



# IV ENCONTRO TÉCNICO ISA SÃO PAULO NA ENEL

Sede da Enel - Barueri / SP  
6 de novembro de 2019, das 8h às 15h30



Sao Paulo  
Section



*Como Novas Soluções de Medição podem ajudar em Perdas Técnicas de Energia*

Renato Souza  
Fluke do Brasil  
Gerente Territorial  
[Renato.souza@Fluke.com](mailto:Renato.souza@Fluke.com)

# O impacto do roubo de energia

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), as fraudes no Brasil são gigantescas, representando mais do que 31,5 mil gigawatts, quantidade suficiente para abastecer o estado de Santa Catarina por um ano.

Ligação clandestina é considerada a segunda maior causa de morte no país relacionada à energia elétrica

Esse tipo de ocorrência já foi responsável por um prejuízo de R\$ 4,5 bilhões e, se não houvesse esta perda de energia, a tarifa poderia ser aproximadamente 5% menor, de acordo com o Instituto Acende Brasil



# Como evitar o roubo de energia

Para resolver a questão do furto de energia as concessionárias têm investido em soluções inteligentes que monitoram a energia consumida X a registrada de maneira online, facilitando então o controle e a identificação dessas fraudes. O avanço da tecnologia permitiu o desenvolvimento de equipamentos capazes de identificar com precisão onde ocorrem os furtos. Estes equipamentos são alicates de corrente, Boroscópios e localizadores de cabos. Na imagem ao lado o uso do boroscópio ou Vídeoscópio para fotografar a fraude dentro do Conduíte.



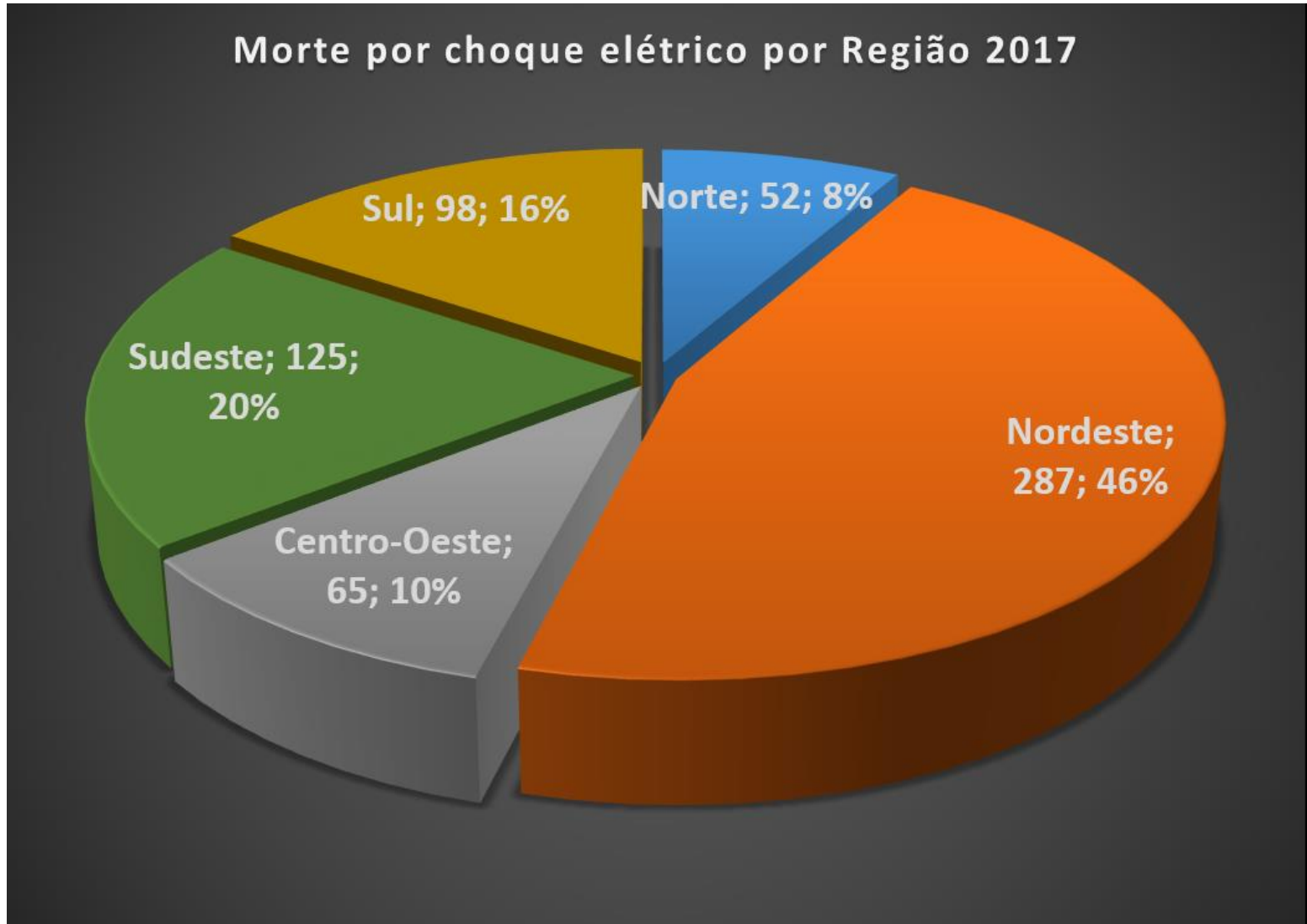
# A tecnologia aliada no combate ao roubo

Recentemente a Fluke do Brasil, lançou o equipamento boroscópio que é compacto como uma tablet e com uma sonda de alta resolução é capaz de fotografar ou gravar vídeos das fraudes dentro do conduíte.



Isso ajuda a documentar a fraude sem a necessidade de ter que quebrar a parede, piso, teto ou onde estiver a fraude.

# Morte por choque elétrico



# Introdução

## ...Mais Estimativas da Indústria

- ▶ As temperaturas de arco voltaico podem exceder 20.000° C (a da superfície do sol é de 5.000° C)
- ▶ Existe potencial de arco voltaico em qualquer equipamento elétrico de 240 volts ou mais
- ▶ O arco voltaico vaporiza os condutores de metal, jogando o metal fundido para fora com extrema força

# Introdução

**O elemento essencial para a segurança elétrica é garantir que o equipamento esteja em uma condição elétrica segura antes que qualquer trabalho seja iniciado**

- ▶ As empresas devem saber o que a NFPA 70E cobre
- ▶ Entender o arco voltaico, a energia incidente e limite de proteção contra arco voltaico
- ▶ Normas, aplicação e práticas seguras
- ▶ Análise de risco de arco voltaico e eletrocussão por contato direto
  - ▶ Aéreo
  - ▶ Subterrâneo

# Riscos da Eletrocução

## Choque

- ▶ Contato com qualquer fonte de eletricidade que cause corrente suficiente através da pele, músculos ou cabelos
- ▶ O choque pode causar eletrocussão e morte

Current level	Probable effect on the human body
<b>1 mA</b>	<b>Slight tingling sensation.</b> Still dangerous under certain conditions.
<b>5 mA</b>	<b>Slight shock felt; not painful but disturbing.</b> Average individual can let go. However, strong involuntary reactions to shocks in this range may lead to injuries.
<b>6-16 mA</b>	<b>Painful shock, begin to lose muscular control.</b> Possible fall danger. Referred to as the freezing current or “let-go” range.
<b>17-99 mA</b>	<b>Extreme pain, respiratory arrest, severe muscular contractions.</b> Individual cannot let go. Death is possible.
<b>100-2000 mA</b>	<b>Ventricular fibrillation (uneven, uncoordinated pumping of the heart.)</b> Muscular contraction and nerve damage begins to occur. Death is likely.
<b>Over 2000 mA</b>	<b>Cardiac Arrest, internal organ damage, and severe burns.</b> Death is probable.

Source: US OSHA, CDC, NIOSH

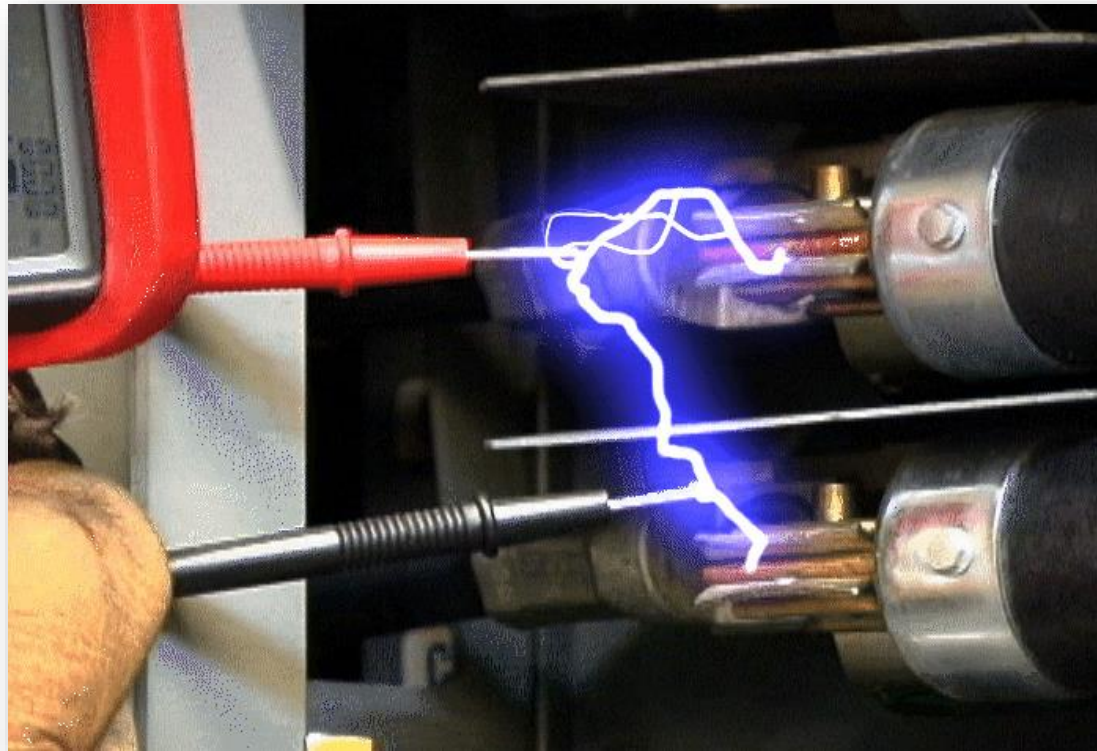
©2015 Fluke Corporation. 6004832a-en



# Riscos do Arco Voltaico

Criado por um curto-circuito de ***fase a fase*** ou ***fase à terra***

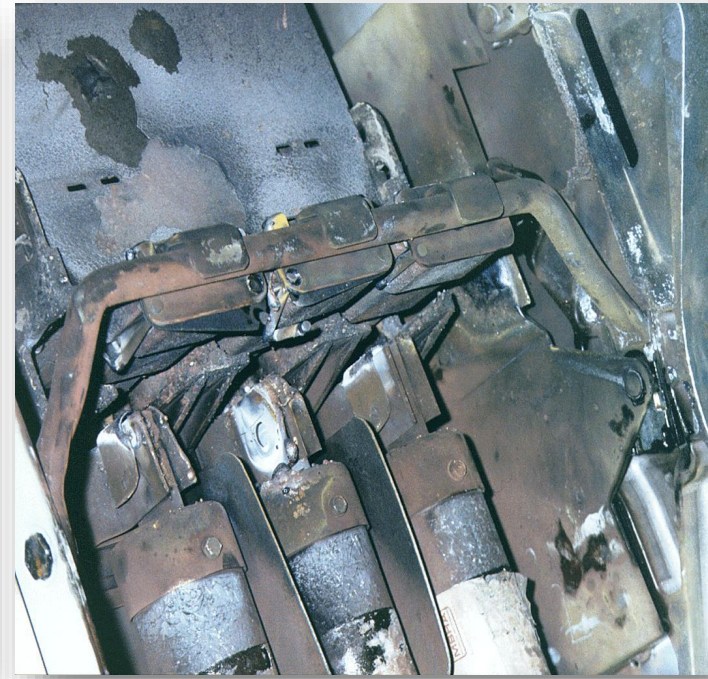
- ▶ A corrente elétrica passa pelo ar
- ▶ O ar ionizado (plasma) é um bom condutor
- ▶ Assim que um arco começa, ele se alimenta de qualquer matéria em seu caminho e a vaporiza
- ▶ A duração é inferior a um segundo



# Riscos de uma Explosão por Arco Voltaico

O resultado **explosivo** de uma falha com arco

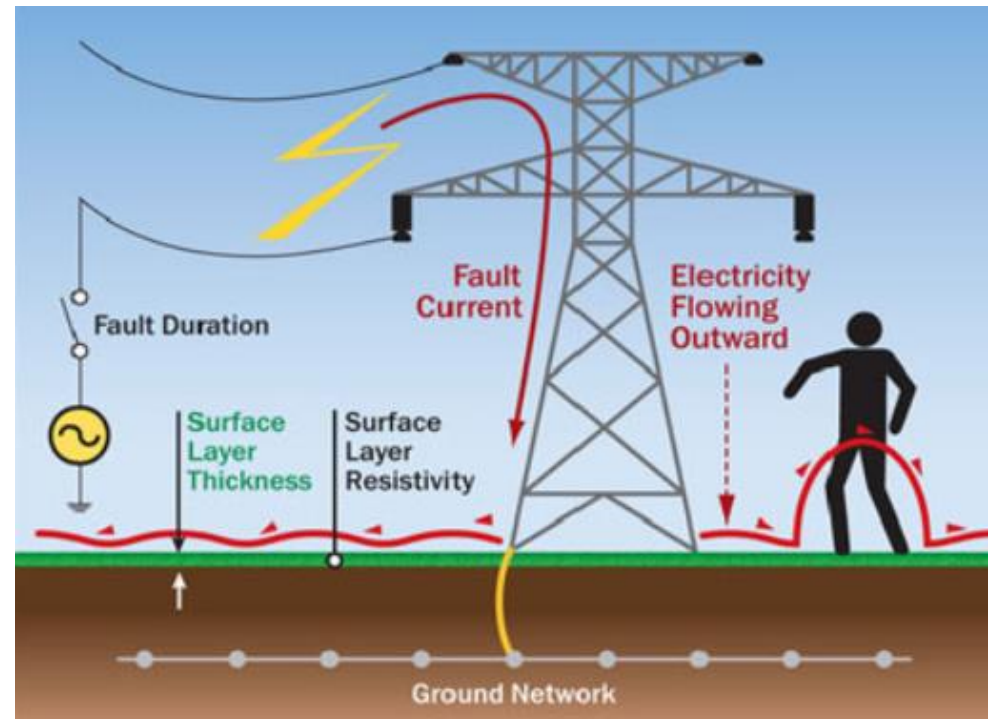
- ▶ Os condutores vaporizados são rapidamente expelidos, criando riscos tais como calor intenso, onda de choque termoacústica, metal fundido, estilhaços, luz ofuscante, fumaça tóxica e contato com componentes energizados



# Riscos do Potencial de Passo e de Toque

O **potencial de passo** é a tensão de passo entre os pés de uma pessoa em pé próxima a um **objeto aterrado energizado**

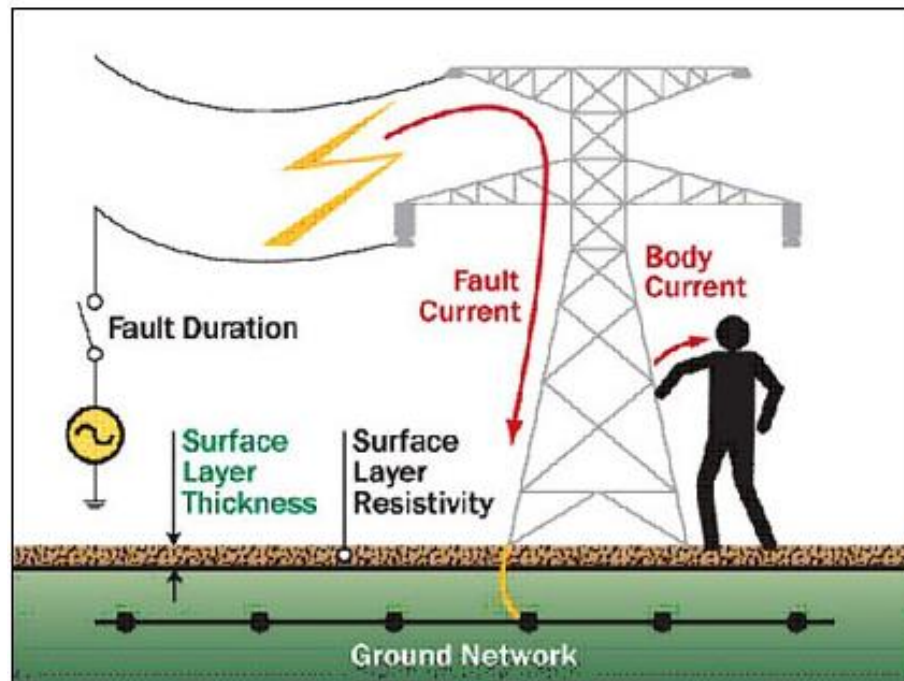
- É igual à diferença de tensão, dada pela curva de distribuição de tensão, entre dois pontos, a distâncias diferentes do eletrodo
- Quanto mais a pessoa estiver perto da haste de aterramento ou do dispositivo de aterramento, maior a concentração de corrente e maior a tensão
- Quanto mais afastadas estiverem as pernas de uma pessoa, maior a diferença de tensão no corpo
- Uma pessoa pode estar em risco de ferimento durante uma falha simplesmente estando perto do ponto de aterramento



# Riscos do Potencial de Passo e de Toque

O **potencial de toque** envolve uma falha no fluxo de corrente no aterramento, estabelecendo uma diferença potencial entre o ponto de contato com a terra e alguma estrutura condutora próxima

- A eletricidade viaja pela perna da torre para a mão da pessoa e através dos órgãos vitais do corpo
- Em seguida, continua seu caminho e sai pelos pés e para a terra
- É necessária uma análise cuidadosa para determinar as correntes de fibrilação aceitáveis que podem ser suportadas pelo corpo, se ocorrer uma falha



# Riscos do Choque Elétrico

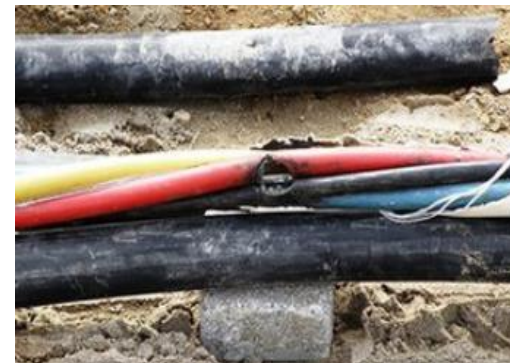
O **choque elétrico** ocorre quando o corpo se torna parte de um circuito elétrico

- Uma pessoa pode entrar em contato com os dois condutores em um circuito
- Uma pessoa pode fornecer um caminho entre um condutor não aterrado e a terra
- Uma pessoa pode fornecer um caminho entre a terra e um material condutor que esteja em contato com um **condutor não-aterrado**



Fazendo contato com um fio energizado de 13,2 kV

- ▶ Uma pessoa pode sofrer queimaduras de terceiro grau
- ▶ Pode perder a consciência e ter um potencial dano cerebral



# O que pode causar esses acidentes?

## 1. Sobrecarregar um disjuntor

- ▶ Inserir ou remover um disjuntor em um barramento vivo
- ▶ Inserir ou remover um transformador de tensão

## 2. Fiação de painel solta

- ▶ Um condutor solto que faz um curto-circuito com outro condutor ou com a terra

## 3. Remover tampas de painéis

- ▶ Parafusos e fixadores soltos que caem dentro de um painel desprotegido, tocando um barramento vivo

## 4. Ferramentas colocadas em curto entre duas fases

- ▶ Quando um eletricista experiente corta o cabo vivo com uma tesoura de cabo, a alça da tesoura de cabo toca a outra fase

## 5. Usar incorretamente as pontas de prova

- O usuário se distrai ou deixa cair enquanto mede fase a fase ou fase à terra, ao usar pontas de prova de estilo antigo de  $\frac{3}{4}$  de polegada

## 6. Usar incorretamente as ferramentas de medição

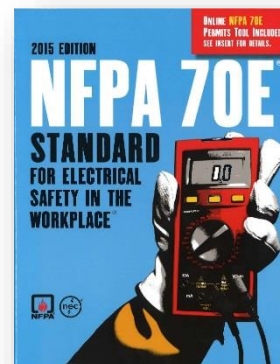
- Medir através de fases com um amperímetro em série, criando um curto-circuito
- Medir a continuidade em um circuito vivo com uma ferramenta que não suporta a tensão total
- Um curto-circuito acidental de fases com uma ponta de prova longa demais para a categoria de segurança

# Quais são as diretrizes atuais?

À medida que o ambiente de trabalho e o tipo de tarefa ficam mais perigosos, aumenta a necessidade de proteção

## A NFPA-70E<sup>1</sup> aborda:

- Práticas de trabalho relacionadas à segurança
- Manutenção de equipamentos de segurança
- Requisitos de segurança para equipamentos especiais
- Requisitos de instalação relacionados à segurança



<sup>1</sup>NFPA-70E – Norma de Segurança Elétrica no Local de Trabalho

# Quais são as diretrizes atuais?

## CFR 29.1926.964 (OSHA 29) Linhas aéreas e trabalho a mão nua em linha viva

- O empregador deve fornecer as medidas de proteção quando os funcionários estiverem trabalhando muito perto de condutores energizados
- As distâncias mínimas de aproximação devem ser mantidas ao se aproximar de áreas energizadas
- Essas distâncias podem ser definidas pelo usuário final
- Todo o equipamento deve ser isolado
- Mais também com a OSHA 29.1910 (veja o Slide 23)



Detector de alta tensão sem contato

## CFR 29.1926.965 (OSHA 29) Diretrizes para instalações elétricas subterrâneas

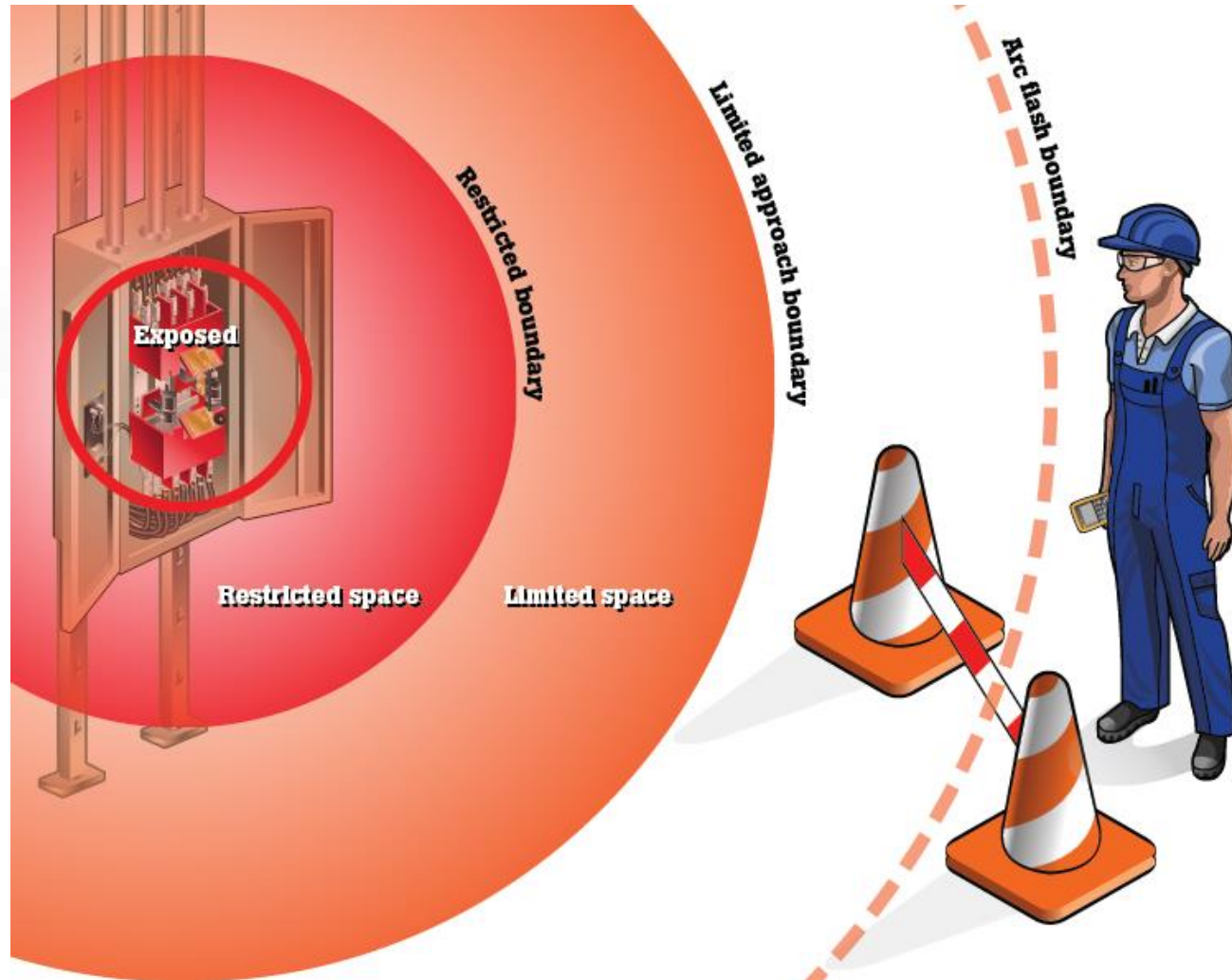
- Fornece requisitos adicionais para trabalhos em instalações elétricas subterrâneas
- Cabos com anormalidades são declarados como tendo risco de falha ou indicação de falha impeditiva
- O funcionário deve desenergizar o condutor
- Os cabos retêm energia, mesmo desenergizados (particularmente os cabos longos)
- A OSHA jamais esclareceu até 2003 o que significa um “meio de localização de instalação subterrânea”





# Segurança superficial e aérea

## Erros comuns com instrumentos de medição



Os limites se aplicam quando os trabalhadores são expostos a condutores elétricos energizados ou a partes do circuito

# Segurança superficial e aérea

## Princípios fundamentais da estratégia “Testar Antes de Tocar” (*TBT*)

- ▶ Considere todos os circuitos como energizados até serem testados
- ▶ Teste TODOS os condutores a serem tocados
- ▶ O uso de EPIs é necessário até que o teste seja finalizado
- ▶ O instrumento de teste deve ser verificado
- ▶ O conhecimento do equipamento é crítico
- ▶ Teste o circuito novamente para verificar a continuidade da operação
- ▶ Os testes devem ser feitos em cada local onde os condutores serão tocados



# Segurança superficial e aérea

## Detectores de alta tensão sem contato

Isolador

Campo elétrico criado pelo condutor

Condutor

Uso correto do detector de tensão

Uso incorreto do detector de tensão (não alcança o campo eletromagnético)

- Os detectores de alta tensão sem contato podem ser usados nos seguintes ativos:
  - Linhas de transmissão
  - Condutores abaixo de 122 kV
  - Condutores aéreos em subestações
  - Gabinetes internos contendo condutores de alta tensão (cabos não blindados)
  - Disjuntores
  - Comutadores folheados a metal (nos bicos)
- Os detectores de alta tensão sem contato não podem ser usados nos seguintes ativos:
  - Comutadores isolados a gás
  - Tensões de corrente contínua não padronizadas
  - Gabinetes internos contendo condutores de alta tensão blindados

IV Encon  
ISA São F

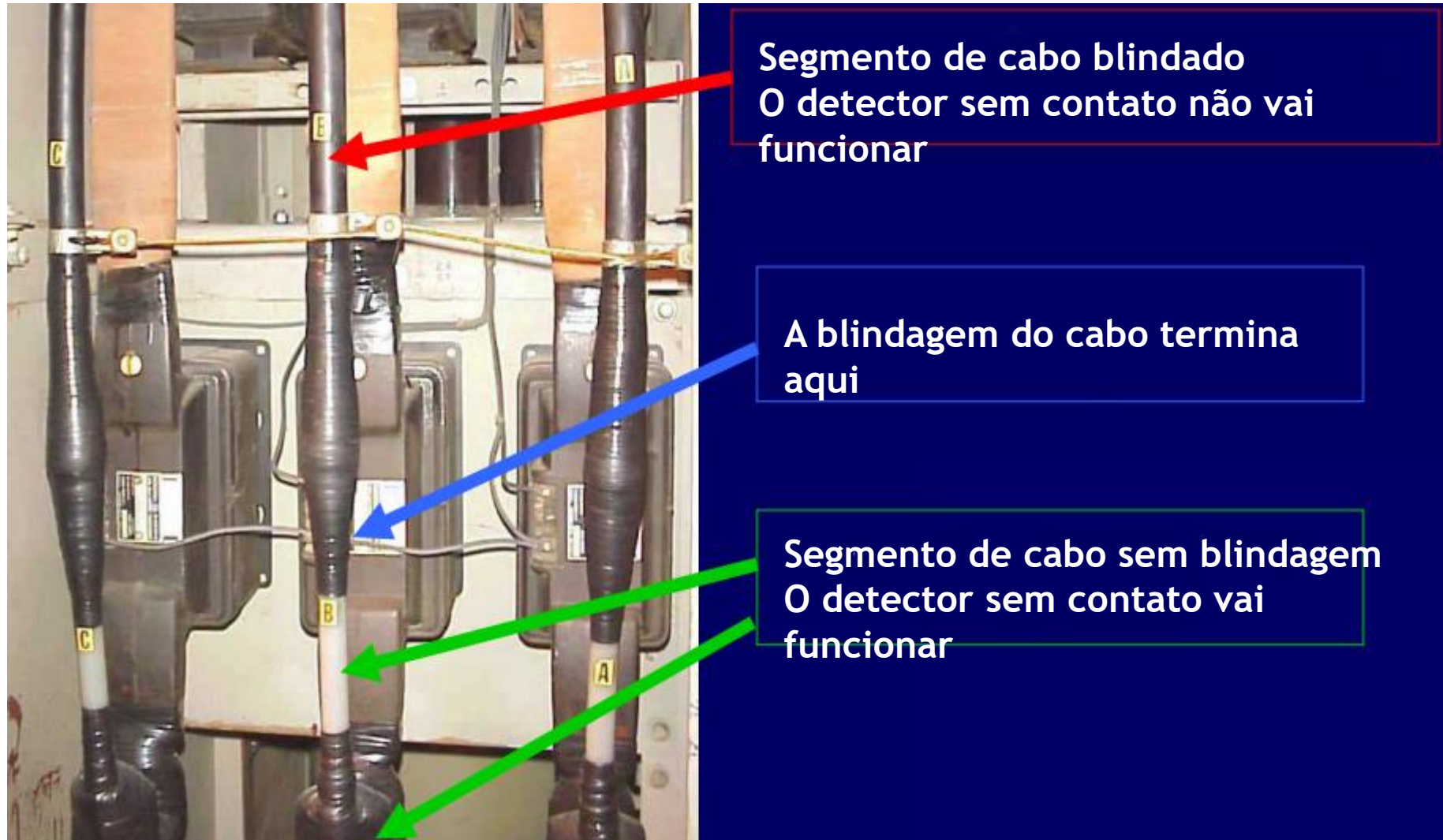
Enel

ISA  
Sao Paulo  
Section

iel

# Segurança superficial e aérea

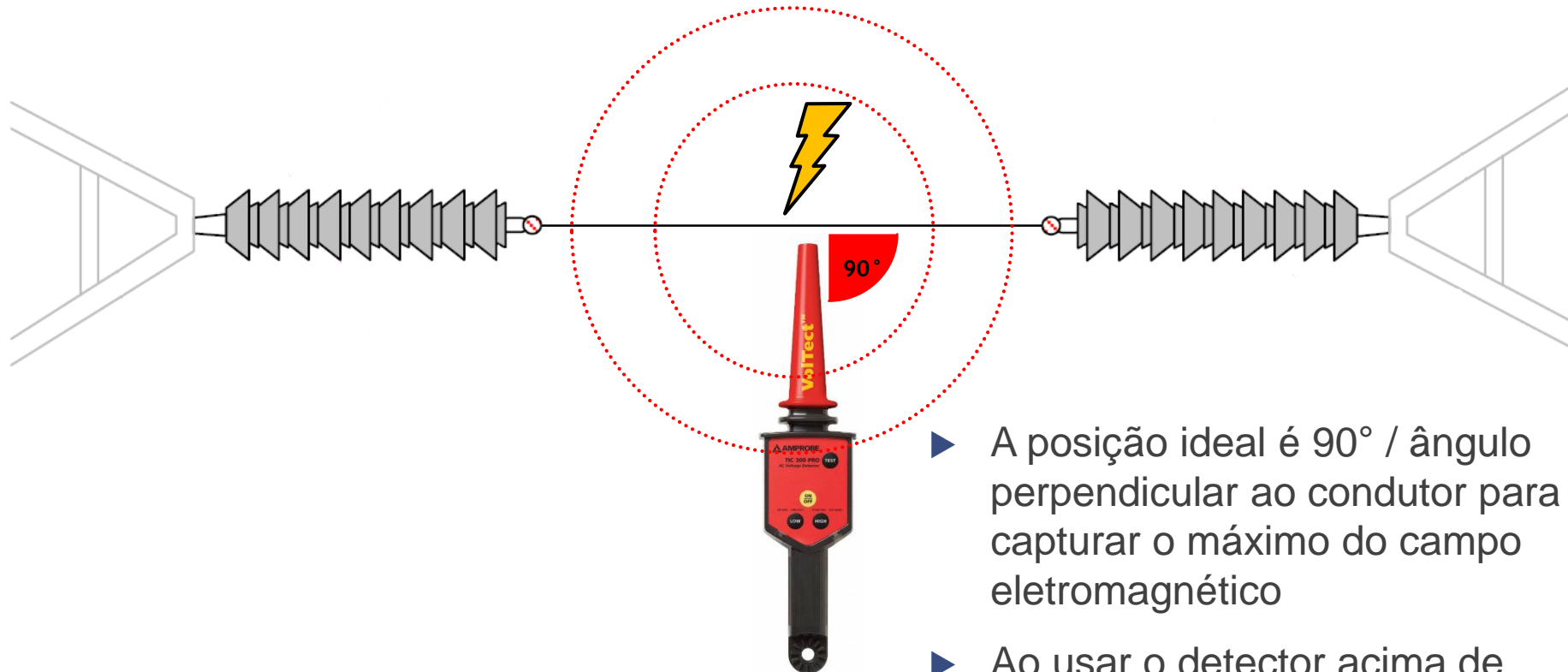
## Detectores de alta tensão sem contato



# Segurança superficial e aérea

## Detectores de alta tensão sem contato

### Amprobe TIC 300 PRO

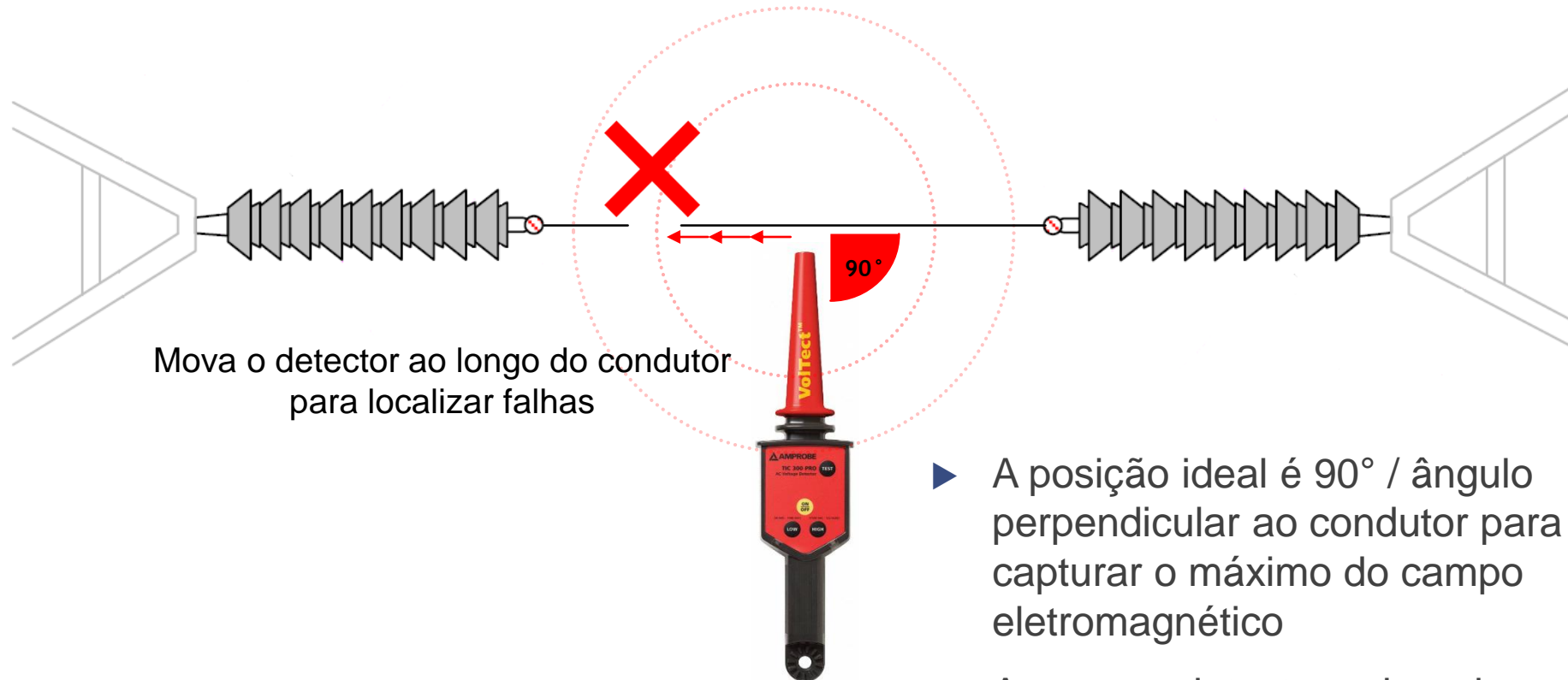


- ▶ A posição ideal é 90° / ângulo perpendicular ao condutor para capturar o máximo do campo eletromagnético
- ▶ Ao usar o detector acima de 1.500 V CA, deve ser usado um bastão isolado

# Segurança superficial e aérea

## Detectores de alta tensão sem contato

### Amprobe TIC 300 PRO



- ▶ A posição ideal é 90° / ângulo perpendicular ao condutor para capturar o máximo do campo eletromagnético
- ▶ Ao usar o detector acima de 1.500 V CA, deve ser usado um bastão isolado

# Para que serve a localização/rastreamento de instalações subterrâneas?

As consequências de atingirmos a infraestrutura subterrânea podem ser significativas



# Para que serve a localização/rastreamento de instalações subterrâneas?

## Falhas de aterramento e de cabos

- ▶ Os cabos têm revestimentos isolantes externos como forma de impedir a entrada de água ou umidade no cabo
- ▶ Embora os condutores internos do cabo tenham seu próprio isolamento, a água subterrânea é geralmente levemente ácida e danifica o isolamento do cabo
- ▶ A corrosão e degradação do isolamento do cabo são outros problemas

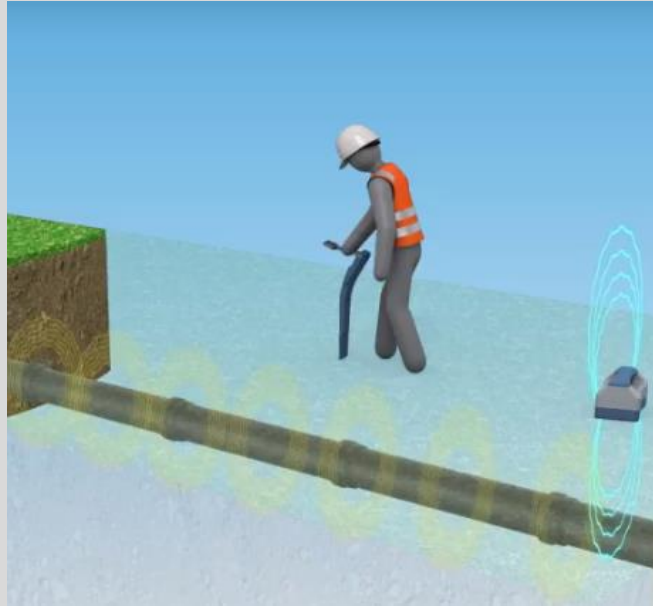




# Localizadores subterrâneos

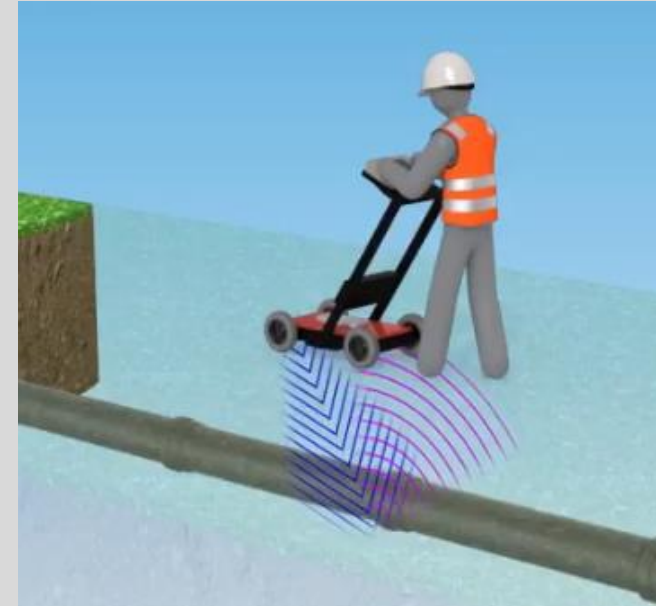
## Localizadores subterrâneos de instalações

### Tipos de tecnologia



#### Indução eletromagnética

A indução eletromagnética usa um **transmissor** para energizar uma instalação com corrente a uma frequência específica, estabelecendo um campo eletromagnético. Então o campo é detectado pelo **receptor**.



#### Radar de penetração no solo

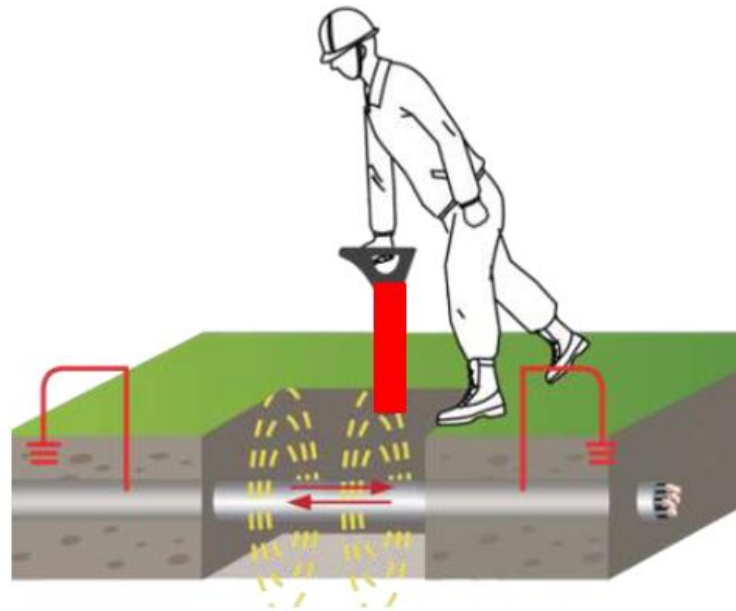
O radar de penetração no solo usa pulsos de radar emitidos para o solo; a detecção é baseada na reflexão.

# Tecnologias e métodos de rastreamento

## Localizadores de instalações subterrâneas

Os localizadores **NÃO** localizam cabos ou tubos enterrados

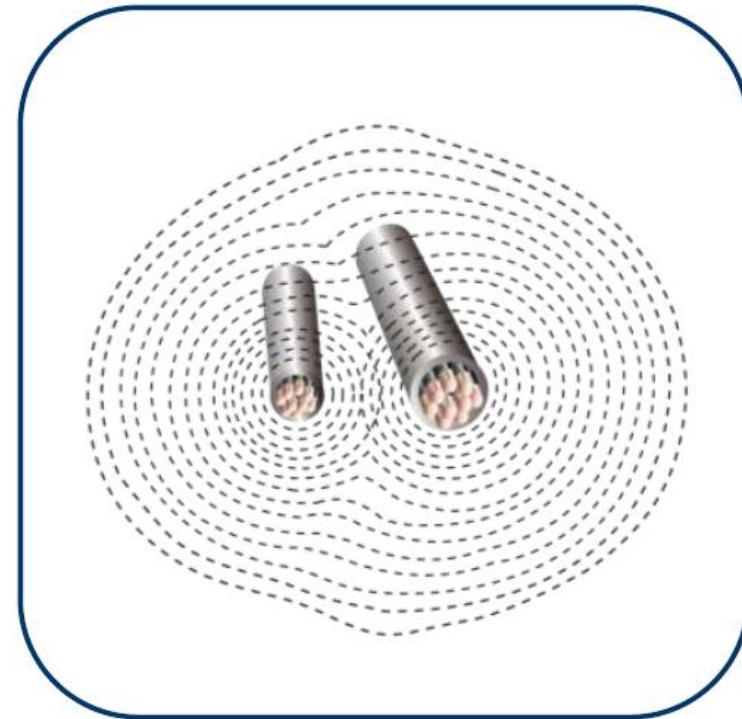
Os localizadores DETECTAM SINAIS eletromagnéticos de cabos e tubos metálicos



# Tecnologias e métodos de rastreamento

## Localizadores de instalações subterrâneas

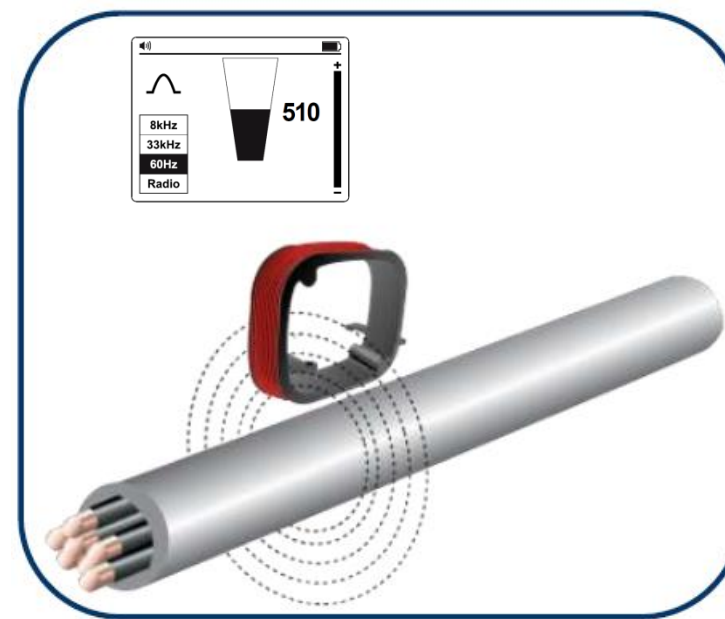
- Por causa dessas correntes de “retorno” os **CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS** que envolvem as linhas podem ser **DISTORCIDOS** pelas correntes de retorno em outras linhas metálicas.



# Tecnologias e métodos de rastreamento

## Localizadores de instalações subterrâneas

- O **receptor** do localizador contém sensores que detectam o campo eletromagnético (o sinal).
- Esses sensores são chamados de “antenas”.
- O sinal induz uma “resposta” nas antenas, por meio da indução eletromagnética.



# Tecnologias e métodos de rastreamento

## Localizadores de instalações subterrâneas

### Tipos de sinais

#### Sinais Passivos

Gerados pelo ambiente

- **Instalações de Energia**
  - Redes de transmissão e distribuição de energia (50/60 Hz e harmônicos relacionados)
- **Rádiofrequência**
  - Transmissões de rádiofrequência (15 kHz – 28 kHz e harmônicos relacionados)
- **Aplicações Específicas**
  - Sinais de aplicações específicas (TV a cabo, proteção catódica, etc.)



IV Encontro Técnico  
ISA São Paulo na Enel

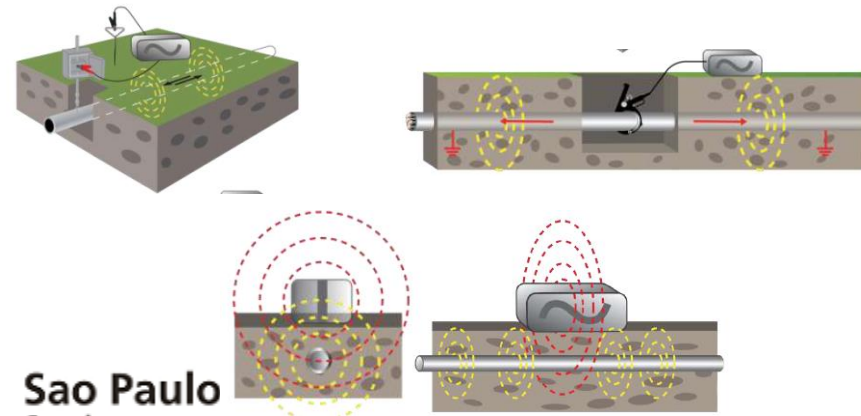


Sao Paulo  
Section

#### Sinais Ativos

Gerados pelo transmissor do localizador

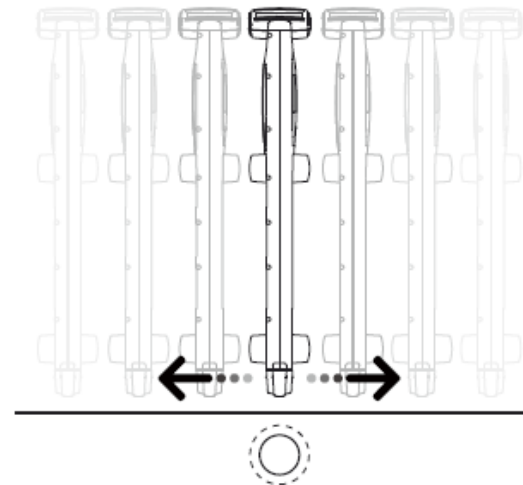
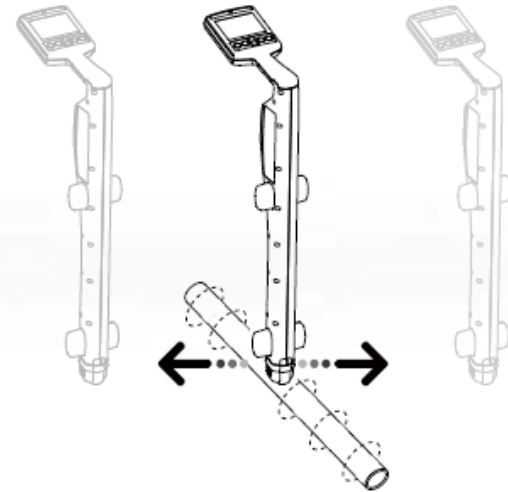
- **Conexão Direta**
  - Um cabo na linha-alvo, o outro aterrado
- **Grampo de indução**
  - Indução de sinal em um cabo, sem fazer uma conexão direta
- **Indução**
  - Indução de um sinal em um cabo ou tubo, colocando o transmissor na superfície sobre a linha-alvo



# Modo de rastreamento passivo

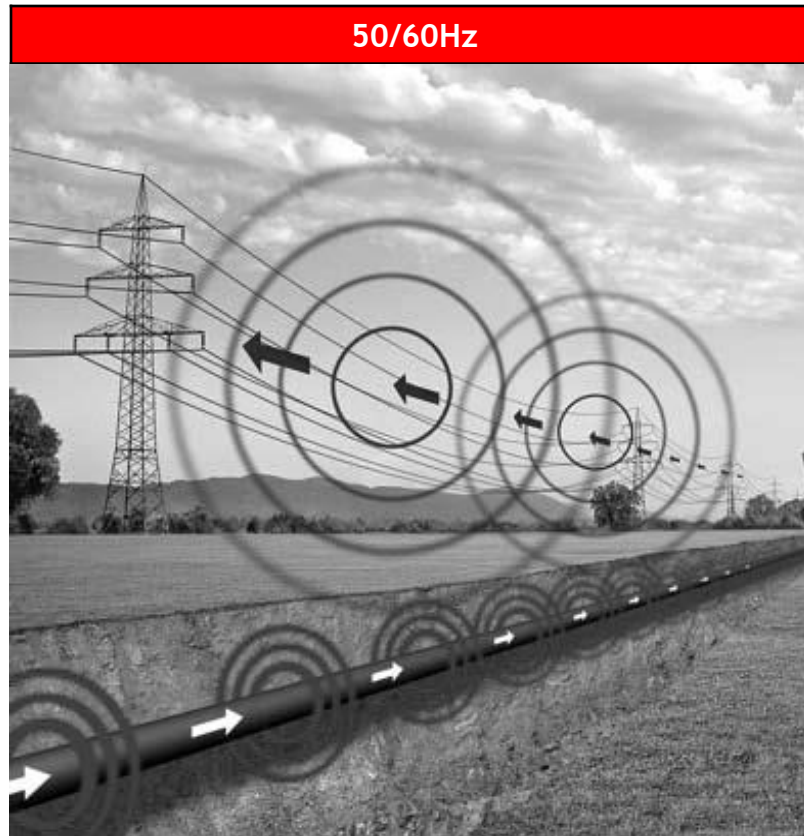
## Modo de rastreamento passivo

- ▶ Suportado em dois modos
  - ▶ **50/60 Hz**
  - ▶ **Rádiofrequência**
- ▶ Não há necessidade de um transmissor
- ▶ O receptor detectará o campo eletromagnético gerado pelo circuito
- ▶ Funcionará apenas em circuitos elétricos energizados e instalações metálicas
- ▶ Método de solução de problemas mais usado para localizar instalações
- ▶ Não usar quando houver sobreposição de dois ou mais fios energizados
- ▶ Aplicações comuns:
  - ▶ Escavação
  - ▶ Marcação geral de instalações subterrâneas
  - ▶ Identificação de linhas de energia



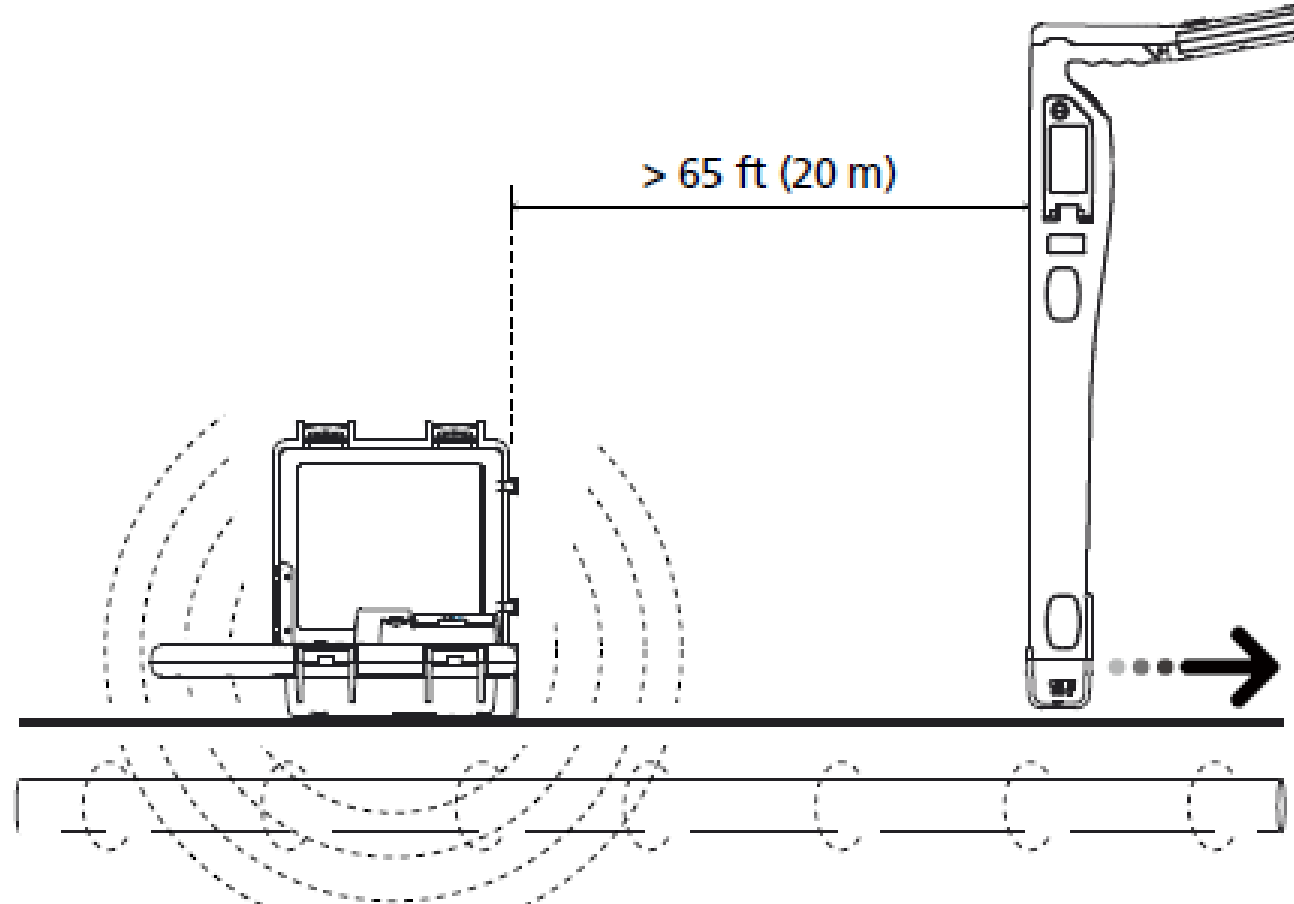
### Modo de rastreamento passivo

- ▶ Dois modos de rastreamento suportados



# Modo de rastreamento ativo - Indutivo

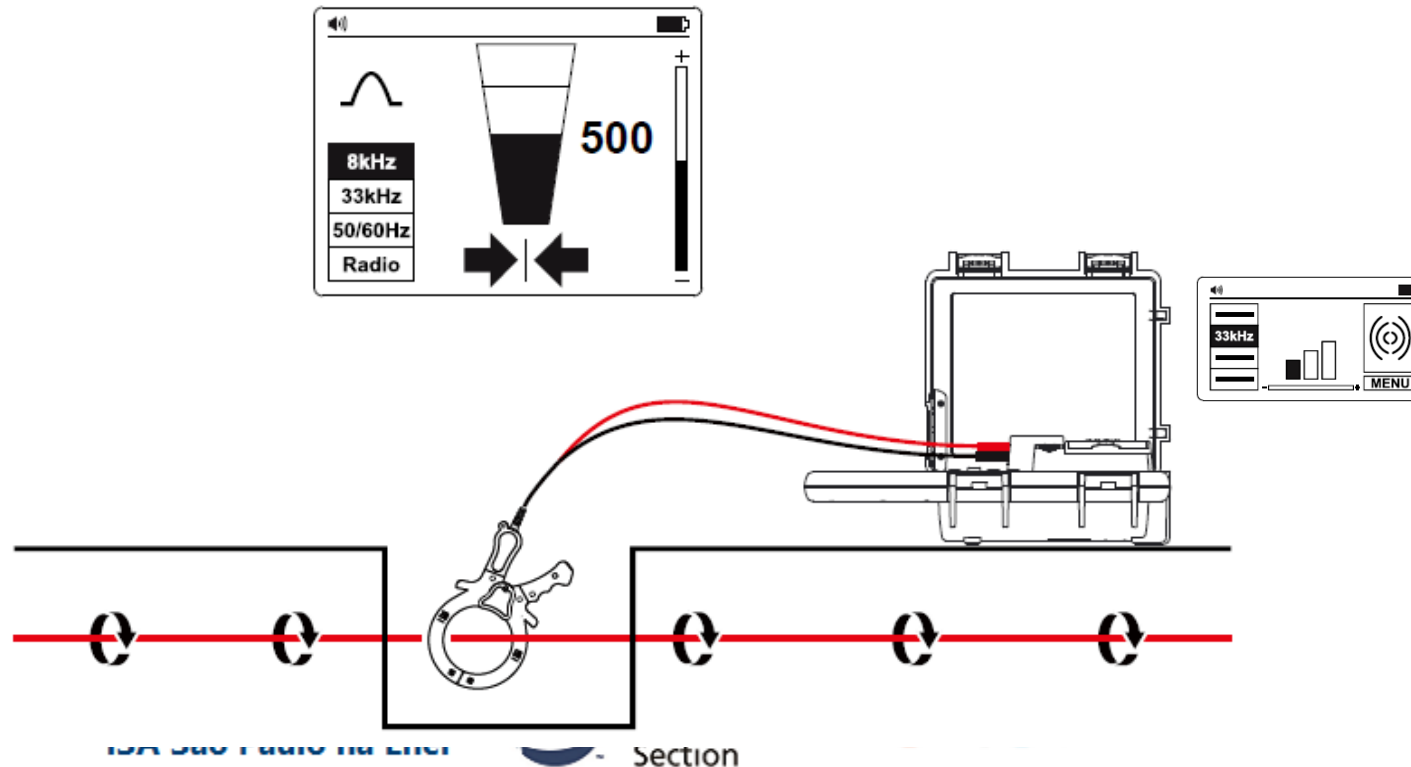
- O receptor deve manter uma distância de 20 m do transmissor para evitar a propagação do sinal para fios ou tubos sobrepostos





# Modo de rastreamento ativo - Grampo de indução

- Ideal para áreas onde é difícil o acesso à junção ou ao conector
- Precisa o uso do transmissor (para gerar um sinal único), do receptor (para capturar o campo eletromagnético gerado por esse sinal único) e do grampo de sinal (incluído apenas no modelo UAT-620)
- Gera um sinal exclusivo de 8 kHz ou 33 kHz induzido pelo grampo conectado a um fio



# IV Encontro Técnico ISA São Paulo na Enel

6 de novembro de 2019 - Barueri / SP

## Perguntas

*Renato Souza*

*Renato.souza@fluke.com*