

ESTUDO DA TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA DEMANDA

NOELLEN CAROLINE CAVALCANTI DE ARAUJO¹, RAFAEL CRUZ BORGES²
KAROLINE YASMIM RAMOS RODRIGUES³, RÍLARY OLIVEIRA DE ABREU⁴

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFMT/Rondonópolis MT, noellenaraujo@gmail.com

² Engenheiro Eletricista, Prof. Doutor, UFMT/Rondonópolis MT, (66) 3410-4063, rcborges@ufmt.br

³ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFMT/Rondonópolis MT, karolineyasmim12@hotmail.com

⁴ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFMT/Rondonópolis MT, rilary1@live.com

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: Para uma unidade consumidora, a gestão do uso da energia elétrica é um fator primordial, de forma a buscar sempre a redução dos custos. Essa economia pode ser realizada com a alteração do contrato entre a concessionária e o consumidor. A unidade consumidora de energia elétrica é classificada em dois grupos, denominados A e B. Para o grupo A pode ser aplicada a modalidade tarifária azul ou verde. Desta forma, o objetivo do estudo foi determinar a melhor modalidade tarifária e demanda a serem contratadas pela UFMT Câmpus Rondonópolis, de modo a adequar o perfil de consumo de energia elétrica da instituição às suas reais necessidades. Para a correção da demanda contratada foram utilizados os métodos 5% e Solver (presente no *software* Microsoft Excel) e seus resultados foram comparados, a fim de, determinar a metodologia mais eficiente. A partir dos resultados obtidos, foi verificada a necessidade de alteração da modalidade tarifária de verde para azul e a correção da demanda contratada pela instituição. Além disso, embora ambas as metodologias tenham apresentado resultados expressivos, a ferramenta Solver, mostrou-se mais vantajosa.

PALAVRAS-CHAVE: Demanda de energia, eficiência no uso da energia, modalidade tarifária, modelo de otimização.

STUDY OF ELECTRICAL ENERGY TARIFF USING OPTMIZATION MODEL FOR THE DEMAND

ABSTRACT: For a consumer unity, the management of electrical energy use is a capital fact, in order to always look to costs reduction. This save can be done by the contract between dealership and consumer modification. The consumer unity is divided into two groups named A and B. For the A group, the tariff modality blue or green can be appllied. Thus, the objective of this study was to determine the best tariff modality and demand to be hired by UFMT

into its real necessity. For the correction of hired demand the 5% and Solver (present on Microsoft Excel) methods were used, the results were compared with the intention to determine the most efficient methodology. From the outcomes, it was verified the need of

hired demand. Besides, even if both methodologies has shown expressives results, the Solver one appeared more reliable.

KEYWORDS: Energy demand, efficiency in energy use, tariff modality, optimization model.

INTRODUÇÃO: As unidades consumidoras são classificadas em dois grupos denominados A e B. A estrutura tarifária do grupo A é constituída pela modalidade tarifária azul ou verde. Ambas as modalidades são caracterizadas por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia, no entanto, em relação à demanda de potência, na modalidade verde considera-se uma única tarifa, enquanto na azul, são considerados os horários de utilização no dia (ANEEL, 2010). Sendo assim, fazer uma análise sobre a modalidade tarifária da unidade consumidora de forma a reduzir os custos é uma forma de tornar a unidade consumidora mais eficiente evitando os desperdícios. A eficiência energética está associada ao crescimento econômico, a produtividade, a proteção do meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável (DEBASTIANI *et al.*, 2014). Além da diminuição do consumo de energia, a redução do custo pode ser realizada com a alteração do contrato entre a concessionária e o consumidor. Outro método que promove a economia, além da eficiência do sistema, é a correção do fator de potência, pois quando desajustado leva ao consumo de energia reativa da concessionária, o que gera cobranças adicionais na fatura. Este trabalho foi desenvolvido a partir de uma avaliação da estrutura tarifária adotada pela UFMT, em que foi verificada a necessidade da atualização contratual entre a instituição e a concessionária de energia (BORGES *et al.*, 2018). Desta maneira, objetivou-se determinar a melhor modalidade tarifária e demanda a serem contratadas pela UFMT Câmpus Rondonópolis, de modo a adequar o perfil de consumo de energia elétrica da instituição às suas reais necessidades.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado na Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Rondonópolis, onde atualmente, o fornecimento de energia elétrica para a instituição é realizado em tensão primária de 13,8 kV enquadrada no subgrupo A4 e incidindo a modalidade tarifária verde. Os dados de consumo, demanda e tarifas utilizados na análise, foram obtidos a partir das faturas do período de agosto de 2016 a março de 2018. Inicialmente, foi calculado o total faturado de cada mês empregando as duas modalidades tarifárias, considerando a maior demanda entre a medida e contratada, além de aplicar a condição de demanda de ultrapassagem em que, se a demanda medida for até 5% maior do que a contratada, não há cobrança de excedente (ANEEL, 2010). Para isso, utilizou-se a seguinte 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 é o total faturado em [R\$]; CA o consumo ativo medido em [kWh]; TC a tarifa de consumo em [R\$/kWh]; TD a tarifa de demanda em [R\$/kW]; xi a máxima demanda entre a medida e contratada em [kW]; U a demanda ultrapassada em [kW]; TU a tarifa de ultrapassagem em [R\$/kW]; CR o consumo reativo faturado em [R\$]; yi a condição de ultrapassagem [0 ou 1]; P o horário de ponta; FP o horário fora da ponta e i os meses do ano.

Em seguida, foi realizada a correção das demandas contratadas utilizando duas metodologias, sendo a primeira através da ferramenta Solver do *software* Microsoft Excel através de técnicas de otimização em um processo de minimização de custo, aplicando o método GRG Não Linear. Maiores detalhes dessa ferramenta e método podem ser encontrados em (SACOMAN, 2012). Na segunda metodologia, foi subtraído 5% das maiores demandas medidas tanto no horário de ponta quanto fora de ponta, para definir qual seria a demanda contratada. Esta técnica é comumente utilizada pelas unidades consumidoras para escolher a melhor demanda a ser contratada e assim, foi chamado nesse trabalho de método 5%. Na primeira metodologia,

a demanda contratada que fornece o menor custo para o período analisado tanto para a tarifa verde quanto para azul foi obtido através 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 é a demanda medida em [kW]; C a demanda contratada em [kW]; o índice V refere-se à tarifa verde e o índice A refere-se à tarifa azul. A função de minimização é feita separadamente para cada tarifa, de forma que, na função f , quando for calcular a demanda para tarifa verde, a parte da equação que contém o índice A é igual a zero e quando for calcular a demanda para tarifa azul a parte da equação com o índice V é igual a zero.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Tabela 1 mostra o total faturado inicialmente no contrato com a tarifa verde, calculado com os dados das faturas de agosto de 2016 a março de 2018. Maiores detalhes dos valores mensais podem ser observados em (BORGES *et al.*, 2018).

Tabela 1. Total Faturado Inicial

Demanda Contratada (kW)	Demanda Medida P (kW)	Demanda Medida FP (kW)	Total Reativo Excedente (R\$)	Total Faturado (R\$)
705	571,2	894,6	71.732,11	1.790.308,34

As maiores demandas registradas foram 571,2 kW no horário de ponta e 894,6 kW no horário fora de ponta, ambas registradas em novembro de 2017. Assim, com a metodologia da redução de 5%, para a tarifa verde a demanda escolhida para ser contratada foi de 850 kW e para a azul foram 542 kW e 850 kW nos horários de ponta e fora de ponta, respectivamente. Através da ferramenta Solver, para a tarifa verde a demanda calculada foi de 772 kW e para a azul a combinação foi de 544 kW e 772 kW para os horários de ponta e fora de ponta, respectivamente. Os resultados obtidos mostraram-se satisfatórios dado que, se houver apenas a correção da demanda sem a alteração da modalidade tarifária ainda há economia, como mostra a Figura 1. As barras verdes mostram os valores inicialmente faturados no período analisado para o contrato estabelecido na tarifa verde, sendo, portanto, representado pelo percentual de cem (100%). Também é possível observar a existência da informação sem e com reativo para cada tarifa, informando o percentual de economia caso faça ou não a correção do fator de potência, respectivamente. Analisando a situação para a tarifa verde com reativo (situação do atual contrato) aplicando os métodos 5% e solver é possível obter uma economia de 0,47% e 1,06%, respectivamente e, quando faz a correção do fator de potência esses índices aumentam para 4,48% e 5,07%, respectivamente. Ao mudar para tarifa azul e fazendo a correção do fator de potência, o método 5% obteve uma economia de 15,71%, enquanto que para o método Solver foi de 16,30%.

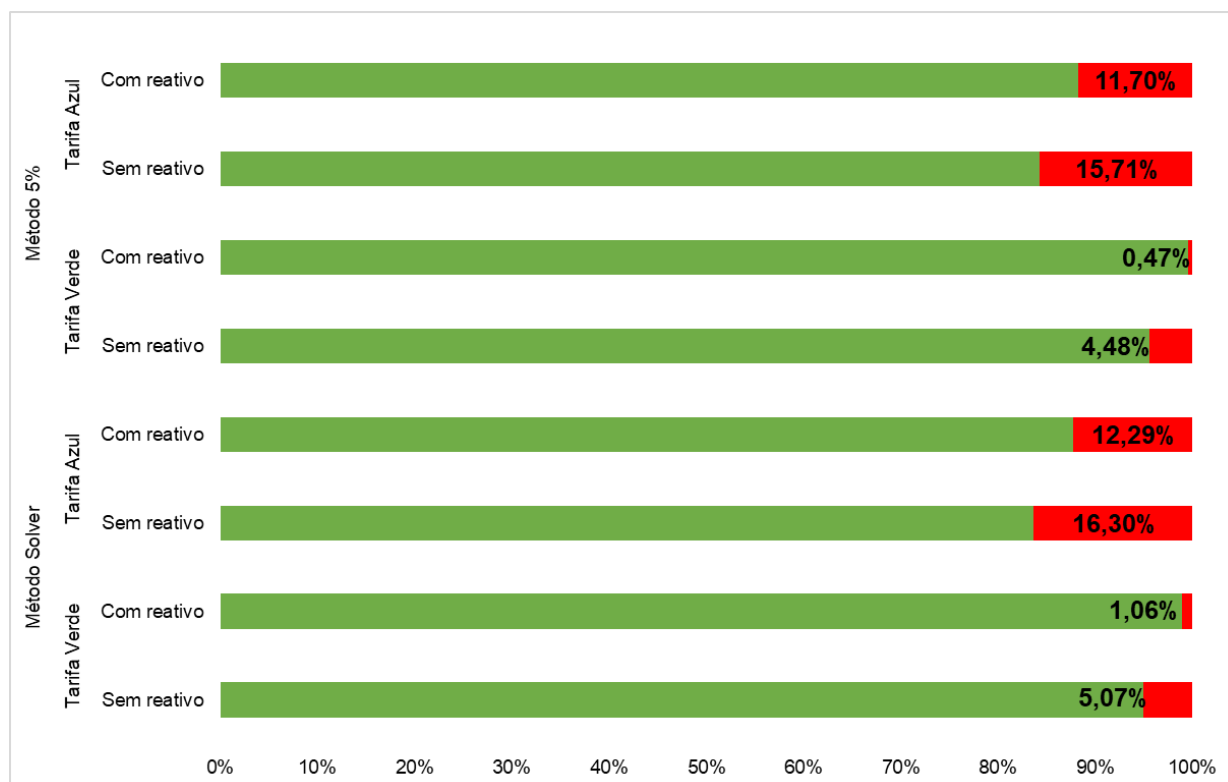


Figura 1. Comparativo entre total faturado inicial e total faturado através dos métodos 5% e Solver.

CONCLUSÕES: Com a análise dos resultados pode-se afirmar que é relevante a atualização contratual entre a instituição e a concessionária de energia, alterando a modalidade tarifária de verde para azul e corrigindo as demandas contratadas. A correção de demanda, realizada através da ferramenta Solver, mostrou-se mais vantajosa, ainda que ambas metodologias apresentaram resultados expressivos. Além do mais, foi possível constatar que é necessário fazer a correção do fator de potência do empreendimento, pois ao retirar o valor faturado do excedente reativo, houve uma redução de, aproximadamente, 4% do valor faturado inicial. Esse estudo realizado com os dados das faturas de energia da universidade pode ser aplicado facilmente em propriedades rurais, unidades armazenadoras de grãos e unidades de beneficiamento de sementes, para torná-las mais eficientes do ponto de vista energético.

REFERÊNCIAS:

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - 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.

BORGES, R. C.; SILVA, L. T.; SOHN, A, P. **Análise da estrutura tarifária de energia elétrica da UFMT Câmpus Rondonópolis.** XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2018.

DEBASTIANI, G.; NOGUEIRA, C. E. C.; LAWDER, J. H.; VIDOTTO, M. L.; AZEVEDO, R. L. **Auditoria energética em uma agroindústria de laticínios.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.34, n.2, p.194-202, mar/abr. 2014.

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