



XVII STPC
SEMINÁRIO TÉCNICO DE PROTEÇÃO E CONTROLE

14a17.OUT
SÃO PAULO
2024

PROMOÇÃO



REALIZAÇÃO



Paulo Sergio Pereira Jr

Gustavo S Salge, Cristiano M Martins, Paulo Sergio Pereira,
Gustavo E Lourenço, Rodolfo C Bernardino

**Comparação de Performance entre IEDs DigitalTwin e
Dispositivos Físicos através de Testes em Malha Fechada**

O que é um DigitalTwin ou Gêmeo Digital?





- **Vantagens de um IED Digital Twin:**
 - **Validar** antecipadamente ajustes de proteção
 - **Reduzir o tempo** de TAF/TAC
 - **Treinamento** de equipes
 - **Closed-Loop** (API para ecossistema de parceiros)

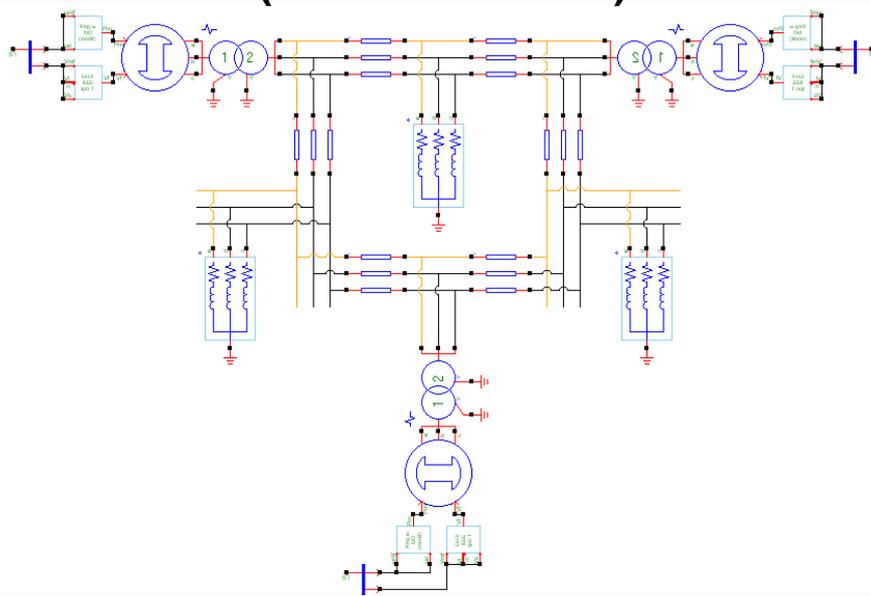


- **IEDs virtuais já são realidade**
 - **Independência** de Hardware
 - Número de sinais **ilimitado**
- **PS Simul**
 - **Simula situações reais**
 - **Testes com IEDs virtuais (SIPROTEC DigitalTwin)**
 - Testes em malha **Aberta / Fechada**
 - **Método em etapas**



MALHA FECHADA EM ETAPAS vs TEMPO REAL

Sistema Modelado (Ambiente Virtual)



Saídas
Analógicas



$[V, I, \omega]$

Dispositivo sob
Teste
(Ambiente Real)



Entradas
Digitais



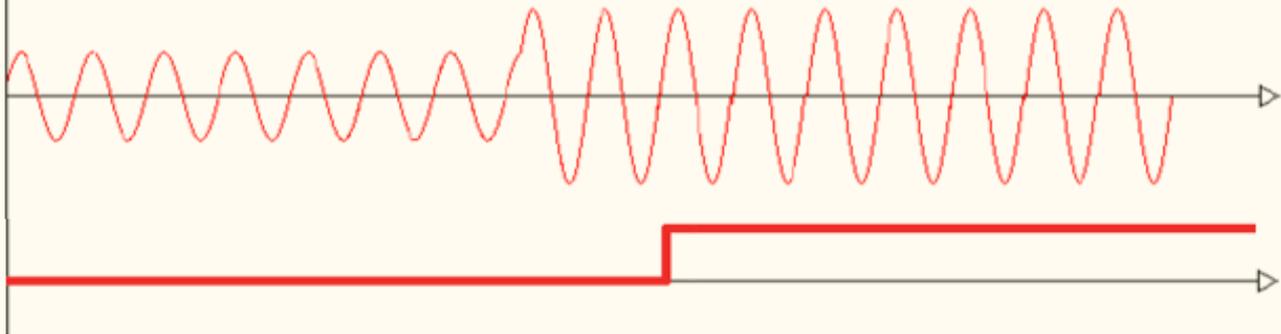
$[R, T, P, Y]$



MALHA FECHADA EM ETAPAS



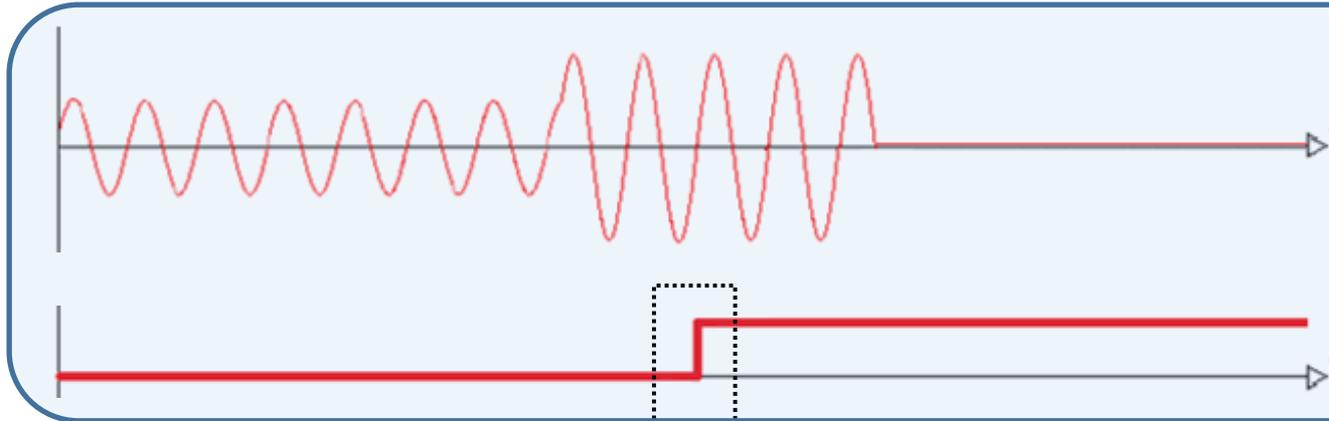
- Simulado



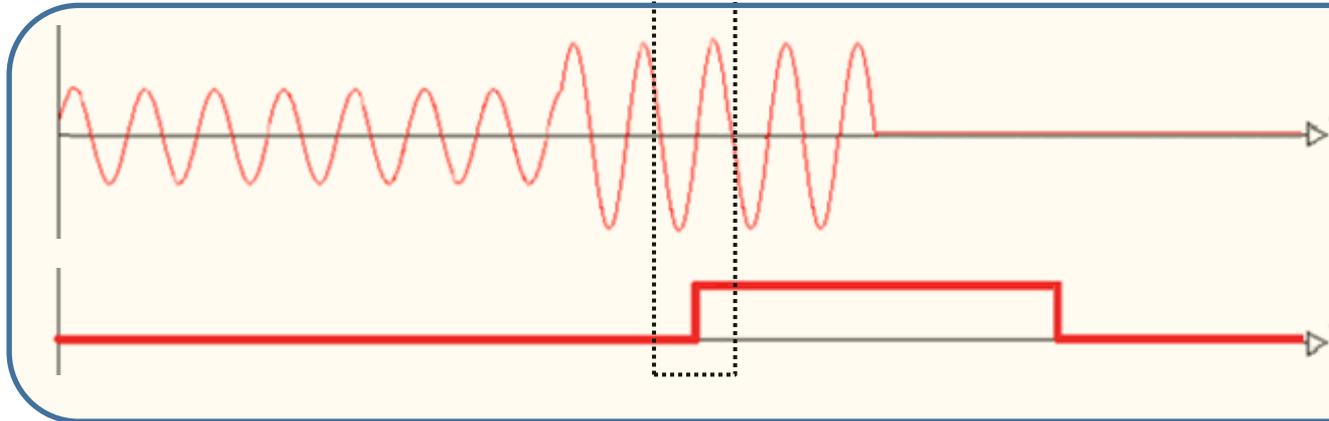
- Gerado
- Resposta



MALHA FECHADA EM ETAPAS

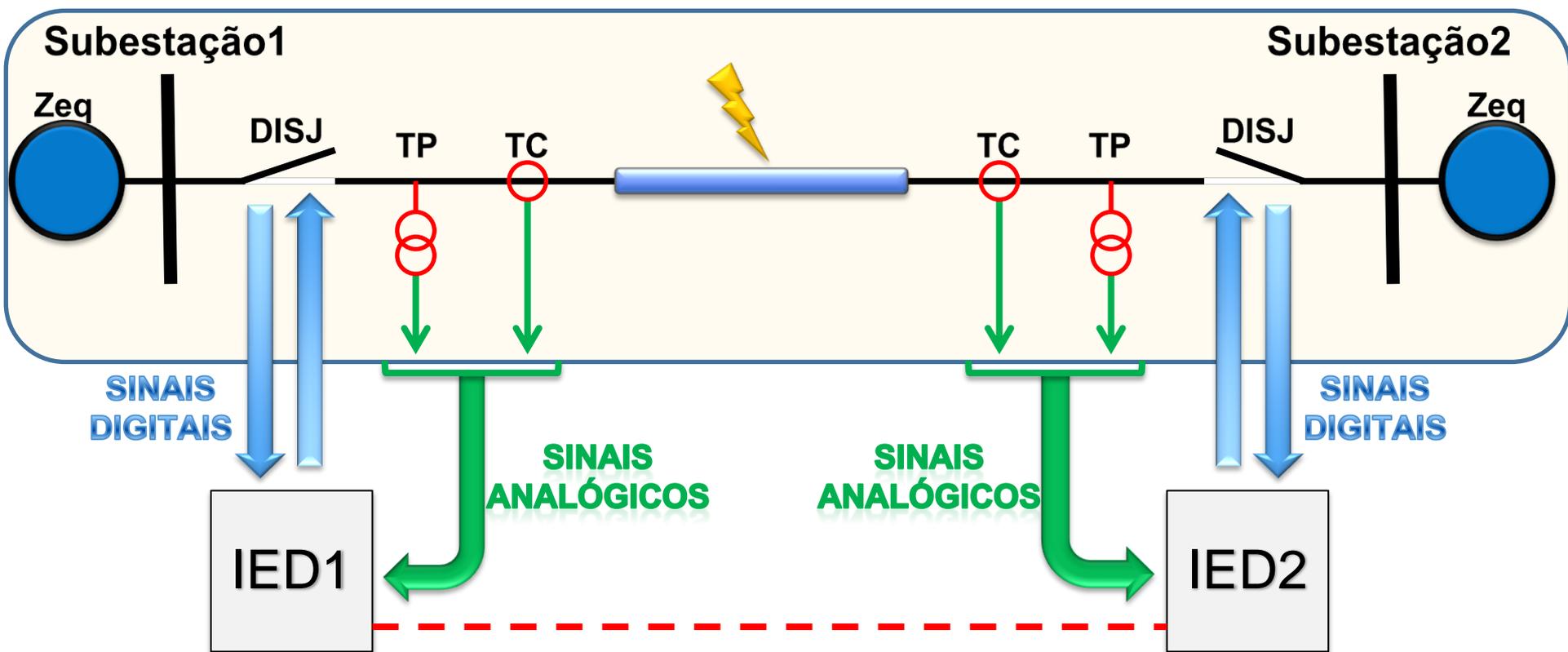


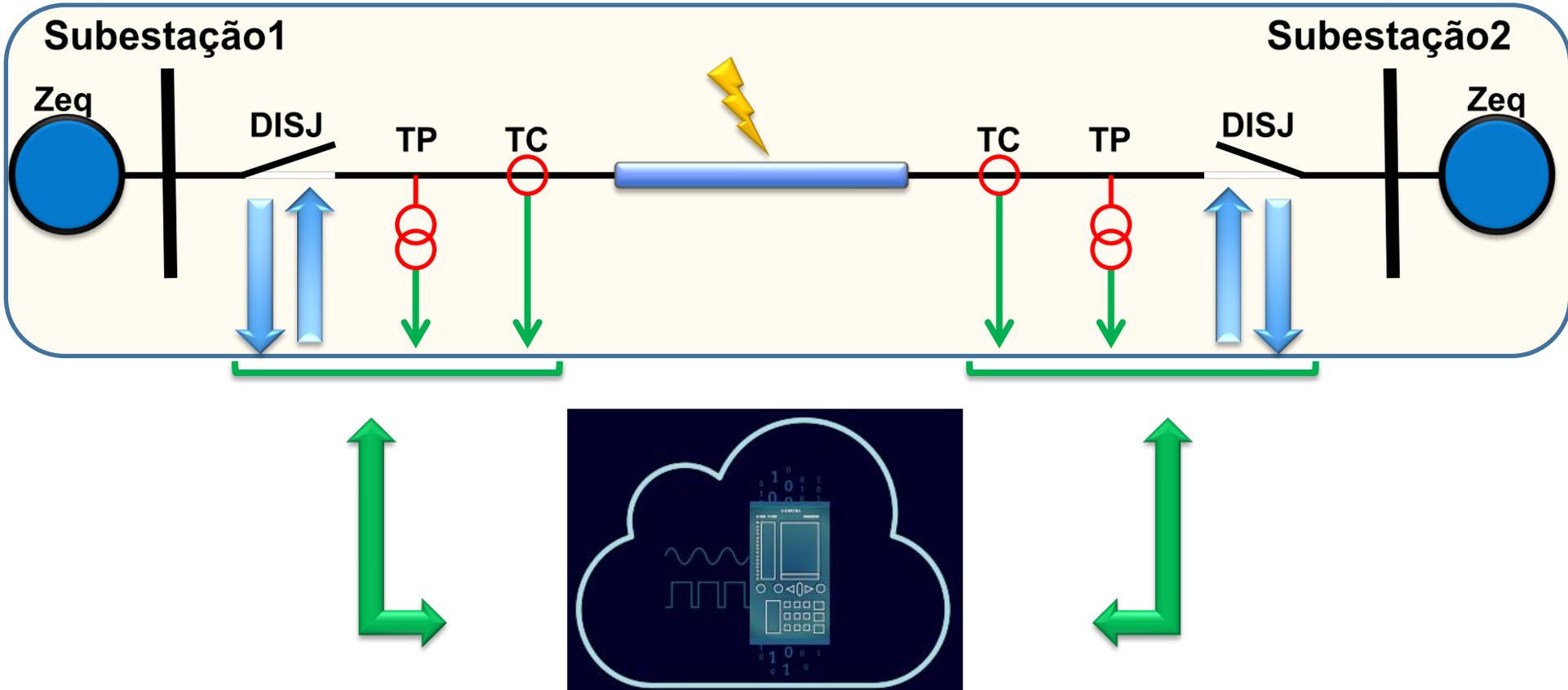
- Simulado

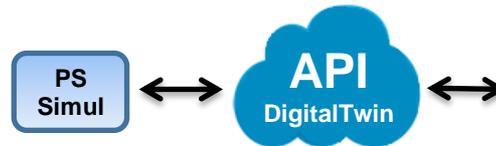
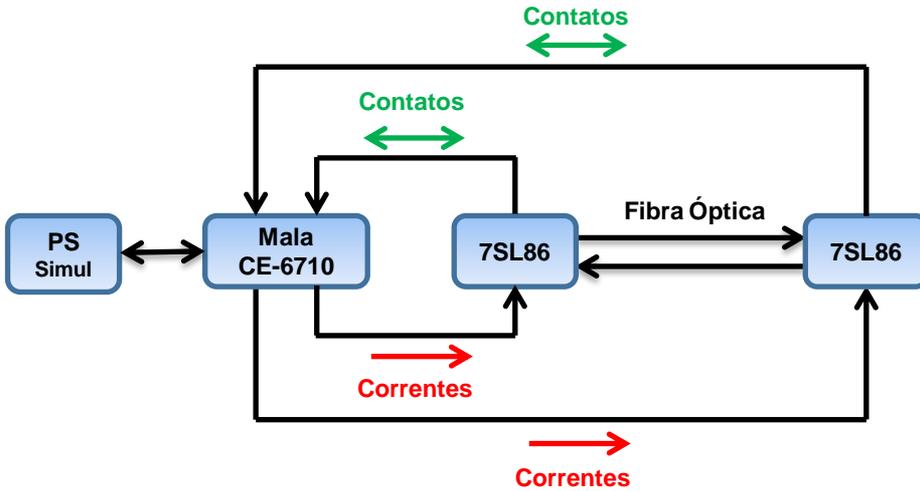


- Gerado
- Resposta









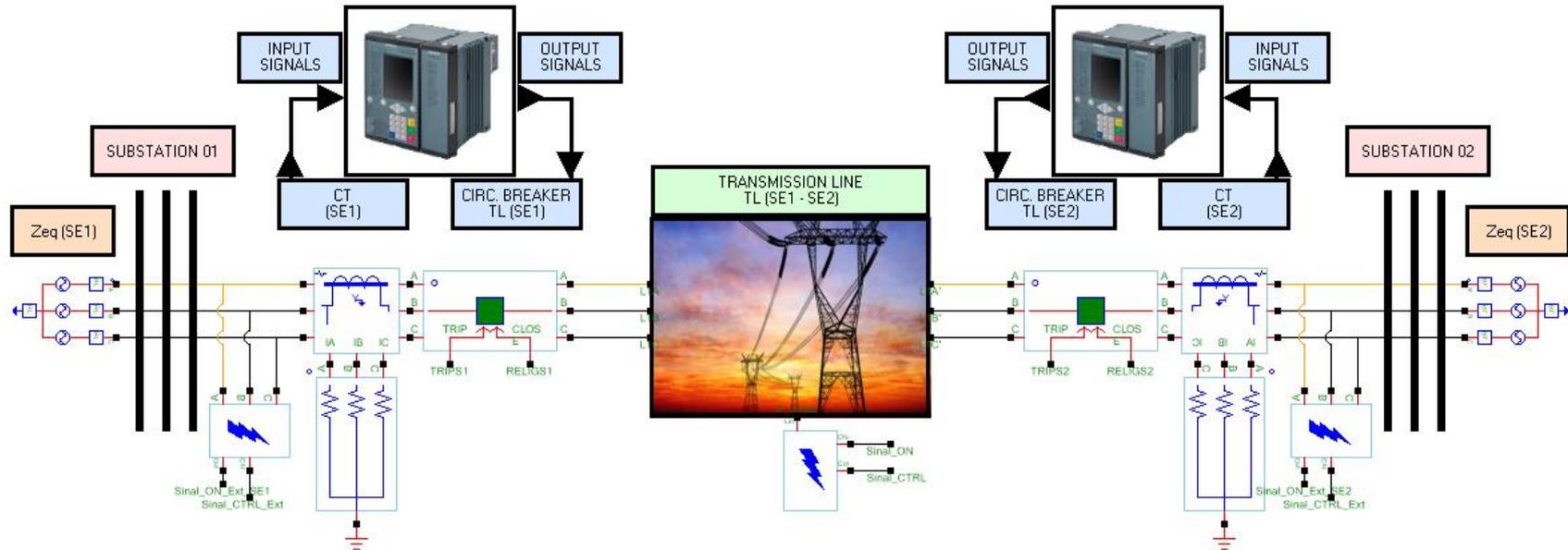


- O IED virtual é uma cópia fiel do IED real?
- Ele possui o mesmo comportamento?
- Possui os mesmo algoritmos? As mesmas funcionalidades?
- As respostas são idênticas?



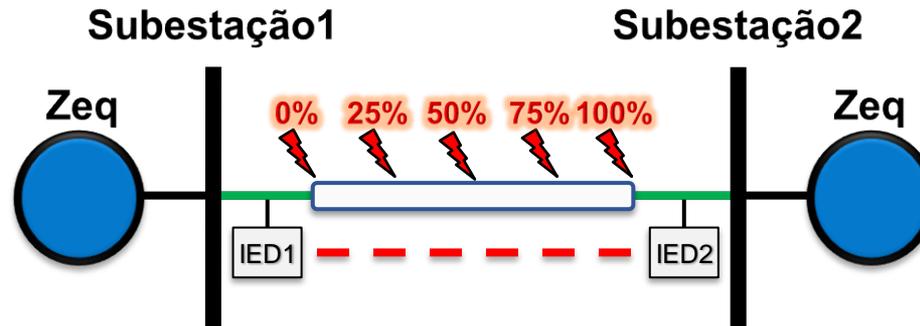


- Ambiente (Convencional e DigitalTwin)
- 500 KV, 87L Proteção de Linha
- 260 casos de teste divididos em 10 grupos



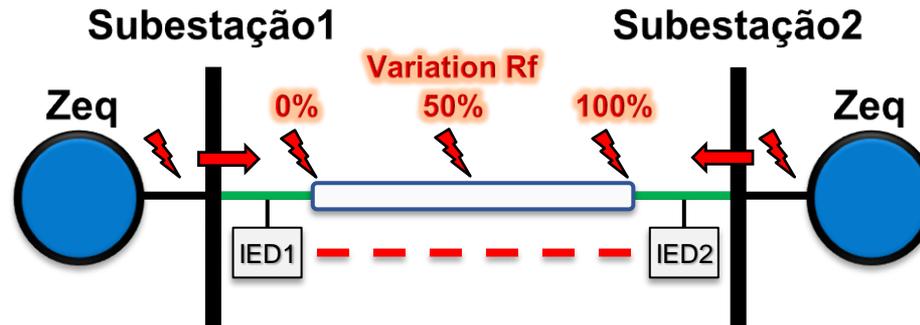


50	Faltas Internas com ângulo de incidência de 0° e 90° . Religamento tripolar com e sem sucesso. Faltas em: 0%, 25%, 50%, 75% e 100% of S1-S2.
50	Faltas internas evolutivas com ângulo de incidência de 0° e 90° . Religamento tripolar com e sem sucesso. Faltas em: 0%, 25%, 50%, 75% e 100% of S1-S2. A evolução ocorre 1 ciclo após o início da falta.



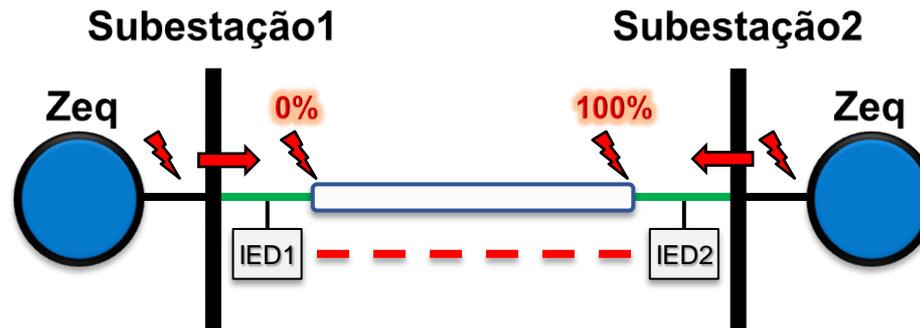


30	Faltas internas com variação da resistência de falta, no meio da linha. Ângulo de incidência de 0° e 90°, ajustando a resistência de falta com valores que variam de 5Ω a 200Ω. Religamento tripolar com sucesso.
10	Faltas externas em SE1 e SE2, com ângulos de 0° e 90°. Para estes casos, a função 87L não deve operar.
10	Faltas externas seguidas de faltas internas (após 6 ciclos), com ângulos de 0° e 90°. Para estes casos, o religamento tripolar com sucesso deve ser verificado.





40	Faltas externas com saturação em SE1 e SE2, com ângulos de 0° e 90° . Para estes casos, a função 87L não deve operar. Em cada subestação diferentes tipos de falta foram simulados, para diferentes valores de resistência de burden , visando provocar saturações leves e pesadas.
40	Faltas externas seguidas de faltas internas (após 6 ciclos) , com ângulos de 0° e 90° . Para estes casos, o religamento tripolar com sucesso deve ser verificado. Saturações leves e pesadas foram provocadas pela variação da resistência de burden .

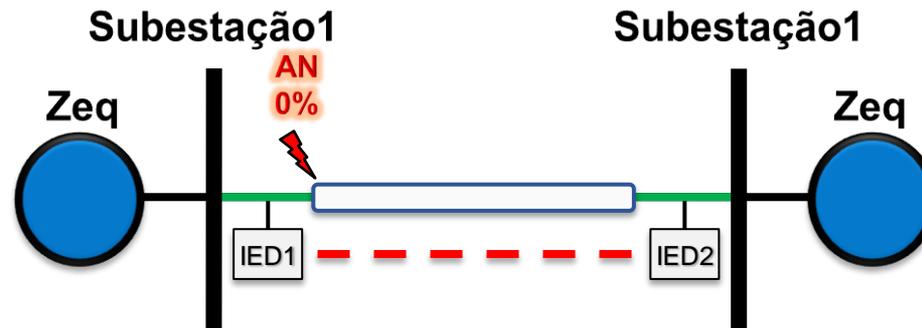


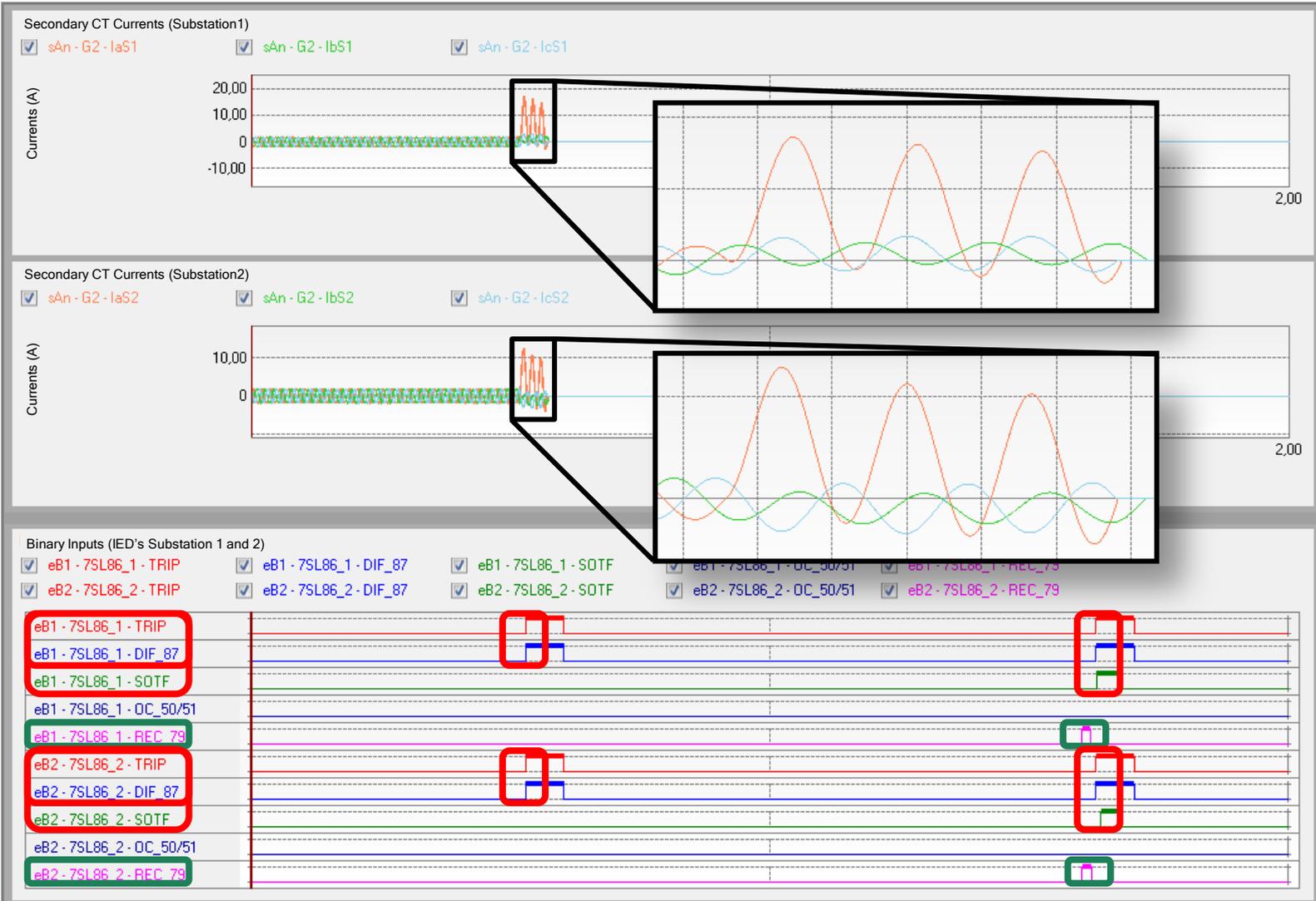


12	Faltas internas na condição “ switch on to fault ”, com ângulos de 0° e 90°. <ul style="list-style-type: none">• SOTF com terminal da SE1 Aberto: 0% e 100% de SE1.• SOTF com terminal da SE2 Aberto: 0% e 100% de SE1.
10	Verificar a resposta do relé para sub e sobrefrequências (57 Hz e 72 Hz) . Faltas internas de diferentes tipos a 50% com ângulo de 0° e 90°. Religamento tripolar sem sucesso .
8	Faltas sem comunicação , externas e internas nas posições 0% e 100%, com ângulo de 0° e 90°. Religamento sem sucesso .



- **Falta AN em 0%**
- **Ângulo de incidência de 0°**
- **Religamento Sem Sucesso**
- **Repetibilidade (20x)**





COMPARAÇÃO DE TEMPOS (ms)



Sinal	Sistema	ANALÓGICO				DIGITALTWIN				Δ Tmed.
		Tmin.	Tmed.	Tmax.	σ	Tmin.	Tmed.	Tmax.	σ	
TRIP (7SL86_1)	AR	11.800	14.182	17.250	1.59	8.050	10.473	12.050	1.28	3.71
	DR	12.450	16.480	20.800	2.04	12.950	15.330	17.950	1.87	1.15
REC_79 (7SL86_1)	-	1032.4	1035.6	1039.9	2.25	1029.8	1031.7	1033.8	1.57	3.91
SOTF (7SL86_1)	AR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DR	14.200	20.100	26.200	2.88	12.950	16.128	19.950	2.24	3.97
TRIP (7SL86_2)	AR	12.600	14.540	17.600	1.54	8.050	10.320	12.050	1.38	4.22
	DR	13.100	17.157	23.150	3.38	12.950	15.725	19.000	1.81	1.43
REC_79 (7SL86_2)	-	1031.3	1033.1	1035.2	1.16	1034.0	1036.4	1038.1	1.27	3.29
SOTF (7SL86_2)	AR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DR	15.750	22.950	29.950	4.19	12.950	16.168	19.950	2.41	6.78

AR = Antes do religamento
DR = Depois do religamento

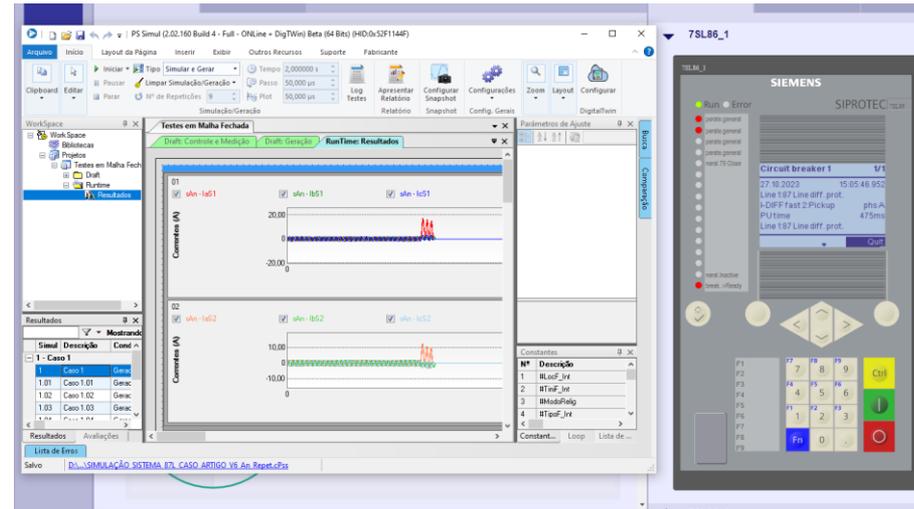




Sistema Convencional: Sinais Analógicos e Binárias



DigitalTwin: COMTRADE -> API



- Testados **520 cenários de contingência**:
 - 260 – **Cabeamento Rígido**
 - 260 – **DigitalTwin**
- **Variações** do TRIP entre as metodologias -> **Contato físico** (relé)
- Demonstrada a **ferramenta de teste**
- **Malha Fechada**
- **Independência** de Hardware
- Solução **Econômica**





Paulo Sérgio Pereira Júnior

MUITO OBRIGADO!!!

www.CONPROVE.com

