

Concepção de uma Impressão Digital para Distúrbios de Qualidade de Energia

Érica Manguiera Lima, Laís Martins de Andrade Fortunato, Núbia Silva Dantas Brito, Benemar Alencar de Souza
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
ericaml@gmail.com, lais.fortunato@ee.ufcg.edu.br, nubia@dee.ufcg.edu.br, benemar@dee.ufcg.edu.br

Resumo — As ideias iniciais do processo de concepção de uma impressão digital que caracterize alguns dos principais distúrbios que afetam a qualidade da energia elétrica são apresentadas. Para isso, construção de uma base de dados de distúrbios foi simulada, o que permitiu a realização de um estudo minucioso do comportamento dos distúrbios nos domínios do tempo e da frequência. Os resultados obtidos mostraram a importância do uso das curvas de energia no processo de caracterização dos fenômenos.

Palavras-chaves — Distúrbios, Qualidade da Energia Elétrica, Transformada de Fourier, Impressão Digital.

I. INTRODUÇÃO

Nos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica (SDEE), tão importante quanto a continuidade do fornecimento da energia é a sua qualidade, que é avaliada primordialmente através de dois parâmetros: tensão e frequência. Em um sistema ideal, as formas de onda devem ser puramente senoidais, com amplitudes constantes e contendo apenas a frequência fundamental. Entretanto, a ocorrência de inúmeros distúrbios resulta em sinais com formas de onda que diferem das ideais, diminuindo a qualidade do serviço prestado.

No Brasil, os SDEE são regulados pelos Procedimentos de Distribuição (PRODIST), que são normas que disciplinam o relacionamento entre as distribuidoras de energia elétrica e os demais agentes conectados aos SDEE [1]. Dentre os diversos módulos que compõem o PRODIST, o Módulo 8 estabelece os procedimentos relativos à Qualidade da Energia Elétrica, abordando a Qualidade do Produto e a Qualidade do Serviço Prestado.

Para se adequarem às exigências crescentes, tanto dos órgãos regulamentadores quanto dos consumidores, os SDEE passaram a investir na melhoria dos seus processos e instalações, visando aumento da eficiência, confiabilidade e dos lucros. Nesse sentido, a disponibilidade de informações seguras e concisas acerca dos distúrbios representa uma das etapas mais importantes no processo de busca pela qualidade.

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro e a UFCG/COPELE pelo suporte técnico.

Esse trabalho se insere nesse contexto, apresentando um estudo minucioso sobre o comportamento de alguns desses distúrbios nos domínios do tempo e da frequência. A meta é identificar os padrões únicos e singulares de cada distúrbio, ou seja, um tipo de impressão digital.

II. QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

Segundo o *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), Qualidade da Energia Elétrica é a área da Engenharia Elétrica que tem como objetivo primordial fornecer e estabelecer a alimentação de um equipamento elétrico sensível de forma adequada ao seu funcionamento [2]. Idealmente, todos os equipamentos deveriam ser supridos pelo sinal ideal, ou seja, um sinal de forma de onda puramente senoidal, com amplitude constante e contendo apenas a frequência fundamental de operação (60 Hz no Brasil). Entretanto, é impossível suprir todos os equipamentos com o sinal ideal e por essa razão, a ANEEL estabeleceu que um SDEE opera em condições normais quando os limites de tensão e frequência estejam na faixa compreendida entre 95% e 105% da tensão nominal e 59,9 Hz e 60,1 Hz, respectivamente [1].

A presença de inúmeros distúrbios no sistema pode infelizmente, comprometer tais condições, dentre os quais destacam-se [3]:

- **Afundamento de Tensão:** Redução no valor eficaz da tensão a valores compreendidos entre 0,1 pu e 0,9 pu e duração de meio ciclo a 1 minuto.
- **Elevação de Tensão:** Aumento no valor eficaz da tensão a valores compreendidos entre 1,1 pu e 1,2 pu e duração de meio ciclo a 1 minuto.
- **Interrupção de Tensão:** Redução na amplitude da tensão para menos de 0,1 pu, com duração de meio ciclo a 1 minuto.
- **Flutuação de Tensão (flicker):** Variação sistemática de tensão ou uma série de variações de tensões aleatórias, cuja magnitude, normalmente, situa-se entre 0,95 pu e 1,05 pu, com comportamento intermitente e espectro de frequência tipicamente menor que 25 Hz.
- **Transitório Oscilatório:** Variação súbita oscilatória (com mudança de polaridade) da amplitude da tensão ou corrente entre 0 e 8 pu, com duração de 5 μ s a 50 ms.

- **Transitório Impulsivo:** Mudança súbita unidirecional na condição normal de operação da tensão. Caracteriza-se principalmente, pelos seus tempos de subida e descida, com duração de 1ns a 1ms.
- **Harmônicos:** Presença de componentes de frequência múltiplos inteiros da frequência fundamental nos sinais de tensões e correntes. A amplitude situa-se entre 0,0 e 0,1% e duração permanente.
- **Notching:** Perturbação na tensão periódica com duração inferior a 0,5 ciclos.
- **Spike:** Variação brusca no valor da tensão, até algumas unidades de kV, por períodos de alguns microssegundos a alguns milissegundos.

A presença desses distúrbios nos SDEE pode provocar várias consequências indesejáveis, tais como: interrupção do fornecimento de energia, danos em equipamentos sensíveis, aumento das perdas do sistema, sobreaquecimento dos equipamentos, multas, etc. Na prática, o processo de mitigação desses fenômenos constitui um problema complexo, cuja primeira etapa consiste na realização de um diagnóstico, ou

seja, execução de etapas de detecção, classificação e localização do(s) distúrbio(s).

Um diagnóstico bem sucedido pode revelar as causas e as consequências do(s) distúrbio(s), avaliar e especificar os equipamentos de proteção e principalmente, proteger as pessoas. Ao final, medidas corretivas e preventivas podem ser impostas ou recomendadas, resultando em melhorias contínuas do desempenho do sistema elétrico e da qualidade dos serviços públicos de energia elétrica.

Na prática, a execução de um processo de diagnóstico típico requer inicialmente, um estudo minucioso sobre o(s) distúrbios envolvidos, o que constituiu o objeto da pesquisa relatada a seguir.

III. MODELOS E FERRAMENTAS MATEMÁTICAS

A primeira etapa do processo de caracterização dos distúrbios consistiu na modelagem, o que foi feito adotando o modelo matemático proposto por [4] e os parâmetros e valores de controle propostos pela Norma IEEE-1159 [2], os quais estão apresentados nas Tabelas I e II.

TABELA I. MODELO MATEMÁTICO.

Distúrbio	Modelo	Parâmetro IEEE
Senóide pura	$V(t) = A * \sin(wt)$	$w = 2\pi f$
Afundamento de tensão	$V(t) = (1 - \alpha (u(t - t_1) - u(t - t_2))) * \sin(wt)$	$0,1 \leq \alpha \leq 0,9, T \leq t_2 - t_1 \leq 9T$
Elevação de tensão	$V(t) = (1 + \alpha (u(t - t_1) - u(t - t_2))) * \sin(wt)$	$0,1 \leq \alpha \leq 0,8, T \leq t_2 - t_1 \leq 9T$
Interrupção	$V(t) = (1 - \alpha (u(t - t_1) - u(t - t_2))) * \sin(wt)$	$0,9 \leq \alpha \leq 1,0, T \leq t_2 - t_1 \leq 9T$
Flutuação de tensão	$V(t) = (1 - \alpha_f \sin(\beta wt)) * \sin(wt)$	$0,1 \leq \alpha_f \leq 0,2, 5 \leq \beta \leq 20Hz$
Transitório oscilatório	$V(t) = (\sin(wt) + (\alpha e^{\frac{(t-t_1)}{\tau}}) * \sin(w_n(t - t_2))) * (u(t_2 - t_1))$	$0,1 \leq \alpha \leq 0,8, 0,05T \leq t_2 - t_1 \leq 3T$ $8ms \leq \tau \leq 40ms, 300 \leq f_n \leq 900Hz$
Transitório impulsivo	$V(t) = (\sin(wt) - \alpha e^{\frac{(t-t_1)}{\tau}}) * (u(t_2 - t_1))$	$1 \leq \alpha \leq 10, 0,05T \leq t_2 - t_1 \leq 3T$ $8ms \leq \tau \leq 40ms$
Harmônicos	$V(t) = \alpha_1 \sin(wt) + \alpha_2 \sin(2wt) + \alpha_3 \sin(3wt) + \alpha_4 \sin(4wt) + \alpha_5 \sin(5wt) + \alpha_6 \sin(6wt) + \alpha_7 \sin(7wt)$	$0,1 \leq \alpha_3, \alpha_5, \alpha_7 \leq 0,15$
Notching	$V(t) = \sin(wt) - \text{sign}(\sin(wt)) * \sum_{n=0}^9 K * \{u(t - (t_1 + 0,02n)) - u(t - (t_2 + 0,02n))\}$	$0,1 \leq K \leq 0,4, 0 \leq t_1, t_2 \leq 0,5T$ $0,01T \leq t_2 - t_1 \leq 0,05T$
Spike	$V(t) = \sin(wt) + \text{sign}(\sin(wt)) * \sum_{n=0}^9 K * \{u(t - (t_1 + 0,02n)) - u(t - (t_2 + 0,02n))\}$	$0,1 \leq K \leq 0,4, 0 \leq t_1, t_2 \leq 0,5T$ $0,01T \leq t_2 - t_1 \leq 0,05T$

TABELA II. PARÂMETROS ADOTADOS.

Distúrbio	Parâmetro IEEE
Senóide pura	$A = 1; f = 60Hz$
Afundamento de tensão	$\alpha = 0,1; t_1 = 0,06; t_2 = 0,14$
Elevação de tensão	$\alpha = 0,3; t_1 = 0,06; t_2 = 0,14$
Interrupção	$\alpha = 0,95; t_1 = 0,06; t_2 = 0,14$
Flutuação de tensão	$\alpha_f = 0,15; \beta = 15$
Transitório oscilatório	$\alpha = 0,8; t_1 = 0,08; t_2 = 0,1; \tau = 0,02$
Transitório impulsivo	$\alpha = 2; t_1 = 0,085; t_2 = 0,088; \tau = 0,02$
Harmônicos	$\alpha_3 = 0,05; \alpha_5 = 0,10; \alpha_7 = 0,15$
Notching	$K = 0,4; t_1 = 0,006; t_2 = 0,0065$
Spike	$K = 0,4; t_1 = 0,002; t_2 = 0,0023$

Em seguida, selecionou-se a Transformada Discreta de Fourier para realizar a análise dos distúrbios no domínio da frequência [5]:

$$\mathcal{F}\{x[n]\} = X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-jk\omega_0 n}, k = 0, 1, \dots, N-1. \quad (1)$$

Sendo: $x[n]$ o sinal discreto no tempo, n o número de amostras do sinal, ω_0 a frequência fundamental do sinal e N o período da frequência fundamental.

O próximo passo consistiu em calcular a energia de cada distúrbio nos domínios do tempo e da frequência. No domínio do tempo discreto, a energia de um sinal foi computada conforme (2) [5]:

$$E_x \triangleq \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{n=-N}^{+N} |x[n]|^2 = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} |x[n]|^2 \quad (2)$$

No domínio da frequência, a energia foi calculada aplicando o Teorema de Parseval: “A soma do quadrado de uma função no tempo é igual à soma do quadrado de sua transformada”, ou seja [5]:

$$E_x = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} |x[n]|^2 = \sum_{f=-\infty}^{+\infty} |X[f]|^2. \quad (3)$$

IV. METODOLOGIA

O estudo completo foi realizado no *software* Matlab®, no qual se construiu uma base de dados contendo os distúrbios nos domínios do tempo e da frequência, além das respectivas energias em ambos os domínios. Considerou-se a frequência de amostragem dos sinais de 15,36 kHz, que corresponde a frequência usual dos Registradores Digitais de Perturbação. A metodologia adotada é apresentada resumidamente na Fig. 1.

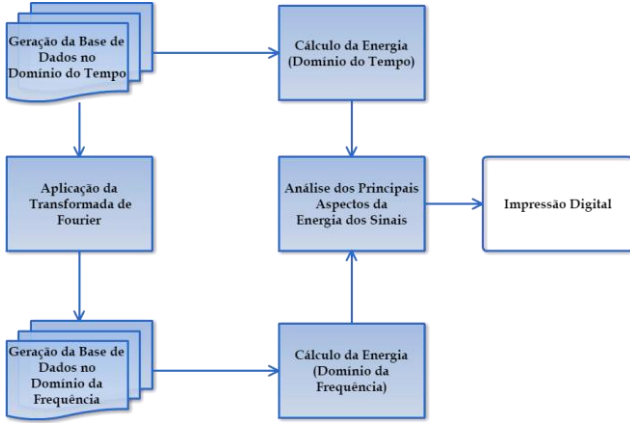


Fig. 1. Metodologia.

III. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Inicialmente, analisou-se o comportamento dos distúrbios propriamente ditos, em ambos os domínios. Em seguida, computou-se: i) a energia no domínio do tempo, computada amostra por amostra e em seguida, transformada para decibéis (dB); ii) a energia no domínio da frequência, via função *periodogram* disponível no *software* Matlab®, que fornece a densidade de energia espectral do sinal.

O sinal senoidal ideal foi considerado como sinal de referência. Avaliou-se qualitativamente o “quanto” o distúrbio se desviou do sinal ideal. Um resumo da etapa de análises é apresentado a seguir.

Sinal de Tensão Senoidal Ideal (Fig. 3)

- Domínio do tempo: O valor máximo da energia é de 0 dB para todo o sinal.
- Domínio da frequência: ocorrência de um único pico de energia, correspondente à frequência fundamental do sinal (valor ≈ 0 dB). Ao longo do espectro a energia vai sendo reduzida até alcançar o valor de ≈ -150 dB, sem oscilações.

Afundamento de Tensão (Fig. 4)

- Domínio do tempo: ocorrência de queda da energia de ≈ 1 dB durante o distúrbio, o qual é proporcional ao valor da queda de tensão (parâmetro $\alpha = 0,1$ pu). Nos instantes de

chaveamento (início e fim) do distúrbio, a energia alcança ≈ -5 dB e nos instantes pré e pós distúrbio, a energia se comporta exatamente como na senóide ideal.

- Domínio da frequência: ocorrência de um único pico de energia, correspondente à frequência fundamental do sinal (valor ≈ 0 dB). Ao longo do espectro a energia vai sendo reduzida até alcançar o valor de ≈ -85 dB, com oscilações.

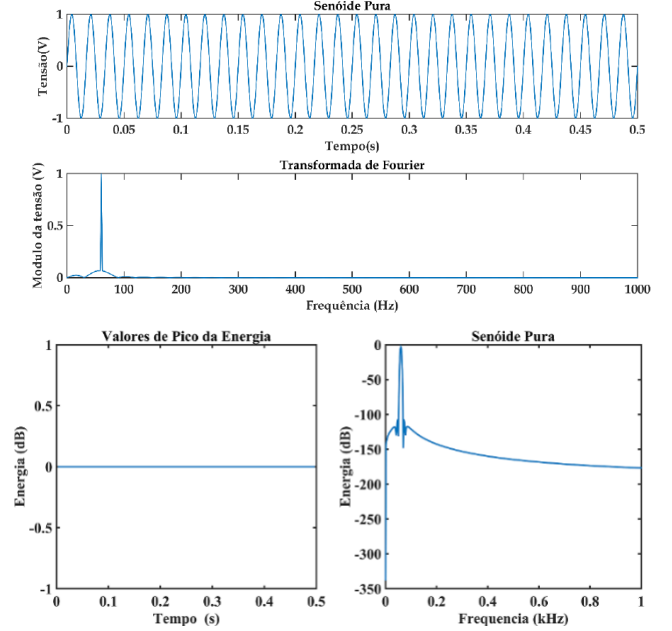


Fig. 3. Análise tempo versus frequência das energias (sinal ideal).

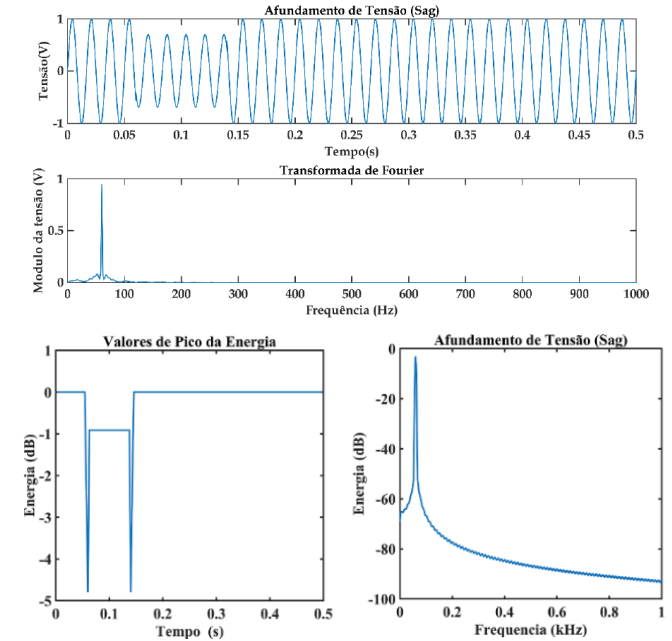


Fig. 4. Análise tempo versus frequência das energias (afund. de tensão).

Elevação de Tensão (Fig. 5)

- Domínio do tempo: ocorrência de aumento da energia de ≈ 3 dB durante o distúrbio, o qual é proporcional ao valor da queda de tensão em pu (parâmetro $\alpha=0,3$ pu). Nos instantes pré e pós distúrbio, a energia se comporta exatamente como na senóide ideal.
- Domínio da frequência: ocorrência de um único pico de energia, correspondente à frequência fundamental do sinal (valor ≈ 0 dB). Ao longo do espectro a energia vai sendo reduzida até alcançar o valor de ≈ -85 dB, com oscilações.

Interrupção de Tensão (Fig. 6)

- Domínio do tempo: ocorrência de queda brusca da energia alcançando ≈ -25 dB, o qual é proporcional à queda de tensão durante a interrupção (a tensão durante a interrupção é de $\approx 0,05$ pu, elevando ao quadrado e aplicando a transformação para decibéis, tem-se 25 dB). Nos instantes pré e pós distúrbio, a energia se comporta exatamente como na senóide ideal.
- Domínio da frequência: ocorrência de um único pico de energia, correspondente à frequência fundamental do sinal (valor ≈ 0 dB). Ao longo do espectro a energia vai sendo reduzida até alcançar o valor ≈ -75 dB, com oscilações.

Flutuação de Tensão (Fig. 7)

- Domínio do tempo: ocorrência de oscilações nos picos de energia entre $\approx 1,1$ dB e $-1,3$ dB.
- Domínio da frequência: ocorrência de um pico de energia na frequência fundamental e nos picos referentes aos harmônicos presentes no sinal (45 Hz e 75 Hz). Ao longo do espectro a energia vai sendo reduzida até alcançar o valor ≈ -150 dB.

Transitório Oscilatório (Fig. 8)

- Domínio do tempo: ocorrência de oscilações significativas em torno do período de ocorrência do distúrbio, alcançando picos de ≈ 9 dB.
- Domínio da frequência: ocorrência de um pico de energia na frequência fundamental e de oscilações significativas ao longo de todo o espectro de frequência. Observaram-se ainda, picos de energia alcançando ≈ -35 dB no 5º harmônico e valor mínimo de energia ≈ -85 dB.

Transitório Impulsivo (Fig. 9)

- Domínio do tempo: ocorrência de um pico de energia de ≈ 10 dB durante um curto período de tempo.
- Domínio da frequência: ocorrência de um pico de energia na frequência fundamental. Observou-se também que a energia está distribuída em faixas de frequência (100 Hz a 300 Hz, 400 Hz a 600 Hz, 700 Hz a 1 kHz) com valores entre ≈ -60 dB e -85 dB.

Harmônicos (Fig. 10)

- Domínio do tempo: ocorrência de oscilações nos picos entre ≈ -5 dB e 0 dB.
- Domínio da frequência: presença dos 3º, 5º e 7º harmônicos. O valor mínimo de energia nas demais frequências é de ≈ -150 dB.

Notching (Fig. 11)

- Domínio do tempo: ocorrência de instantes nos quais a energia cai bruscamente, alcançando ≈ -10 dB, porém nunca ultrapassando 0 dB.
- Domínio da frequência: ocorrência de oscilações entre ≈ -70 dB e -65 dB para todo o espectro, exceto a frequência fundamental.

Spike (Fig. 12)

- Domínio do tempo: ocorrência de instantes nos quais a energia cai bruscamente, alcançando ≈ -5 dB e os picos de energia com valores até ≈ 3 dB.
- Domínio da frequência: ocorrência de oscilações entre ≈ -75 dB e -60 dB para todo o espectro, exceto a frequência fundamental.

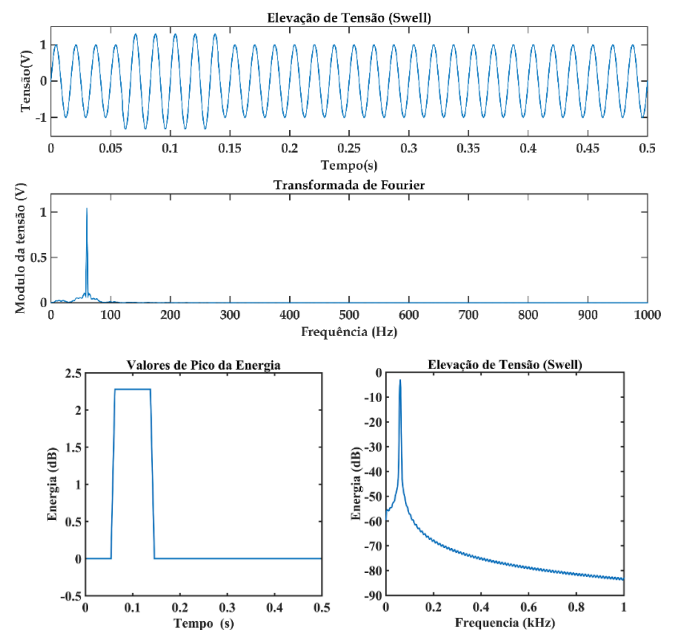


Fig. 5. Análise tempo versus frequência das energias (elevação de tensão).

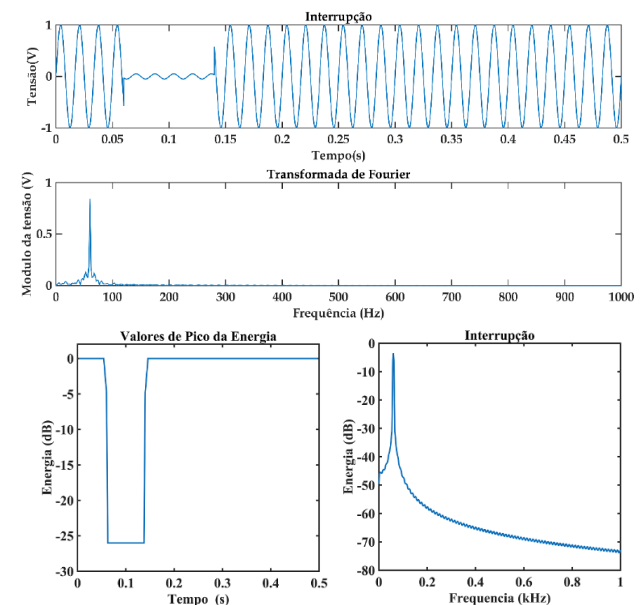


Fig. 6. Análise tempo versus frequência das energias (interrupção de tensão).

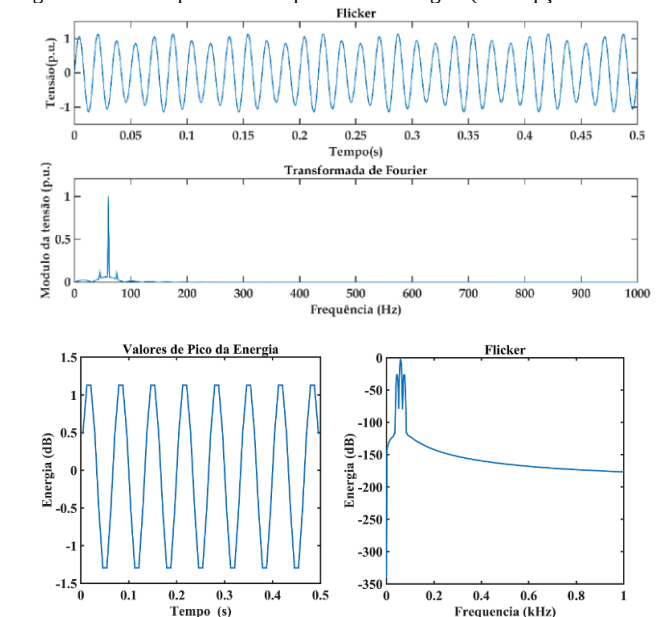


Fig. 7. Análise tempo versus frequência das energias (flutuação de tensão).

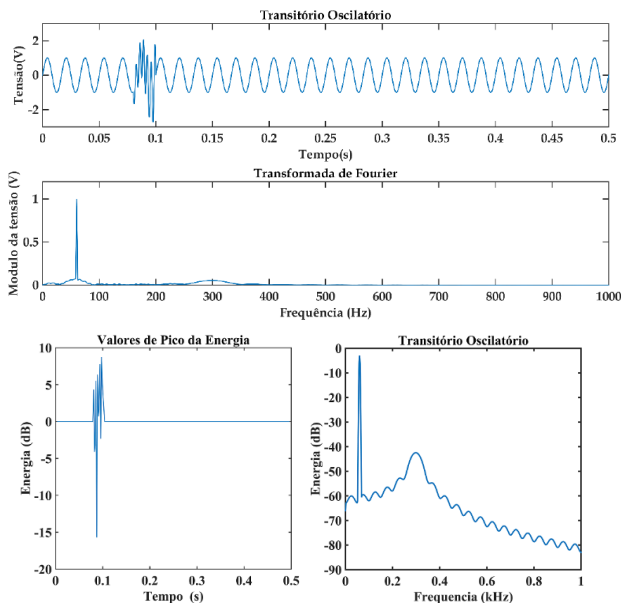


Fig. 8. Análise tempo versus frequência das energias (transit. oscilatório).

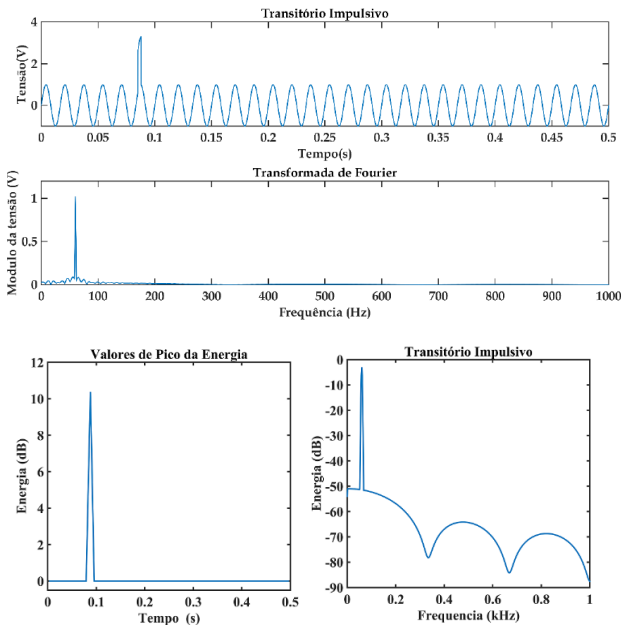


Fig. 9. Análise tempo versus frequência das energias (transit. impulsivo).

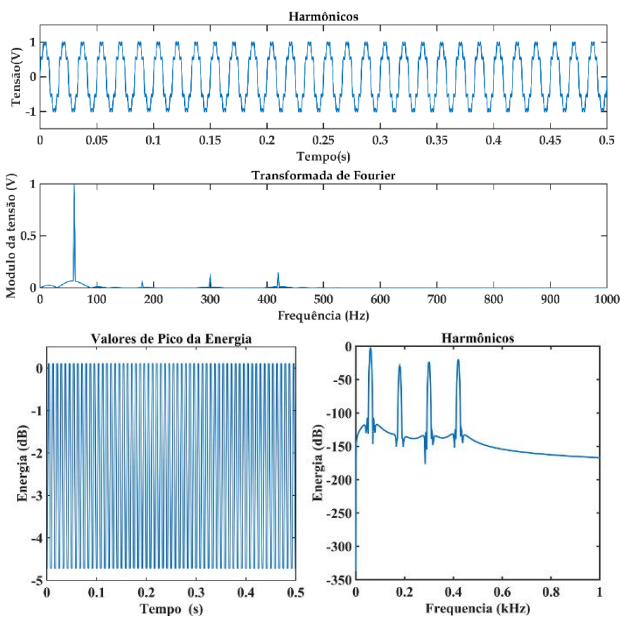


Fig. 10. Análise tempo versus frequência das energias (harmônicos).

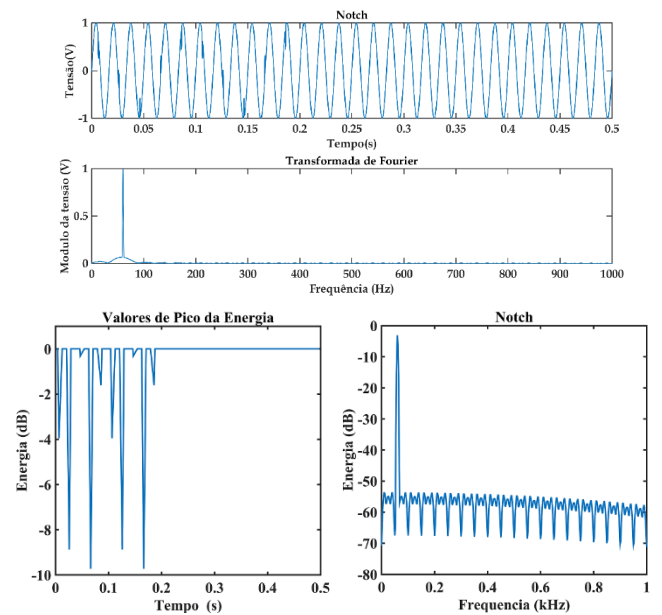


Fig. 11. Análise tempo versus frequência das energias (notching).

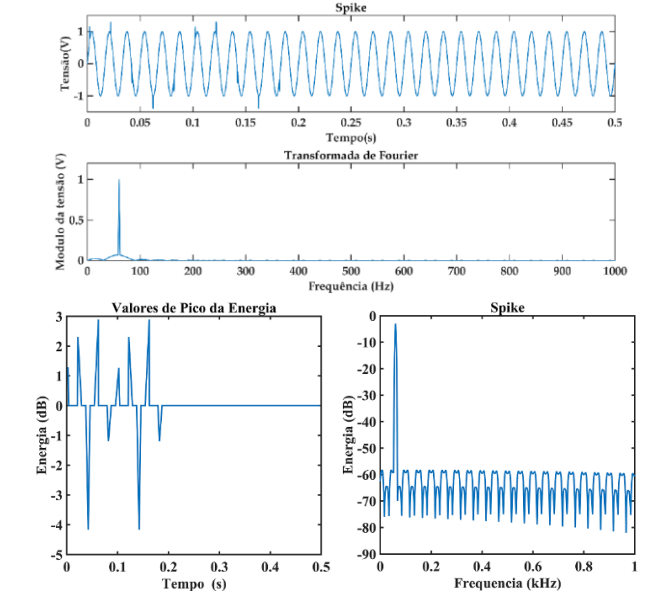


Fig. 12. Análise tempo versus frequência das energias (spike).

Concluída a etapa de análise, construiu-se a Tabela III, que representa uma síntese das principais características dos distúrbios analisados. É importante destacar que: i) os valores em dB apresentados são, em sua maioria, proporcionais às características dos distúrbios, como por exemplo, os valores em pu da queda de tensão; ii) todos os distúrbios apresentam um pico na frequência fundamental no domínio da frequência.

A meta é que essas informações possam servir de base para o desenvolvimento de métodos de diagnósticos de distúrbios, como por exemplo, na construção de um conjunto de regras em árvores de decisão, que são estruturas largamente usadas na implementação de soluções para problemas de classificação, e que fazem uso de um conjunto de atributos.

Para ilustrar pode-se considerar a utilização das regras para distinção de um afundamento de tensão de uma interrupção:

- Ambos apresentem queda de energia no domínio do tempo durante o distúrbio;
- No afundamento de tensão essa queda é proporcional à queda de tensão em pu, portanto esse valor situa-se no intervalo $[-1 \text{ dB}, -20 \text{ dB}]$;

- Na interrupção de tensão, os valores de energia durante o distúrbio situam-se no intervalo $[-20 \text{ dB}, -60 \text{ dB}]$.
- No afundamento de tensão, a energia tem picos negativos no instante de chaveamento do distúrbio, especialmente se a queda de tensão for menor que 0,5 pu.

Para tomar uma decisão final na classificação, o sistema especialista pode ainda utilizar as regras no domínio da frequência:

- O afundamento de tensão apresenta um valor mínimo de energia de $\approx -85 \text{ dB}$;
- A interrupção de tensão apresenta um valor mínimo de energia de $\approx -75 \text{ dB}$.

Em suma, os padrões apresentados na Tabela III podem dar suporte no desenvolvimento de métodos de diagnósticos de distúrbios da área de Qualidade da Energia Elétrica.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do domínio do tempo constituir o domínio tradicional de análise, quando os sinais são do tipo não-estacionários, como é o caso dos distúrbios da área de Qualidade da Energia Elétrica, as informações por ele fornecidas são insuficientes para caracterização completa dos

fenômenos. Como consequência, informações adicionais que visem dar suporte ao processo de tomada de decisão são essenciais.

Neste sentido, o uso das curvas de energia nos domínios do tempo e da frequência revelou padrões únicos de cada distúrbio, os quais podem ser utilizados na elaboração de um tipo de “impressão digital” que pode servir de base para o desenvolvimento de métodos de diagnósticos de distúrbios. O uso de uma informação desse tipo agilizará sem dúvida, a etapa de diagnóstico e, consequentemente, a melhoria da qualidade do serviço prestado pelas empresas de energia elétrica.

V. REFERÊNCIAS

- [1] ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no sistema elétrico nacional – PRODIST. Módulos 1 a 8. 2011.
- [2] IEEE Std. 1159-1995. “Recommended practice for monitoring electric power quality”. Revision of June 2009.
- [3] R. C Dugan.; M. F. Mcgranaghan. & H. W. Beaty. “Electrical power systems quality”. MCGRAWHILL, 1996.
- [4] T. K. Abdel-Galil; M. Kamel; A. M. Youssef; E. F. El-Saadany & M. M. A. Salama. “Power quality disturbance classification using inductive inference approach”. IEEE Transactions on Power Delivery, v. 19, n. 4, p. 1812-1818, 2004.
- [5] A. V. Oppenheim.; A. S. Willsky & S. W. Nawab. “Sinais e sistemas”. São Paulo: Pearson, 2010.

TABELA III. IMPRESSÃO DIGITAL

Distúrbio	Tempo	Frequência
Senóide pura	▪ Valores entre 0 e 30 dB ▪ Não há distorções nem picos acima de 0 dB	▪ Pico em 60 Hz (fundamental) ▪ Valor mínimo $\approx -150 \text{ dB}$ (demais frequências)
Afundamento de tensão	▪ Queda proporcional a queda de tensão ▪ Picos negativos de energia ($\approx -5 \text{ dB}$) se a queda de tensão for menor que 0,5 pu.	▪ Oscilações ao longo do espectro ▪ Valor mínimo $\approx -85 \text{ dB}$.
Elevação de tensão	▪ Aumento proporcional ao crescimento da tensão	▪ Oscilações ao longo de todo o espectro ▪ Valor mínimo $\approx -85 \text{ dB}$.
Interrupção	▪ Queda proporcional a tensão remanescente	▪ Oscilações ao longo de todo o espectro ▪ Valor mínimo $\approx -75 \text{ dB}$
Flutuação de tensão	▪ Oscilações visíveis na forma de onda ▪ Picos oscilando entre 1.1 e -1.3 dB	▪ Harmônicos de baixa frequência: 45 Hz e 75 Hz ▪ Valor mínimo $\approx -150 \text{ dB}$
Transitório oscilatório	▪ Oscilações significativas nos picos da energia, alcançando $\approx 9 \text{ dB}$	▪ Presença do 5º harmônico (300 Hz) com $\approx -35 \text{ dB}$. ▪ Oscilações notáveis e valor mínimo de -85 dB.
Transitório impulsivo	▪ Crescimento brusco de $\approx 10 \text{ dB}$ durante um curto período de tempo	▪ Energia distribuída em faixas de frequência ▪ Valores entre $\approx -60 \text{ dB}$ e -85 dB.
Harmônicos	▪ Distorções na forma de onda ▪ Oscilações nos picos entre $\approx -5 \text{ dB}$ e 0 dB.	▪ Picos de energia nos harmônicos presentes ▪ Neste caso: 3º (180 Hz), 5º (300 Hz) e 7º (420 Hz) harmônico.
Notching	▪ Quedas bruscas nos picos da energia de $\approx -10 \text{ dB}$ por curtos intervalos de tempo. ▪ Energia não ultrapassa 0 dB.	▪ Oscilações entre $\approx -70 \text{ dB}$ e -65 dB ao longo do espectro.
Spike	▪ Crescimento brusco nos picos da energia de $\approx 3 \text{ dB}$ e quedas de $\approx -5 \text{ dB}$ por pequenos intervalos de tempo.	▪ Oscilações ao longo do espectro entre $\approx -75 \text{ dB}$ e -60 dB.