



Redes Subterrâneas de Energia Elétrica/2017

6, 7 e 8 de junho de 2017

Centro de Convenções Frei Caneca - São Paulo - SP

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CABOS ISOLADOS ATRAVÉS DOS MÉTODOS DE TENSÃO APLICADA EM VLF E TAN DELTA

Rafael Calebe



DELTATRON
EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS

A **DELTATRON** É UMA EMPRESA ESPECIALIZADA NO FORNECIMENTO DE EQUIPAMENTOS PARA ENSAIOS ELÉTRICOS E PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS.

CONTAMOS COM PROFISSIONAIS COM MAIS DE 15 ANOS DE EXPERIÊNCIA EM ENSAIOS DE CABOS ISOLADOS ATRAVÉS DOS MÉTODOS DE TENSÃO APLICADA EM VLF, TAN DELTA E DESCARGAS PACIAIS.

SOMOS DISTRIBUIDORES NO BRASIL DA **HIGH VOLTAGE**, EMPRESA AMERICANA LÍDER MUNDIAL NO FORNECIMENTO DE HIPOTS AC/DC, VLF/TD E LOCALIZADORES DE FALHAS EM CABOS.

PRINCIPAIS COMPONENTES DO CABO ISOLADO



Condutor

Blindagem do Condutor

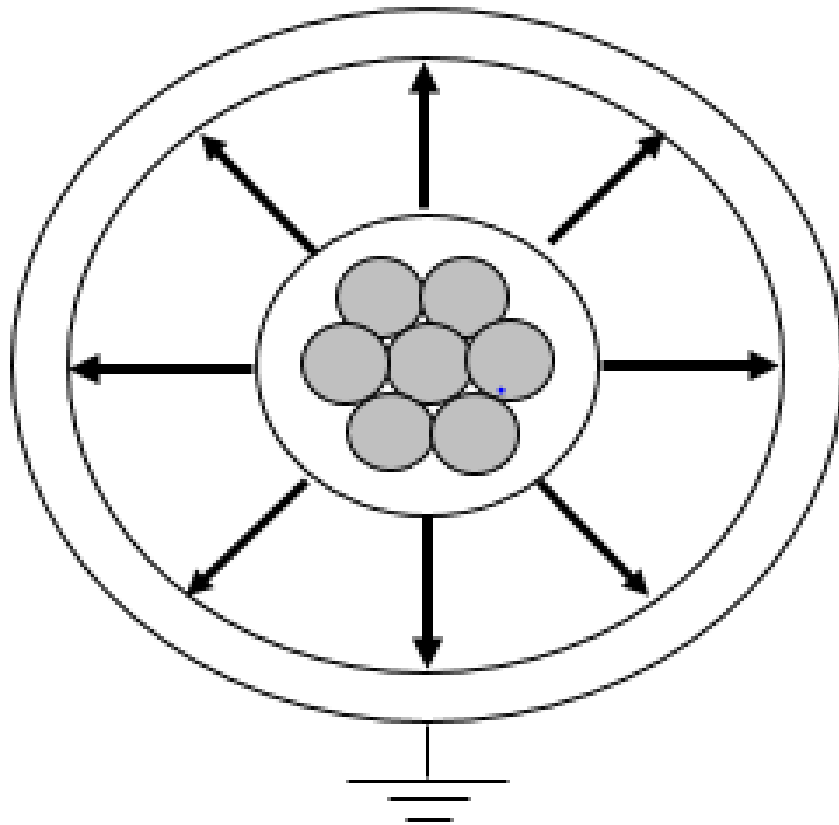
Isolação

Blindagem da Isolação

Blindagem Metálica

Cobertura

CABO EM BOAS CONDIÇÕES = CAMPO ELÉTRICO UNIFORME

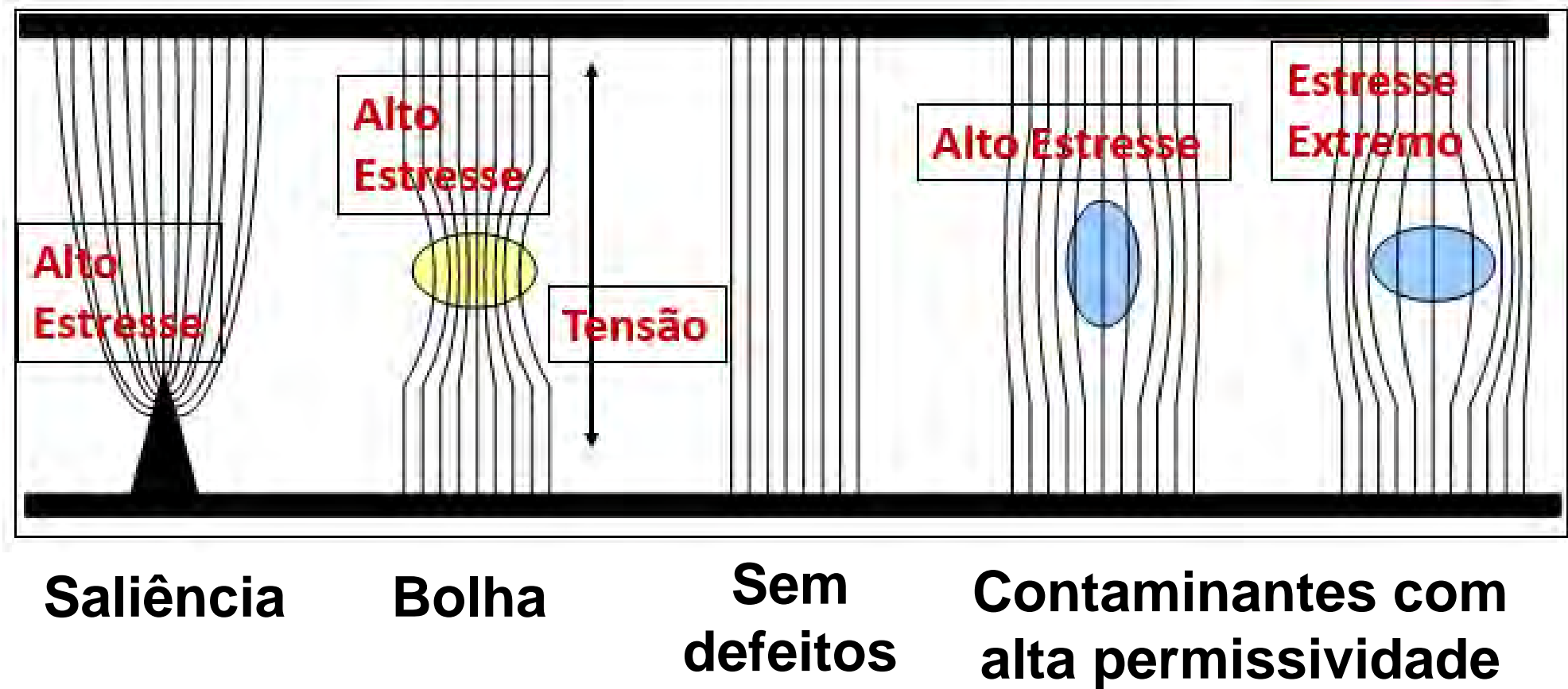


Quando ambas as blindagens estão:

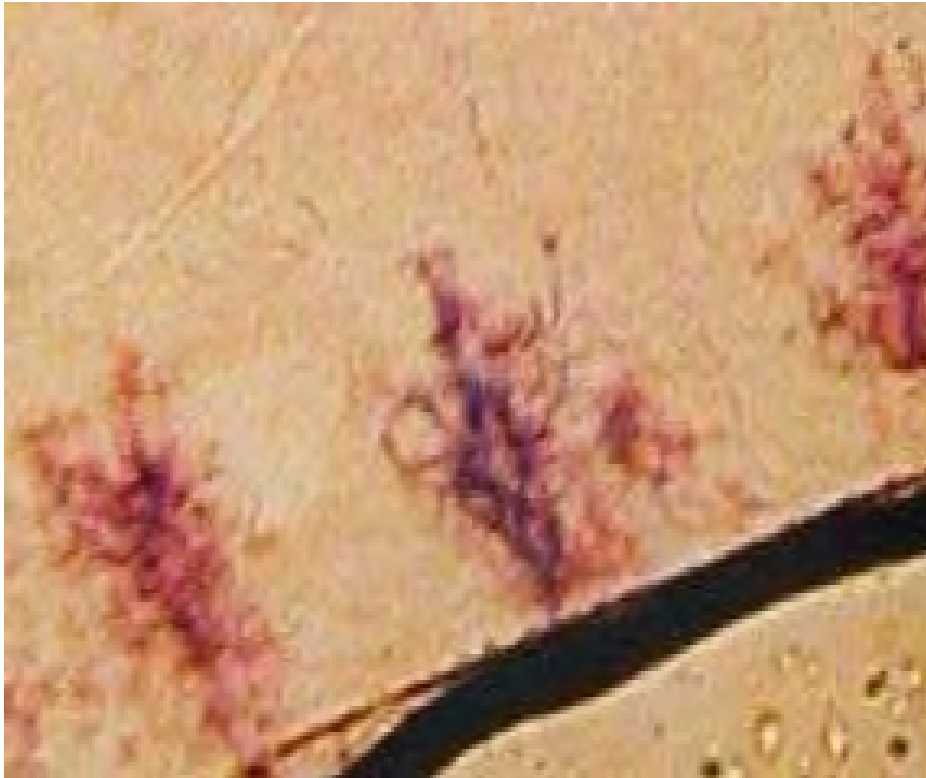
- Regulares
- Intactas

Assim, as linhas do campo elétrico estão uniformes com uma distribuição do estresse elétrico controlada.

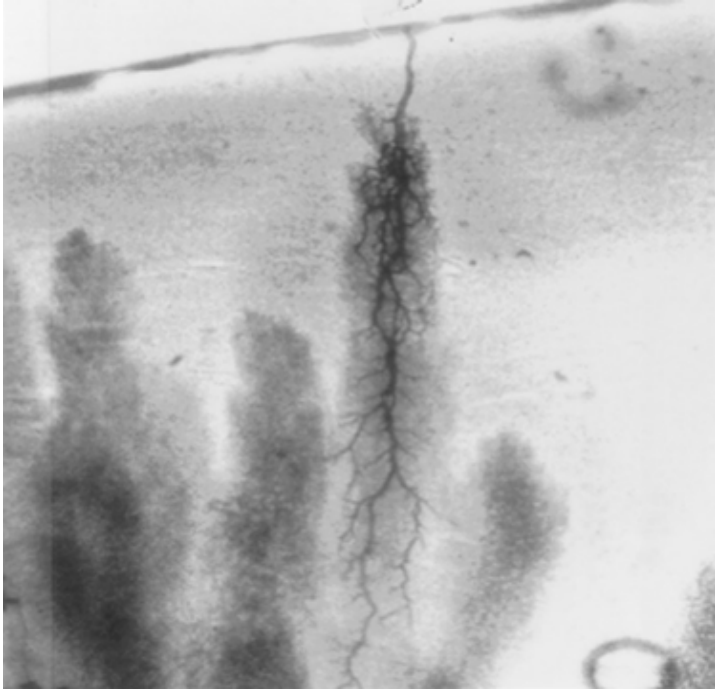
EFEITOS BÁSICOS DA ELEVAÇÃO DO ESTRESSE



ARBORESCÊNCIA



CONVERSÃO DE ÁGUA EM ARBORESCÊNCIAS ELÉTRICAS



Arborescência Elétrica crescendo de uma arborescência de água.

- Arborescência de água atua como um elevador do estresse.
- Arborescência de água aumenta o campo elétrico local.
- Arborescência de água gera, também, estresses mecânicos locais.
- Se o estresse elétrico e mecânico são elevados \Rightarrow arborescência elétrica é iniciada.
- Arborescência elétrica completa o caminho da falha com seu rápido crescimento.

TESTE DC

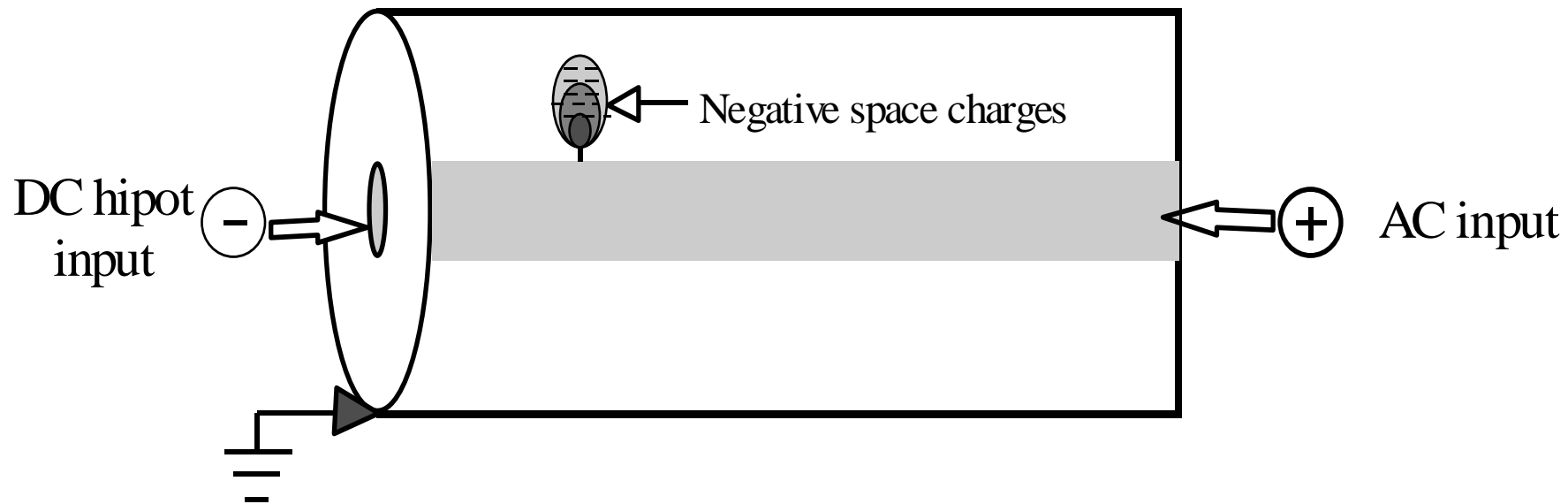
- **Vantagens:**

- Hipots DC são pequenos, portáteis e econômicos.
- Fácil operação.
- Considerados “não destrutivos”.

- **Desvantagens:**

- DC foi comprovado como prejudicial a isolamentos dielétricos sólidos.
- Corrente de fuga DC é ineficaz para determinação da vida útil do cabo.
- Ferramentas de diagnóstico não disponíveis - TD / PD.

PORQUE DC É PREJUDICIAL?



Hipot DC carrega negativamente áreas com arborescência de água. Estas “cargas espaciais presas” permanecem após o teste.

Quando AC é reaplicado, há uma grande diferença de potencial através de pouco isolamento. Gera arborescência elétrica, o cabo irá falhar.

NÃO TESTAR

- **Vantagens:**

- Sem operação, sem custos.
- Sem equipamentos caros.

- **Desvantagens:**

- Desligamentos ineperados.
- Perda de receita.
- Sem parâmetros da saúde do seu sistema.
- Mentalidade reativa, sem proatividade.

TESTE 60 Hz

- **Vantagens:**

- O mesmo perfil das condições nominais de serviço.
- Correlaciona-se aos testes de fábrica.
- Permite o teste com diagnóstico.

- **Desvantagens:**

- Equipamentos caros, grandes e pesados.
- Dificuldade na operação.

TESTE VLF

- **Vantagens:**

- Estresse similar às condições nominais de serviço.
- Leve, barato e fácil de usar
- Fácil na interpretação dos resultados (Passa/Não passa)
- Saída senoidal, pode ser usado com equipamentos de diagnóstico para PD ou Tan Delta.
- Não danifica cabos em boas condições de operação.

- **Desvantagens:**

- Forma de onda em alguns modelos (trapezoidal) não permite diagnóstico para PD ou Tan Delta.

O QUE É VLF

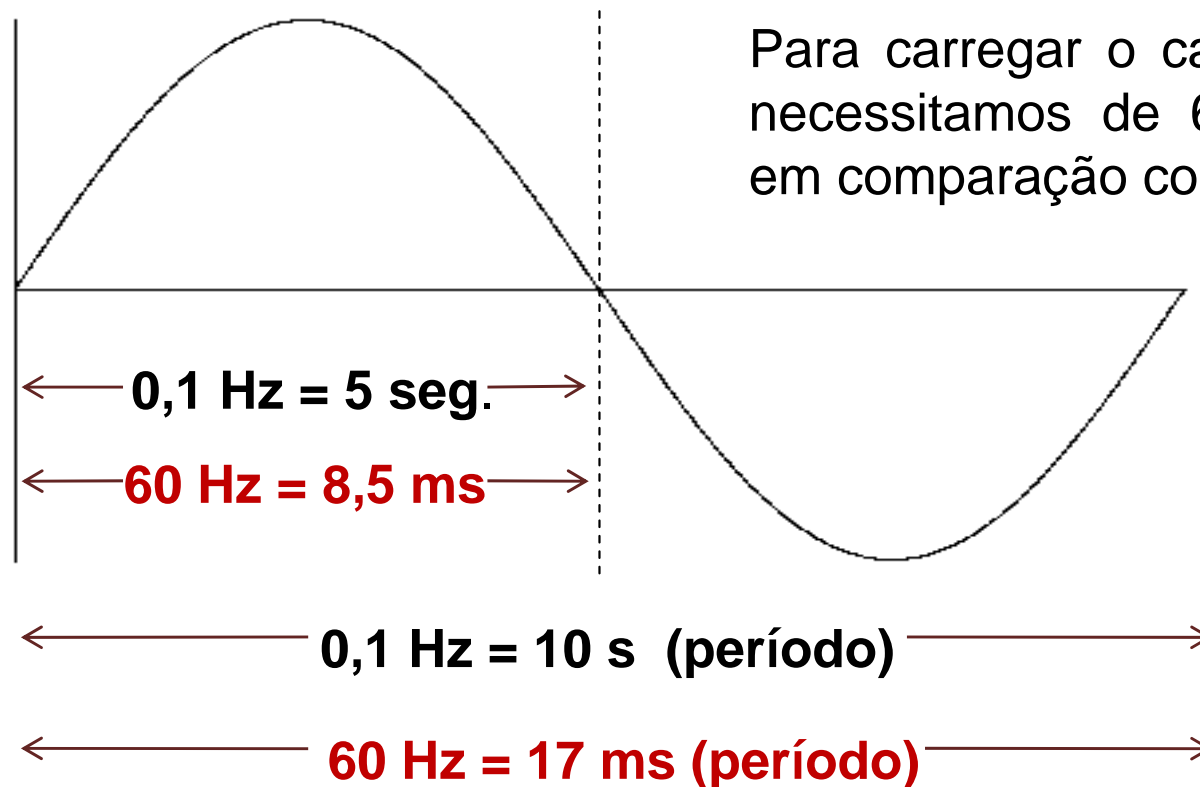
Um instrumento VLF é apenas um Hipot AC, mas com uma frequência de saída inferior a 50/60 Hz.

Very Low Frequency: 0,1 Hz ou menor.

Diminuído a frequência é possível testar quilômetros de cabos com um pequeno e acessível equipamento.

Equipamentos com faixa de 0,1 - 0,01 Hz.

FORMA DE ONDA A 0,1 HZ VERSUS 60 HZ



Para carregar o cabo em somente 4,2 ms, necessitamos de 600 vezes mais corrente em comparação com 2,5 segundos.

**Diferença de
600 vezes!**

A 0,1 Hz o tempo de carregamento para a máxima tensão é de 2,5 s.

A 60 Hz o tempo de carregamento para a máxima tensão é de somente 4,2 ms.

EXPLICANDO O VLF

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

Quanto menor a frequência, maior será X_C (reatância capacitiva).

Quanto maior X_C (ou resistência através da fonte), menor será a corrente/potência necessária para aplicar-se uma tensão desejada.

Em 0,1 Hz, requer-se 600 vezes menos potência para se testar o mesmo cabo, comparando-se com 60 Hz. A 0,01 Hz, este valor é de 6000 vezes.

60 HZ VERSUS 0,1 HZ

A **60 Hz** um cabo de 1 μF tem uma X_c de 2,65 k Ω .

A 22 kV, é necessário **8.3 A** para o teste.

A Potência da fonte deve ser de **183 kVA.**

A **0.1 Hz**, a X_c é de 1,59 M Ω .

A 22 kV, a corrente necessária é de **14 mA.**

A Potência da fonte necessária será de **0,304 kVA.**

(22 kV pico é a tensão do teste de manutenção para um cabo de 15 kV)

BENEFÍCIOS DO VLF

VLF cresce rapidamente os defeitos à falha.

VLF não é destrutivo para bons isolamentos.

VLF expõe defeitos existentes no isolamento e emendas que podem ser excitados pela tensão aplicada.

VLF com Tan Delta ou PD oferecem um excelente diagnóstico não destrutivo.

IEEE 400.2 - TENSÃO DE TESTE EM CAMPO PARA CABOS DE POTÊNCIA BLINDADOS USANDO VLF SENOIDAL

----- Tensão de Teste 0,1 Hz -----

Tensão do Sistema	Instalação	Aceitação	Manutenção
Fase / Fase	Fase / Terra	Fase / Terra	Fase / Terra
<i>kVrms</i>	<i>kVrms/kVpico</i>	<i>kVrms/kVpico</i>	<i>kVrms/kVpico</i>
5	9/12	10/14	7/10
15	18/25	20/28	16/22
25	27/38	31/44	23/33
35	39/55	44/62	33/47

Tensões de teste são geralmente de 2,5 a 3 vezes a tensão Fase/Terra.

XLPE - TAXA DE CRESCIMENTO - IEEE 400-2001

Tensão de Teste Fator (V/V_o)	Taxa de crescimento à 0,1 Hz Tensão senoidal (mm/h)
2	2,3
3	10,9 - 12,6
4	58.3 - 64.2
5	336

A 15kV os cabos possuem uma espessura do isolamento de aprox. **5,9** mm.
Em 30 minutos de teste, aproximadamente todos os defeitos aparecerão.

ESTATÍSTICAS DE TESTE EM XLPE

3 V₀ @ 60 minutos - 17.435 testes VLF realizados

2.179 cabos falharam

Tempo (min.)	Falhas	% do Total
0 - 12	1.472	67,62
13 - 30	469	21,54
31 - 45	129	5,93
46 - 60	107	4,92

89,16%

Apenas 2,78% dos cabos testados falharam posteriormente em serviço.

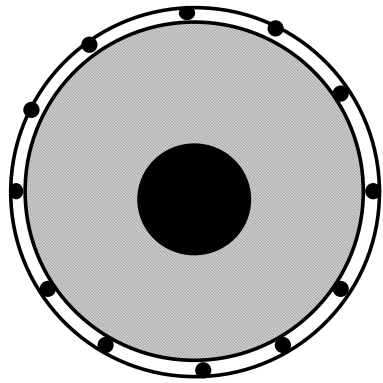
***Vários cabos eram PILC - Testes executados em 2001 - 2002 - TNB (Malaysia)**

MÉTODO DE DIAGNOSE EM CABOS

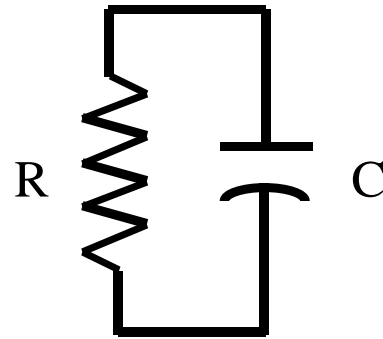
FATOR DE DISSIPACÃO

(Tan Delta)

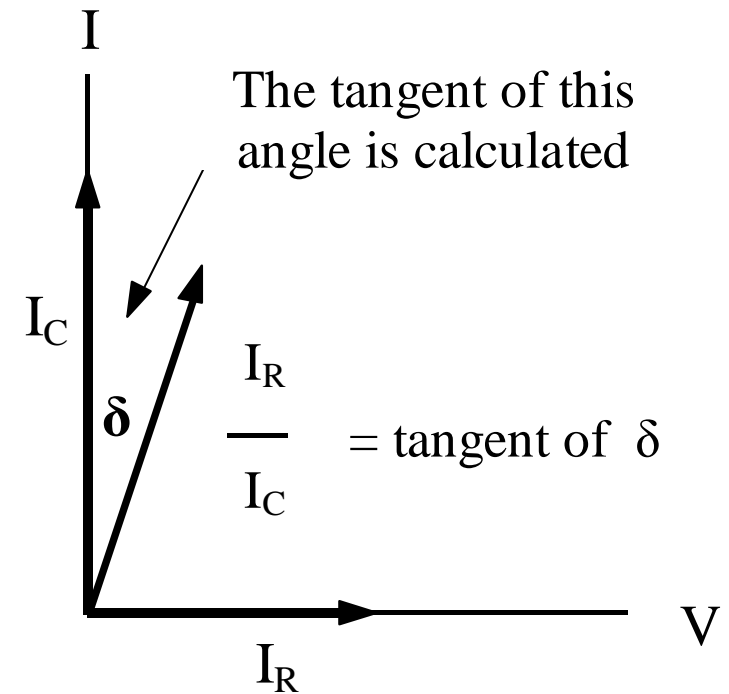
MODELO DE CABO E GRÁFICO DE FASORES TAN DELTA



Cable Cross Section



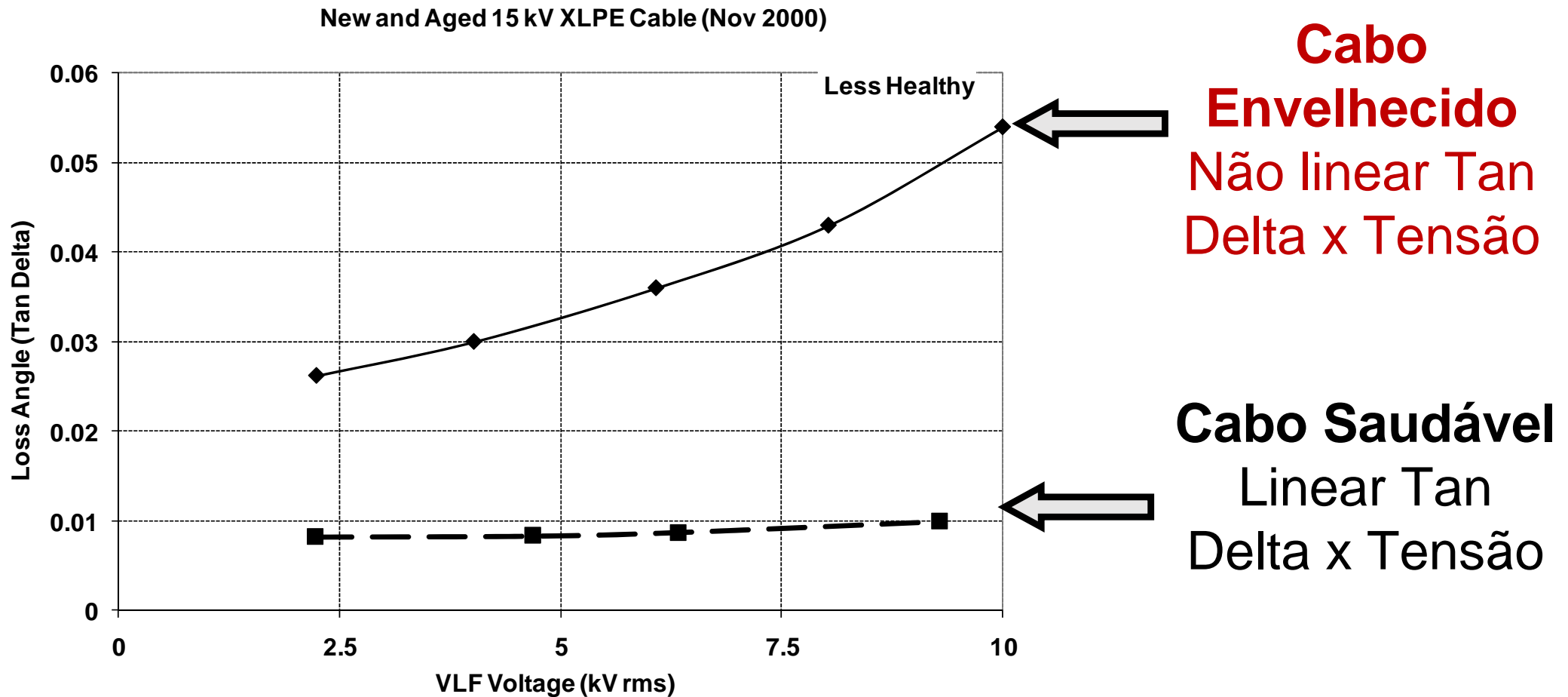
Cable insulation



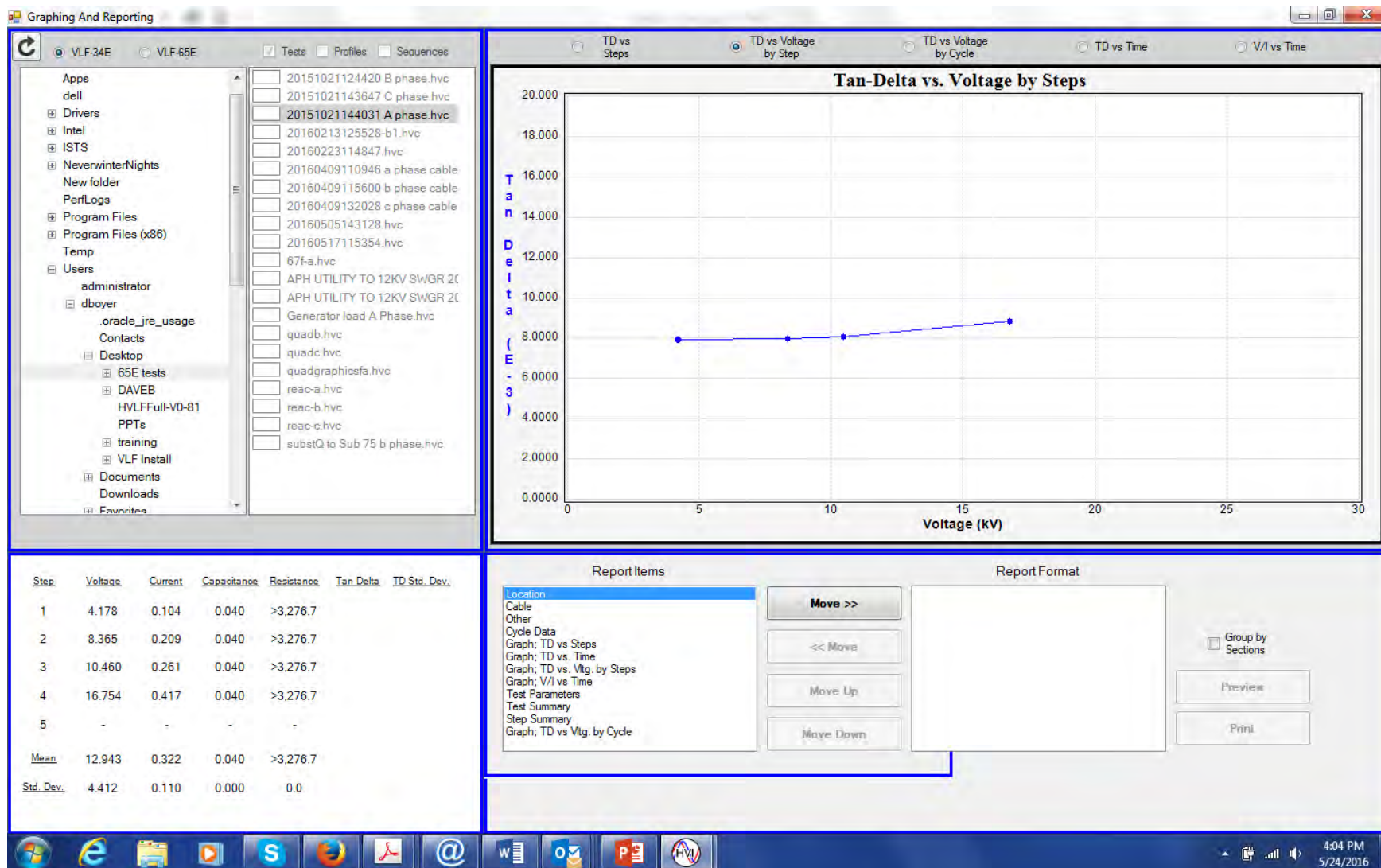
Com isolamento perfeito, o cabo é um capacitor quase perfeito, com 90° de defasagem entre tensão e corrente. Valores inferiores a 90° indicam degradação no isolamento. Os cabos podem ser classificados como bons, intermediários ou ruins.

GRÁFICO TAN DELTA VERSUS TENSÃO

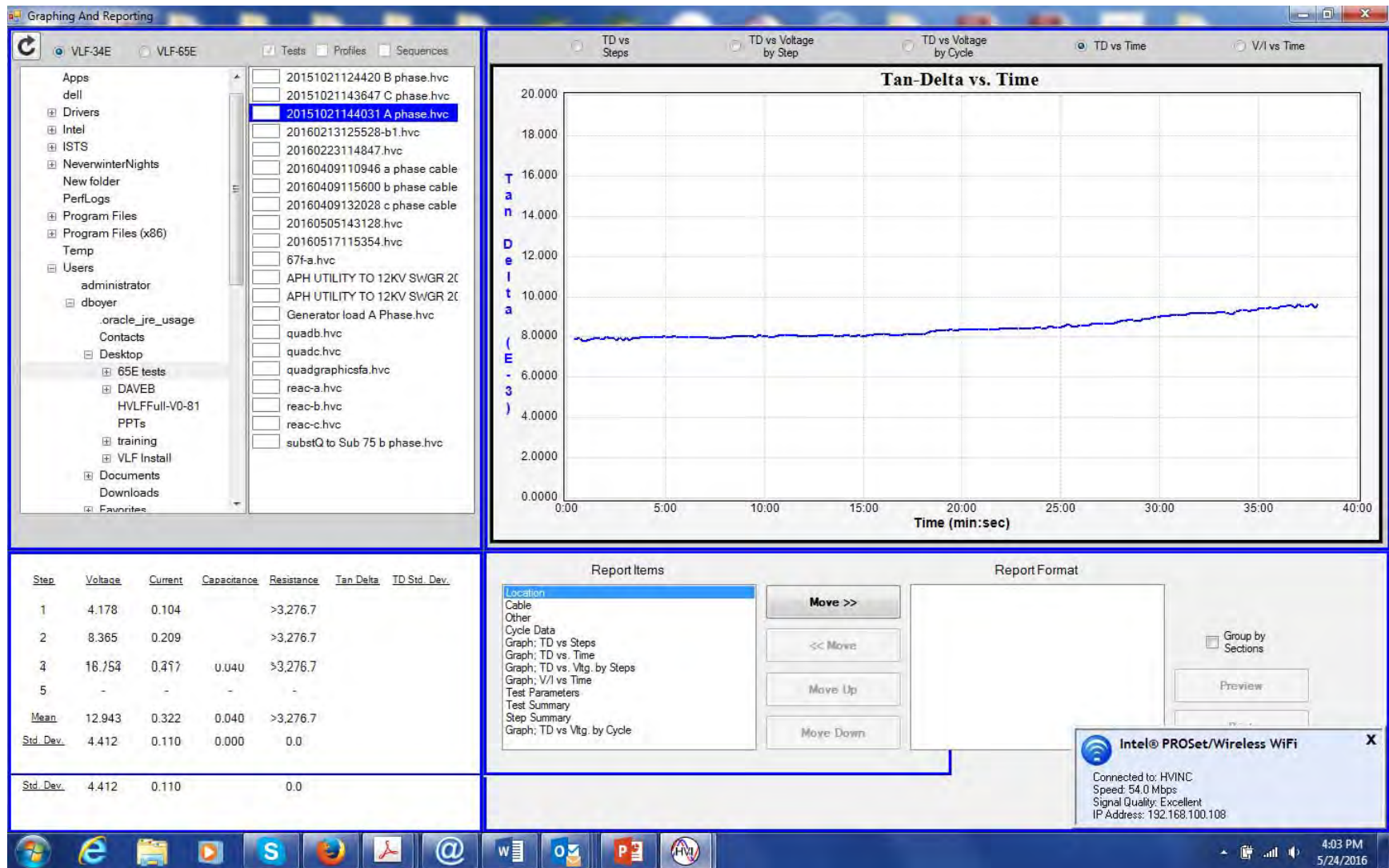
Cabos XLPE novos e envelhecidos



SOFTWARE - TAN DELTA VERSUS TENSÃO



SOFTWARE – MONITORED WITHSTAND TEST (MWT)



EQUIPAMENTO VLF + TAN DELTA - HIGH VOLTAGE

Tensão de Saída:

VLF Senoidal: 0 - 65 kV AC pico / 46 kV AC rms

DC: 0 - \pm 65 kV @ 45mA (pos/neg)

Onda quadrada: 0 - 65 kV AC pico

Capacidade de Carga:

1,0 μ F @ 0,1 Hz @ 65 kV

10,0 μ F @ 0,01 Hz @ 65 Kv

Operação Remota:

XBee Wireless



VLF-65E



TD-65E

CONCLUSÕES:

Hipot VLF é o equipamento recomendado para ensaios em cabos isolados.

Hipot DC não é recomendado para ensaios em cabos isolados com isolamento polimérico

VLF com Tan Delta oferecem um excelente diagnóstico não destrutivo e permitem o acompanhamento do comportamento do isolamento do cabo no tempo.

Obrigado!

DELTATRON Equipamentos e Serviços

Av. Copacabana, 325 - Sala 1515 - Empresarial 18 do Forte
06472-001 - Barueri - SP

Tel.: 11 4375-7379 - Cel.: 11 97409-0505
rafael@deltatron.com.br
www.deltatron.com.br

Rafael Calebe
Diretor