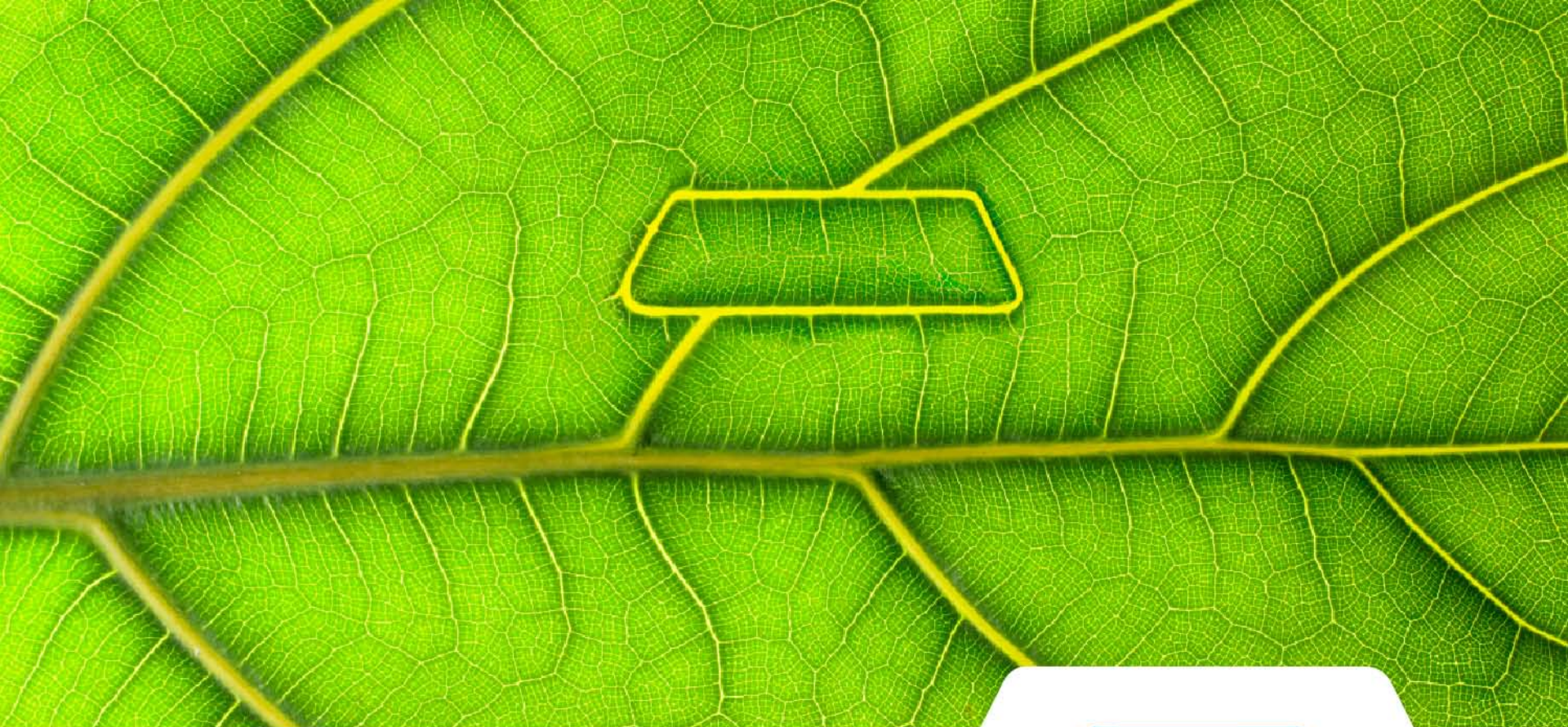




ENSURING THE FLOW.

Ensaio e Diagnose em Cabos de Média Tensão com Sistemas VLF





ENSURING THE FLOW.

Cabos'11

Maceió, Alagoas Brasil

8 – 10 Novembro 2011

1.2 *Testes e métodos de medição para manutenção baseada nas condições das redes de média tensão.*

Alexander GERSTNER, BAUR Prüf- und Messtechnik GmbH, Austria

1.3 *Avaliação do estado integral do cabo.*

Alexander GERSTNER, BAUR Prüf- und Messtechnik GmbH, Austria

Andreas BORLINGHAUS, RWE Rhein-Ruhr Netzservice GmbH, Germany

Christian GOY, Vattenfall Europe Netzservice GmbH, Germany



ENSURING THE FLOW.

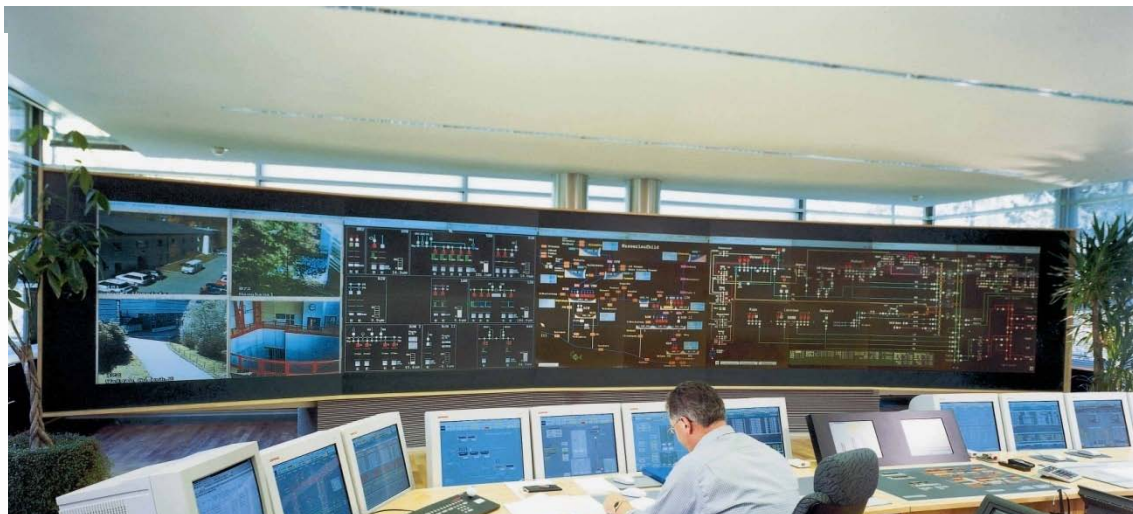


Austria



1945 - 2011

Condição Atual do Cabo



- A condição atual do cabo é normalmente desconhecida.
- O aceso é demasiadamente difícil.
- Hoje temos falhas seguidas de reparos de emergência. (Corretiva).
- O que se deseja é uma Manutenção baseada nas condições do cabo. (Preditiva)



ENSURING THE FLOW.

Ensaio e Diagnose com Tensão VLF

1. Ensaio

Destrutivo (Passa – não Passa)

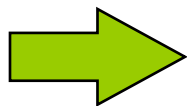
2. Diagnose

Não destrutivo

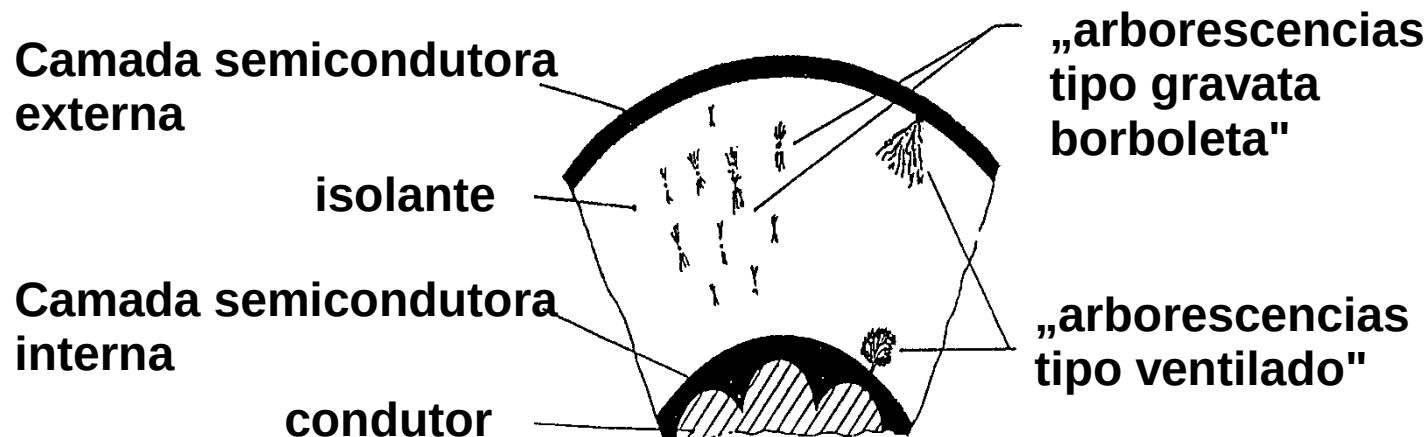
- **2.1 TD Estado global do isolamento**
- **2.2 PD Detecção exata do defeito**

“ARBORESCÊNCIAS DE ÁGUA” em isolantes poliméricos (desenho esquemático)

- Campo elétrico
- Água
- Campo alterado
- Tempo



condições para
gerar
„arborescencias de agua”



Comparação entre Arborescência elétrica e Arborescência de água

Arborescência elétrica (ET):

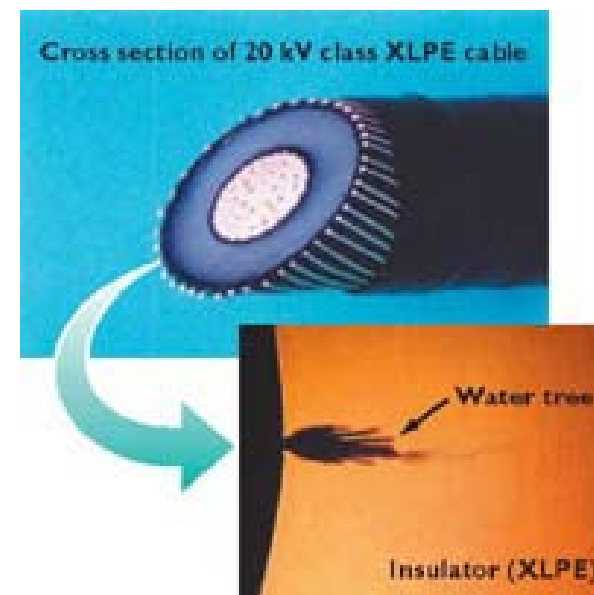
- se dão com campos de intensidade local forte
- crescimento muito rápido em isolantes PE o XLPE
- acompanhada de descargas parciais
- estruturas de canal largas (arborescências visíveis)
- indicação clara de perfuração elétrica (ruptura)



Comparação entre Arborescência elétrica e Arborescência de água

Arborescência de água (WT):

- se apresenta com baixa intensidade de campo (p.e. < 1 kV / mm)
- Crescimento muito lento (p.e. Mais de 6-10 anos)
- Não se podem ver descargas parciais
- não são visíveis





ENSURING THE FLOW.

Ensaio e Diagnose com Tensão VLF

1. Ensaio

Destrutivo (Passa – não Passa)

2. Diagnose

Não destrutivo

- 2.1 TD Estado global do isolamento
- 2.2 PD Detecção exata do defeito

1.1 Ensaio de cabos com DC

Cabos com isolação de papel (óleo)

➤ **Ensaio DC (Até $8 \cdot U_0$)**

**Aceito e Utilizado por
décadas**



1.1 Ensaio de cabos em DC

Cabos PE,XLPE

Ensaio **DC não mais aceito**
porque:

- ainda que existam defeitos graves, poucas vezes se detectam
- podem criar-se cargas espaciais de longa duração





ENSURING THE FLOW.

1.2 Ensaio VLF

Objetivo:

Encontrar um método ou procedimento para determinar se o sistema de cabos está saudável ou não, com um mínimo de tensão de stress aplicado ao cabo.

Solução:

Teste com tensão VLF





ENSURING THE FLOW.

1.2 Ensaio VLF

Normas Europeas para Cabos após a instalação

Ensaio de campo CENELEC HD 620 S1 and 621 S1 ¹⁾

Ensaio de AT para cabos PE ou XLPE de 6 a 36 kV

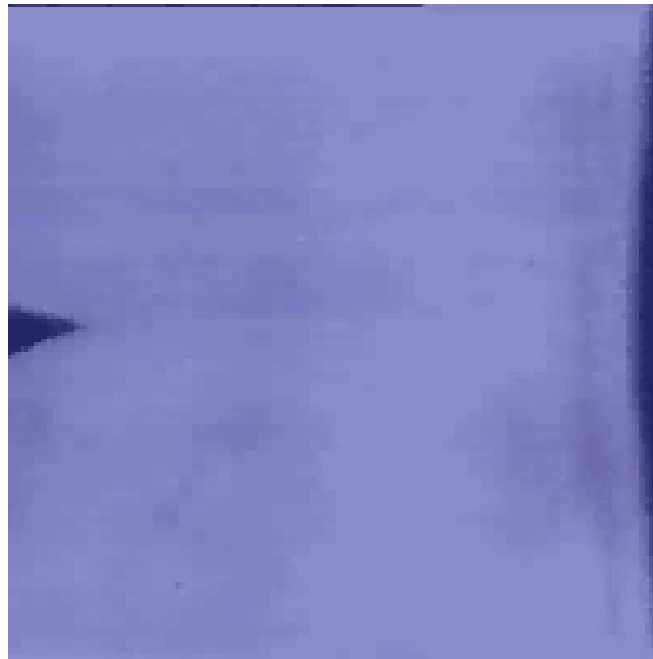
	Frequência	Tensão de ensaio [RMS]	Tempo ensaio
Procedimento	0,1 Hz	3 x U _o	1 hora
de ensaio	50 Hz	2 x U _o	1 hora

- 1) Se recomenda para cabos de papel impregnado em DC o un ensayo con los parámetros arriba mencionados



ENSURING THE FLOW.

Ensaio: Arborescência elétrica @ 50 Hz





ENSURING THE FLOW.

Ensaio: Arborescência elétrica @ 0.1 Hz

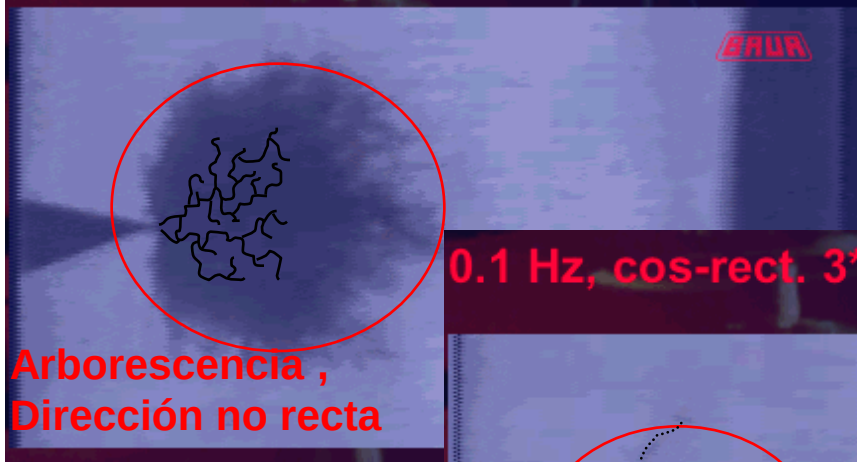




ENSURING THE FLOW.

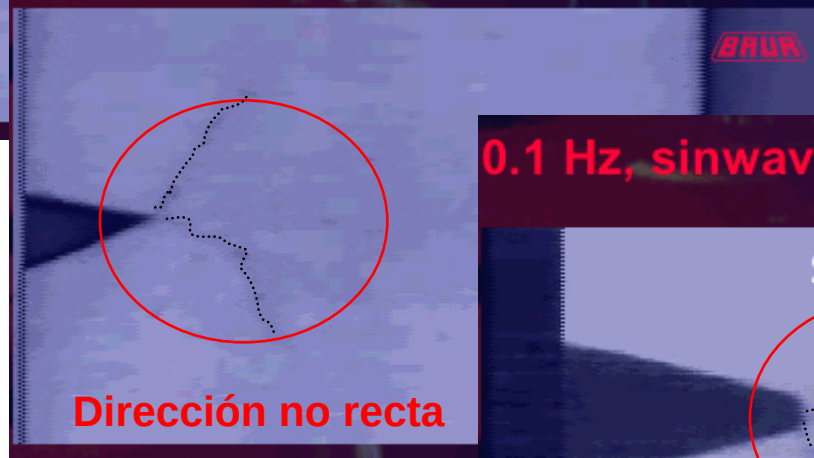
Comparação do crescimento dos canais

50 Hz, $2 \cdot V_o$ (voltage 12 kV)



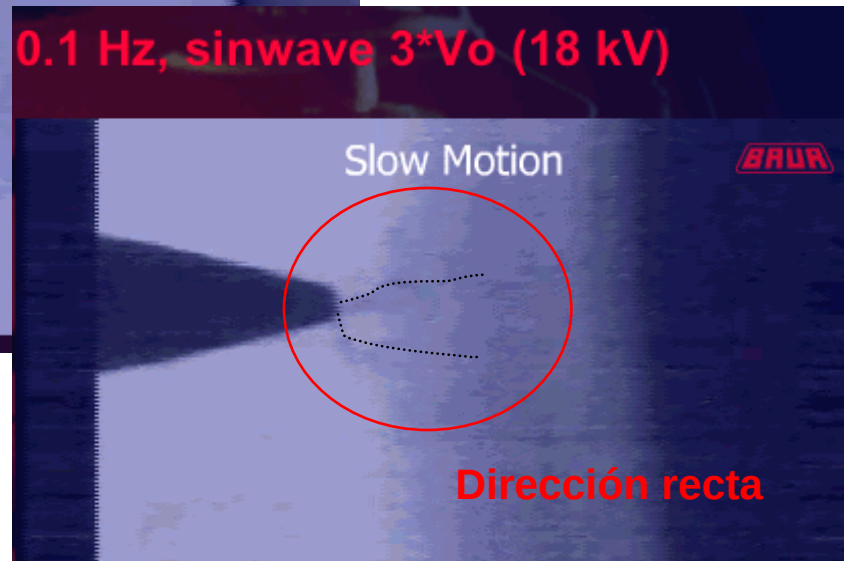
Arborescencia ,
Dirección no recta

0.1 Hz, cos-rect. $3 \cdot V_o$ (18 kV)



Dirección no recta

0.1 Hz, sinwave $3 \cdot V_o$ (18 kV)



Dirección recta



ENSURING THE FLOW.

Comparação do crescimento dos canais

Crescimento dos canais a **50 Hz**: 1.7 mm/h
Senoidal

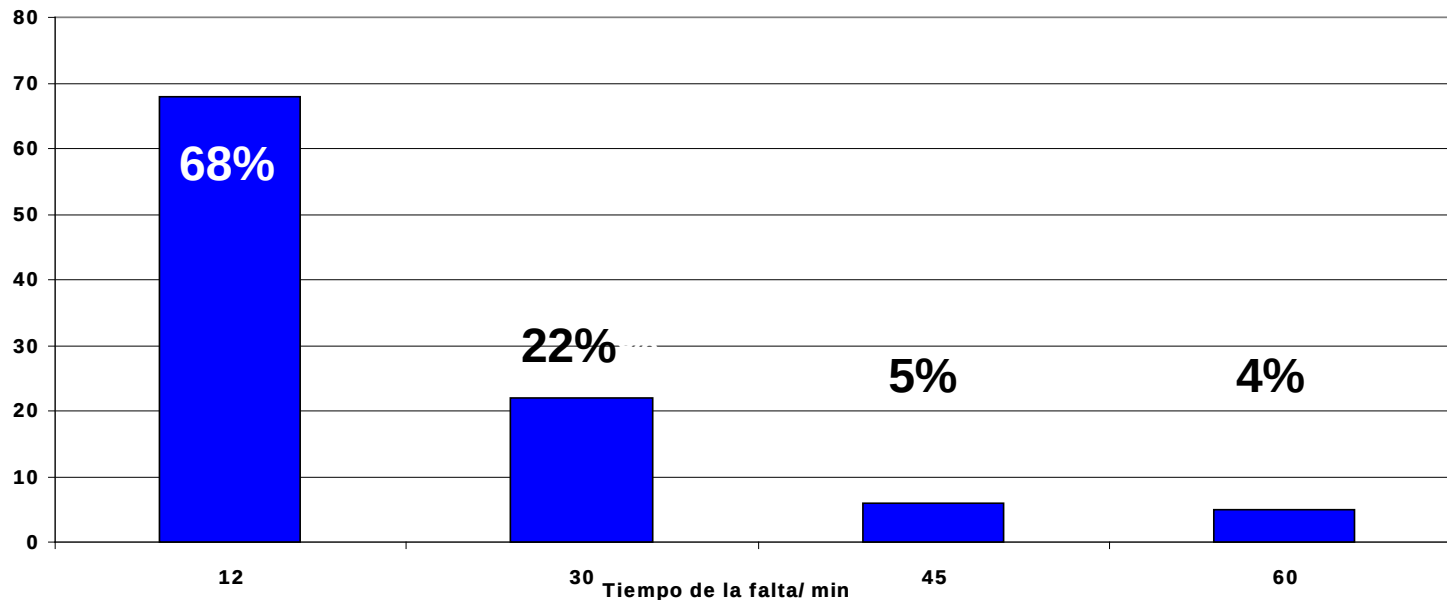
Crescimento dos canais a **0.1 Hz**: 7.8 mm/h
(cos-retangular)

Crescimento dos canais a **0.1 Hz**: **12.3** mm/h
(Senoidal)



ENSURING THE FLOW.

Percentual de perfuração durante o ensaio em XLPE , PILC e Cabos de isolamento misto vs. Tempo a VLF senoidal



Referencia: S. C. MOH, 2003, "Very low Frequency Testing – Its Effectiveness in Detecting Hidden Defects in Cables", CIRED Barcelona, Sesión 1, Hoja 84

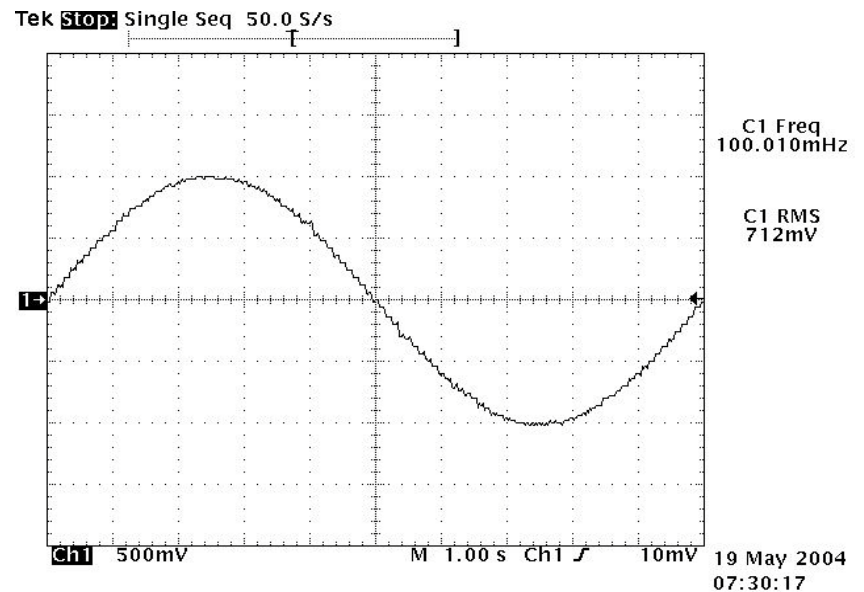
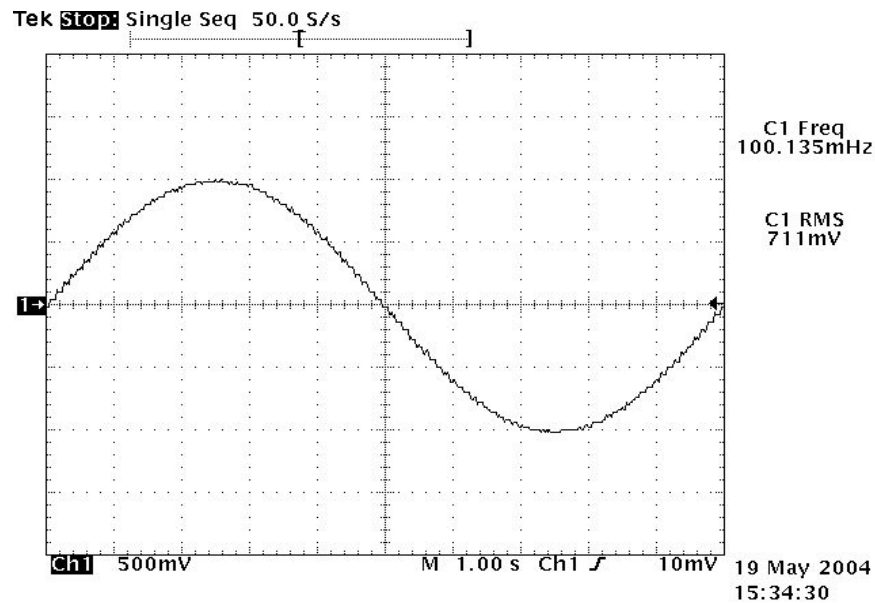
Testador VLF - BAUR



Sim
Carga

Tensão de saída
independente da
carga

Com
Carga



Normas para ensaio em campo utilizando VLF

- **IEEE 400.2** **Guía para Ensaio em campo para sistemas de cabos subterrâneos com malha utilizando baixíssimas Frequências**
- **IEC 60060 – 3** **Técnicas de Ensaio de AT Parte 3: Definições e requisitos para ensaios em campo**



ENSURING THE FLOW.

Vantagens dos Systemas VLF BAUR

Ensaio de cabos segundo as normas: IEEE400.2, IEC60060-3 y CENELEC HD 620 uma vez que a tensão de ensaio é tensão eficaz (rms)

A tensão true sinus de BAUR a 0,1Hz é completamente simétrica independente das características da carga, por tanto não se criam cargas espaciais de longa duração em cabos com isolamento XLPE.





ENSURING THE FLOW.

Vantagens do Sistema PHG BAUR

Frequência de ensaio programável de 0,01 Hz a 0,1 Hz segunda a norma IEEE 400.2

Sistema ampliável para funções de diagnóstico:

- Medição de fator de dissipação (tan delta)**
- Medição e localização de descargas parciais**



ENSURING THE FLOW.

Manutenção baseada nas condições



**Diagnóstico
possibilitado pelo VLF**



ENSURING THE FLOW.

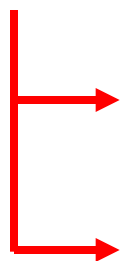
Ensaio e Diagnose com Tensão VLF

1. Ensaio

Destrutivo

2. Diagnose

Não destrutivo



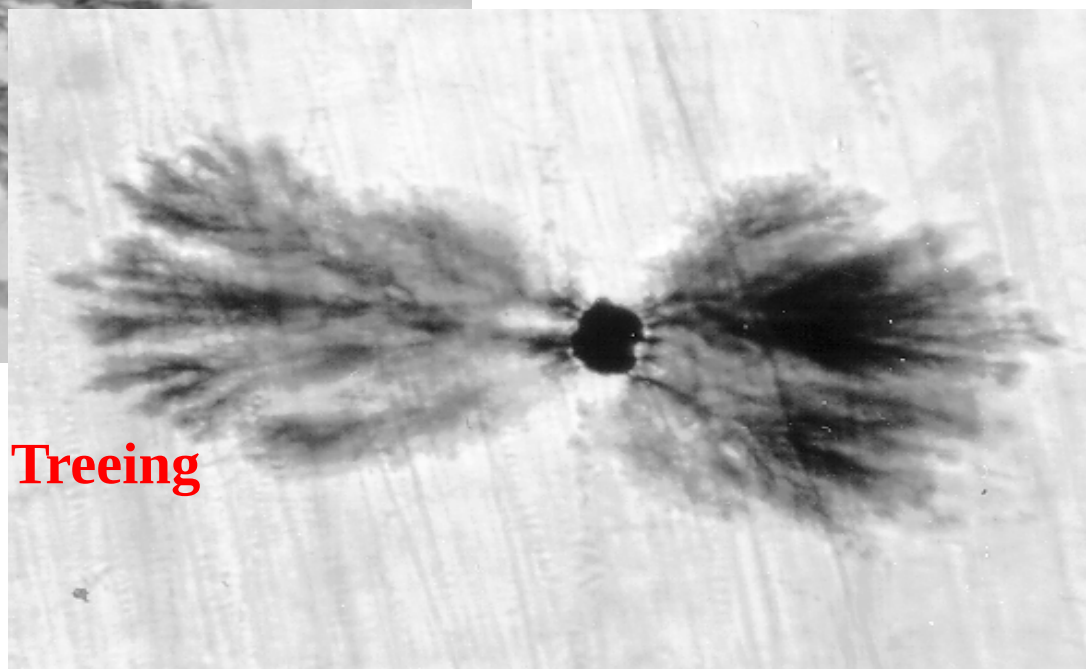
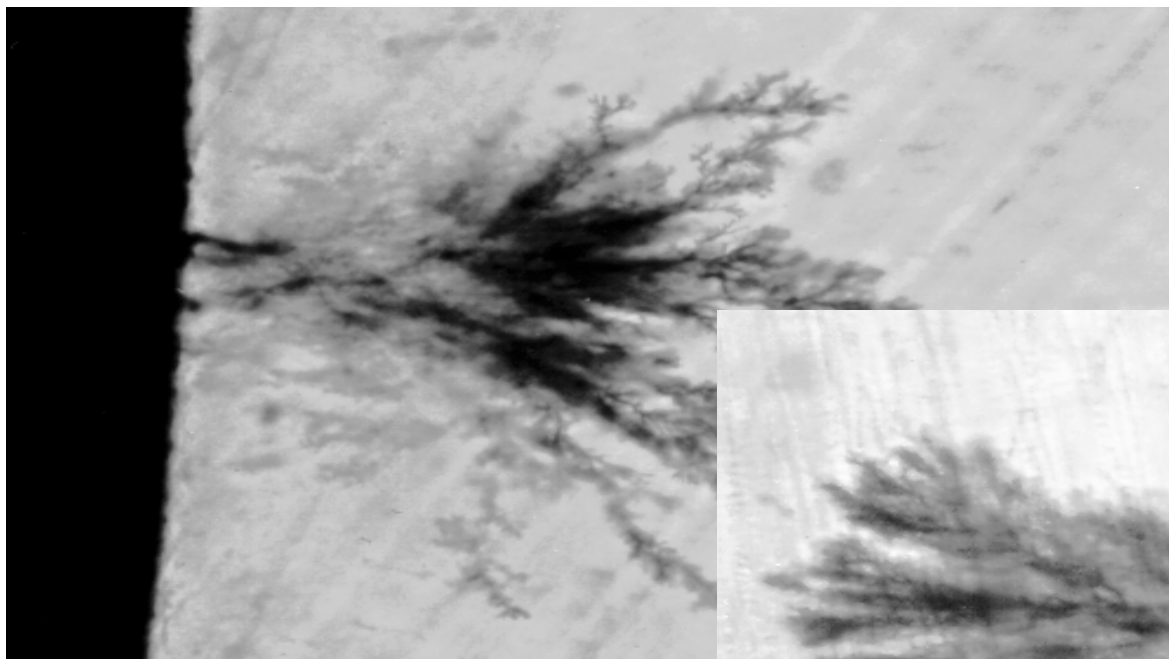
2.1 TD Análise Integral do Isolamento

2.2 PD Detecção exata do defeito
Medição e Localização

Em um cabo é igual...



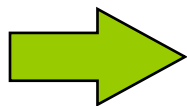
ENSURING THE FLOW.



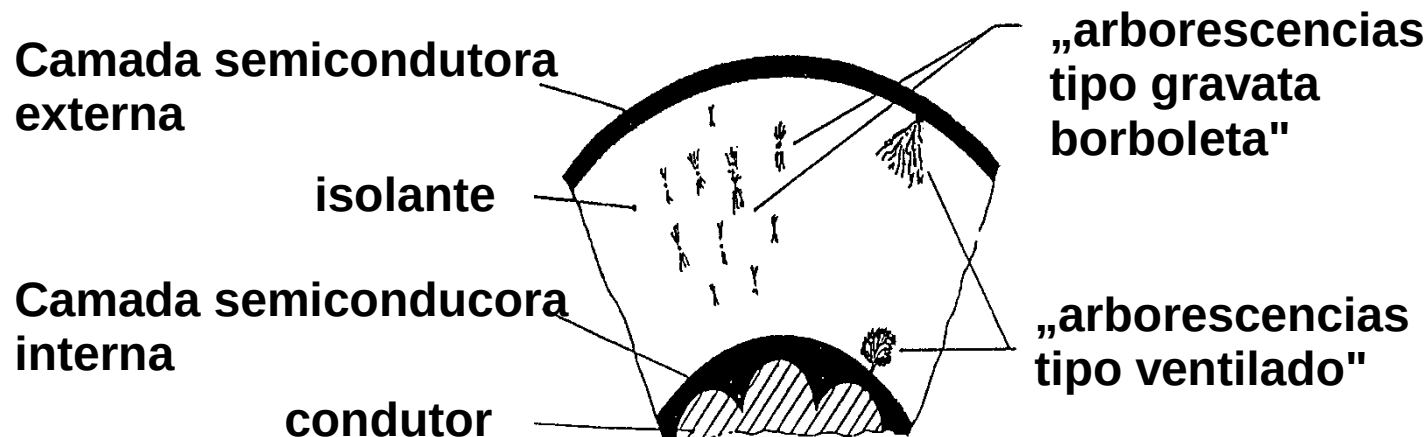
Detecção de **Water Treeing**

“ARBORESCÊNCIAS DE ÁGUA” em isolantes poliméricos (desenho esquemático)

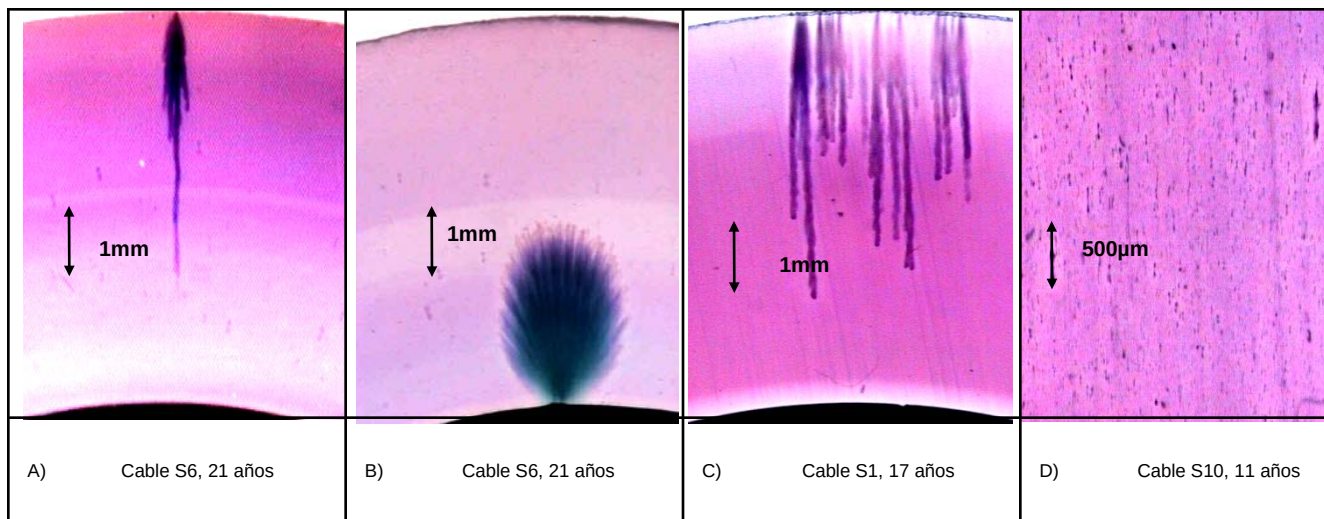
- Campo elétrico
- Água
- Campo alterado
- Tempo



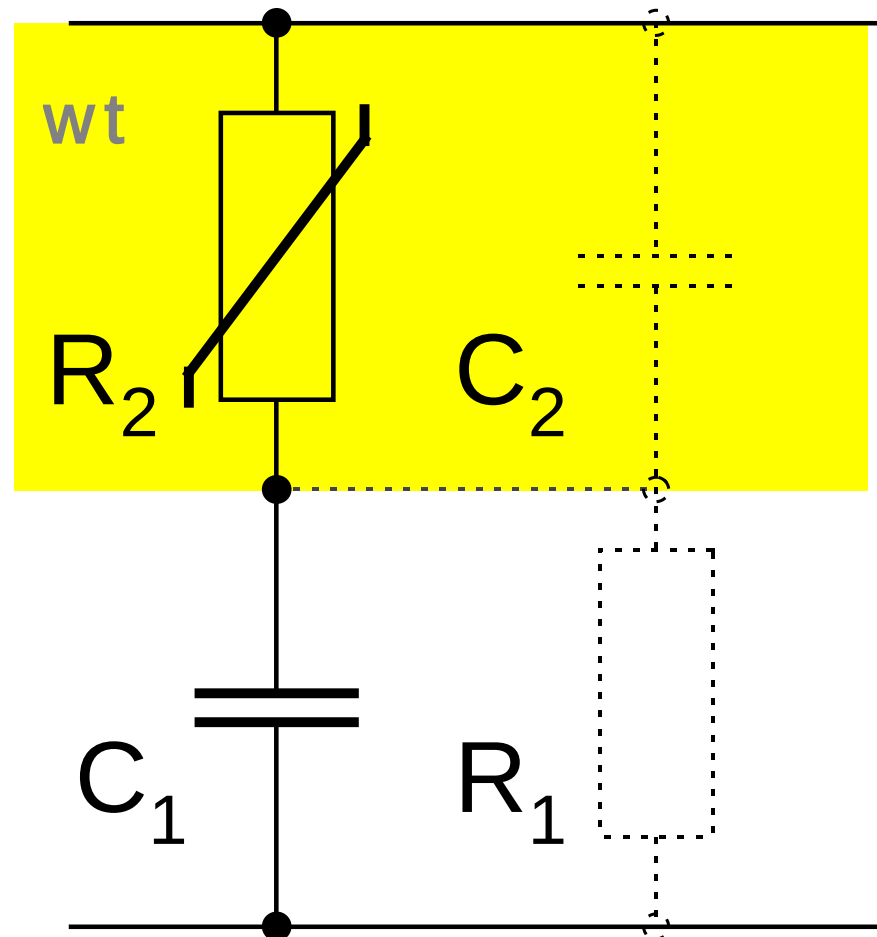
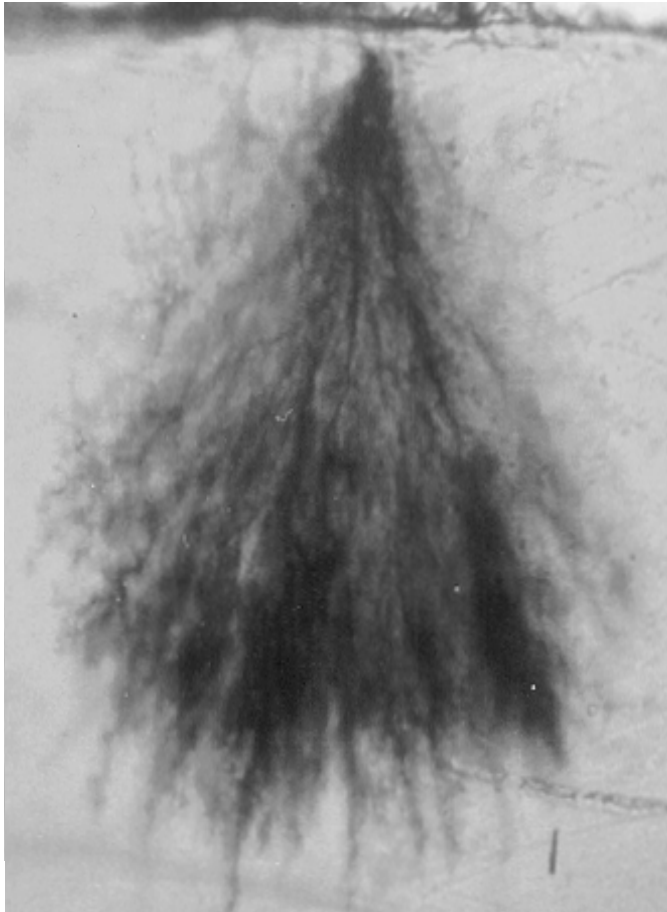
condições para
gerar
„arborescencias de agua”



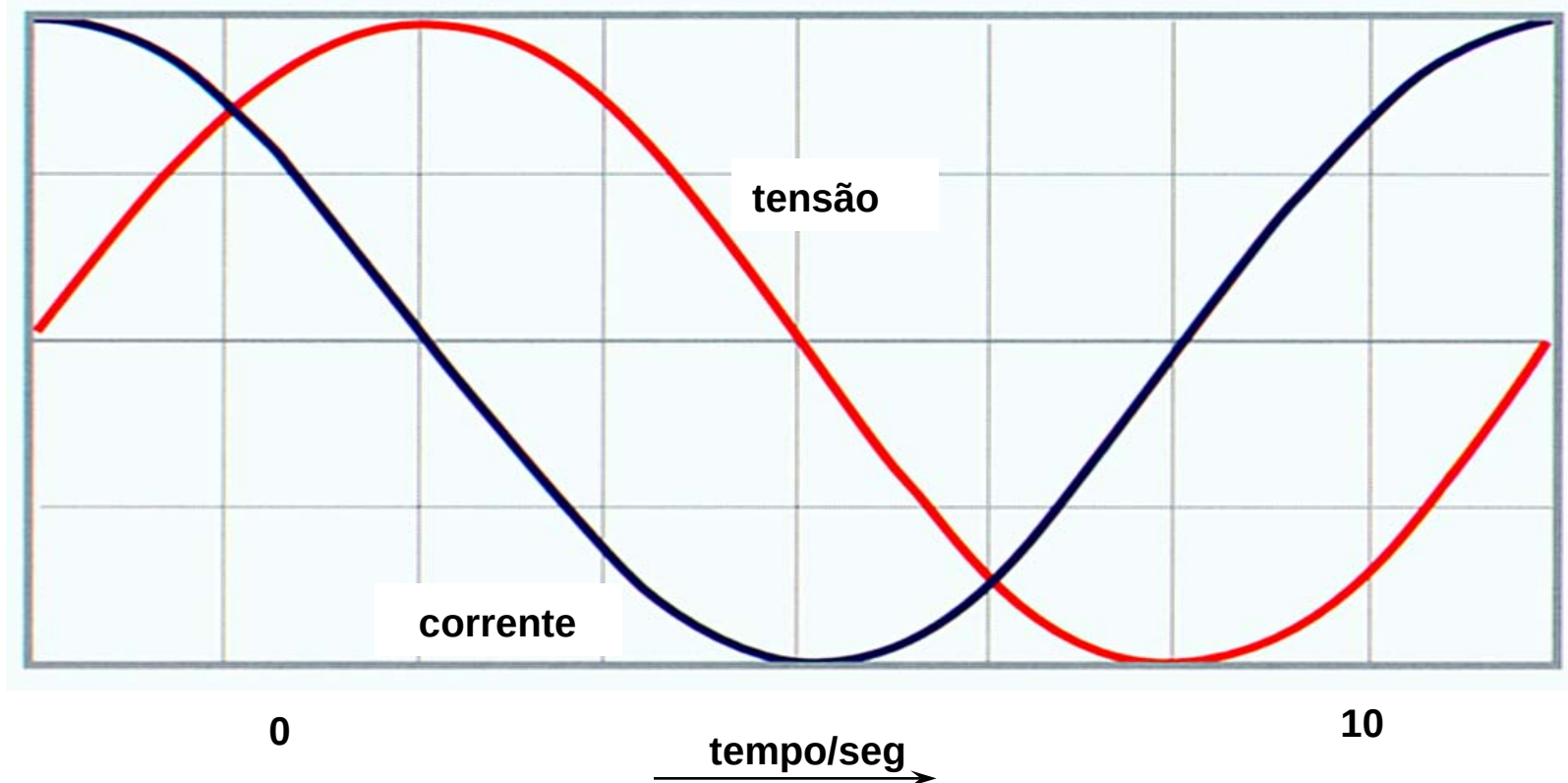
Crescimento de arborescências de água no interior de cabos com isolamento em XLPE



2.1 TD - Modelo simplificado de uma arborescência de água

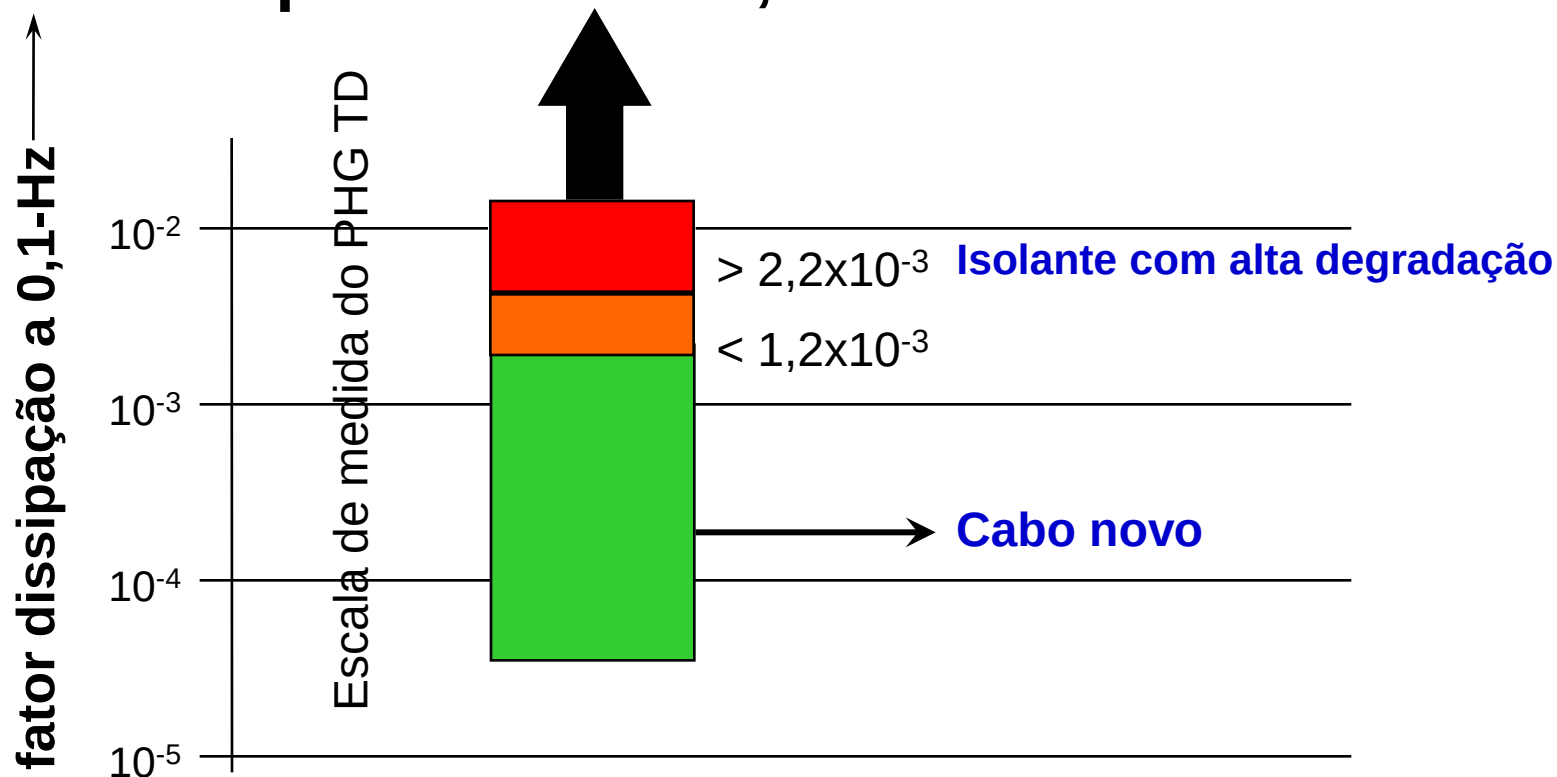


Definição da $\tan \delta$

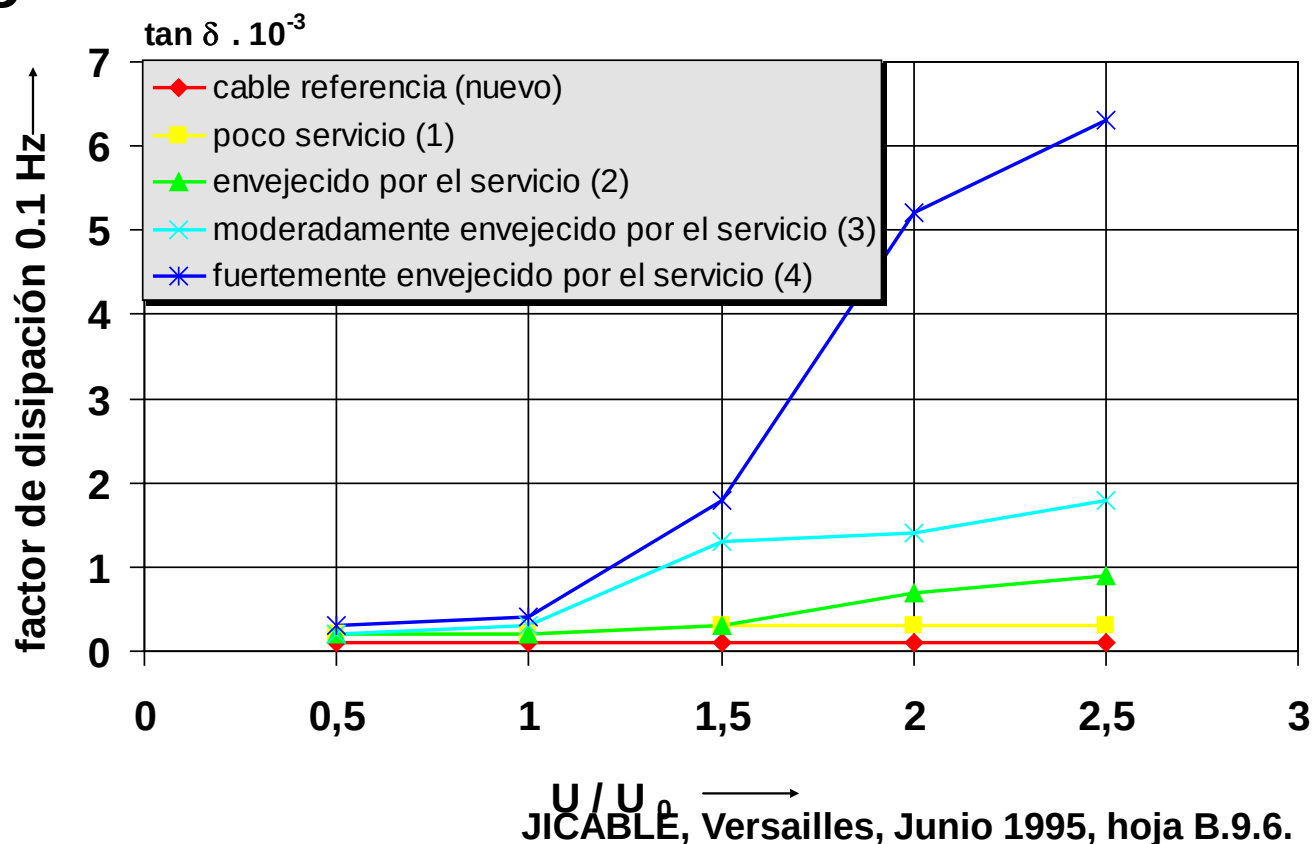


$$\text{Fator de Dissipação } \tan \delta = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia reactiva}} = \frac{U^2 / R}{U^2 \omega C} = \frac{1}{\omega C R}$$

Fator dissipação a 0,1 Hz: Faixa de medida para cabos PE, XLPE



Dependência do fator de dissipação em função da tensão a 0.1 Hz em cabos de MT XLPE novos e depois de anos de serviço





ENSURING THE FLOW.

2.1 – Avaliação de Tan Delta

Valores de referencia para cabos XLPE

Os cabos estão normalmente em boas condições e não necessitam serem trocados se:

$$\tan \delta (2 U_0) < 1.2 \text{ ‰ e}$$

$$[\tan \delta (2 U_0) - \tan \delta (U_0)] < 0,6 \text{ ‰}$$

Os cabos estão em más condições se:

$$\tan \delta (2 U_0) > 2.2 \text{ ‰ o}$$

$$[\tan \delta (2 U_0) - \tan \delta (U_0)] > 1,0 \text{ ‰}$$

Referencia: EWE, conf. La IEEE400

Todos os outros cabos a serem substituídos conforme critérios do cliente

2.1 TD - Resultado de teste e diagnóstico - BAUR PHG-TD



A mais alta eficácia,
>15 anos de experiência



ENSURING THE FLOW.

PHG-TD: Sistema para Ensaio e diagnóstico de cabos



Especificações do sistema BAUR, PHG-TD



Faixa de tensão	1 – 57 KV true sinus rms
Faixa de medida	1×10^{-4} a 1
Precisão	$\pm 1 \times 10^{-4}$
Resolução	1×10^{-5}

Vantagens da medição de TD



Manutenção preventiva

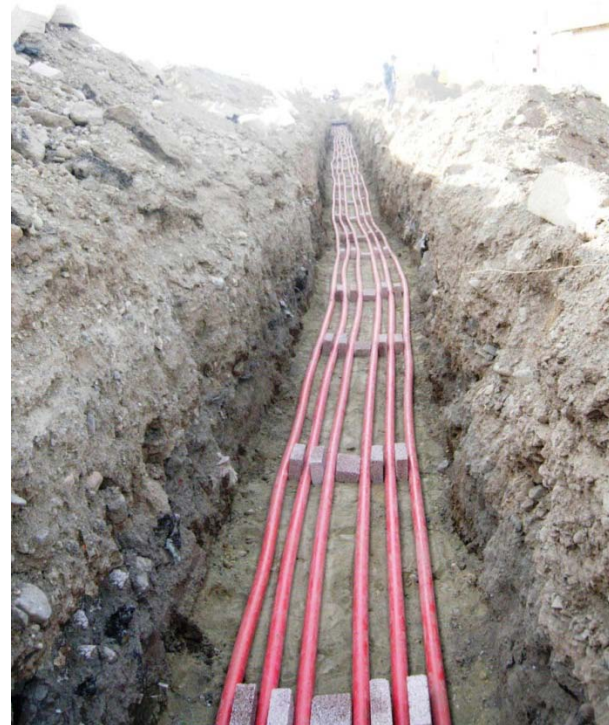
➤. Ferramenta excelente para gestão de investimentos

(A troca de cabos pode ser planejada segundo requisitos pré-estabelecidos)



Vantagens da medição de TD

- **Custo de manutenção otimizado uma vez que se pode trocar apenas trechos de um cabo.**



Benefícios da Tecnologia BAUR

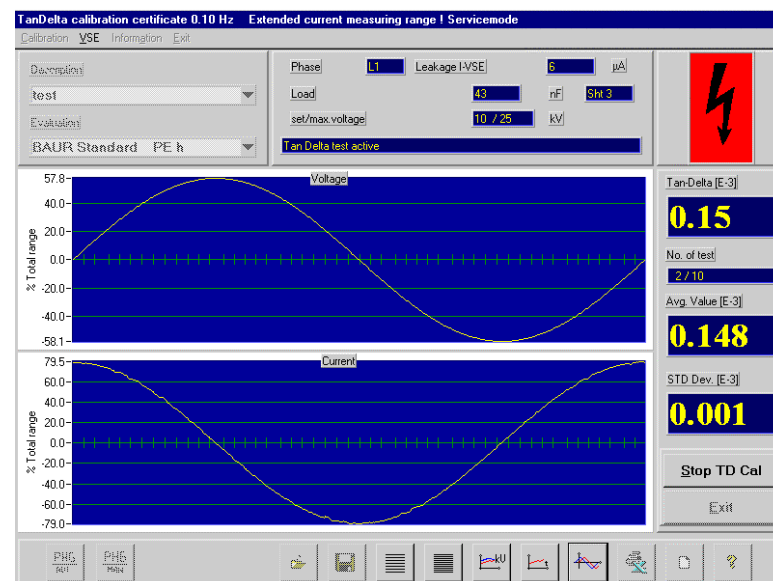


- **Diagnóstico confiável tanto para cabos XLPE novos como para os que estão ligeiramente envelhecidos por serviço.**
- **Independente de interferências externas**
- **15 anos de experiência**
- **Base de dados para mais de 100.000 distintas medidas em campo**
- **Tempo de ensaio de diagnóstico curto (menos de 1h para un cable de 3-fases)**

Benefícios da Tecnologia BAUR



- Avaliação automática dos resultados de diagnóstico
- Fácil manejo, Software disponível vários idiomas
- Relatórios customizados pelo cliente



2.1 TD – A medição de TD é necessária porque:

- Mostra a influencia das **arborescência de água**
- **Detecta o ingresso de água nas emendas**

(Diminuem as atividades de PD => considerando somente a medição do nível de PD, a emenda poderia apresentar-se bem mesmo tendo ingresso de água influenciando seu bom funcionamento).

- Influencia de corrente térmica pode ser detectado com a medição de Tan Delta.

Ensaio e Diagnose com Tensão VLF

1. Ensaio

Destrutivo

2. Diagnose

Não destrutivo

2.1 TD Análise Integral do
Isolamento

2.2 PD Detecção exata do defeito
Medição e Localização de PD

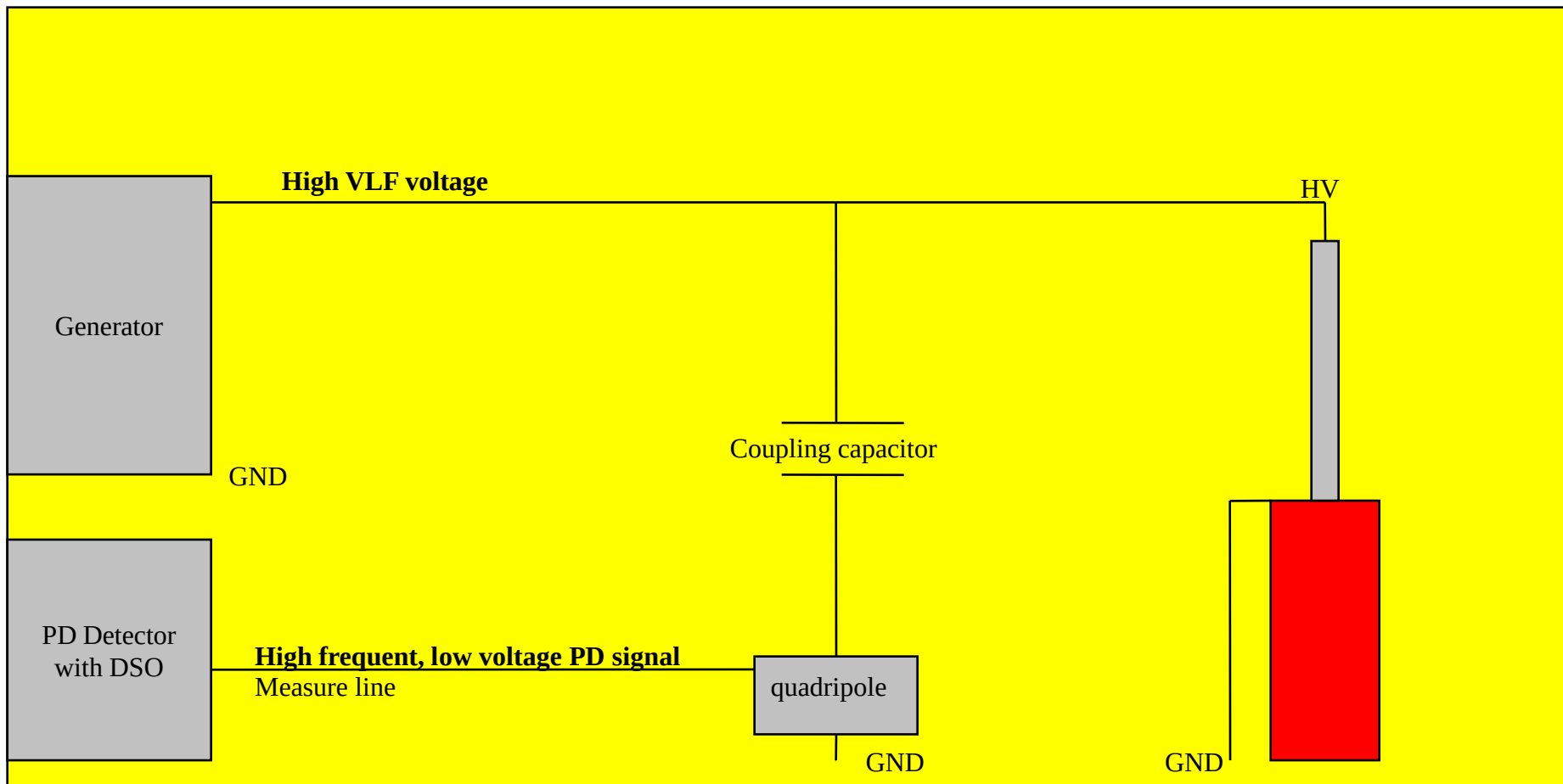
2.2 Aplicação do diagnóstico de DP em VLF



- **Comissionamento em cabos recém instalados**
- **Pré-localização de emendas mostrando D. Parciais**
- **Pré-localização de terminações mostrando DP**
- **Pré-localização de arborescências elétricas em cabos XLPE**
- **Deteccção de DP e pré-localização dos pontos onde se produzem, em cabos de papel impregnado**

2.2 Diagnóstico - PD

Localização de descargas parciais em um cabo



Localização de descargas parciais em um cabo



Extremo cercano



Fuente de DP



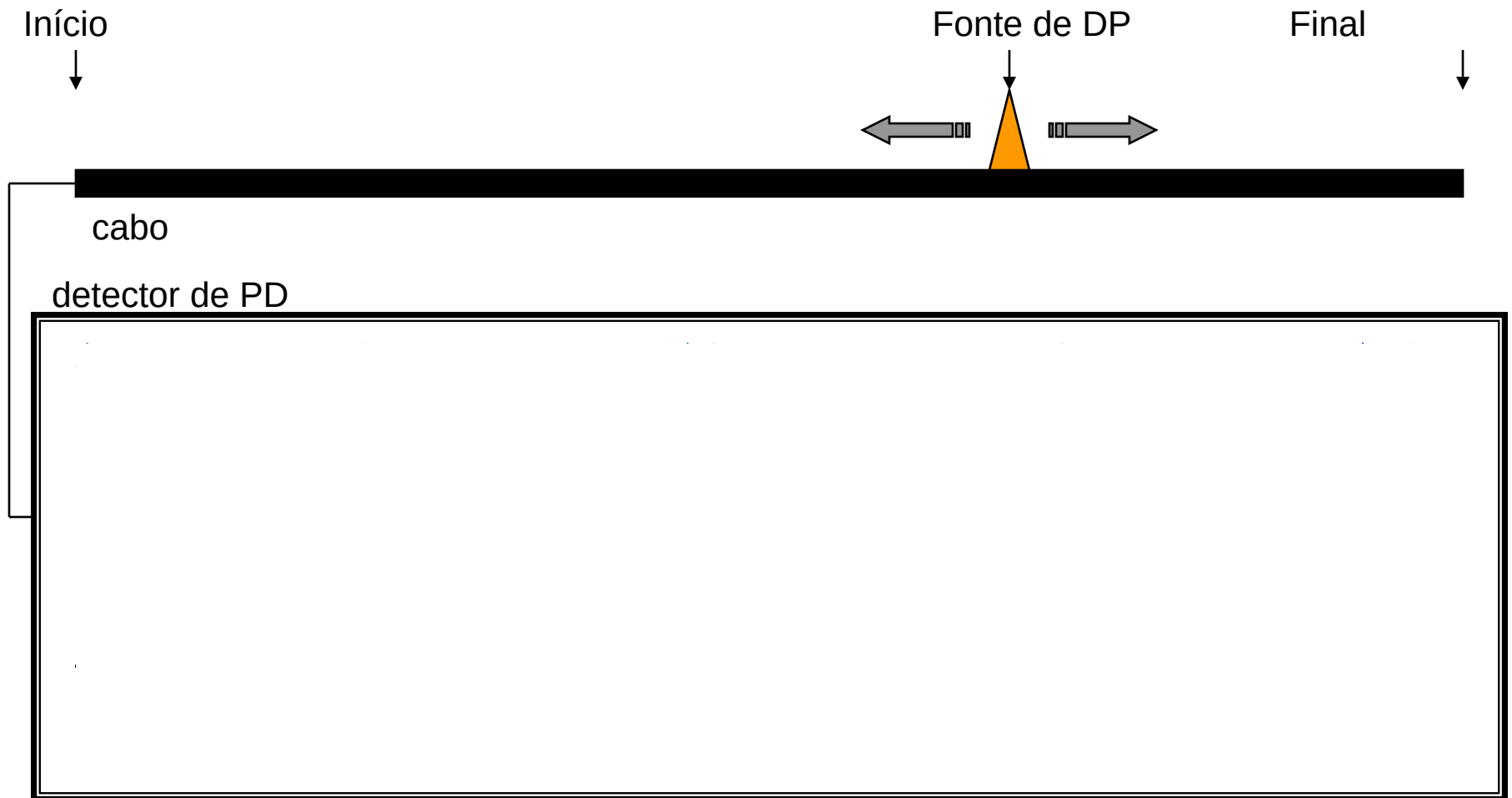
Extremo lejano



cable

detector de PD

Localização de descargas parciais em um cabo



Localização de descargas parciais em um cabo

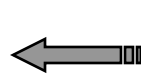
Extremo cercano



Fuente de DP



Extremo lejano



cable

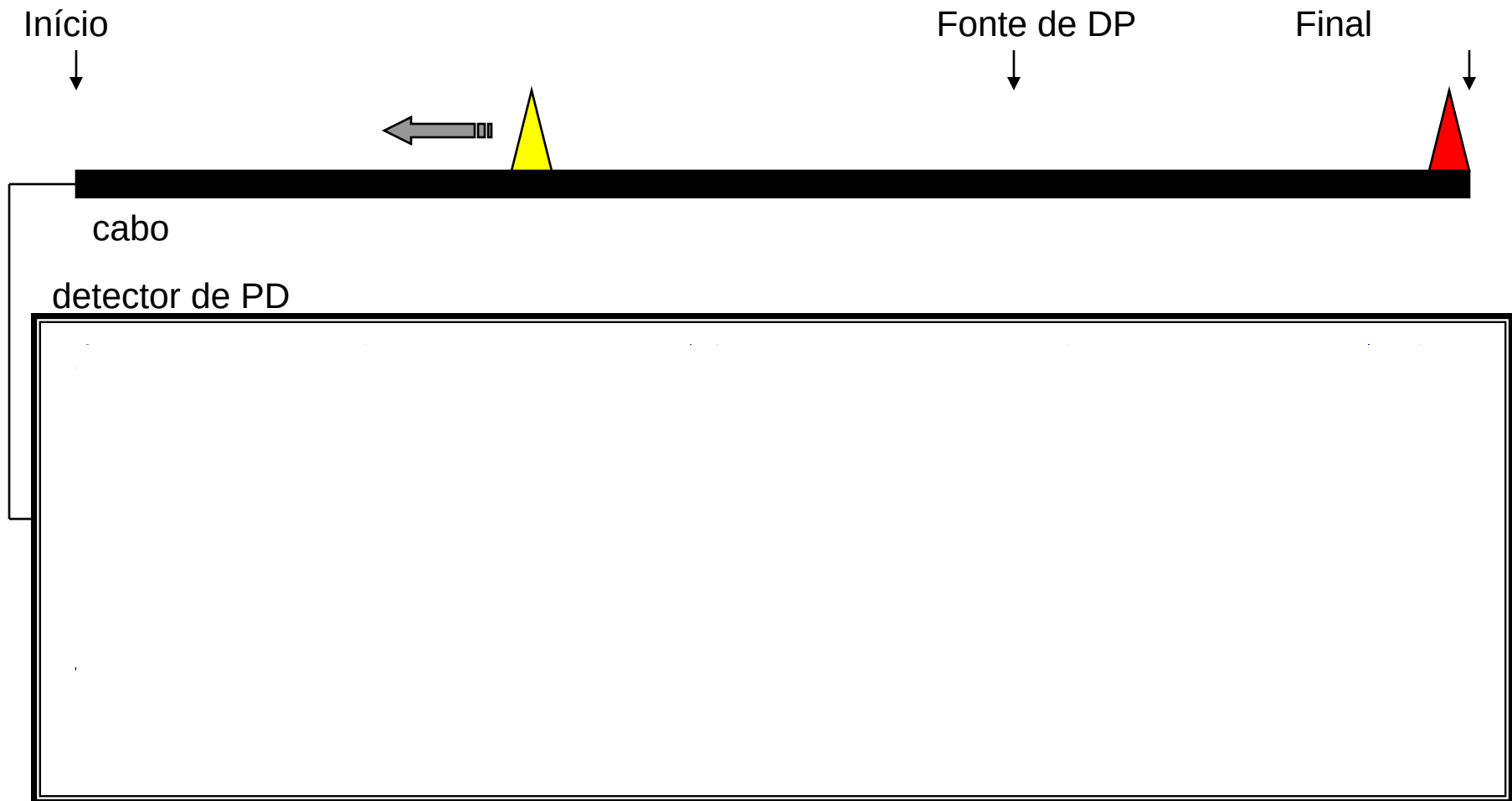
detector de PD

Localização de descargas parciais em um cabo

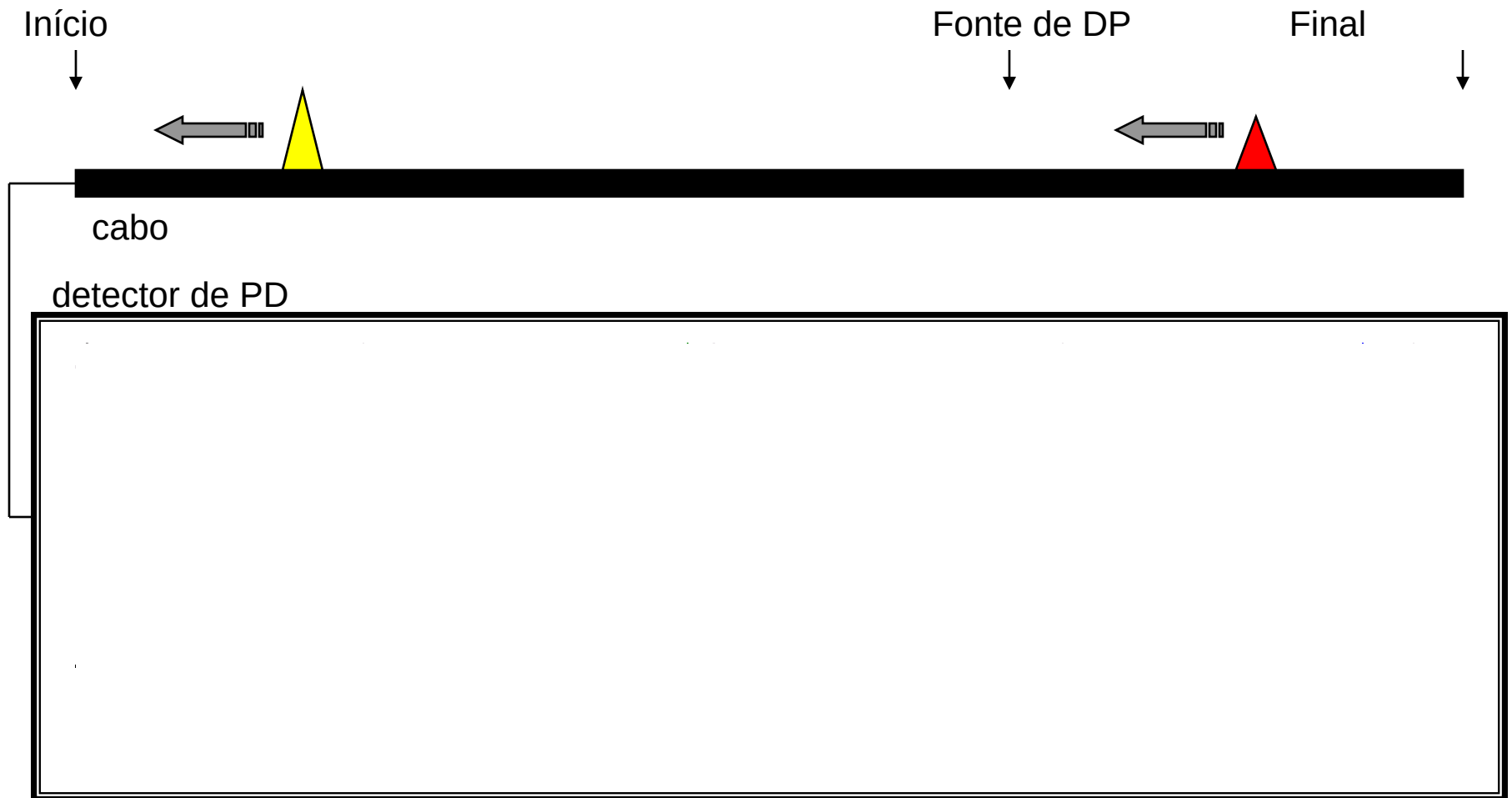


ENSURING THE FLOW.

Reflexión en extremo lejano



Localização de descargas parciais em um cabo



Localização de descargas parciais em um cabo



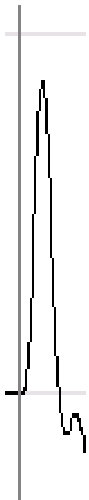
ENSURING THE FLOW.

Disparo do detector de PD e reflexão do início do cabo



cabo

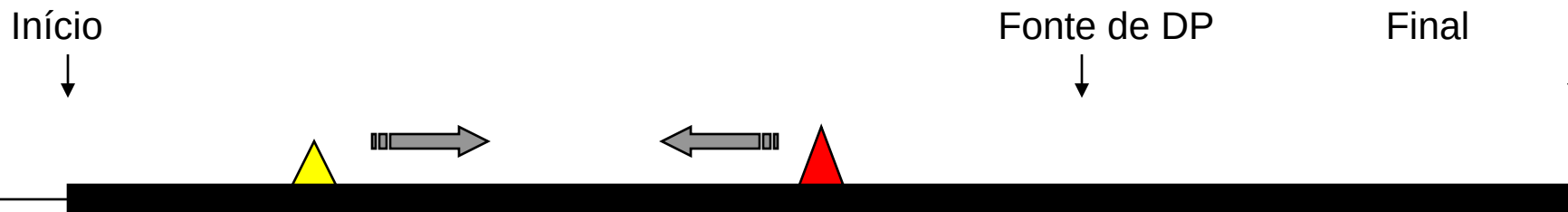
detector de PD



Localização de descargas parciais em um cabo

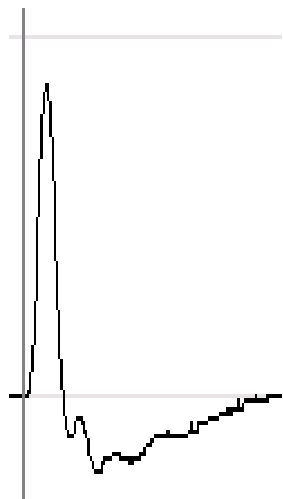


ENSURING THE FLOW.



cabo

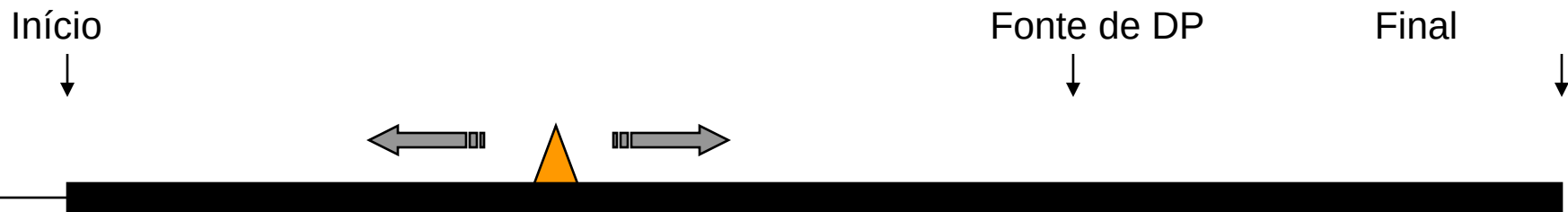
detector de PD



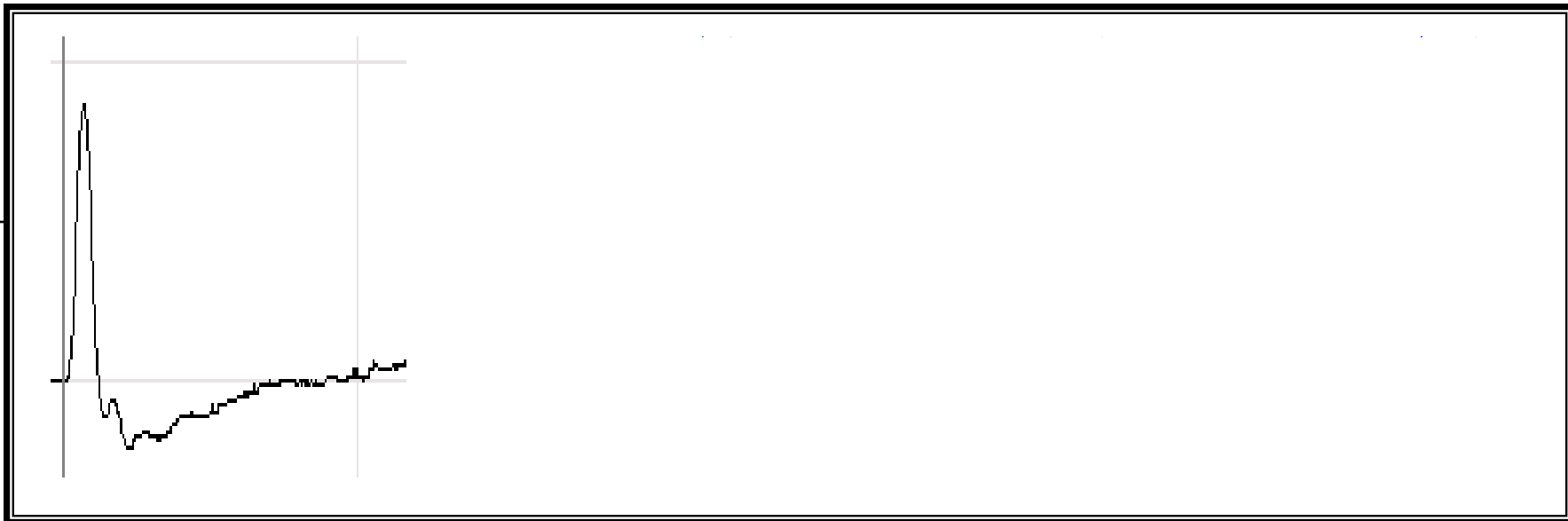


ENSURING THE FLOW.

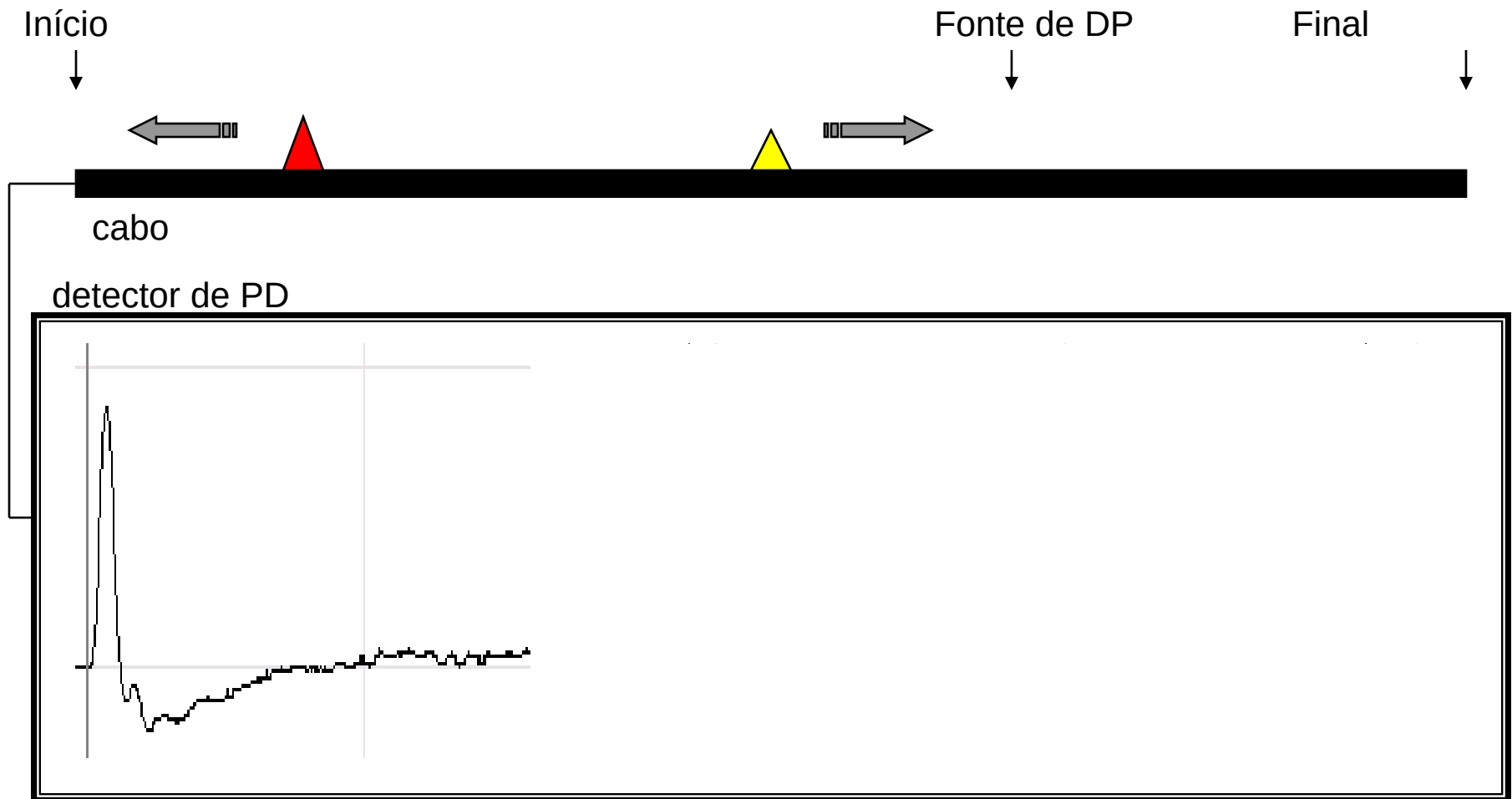
Localização de descargas parciais em um cabo



detector de PD



Localização de descargas parciais em um cabo

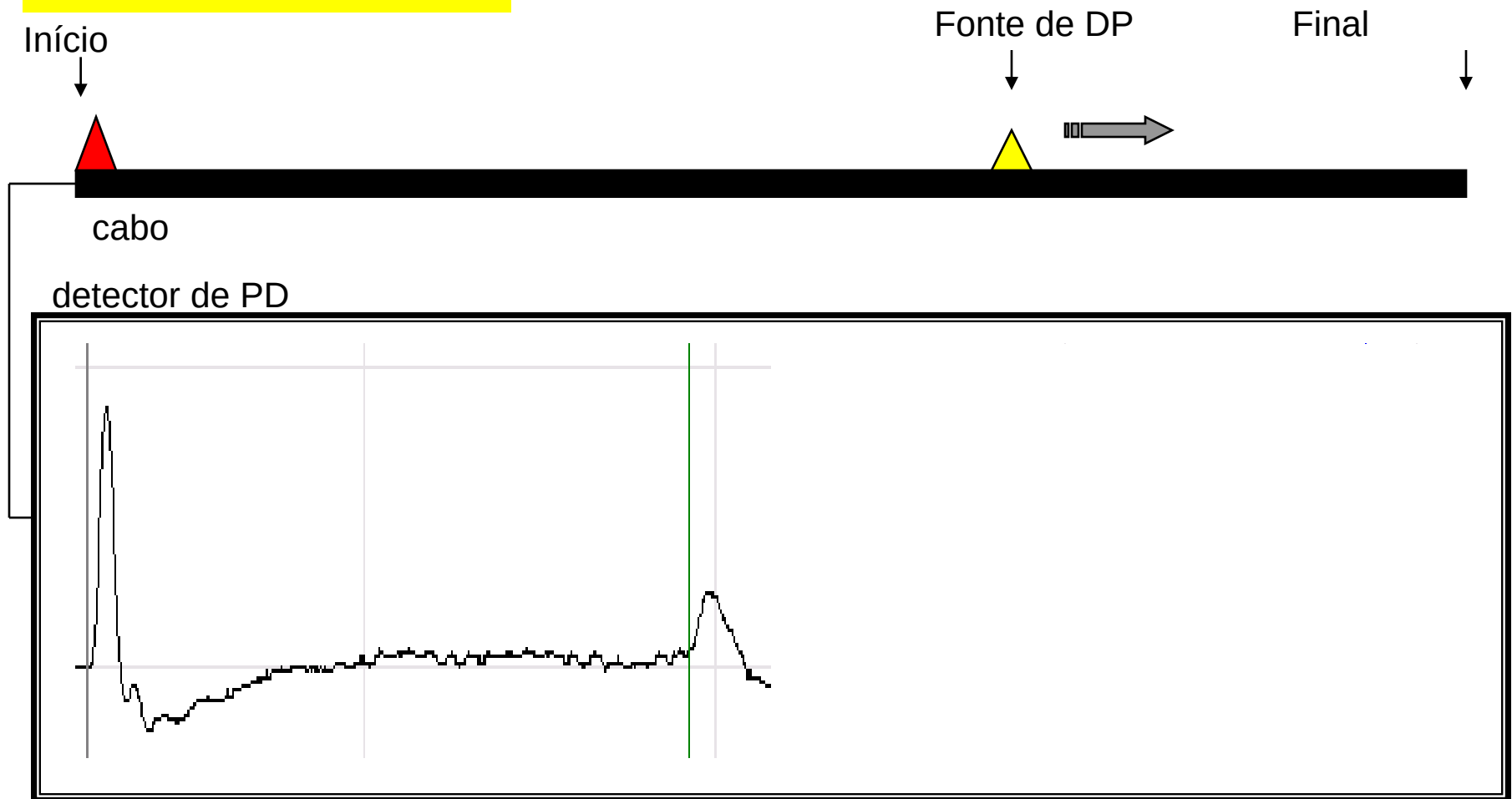


Localização de descargas parciais em um cabo



ENSURING THE FLOW.

Reflexão no início do cabo





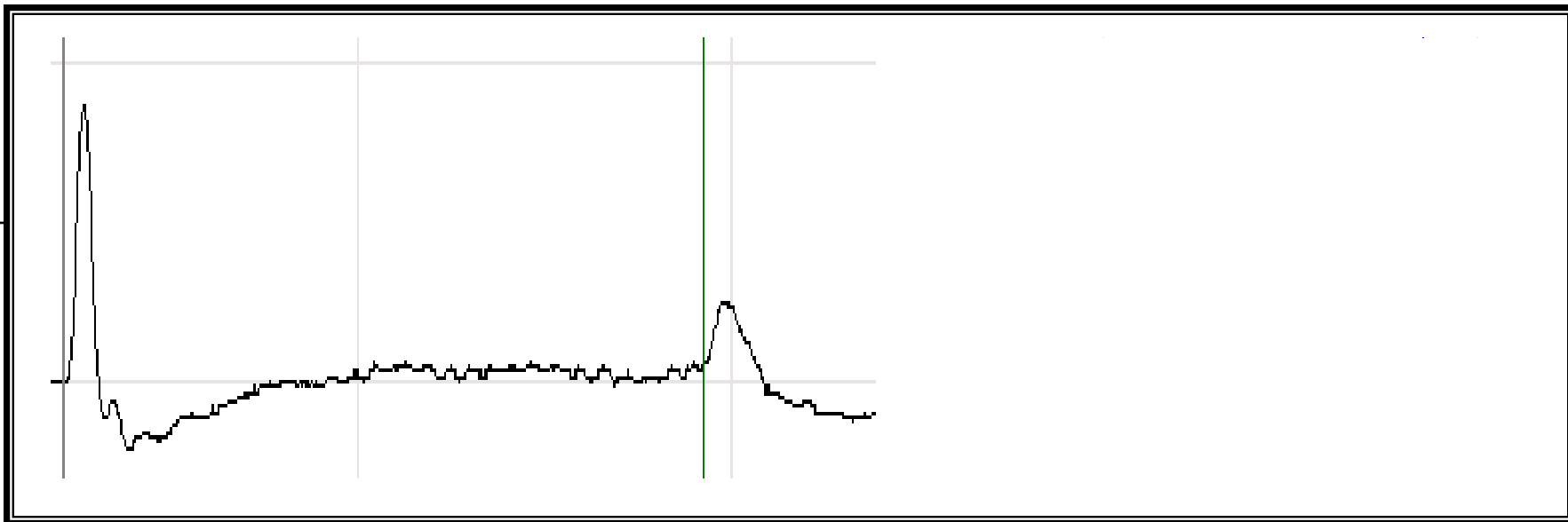
ENSURING THE FLOW.

Localização de descargas parciais em um cabo



cabo

detector de PD





ENSURING THE FLOW.

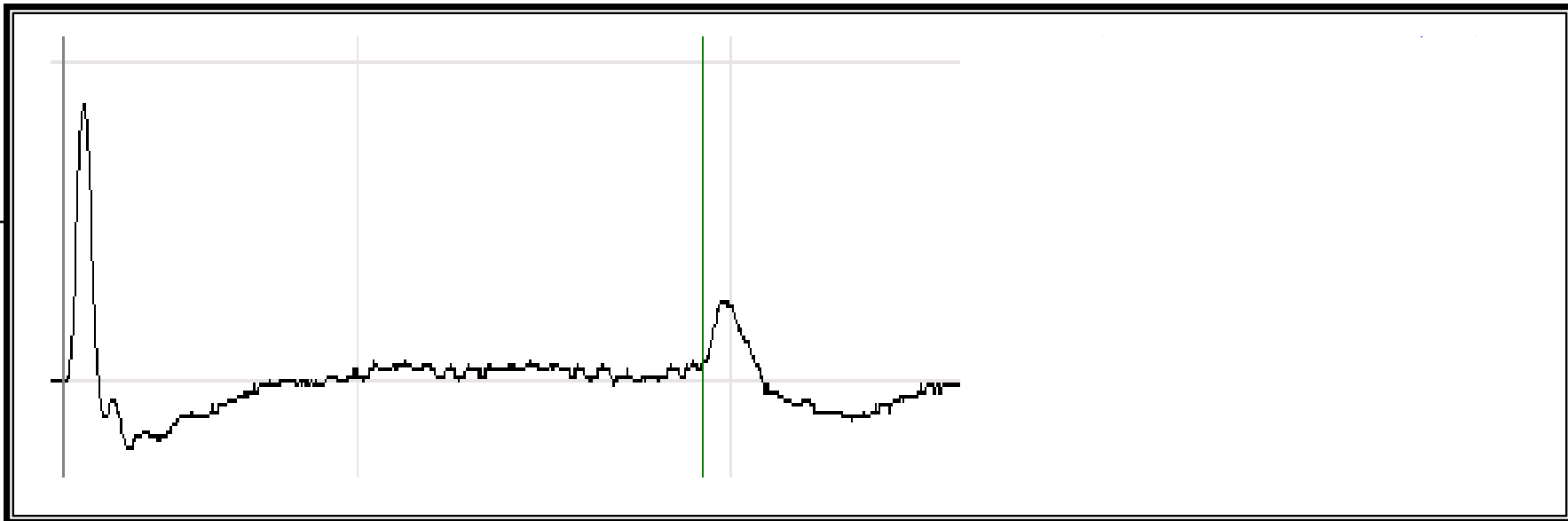
Localização de descargas parciais em um cabo

Reflexão do final do cabo



cabo

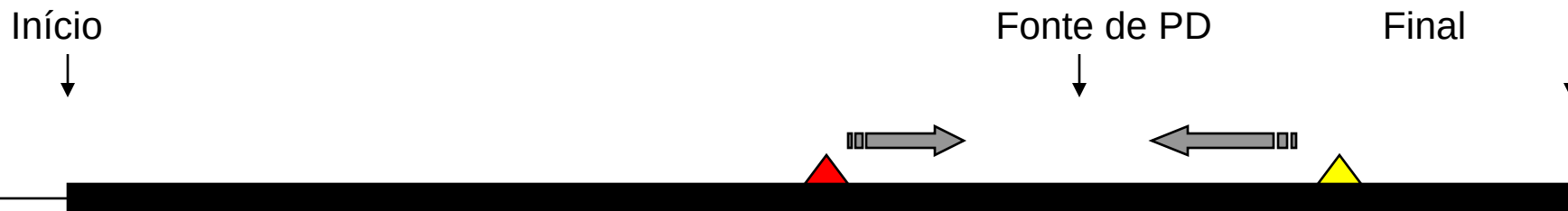
detector de PD



Localização de descargas parciais em um cabo

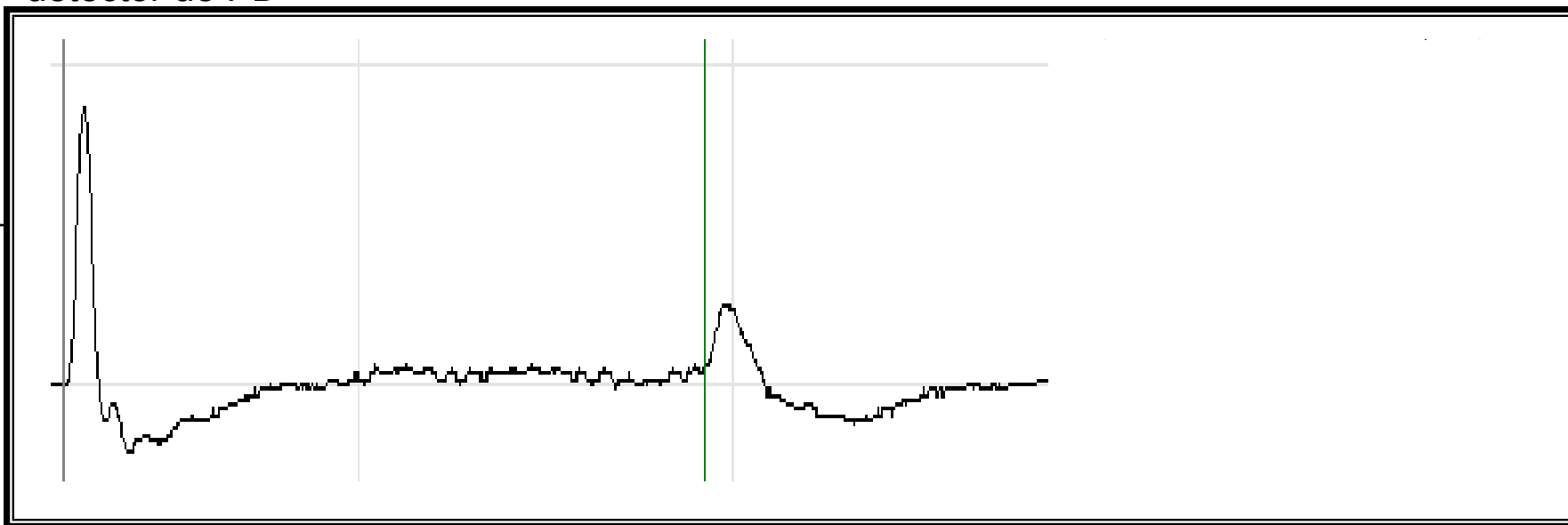


ENSURING THE FLOW.

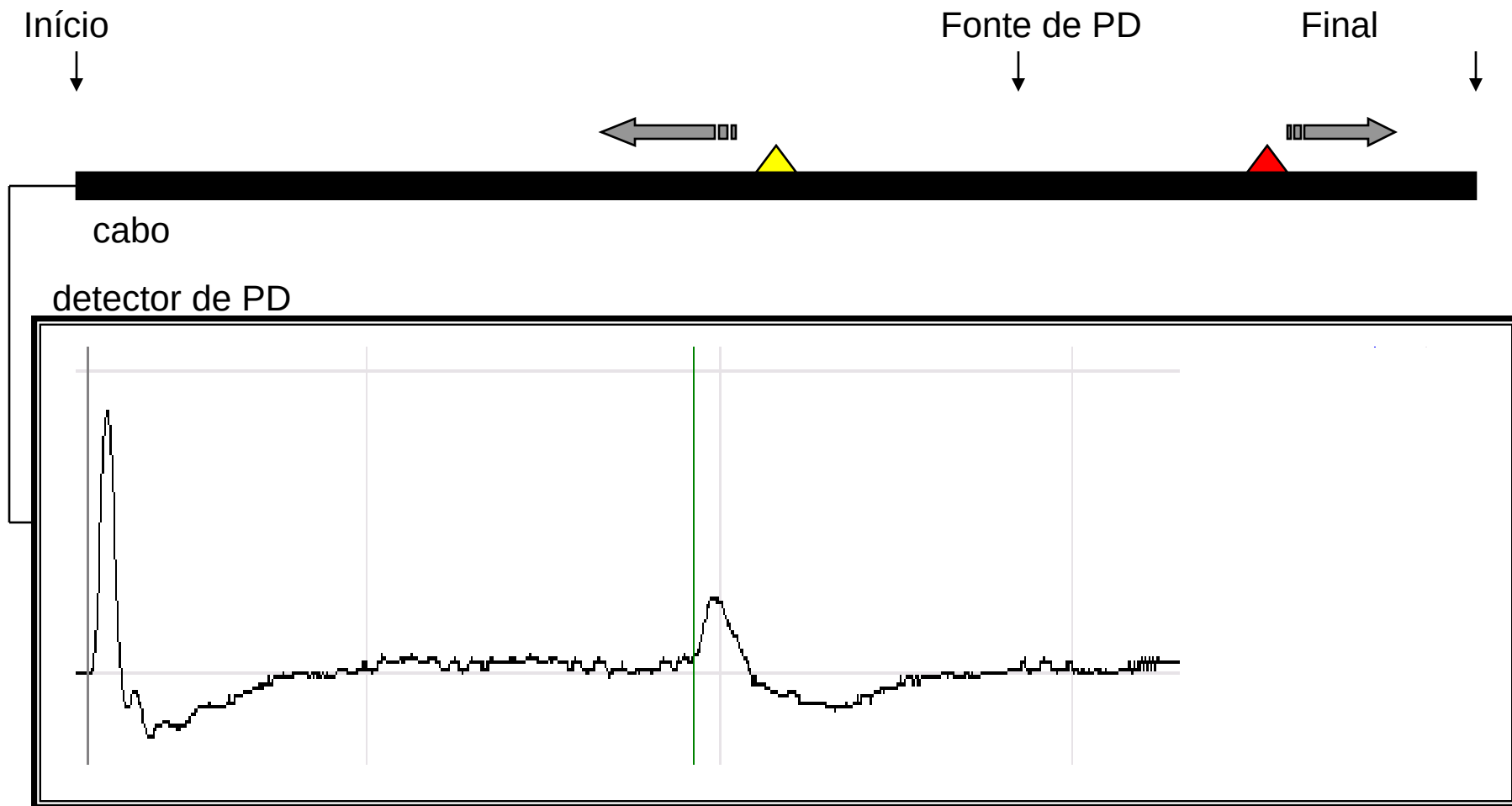


cabo

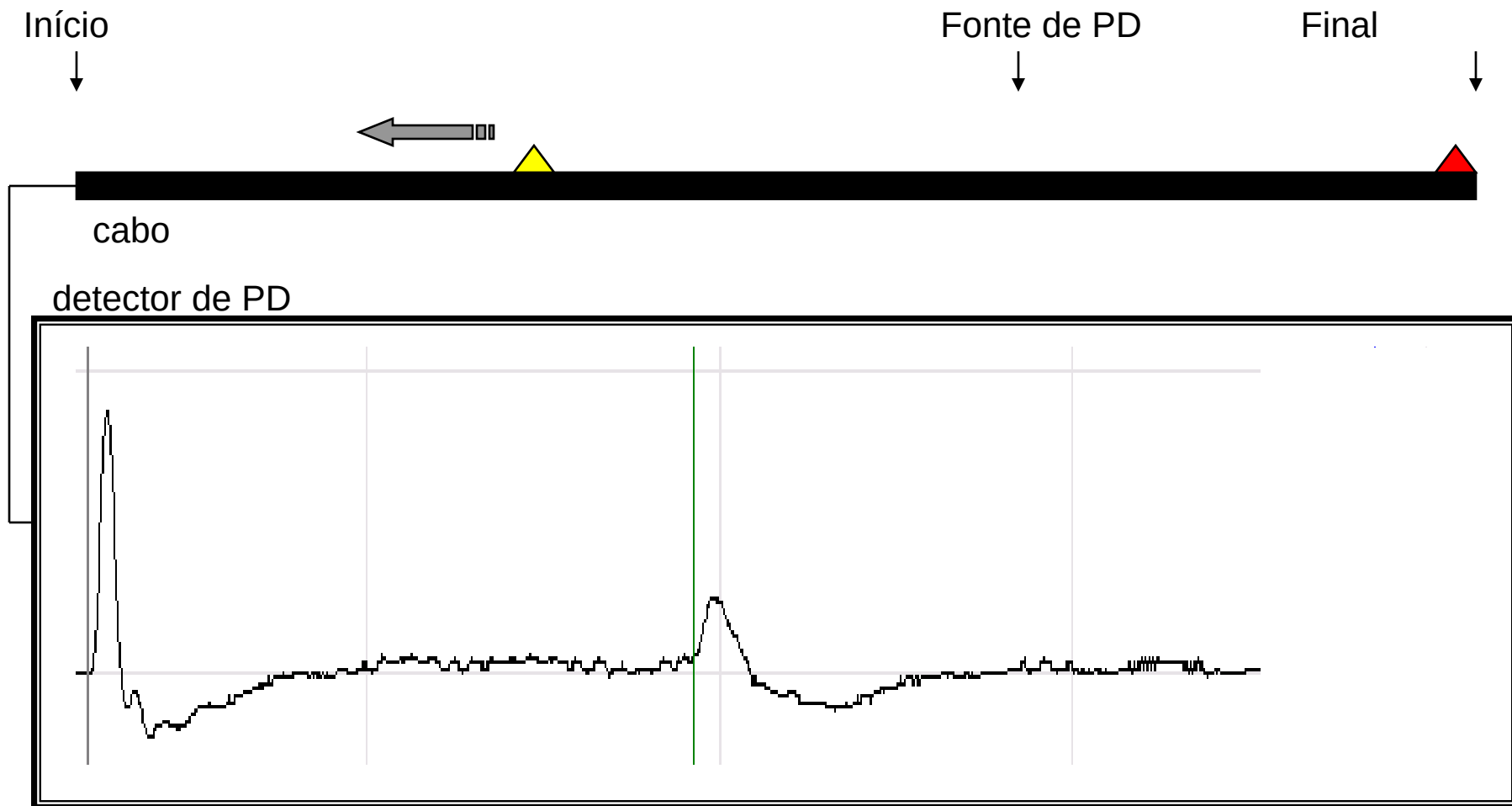
detector de PD



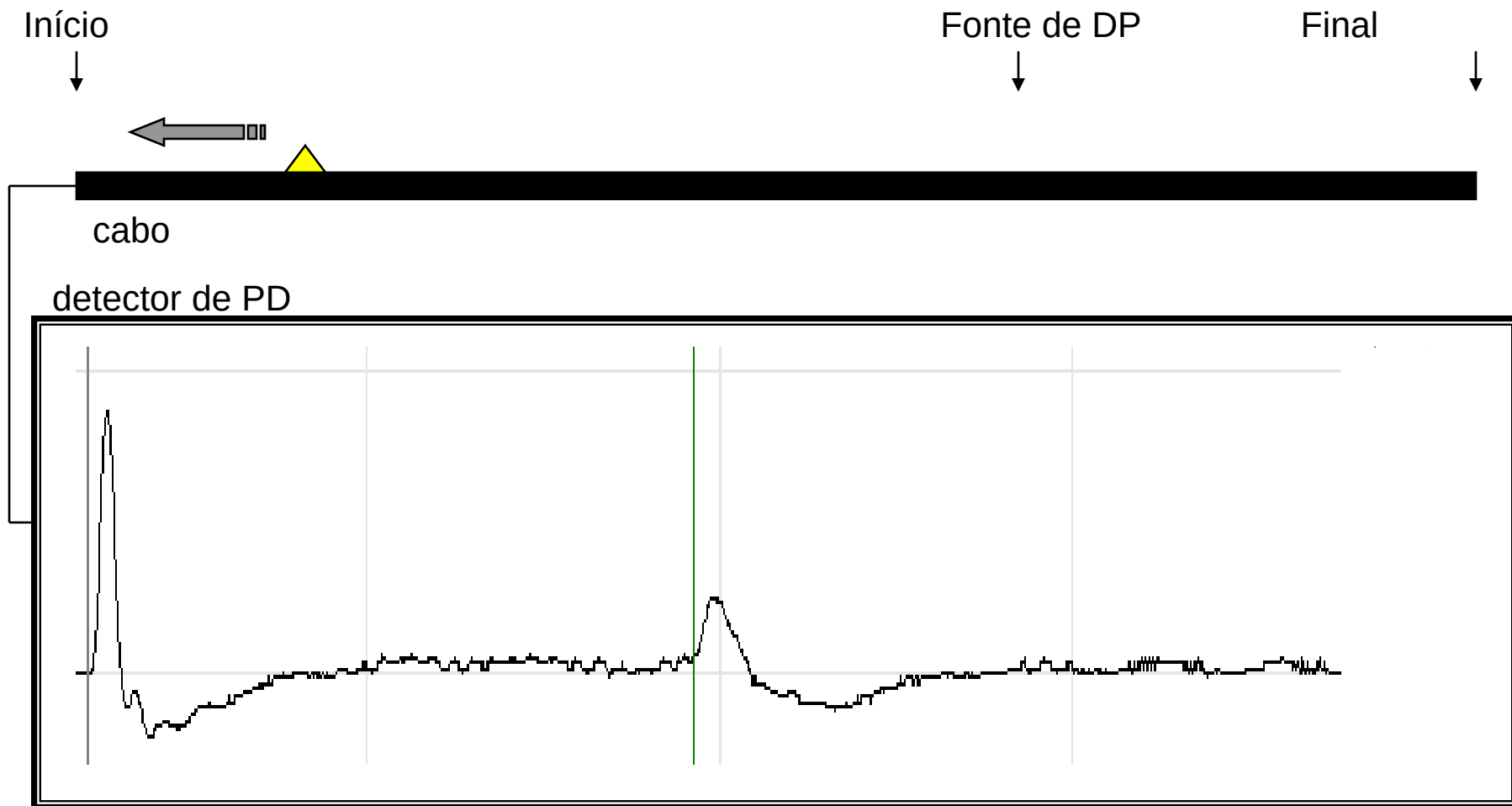
Localização de descargas parciais em um cabo



Localização de descargas parciais em um cabo



Localização de descargas parciais em um cabo

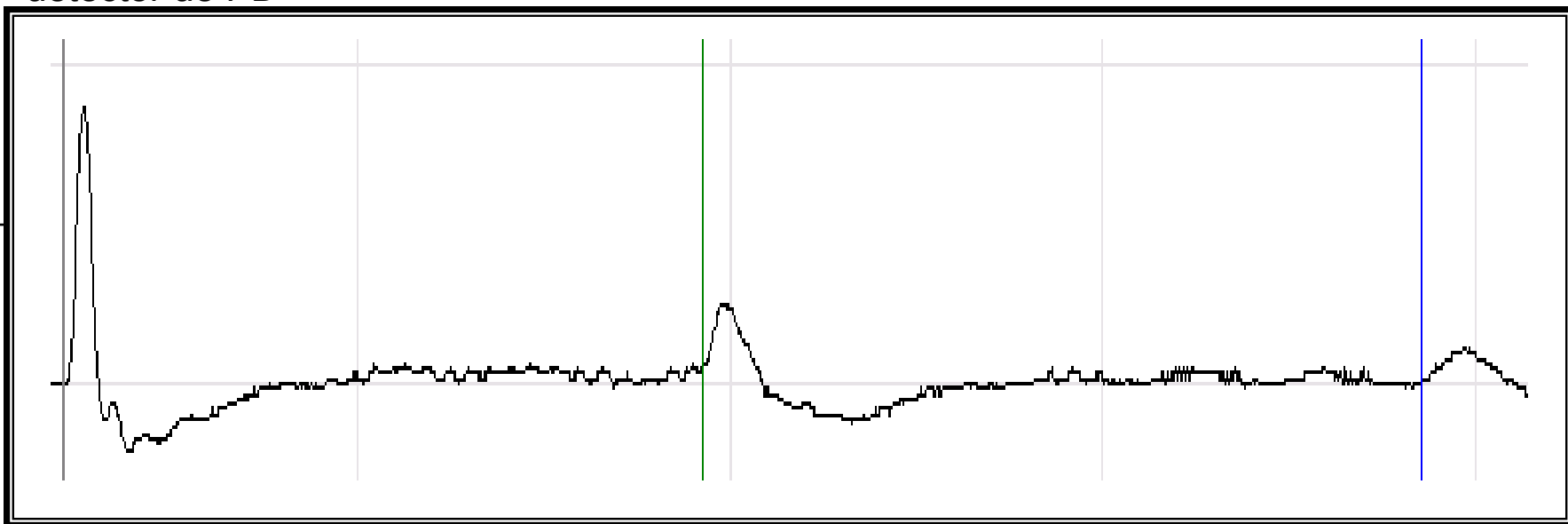


Localização de descargas parciais em um cabo

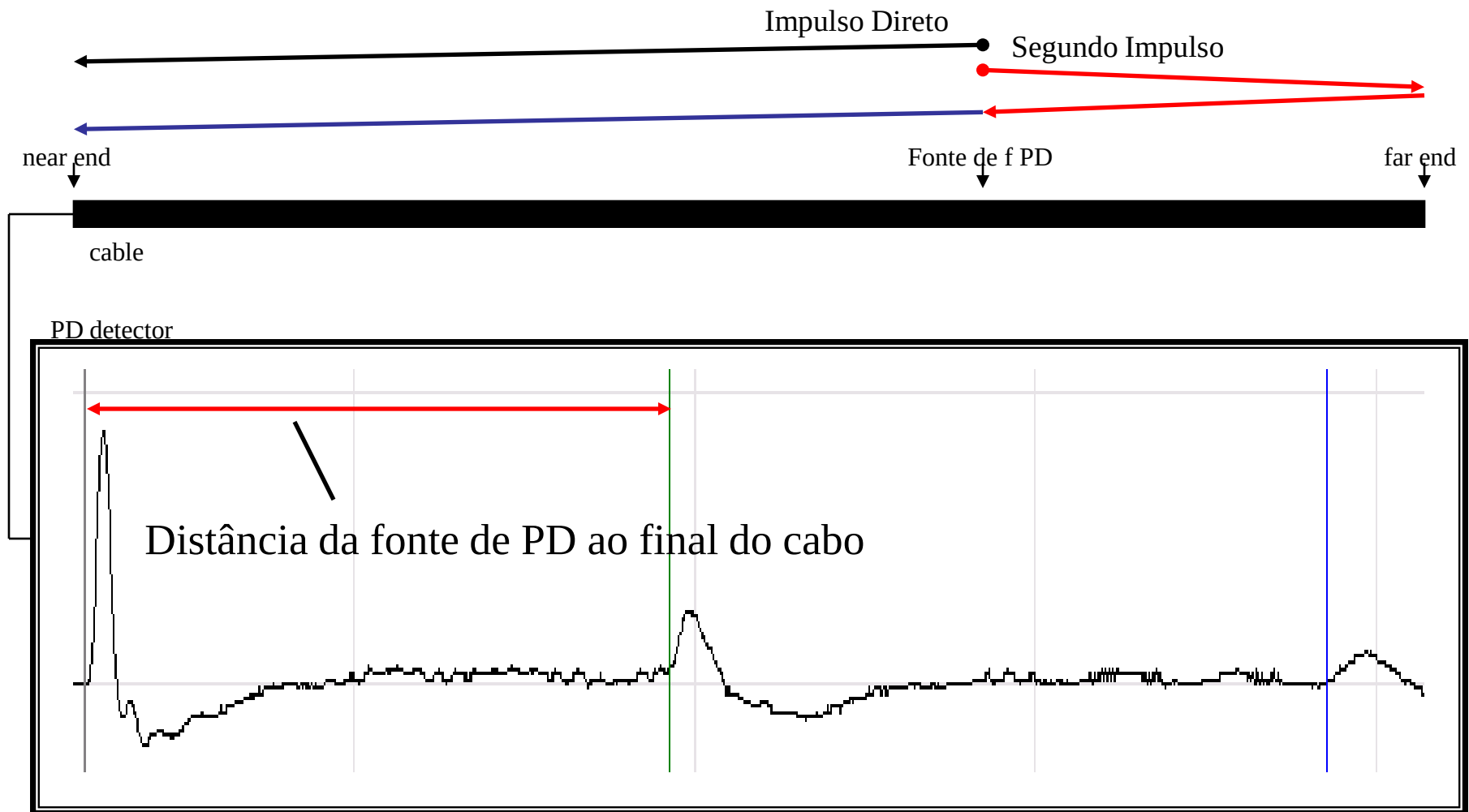


cabo

detector de PD



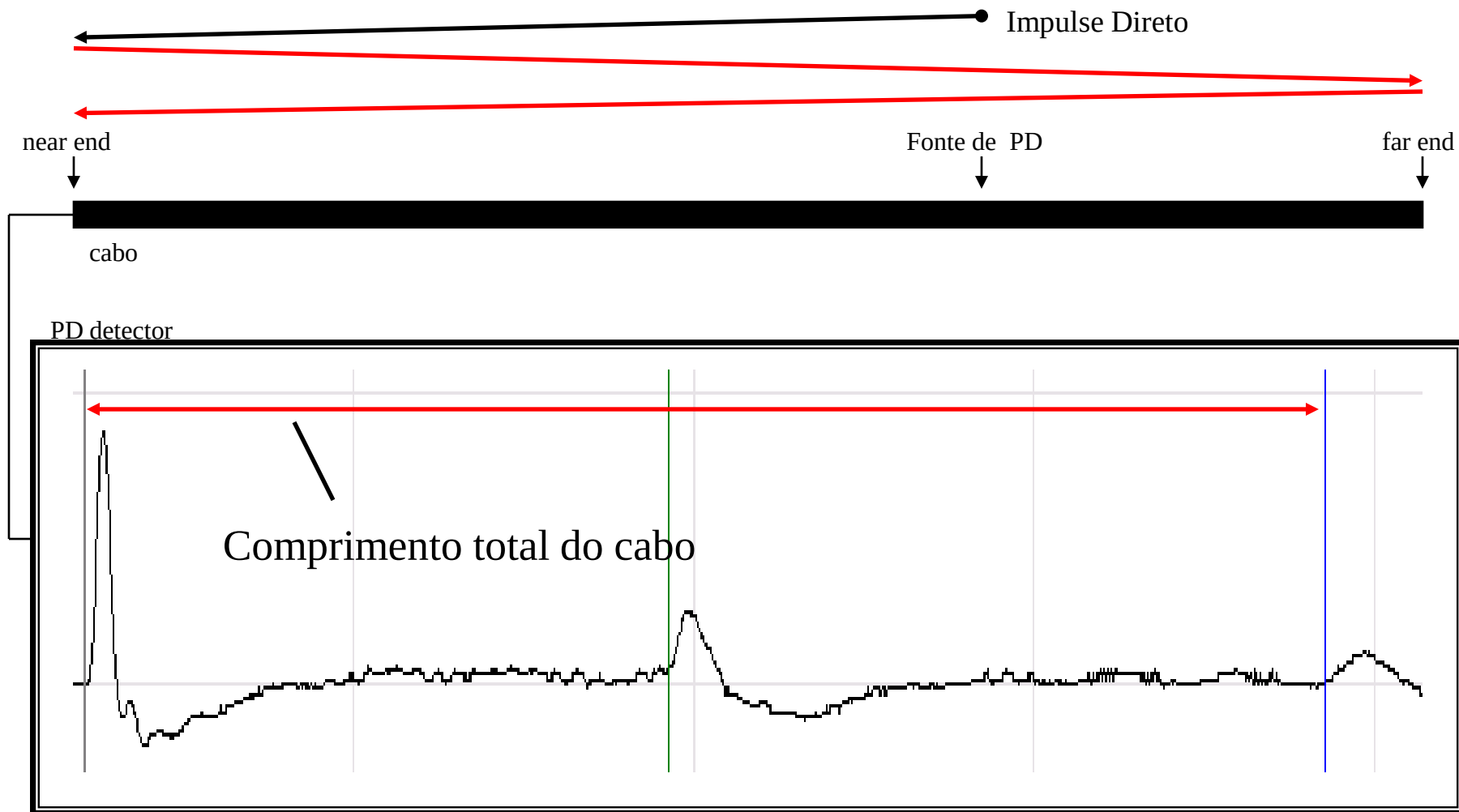
Localização de descargas parciais em um cabo cable



Localização de descargas parciais em um cabo cable



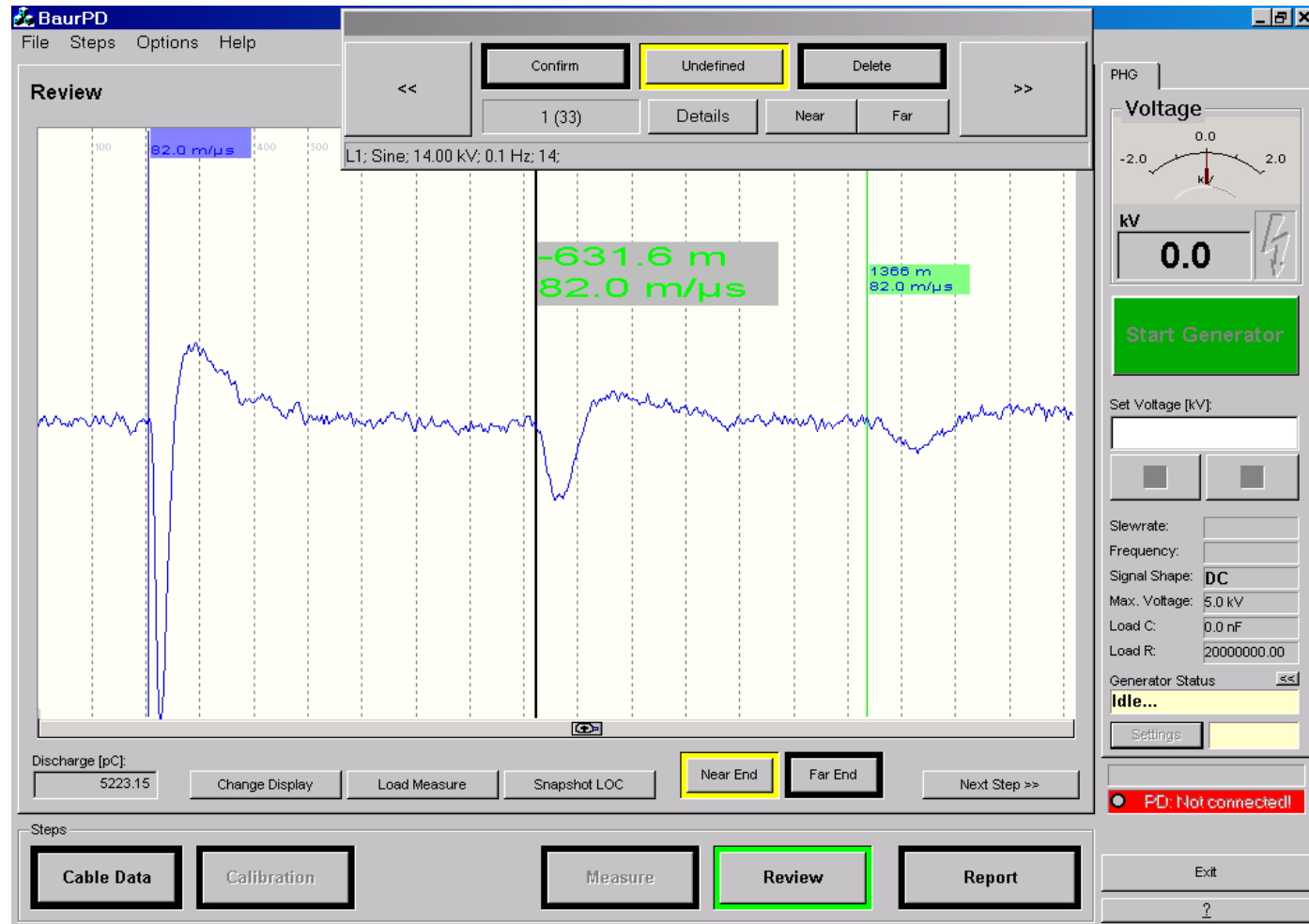
ENSURING THE FLOW.



Diagnóstico DP, gráfico DSO



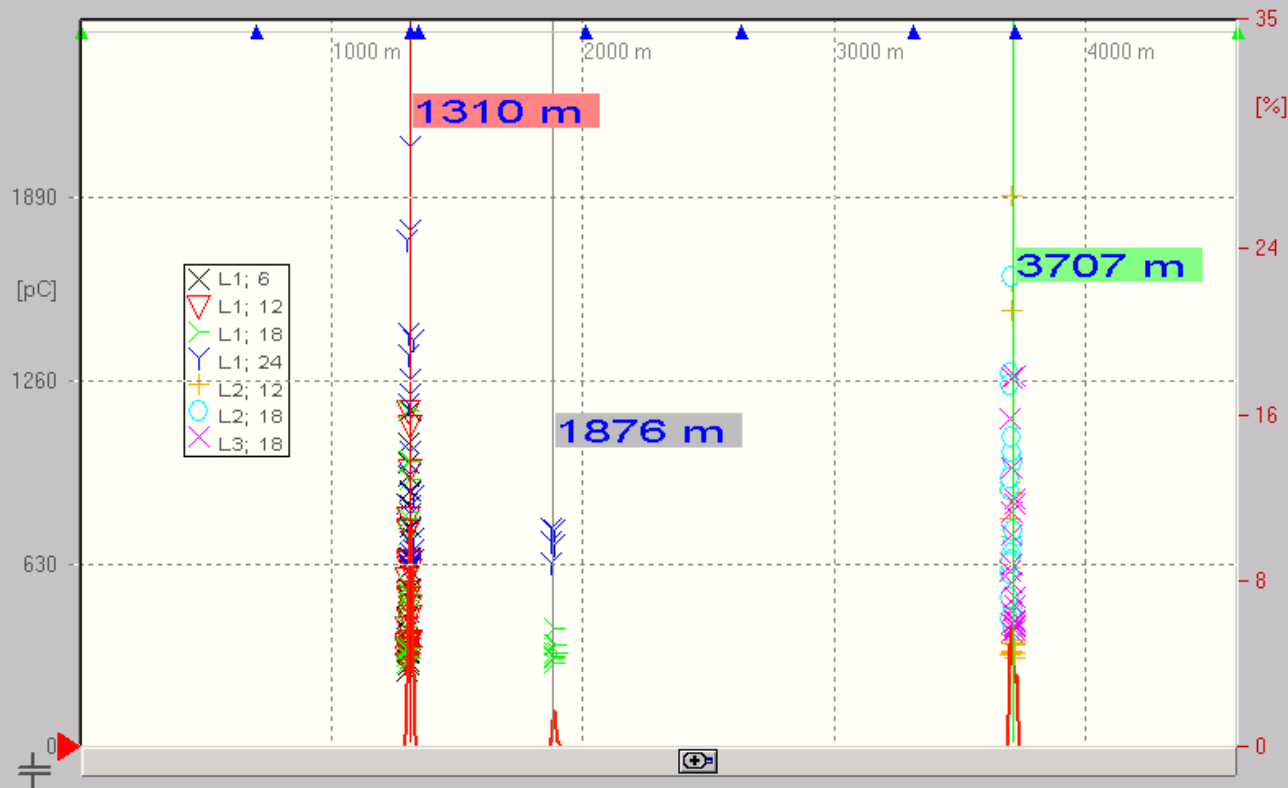
ENSURING THE FLOW.



Resultado de diagnóstico de DP em um cable XLPE, 4600 m



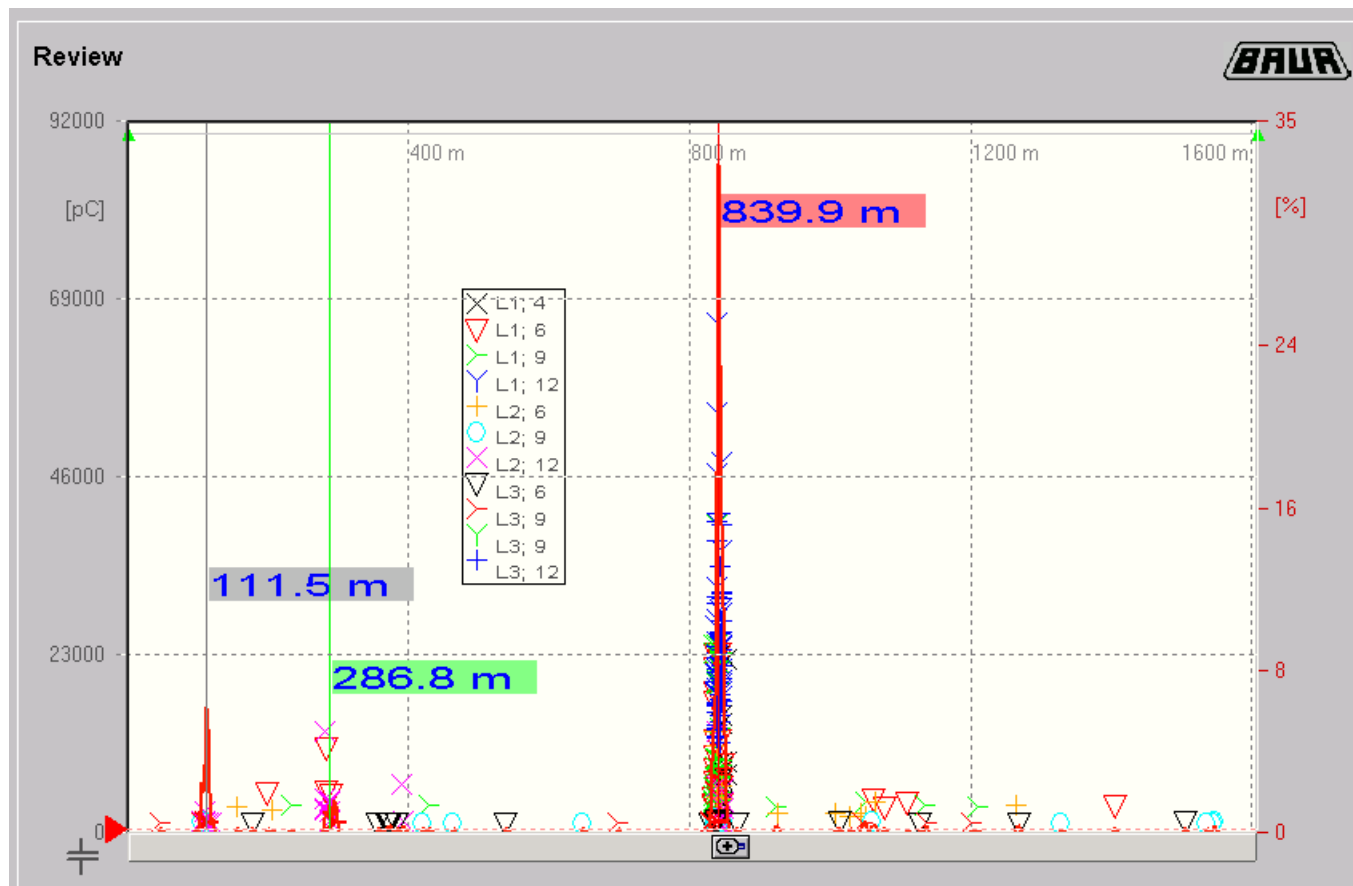
Review



Resultado de diagnóstico de DP em um cabo PILC, 1607 m



PD falta em
emenda





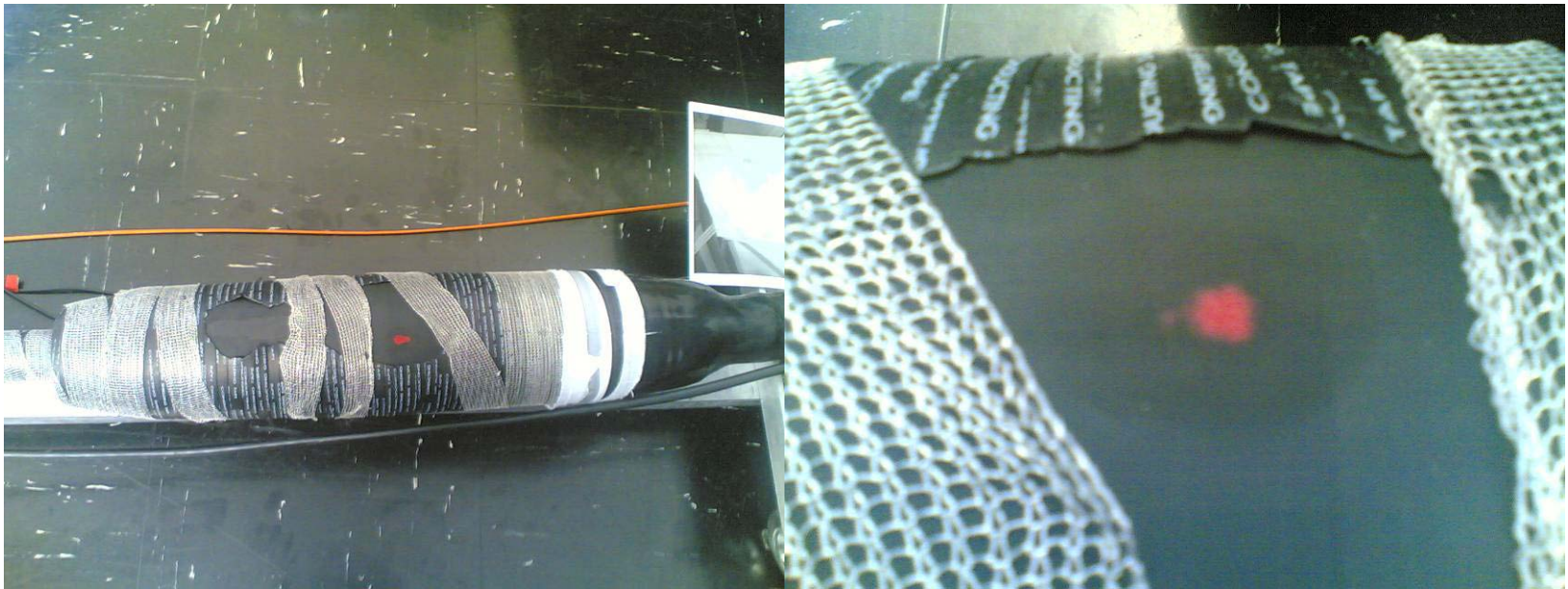
ENSURING THE FLOW.

Vantagens do PHG-TD/DP BAUR

- Sistema integrado para ensaios de cabos conforme IEEE, IEC y CENELEC,
- Diagnóstico de Tan Delta e de Descargas Parciais
- Calibração de DP em campo conforme IEC 60 270
- Detecção e localização de DP em cabos com isolamentos poliméricos e de papel
- Resultados reproduzíveis porque é independente das características da carga (por exemplo comprimento do cabo)

2.2 Diagnóstico PD – Fontes Típicas de PD

Defeito na camada semicondutora externa – Emendas



2.2 Diagnóstico PD – Fontes Típicas de PD

Missing conductive tape / preparation



2.2 Diagnóstico PD – Fontes Típicas de PD

Improper conductor preparation



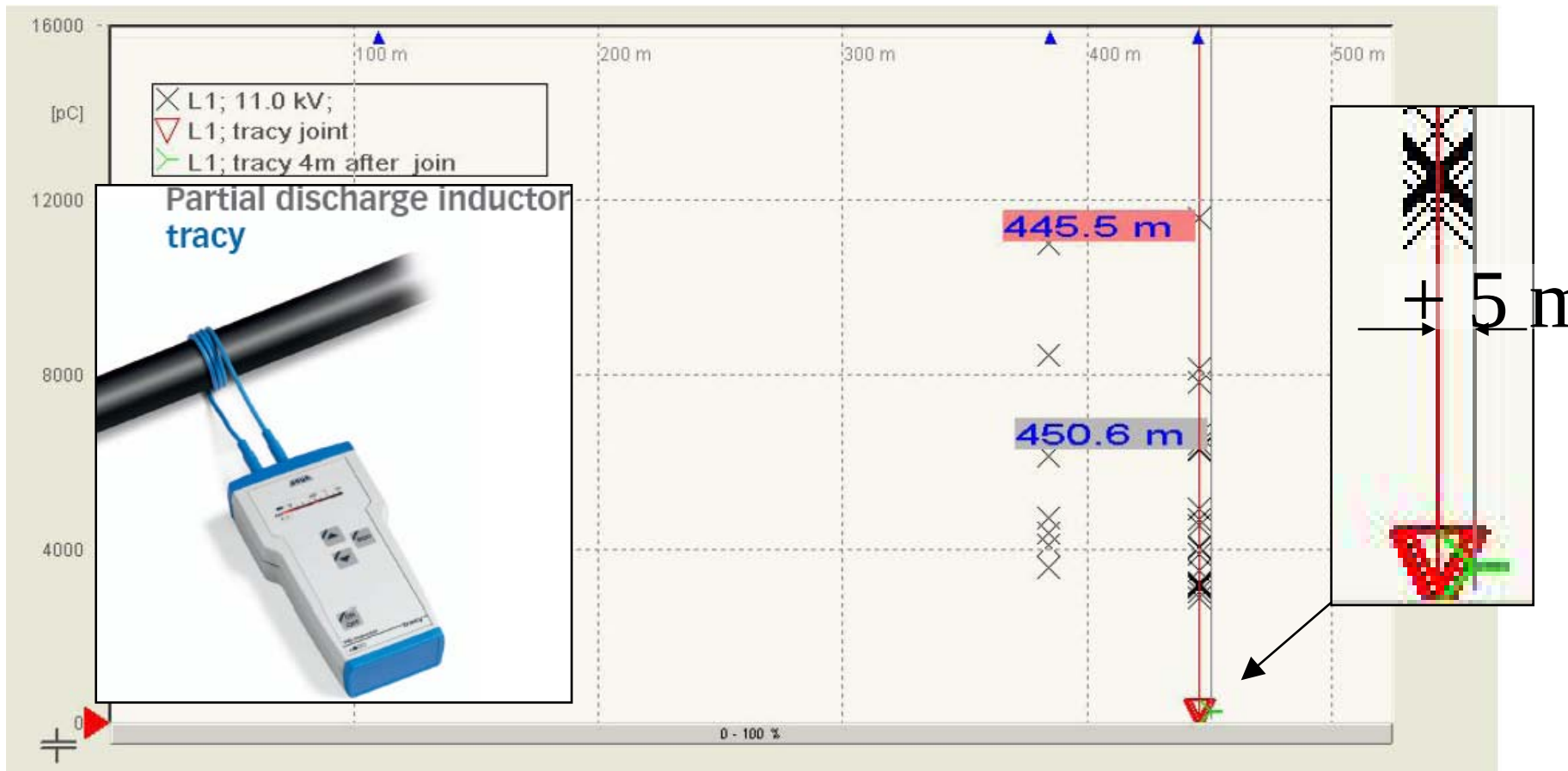
2.2 Diagnóstico PD – Fontes Típicas de PD

Defective termination



2.2 Diagnóstico PD – PD Pinpointing

Confirmation of prelocated PD location with Tracy



2.3 Sistemas VLF Portáteis

VLF test systems
Up to 23 kV RMS
Up to 30 kV DC



2.3 Sistemas VLF Portáteis

VLF test systems
Up to 40 kV RMS
Up to 60 kV DC



2.4 Sistemas VLF Portáteis



- Portable PD locator for VLF
- High accuracy, easy handling
- Detects after laying defects



2.4 Sistemas VLF Portáteis



Frida + PD portable + Tracy



2.5 Ensaio VLF- e Sistema de Diagnóstico PHG-TD/DP



- Ensaio VLF
- Diagnóstico de TD
- Diagnóstico de PD combinado em um único sistema





ENSURING THE FLOW.



Referências: Mais de 250 Sistemas de diagnóstico operando em todo mundo!



EWE Alemanha

RWE Alemanha

EDF Francia

Baosteel Shanghai, China

Pudong Shanghai, China

London Electricity, Inglaterra

CPRI Bangalore India

REDAL Marruecos

CHILECTRA , Chile

En España: AENA, APPLUS-NORCONTROL, UNION FENOSA, CONYCAL, ENDESA UNELCO, ENDESA-ERZ, ENEL-VIESGO, MARTIN BAUR ...

CESI Italia

ELECTROPAULO Brasil

CON-EDISON Chicago, USA

TAIWAN Power Company

CLP Hong-Kong

POWER Grid Singapur

Kepco Coreia

RADEEMA Marruecos



ENSURING THE FLOW.

**Muito obrigada
a todos!**

