

UM AMBIENTE PADRÃO DE COMUNICAÇÃO PARA A ANÁLISE DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA DISPONDO DAS TRANSFORMADAS WAVELET E FOURIER

Leandro R. S. Pires, Mário Oleskovicz, Odilon D. Filho,
Silvio A. Souza, Denis V. Coury e Adriano A. F. M. Carneiro

Resumo: Este trabalho traz o desenvolvimento de uma interface gráfica direcionada a algoritmos que tratam de distúrbios da qualidade da energia elétrica. Da interface ao usuário, procura-se evidenciar uma interação mais amigável. Desta forma, criou-se um ambiente padronizado das informações que são direcionadas à aplicação da Transformada *Wavelet* e à Transformada de *Fourier*.

Palavras-Chave: Interface Gráfica, Qualidade da Energia Elétrica, Transformada *Wavelet*, Transformada de *Fourier* Janelada.

I. INTRODUÇÃO

A análise e o entendimento de fenômenos associados às condições anormais de determinados Sistemas Elétricos de Potência (SEPs) têm sempre auxiliado na mitigação e retificação dos mesmos. De fato temos que estes fenômenos, transitórios e ou permanentes, podem estar relacionados à Qualidade da Energia Elétrica (QEE) e devem ser detectados, localizados e classificados em um determinado período de tempo.

Ferramentas como a Transformada Rápida de *Fourier* (TRF), Redes Neurais Artificiais (RNAs) e Transformada *Wavelet* (TW) têm sido usadas para análise de distúrbios em Sistemas Elétricos de Potência (SEP) relacionados à QEE (Aggarwal e Kim, 2000; Huang et al., 1998).

A utilização da Transformada *Wavelet* (TW) para a detecção, localização e classificação de problemas relacionados à QEE fornece informações em ambos os domínios, tempo e frequência, através da Análise Multiresolução (AMR). Assim, é possível localizar distúrbios no tempo e dizer qual o seu nível de frequência. Estas informações serão também de fundamental importância para a classificação das anormalidades, uma vez que é possível identificar características únicas dos diferentes distúrbios através de dados provenientes dos diferentes níveis de resolução fornecidos na AMR.

Da implementação de uma lógica computacional dispondo da Transformada *Wavelet* à sua aplicação em SEPs de uma forma generalizada, e até certo ponto automatizada, têm-se um padrão comum de comunicação a ser estabelecido entre o algoritmo e o seu usuário pretendente e ou final. Para um melhor relacionamento com o usuário, procurou-se então elaborar uma interface gráfica, a qual ainda está em desenvolvimento. Nesta, faz-se importante ressaltar que, além das variáveis de entrada, têm-se também uma formatação comum no tratamento das variáveis

intermediárias às análises como: aos níveis reais de tensão do sistema (138 kV, 13,8 kV ou 220 V); às grandezas do sistema elétrico envolvido (tensões e ou correntes trifásicas); à frequência de amostragem dos sinais e às demais considerações pertinentes. Além destas, as variáveis de saída, as quais relatam as condições da qualidade da energia apontada pelo algoritmo implementado, também são trabalhadas. Desta forma, o processamento da informação apresenta como saída um relatório da situação enfrentada, acusando a detecção da anomalia (quando for o caso), o tempo inicial e final (e como consequência, a duração), a amplitude e a classificação do fenômeno evidenciado.

Além da aplicação pela TW, o passo seguinte e objetivo da continuidade deste trabalho, é disponibilizar esta mesma análise através da aplicação da TFJ (Transformada de *Fourier* Janelada). Esta apresenta uma representação no domínio da frequência de uma função do tempo, mantendo exatamente as mesmas informações da função no tempo (Michelin, C., 1998). Cabe comentar ainda que a análise de distúrbios referentes à QEE, que normalmente é descrita no tempo (resolução de equação diferencial) ou no domínio da frequência (através da Transformada de *Fourier*), pode agora ser analisada simultaneamente em ambos os domínios do tempo e da frequência, dispondo-se da TFJ. A aplicação da mesma neste trabalho é referenciada como uma versão janelada no tempo da transformada discreta de *Fourier*. A largura da janela pode ser ajustada e deslocada para explorar uma grande quantidade de dados referentes à QEE.

Diante destes apontamentos, pesquisa contempla o aperfeiçoamento e melhor desenvolvimento dos algoritmos computacionais envolvidos, com a junção destes a mesma plataforma computacional (interface), disponibilizando ao usuário final, a possibilidade de escolha, ou, comparação, entre as duas ferramentas apontadas (TW e TFJ).

II. TRANSFORMADA WAVELET

A TW é uma ferramenta matemática para análise de sinais similar à Transformada de *Fourier* (TF). A TW decompõe o sinal em diferentes escalas, com diferentes níveis de resolução, a partir de uma única função. A partir dos diferentes níveis de decomposição, podem-se evidenciar faixas de frequência do sinal em análise. Diferentemente da TF que fornece uma representação global do sinal, a TW apresenta representações locais no domínio do tempo e da frequência de um dado sinal.

A Transformada *Wavelet* Discreta (TWD) de uma determinada função f pode ser caracterizada pela Equação (1):

$$(TWD)(a,b) = \sum f(t) \overline{\psi_{a,b}(t)} dt \quad (1)$$

Nesta equação, os parâmetros a e b , variam discretamente em \mathfrak{R} , sendo as funções $\psi_{a,b}$ denominadas *Wavelets*. Analisando esta equação, pode-se perceber que a TW depende de dois parâmetros, a e b , que correspondem, respectivamente, às informações de escala e de translação. Tal equação decompõe f em uma superposição de *Wavelets* ($\psi_{a,b}$), sendo os coeficientes resultantes obtidos pela TW da função f .

A. Análise Multiresolução – AMR

A técnica de AMR permite a decomposição de um dado sinal em diferentes níveis de resolução, fornecendo importantes informações tanto no domínio do tempo como da frequência. Por esta técnica, o sinal analisado é primeiramente decomposto em dois outros sinais, uma versão detalhada (Detalhe 1) e outra atenuada (Aproximação 1), através de filtros passa alta e passa baixa que são representados matematicamente por funções *Wavelets* e funções escala, respectivamente. Este fato é evidenciado na Figura 1, onde esta representa o processo de filtragem que é acompanhado também de um operador *downsampling*, o qual reduz a quantidade de informações a ser processada.

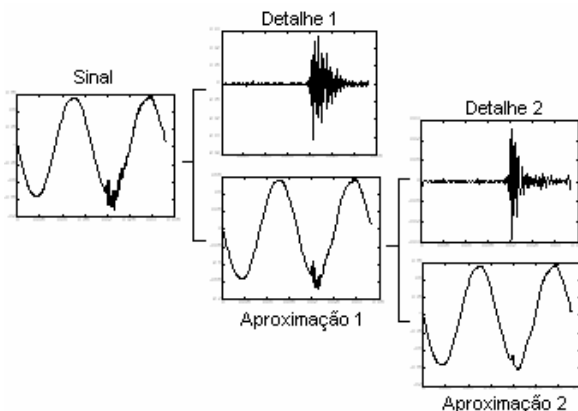


Figura 1 – Análise Multiresolução em dois níveis de decomposição.

B. A Lógica Implementada

O algoritmo proposto utiliza a Transformada *Wavelet* para o monitoramento do sistema elétrico no que diz respeito à qualidade da energia elétrica, através da Análise Multiresolução (AMR), empregando como *wavelet* mãe a Daubechies de ordem 4 (db4) (Delmont Filho, O., 2003).

Como anteriormente comentado, a técnica AMR divide o sinal distorcido em diferentes níveis de resolução. Desta maneira o sinal a ser analisado pode ser decomposto em outros sinais, em diferentes níveis de frequência, fornecendo informações diretas no domínio do tempo e da frequência. Estes sinais decompostos permitem então indicar e localizar no tempo a existência do distúrbio manifestado,

relacionando-o ao seu nível de frequência característico, quando comparado à frequência fundamental do sistema.

A sub-rotina de detecção foi implementada considerando uma janela de dados com um tamanho de um ciclo e meio do sinal sob análise (192 amostras para uma frequência de amostragem de 7.680 Hz), com passos de deslocamento de meio ciclo (64 amostras). O sinal de entrada em análise é então comparado com um sinal de referência, o qual representa o sistema em regime permanente. Quando verificado, com relação ao primeiro detalhe de decomposição, a superação de um limiar previamente estabelecido, o algoritmo acusa a presença de uma anormalidade sobre o sistema. Com base no conhecimento da janela a que se refere o início do distúrbio e da frequência de amostragem do sinal, pode-se então localizar e caracterizar o fenômeno no tempo.

O módulo classificador do algoritmo foi implementado decompondo o sinal de entrada, tomando-se 8 ciclos do sinal com distúrbio. Através do sexto nível de detalhe do sinal decomposto pela técnica AMR, é realizado o cálculo da diferença de energia do sinal de entrada com a energia do sinal em regime permanente, podendo-se então diferenciar entre afundamento, elevação e ou interrupção da tensão, classificados de acordo com os limiares característicos para cada distúrbio. Cabe comentar que estes três últimos distúrbios são caracterizados ao nível de 60 Hz (frequência fundamental), evidenciados pelo sexto nível de decomposição. Já os fenômenos relacionados às oscilações transitórias e ruídos incorporados aos sinais são apontados pelo segundo nível de decomposição.

A Tabela I evidencia os resultados observados quando da aplicação da TW para um conjunto de 88 distintas situações caracterizadas sobre um sistema de distribuição (138/13,8 kV) de uma concessionária regional. Destes, 32 casos evidenciam afundamentos de tensão, 26 de elevações, 8 de interrupções, 10 de ruídos e 12 de oscilações transitórias. Na mesma tabela, disponibilizam-se os tempos de início (T_{Inic} – estimativa precisa) e fim (T_{Fim}) do distúrbio observado, bem como o índice de acerto no que diz respeito à classificação do ocorrido.

Tabela 1. Resultados Obtidos TW – Índices de acertos (%)

Fenômeno	Nº casos	T_Inic	T_Fim	Classif.
Afundamento	32	97,3	96,6	88,2
Elevação	26	97,1	93,8	100
Interrupção	8	97,7	96,5	75
Ruído	10	-	-	100
Osc. Trans.	12	96,0	78,9	100

Como o objetivo deste relato é o de apresentar a interação entre o usuário e os algoritmos implementados, não entraremos em maiores detalhes sobre a lógica e resultados encontrados.

III. TRANSFORMADA DE FOURIER

Para se obter informações mais precisas no estudo de fenômenos ligados à QEE, a obtenção de informações em ambos os domínios, tempo e frequência, são fundamentais na caracterização de tais situações. Essas informações podem ser obtidas por meio da Transformada de *Fourier* Janelada (TFJ) (Hensley, G. et al., 1999). Neste sentido, a TFJ é empregada para se obter as informações desejadas à detecção, localização e classificação dos distúrbios relacionados à QEE. As principais considerações e observações decorrentes desta aplicação serão explanadas no que segue.

A. A Transformada de Fourier Janelada

A TFJ discreta decompõe um sinal variante no tempo em componentes no domínio do tempo e da frequência e, portanto, permite caracterizar de forma mais eficiente a evolução no tempo de cada componente do sinal (Gu et al., 2000).

Dado um sinal $x(m)$, a TFJ discreta é definida como:

$$X_t(e^{j\omega}) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} w(t-m)x(m)e^{-j\omega m} \quad (2)$$

Onde:

$\omega = 2\pi k/N$ é a frequência em radianos;

N é o número de bandas de frequências;

$w(m)$ é a janela simétrica selecionada de tamanho L e

$L \leq N$ se a reconstrução do sinal é requerida.

Na equação (1), $w(t-m)$ é a seqüência de janelas as quais determinam a porção de entrada do sinal em análise para um período em particular, t . A TFJ claramente é uma função de duas variáveis: do índice tempo (t), o qual é discreto, e da variável frequência (ω), a qual é contínua.

Ao considerar $X_t(e^{j\omega})$ como a transformada de *Fourier* de uma seqüência $w(t-m)x(m)$, $-\infty < m < \infty$, para t fixo, temos que a TFJ será função do índice tempo (t), o qual toma todos os valores inteiros de modo a “deslizar” a janela $w(t-m)$ ao longo da seqüência $x(m)$. Este processo é descrito na Figura 2, onde o sinal e a janela são representados, por conveniência, como funções contínuas, mesmo sendo estes definidos para valores inteiros de m e $t-m$.

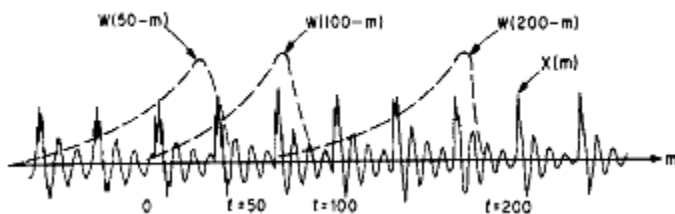


Figura 2- Esboço de $x(m)$ e $w(t-m)$ para vários valores de t .

A seguir, através das Figuras 3, 4 e 5, o espectro das janelas utilizadas apresenta duas características principais. A primeira diz respeito ao lóbulo principal, onde quanto mais largo este for, mais largos serão os picos das senóides, o que vem a diminuir a capacidade de discriminar frequências

próximas. A segunda característica ressalta que quanto maior a amplitude do lóbulo secundário, menor será a capacidade de detectar senóides mais fracas (Yehia e Vieira, 2002). Os picos e o declínio dos níveis dos lóbulos secundários indicam a habilidade da janela em encontrar pequenos transitórios na presença de um sinal extenso, enquanto a largura de banda indica a perda na resolução em frequência. A seguir serão comentadas as definições dos três tipos de janelas empregadas neste trabalho.

B. Janelas Utilizadas na Análise

Neste trabalho as janelas utilizadas e aplicadas ao algoritmo computacional foram as de *Hanning*, *Retangular* e a de *Kaiser* (Souza, S. A., 2004).

A janela *Retangular* é unitária sobre o intervalo em observação, e pode ser considerada como um conjunto de seqüência finita aplicado ao sinal em análise. Tal janela é definida como abaixo e a Figura 3 ilustra sua respectiva resposta em frequência.

$$w(n) = \begin{cases} 1, & n = 0, 1, \dots, M-1 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

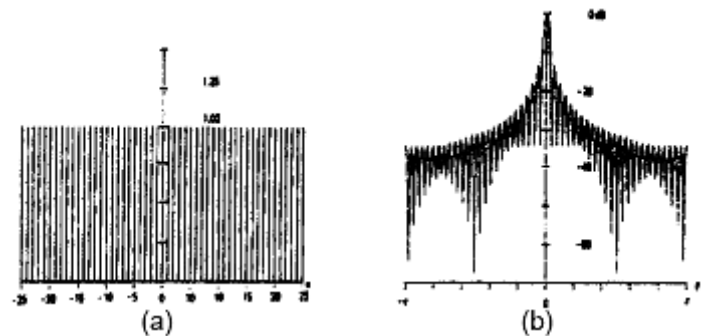


Figura 3 - (a) Janela Retangular (b) Resposta em frequência, magnitude (dB).

A janela de *Kaiser* é definida por:

$$w(n) = \begin{cases} \frac{I_0[\beta(1 - [(n-\alpha)/\alpha]^2)^{1/2}]}{I_0(\beta)}, \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$0 \leq n \leq M$$

Onde $\alpha = M/2$, e $I_0(\cdot)$ representam a função *Bessel* de ordem zero modificada de primeiro tipo. A Figura 4 ilustra tal janela.

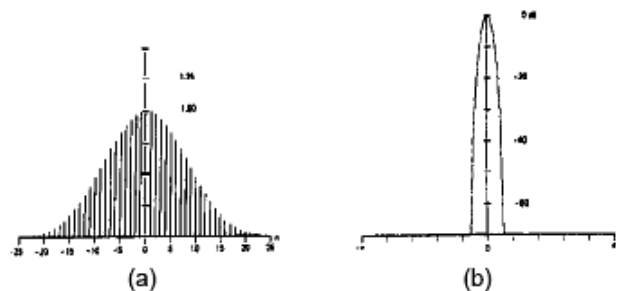


Figura 4- (a) Janela de Kaiser (b) Resposta em frequência com $\beta = 3.0$, magnitude (dB)

A janela de *Hanning* é definida como segue:

$$w(n) = \begin{cases} 0.5 - 0.5 * \cos\left(\frac{2\pi n}{(M-1)}\right), & 0 \leq n \leq M-1 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A Figura 5 mostra a janela de *Hanning* e sua respectiva resposta em frequência.

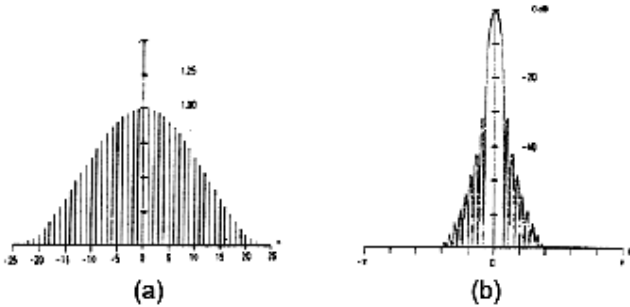


Figura 5 - (a) Janela de *Hanning* (b) Resposta em frequência, magnitude (dB).

C. A Lógica Implementada

Para a detecção do distúrbio foi considerado o janelamento dos sinais em distúrbio e em regime, utilizando-se janelas de um ciclo, com passos de deslocamento de meio ciclo, conforme ilustra a Figura 6. Nestas janelas, houve a comparação entre as amplitudes de cada amostra, referente a cada janela de ambos os sinais sob análise, de maneira a acusar o início de qualquer distúrbio quando da diferença entre essas amostras superior a um determinado limiar. Assim, pela lógica implementada, o evento é detectado e localizado no tempo e, automaticamente, a função de classificar o ocorrido é ativada.

A classificação é realizada por meio da TFJ com a utilização das três janelas citadas anteriormente. O sinal analisado corresponde a janelas de 2 ciclos de duração com passos de movimentação de 1 ciclo. Os mesmos foram avaliados por meio da função *specgram*, utilizando-se do *software* MatLab®.

Após a detecção e localização do início do distúrbio e, conseqüentemente da classificação do mesmo, tem-se a informação da janela a qual contém o início do distúrbio, como por exemplo, a janela 1 ilustrada na Figura 7. Sobre a janela de detecção formada por um ciclo do sinal em análise e, com um deslocamento de mesma proporção, a lógica implementada foi direcionada a determinar a duração do distúrbio sobre o sistema. A partir da janela 1, é feita uma comparação entre a amplitude desta com uma janela subsequente, neste exemplo, com a janela 2, para indicar se há ou não uma diferença significativa entre ambas. Quando da diferença maior que um determinado limiar o fim do distúrbio é acusado, como pode ser constatado na análise entre as janelas 4 e 3, Figura 7.

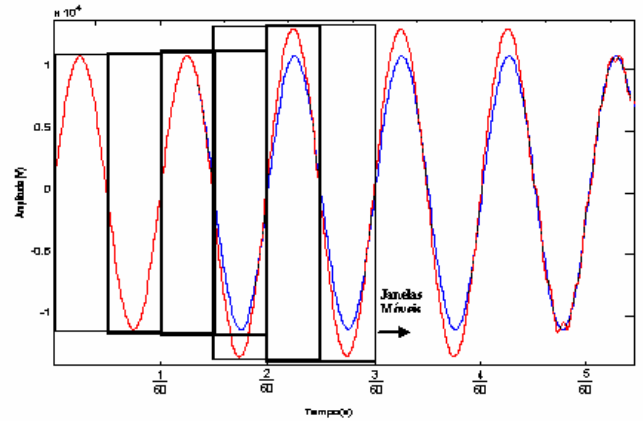


Figura 6 - Janelamento dos sinais de análise e em regime.

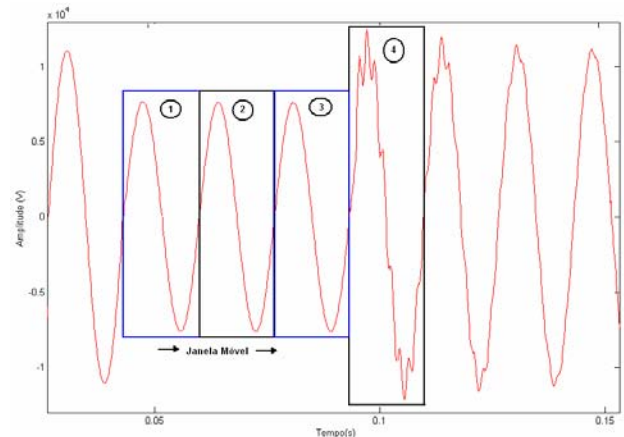


Figura 7 - Ilustração do processo de detecção do fim do distúrbio.

Todos os casos de elevações, afundamentos e interrupções de tensão, foram corretamente classificados através da aplicação da TFJ considerando-se a amplitude estimada. A Tabela 2 reporta a média dos erros observados na estimação da amplitude dos fenômenos envolvidos, quando realizada empregando-se os três tipos de janelas mencionados.

Cabe ressaltar que todos os casos de transitórios oscilatórios e ruídos foram corretamente classificados, seguindo a metodologia explicitada nos comentários anteriores.

Tabela 2. Erros médios obtidos através da comparação das janelas versus distúrbios

	Média dos Erros (%)		
	Elevação	Afundamento	Interrupção
Janela Retangular	1,2366	0,9701	0,2294
Janela de <i>Hanning</i>	1,1585	1,0199	0,3175
Janela de Kaiser	1,2353	0,9522	0,2300

Pode ser observado na referida tabela que, considerando-se o erro global, os desempenhos dos diferentes tipos de janelas na análise são similares. No entanto, deve-se acrescentar que

a janela retangular é preferível do ponto de vista do esforço computacional.

Novamente, como o objetivo deste relato é o de apresentar a interação entre o usuário e os algoritmos implementados, generalizando as possíveis ferramentas, não entraremos em maiores detalhes sobre a lógica e os resultados encontrados.

IV. INTERFACE GRÁFICA

A necessidade de uma automatização e flexibilização das ferramentas empregadas e direcionadas à análise da QEE é cada vez mais proeminente. Para tanto, faz-se necessário o desenvolvimento de um *software*, ou melhor, de um ambiente específico caracterizado como uma interface gráfica dos programas relacionados à QEE para um melhor manuseio destes por parte do usuário, criando uma interação mais amigável entre os mesmos. Este ambiente “amigável” deverá ser proporcionado por uma interface computacional, voltada a uniformizar aplicações e implementações já realizadas no que diz respeito à QEE.

De fato temos que, o algoritmo aplicado e em desenvolvimento (interface) está sendo desenvolvido dispondo do *software* MatLab®. Procurou-se então aprimorar o uso deste *software*, direcionando seus estudos a se alcançar uma padronização ou formatação dos algoritmos desenvolvidos no contexto relacionado à QEE.

Da interação entre *software* e usuário permite-se a escolha dos níveis reais de tensão do sistema a ser analisado, com opções quanto às grandezas do sistema elétrico envolvidas, à frequência de amostragem dos sinais sob análise e demais considerações pertinentes à implementação.

Sendo assim, esta interface cria um ambiente padronizado das informações que são direcionadas à aplicação da TW e da TFJ. A mesma também favorece a uma formatação comum no tratamento das variáveis intermediárias às análises, bem como às variáveis de saída, as quais deverão relatar as condições da qualidade da energia observadas pelo algoritmo aplicado. As variáveis de saída poderão ser apresentadas no formato de arquivo texto, gráfico e ou impresso, dependendo da necessidade e escolha do usuário final. O modelo geral e em desenvolvimento implementado para a janela de comunicação com o usuário é apresentado na Figura 8.

Para a ilustração da interface em desenvolvimento, primeiramente, deve-se escolher qual ferramenta será empregada para a análise dos fenômenos relacionados à QEE. Pelos trabalhos encaminhados, apontam-se as opções entre a TW e TFJ, as quais se apresentam dentre as escolhas, conforme evidenciado na Figura 8. A partir de então o usuário tem a possibilidade de escolha ou comparação entre as duas ferramentas disponibilizadas, direcionadas a um ambiente amigável e de fácil visualização.

Nesta, evidenciam-se também as informações a serem especificadas pelo usuário como o *arquivo a ser analisado*, já que, a princípio, estaremos trabalhando com informações provenientes das oscilografias disponibilizadas; o *nível de tensão das variáveis envolvidas* (220V, 13,8kV e ou 138kV);

a *variável a ser observada* (tensões - VA, VB, VC ou correntes - IA, IB e IC) e a frequência de amostragem do sinal caracterizado, com quatro opções enumeradas como ‘1200’, ‘3640’, ‘7680’ e ‘15360’ (Hz) que caracterizam respectivamente 20, 64, 128 e 256 amostras por ciclo do sinal em análise.

Após o tratamento intermediário das informações, como saída, poderemos visualizar a forma de onda original sob análise ou com seus valores normalizados, a localização no tempo da ocorrência registrada (tempos precisos do instante inicial e final, com a conseqüente duração do fenômeno sobre o sistema), a amplitude caracterizada, bem como a classificação do distúrbio, diferenciando-o entre afundamento, elevação, interrupção momentânea, oscilação transitória e ruído. A partir das opções dispostas em ‘Saída dos Resultados’, as variáveis desejadas podem ser disponibilizadas no formato de arquivo texto, gráfico e ou impresso, dependendo da necessidade e escolha do usuário final. Busca-se assim, além do relatório formal gerado, uma visualização didática de todo o processo de análise da informação disponibilizada.

Outra importante e relevante característica da interface, diz respeito à escolha do idioma com o qual será efetuada a análise e apresentação dos resultados decorrentes. Sempre com o intuito de aproximarmos o usuário a uma devida e amigável interação com nossa interface, faz-se a opção da escolha do idioma *Português*, tal como mostrado na Figura 8.

Para efeitos ilustrativos, a Figura 8 traz uma situação de afundamento da tensão caracterizada e avaliada sobre um sistema elétrico, nível de 13,8 kV, denotando-se as informações necessárias quando da escolha entre a TFJ e TW, com os conseqüentes resultados observados.

V. CONCLUSÕES

Cabe ressaltar que da utilização da Transformada *Wavelet* e da Transformada de *Fourier* Janelada, o grupo de pesquisa ora apresentado dispõe de inúmeras participações em congressos e seminários nacionais onde os mesmos relatam todos os resultados observados no contexto da qualidade da energia elétrica.

Lembramos ainda que, a continuidade deste trabalho tem por objetivo o aperfeiçoamento e melhor desenvolvimento do algoritmo computacional referente à SOUZA (2004), com especial atenção a junção deste a mesma plataforma computacional (interface), de maneira que o algoritmo venha a aceitar e a reconhecer os comandos e solicitações efetuadas via interface, assim disponibilizando ao usuário final, a possibilidade de escolha ou comparação entre as duas ferramentas a ser disponibilizada, a TW e a TFJ.

Assim para esta apresentação, fora foco somente a definição de um ambiente padrão de comunicação entre as lógicas implementadas e validadas, com o intuito de se aproximar do usuário final, o qual se desenvolve por um ambiente flexível e adequado as expectativas geradas

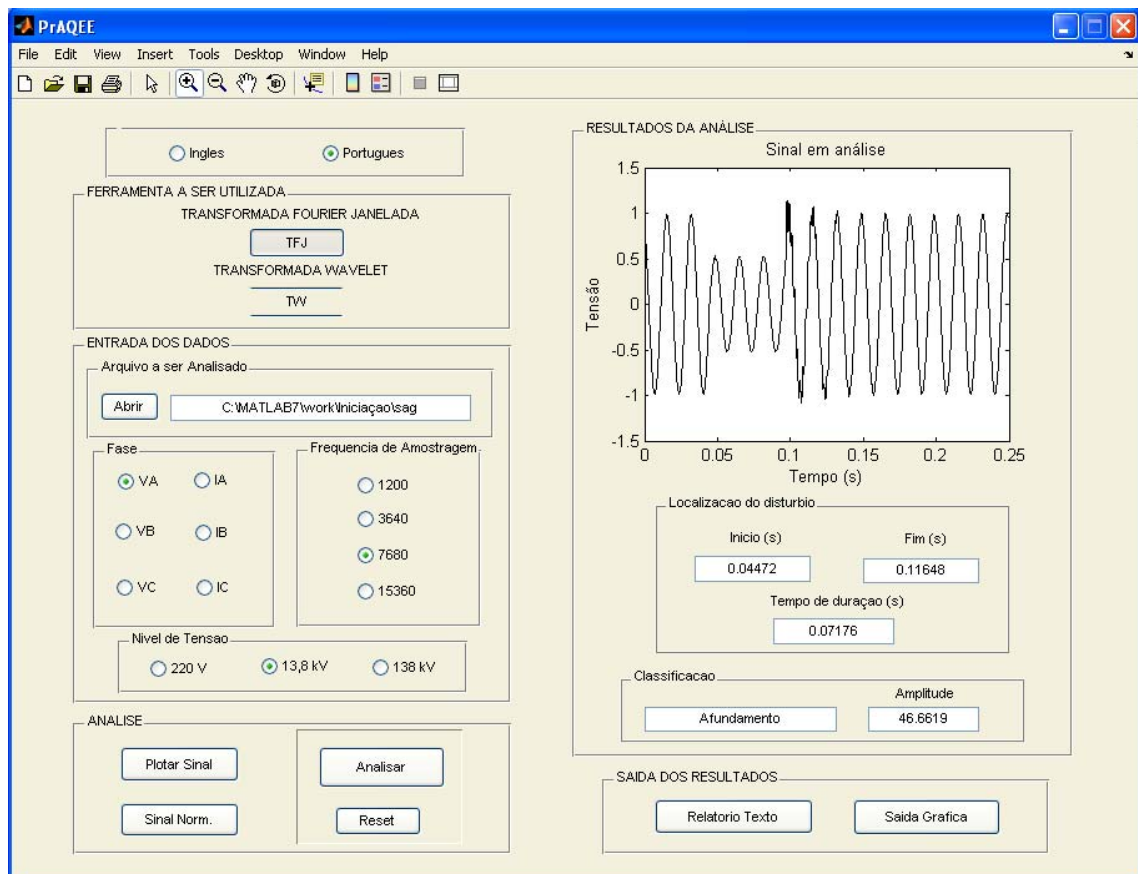


Figura 8 - Modelo da interface empregada com a caracterização das informações e respostas decorrentes.

VII – AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Laboratório de Sistemas de Energia Elétrica (LSEE) da Escola de Engenharia Elétrica de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP), pela infra-estrutura proporcionada no desenvolvimento deste trabalho, bem como ao apoio financeiro recebido por parte da FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo).

VIII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGGARWAL, R. and KIM, C. H. (2000). Wavelet transforms in power systems. *Power Engineering Journal*, April, 81-87.
- DELMONT FILHO, O. (2003). Utilização da transformada *wavelet* para caracterização de distúrbios na qualidade da energia elétrica. São Carlos. 92 p. Dissertação (Mestrado) – EESC, Universidade de São Paulo.
- GU, Y. H. and BOLLEN, M. H. J. (2000). Time-frequency and time-scale domain analysis of voltage disturbances. *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 15, no. 4, Oct.
- Hensley, G. et al. (1999). Applications of the windowed FFT to electric power quality assessment. *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 14, no. 4, Oct.
- HUANG, S. J.; HSIEH, C. T. and HUANG, C. L. (1998) Application of wavelet to classify power system disturbances, *Electric Power Systems Research*, no. 47, pp. 87-93.
- MICHELIN, C. (1998). Transformada de *Fourier* e transformada de *Fourier* rápida. Ribeirão Preto. 125 p. *Dissertação (Mestrado)* - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.
- SOUZA, S. A. (2004). Utilização da transformada de *Fourier* janelada para caracterização de distúrbios na qualidade da energia elétrica. São Carlos. 124 p. *Dissertação (Mestrado)* – EESC, Universidade de São Paulo.
- YEHIA H. C. e VIEIRA M. N. (2002). Processamento de sinais em engenharia de áudio. *Anais do Primeiro Seminário Brasileiro de Engenharia de Áudio*. Belo Horizonte.
- MatLab®, Wavelet Toolbox, 1996-1997, The MathWorks, Inc.