

SATURAÇÃO DE TRANSFORMADORES DE CORRENTE E SUAS IMPLICAÇÕES EM ESQUEMAS DIFERENCIAIS DE PROTEÇÃO – PARTE II. DETECÇÃO E DECISÃO DE ATUAÇÃO USANDO A TRANSFORMADA WAVELET E REDES NEURAS ARTIFICIAIS

AUTORES:

**Rodrigo Alves Benes Ferreira
SIEMENS / UNISANTA**

**Francisco Antônio Reis Filho
Farfilho Consultoria Comércio e Representações LTDA/ UNISANTA**

SIEMENS



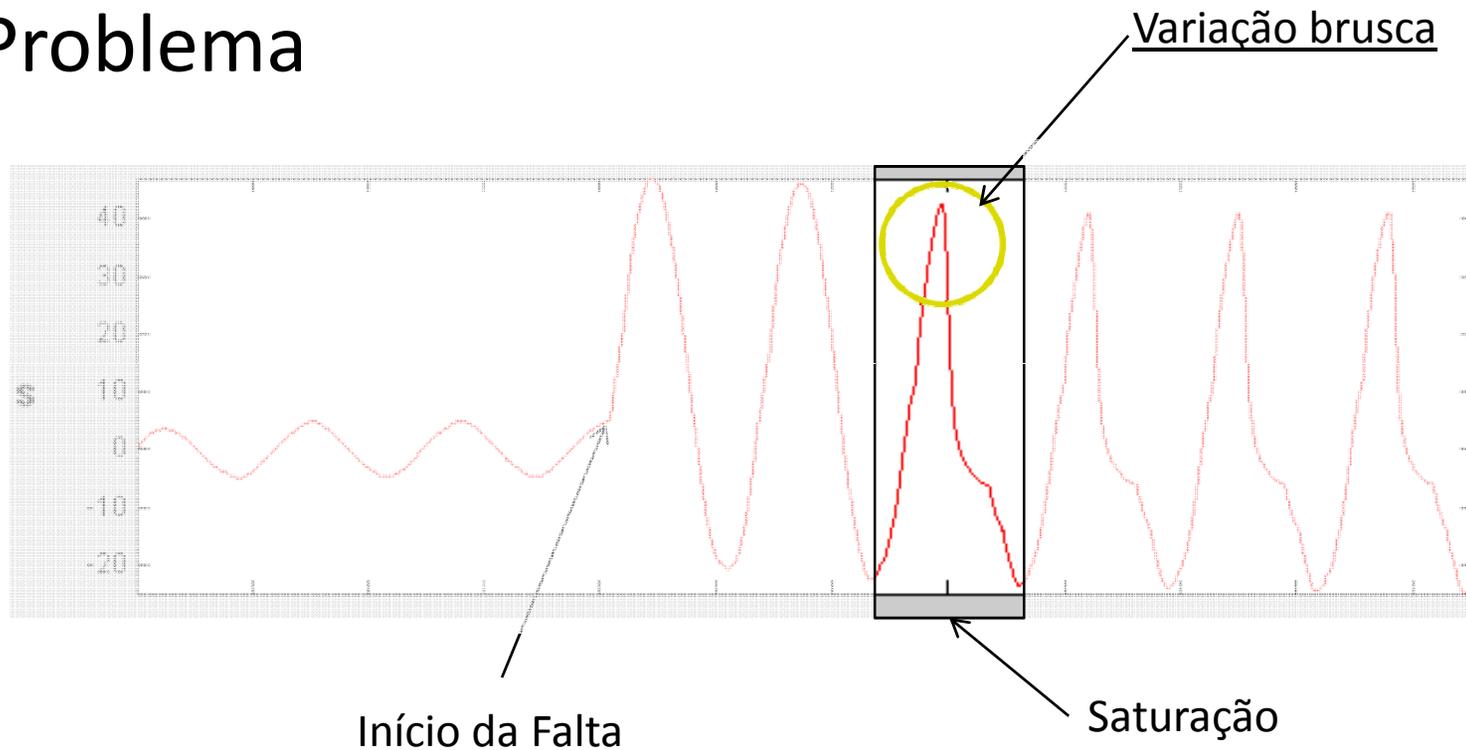
Farfilho
Comércio e Representações Ltda.

Objetivos

- Identificação da saturação
- Localização da falta em relação ao objeto protegido (Falta interna ou externa)
- Decisão de Atuação

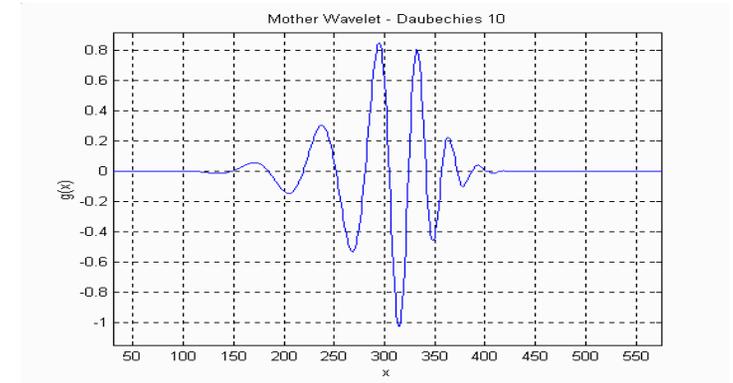
Janela de 1/4 de ciclo

Problema

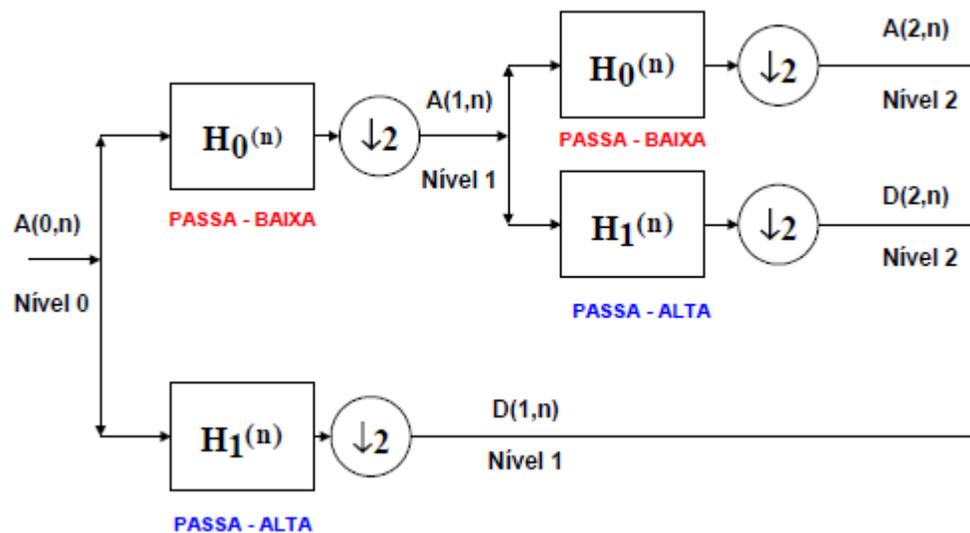


Transformada Wavelet Discreta

$$W_g f(m,n) = \frac{1}{\sqrt{a_0^m}} \cdot \sum_{k=-\infty}^{+\infty} f(k) \cdot g\left(\frac{k - n \cdot a_0^m \cdot b_0}{a_0^m}\right)$$



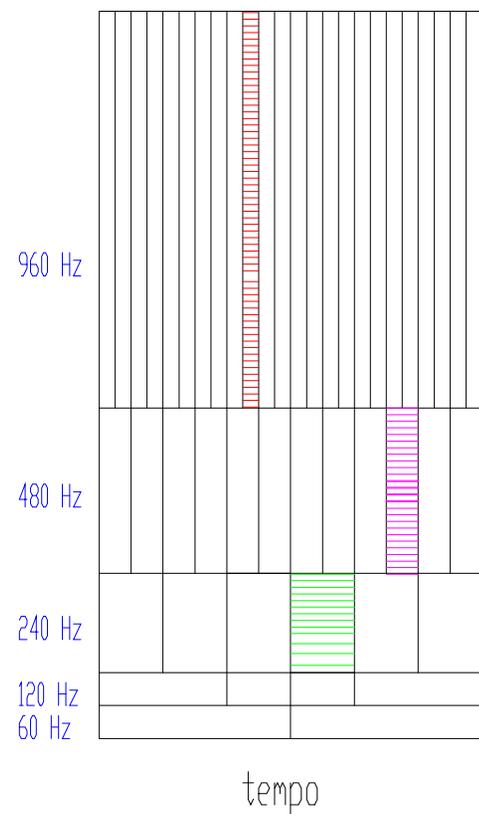
Algoritmo Piramidal MRA



Transformada Wavelet Discreta

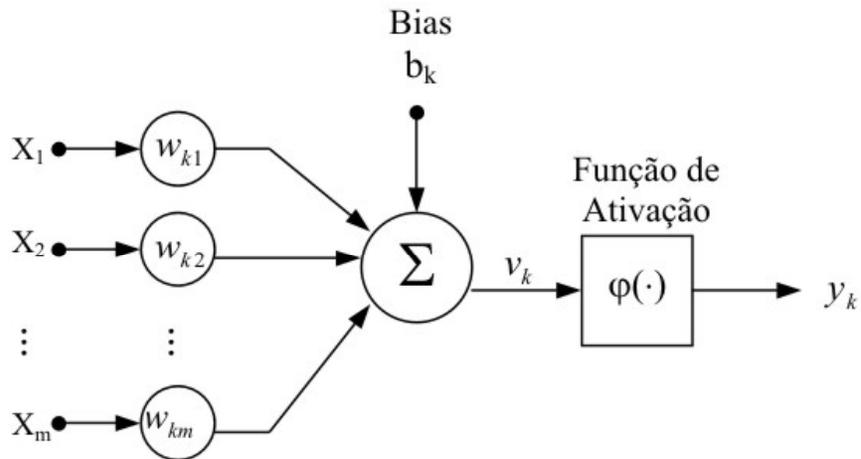
$F_a = 15360\text{Hz}$ (256 amostras/ciclo)

Nível Wavelet	Faixa de Frequência (Hz)	
	Min	Max
1	3840	7680
2	1920	3840
3	960	1920
4	480	960
5	240	480
6	120	240
7	60	120
8	30	60
9	15	30



Redes Neurais Artificiais (RNA)

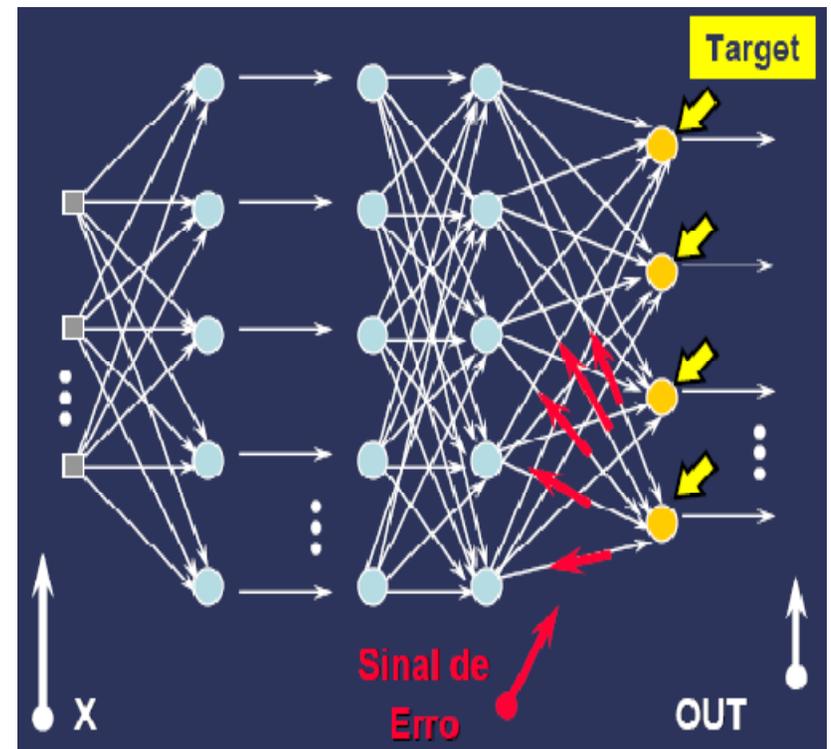
Neurônio de McCulloch & Pitts



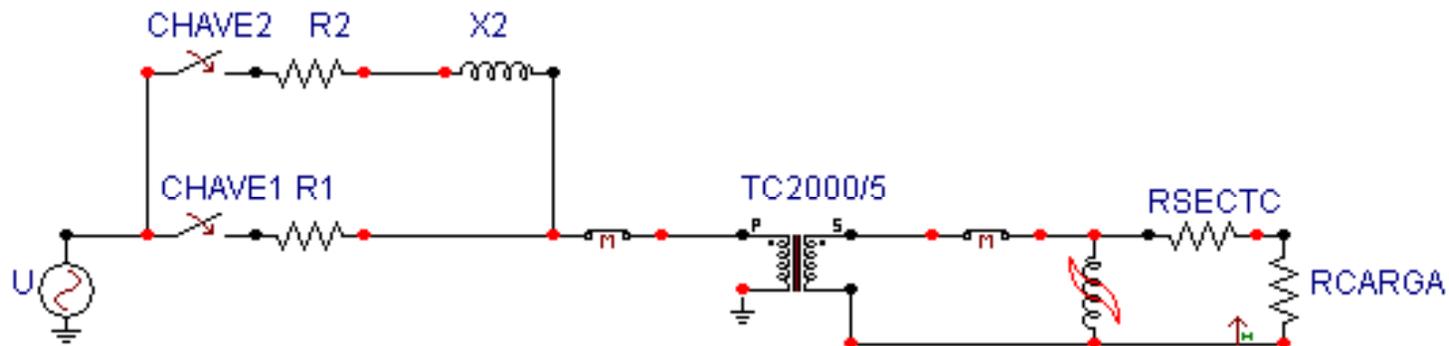
$$v_k = \sum_{j=1}^m w_{kj} x_j + b_k$$

$$y_k = \varphi(v_k)$$

O MLP e o Backpropagation



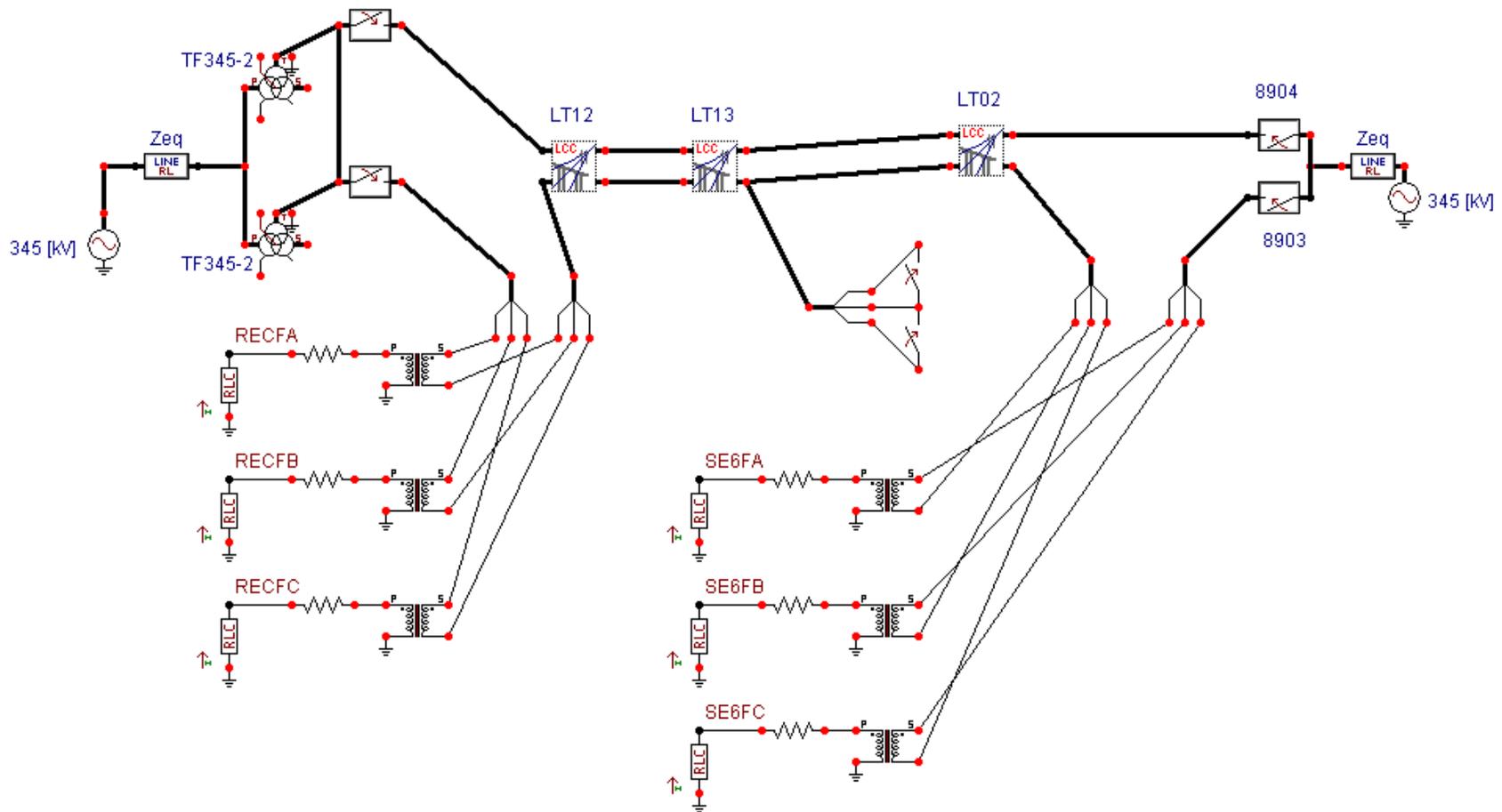
Circuito de Treinamento



R1 – Variação das Correntes de Regime.

X2/R2 – Variação das correntes de falta incluindo a componente DC.

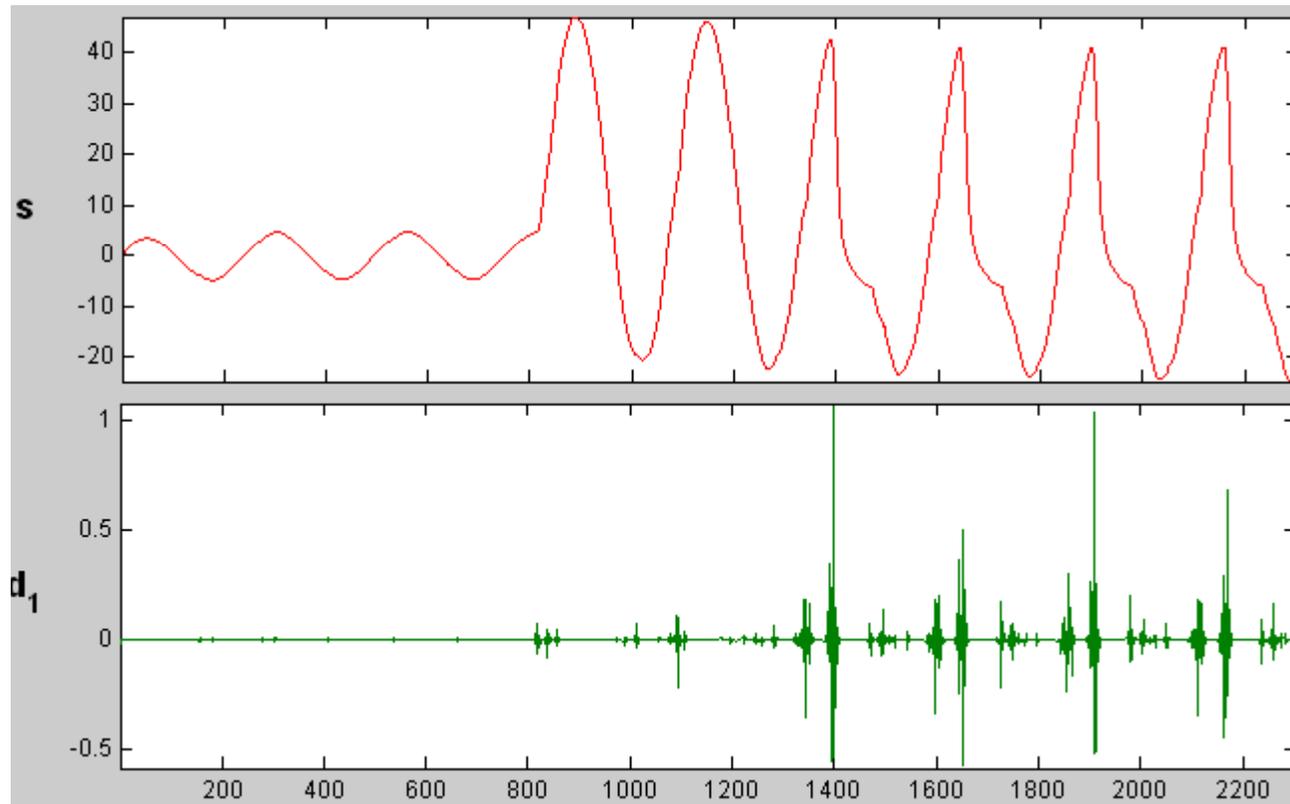
Circuito de Teste : Linha de transmissão de 88 KV/1,54 km da Siderúrgica USIMINAS(Cubatão)



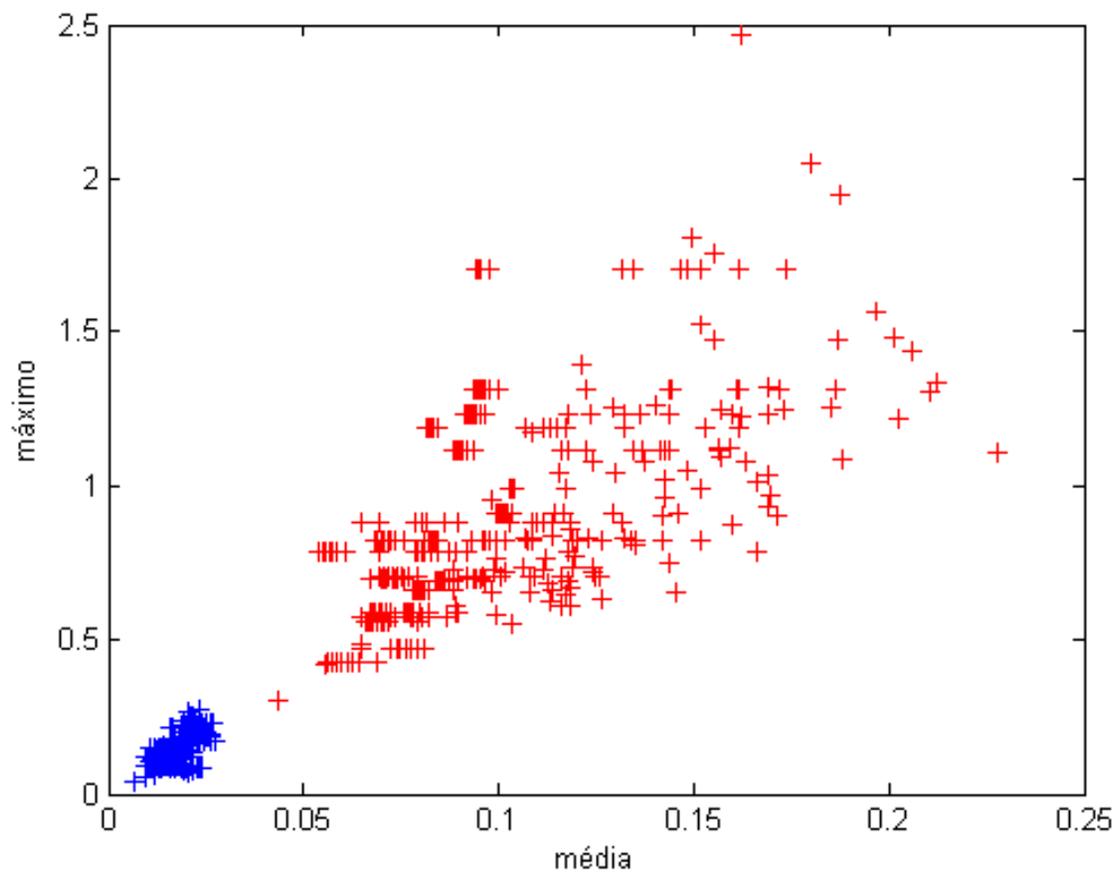
Geração dos Dados

- Amostragem
 - 256 amostras/ciclo = 15360Hz
- Janela
 - $\frac{1}{4}$ de ciclo = 64 amostras
- Tratamento do Sinal (Transformada Wavelet Discreta)
 - Função Mãe Daubechie 10
 - Escalamento: Nível 1
 - Resultado: 41 coeficientes de detalhe

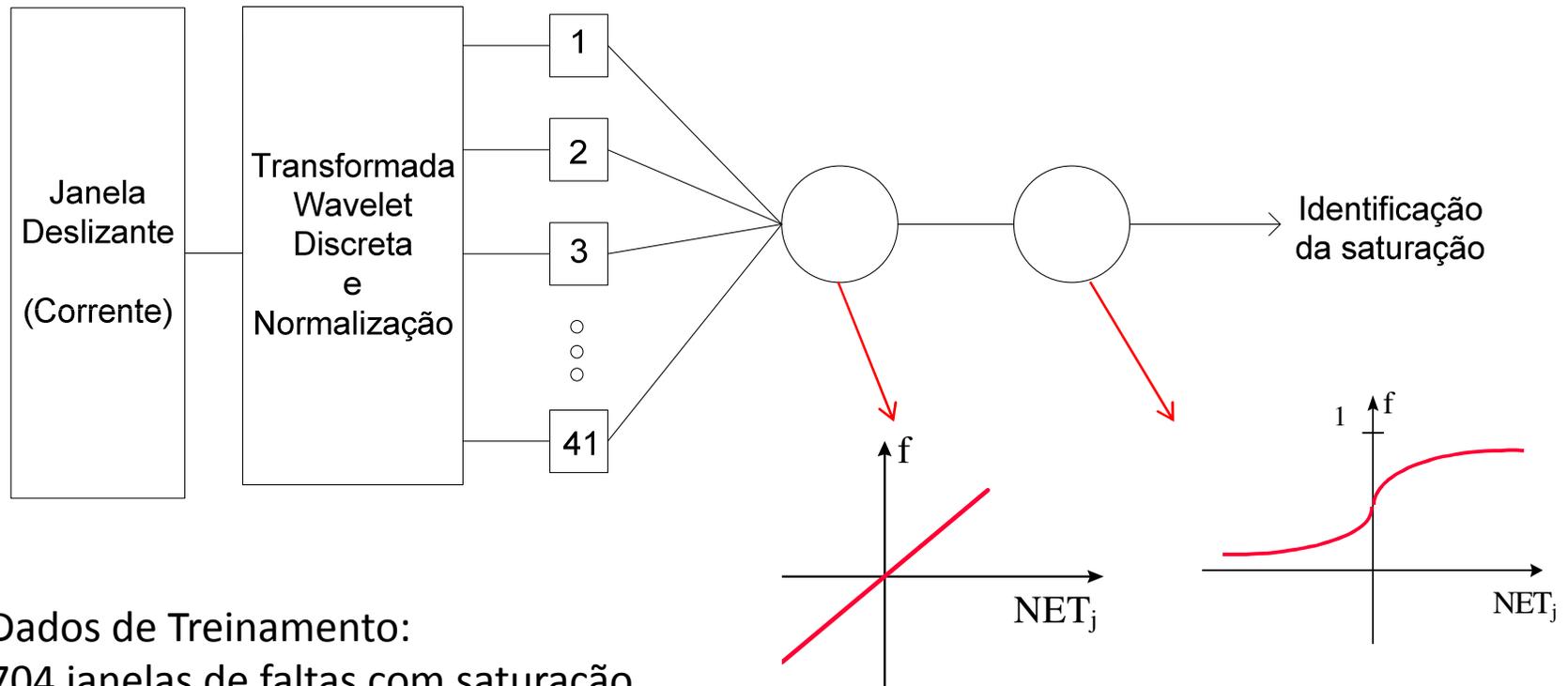
Transformada Wavelet Discreta



Separação no plano: Máximo x Média



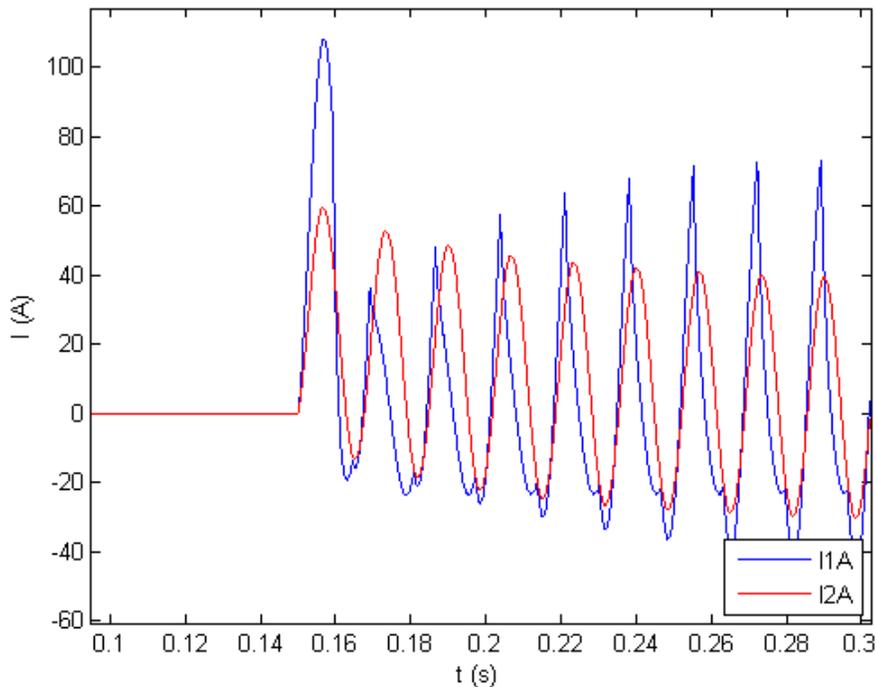
Modelagem e Treinamento da Rede Neural



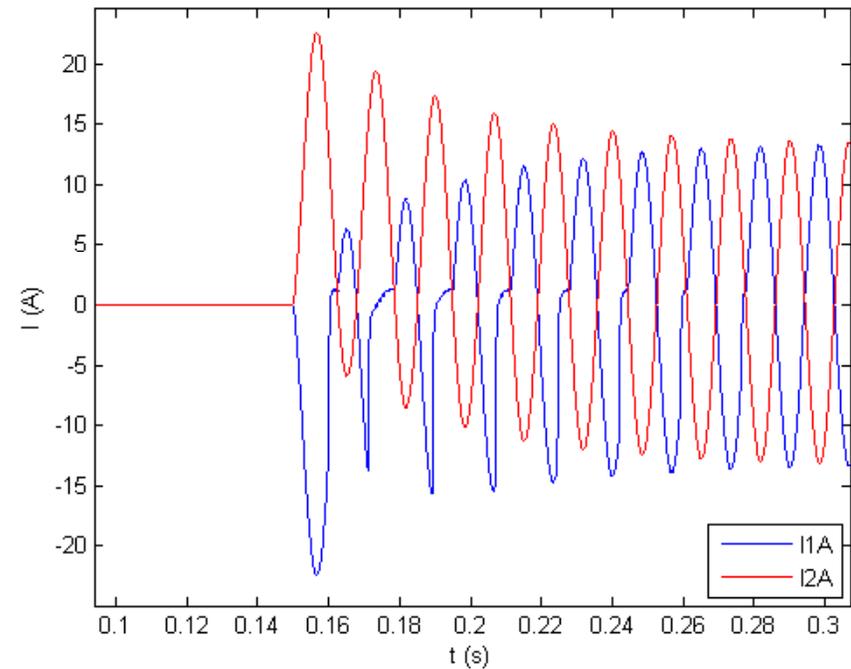
Dados de Treinamento:
704 janelas de faltas com saturação
704 janelas de faltas normais.

Localização da Falta

- Comparação amostra a amostra de cada janela de um quarto de ciclo;
- Se em mais de 70% da janela (45 amostras) os sinais tiverem a mesma polaridade, a falta é identificada como interna

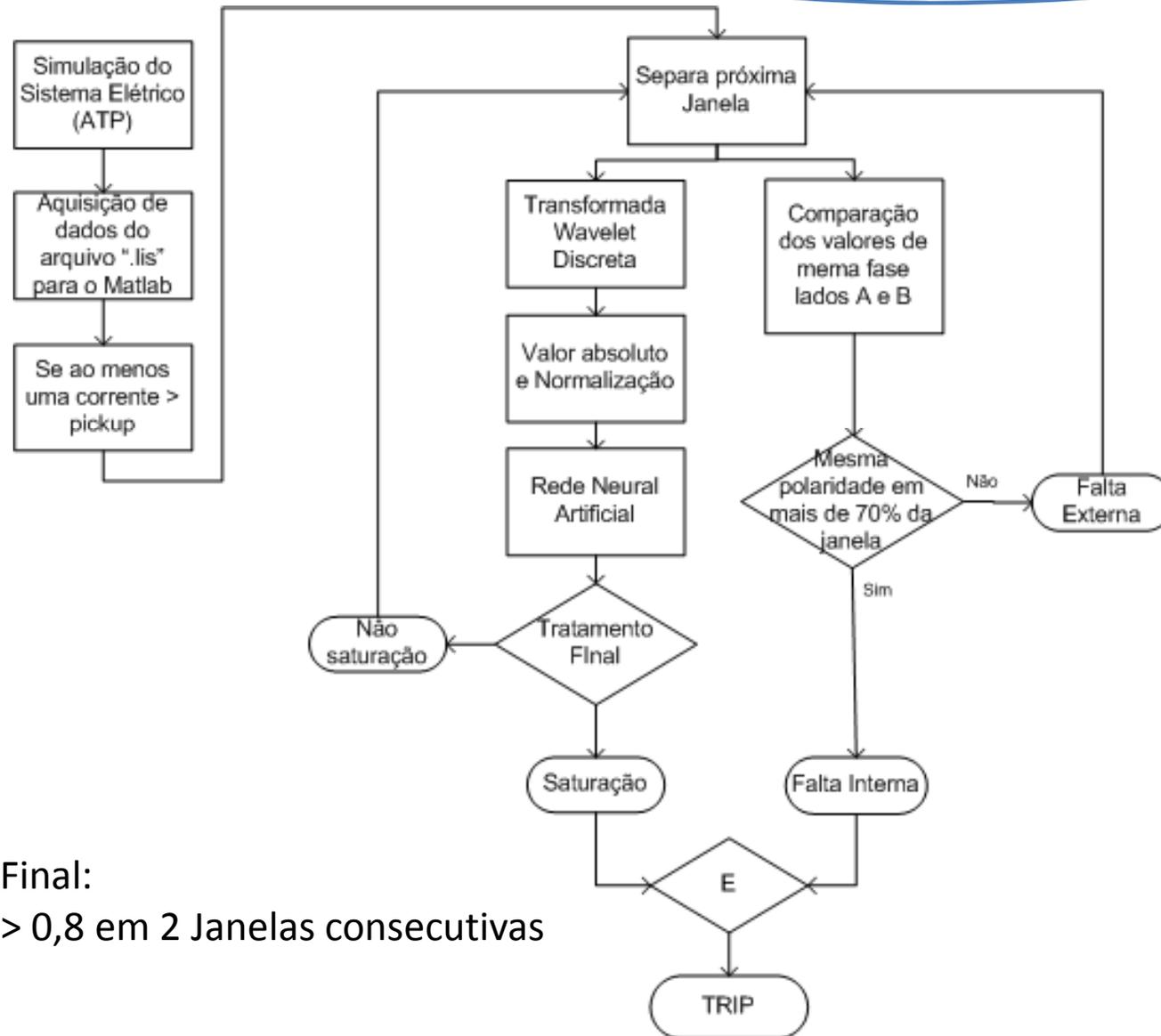


Falta Interna
(Correntes em Fase)



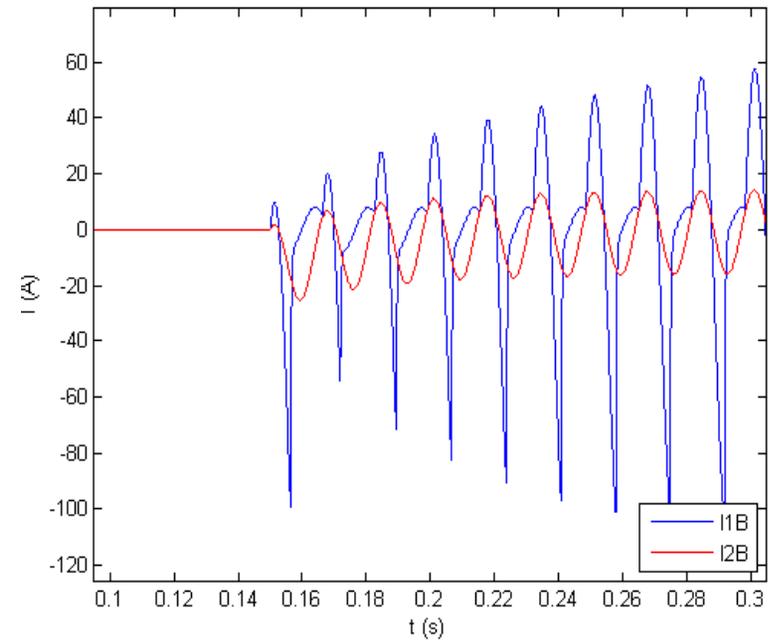
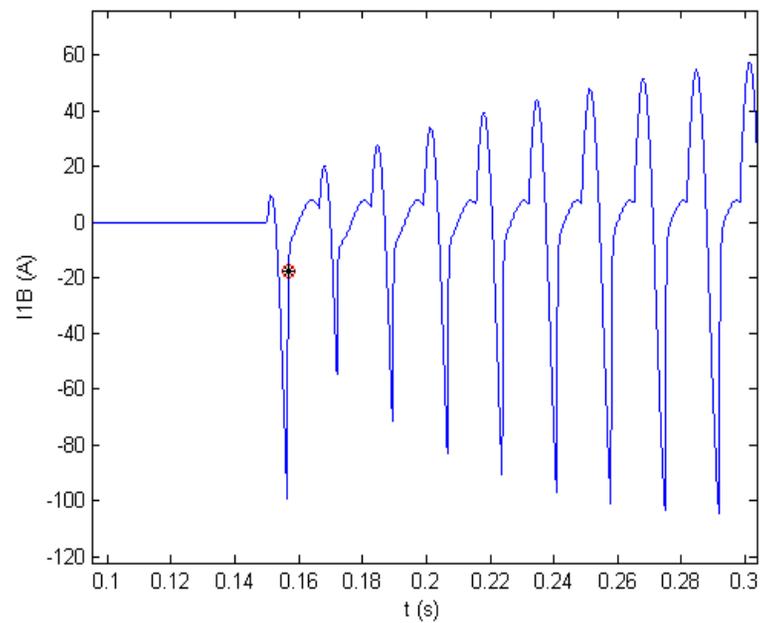
Falta Externa
(Correntes defasadas 180°)

Resumo do Algoritmo e Decisão de Atuação

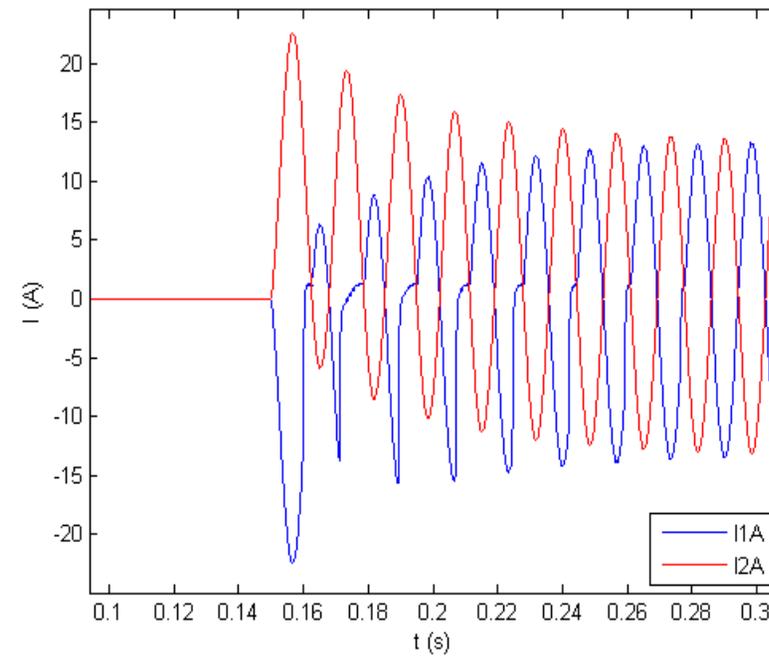
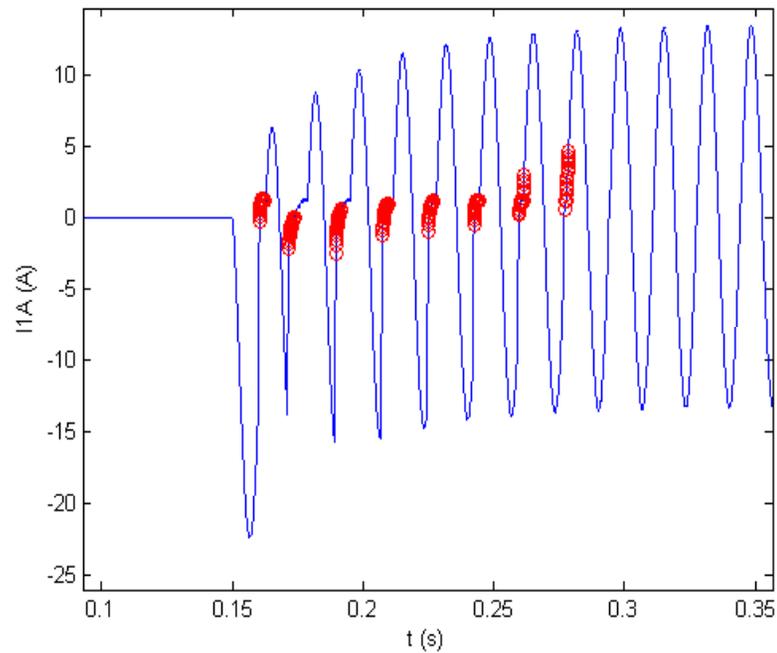


Tratamento Final:

- Saída RNA > 0,8 em 2 Janelas consecutivas



Falta Interna Monofásica



Falta Externa Trifásica

Foi apresentado:

- Metodologia para Identificação da Saturação dos Transformadores de Corrente.
 - Transformada Wavelet Discreta mostrou-se efetiva na discriminação da situação normal de falta com e sem saturação do TC;
 - Possibilita ajuste mais sensível da proteção diferencial.
- Critério de localização da Falta
 - Mostrou-se efetivo para os casos apresentados;
- Tomada de decisão e atuação

Janela de 1/4 de ciclo

Trabalhos futuros:

- Geração de um número maior de testes
- Variação de alguns parâmetros do sistema tais como:
 - Ângulo de incidência da falta;
 - Resistência de falta;
 - Nível DC da corrente de defeito;
 - Fluxo residual dos TCs;
 - Impedâncias de fonte do sistema.

OBRIGADO!

Contatos

Rodrigo Alves Benes Ferreira

SIEMENS / UNISANTA

Email: rodrigobenes@yahoo.com.br

Francisco Antônio Reis Filho

Farfilho Consultoria Comércio e Representações LTDA/ UNISANTA

Email: farfilho@farfilho.com.br