

PROTEÇÃO DE LINHAS COM COMPENSAÇÃO SÉRIE NOVOS DESAFIOS

AUTORES:

Francisco A. Reis Filho

Farfilho Consultoria Comércio e
Representações LTDA

Eduardo Cesar Senger

Universidade de São Paulo

Rodrigo A. Benes Ferreira

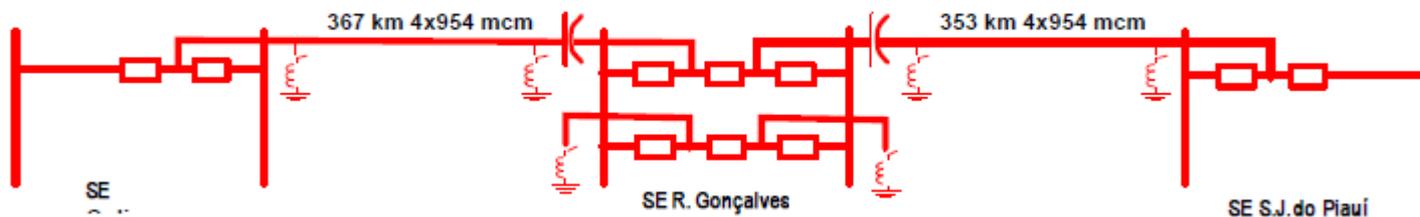
Siemens

Giovanni Manassero Junior

Universidade de São Paulo

Objetivos

- Identificação da presença do capacitor série
- Bloqueio da proteção 21 (zona 1)
- Determinação da direção da falta
- Decisão de atuação até $\frac{3}{4}$ de ciclo



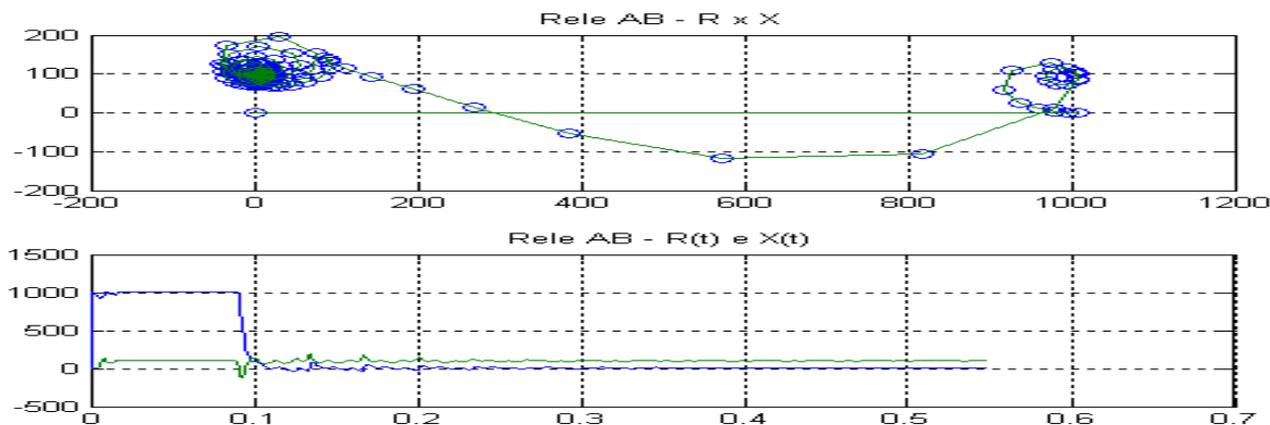
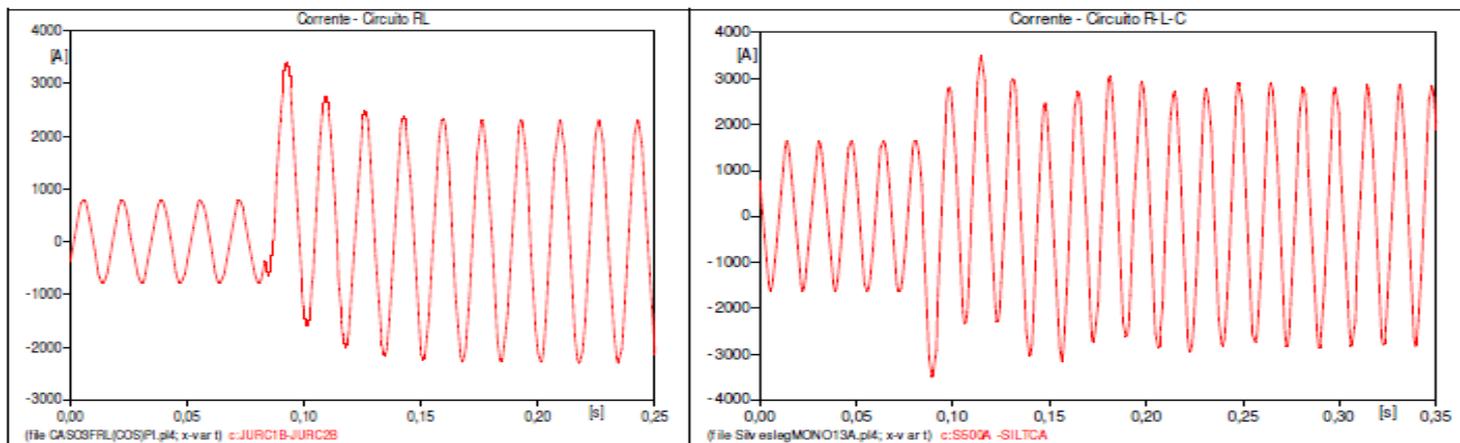
OBS. Todos os reatores são bancos de 3x60 Mvar
Compensação capacitiva série de 48% na LT COL-RGO e 49% na LTRGO-SJP

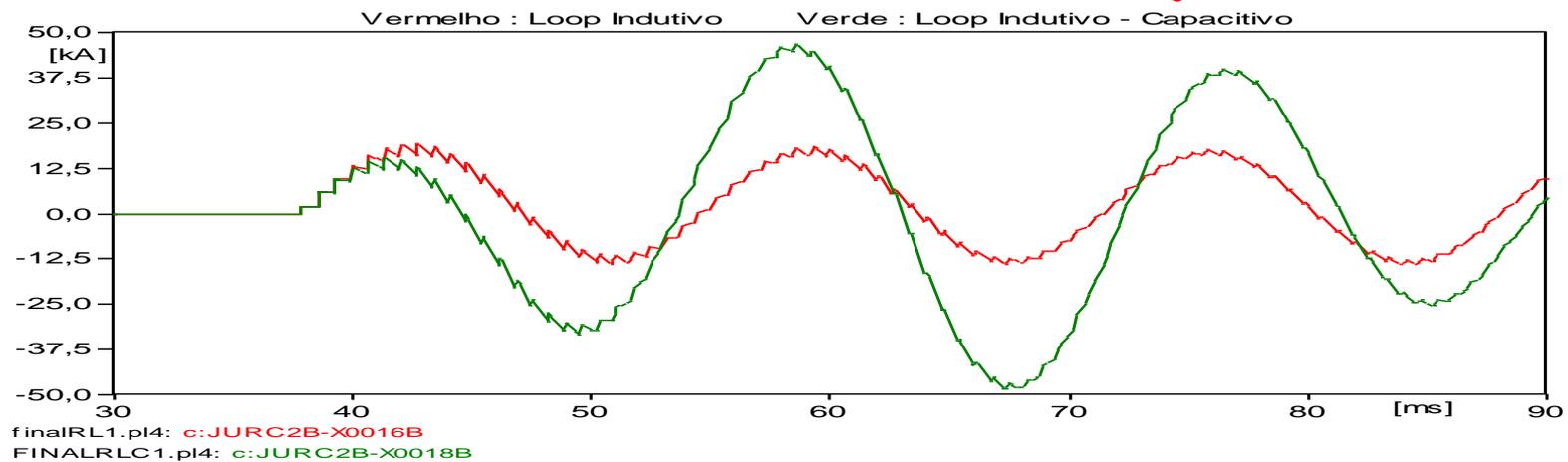
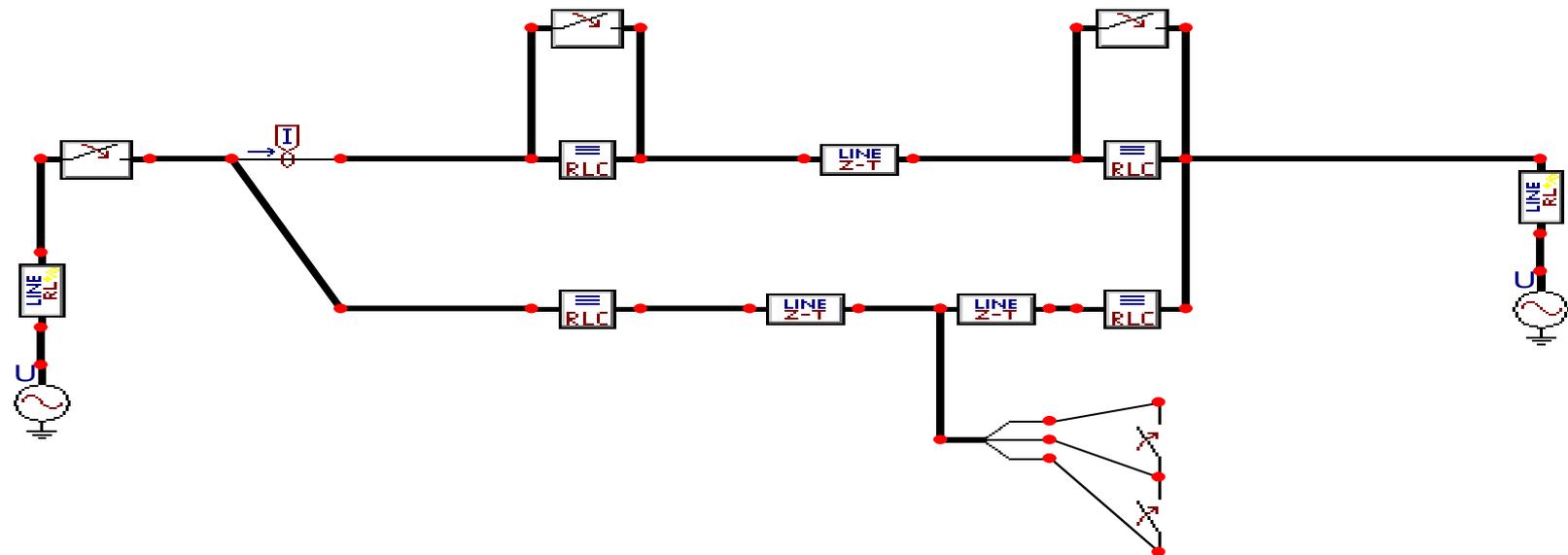
Linha Ribeiro Gonçalves – S.P do Piauí

Ajustes	Valor Inicial		Valor Proposto	
	Z1P	Z1N	Z1P	Z1N
Ribeiro Gonçalves	30.67 Ω	26.22 Ω	15.94 Ω	13.11 Ω
S.J do Piauí	2.49 Ω	2.22 Ω	2.24 Ω	1.99 Ω

Linha Ribeiro Gonçalves – Colinas

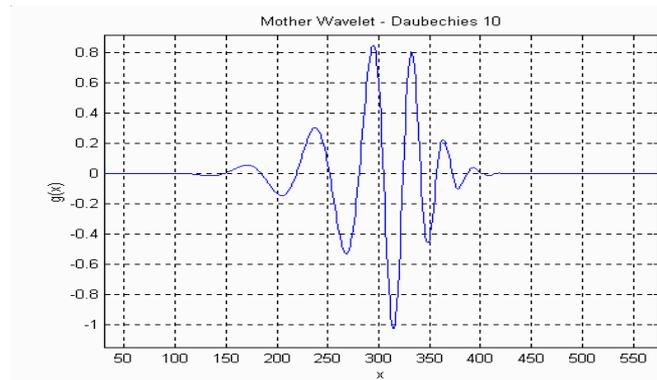
Ajustes	Valor Inicial		Valor Proposto	
	Z1P	Z1N	Z1P	Z1N
Ribeiro Gonçalves	28 Ω	25.78 Ω	14.56 Ω	12.89 Ω
Colinas	13.40 Ω	12 Ω	11.39 Ω	9.96 Ω



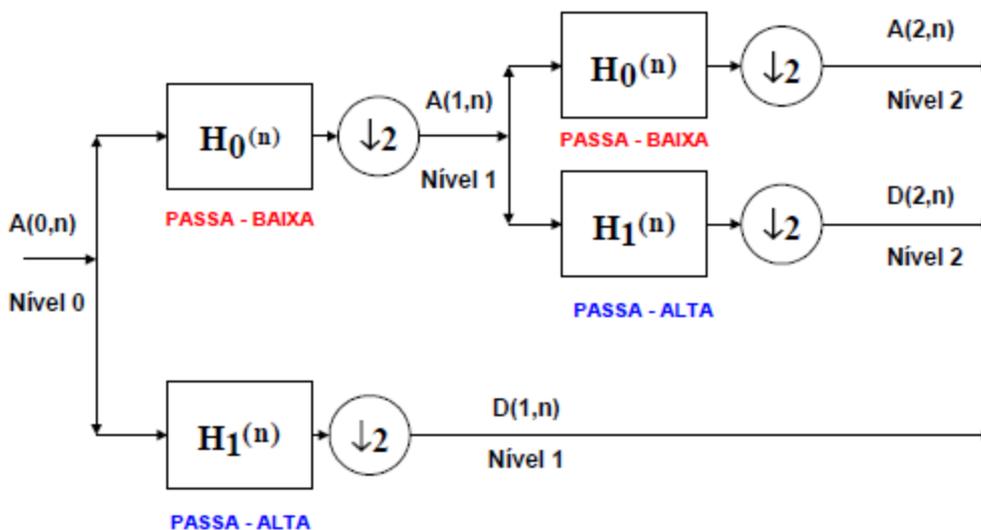


Transformada Wavelet Discreta

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



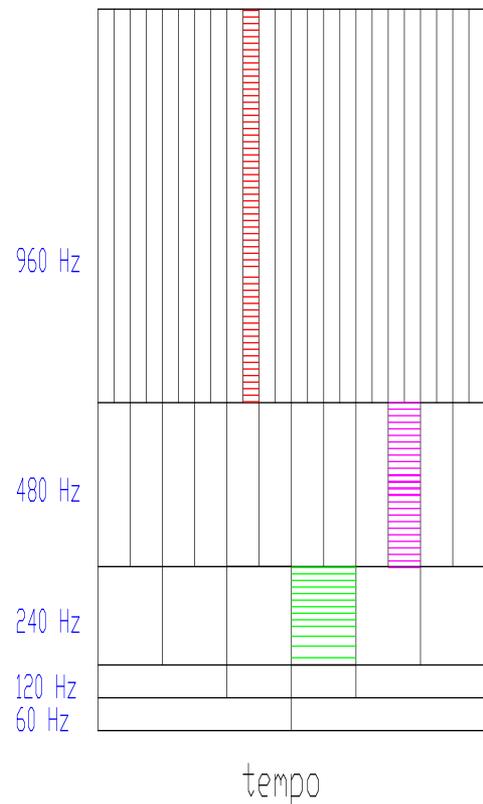
Algoritmo Piramidal MRA



Transformada Wavelet Discreta

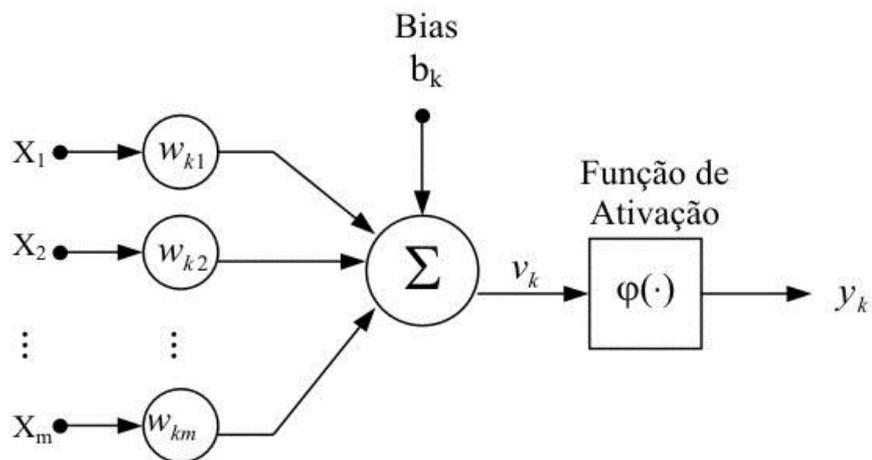
$F_a = 30720\text{Hz}$ (512 amostras/ciclo)

Nível Wavelet	Faixa de Frequência (Hz)	
	Min	Max
1	7680	15360
2	3840	7680
3	1920	3840
4	960	1920
5	480	960
6	240	480
7	120	240
8	60	120
9	30	60



Redes Neurais Artificiais (RNA)

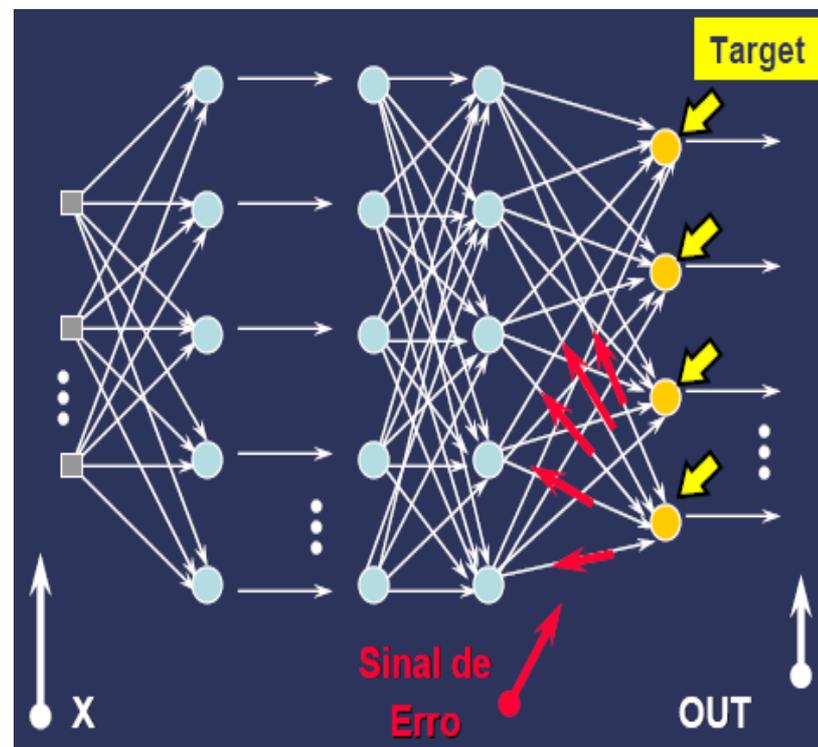
Neurônio de McCulloch & Pitts



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

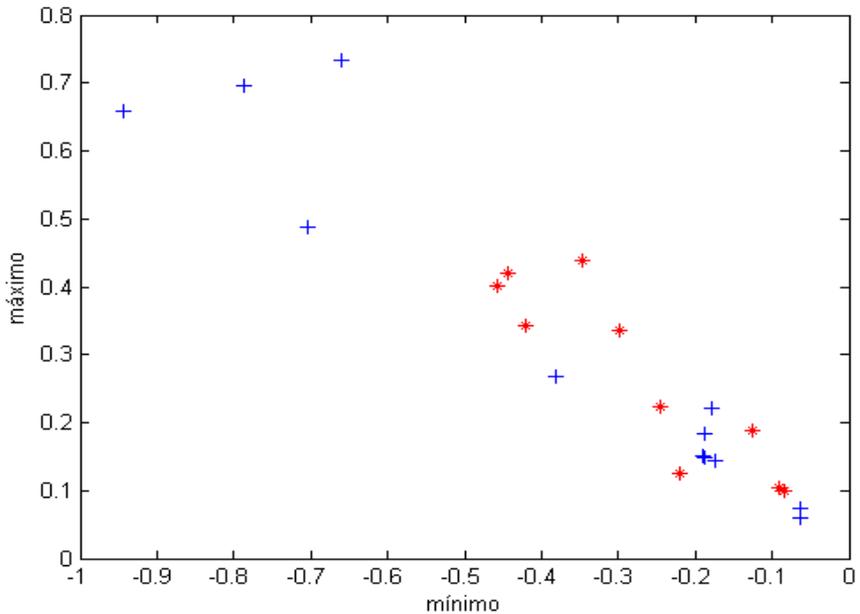
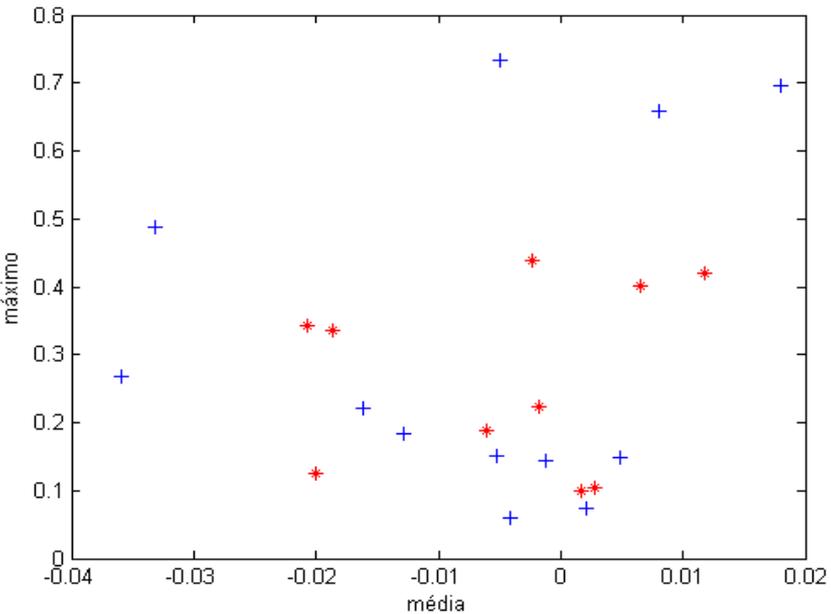
$$y_k = \varphi(v_k)$$

O MLP e o Backpropagation

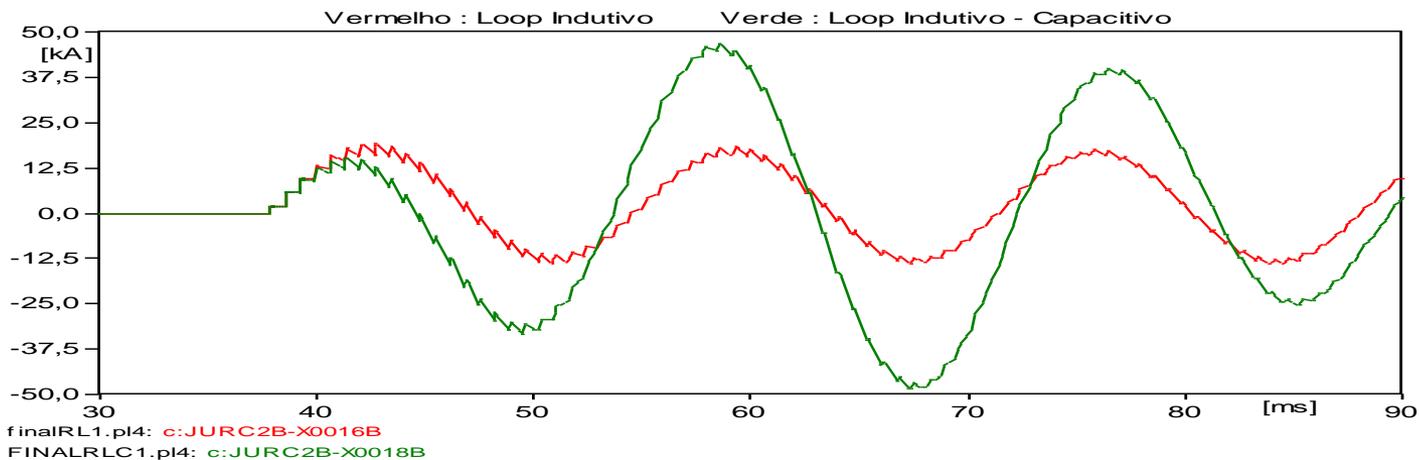


1ª Abordagem: Transitório

Separação no Plano: Detalhe Wavelet de nível 5



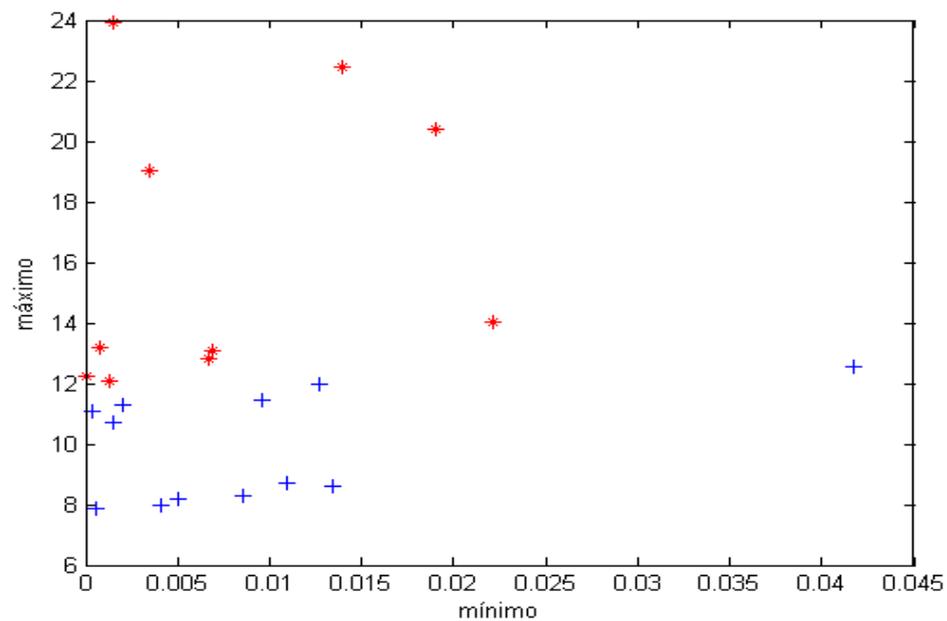
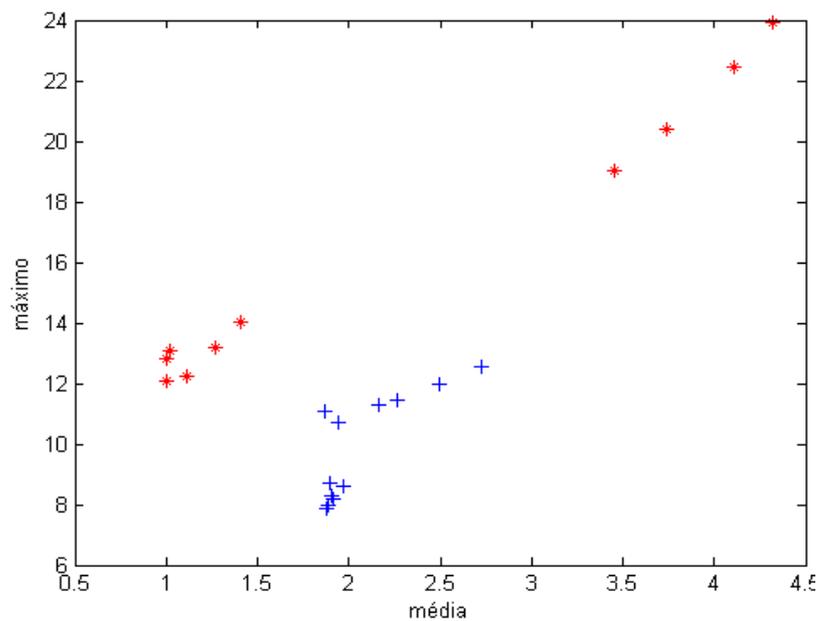
2ª Abordagem: Decaimento mais rápido da corrente



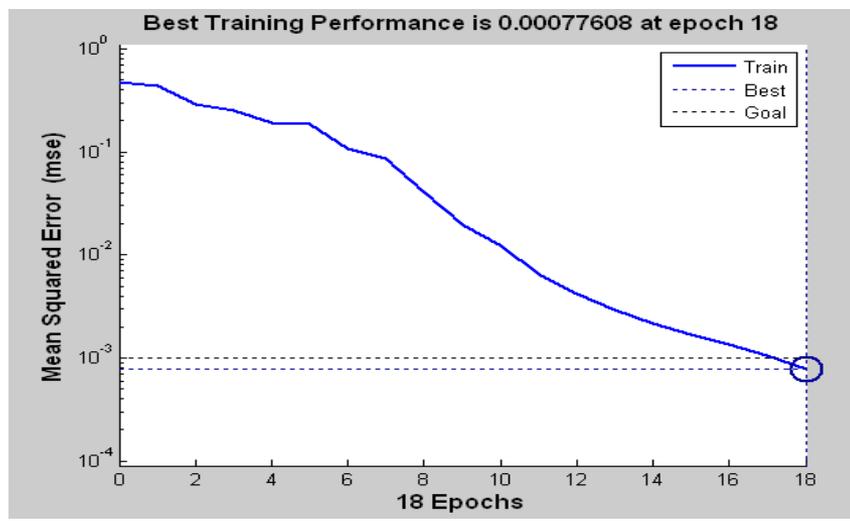
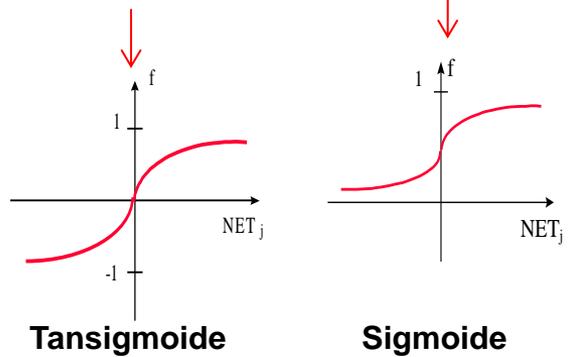
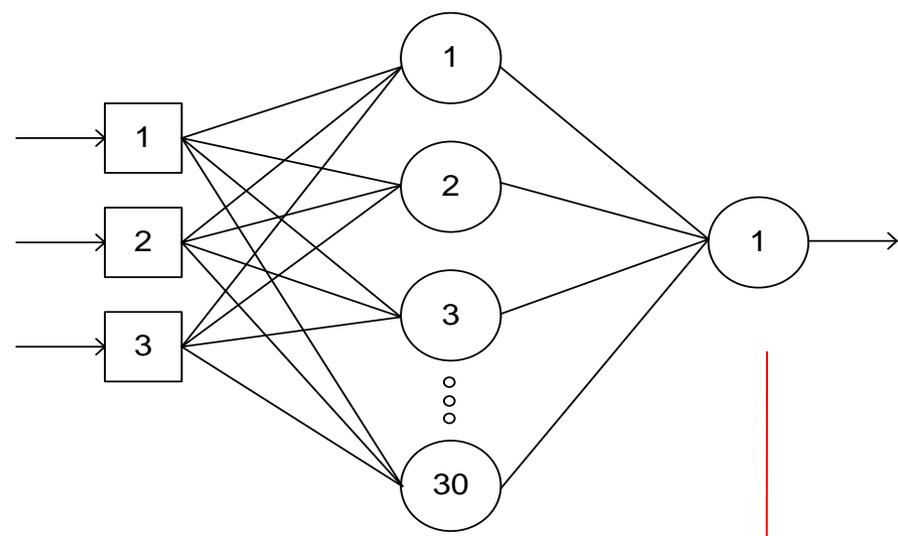
Detecção da Componente Subsíncrona

2ª Abordagem: Decaimento mais rápido da corrente

Separação no Plano: Taxa de variação da aproximação Wavelet de nível 8



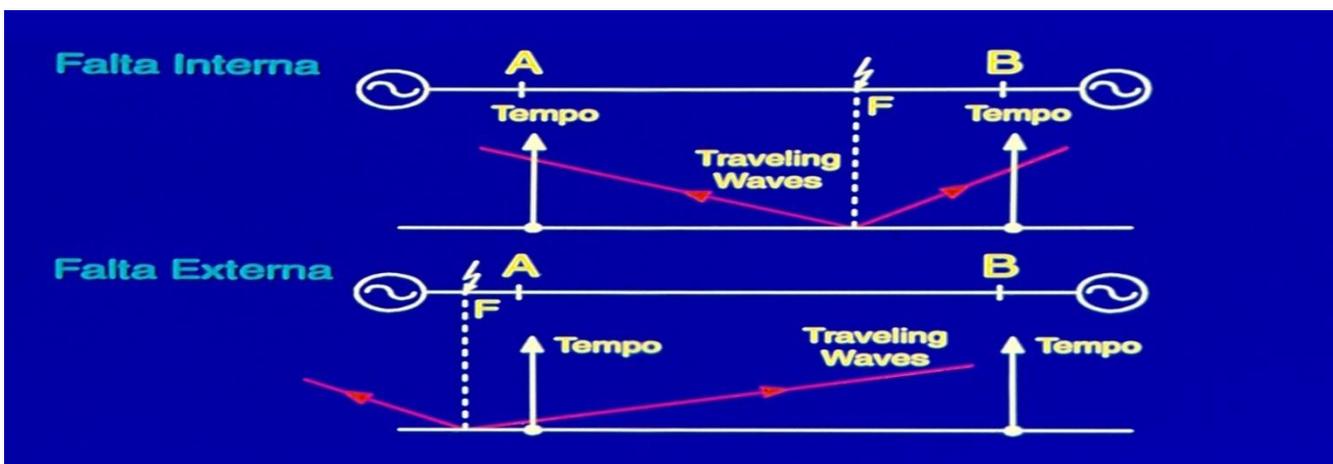
Modelagem e Treinamento da Rede Neural



Dados de Treinamento:

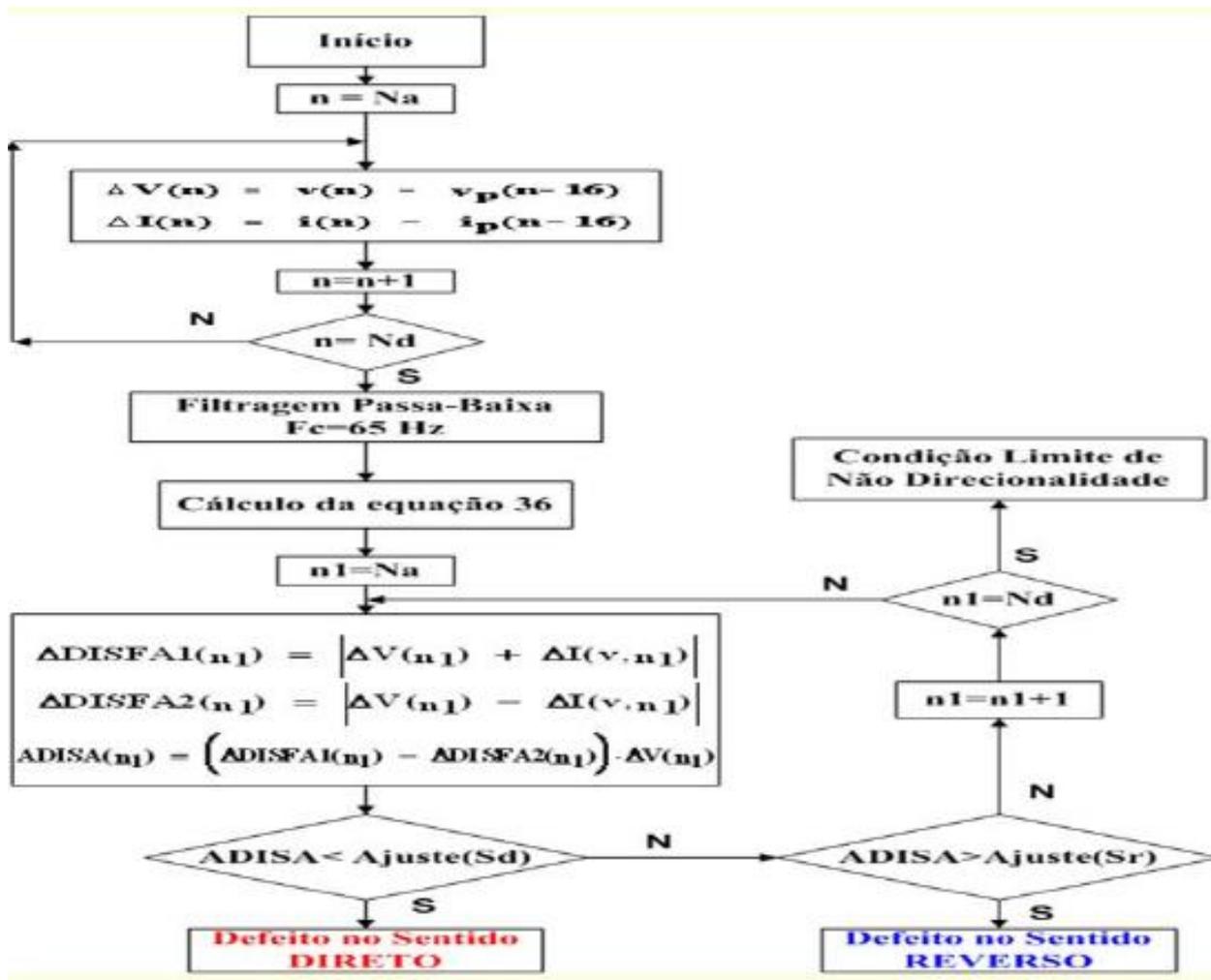
Algoritmo: Resilient backpropagation

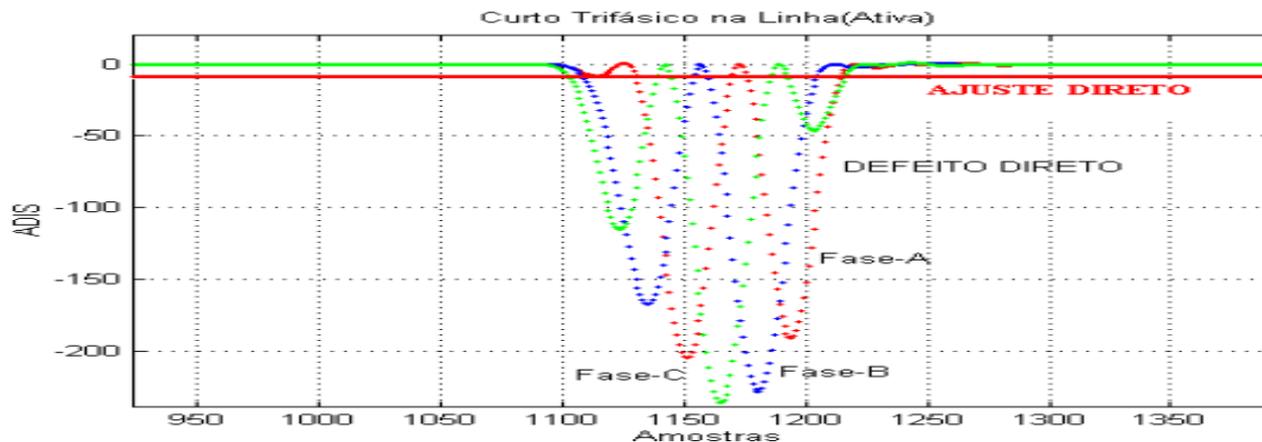
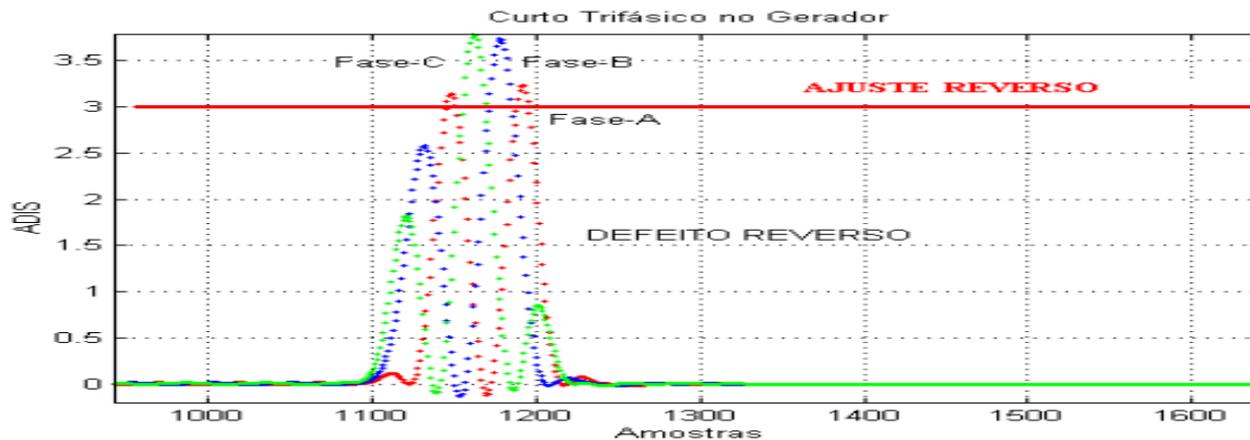
Dados: 36 casos variando-se o ângulo de incidência da falta, o grau de compensação e a impedância de falta



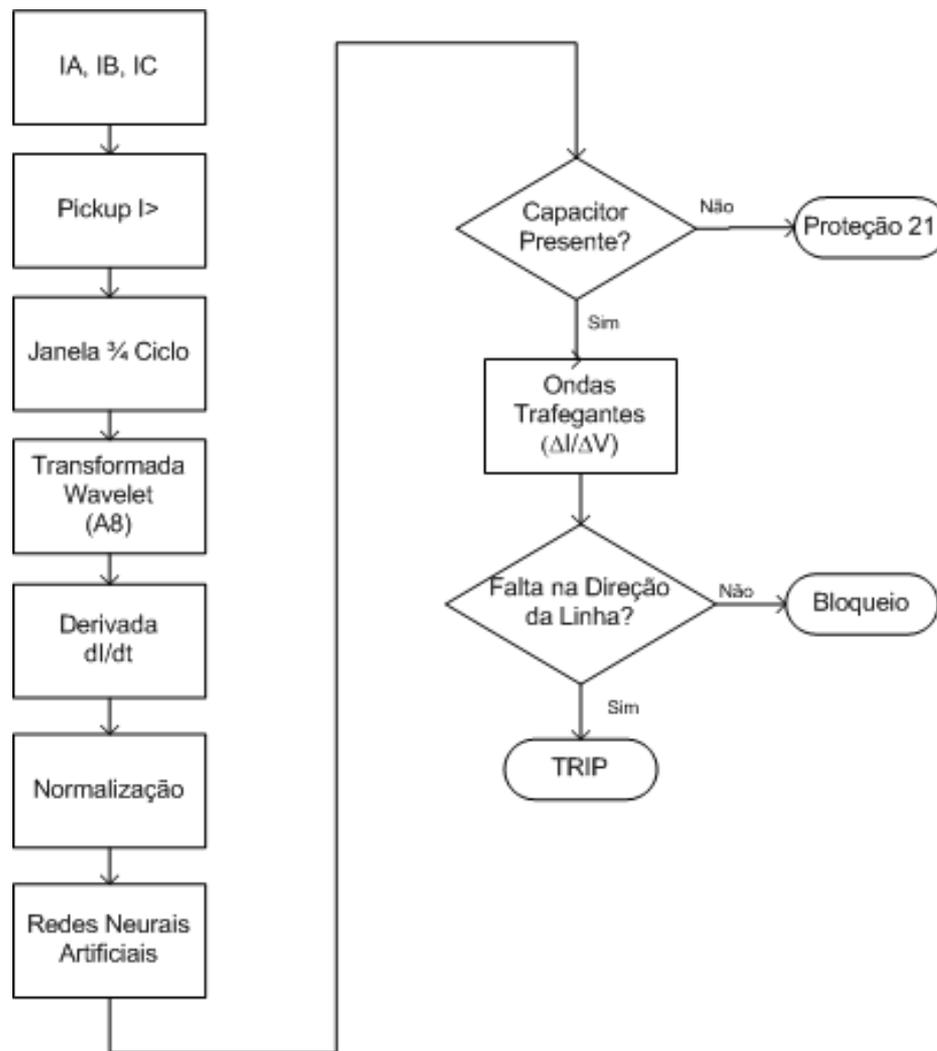
Tipo de Falha	Terminal		Polaridade - $u_f(t)$	
	A	B	Δu	Δi
Interna	Pos.	-	+	-
	Neg.	+	-	+
Externa a A	Pos.	-	-	+
	Neg.	+	+	-
Externa a B	Pos.	+	-	-
	Neg.	-	+	+

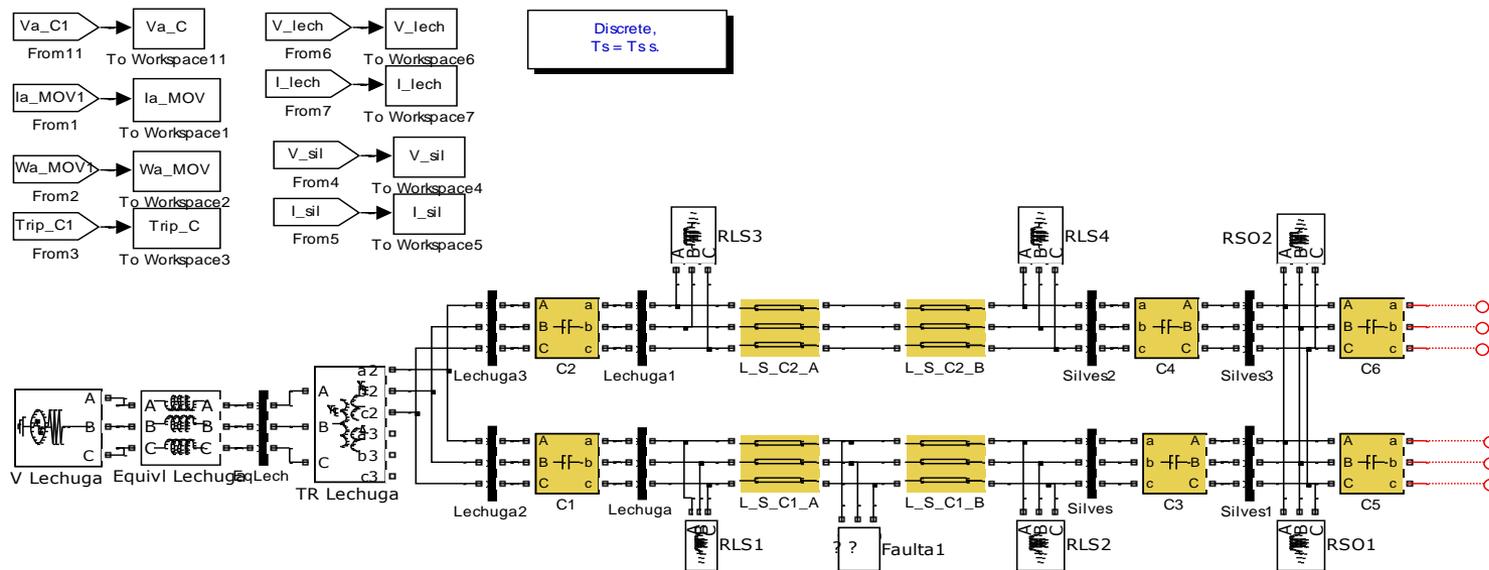
$u_f(t) = u_f \sin(\omega t + \varphi)$; φ = ângulo de incidência de falta
 $u_f(0) = u_f \varphi$





Resumo do Algoritmo





Conclusões

- *A Metodologia desenvolvida apresentou um desempenho satisfatório próximo de 100%.*
- *A combinação da função 21 com o algoritmo de ondas trafegantes aumenta substancialmente a confiabilidade da proteção em questão.*

Trabalhos futuros:

- *Geração de um número maior de testes*
- *Modelar o sistema levando-se em consideração valores menores que 5Hz e maiores que 55Hz para a frequência subsíncrona gerada pelo sistema de transmissão.*

OBRIGADO!

Contatos

Francisco A. Reis Filho

Eduardo Cesar Senger

Rodrigo A. Benes Ferreira

Giovanni Manassero Junior

**Farfilho Consultoria Comércio e
Representações LTDA**

Universidade de São Paulo

Siemens

Universidade de São Paulo

farfilho@farfilho.com.br

senger@pea.usp.br

rodrigo.benes@siemens.com

giomanjr@pea.usp.br