>793 kW</b> Na Ponta e Fora da Ponta</p>	<p><b>Método 5%</b> de <b>0,71%</b> o que corresponde a <b>RS 9.491,09</b> Caso as Demandas Contratadas fossem ajustadas para <b>580 kW</b> <b>872 kW</b> Na Ponta e Fora da Ponta</p>
---	--



Desse modo, a melhor escolha encontrada foi através do **Método Solver** com uma economia de **1,82%** na Modalidade Tarifária **VERDE**  
Caso a Demanda Contratada fosse ajustada para **0 kW** **808 kW**  
Na Ponta e Fora da Ponta, respectivamente.

FIGURA 4. Primeira página do relatório gerado contendo os resultados obtidos.



Comparativos gráficos das demandas antes e após a aplicação das técnicas:

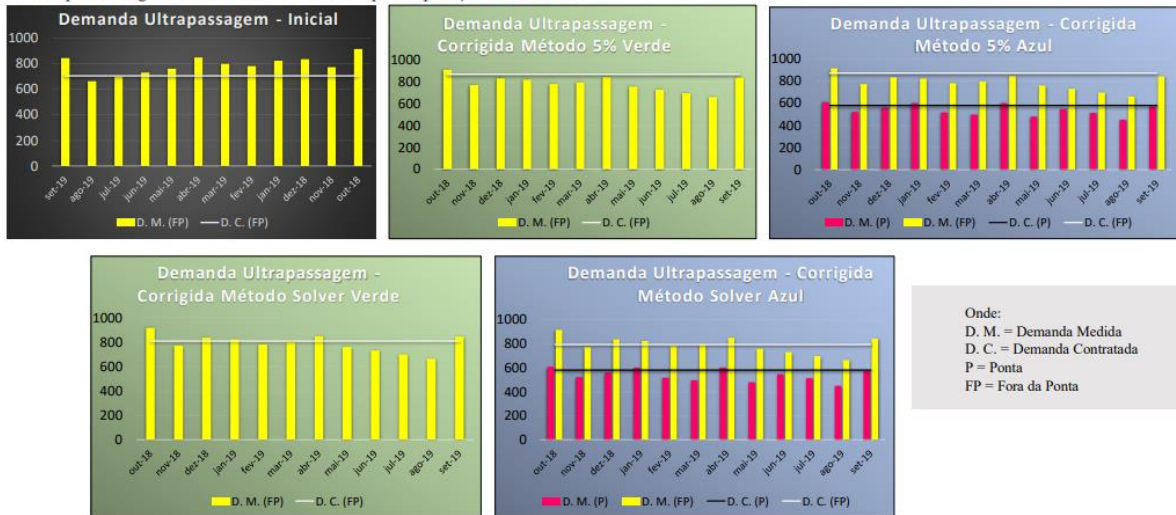


FIGURA 5. Segunda página do relatório gerado contendo os resultados obtidos.

**CONCLUSÕES:** Para consumidores de alta tensão, como grandes empresas, unidades armazenadoras de grãos, unidades beneficiadoras de sementes, o constante crescimento do uso da energia elétrica pode gerar grandes custos e desperdícios, caso não seja feito o ajuste da demanda contratada ou modalidade tarifária periodicamente de forma a adequar-se à realidade da unidade consumidora. Assim, a ferramenta desenvolvida é uma importante aliada para auxiliar os gestores das unidades consumidoras na tomada de decisão na hora de ajustar seus contratos com as concessionárias de energia, de forma a reduzir seus custos com energia elétrica, principalmente quando há demandas de ultrapassagens, a qual possuem tarifa duas

vezes maior que a tarifa da demanda contratada. A ferramenta utiliza duas metodologias de análise, o método 5% e o método solver. Desse modo, para o caso analisado, é possível observar que a economia gerada na universidade, utilizando a escolha correta da demanda e modalidade tarifária (dado pelo método solver) chega-se a uma economia de 1,82%, o que corresponde a aproximadamente R\$ 24.413,60, caso a modalidade tarifária continuasse verde e a demanda contratada fosse ajustada para 808 kW fora da ponta.

## **REFERÊNCIAS:**

**ANEEL. Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010.** Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada.

ARAUJO, N. C. C. de, BORGES, R. C., RODRIGUES, K. Y. R., ABREU, R. O. **Estudo da tarifa de energia elétrica utilizando modelo de otimização para demanda.** XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019 - Campinas – SP. ISSN: 2358-582X.

BORGES, R. C.; RAMOS, K. Y.; ARAUJO, N. C. C. de; ABREU, R. O. **Análise da estrutura tarifária de energia elétrica de uma unidade consumidora utilizando modelo de otimização para demanda contratada.** Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 3, p. 10060-110071, 2020.

DANNA, D. C. **Ensaio comportamentais aplicáveis a consumidores de energia elétrica para aperfeiçoamento das bandeiras tarifárias.** Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Instituto Brasiliense de Direito Público, Brasília – DF, 2019. 86 f.

ELETRORBRAS. **Manual de Tarifação da Energia Elétrica.** Eletrobrás, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, PROCEL, 2011.

REZENDE, J. P.; ESTREMOTE, M. A. **Estudo e criação de um software para enquadramento tarifário do subgrupo A4, utilizando as normas vigentes da Aneel (maio/2001).** II Jornada do Conhecimento e da Tecnologia. UNIVEM, Marília, 2001.

SACOMAN, G. A. R. **Otimização de projetos utilizando GRG, Solver e Excel.** XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2012.