

CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA: EXTRAPOLANDO CONCEITOS TEÓRICOS ABORDADOS EM SALA DE AULA POR MEIO DE UM ESTUDO DE CASO

CLODOALDO DE S. F. JÚNIOR¹, EVALDO R. R. G. JUNIOR², EWERTON L. M. LIMA³,
ALEXANDRE A. CARNIATO⁴

¹ Graduando em Engenharia Elétrica, IFSP, Câmpus Presidente Epitácio, clodoaldo.souza@aluno.ifsp.edu.br

² Graduando em Engenharia Elétrica, IFSP, Câmpus Presidente Epitácio, evaldo.guirao@aluno.ifsp.edu.br

³ Graduando em Engenharia Elétrica, IFSP, Câmpus Presidente Epitácio, ewerton.lucas@aluno.ifsp.edu.br

⁴ Docente em Engenharia Elétrica, IFSP, Campus Presidente Epitácio, carniato@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.03.02-2 Circuitos Lineares e Não-Lineares

RESUMO: Em resultado do progresso tecnológico, introduziram-se cargas não lineares em indústrias, comércios e residências, de modo que estas sobressaem-se em relação àquelas com propriedades lineares. Para avaliar se a energia elétrica recebida é satisfatória para o atendimento às necessidades do uso diário, tem-se como critério para a tarifação a relação entre potência ativa e potência reativa, importante para o funcionamento de motores, geradores e transformadores. Foi proposto aos alunos do IFSP – Câmpus Presidente Epitácio que fizessem a correção do fator de potência de uma empresa da região para introduzi-los ao ambiente do mercado de trabalho, proporcionando uma experiência de como proceder ao exercer a profissão. Desta forma, o artigo ressalta a importância dos estudos de casos para a formação do Engenheiro Eletricista e demonstrar a importância e métodos de correção de fator de potência, tomando como caso estudado uma cerâmica onde foram utilizados bancos automáticos de capacitores como procedimento para a correção de fator de potência. Em suma, conclui-se a importância da inserção do estudante no mercado de trabalho, realizando estudos de casos além de constatar que a correção de fator de potência traz benefícios às indústrias com a redução significativa do custo de energia e aumento da eficiência energética.

PALAVRAS-CHAVE: engenharia elétrica; eficiência energética; correção do fator de potência; estudo de caso.

POWER FACTOR CORRECTION: EXTRAPOLATING THEORETICAL CONCEPTS APPROACHED ON CLASSROOM THROUGH A CASE STUDY

ABSTRACT: As a result of technological progress, non-linear loads have been introduced in industries, businesses and residences, so that they stand out in relation to those with linear properties. To evaluate whether the electrical energy received is satisfactory to meet the standards of daily use, the ratio of active power to reactive power, important for the correct functionality of motors, generators and transformers, is the criterion for billing. It was proposed to the students of the IFSP - Câmpus Presidente Epitácio to correct the power factor from a company of the region to introduce them to the environment of the labour market, providing an experience of how to carry out the profession. That way, the article highlights the importance of case studies for the training of the Electrical Engineer and demonstrates the importance and methods of correcting the power factor, taking as a case studied a ceramic where automatic banks of capacitors were used as a procedure for correction of power factor. In short, we conclude the importance of inserting the student into the labour market, conducting case studies in addition to finding that the correction of power factor brings benefits to industries with the significant reduction of energy cost and increase of energy efficiency.

KEYWORDS: electrical engineering; energetic efficiency; correction of the power factor; case study.

INTRODUÇÃO

Ao considerar uma vaga de emprego, muitas questões estão relacionadas à escolha que será feita, sendo que, pode-se levar em consideração elementos como a remuneração, as expectativas que o profissional tem em relação à sua carreira, o contexto econômico e social em que está inserido, além de inúmeras outras questões (MARTINS, 2017).

Sendo assim, justifica-se que os docentes ao ministrarem as matérias ao longo da faculdade, insiram os alunos no mercado de trabalho, propondo trabalho, atividades e visitas que ilustrem para ele os possíveis serviços que poderá atuar, em que condições, funções, entre tantas outras coisas.

Desta forma, para o Engenheiro Eletricista que trabalha com instalações prediais e industriais, um dos mais importantes estudos é acerca da correção do fator de potência, com isto, ao decorrer da disciplina de Circuitos II do curso de Engenharia Elétrica do IFSP – Câmpus Presidente Epitácio, foi proposto que os alunos fizessem a correção do fator de potência de uma empresa da região.

Com isto, o presente estudo visa apontar a importância deste tipo de estudo para a formação do Engenheiro Eletricista, além de apontar como realizar a correção do fator de potência em si, para quaisquer instalações, seja industrial ou predial.

A relação entre as grandezas de potência ativa (P), potência reativa (Q) e potência aparente (S) pode ser esquematizada graficamente pelo triângulo de potências, conforme a Figura 1.

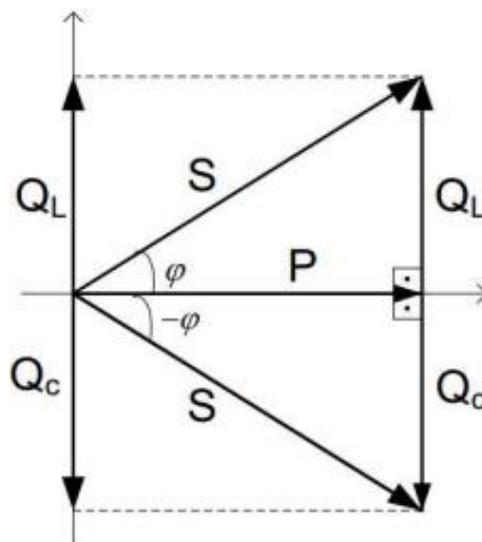


FIGURA 1. Gráfico do triângulo de potências com a representação das potências aparente, ativa, reativa indutiva e reativa capacitiva. Fonte: Silva, 2009.

Se a carga for totalmente resistiva tem-se um φ igual a zero, enquanto, puramente indutivo e capacitivo, corresponde a $\varphi = 90^\circ$ e $\varphi = -90^\circ$, respectivamente. Esta defasagem é quantificada pelo chamado Fator de Potência, mostrando quanto da potência elétrica está sendo convertida em trabalho útil (BOYLESTAD, 2004; FORTI, 2017).

Segundo a Legislação Brasileira, o fator de potência deve ter o valor mínimo de 0.92, sendo que, abaixo deste valor, a concessionária deve cobrar multa na fatura de energia (ANEEL, 2010).

MATERIAL E MÉTODOS

Partindo do ponto de que o fator de potência mínimo requerido pela Legislação Brasileira é de 0.92, então a fim de obter uma potência reativa que obedece a este requerimento, utiliza-se a Equação 1 para obter um Q_{novo} .

$$Q_{novo} = P_{atual} \cdot \tan(\arccos(0,92)) \quad (1)$$

O valor P_{atual} é obtido através da memória de massa cedida pela concessionaria. Desta forma, a fim de obter a potência reativa necessária para a correção, utiliza-se a Equação 2, sendo que Q_{antigo} é obtido através da memória de massa.

$$Q_{corrigido} = Q_{novo} - Q_{antigo} \quad (2)$$

Segundo o Artigo 96 da Resolução Normativa 414/2010 da ANEEL quando o fator de potência estiver abaixo do mínimo do 0,92 estipulado, a conta de energia sofrerá um reajuste em reais, com base na Equação 3.

$$D_{RE}(p) = \left[\underset{1 \leq T \leq n2}{MAX} \left(PAM_T * \frac{f_R}{f_T} \right) - PAF(p) \right] * VR_{DRE} \quad (3)$$

As variáveis da Equação 3 tem os seguintes significados segundo o Artigo 96 da Resolução 414/2010 e a Redação dada pela REN ANEEL 479, de 03/04/2012:

- p indica o posto tarifário ponta ou fora de ponta para as modalidades tarifárias horárias ou período de faturamento para a modalidade tarifária convencional binômia;
- $D_{RE}(p)$ o valor, por posto tarifário “ p ”, correspondente à demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “ f_R ” no período de faturamento, em Reais (R\$);
- PAM_T é a demanda de potência ativa medida no intervalo de integralização de uma hora “ T ”, durante o período de faturamento, em quilowatt (kW);
- $PAF(p)$ é a demanda de potência ativa faturável, em cada posto tarifário “ p ” no período de faturamento, em quilowatt (kW);
- VR_{DRE} é o valor de referência, em Reais por quilowatt (R\$/kW), equivalente às tarifas de demanda de potência para o posto tarifário fora de ponta das tarifas de fornecimento aplicáveis aos subgrupos do grupo A para a modalidade tarifária horária azul e das TUSD-Consumidores-Livres, conforme esteja em vigor o Contrato de Fornecimento ou o CUSD, respectivamente;
- MAX é a função que identifica o valor máximo da equação, dentro dos parênteses correspondentes, em cada posto tarifário “ p ”;
- T indica um intervalo de uma hora, no período de faturamento;
- $n2$ indica o número de intervalos de integralização “ T ”, por posto tarifário “ p ”, no período de faturamento;

Segundo o parágrafo 1º do Artigo 96 da Resolução ANEEL 414/2010, para a apuração do $D_{RE}(p)$ deve-se considerar:

I. o período de 6 (seis) horas consecutivas, compreendido, a critério da distribuidora, entre 23h 30min e 6h 30min, apenas os fatores de potência “ f_T ” inferiores a 0,92 capacitivo, verificados em cada intervalo de 1 (uma) hora “ T ”; e

II. o período diário complementar ao definido no inciso I, apenas os fatores de potência “ f_T ” inferiores a 0,92 indutivo, verificados em cada intervalo de 1 (uma) hora “ T ”.

Com a utilização da memória de massa da empresa é possível a plotagem de um gráfico do consumo de potência ativa e reativa da empresa, como o apresentado na Figura 2, o qual pode ser utilizado para a realização de estudos sobre a viabilidade de banco de capacitores fixos ou automáticos.

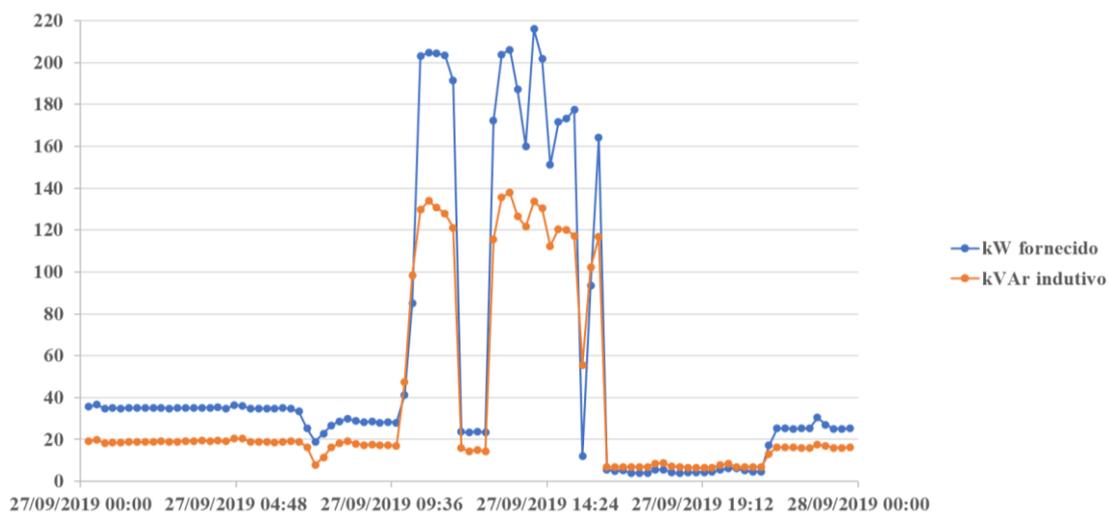


FIGURA 2. Gráfico de consumo de potência ao longo de um dia, com medições realizadas de 15 em 15 minutos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Se fez possível simular como seria a atuação dos alunos no mercado de trabalho para a correção do fator de potência, desta forma, os mesmos foram atrás de tudo, desde levantamento do histórico de consumo de carga da empresa, até a elaboração dos orçamentos médios.

Com isto, o estudo se fez de extrema importância para a formação do Engenheiro Eletricista do IFSP – Câmpus Presidente Epitácio, cumprindo assim objetivos que o próprio projeto pedagógico do curso propõe, como: desenvolver raciocínio lógico, analítico, espacial e matemático na resolução de problemas, realização de trabalhos e projetos em equipe, proporcionar conhecimentos humanísticos que agreguem à formação de profissionais comprometidos com questões éticas, legais, morais, políticas, culturais e ambientais, pesquisar, analisar, extrair resultados e elaborar conclusões para problemas específicos de Engenharia Elétrica, entre tantas outros objetivos e importâncias da atividade ministrada.

Quanto ao estudo da correção de fator de potência, observou-se, por meio da memória de massa, que a empresa tem um consumo médio de potência ativa de 100kW e, por este motivo, adota-se este valor como condição mínima de demanda para a seleção do pior fator de potência. Com isto, foram selecionados os valores de potência ativa, reativa e fator de potência iguais a, respectivamente, 112.32kW, 111.46kVAr e 0.7098.

A partir desses valores, obteve-se um valor Q_{novo} de 47.848kVAr, por meio do desenvolvimento da Equação 1, adotando-se para P_{atual} o valor de 112.32kW.

Em seguida por meio da Equação 2, obteve-se um valor $Q_{corrigido}$ de -63.611kVAr sendo que, para tal, adotou-se para Q_{novo} e Q_{antigo} os valores, respectivamente, de 47.848kVAr e 111.46kVAr.

Levando em consideração que o valor de 63.611kVAr não é um valor comercial, faz-se o uso do valor comercial imediatamente superior ao valor obtido, que, neste caso, corresponde ao valor de 75kVAr, o qual está disponível em bancos de capacitores automáticos para correção de fator de potência.

Tendo em vista que a conta de energia da empresa tem um valor médio de R\$18.500,00 e que, em média, a multa por excedente reativo é de R\$830,00, ao longo de um ano o valor poupado será, em média, de R\$9.960,00.

Sendo assim, considerando um investimento inicial de R\$8.000,00 para a instalação idem ao anterior, no primeiro ano, a receita bruta será, em média de R\$1.960,00. Com isto, ao longo de dez anos, a receita bruta estimada será de R\$91.600,00.

CONCLUSÕES

O presente estudo se fez de extrema importância para a formação do engenheiro eletricista, sendo que muitas vezes os quando vão começar a trabalhar na área sentem uma diferença muito busca com as aulas, desta forma, a atividade proposta ajudou a minimizar essa diferença.

Além de permitir uma formação científica sólida e de qualidade, preparando profissionais com conhecimentos humanos, técnicos e científicos para atuar como Engenheiro Eletricista, além de inúmeros benefícios citados anteriormente.

Quanto ao estudo da correção de fator de potência, na maioria das ocorrências de correção de fator de potência, o valor da potência reativa e da capacitância do capacitor pretendidos não corresponderão exatamente àqueles dos equipamentos disponíveis no mercado.

Nestes casos, arredonda-se o valor imediatamente superior que esteja disponível no mercado, obtendo-se um fator de potência corrigido com valor superior ao mínimo de 0.92, por conta do arredondamento realizado.

Considerando as oscilações de potência ativa e reativa, conclui-se que se faz mais eficaz e prático a instalação de um idem ao da seção anterior, tendo em vista que os valores dependem muito da demanda da empresa, além de possibilitar o controle da qualidade de outras grandezas elétricas.

Os resultados obtidos acerca da correção de fator de potência em sistemas industriais demonstram sua importância, pois a mesma contribui para que o sistema elétrico de potência opere no mais alto padrão de qualidade, com garantia e confiabilidade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução nº 414, de 9 de setembro de 2010. RESOLUÇÃO NORMATIVA. **Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada.**, Brasil, 2014. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?Version=1.0>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

BOYLESTAD, Robert L. **Introdução à análise de circuitos**. 10ª Edição, tradução José Lucimar do Nascimento; revisão técnica Antônio Pertence Júnior – São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

FORTI, Matheus Luis. **Estudo de caso da correção de fator de potência industrial**. 2017. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2017.

HÉRCULES (Cascavel - PR). **Fator de Potência**. Disponível em: <<http://herculescomponentes.com.br/FATOR DE POTENCIA.htm>>. Acesso em: 02 nov. 2014.

MARTINS, Matheus Ferraz. **Inserção no mercado de trabalho e perspectivas de carreira dos alunos da universidade federal do rio grande do sul**. 2017. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Departamento de Ciências Administrativas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

NILSSON, James W.; RIEDEL, Susan A. **Circuitos elétricos**. 10. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015. xiv, 873 p. ISBN 9788543004785.

SILVA, Marcos César Isoni. **Correção Do Fator De Potência De Cargas Industriais Com Dinâmica Rápida**. 2009. 241 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 2009.