

# TESTES EM MALHA FECHADA: UMA COMPARAÇÃO ENTRE TEMPO REAL E MÉTODO ITERATIVO

Paulo Sergio Pereira Jr – Conprove  
Gustavo Silva Salge – Conprove  
Cristiano Moreira Martins – Conprove  
Moisés Junior B. B. Davi – Conprove  
Paulo Sergio Pereira – Conprove  
Gustavo Espinha L. – Conprove  
Paulo Marcio da Silveira – Unifei  
Carlos A. V. Guerrero – Unifei  
Francisco A. Reis Filho - Farfilho



# Resumo

- Este objetiva **confrontar** resultado do **simulador em tempo real** e uma **ferramenta inovadora** que realiza testes em **malha fechada** através de **métodos iterativo**, no cenário de **esquemas de proteção de linha**.
- **Centenas de casos**: comparando **comportamento do esquema, resultados e formas de onda**.

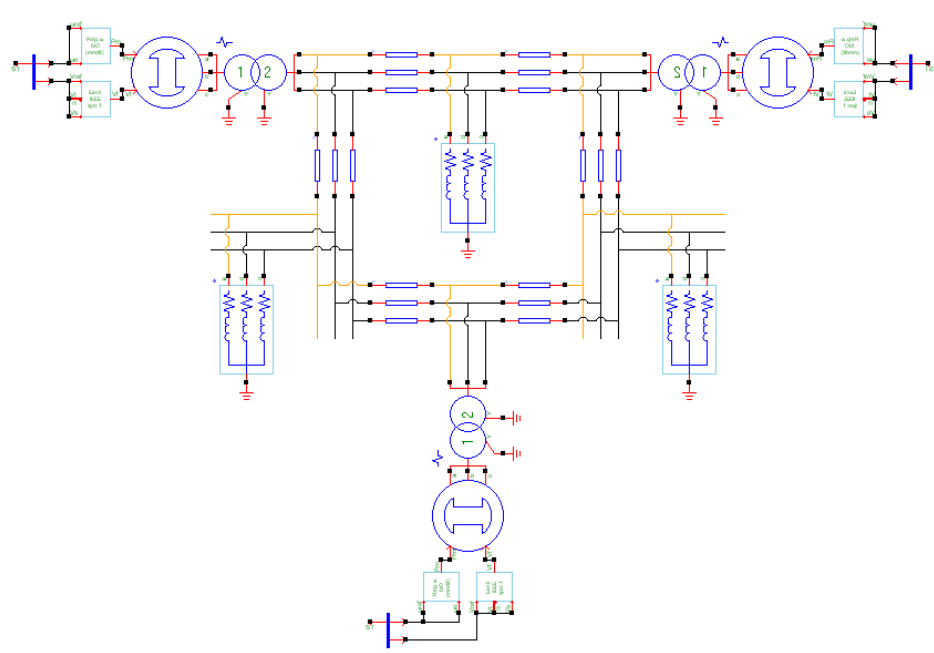
# Introdução

- **SEP** Brasil -> Um dos mais **complexos**
- **Exigência** na Performance e Confiabilidade
- **Evolução Testes** de Validação Prot.
- Comportamento **Fiel** -> Simuladores Transt.
- **Rotina** -> Novos Sistemas e Duvidas
- **Malha Fechada** -> Sim
- Qual a **necessidade** de testar em Temp. Real?



# Malha Fechada x Tempo Real

## Modelagem do Sistema (Ambiente Virtual)



**SAÍDAS  
ANALÓGICAS**



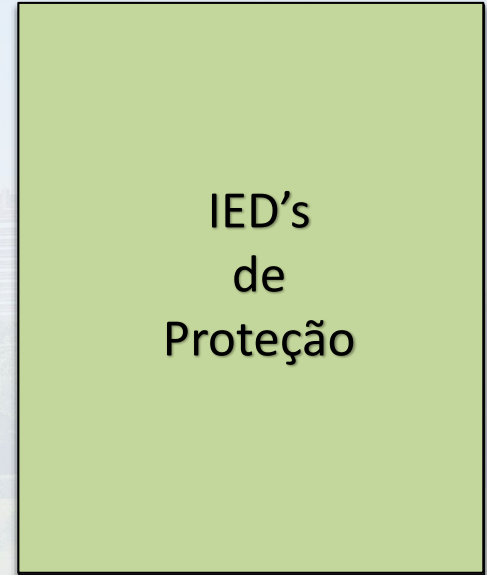
$[V, I, \omega]$

**ENTRADAS  
ANALÓGICAS**

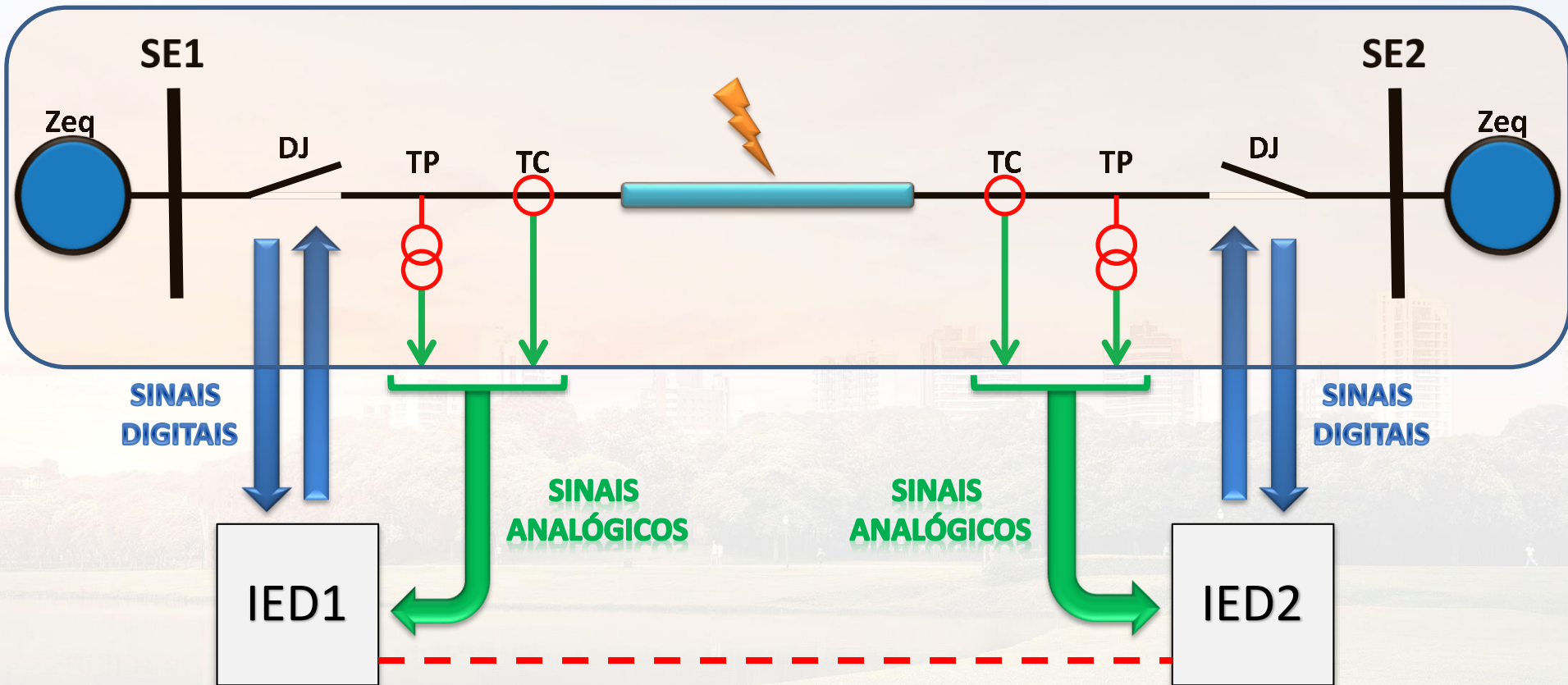


$[P, T, V]$

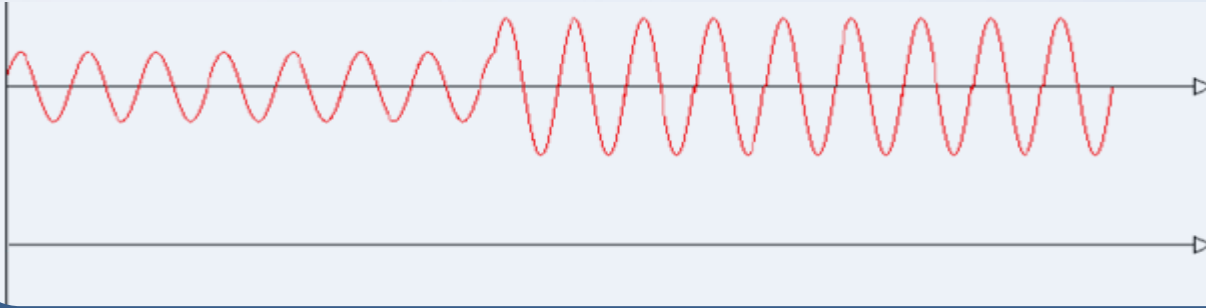
## DUT (Ambiente Real)



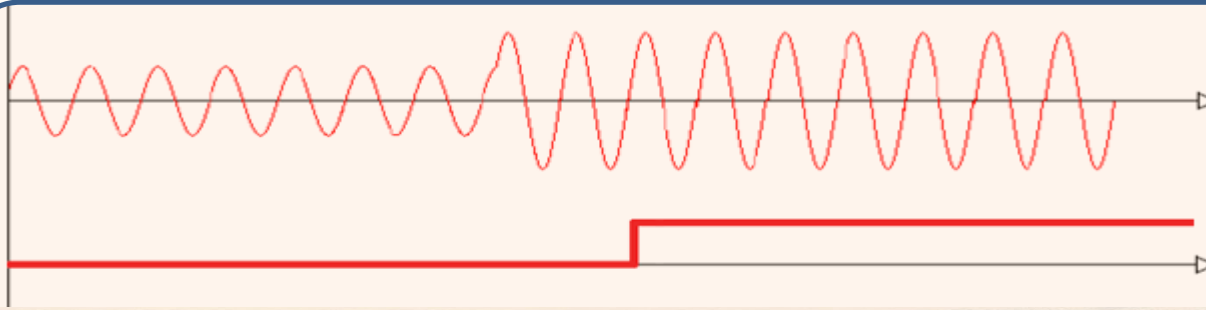
# Ferramenta de Teste



# Processo Iterativo



- Simulado

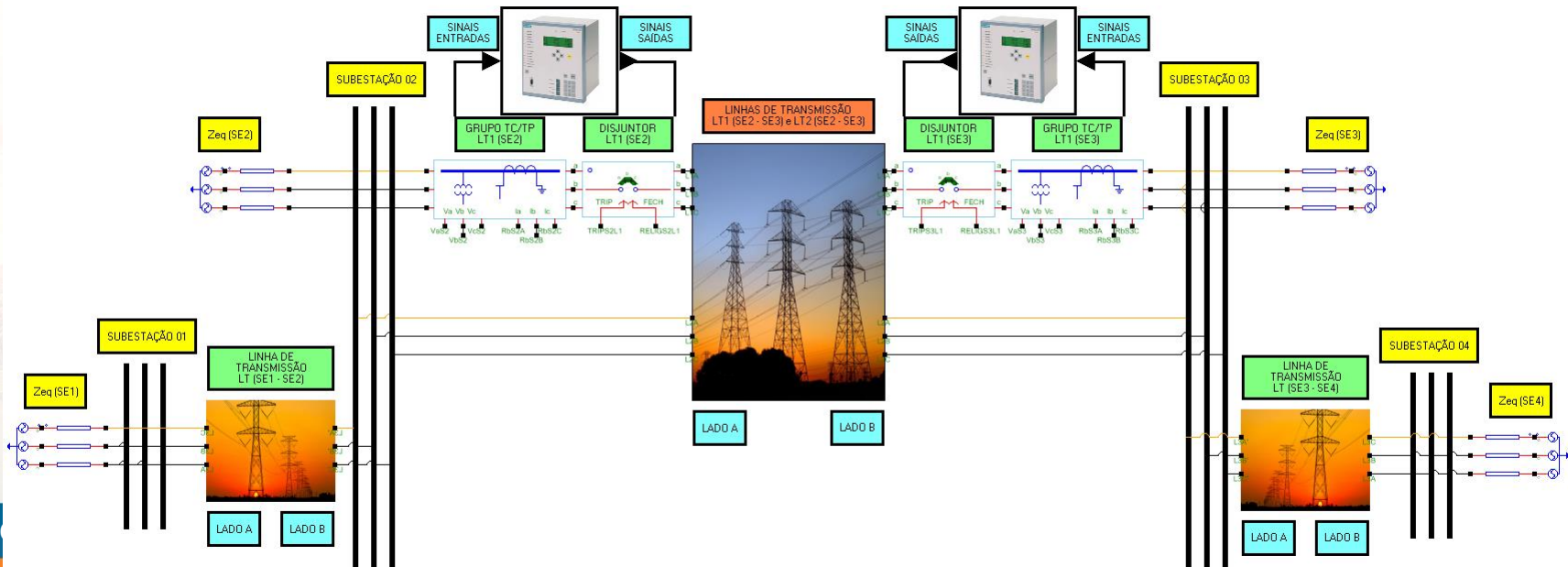


- Injetado
- Resposta



# Metodologia

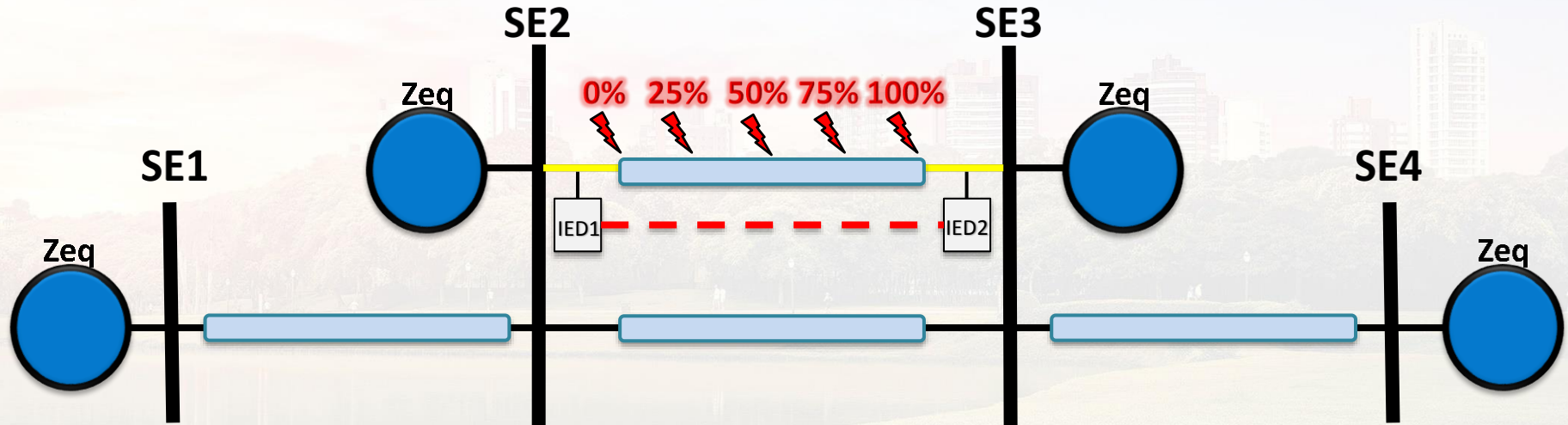
- Sistema **500KV** Referente a **Rede Básica**
- **Esquema Proteção de Linha:** Protegida SE2-SE3
- **428** Casos (10x Cada)-> **8** Grupos (**Tradicionais**)





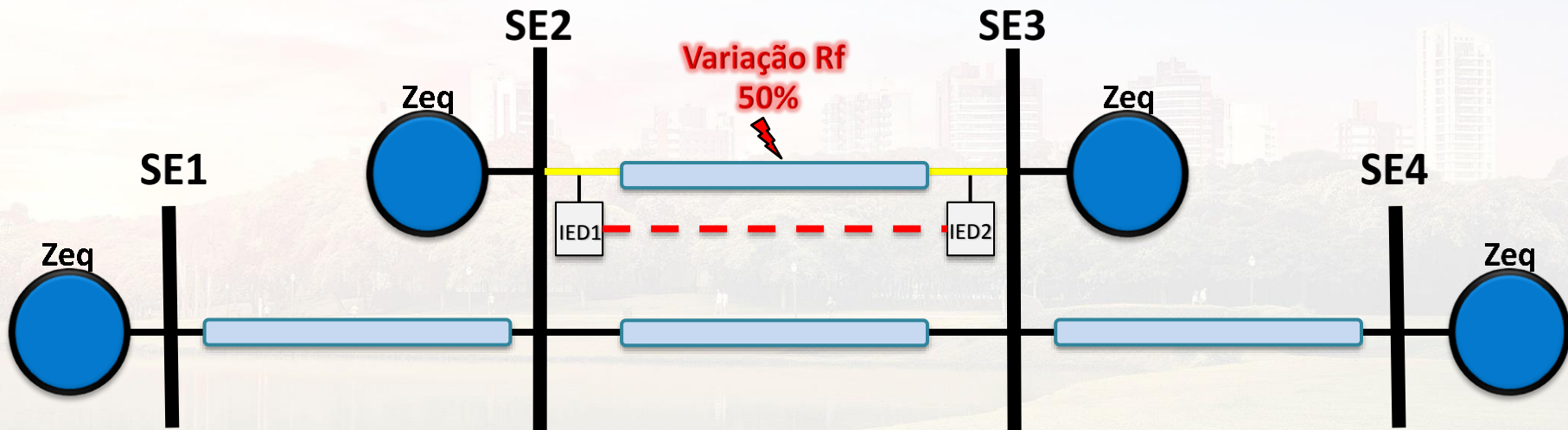
200

Faltas FT, FF, FFT, FFF e FFFT a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de SE2-SE3.



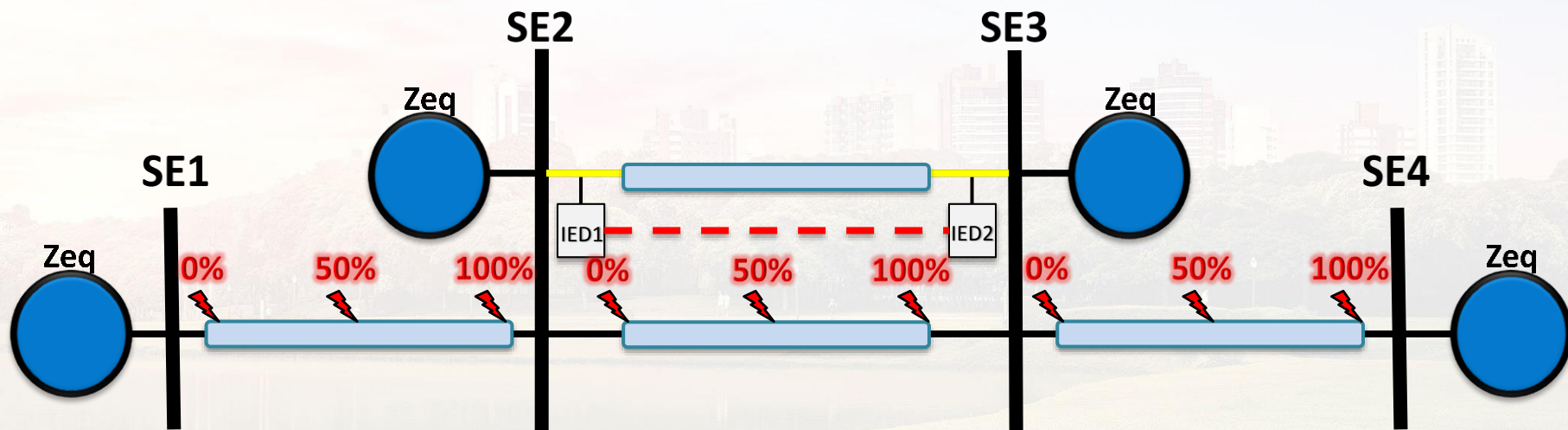
# Estudo de Caso

Faltas **internas com alta resistência**, a **50%**, para verificar o **limite da sensibilidade** dos relés. Faltas monofásicas com ângulo de  $0^\circ$ , ajustando resistência de falta com valores de **25  $\Omega$ , 50  $\Omega$ , 75  $\Omega$ , 100  $\Omega$ , 125  $\Omega$ , 150  $\Omega$ , 175  $\Omega$  e 200  $\Omega$** . Religamento com sucesso.



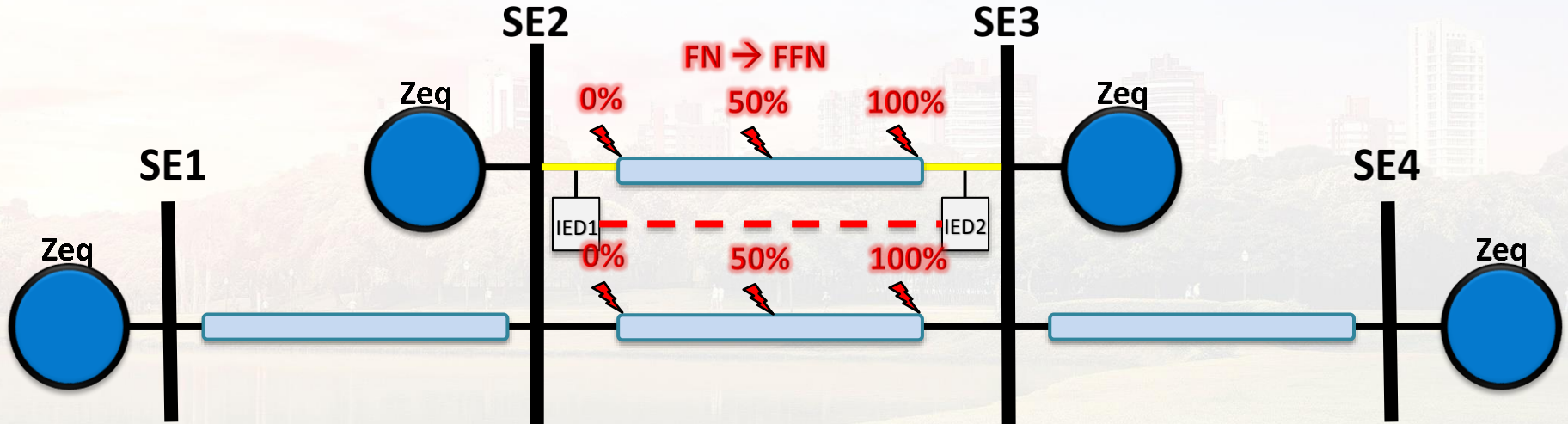
## 180

Adjacentes e Paralela: FT, FF, FFT, FFF e FFFT a 0%, 50% e 100%



# Estudo de Caso

**Faltas evolutivas** com resistência, nas linhas de transmissão (**protegida e paralela**), com ângulos de incidência de  $0^\circ$  e  $90^\circ$ . Religamento com sucesso. Local: 0%, 50% e 10% SE2-SE3 → **FT (100ms)** e **FFT (130ms)**.



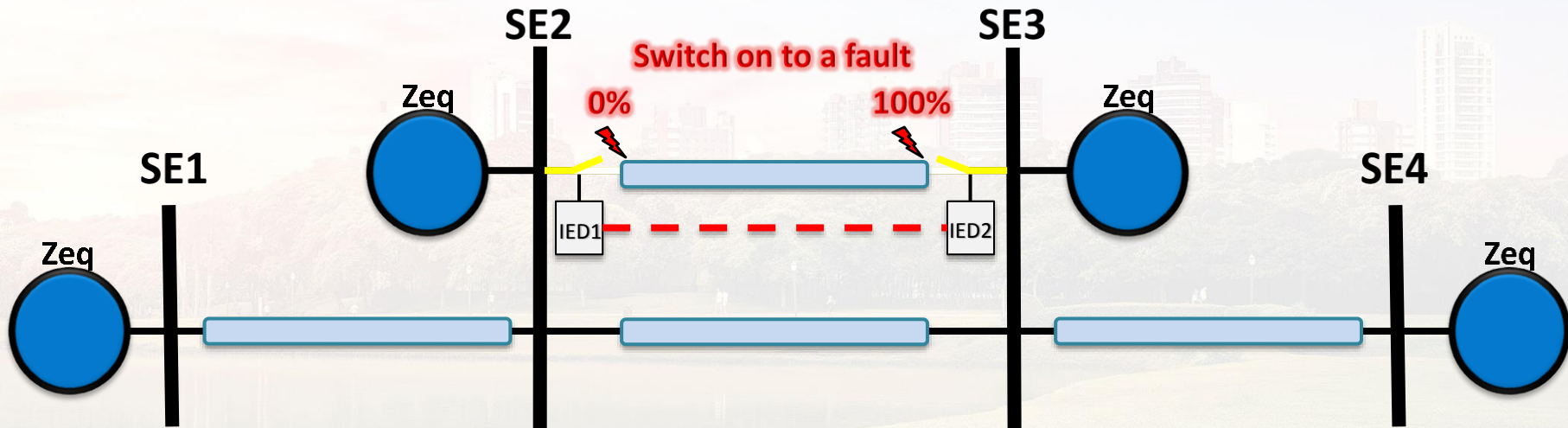


# Estudo de Caso

16

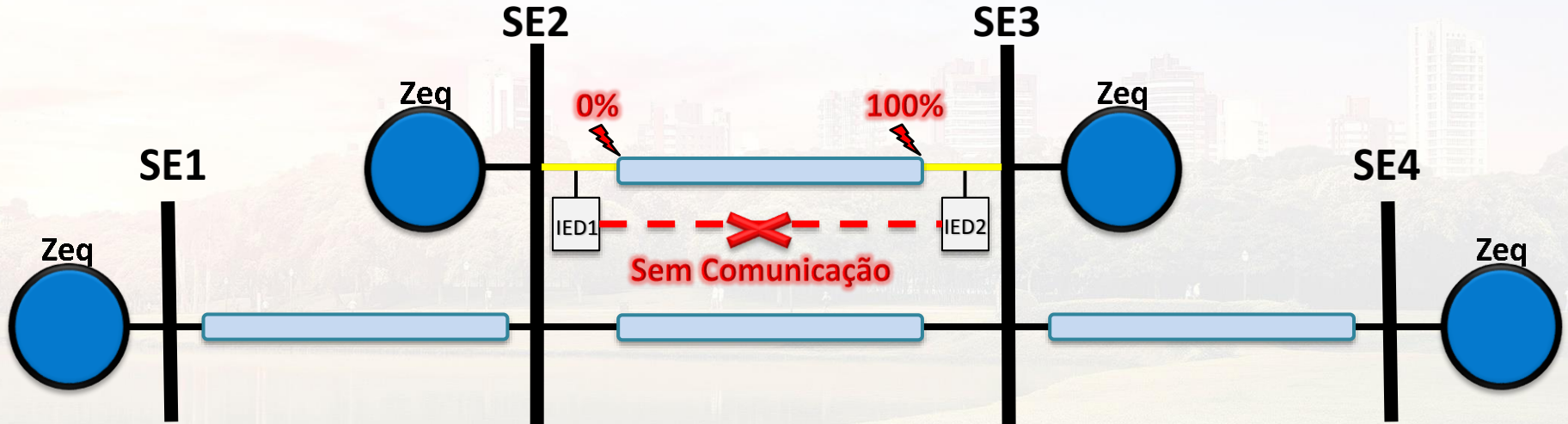
Faltas internas na condição de “**switch on to a fault**”, com ângulo  $0^\circ$  e  $90^\circ$ .  
**Religamento com sucesso.**

- SOTF **terminal** da **SE3 Aberto**: 0% e 100% de SE2 (FT, FFFT), com e sem resistência.
- SOTF **terminal** da **SE2 Aberto**: 0% e 100% de SE2 (FT, FFFT) com e sem resistência.



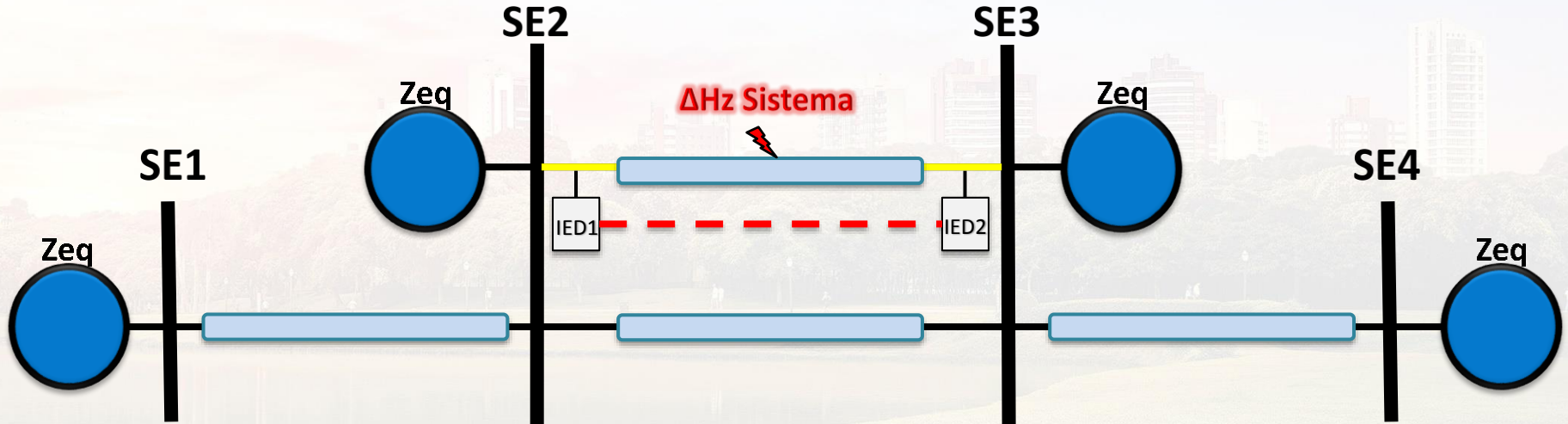
# Estudo de Caso

Faltas **sem comunicação (falha de comunicação)**, nas posições 0% (FT) e 100% (FT) com resistência. Ângulo de 0° e 90°. Religamento sem sucesso.



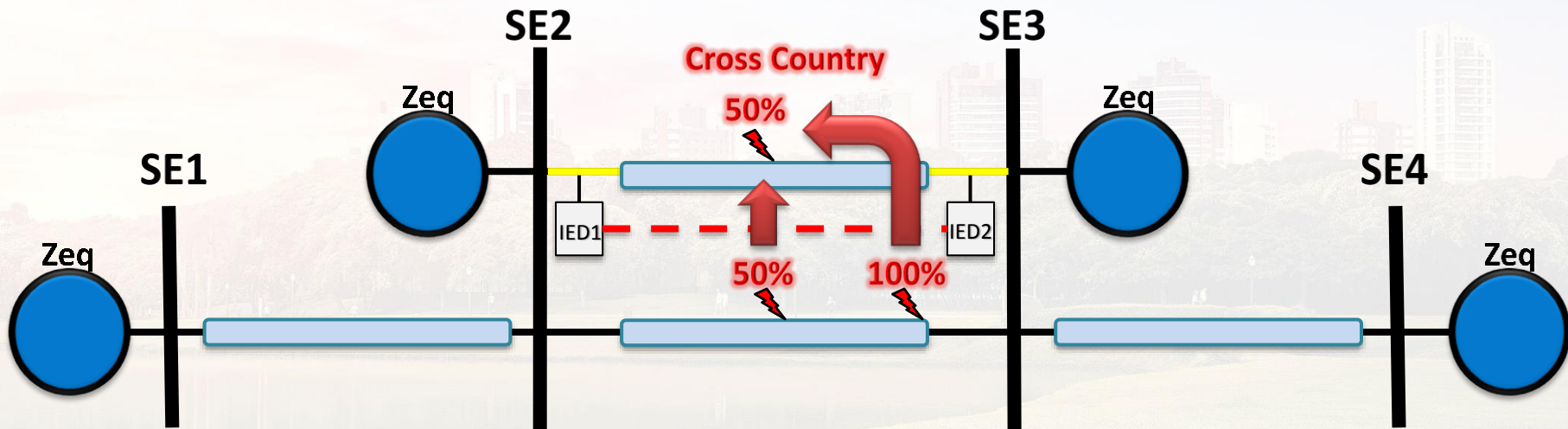
# Estudo de Caso

Verificar a resposta do relé para **sub e sobrefrequências (57 Hz e 72 Hz)**. Aplicar faltas monofásicas internas a **50%** com resistência e com ângulo de 0° e 90°. Religamento com sucesso.



# Estudo de Caso

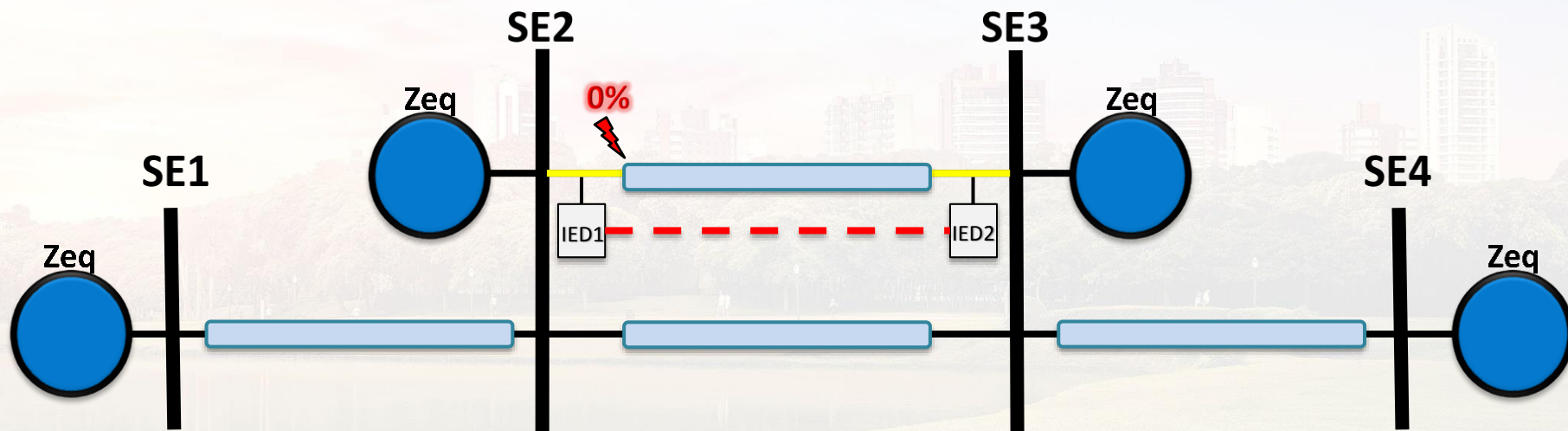
Falta **Cross Country**: Falta FT externa, **50% da LT paralela** e após um ciclo, **falta FT interna, 50% da LT protegida**, ângulo  $0^\circ$  e  $90^\circ$ .  
Repetir caso para falta FT externa, **100% da LT paralela** e após um ciclo, **falta FT interna, 50% da LT protegida**. Religamento com sucesso.





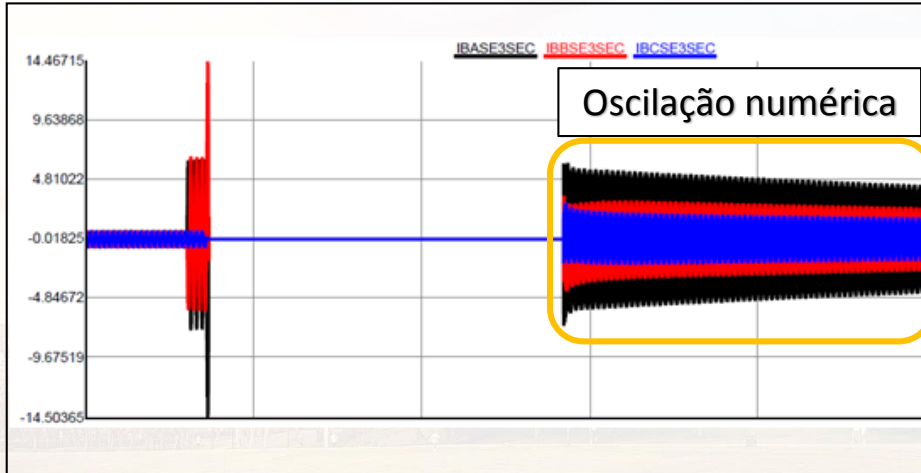
# Comparações

- Detalhamento Caso:
  - Ajuste: Z1 **85%** LT, Z1B **150%** LT
  - Falta **AB, 0°**, Subalcance **PUTT, Religamento Sem Sucesso**

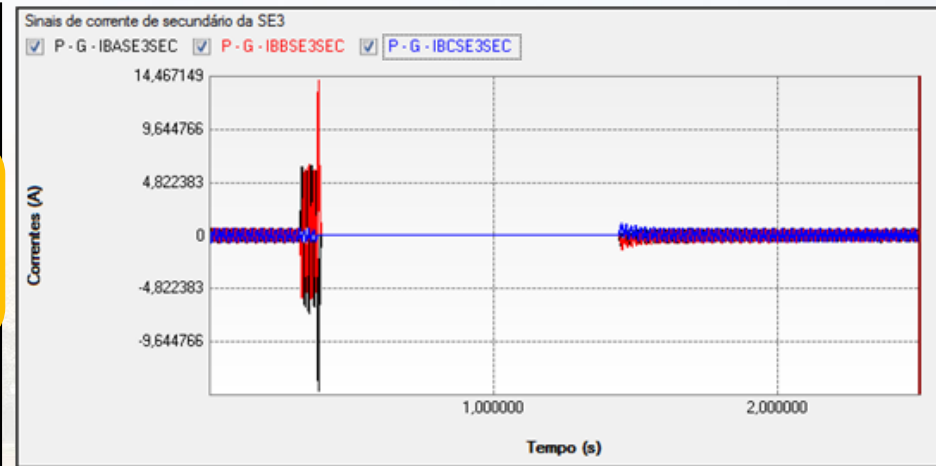


# Modelo da Linha

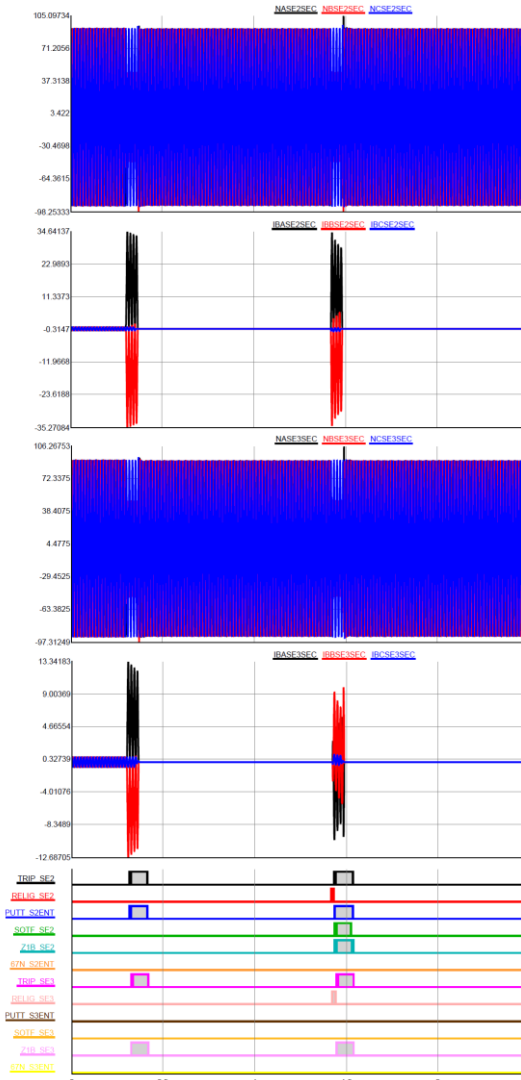
## Simulador Tempo Real



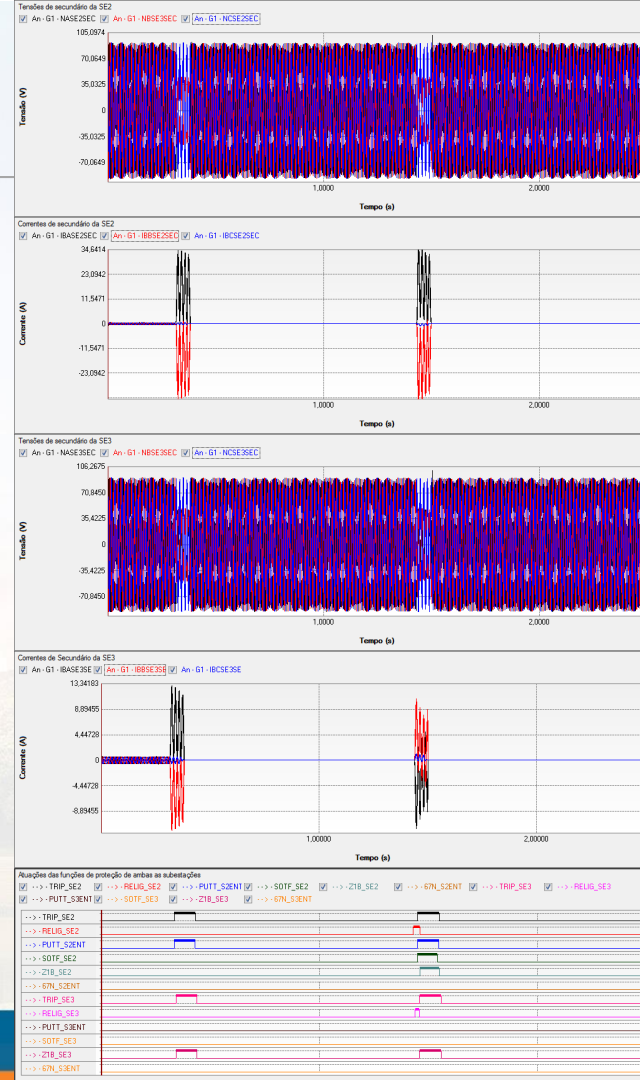
## Simulador Iterativo (PS Simul)



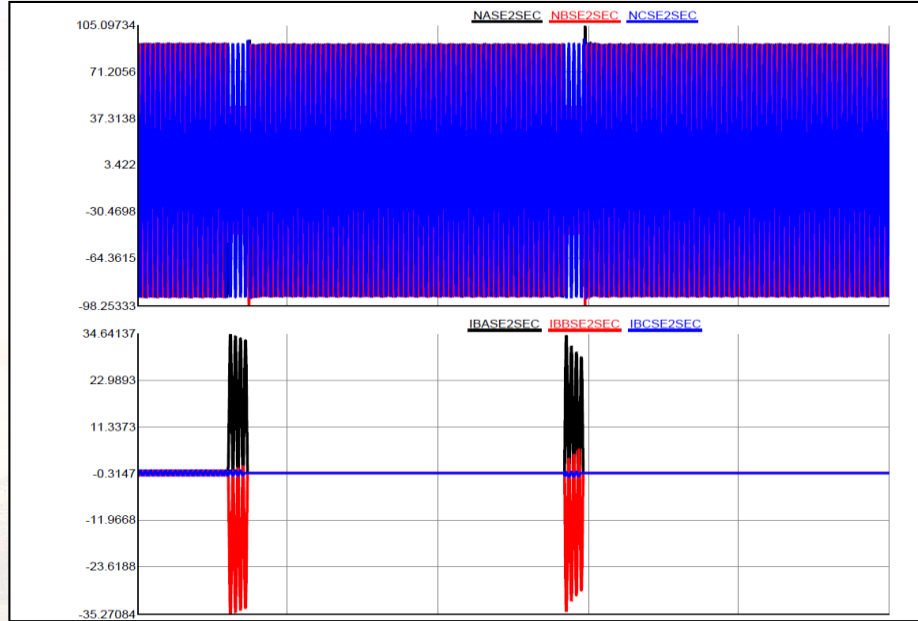
# Simulador Temp. Real



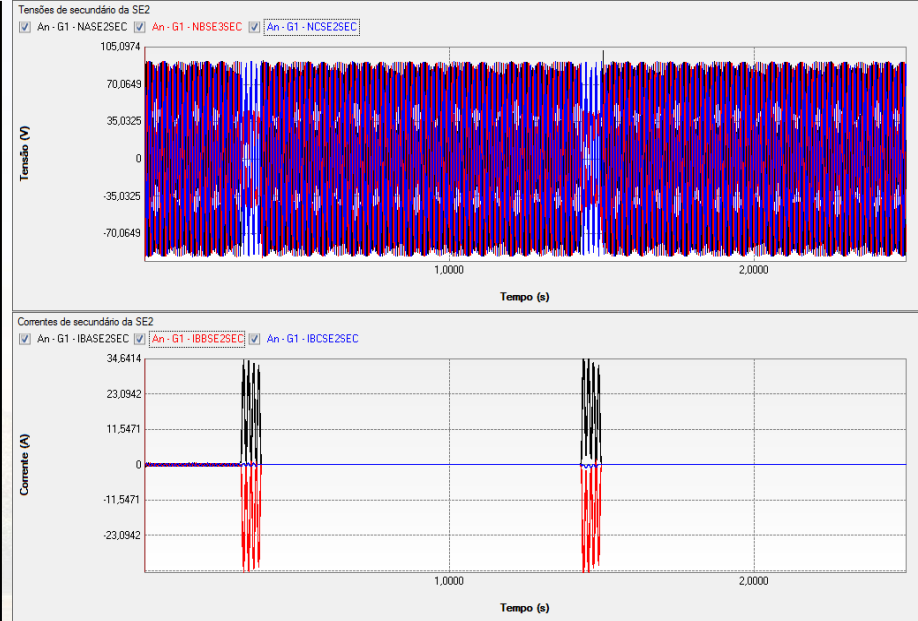
# Simulador Iterativo



# Tensões e Correntes – SE2

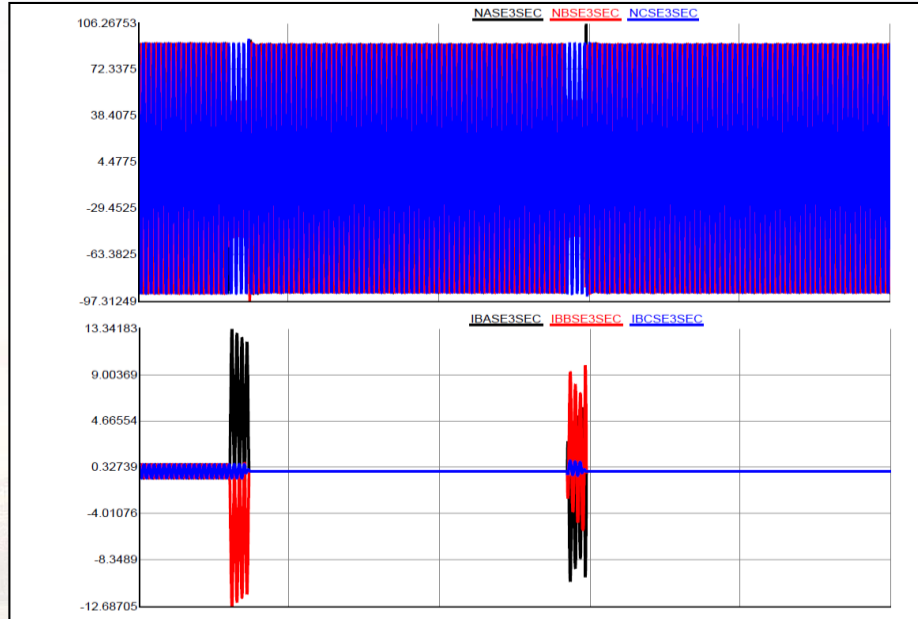


Simulador Temp. Real

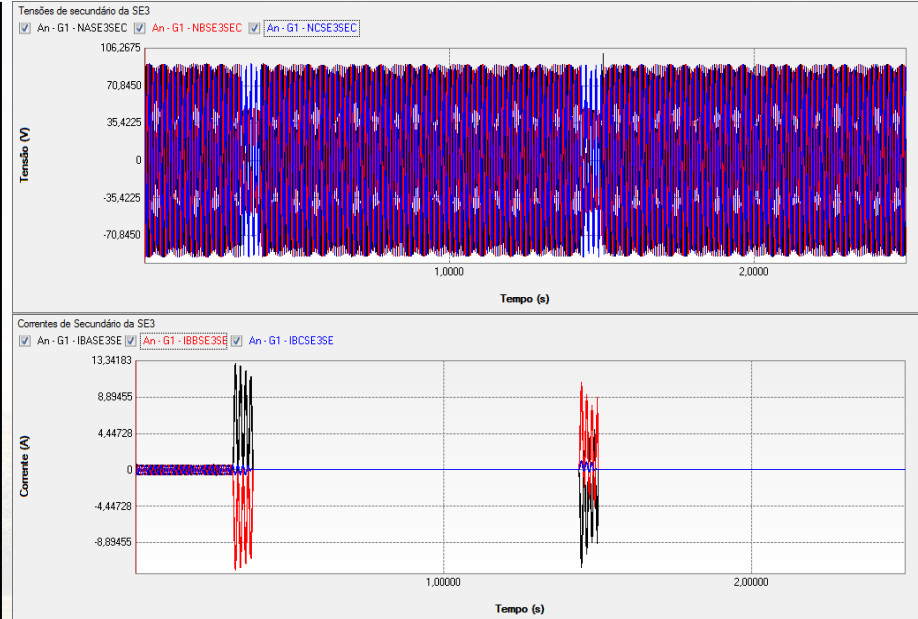


Simulador Iterativo



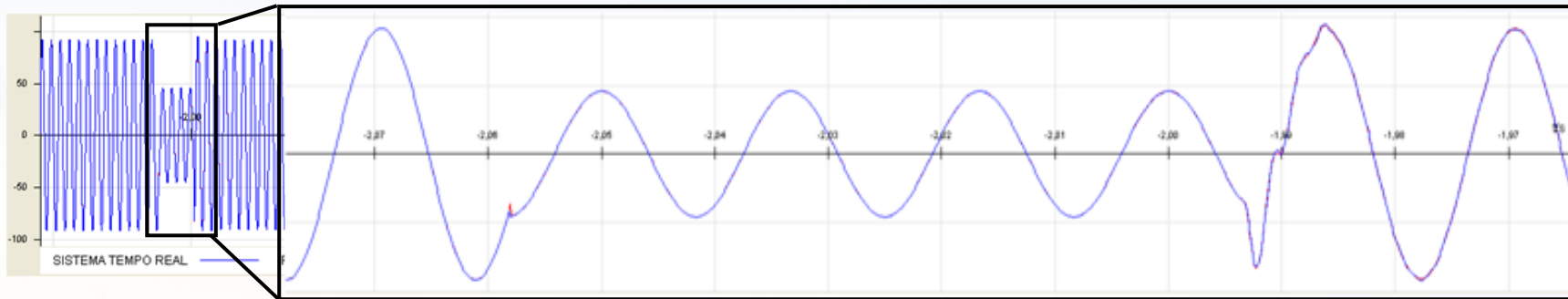


# Simulador Temp. Real

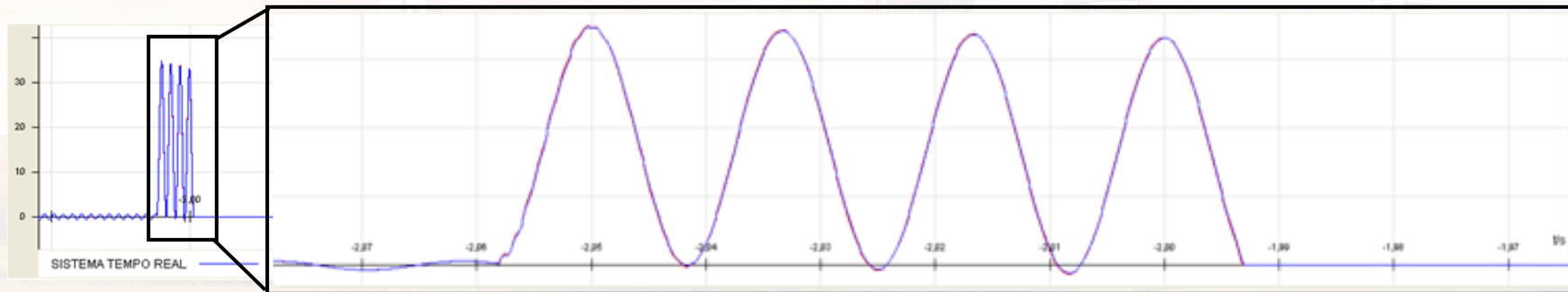


# Simulador Iterativo

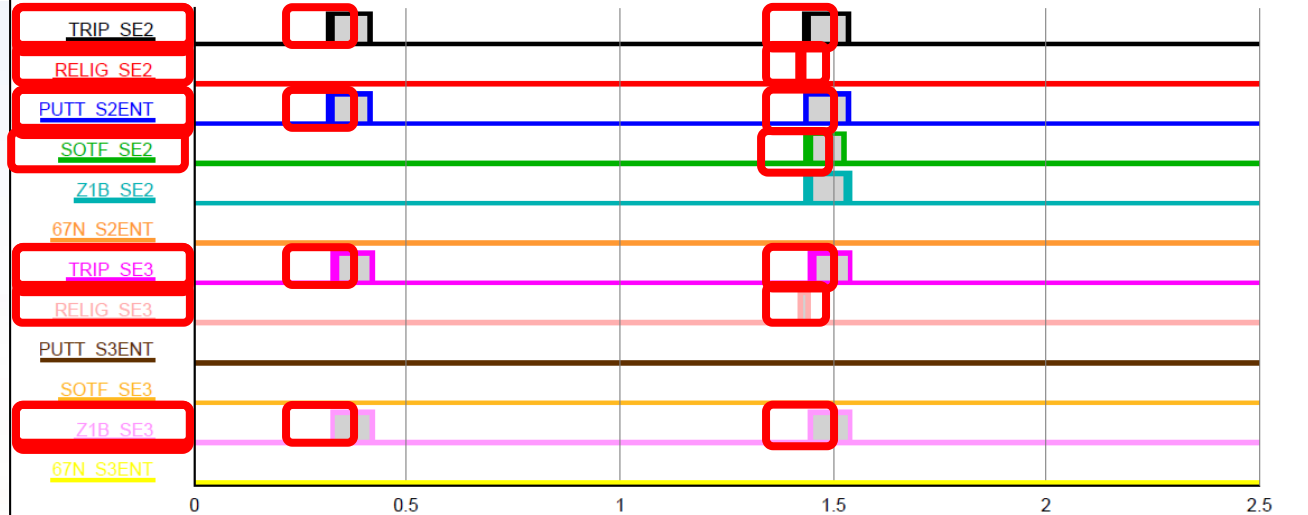
## Tensões



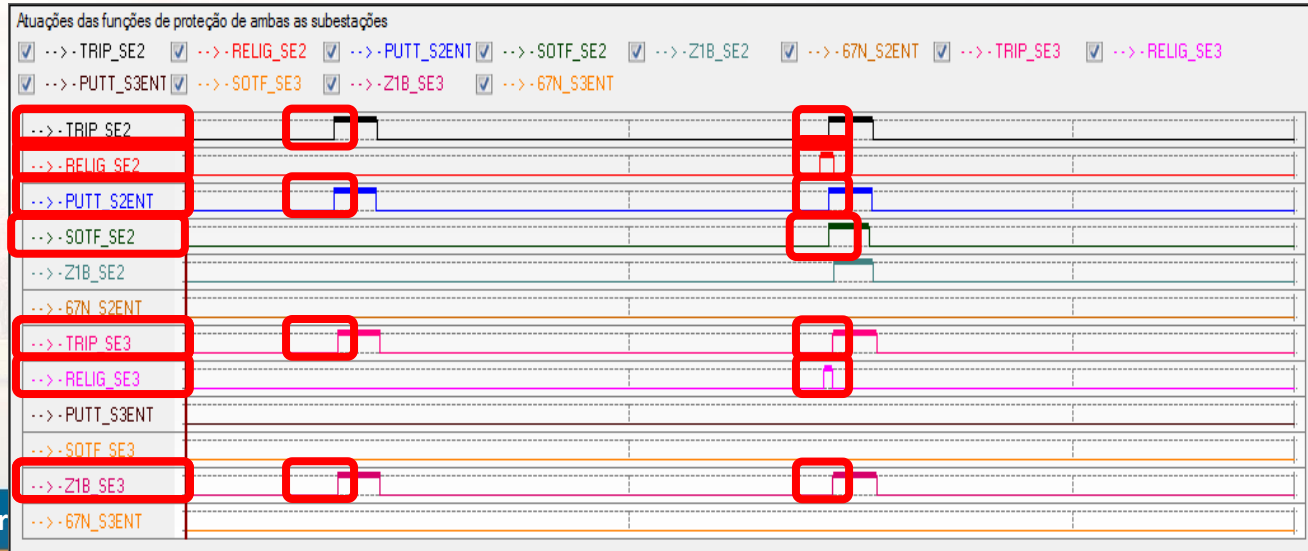
## Correntes



## Simulador Temp. Real



## Simulador Iterativo



SIMULADOR SINAL		SIMULADOR TEMPO REAL				SIMULADOR ITERATIVO				$\Delta$ <i>TMéd.</i>
		<i>Tmín.</i>	<i>TMéd.</i>	<i>Tmáx.</i>	$\sigma$	<i>Tmín.</i>	<i>TMéd.</i>	<i>Tmáx.</i>	$\sigma$	
TRIP_SE2	AR	16,05	16,39	16,80	0,29	16,30	16,73	17,15	0,27	0,34
	DR	15,05	16,49	19,40	1,26	11,50	16,98	18,80	2,21	0,48
RELIG_SE2	-	1.112,90	1.115,75	1.119,00	2,06	1.113,35	1.116,17	1.120,80	1,93	0,42
PUTT_SE2	AR	16,15	16,61	16,90	0,26	16,65	17,07	17,70	0,30	0,46
	DR	15,75	17,45	19,45	1,29	11,25	17,25	19,50	2,35	0,19
SOTF_SE2	AR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DR	15,60	18,80	27,55	4,66	15,55	22,04	28,00	4,96	3,25
Z1B_SE2	AR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DR	16,20	18,21	19,40	1,08	14,25	20,62	30,20	4,21	2,41
TRIP_SE3	AR	25,50	25,97	26,50	0,36	25,70	26,28	26,70	0,28	0,31
	DR	20,15	27,79	31,40	4,32	19,70	29,95	36,90	7,14	2,16
RELIG_SE3	-	1.120,80	1.123,61	1.125,90	1,91	1.121,15	1.122,93	1.125,30	1,32	0,68
Z1B_SE3	AR	24,85	25,33	25,70	0,32	25,40	25,79	25,95	0,20	0,47
	DR	19,85	26,94	30,70	4,00	19,05	29,29	36,45	7,24	2,35



# Sistemas de Teste



- 1 Rack + 4 Amps
- Nº Nós do Sist. Limitado Hard
- BI Contato



- CE-7012 + PS SIMUL
- Nº Nós do Sistema Soft.
- BI Config. Contato ou Tensão

# Conclusões

- **Comprovada a Eficiência** do Processo Iterativo
- Resultados **Condizentes e Idênticos** ao Temp. Real
- **Atendeu todas necessidades**
- **Vantagens: Evita instabilidades** numéricas
- **Compacto** -> Testes de **Campo**
- **1/6 do valor** -> **mais empresas** podem usar
- **Ótima alternativa** ao Temp. Real

# MUITO OBRIGADO!!!

**Paulo Junior**

---



(34) 3218-6800



suporte@conprove.com.br



www.conprove.com