7

Conclusões e trabalhos futuros

A proposta desse trabalho foi avaliar o impacto de uma alocação inteligente de quadros de distribuição sobre os custos de uma obra visando sua redução. Para viabilizar esse estudo foi necessário construir uma ferramenta de otimização baseada em algoritmos genéticos para buscar a melhor solução de posicionamento atendendo a restrições geográficas e dentro de um universo de busca muito grande. Adicionalmente, estudou-se o impacto colateral de redução de perdas Joule devido à redução da quantidade de cabos utilizada na planta.

Foi estabelecida uma metodologia para a alocação inteligente e para certificar sua aplicabilidade foi utilizada a expansão de uma planta industrial o que permitiu a avaliação dos resultados em condições realistas. Diante dos resultados concluiu-se que os objetivos propostos para esse trabalho foram plenamente alcançados sendo inclusive adotados pela indústria que emprestou os dados, com algumas pequenas adaptações.

O estudo sobre a redução de perdas Joule também apresentou resultados muito interessantes, não só no aspecto de conservação de energia, mas também pela relevância que as perdas Joule adquiriram como um custo operacional do empreendimento durante toda sua vida útil. O recente aumento do custo da energia elétrica no mercado brasileiro modifica um cenário estabelecido há muito tempo e abre possibilidades para várias iniciativas inovadoras relativas a redução de perdas Joule que agora serão viabilizadas pelo custo da energia elétrica.

As reduções nas emissões de CO₂ também foram muito expressivas alcançando valores da ordem de 63% o que agrega a alocação inteligente dos quadros de distribuição um carácter ecológico que também deve ser explorado.

7.1.

Conclusões

Entre as conclusões obtidas após a análise dos resultados, comentam-se a seguir as mais relevantes:

- a) A técnica de otimização através de algoritmos genéticos se adaptou bem as condições do problema obtendo seu melhor ajuste com populações pequenas, de 100 indivíduos, mas muito exercitadas, com um número de tentativas elevado da ordem de 20.000 tentativas.
- b) As melhores otimizações posicionaram os quadros de distribuição muito próximos à subestação e isso pode ser devido a dois aspectos:
- Tendência ao superdimensionamento dos cabos alimentadores gerais que pode ser explicada pela tendência conservadora dos profissionais e também da norma NBR5410 que aplica pesados fatores de correção sobre a capacidade de condução dos cabos em função do método de instalação e da proximidade com outros circuitos. Esses fatores deveriam ser revisados para avaliar sua aderência à realidade;
 - O preço dos cabos de maior seção, que são mais comuns nos alimentadores gerais, é mais caro proporcionalmente, que o preço dos cabos de menor seção, que são mais comuns nos alimentadores de carga. Esse comportamento pode ser comprovado pela análise das figuras 3 e 4, que são um reflexo do efeito da menor demanda do mercado pelos cabos de maior seção.
- c) O estudo é muito dependente da tabela de preços de cabos utilizada que por sua vez, varia em função do país, da região e da demanda global por cobre indicando que os resultados não são definitivos e podem ser diferentes a cada novo estudo, pois as condições do mercado podem ter se alterado.
- d) A expressiva redução no custo dos cabos elétricos obtida na análise comparativa do item 5.3 obtida apenas com o reposicionamento dos quadros de distribuição demonstra que a utilização da metodologia de alocação inteligente se justifica, e

sua aplicação deveria ser parte indispensável dos projetos elétricos para indústrias e instalações de grande porte em geral.

- e) Percebe-se que dependendo da composição dos alimentadores de carga¹ do quadro de distribuição ele será mais econômico se instalado mais próximo às cargas ou mais próximo à subestação. Pode-se considerar o ajuste dessa composição ou desse agrupamento, como uma sintonia fina da alocação inteligente dos quadros de distribuição mencionada no item “d”.
- f) Avançando nessa análise, pode-se concluir que quando a posição ótima do quadro de distribuição não for nem muito próxima à subestação nem muito próxima às cargas sua composição de cargas não é homogênea; possuindo num mesmo quadro de distribuição, alimentadores de carga “tipo carga” e “tipo fonte” que se equilibram e assim, ambos não usufruem totalmente das vantagens da alocação inteligente.
- g) A redução das perdas por efeito Joule sobre os cabos elétricos se mostrou significativa quando avaliada anualmente. Em todos os experimentos foram alcançados valores acima de 49% de redução. Nos casos em que o posicionamento foi definido pelo método da alocação inteligente ficou mais evidente que o quadro A é aquele que concentra as maiores perdas Joule dentre todos com boa margem em relação aos outros quadros de distribuição. No posicionamento original definido pelo projeto básico essa característica não fica tão clara.
- h) Em todos os casos estudados as perdas Joule apresentaram valores significativos (próximos a 10% ao ano) em relação ao custo total com cabos elétricos. Considerando que a vida útil dos cabos elétricos é de 20 anos aproximadamente, esse efeito ganha uma relevância bem maior e mostra a importância que deve ser dada ao assunto na fase de projeto. Esse impacto é surpreendente e revela que os aumentos recentes nas tarifas

¹ Não se pode deixar de lembrar que ao alterar os alimentadores de carga de um quadro, altera-se a potência do quadro de distribuição e, portanto, poderá haver a alteração do alimentador geral do quadro de distribuição.

de energia, já considerados nesse trabalho, podem alterar ideias pré-estabelecidas a respeito das perdas nos condutores a ponto de mudar decisões de investimento em busca de um custo operacional mais baixo.

7.2.

Aperfeiçoamentos e trabalhos futuros

Dentre os aperfeiçoamentos que o presente estudo pode receber os de maior relevância seriam aqueles relacionados ao refinamento das possibilidades de restrição de posicionamento, pois eles tornariam a metodologia mais abrangente e preparada para o uso em situações reais não tão convencionais como a usada nesse trabalho incorporando, por exemplo:

- Distância mínima entre quadros de distribuição e entre quadros de distribuição e subestação;
- Áreas restritas à instalação por critérios de acesso ou segurança;
- Áreas restritas pela presença de outros equipamentos ou estruturas;

Além desses, a preparação da função de avaliação para considerar o plano Z seria muito útil, pois permitiria a aplicação dessa ferramenta para situações em que existissem mais de um pavimento na planta, como em edifícios.

A melhora da interface gráfica também agregaria valor, pois ela facilita muito na busca de ajustes na composição e no número de quadros de distribuição. Nesse sentido, apresentar visualmente o vínculo dos quadros de distribuição com suas respectivas cargas na interface gráfica de modo que ficasse mais fácil a visualização de possíveis heterogeneidades nas cargas vinculadas ao quadro de distribuição agregaria muito valor.

O estudo mais detalhado dos alimentadores de carga visando uma metodologia que ajudasse a definir uma boa composição de circuitos e o número de quadros de distribuição ideal para uma planta seria de grande valia também, pois permitiria que os resultados alcançados fossem ainda mais impactantes frente ao posicionamento tradicionalmente utilizado.

A ampliação da abrangência desse estudo visando à busca da melhor posição para as subestações industriais em relação a suas cargas levando em conta o custo dos cabos e transformadores proveria para o setor industrial uma

ferramenta completa que lhe permitisse avaliar e aperfeiçoar o projeto de sua instalação elétrica por completo.

Entretanto, a maior contribuição seria a transformação da metodologia criada em um aplicativo vinculado a programas tradicionais de projeto elétrico, constituindo-se em uma opção de fácil acesso para os profissionais especializados no assunto. Ao projetar eletricamente uma planta através dos programas de projeto elétrico atuais, automaticamente são criadas bases de dados relacionais com as informações necessárias e suficientes para que se aplique a metodologia de alocação inteligente de quadros de distribuição proposta. Sendo assim, demandaria muito pouco esforço aos projetistas a aplicação da metodologia antes de definir o posicionamento dos quadros de distribuição de uma planta.

Os resultados referentes às perdas Joule indicam uma série de possibilidades tendo em vista o aumento do patamar do custo da energia elétrica no país. Iniciativas que antes precisariam de muitos anos para serem viabilizadas, hoje podem dar retorno em prazos competitivos e isso deve ser explorado pelas instituições de pesquisa. Por último, para completar a análise sobre as emissões CO₂, seria preciso analisar as emissões decorrentes das etapas de fabricação e descarte dos cabos elétricos que foram desconsideradas por esse trabalho.