

CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA EM AMBIENTES INDUSTRIAIS COM BANCO DE CAPACITORES

POWER FACTOR CORRECTION IN INDUSTRIAL ENVIRONMENTS WITH CAPACITOR BANK

José Neves Bezerra Junior^{1, i}
Luciano André dos Santos²
Michel de Moura Chaparro³
Carlos Augusto de Araújo Melo⁴
Wallyson Thomas Alves da Silva⁵

RESUMO

Muitas cargas indutivas presentes em plantas industriais impõem às empresas o desafio de corrigir o fator de potência. Nesse contexto, o banco de capacitores destaca-se como uma das soluções mais eficazes, contribuindo para aproximar esse parâmetro ao valor unitário. Este trabalho teve como objetivo investigar os métodos de correção do fator de potência em ambientes industriais por meio do uso de capacitores, enfatizando as vantagens e desvantagens de cada abordagem. A metodologia adotada baseou-se em uma revisão bibliográfica de caráter descritivo e qualitativo. Inicialmente, foram apresentados os conceitos fundamentais relacionados ao fator de potência, seguidos de uma análise dos benefícios proporcionados pela sua correção em instalações industriais. Por fim, foram descritas as principais técnicas que empregam capacitores. Conclui-se que as plantas industriais devem realizar uma avaliação criteriosa de suas demandas específicas para a correção do fator de potência, de modo a selecionar a técnica mais adequada à sua realidade e maximizar os benefícios alcançados.

Palavras-chave: Banco de Capacitores, Correção do Fator de Potência, Potência Reativa.

ABSTRACT

Many inductive loads present in industrial plants pose a challenge for companies regarding power factor correction. In this context, capacitor banks stand out as one of the most effective solutions, as they help bring this parameter closer to unity. This study aimed to investigate methods of power factor correction in industrial environments through the use of capacitors, highlighting the advantages and disadvantages of each approach. The methodology adopted was based on a descriptive and qualitative literature review. Initially, the fundamental concepts related to the power factor were presented, followed by an analysis of the benefits derived from its correction in industrial installations. Finally, the main techniques that employ capacitors were described. It is concluded that industrial plants must carefully assess their specific demands for power factor correction in order to select the most appropriate technique and maximize the benefits achieved.

¹ Professor Especialista, Faculdade de Tecnologia SENAI "Roberto Mange". jose.njunior@sp.senai.br

² Professor Especialista, Faculdade de Tecnologia SENAI "Roberto Mange". luciano.santos@sp.senai.br

³ Professor Especialista, Faculdade de Tecnologia SENAI "Roberto Mange". michel.chaparro@sp.senai.br

⁴ Professor Especialista, Faculdade de Tecnologia SENAI "Roberto Mange".

carlos.araujo@sp.senai.br

⁵ Professor Adjunto II, Faculdade de Tecnologia SENAI "Roberto Mange". wallyson.silva@sp.senai.br

Keywords: Capacitor Bank, Power Factor Correction, Reactive Power.

1 INTRODUÇÃO

A eletricidade consolidou-se, ao longo dos anos, como um recurso estratégico fundamental para as nações em todo o mundo. A crescente demanda por esse insumo evidencia sua importância cada vez mais central. Presente em praticamente todos os setores da sociedade, a energia elétrica destaca-se particularmente no setor industrial, tradicionalmente reconhecido como um dos maiores consumidores desse recurso.

Entretanto, muitas instalações industriais ainda operam com uma parcela significativa de seu maquinário elétrico apresentando um fator de potência (FP) reduzido. Em sistemas industriais isto resulta em um aumento considerável da corrente elétrica demandada da concessionária, excedendo o necessário para o funcionamento ideal do sistema. Esse fenômeno sobrecarrega transformadores e cabos condutores, ocasionando maiores perdas por efeito Joule e comprometendo a eficiência da rede elétrica (CHANDRA; AGARWAL, 2014).

Diante desse cenário, a relevância da presente pesquisa torna-se evidente ao enfatizar a importância da correção do fator de potência em ambientes industriais. Tal medida não apenas promove a melhoria da eficiência energética, como também contribui para a preservação do maquinário e a redução do risco de penalizações impostas pelas concessionárias em decorrência de valores inadequados de FP.

1.1 Problema de pesquisa

Considerando a relevância da correção do fator de potência (FP) no contexto industrial, a presente pesquisa busca responder à seguinte questão: quais são as principais causas associadas à ocorrência de um baixo fator de potência em plantas industriais e de que maneira os capacitores podem ser empregados de forma eficaz para sua correção?

1.2 Objetivo(s)

O objetivo geral desta pesquisa é analisar os métodos de correção do fator de potência (FP) em contextos industriais por meio do uso de capacitores, ressaltando as vantagens e desvantagens de cada abordagem.

1.3 Justificativa

A correção do fator de potência (FP) em plantas industriais configura-se como uma prática fundamental diante dos impactos adversos associados à sua redução, tanto em termos de eficiência energética quanto de custos operacionais. Um FP baixo acarreta aumento da corrente elétrica demandada, o que implica na sobrecarga de transformadores e cabos, elevação das perdas por efeito Joule e redução da vida útil dos equipamentos. Ademais, instalações industriais que operam com valores inadequados de FP estão sujeitas a penalidades financeiras aplicadas pelas concessionárias de energia, ampliando significativamente os custos operacionais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Para a compreensão adequada do presente estudo, é importante apresentar, de forma sintética, os conceitos fundamentais de potência elétrica em circuitos de corrente alternada (CA) e sua relação com o fator de potência. Consumidores de energia elétrica — sejam residenciais, comerciais ou industriais — dependem do sistema de distribuição operado pelas concessionárias, cuja natureza é predominantemente em corrente alternada.

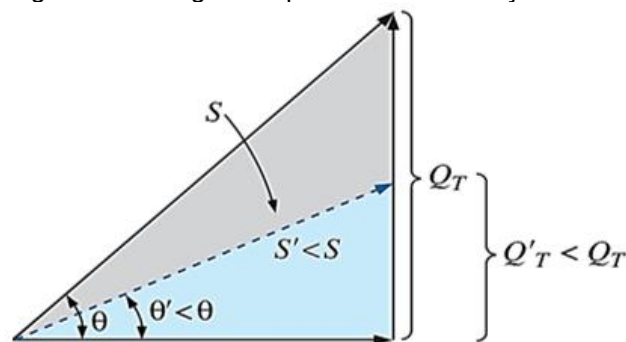
Nessa forma de fornecimento, a energia elétrica é constituída por duas componentes: energia ativa, responsável pela realização efetiva de trabalho, e energia reativa, associada ao estabelecimento de campos magnéticos e elétricos. De forma análoga, a potência elétrica, definida como a taxa de transferência de energia em determinado intervalo de tempo, também se divide em potência ativa e potência reativa (GENUÍNO JUNIOR; CARREIRO; OLIVEIRA, 2022).

No Brasil, a Resolução nº 456 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), de 29 de novembro de 2000, estabelece as condições gerais para o fornecimento de energia elétrica e determina que o fator de potência (FP) das instalações elétricas de unidades consumidoras não seja inferior a 0,92.

Para atender a essa exigência, é prática comum a instalação de elementos capacitivos em plantas industriais, que, em sua maioria, apresentam predominância de cargas indutivas. A correção do fator de potência pode ser representada graficamente por meio do triângulo de potência, cuja principal meta é reduzir a componente reativa (Q), aproximando-a do eixo da potência ativa (P). Esse ajuste otimiza o desempenho energético da instalação, reduz perdas e evita penalidades na fatura de energia (BOYLESTAD, 2012).

Conforme ilustrado na Figura 1, a redução da potência reativa após a correção ($Q_T' < Q_T$) provoca uma diminuição do ângulo de fase ($\theta' < \theta$). Como consequência, observa-se também uma redução da potência aparente ($|S'| < |S|$). Esse ajuste promove não apenas a melhoria do fator de potência, aproximando-o do valor unitário, como também contribui para o aumento da eficiência energética do sistema elétrico, ao reduzir as perdas associadas à circulação de potência reativa.

Figura 1 - Triângulo de potências da correção do FP



Fonte: BOYLESTAD (2012, p.696).

3 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido em uma empresa de distribuição de alimentos

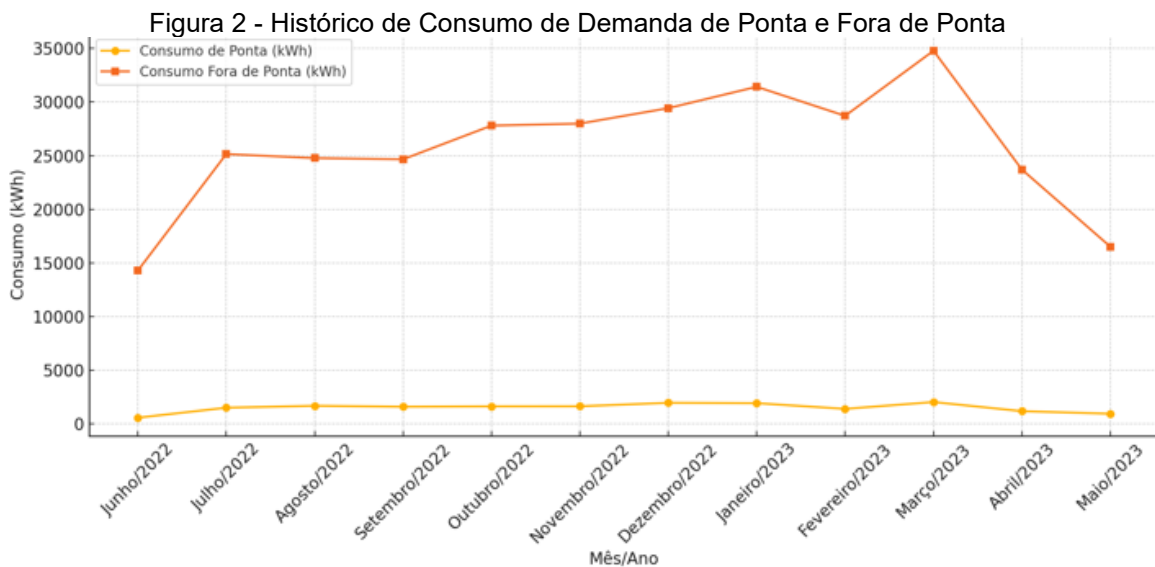
localizada em Campinas (SP), com foco na análise do consumo de energia elétrica e na avaliação de penalidades tarifárias aplicadas pela concessionária. A metodologia adotada contemplou três etapas principais: (i) análise documental, (ii) dimensionamento do sistema de correção e (iii) implementação e monitoramento.

Na primeira etapa, foram coletadas e examinadas faturas de energia elétrica, com destaque para a de setembro de 2022, a fim de identificar a demanda contratada, os valores efetivamente registrados e os encargos adicionais decorrentes de ultrapassagens. Também foram analisados os índices de fator de potência (FP) e as multas aplicadas por consumo excessivo de energia reativa.

Em seguida, realizou-se o dimensionamento de um banco de capacitores trifásico automático com potência nominal de 25 kVAr, tensão de operação de 220 V e controle em quatro estágios. O cálculo foi fundamentado no histórico de consumo de energia ativa e reativa, bem como nos limites estabelecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A localização estratégica do equipamento, instalada logo após o disjuntor geral, buscou assegurar eficiência na compensação da energia reativa e proteção adequada às cargas da unidade.

Por fim, a terceira etapa consistiu no acompanhamento do desempenho do sistema durante seis meses, utilizando faturas posteriores, como a de abril de 2023, para comparar os resultados financeiros e operacionais. Essa análise permitiu avaliar a efetividade da correção do fator de potência e a viabilidade econômica do investimento.

O dimensionamento do banco de capacitores foi realizado com base na análise histórica dos consumos de energia ativa e reativa, conforme apresentado na Figura 2.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise inicial da fatura de setembro de 2022 revelou ultrapassagens significativas da demanda contratada: 61,787 kW no horário de ponta (50 kW contratados) e 68,224 kW no horário fora de ponta (50 kW contratados). Essas ocorrências geraram custos adicionais expressivos, impactando diretamente a competitividade da empresa.

Além disso, verificou-se um fator de potência inferior ao mínimo exigido pela ANEEL, ocasionando consumo excessivo de energia reativa e penalidades financeiras que somaram R\$ 1.590,72 no período analisado. A ausência de correção acarretou multas recorrentes, com média mensal de aproximadamente R\$ 640,00, o que representa um impacto anual próximo a R\$ 7.680,00.

Com a reavaliação dos valores contratados, ajustados para 60 kW (ponta) e 80 kW (fora de ponta), observou-se uma redução mensal de R\$ 105,90, totalizando R\$ 1.270,80 anuais. Embora a economia com a readequação contratual seja positiva, os custos adicionais com energia reativa permaneceram elevados, resultando em um déficit líquido de R\$ 6.409,20 ao final de 12 meses.

A implementação do banco de capacitores de 25 kVAr representou uma solução eficaz. O investimento de R\$ 7.370,00 apresentou payback inferior a 12 meses, considerando a eliminação das penalidades por baixo fator de potência. Além do retorno financeiro, foram obtidos benefícios adicionais, como a redução das perdas técnicas, melhoria da confiabilidade do sistema elétrico e otimização da eficiência energética da instalação.

5 CONCLUSÃO

O estudo evidenciou a relevância da análise do perfil de consumo e da correção do fator de potência em instalações industriais. A simples readequação contratual de demanda proporcionou economia, mas não eliminou os prejuízos decorrentes da energia reativa excedente. A adoção do banco de capacitores automático mostrou-se estratégica, garantindo retorno rápido do investimento e evitando penalidades tarifárias recorrentes. Sendo assim, a correção do fator de potência é fundamental não apenas pela redução de custos, mas também pela melhoria do desempenho elétrico da instalação. O trabalho demonstrou que, por meio de análises criteriosas e intervenções técnicas adequadas, é possível alinhar eficiência energética e sustentabilidade econômica no setor industrial.

REFERÊNCIAS

- ABB SACE S.P.A. Electrical installation handbook – Volume 2: Electrical devices. 2. ed. L.V. Breakers, 2003.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). Resolução normativa nº 456, de 29 de novembro de 2000. Condições gerais do sistema de iluminação elétrica. Brasília, 2000.
- BOYLESTAD, Robert L. Introdução à análise de circuitos. 13. ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2019. 1248 p. ISBN 978-8543024981.
- CHANDRA, Ashish; AGARWAL, Taru. Capacitor bank designing for power factor improvement. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, v. 4, n. 8, p. 235-239, 2014.
- GEDRA, Ricardo Luís; BARROS, Benjamim de; BORELLI, Reinaldo. Geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica. São Paulo: Érica, 2014.
- GENUÍNO JUNIOR, Alexandre Pereira; CARREIRO, Felipe Silveira; OLIVEIRA, Rafael Lima. Eficiência energética: como corrigir o fator de potência. Arquitetura e Engenharia Civil Contemporânea: inovação, tecnologia e sustentabilidade, v. 2, 2022.
- GIL, Antonio Carlos et al. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2002.
- MAMEDE FILHO, J. M. Instalações elétricas industriais. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.