

## Capítulo 4

### Conclusões e Sugestões para Futuros Trabalhos

Face à crescente preocupação com efeitos relacionados à qualidade de energia em sistemas elétricos industriais, devem-se analisar os diversos aspectos que possam interferir no funcionamento e operação destas instalações. Torna-se, portanto, cada vez mais importante conhecer em detalhes os fenômenos elétricos envolvidos e seus efeitos, bem como identificar sua temporalidade, nos principais distúrbios que afetam o sistema como um todo.

Além disso, quanto ao consumo de energia de algumas cargas que apresentam sinais de tensões e correntes distorcidos, é importante determiná-lo sob a ótica de valores instantâneos, segundo a abordagem da teoria de potência instantânea.

O sistema elétrico industrial analisado neste trabalho apresenta, além do intensivo uso da energia elétrica, sinais extremamente distorcidos, com distúrbios múltiplos associados, exigindo uma abordagem complementar em relação àquela tradicionalmente utilizada, baseada puramente em valores eficazes associados à cargas lineares.

Dessa forma, este trabalho apresenta as bases para análises mais consistentes da qualidade de energia e do correspondente consumo energético dessa carga, elaborando um conjunto de ferramentas a serem implementadas em dispositivos eletrônicos que possam monitorar de forma mais efetiva o desempenho do sistema elétrico. Além disso, o trabalho contribui com o desenvolvimento de um novo algoritmo para localização e classificação de distúrbios múltiplos, que possam realmente ocorrer em um forno elétrico a arco.

Verificou-se que, com a utilização das diversas técnicas existentes até o momento, não é possível identificar, nos sinais coletados em campo, o instante e a característica dos diferentes distúrbios, quando o intervalo de tempo de ocorrência entre eles é muito reduzido.

Com a finalidade de solucionar esse problema, foi utilizada a Transformada Wavelet, com a análise e escolha da função base ou Wavelet-mãe mais adequada,

na elaboração de uma ferramenta com boas possibilidades de utilização no estudo do comportamento operativo de fornos elétricos à arco.

No caso particular desses sistemas, com fornos elétricos, a Transformada Wavelet revelou-se uma poderosa ferramenta na melhoria da precisão de detecção de distúrbios múltiplos com diagnósticos associados a eventos com duração da ordem de milissegundos.

Utilizou-se como ferramenta básica a Transformada Wavelet Discreta (TWD). A obtenção dos coeficientes Wavelets e os cálculos necessários para a Transformada Wavelet Discreta (TWD) é de fácil implementação computacional não exigindo integrais ou derivadas, mas sim adições.

A função base mais adequada foi obtida com simulações e testes exaustivos, utilizando-se o “*toolbox*” do software Matlab. A validação da melhor Wavelet-mãe ocorreu com a análise de sinais teóricos com distúrbios conhecidos. Nessa fase foi analisado o instante da ocorrência de distúrbios tomados de forma isolada. Em uma fase posterior foi efetuada a classificação dos distúrbios múltiplos, levando-se em conta o comportamento dos níveis de energia e seu detalhamento, nos diversos fenômenos associados à qualidade de energia.

Como investigação adicional, a técnica desenvolvida foi aplicada a sinais coletados em experimentos de campo. Os resultados dessa análise evidenciam que algumas limitações em algoritmos existentes foram superadas, pois os diversos fenômenos associados à qualidade de energia, presentes nos sinais em apreço, foram adequadamente localizados e classificados de modo automático e consistente. Ainda como verificação da eficácia do método, na identificação e classificação os distúrbios de longa duração, foi simulado o comportamento do algoritmo na detecção de afundamento e elevação, nos sinais de tensão coletados em campo, com algumas condições adversas acrescentadas artificialmente. Verificou-se, nessa análise, que o algoritmo comportou-se de modo adequado e eficiente, atendendo aos objetivos esperados, cabendo ainda algumas considerações futuras no aprimoramento de casos específicos, não perfeitamente descritos na literatura atual.

Com as ferramentas desenvolvidas, podem-se visualizar algumas aplicações que serão de grande utilidade nas diversas fases de operação de fornos elétricos à arco, permitindo tomadas de decisão mais consistentes sobre a otimização de

pontos operativos e redução no consumo de energia elétrica.

É possível também visualizar a possibilidade de desenvolvimento de sistemas de controle, em tempo real (*“on-line”*), com as fases operativas perfeitamente identificadas, que proporcionem uma economia de energia elétrica mais consistente, além de menores impactos na qualidade de energia.

Acredita-se que a aplicação do método, na análise de sinais coletados na barra de alimentação dos três fornos a arco em 23 kV, mediante o uso de dispositivo lógico programável, cuja concepção de software e hardware, já estabelecida, se encontra estabelecida, poderá ampliar significativamente o conhecimento desse sistema elétrico analisado.