

# **Análise da Proteção de Sobreexcitação para Geradores e Transformadores com testes práticos**

## **PAC World Latin America Conference**

Gustavo Silva Salge – Conprove Engenharia  
23/11/2012, Florianópolis, Brasil



# Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar um **sistema** capaz de averiguar o funcionamento da proteção de **sobreexcitação**

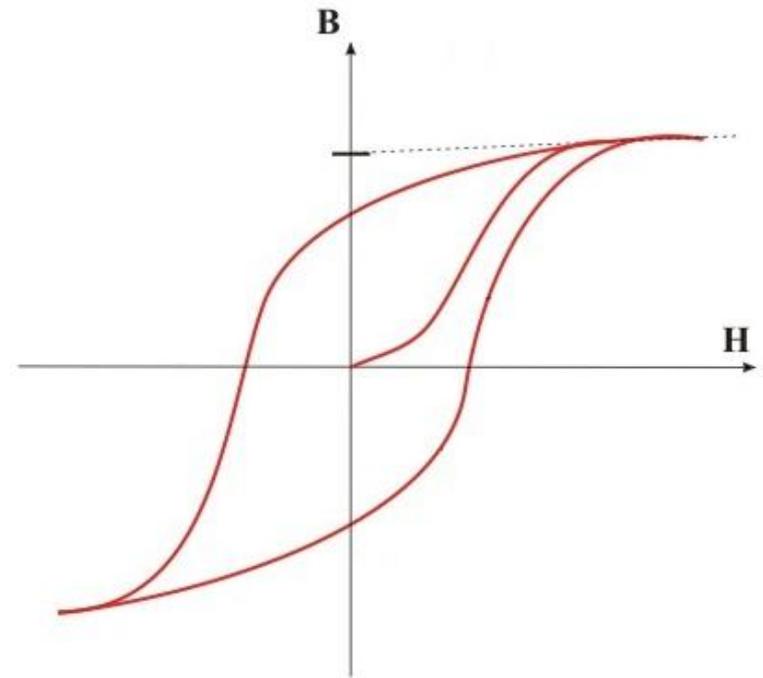
Foram **avaliados três IED's** de tal forma a demonstrar o funcionamento das metodologias de teste desenvolvidas e dos algoritmos dos relés

- **Sobreexcitação**

- Geradores, Transformadores e Motores
- Circuitos Magnéticos
- Lenz e Faraday:

$$e_{\text{RMS}} = 4.44 N f B_{\text{pico}} S$$

$$B \propto \frac{e}{f}$$



- Relação V/Hz é indicador de excitação

- **Causas:**

- Variações na tensão e/ou na frequência
- Partida e parada do sistema
- Rejeições/Perda de Carga

- **Consequências:**

- Aquecimento em enrolamentos, cabos, conectores e elementos estruturais
- Ruído
- Vibração
- Perda de isolação



# Ajustes da Proteção

Curvas de tempo inverso e tempo definido parametrizadas de acordo com o **limite térmico** do equipamento fornecido pelo fabricante.

A proteção se **condiciona** aos limites de medição de **tensão e frequência**.

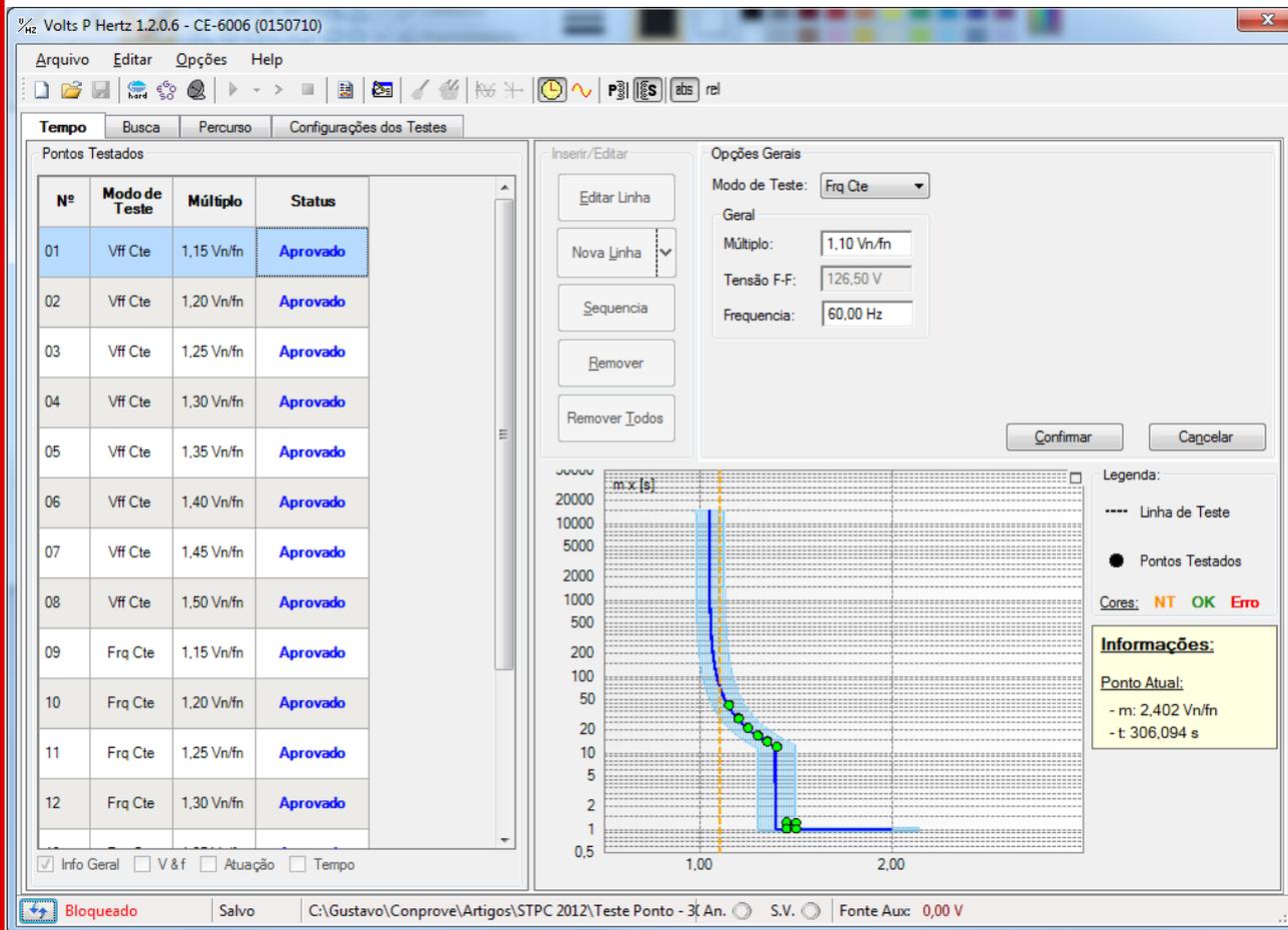


- **VoltzPHz**

- Gera formas de onda **transitórias**
- Reproduz alterações simultâneas na **tensão e frequência** dos sinais
- Permite avaliação da curva de tempo e do pickup através de três metodologias de teste:
  - Ponto
  - Busca
  - Percurso



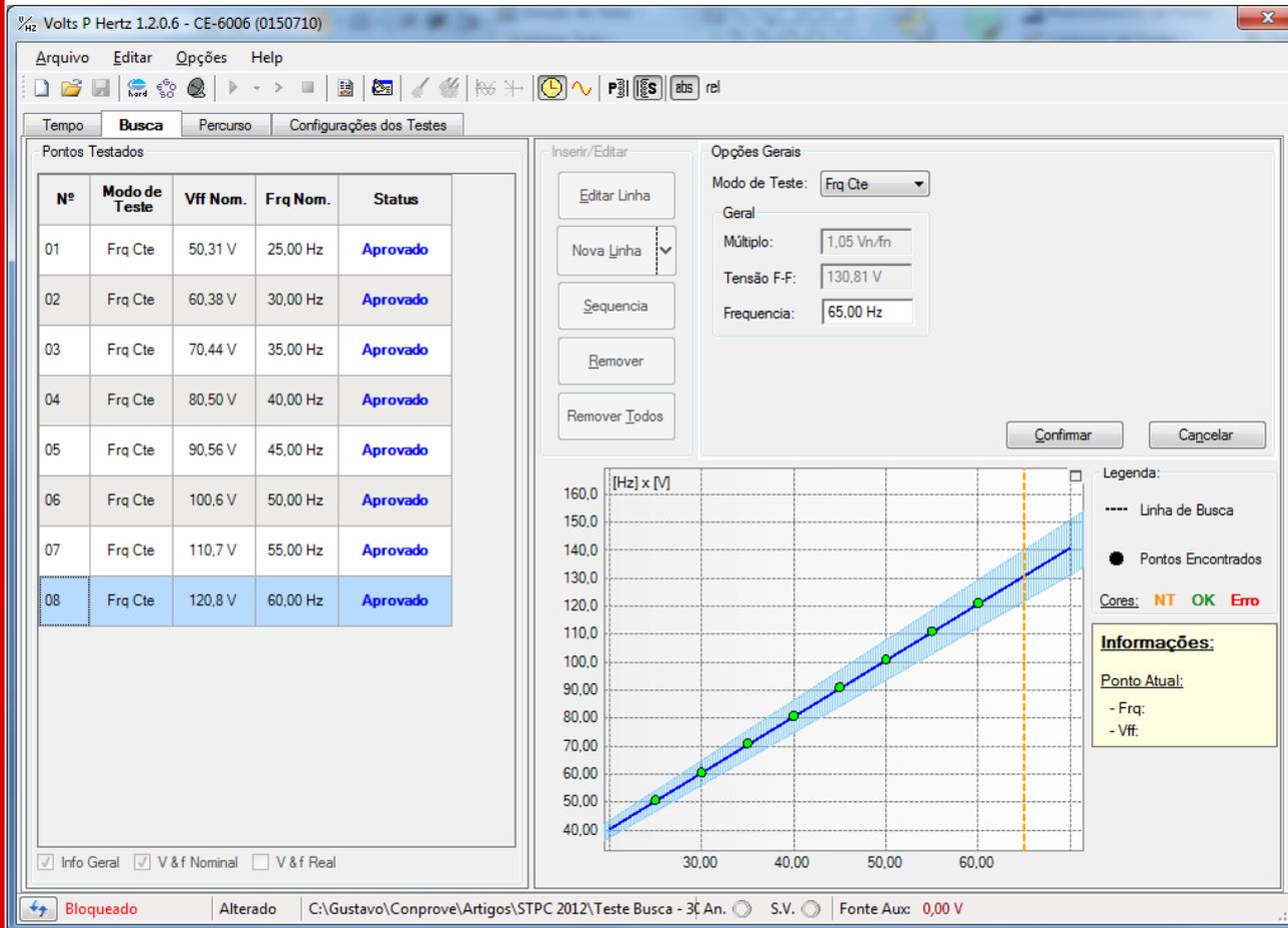
# Teste de Ponto



- Avalia o Tempo de Operação
- Define Múltiplo de Teste
- Modo de Teste:
  - Frequência Constante
  - Tensão Constante
- Sequência



# Teste de Busca



- Avalia o Pickup

- Define a tensão ou a frequência de Teste

- Modo de Teste:

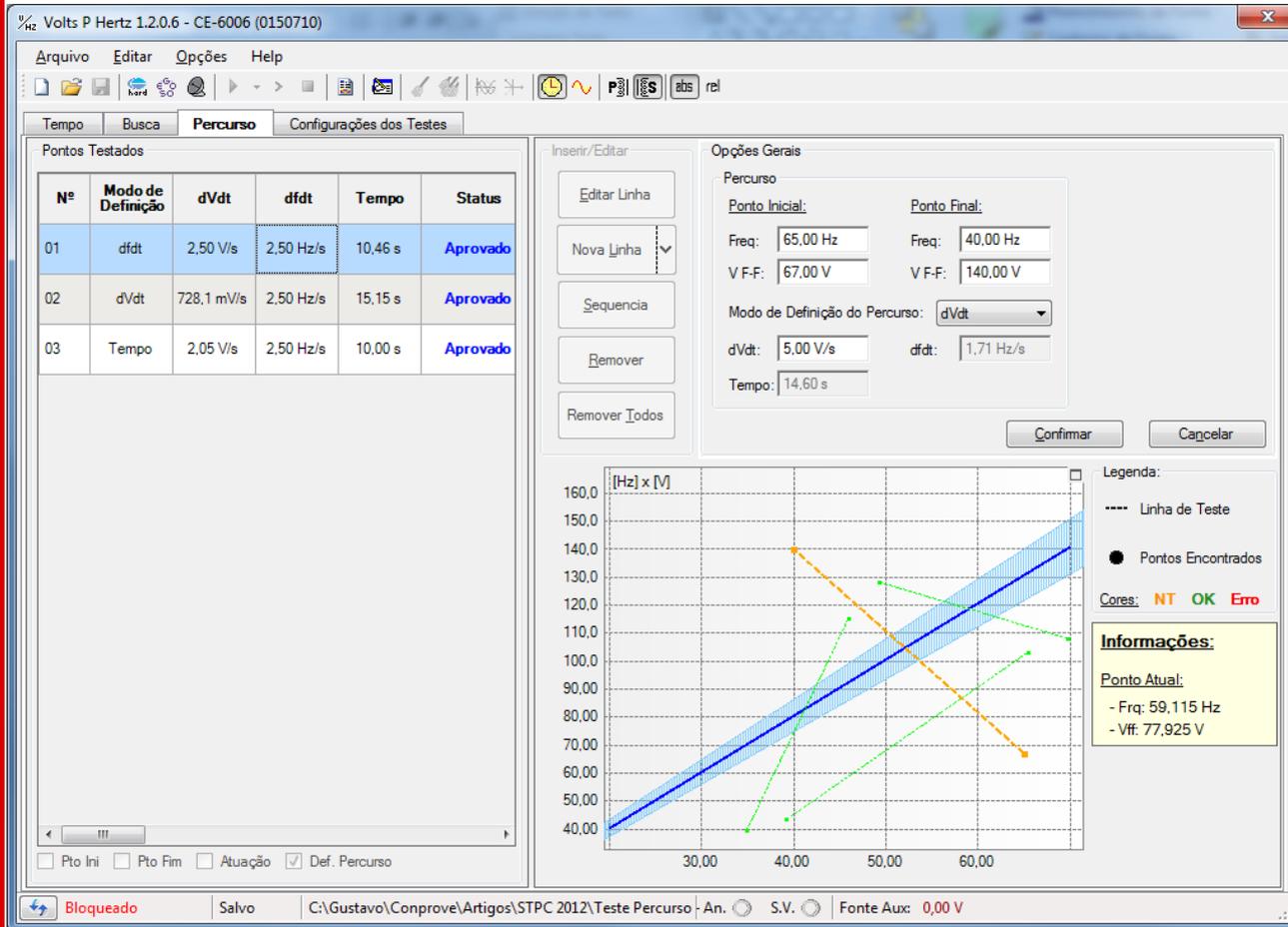
- Frequência Constante

- Tensão Constante

- Sequência



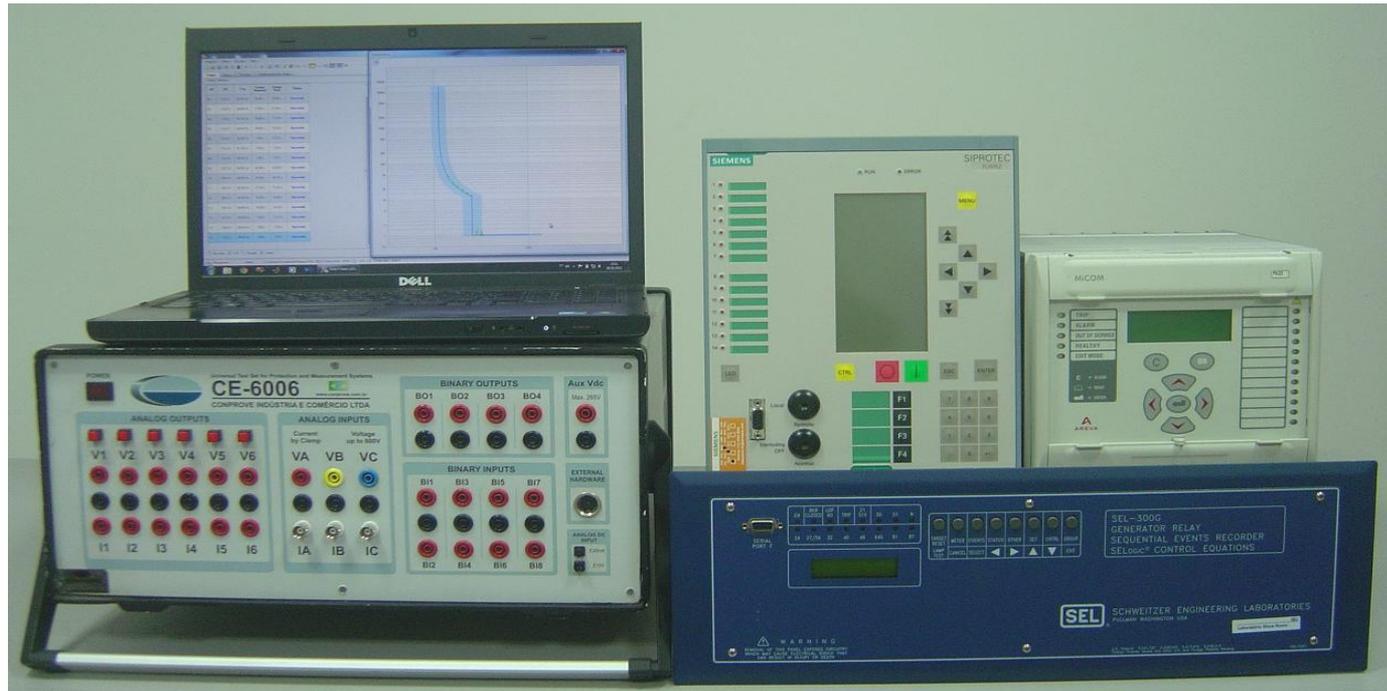
# Teste de Percurso



- Avalia o Pickup
- Define a reta para a variação de tensão e de frequência
- Percurso definido por:
  - dV/dt
  - dF/dt
  - Tempo



# Testes em Laboratório



- Mala de Testes Hexafásica Conprove Modelo CE-6006
- 3 IED's:
  - Siemens - 7UM
  - Schweitzer - 300G
  - Areva (Schneider) - P632



# Comparativo entre os IED's Testados

Relés	Definição da curva inversa	Múltiplo Máximo da curva	Limites			
			Tensão		Frequência	
			Mín	Máx	Mín	Máx
7UM	08 Pontos	1.4 Vn/fn	0 V	200 V	10 Hz	70 Hz
P632	12 Pontos	1.6 Vn/fn	0 V	150 V	40 Hz	70 Hz
300G	Equação	1.5 Vn/fn	0 V	300 V	20 Hz	70 Hz

# Testes Realizados

- **Teste de Ponto (Teste 1)**
  - Múltiplos de  $1.15 V_n/f_n$  até  $1.5 V_n/f_n$  variando com um passo de  $0.5 V_n/f_n$
- **Teste de Busca (Teste 2)**
  - Linhas de busca igualmente espaçadas entre os limites de medição de frequência
  - Testes estatísticos em pontos próximos aos limites de medição visando obter a probabilidade de ocorrência de um teste que apresente erro maior que o tolerável



# Testes Realizados

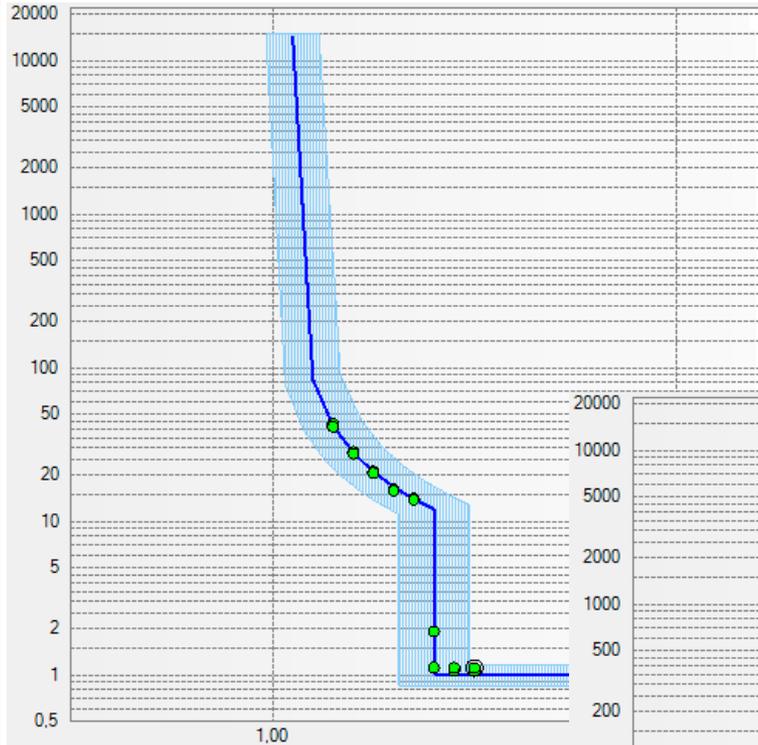
- **Teste de Percurso (Teste 3)**

- Definidas trajetórias visando suprir todas as combinações de variação incremental entre tensão e frequência

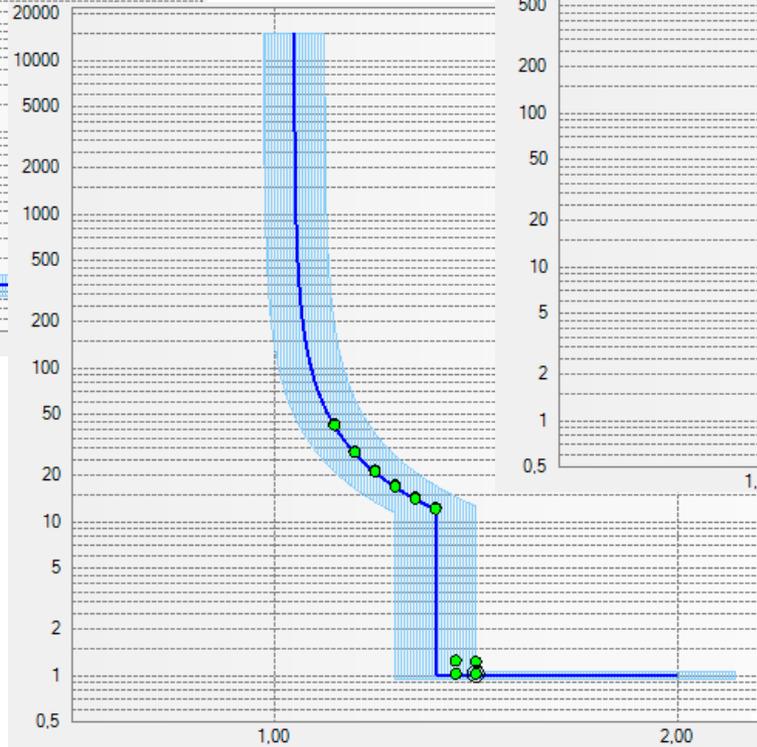
Obs: Para a exposição dos resultados, os relés foram identificados como **A, B e C** de maneira **aleatória** não representando nenhuma ordem ou classificação.



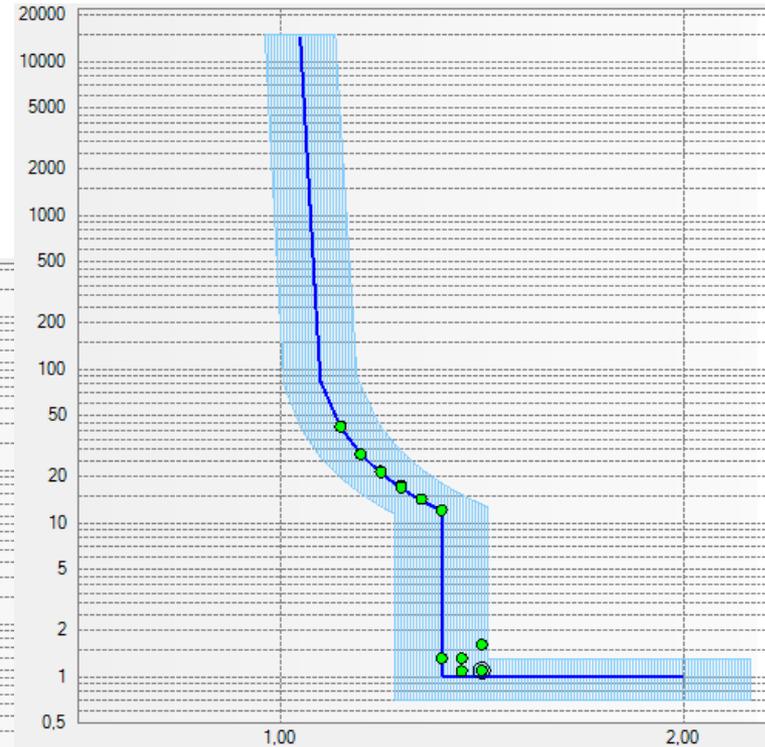
# Resultados - Teste 1



IED A



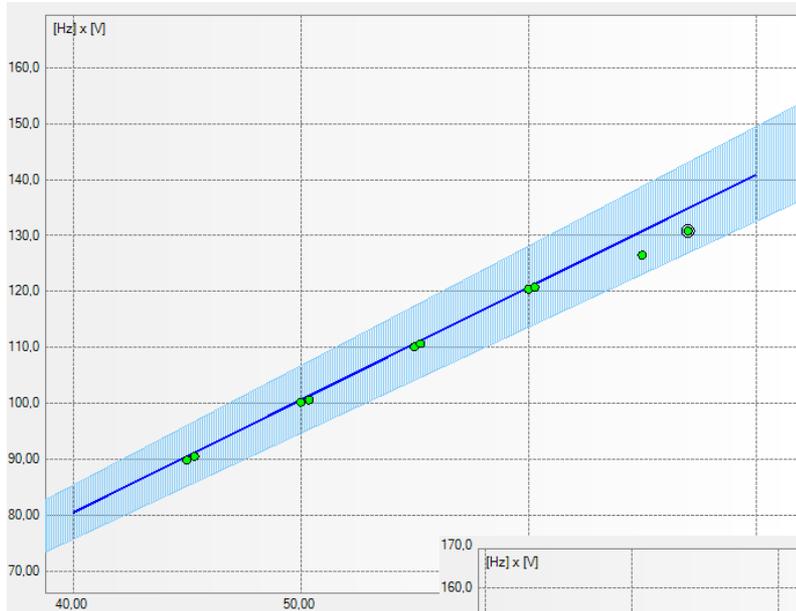
IED B



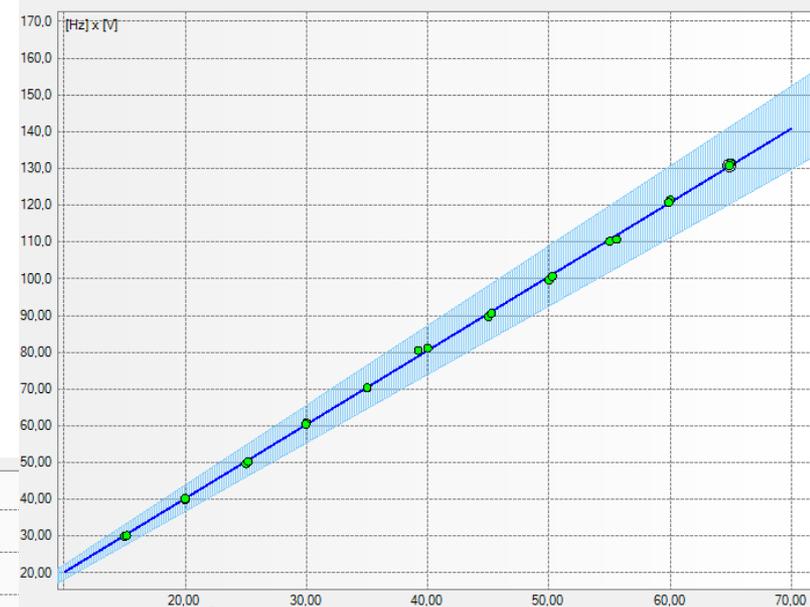
IED C



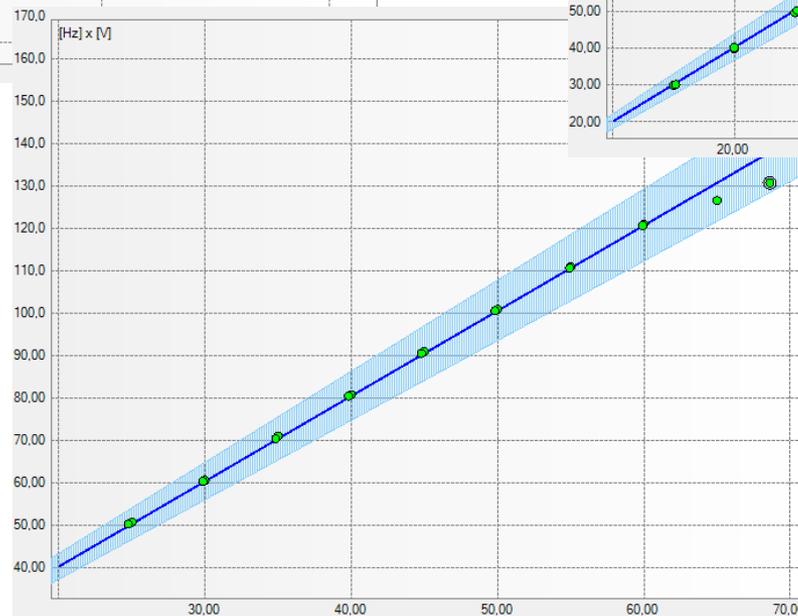
# Resultados - Teste 2



IED A



IED C



IED B



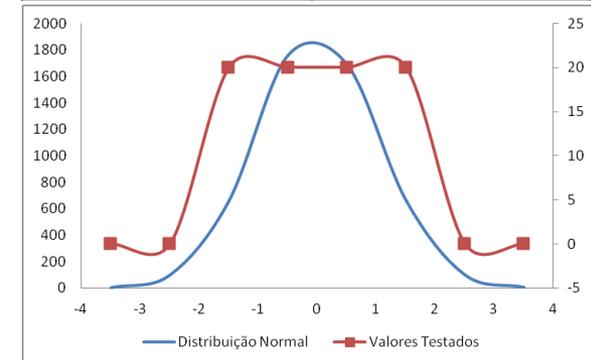
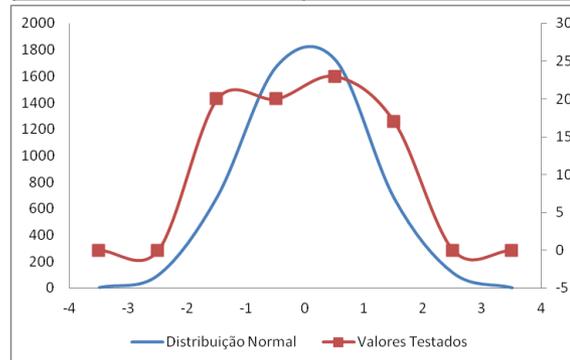
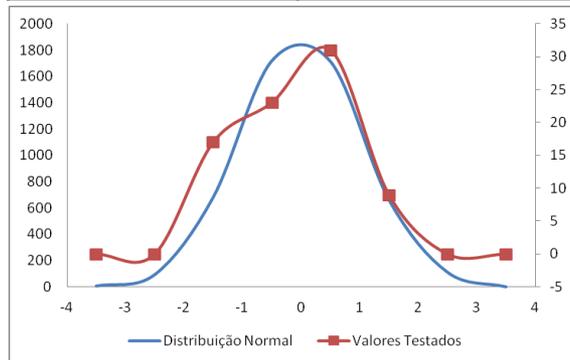
# Estatística – Teste 2

- **80 pontos** de teste por IED
- Aproximação à uma **distribuição normal** (Gauss)
- Cálculo das **probabilidades** de ocorrência de um erro maior que as tolerâncias de cada IED.

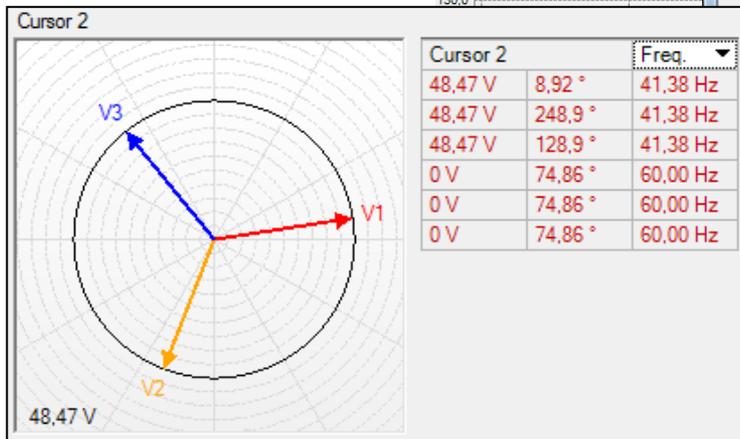
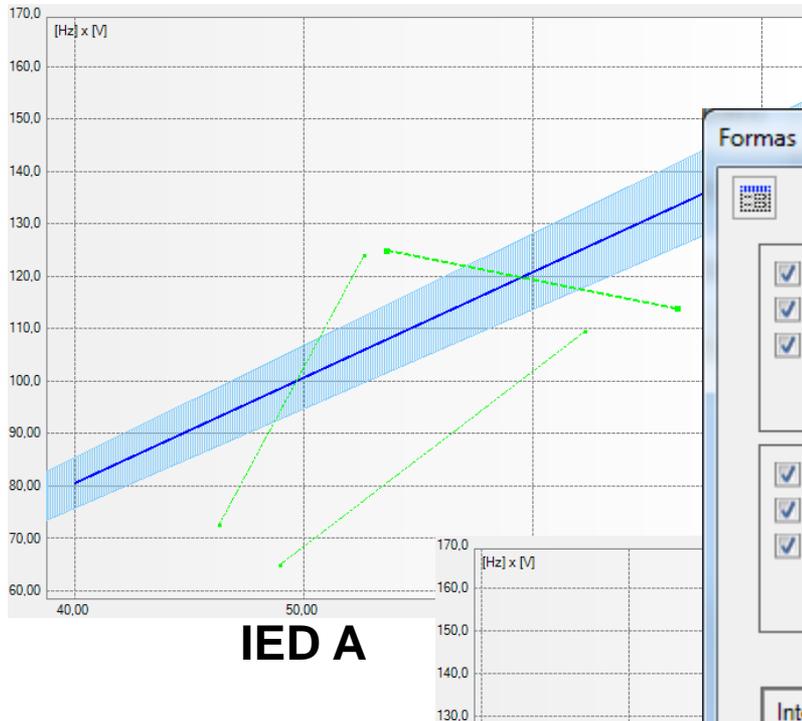
IED - A	
<i>Máximo Abs:</i>	5,65569920%
<i>Mínimo Abs:</i>	0,20151829%
<i>Média:</i>	-2,24475491%
<i>Desvio Padrão:</i>	1,82622552%
<b>Tolerância Máx:</b>	<b>6,00%</b>
<b>Prob Erro &gt; Tol:</b>	<b>1,9877396515%</b>

IED - B	
<i>Máximo Abs:</i>	5,76513148%
<i>Mínimo Abs:</i>	0,35631379%
<i>Média:</i>	-1,68515481%
<i>Desvio Padrão:</i>	2,68122087%
<b>Tolerância Máx:</b>	<b>7,00%</b>
<b>Prob Erro &gt; Tol:</b>	<b>2,3725735210%</b>

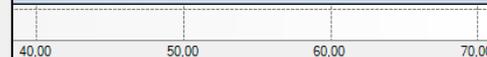
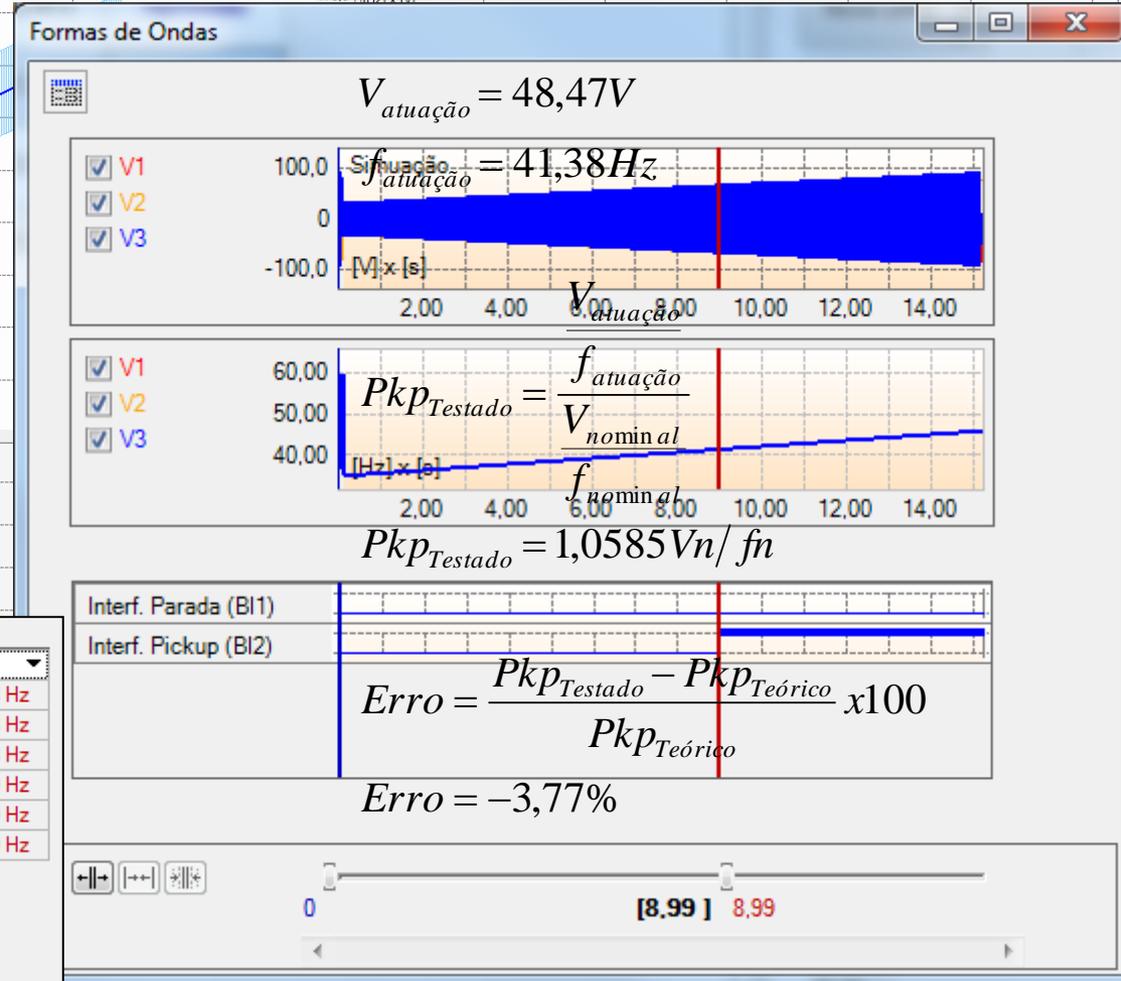
IED - C	
<i>Máximo Abs:</i>	1,04721480%
<i>Mínimo Abs:</i>	0,20627323%
<i>Média:</i>	-0,25896927%
<i>Desvio Padrão:</i>	0,64949400%
<b>Tolerância Máx:</b>	<b>3,00%</b>
<b>Prob Erro &gt; Tol:</b>	<b>0,0012201272%</b>



# Resultados - Teste 3



$$Pkp_{Teórico} = 1,1Vn / fn$$



**IED B**



# Conclusões

- **Semelhanças** na **identificação** de uma sobreexcitação, através da medição da tensão na proporção da frequência.
- A **diferença** entre os relés ficou evidenciada na parametrização da **curva inversa** e nos **limites** de medição de **tensão** e **frequência**
- O trabalho apresentou através de **testes estatísticos** que a **probabilidade** de erro na partida da função de proteção é **mínima**



# Conclusões

- Evidenciou-se a necessidade de sistemas capazes de reproduzir **sinais transitórios**
- O **sistema desenvolvido** mostrou-se capaz de **avaliar** os relés, os quais apresentaram excelente desempenho nos testes realizados

**Muito Obrigado!**

**Gustavo Silva Salge**



**CONPROVE**  
ENGENHARIA

[www.conprove.com.br](http://www.conprove.com.br)

