

APLICAÇÃO DAS TARIFAS ENERGÉTICAS EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

CARLOS ROGERIO DE MELLO¹
JACINTO DE ASSUNÇÃO CARVALHO²

1. INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica no Brasil é cada vez maior, por ser fruto do desenvolvimento e crescimento da população. No meio rural, especialmente nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, as propriedades são, em grande número, energizadas pelo sistema interligado. Assim, estão diretamente envolvidas com estudos de conservação de energia, uma vez que geração própria acarreta custos muito elevados.

Algumas atividades agrícolas, como a irrigação, necessitam de grandes quantidades de energia elétrica. Esse consumo aumenta na época mais seca do ano, quando a capacidade de geração de energia é menor, uma vez que os reservatórios das usinas hidroelétricas estão em níveis mais baixos.

Outro fator importante é o horário de uso da energia, o qual se concentra entre 17 e 22h, período conhecido como horário de ponta, podendo gerar problemas no fornecimento, chegando em algumas épocas e regiões ao "black out".

Deve-se ressaltar, também, que o produtor, bem como técnicos do setor, devem tomar conhecimento de que existem formas de redução de

1. Engenheiro Agrícola/Mestre em Irrigação e Drenagem/UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA), Rua Cristiano Silva, 140, 37 000-000, Lavras, MG.

2. Professor Adjunto Departamento de Engenharia/UFLA, Caixa Postal 37, 37 200-000, Lavras - MG.

gastos com energia elétrica mediante uma simples mudança na tarifa a ser adotada pela empresa agrícola, pois os valores cobrados pelas concessionárias, pela demanda e pelo consumo unitários podem ser alterados conforme a tarifa contratada.

Devido aos fatores mencionados, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), atualmente Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), desenvolveu, a partir de 1981, formas diferenciadas do cálculo das tarifas de energia, visando à redução do consumo nos horários de ponta e na época seca do ano, principalmente para grandes propriedades agrícolas que possuem sistemas de irrigação implantados em grandes áreas, especialmente com pivô central.

Sendo assim, este trabalho objetiva esclarecer e mostrar aos consumidores rurais, as possíveis formas de tarifação do consumo de energia elétrica, visando a reduzir os custos variáveis de um sistema de irrigação numa empresa ou propriedade agrícola.

2. TIPOS DE CONSUMIDORES E TARIFAS

2.1. Tipo de Consumidores

2.1.1. Consumidores do Grupo B

São também conhecidos como consumidores secundários, sendo caracterizados por atendimento monofásico, com transformadores variando de 5 a 37,5 kVA e por redes trifásicas, com transformadores de 15 a 75 kVA.

2.1.2. Consumidores do Grupo A

São atendidos por redes trifásicas, com transformadores de 112,5 a 1000 kVA, sob tensão acima de 2,3 kV. Esses consumidores também podem

ser atendidos diretamente pela distribuição, com tensão de 69 kV, dependendo da carga (> 2500 kW), distância da subestação e condição técnico-financeira. Para esses consumidores, a tarifação depende da demanda de potência e do consumo de energia elétrica, podendo sofrer um acréscimo devido ao fator de potência. Esse fator de potência depende das características de instalação, ou seja, da relação entre a carga demandada (potência útil) e a potência aparente. Para o consumidor não pagar multa, o mesmo deve trabalhar com um fator de potência mínimo de 0,92, uma vez que essa situação é exigida pela concessionária.

2.2. Tipos de Tarifas

2.2.1. Tarifa Convencional

Esta tarifa é aplicada aos consumidores dos grupos A e B. Para os consumidores do grupo A, somente aqueles que possuem tensão inferior a 69 kV e demanda inferior a 500 kW, a tarifa convencional estabelece um preço único para demanda e consumo, não se diferenciando com relação à época do ano e ao horário de ponta.

Para os consumidores do grupo B é cobrada apenas o consumo, podendo sofrer redução para uso da energia nos horários de 23h as 5h, sendo passível de contrato, quando se tratar de irrigação. Os consumidores do grupo A também podem possuir este tipo de redução.

A equação 1 é usada para cálculo do custo final (CF):

$$CF(\text{R\$}) = \frac{C \cdot T_c}{0,82} \quad (1)$$

em que **C** representa o consumo, em kWh, e **T_c**, a tarifa de energia elétrica, R\$/kWh. O fator 0,82 é a taxa de Imposto sobre Circulação de Mercadorias

e Serviços (ICMS) em Minas Gerais para os consumidores rurais. Para os consumidores residenciais urbanos, esse valor é de 0,70, não sendo, portanto, utilizado neste trabalho (Comitê de Distribuição de Energia Elétrica, 1998).

Para os consumidores do grupo A é cobrado, além do consumo, a demanda, conforme a equação 2.

$$CF(R\$) = \frac{C \cdot Tc + D \cdot Td}{0,82} \quad (2)$$

em que **CF**, **C** e **Tc** são os mesmos definidos anteriormente, **D** é demanda, em kW, e **Td**, a tarifa de demanda, R\$/kW.

2.2.2. Tarifas Horo-sazonais

Estas tarifas permitem um melhor aproveitamento da energia elétrica disponível, uma vez que objetivam manejar os horários de consumo de forma mais adequada, reduzindo as necessidades de investimento para atendimento a novos consumidores. Do ponto de vista do consumidor, pode-se reduzir o valor da tarifação, pois o consumo diminui nos horários de pico e períodos secos do ano. O cálculo destas tarifas é influenciado pelos horários de ponta e fora de ponta e pelos períodos seco e úmido, tendo-se preços diferenciados para consumo e demanda.

2.2.2.1. Tarifa-Azul

Destina-se aos consumidores do grupo A, com os seguintes critérios:

- a) Aplicação compulsória (automática): consumidores atendidos com tensão igual ou maior que 69 kV ou aqueles que demandam potência acima de 500 kW, mesmo sendo atendidos sob tensão menor que 69 kV;
-

-
- b) Aplicação opcional: consumidores atendidos com tensão inferior a 69 kV, com demanda de potência entre 50 e 500 kW;

A condição básica e essencial para a opção pela tarifa-azul é que o consumidor deve apresentar nos últimos 11 meses, 3 ou mais registros de demanda no intervalo de valores indicados acima, ou contratar, a partir da data mencionada, no mínimo 50 kW de demanda.

A forma de cálculo da tarifa-azul leva em consideração:

- a) Demanda de potência (kW)
- preço para o horário de ponta;
 - preço para fora de ponta.
- b) Consumo de energia (kWh)
- preço para horário de ponta, no período úmido;
 - preço para fora de ponta, no período úmido;
 - preço para horário de ponta, no período seco;
 - preço para fora de ponta, no período seco.

$$CF(R\$) = \frac{D_p \cdot T_{dp} + D_{fp} \cdot T_{dfp} + C_p \cdot T_p + C_{fp} \cdot T_{fp}}{0,82} \quad (3)$$

em que **D_p** é a demanda em horário de ponta, em kW; **T_{dp}** é a tarifa de demanda em horário de ponta, R\$/kW; **D_{fp}** é a demanda em horário fora de ponta, kW; **T_{dfp}** é a tarifa de demanda em horário fora de ponta, R\$/kW; **C_p** é o consumo de energia em horário de ponta, kWh; **T_p** é a tarifa de consumo em horário de ponta, R\$/kWh; **C_{fp}** é o consumo de energia em horário fora de ponta e **T_{fp}** é a tarifa de consumo em horário fora de ponta, R\$/kWh.

No caso de ultrapassagem da demanda, ao custo final será acrescido um valor relativo à ultrapassagem no período de ponta e no período fora de ponta. O cálculo do custo final fica:

$$CD(R\$) = \frac{D_p \cdot T_{dp} + D_{fp} \cdot T_{dfp} + (D_{mp} - D_p) \cdot T_{up} + (D_{mfp} - D_{fp}) \cdot T_{ufp}}{0,82} \quad (4)$$

em que ,**CD** é o custo de demanda; **Dmp** é a demanda medida no horário de ponta, kW; **Tup** é a tarifa de demanda de ultrapassagem no horário de ponta, R\$/kW; **Dmfp** é a demanda medida no horário fora de ponta, kW; **Tufp** é a tarifa de demanda de ultrapassagem fora de ponta, R\$/kW.

O custo da energia (CE) pode ser calculado pela equação 5:

$$CE(R\$) = \frac{C_p \cdot T_p + C_{fp} \cdot T_{fp}}{0,82} \quad (5)$$

O custo final será a soma das equações 4 e 5.

2.2.2.2. Tarifa-Verde

A tarifação apresenta-se como uma opção aos consumidores do grupo A com demanda na faixa de 50 a 500 kW, sob tensão de 2,3 a 44 kV. A condição para esta opção é o consumidor apresentar nos últimos 11 meses, 3 ou mais registros de demanda iguais ou superiores a 50 kW, ou contratar, no mínimo, 50 kW de demanda. Contudo, o consumidor deve realizar o cálculo de ambas (azul e verde), e optar por aquela que fornecer um menor custo.

A tarifa-verde leva em consideração:

- a) Demanda de potência (kW), a preço único, ou seja, não dependendo do horário de uso.
- b) Consumo de energia (kWh)
- preço para horário de ponta, no período úmido;
 - preço para fora de ponta, no período úmido;
 - preço para horário de ponta, no período seco;
 - preço para fora de ponta no período seco.

O cálculo do custo final pode ser feito pela equação 6:

$$CF(R\$) = \frac{Dc \cdot Td + Cp \cdot Tp + Cfp \cdot Tfp}{0,82} \quad (6)$$

em que **Dc** é a demanda contratada, em kW; **Td** é a tarifa de demanda, R\$/kW; **Cp** é o consumo de energia em horário de ponta, kWh; **Tp** é a tarifa de consumo em horário de ponta, R\$/kWh; **Cfp** é o consumo de energia em horário fora de ponta, kWh e **Tfp** é a tarifa de consumo em horário fora de ponta, R\$/kWh.

Em caso de ultrapassagem, trabalha-se com a equação 7:

$$CF(R\$) = \frac{Dc \cdot Td + (Dm - Dc) \cdot Tu + Cp \cdot Tp + Cfp \cdot Tfp}{0,82} \quad (7)$$

em que **Dm** é a demanda medida, kW; **Tu** é a tarifa de ultrapassagem, R\$/kW.

2.2.3. Tarifa-Amarela

Este tipo de tarifa tem sido empregada principalmente pela CEMIG e concessionárias de energia elétrica de São Paulo como experiência aos consumidores residenciais urbanos, visando a obter economia e descongestionar as redes elétricas, especialmente nos horários de pico. Deve-se ressaltar o caráter experimental desta tarifa, que ainda não é de uso obrigatório. Sua cobrança é feita baseada na seguinte divisão:

- horário de ponta (18h as 20h): constitui-se no horário em que o preço do kWh é o mais caro;
- horário intermediário (17h as 18h e 20h as 22h): é mais barato que o horário de ponta, porém, ainda é razoavelmente mais caro que os horários normais;
- horário livre (22h as 17h do outro dia): possui o menor preço do kWh, correspondendo ao horário recomendado pela concessionária para uso de equipamentos de maior consumo, como chuveiro elétrico, fornos elétricos e microondas, máquinas de lavar, etc.

Para os consumidores residenciais rurais, é cobrada apenas uma taxa de consumo, que independe do horário.

3. CONTRATAÇÃO

Para que o consumidor trabalhe com alguma das tarifas horosazonais, ele deve fazer um contrato com a concessionária, que terá vigência de no mínimo 3 anos, sendo que, neste contrato, constará a demanda acertada com a concessionária. As demandas finais serão acertadas somente após decorrido um período de no máximo 3 ciclos consecutivos e completos, em que um ciclo corresponde a 30 dias, compreendido entre duas leituras efetuadas pela concessionária.

3.1. Condições para definição dos valores de demandas contratadas para tarifação-azul

- a) as demandas contratadas para o segmento fora de ponta do período úmido não poderão ser inferiores a 50 kW;
- b) as demandas contratadas para o horário de ponta do período seco ou úmido não poderão ser superiores às demandas contratadas para o horário fora de ponta dos respectivos períodos;
- c) as demandas contratadas para os horários de ponta e fora de ponta de um período seco não poderão ser superiores às demandas contratadas no período úmido.

3.2. Ultrapassagem da demanda contratada

A ultrapassagem da demanda contratada gerará um acréscimo no custo final da tarifa, conforme capítulo anterior. Contudo, a concessionária somente a efetuará após a ultrapassagem dos seguintes limites:

- 5%, para as unidades cuja tensão de fornecimento seja maior ou igual a 69 kV (tarifa- azul);
 - 10%, para as unidades cuja tensão de fornecimento seja menor que 69 kV e no mês de faturamento, a demanda para fora de ponta (tarifa azul) e ademandas (tarifa-verde), sejam superiores a 100 kW;
 - 20%, para as unidades atendidas com tensão inferior a 69 kV, e no mês de faturamento, a demanda fora de ponta (tarifa azul) e demanda (tarifa verde) de 50 a 100 kW.
-

3.3. Medição e condições de fornecimento

Com relação à medição, leituras das demandas e consumos nos horários de ponta e fora de ponta, serão efetuadas por equipamentos de medição específicos, a serem instalados pela concessionária, cabendo ao consumidor, todos os custos oriundos da adaptação da unidade consumidora para recebimento dos equipamentos.

Uma vez feito o contrato e determinada a tarifa a ser cobrada, a sua aplicação se iniciará num prazo de 120 dias após a execução do contrato. Somente após 12 ciclos (1 ano aproximadamente) é que o consumidor poderá trabalhar com outra opção de faturamento.

4. EXEMPLO DE CÁLCULO

Considere um pivô central irrigando, durante 23h/dia, uma cultura cuja evapotranspiração média é de 7mm/dia, em uma área de 50 ha, em que a altura manométrica total é 70mca, sistema motobomba com eficiência de 60% e fator de potência acima de 0,92 (Carvalho, Bernardo e Souza, 1996).

Preços praticados pela CEMIG conforme portaria 58 de 7/4/99 aprovada pela ANEEL:

- **Tarifa Convencional**

Grupo B rural= R\$ 0,09050/kWh

• Tarifa Horo-sazonal-Azul

a) Demanda

Horário de ponta= R\$ 14,36/kW;
Horário fora de ponta= R\$ 4,79/kW.

b) Consumo

Horário de ponta, período seco= R\$ 0,09417/kWh;
Horário de ponta, período úmido= R\$ 0,08716/kWh;
Horário fora de ponta, período seco= R\$ 0,04478/kWh;
Horário fora de ponta, período úmido= R\$ 0,03957/kWh.

• Tarifa Horo-sazonal-Verde

a) Demanda (preço único)= R\$ 4,79/kW.

b) Consumo

Horário de ponta, período seco= R\$ 0,42616/kWh;
Horário de ponta, período úmido= R\$ 0,41917/kWh;
Horário fora de ponta, período seco= R\$ 0,04478/kWh;
Horário fora de ponta, período úmido= R\$ 0,03957/kWh.

Determinação da vazão

volume diário a ser aplicado:

ET= 7 mm/dia; isso equivale a 70 m³/ha.dia. Assim:

$$V = 70 \text{ m}^3/\text{ha.dia} \times 50 \text{ hectares} = 3500 \text{ m}^3/\text{dia.}$$

Como o sistema trabalhará 23h/dia, a vazão fica:

$$Q = V/T = 3500 \text{ m}^3/23\text{h} = 153 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Cálculo da potência necessária

A potência pode ser calculada pela equação 8:

$$P = \frac{Q \cdot H_{man}}{\eta \cdot 270} \quad (8)$$

em que P é a potência em cv; Q é vazão em m³/h; H_{man} é altura manométrica em mca e η é a eficiência do sistema motobomba (decimal).

$$P = 66,11 \text{ cv}$$

Folga na potência calculada e escolha do motor

Em geral, quando a potência calculada é maior que 20 cv, deve-se dar um acréscimo de 10% no valor para motores elétricos, a fim de garantir a necessidade total. Assim:

$$P = 66,11 + 10\% \text{ de } 66,11 = 72,721 \text{ cv}$$

Na maioria das vezes, para a potência calculada, não existem motores cuja potência nominal seja exatamente igual. Sendo assim, pelo catálogo, escolhe-se um motor de 75 cv, trifásico, com índice de carregamento de 75% da potência nominal e rendimento de 88% (Silva, Vieira e Braga Júnior, 1997). O índice de carregamento de 75% é o que normalmente se utiliza para motores que trabalham em operações agrícolas.

Períodos de funcionamento da irrigação

Supondo que o sistema funcione 23h/dia, conclui-se que, inevitavelmente, o mesmo trabalhará no período de ponta. No entanto, um sistema de irrigação pode ser manejado de forma a funcionar em períodos fora de ponta, devendo-se tomar o cuidado para que não haja dificuldades com relação a outros manejos. Considerando-se o funcionamento de 19 as 21h, como no horário de ponta e de 21 as 18h do dia seguinte no horário normal e que o sistema funcionará todos os dias do mês (30 dias), procede-se aos cálculos das tarifas.

Cálculo das Tarifas

- **Tarifa convencional**

Cálculo da demanda: a demanda pode ser determinada pela equação 9:

$$D = \frac{P_n \cdot 0,736 \cdot IC}{\eta} \quad (9)$$

em que D é a demanda em kW; P_n é a potência nominal em cv; IC é o índice de carregamento (adimensional) e η é a eficiência do motor (decimal);

- Substituindo-se os valores na equação 9, encontra-se uma demanda de 47 kW;
- Cálculo do Consumo: o consumo pode ser feito utilizando-se as equações abaixo, que foram ajustadas por Carvalho (1998):

a) Motores ≤ 25 cv: consumo (kW)= 0,286 + 0,9 x Potência (cv);

b) Motores > 25 cv: consumo (kW)= 2,64 + 0,8 x Potência (cv).

Para o caso em questão, tem-se:

$$\text{Consumo (kW)} = 2,64 + 0,8 \times 72,721 = 60,82 \text{ kW.}$$

Obs.: Para o cálculo do consumo, utiliza-se a potência calculada necessária, não devendo usar a potência instalada.

Cálculo do Custo

$$CF \text{ (R\$)} = \frac{30 \text{ dias} \cdot 23\text{h/dia} \cdot 60,82\text{kW} \cdot \text{R\$}0,09050/\text{kWh} + 47 \text{ kW} \cdot \text{R\$}4,79/\text{kW}}{0,82}$$

$$CF = \text{R\$ } 4906,14$$

- **Tarifa-azul**

Demanda= 47 kW;

Consumo= 60,82 kWh;

Funcionamento= 2h no horário de ponta e 21h fora de ponta

a) Custo para o horário fora de ponta

$$\text{Custo (R\$)} = \frac{30\text{dias} \cdot 21\text{h} / \text{dia} \cdot 60,82\text{kW} \cdot \text{R\$}0,04478 / \text{kWh} + 47 \text{ kW} \cdot \text{R\$}4,79 / \text{kW}}{0,82}$$

$$\text{Custo} = \text{R\$ } 2367,01$$

b) Custo para o horário de ponta

$$\text{Custo (R\$)} = \frac{30\text{dias} \cdot 2\text{h} / \text{dia} \cdot 60,82\text{kW} \cdot \text{R\$}0,09417 / \text{kWh} + 47 \text{ kW} \cdot \text{R\$}14,36 / \text{kW}}{0,82}$$

$$\text{Custo} = \text{R\$ } 1242,15$$

c) Custo final total

$$\text{Custo} = \text{R\$ } 3609,16/\text{mês}$$

- **Tarifa-Verde**

Demanda: 47 kW;

Consumo: 60,82 kWh;

Funcionamento: idem ao 2.

a) Custo para o horário fora de ponta

$$\text{Custo (R\$)} = \frac{30\text{dias} \cdot 21\text{h} / \text{dia} \cdot 60,82\text{kW} \cdot \text{R\$}0,04478 + 47 \text{ kW} \cdot \text{R\$}4,79 / \text{kW}}{0,82}$$

$$\text{Custo} = \text{R\$ } 2367,01$$

b) Custo para o horário de ponta

$$\text{Custo (R\$)} = \frac{30\text{dias} \cdot 2\text{h} / \text{dia} \cdot 60,82\text{kW} \cdot \text{R\$}0,42616 / \text{kWh} + 47 \text{ kW} \cdot \text{R\$}4,79 / \text{kW}}{0,82}$$

$$\text{Custo} = \text{R\$ } 2171,06$$

c) Custo final total

$$\text{Custo} = \text{R\$ } 4342,12/\text{mês}$$

Conclusão

Como a potência instalada está dentro da faixa atendida para os consumidores de tarifa-azul, deve-se optar por essa tarifação, pois o custo final total é razoavelmente inferior aos gerados pelas tarifas convencional e verde. Esse procedimento, apesar de simples, deve ser realizado por técnicos, para auxiliar na tomada de decisão.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, J.A.; BERNARDO, S.; SOUZA, E. F. de. **Cálculo do custo da energia para irrigação**. Campus: UENF, 1996. 14p. (Boletim Técnico, 6)
- CARVALHO, J.A. **Notas de aula de Hidráulica de Tubulações e Bombeamento**. Lavras: UFLA, 1998. 13p.
- COMITÊ DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifas horosazonais azul e verde: Manual de orientação ao consumidor**. 2.ed. Rio de Janeiro: CODI, 1994. 26p.
- SILVA, J.P; VIEIRA, O.J.; BRAGA JUNIOR, R.A. **Eletricidade na agropecuária: qualidade e conservação**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. v. 2, 102p.
-