

3.04.02 – Engenharia Elétrica/ Medidas Elétricas, Magnéticas e Eletrônicas, Instrumentação.

ENQUADRAMENTO DA TARIFA BRANCA PARA O CENÁRIO RESIDENCIAL: ANÁLISE ATRAVÉS DE UM MEDIDOR DE DEMANDA DE BAIXO CUSTO.Raphael de Oliveira Guedes de Melo¹*, Igor Cavalcante Torres²

1. Estudante de Engenharia de Energias Renováveis da Universidade Federal de Alagoas – UFAL
2. Professor do Centro de Ciências Agrárias, CECA/UFAL / Orientador

Resumo:

Este trabalho teve como objetivo avaliar através de um medidor de demanda, uma possível migração da tarifa convencional para a tarifa branca em unidades consumidoras de energia elétrica em baixa tensão e avaliar seus impactos econômicos.

Os dados foram coletados através de um protótipo composto por um microcontrolador AtMega328P, sensor de tensão, sensor de corrente e um circuito de interface entre os sensores e o conversor analógico digital (AD). Para isso houve uma calibração do medidor, comparando-o a um instrumento padrão de referência, o que permitiu analisar com confiabilidade as curvas de demanda de uma residência. A integralização dos dados de demanda, monitorados a cada minuto, permitiu avaliar o consumo de energia elétrica, considerando a variação do valor do kWh ao longo do dia da tarifa branca. Verificou-se que para a unidade consumidora em questão, que através do enquadramento na tarifa branca permite-se obter uma economia nos custos com energia elétrica.

Palavras-chave: Medidor de demanda; impactos econômicos; consumo de energia elétrica.

Introdução:

Atualmente a incorporação de sistemas de geração de eletricidade, avanços na tecnologia de informação e integração de redes, vem despertando um interesse em mensurar as variáveis elétricas tanto em regime transitório e/ou permanente envolvidas no processo dinâmico de fluxo de potência em alimentadores de distribuição de energia elétrica, objetivando a coleta de informações precisas de um alimentador ou unidade consumidora. (Despa, D, 2017)

Para chegar aos consumidores, a energia elétrica percorre toda uma estrutura de redes (condutores e postes, entre outros). As redes têm períodos de utilização mais intensos e outros de menor uso ou até ociosos. Como a rede é dimensionada para atender a esses horários de ponta, o aumento do consumo de energia nesses períodos acarreta expansão da capacidade instalada, o que não se verifica quando o consumo ocorre fora da ponta. (ANEEL, 2015)

Desde o dia 01 de janeiro de 2019, a Agência Nacional de Energia Elétrica viabilizou a migração da tarifa convencional para a tarifa branca para consumidores que possuam um consumo de 250 kWh/mês. A partir de janeiro de 2020 essa opção estará disponível para todas as unidades consumidoras, como foi definido no cronograma específico da Resolução Normativa nº 733/2016

Antes da criação da Tarifa Branca, havia apenas uma tarifa, a Convencional, que tem um valor único (em R\$/kWh) cobrado pela energia consumida e é igual em todos os dias, em todas as horas. No caso da tarifa branca, nos dias úteis, o valor Tarifa Branca varia, dentro da área de concessão, em três horários: Fora de ponta, intermediário e ponta. A figura 1 mostra o comparativo entre estes dois modelos tarifários.

Figura 1: Ilustração comparativa entre os valores da tarifa convencional e branca em dias úteis.



Fonte: Eletrobrás Distribuição Alagoas.

Neste cenário se faz importante empregar o uso de instrumentos padrões que mensurem a demanda de energia nas unidades consumidoras alimentadas em baixa tensão. Como estes instrumentos comumente são caros e não estão acessíveis a todos, foi utilizado um medidor de energia de baixo custo e calibrado pelo instrumento de referência ET4091 de fabricante MINIPA. Este protótipo permite avaliar com grau de confiança aceitável a possibilidade de enquadramento na tarifa branca e eventual economia na conta de energia elétrica, além de permitir que o consumidor readeque seus hábitos de consumo concentrando a demanda energética para o período de fora de ponta.

Metodologia:

A alimentação por parte do sistema elétrico de distribuição de energia é dada pelas seguintes equações temporais abaixo:

$$v_{(t)} = V_p \text{sen}(\omega t) \quad (1)$$

$$i_{(t)} = I_p \text{sen}(\omega t) \quad (2)$$

Ambas as grandezas nas equações (1) e (2) destacam a tensão e a corrente em função do tempo, respectivamente. A primeira etapa do medidor consiste em sensores de tensão e corrente que mensuram essas informações instantaneamente juntamente a um circuito de condicionamento de sinais, responsável por compatibilizar a variável que está sendo monitorada no circuito com o conversor AD do microcontrolador.

O processamento das variáveis adquiridas pelos sensores é manipulado num algoritmo desenvolvido e implementado no hardware, baseando-se na metodologia padronizada no procedimento para instrumentos e medição (IEEE, 2000). Os modelos matemáticos sintetizados nas equações de (3) a (7) compõem parte da estrutura do código.

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v_{(t)}^2 dt} \quad (3)$$

$$P = V_{RMS} \times I_{RMS} \times \text{Cos}\theta \quad (4)$$

$$S = V_{RMS} \times I_{RMS} \quad (5)$$

$$E = \int_0^t P_{(t)} dt \quad (6)$$

$$FP = \frac{P}{S} \quad (7)$$

Onde:

V_{RMS} é a tensão eficaz em corrente alternada [V].

P é a Demanda da unidade consumidora (Potência Ativa) [W].

S é a potência aparente [VA].

E é a energia consumida [kWh].

FP é o fator de potência

O algoritmo realiza iterações no espaço de tempo de um segundo, efetuando médias a cada um minuto, esses dados são armazenados e exportados para uma planilha Excel, para os devidos tratamentos. De posse da potência aparente e do fator de potência, calcula-se a potência ativa, como as unidades consumidoras são tarifadas apenas pelo consumo de potência ativa, integrando obtém-se a energia consumida.

Para se mensurar confiabilidade, realizou-se a amostragem das medições do medidor de demanda desenvolvido (X_{MD}) e das medições do instrumento padrão (X_{IR}), utilizado como referência. O erro relativo (δ) entre as variáveis, tomando como referência as medidas do instrumento padrão foi determinado pela equação 8.

$$\delta = \frac{(X_{IR} - X_{MD})}{X_{IR}} \times 100\% \quad (8)$$

Coletou-se os dados do período de 11/01/2019 até 10/02/2019, o que totaliza 21 dias úteis e 10 dias de finais de semana, totalizando um período de faturamento da conta de energia mensal. Esta separação é importante para avaliar o valor da tarifa a ser paga para o cenário convencional e da tarifa branca. A tabela 1 mostra os valores cobrados por cada tarifa.

Tabela 1: Valores livre de tributos cobrados pelo consumo de energia, considerando a sazonalidade de horário.

DIA DA SEMANA	HORÁRIO	TARIFA CONVENCIONAL (R\$/kWh)	TARIFA BRANCA (R\$/kWh)
DIAS ÚTEIS	FORA DE PONTA	R\$ 0,28478	R\$ 0,22419
	INTERMEDIÁRIO		R\$ 0,32629
	PONTA		R\$ 0,51792
SÁBADOS E DOMINGOS	ÚNICO		R\$ 0,22419

Fonte: ANEEL

Com base nos horários de ponta, fora de ponta e intermediário que se aplica pela Eletrobrás Distribuição Alagoas, obteve-se assim o consumo de energia em cada horário e por dia da semana e por consequência o valor a ser pago enquadrando-se nos dois modelos tarifários.

A economia mensal devida a enquadramento da unidade consumidora na tarifa branca e a redução percentual são dadas pelas equações 8 e 9 respectivamente.

$$\Delta \text{tarifa} = V_{TC} - V_{TF} \text{ (R\$)} \quad (9)$$

$$E = 1 - \frac{V_{TF}}{V_{TC}} \text{ (\%)} \quad (10)$$

Para $\Delta \text{tarifa} < 0$ por conseguinte $E < 0$ conclui-se que a migração para a tarifa branca não é viável.

Resultados e Discussão:

Foram analisadas 461 amostras de tensão, cada conjunto de dados individualmente, o quantitativo coletado pelo instrumento de referência apresentou um desvio padrão de 0,76 e coeficiente de variância de 0,59. Em contrapartida, o conjunto de dados analisado proveniente do medidor desenvolvido resultou num desvio padrão de 1,02 e variância 1,16. O erro relativo entre as variáveis, tomando como referência as medidas do instrumento de padrão, determinada pela equação (8) se aproximou de $\pm 0,5\%$.

De posse dos dados minuto a minuto, calculou-se a média das demandas da unidade consumidora para dias úteis e finais de semana. Esta análise permitiu avaliar em qual instante do dia a demanda máxima e mínima ocorre e o comportamento global ao longo do dia.

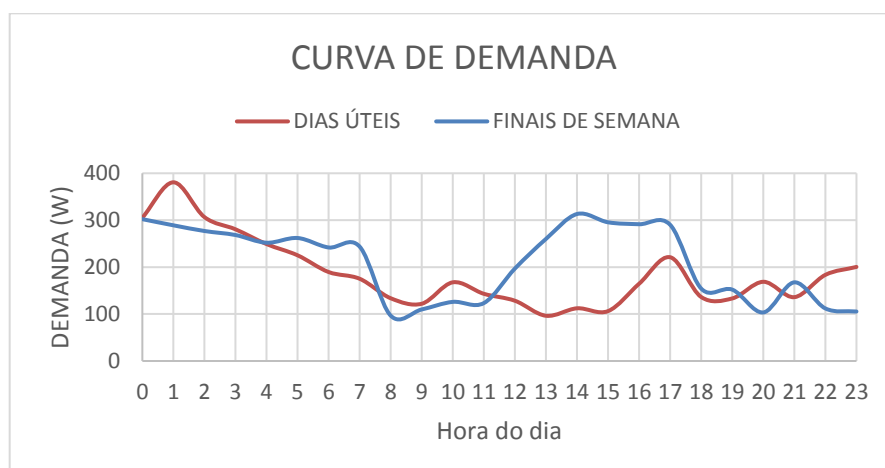
Tabela 2: Comportamento em dias úteis das demandas máxima e mínima da unidade consumidora.

OCORRÊNCIA	INSTANTE DO DIA	HORÁRIO
MAIOR DEMANDA (W): 484	01:05:00	FORA DE PONTA
MENOR DEMANDA (W): 71	09:03:00	FORA DE PONTA

Tabela 3: Comportamento em finais de semana das demandas máxima e mínima da unidade consumidora.

OCORRÊNCIA	INSTANTE DO DIA	HORÁRIO
MAIOR DEMANDA (W): 606	14:59:00	ÚNICO
MENOR DEMANDA (W): 63	08:34:00	

Figura 2: Demanda média em dias úteis e finais de semana de potência ativa dentro do período de medições.



Integrando as curvas de demanda de dias úteis e de finais de semana de acordo com a equação (6), obém-se toda a energia consumida no período de coleta de dados para cada horário. A partir da tabela 1 calcula-se o valor a ser pago para a tarifa convencional e branca, bem como a economia total.

Tabela 4: *Enquadramento da unidade consumidora nos modelos tarifários e valor pago pelo consumo de energia elétrica no período de coleta de dados.*

HORÁRIO	ENERGIA CONSUMIDA (KWH)	VALOR PARA A TARIFA CONVENCIONAL (SEM IMPOSTOS)	VALOR PARA A TARIFA BRANCA (SEM IMPOSTOS)
DIAS ÚTEIS			
FORA DE PONTA	76	R\$ 26,71	R\$ 17,12
INTERMEDIÁRIO	8		R\$ 2,56
PONTA	10		R\$ 4,98
FINAIS DE SEMANA			
ÚNICO	50	R\$ 14,34	R\$ 11,29
TOTAL:	144	R\$ 41,05	R\$ 35,94

Conclusões:

Observa-se que em dias úteis a maior demanda acontece de madrugada, isto pode ser justificado pelo trabalho dos compressores de condicionadores de ar durante a madrugada, demandando maior potência. A menor demanda acontece num período no qual a residência costuma estar ociosa, pois as pessoas saem para trabalhar. Já em finais de semana a demanda máxima é cerca de 25% maior que em dias úteis, ou seja, há uma tendência em se consumir mais energia nestes dias, o que para o cenário da Tarifa Branca é interessante pois isto possibilita uma maior economia com o enquadramento.

Para a unidade consumidora em questão a economia seria de R\$ 5,11/mês o que representa uma redução de 12,45% do valor pago na tarifa convencional. Logo a mudança seria atrativa e a mesma poderia se enquadrar na tarifa branca a partir de 2020.

A economia aparenta ser muito pequena, isto se dá pelo fato da unidade consumidora consumir pouca energia, este comportamento é similar ao de clientes com baixo poder aquisitivo ou que passam o maior tempo do dia fora da residência. Logo a migração para a tarifa branca é uma alternativa interessante para quem possui hábitos de consumo similares e para aquelas que possuam viabilidade em direcionar seu consumo para o horário fora de ponta.

Referências bibliográficas

Despa, D., Nama, F. G., Muhammad, A. M., Anwar, K. Web-based Real Time Monitoring of Electrical Quantities Measurement. 2017 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET), 2017.

ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>. Acesso em 20 de março de 2019.

IEEE. Trial-Use Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Un-balanced Conditions, IEEE Standard 1459-2000, New York 2000.