

Ensaaios não Destrutivos (ENDs) no apoio à caracterização das edificações

Emerson Meireles de
Carvalho

Eng. civil, MSc



11 A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

REALIZAÇÃO



IBAPE NACIONAL
Instituto Brasileiro de Avaliações
e Perícias de Engenharia



Objetivo

Discutir sobre o papel dos ENDs no apoio à caracterização das edificações e outros elementos construtivos

Roteiro da nossa conversa

- I. A caracterização das edificações
- II. A Engenharia Diagnóstica
- III. Ensaios Não Destrutivos – ENDs
- IV. Prática de ENDs



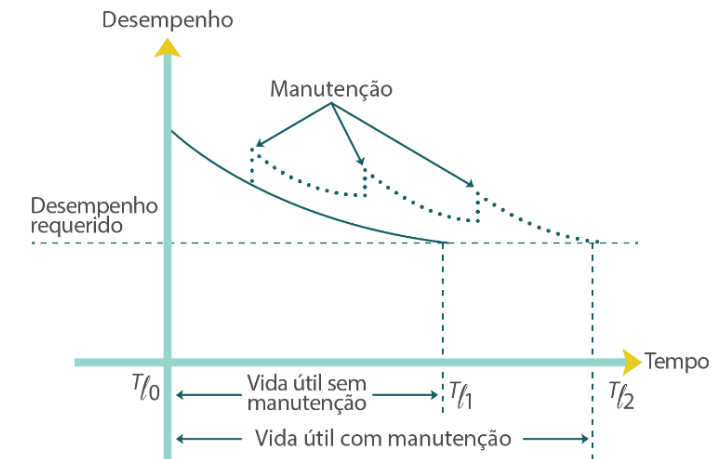
Cenários das nossas edificações

1 - **Urbanização acelerada** a partir da década de 1950 - fim da vida útil

2 - Manifestações patológicas **precoces**



3 - Falta de **manutenção**



Caracterização e Avaliação das Edificações



Objetivos

☐ Ações de manutenção e/ou de recuperação



☐ Ações de reforço (novos usos)

Etapas do trabalho

1 **Preparação** da vistoria - levantamento de dados (imóvel, local, construtora, projetos, manuais, especificações, etc.)



2 **Vistoria**



3 **Levantamento de hipóteses**



5 **Análise das hipóteses**
Origem / Causa / Mecanismo



4 **Estudos e ensaios**



6 **Estabelecimento de conclusões
e elaboração do laudo**

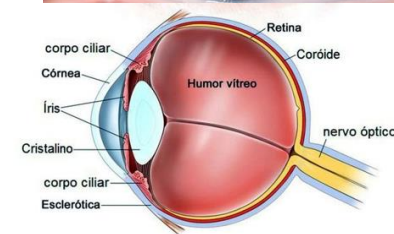
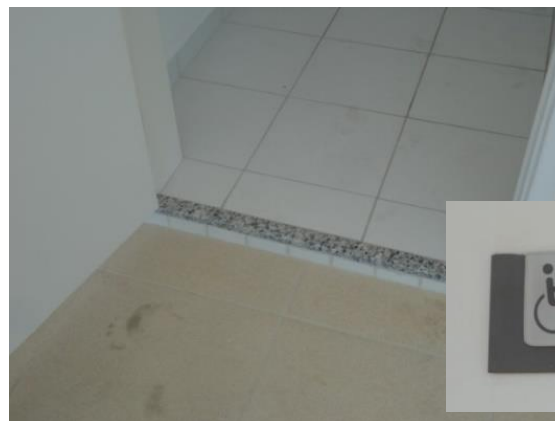


11 A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

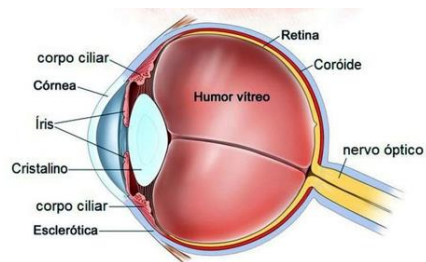
REALIZAÇÃO



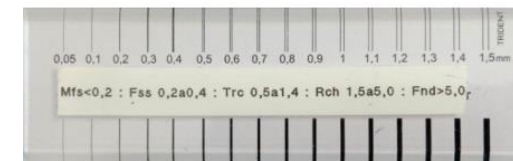
A inspeção visual é suficiente?



Equipamentos



11 A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP



REALIZAÇÃO



11 A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

REALIZAÇÃO



Inspeção com drone



Percussão - mapeamento de som cavo

- Percussão com martelo (cuidado com a segurança)
- Atendimento à NR-35 - Trabalho em altura
- Elaboração de mapa de áreas afetadas
- Registro de não conformidades em revestimentos e CA (trincas, deslocamento, corrosão, etc.)



11 A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

REALIZAÇÃO



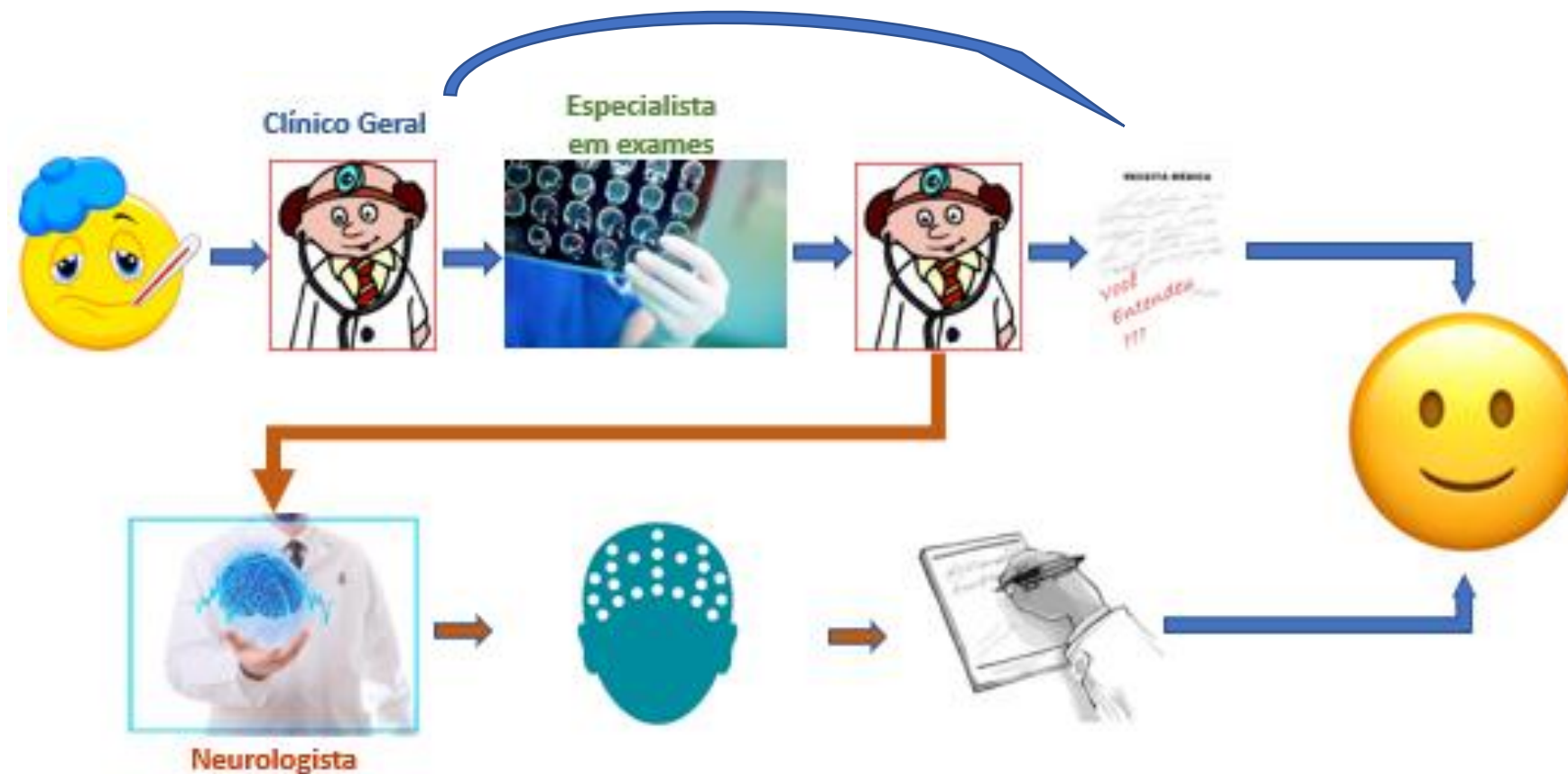
Situações que requerem investigação mais aprofundada



11 A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

REALIZAÇÃO

O inevitável paralelo com a Medicina (imagens da internet)



11 A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

REALIZAÇÃO



Ensaio que já estão no dia-a-dia da engenharia

(imagens da internet)



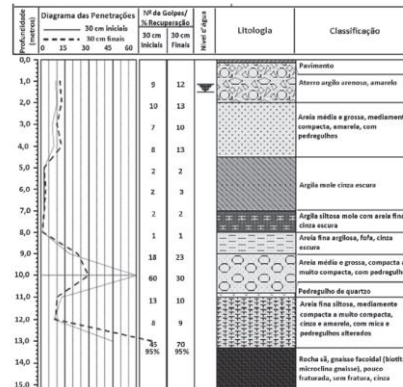
Fonte: Sete Engenharia



Fonte: Desconhecida



Fonte: Magetech



Fonte: Escola Engenharia



Fonte: Torres Tecnologia



Fonte: Guide Engenharia

Ensaaios Não Destrutivos – ENDS (NDTs Non Destructive Testing)

O que são?

- ENDS são ensaios utilizadas para **caracterização** de materiais ou componentes.
- Podem **detectar** e/ou **monitorar** a presença de defeitos superficiais e internos sem comprometimento da integridade física e do funcionamento
- Introduzidos no Brasil na década de 1940 pela Marinha

Para que servem?

- **Controle** de qualidade na produção
- **Prevenção** de riscos e acidentes
- **Análise** de confiabilidade
- **Verificação** das características **sem afetar a produção e sem danificar** a peça/elemento
- **Verificação** da **heterogeneidade** da peça/elemento

Bastante difundidos na indústria aeronáutica, de geração de energia (eólica, nuclear, hidráulica), alimentícia, petroquímica, óleo e gás, etc. especialmente para garantia de integridade

Ajudam os engenheiros na caracterização da peça

ENDs raramente medem a propriedade/característica diretamente. Usualmente é necessário fazer uma correlação da propriedade com a grandeza medida no ensaio **(gerar curvas de correlação a partir de CPs)**

Ex. Na sondagem se faz uma relação do nº de golpes com a resistência do solo. No ensaio de ultrassom se faz uma relação da velocidade de propagação do som na peça com a compacidade do concreto



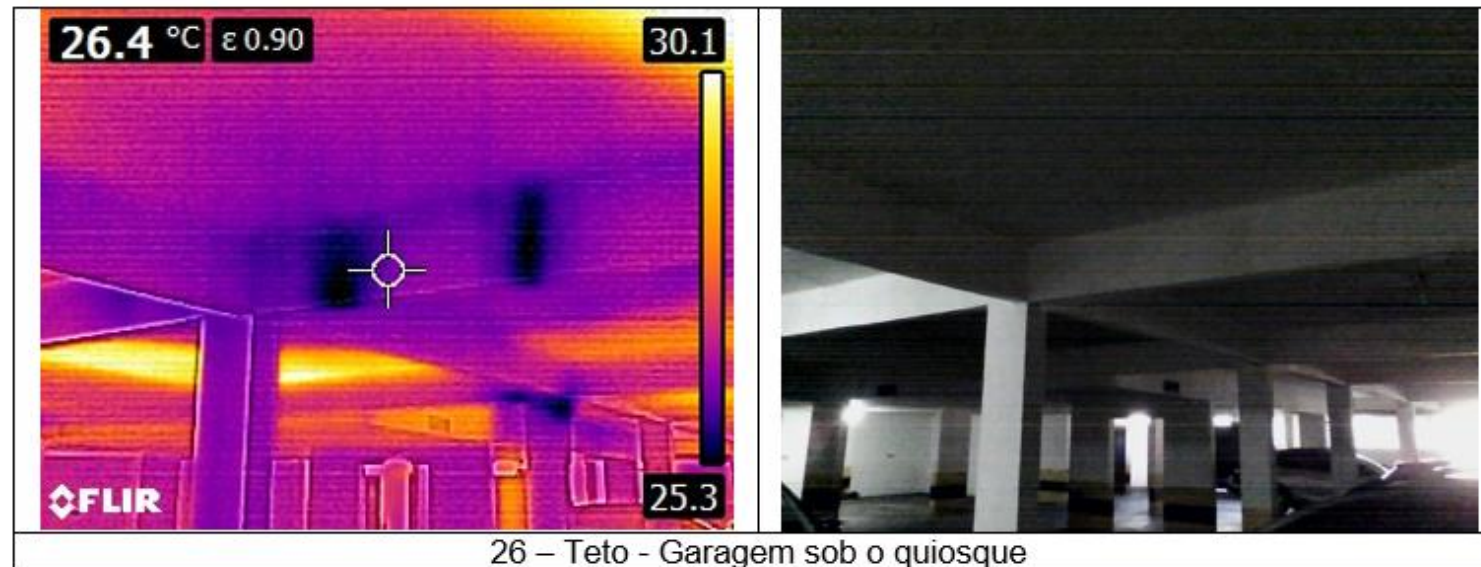
- ENDs exigem conhecimento e experiência na sua aplicação
- Requerem preparação adequada da superfície
- Alguns ensaios exigem calibração no momento do ensaio

Termografia

- Medição de temperaturas ou observação de padrões diferenciais de distribuição de calor - Inspeção não intrusiva e sem contato

Princípios

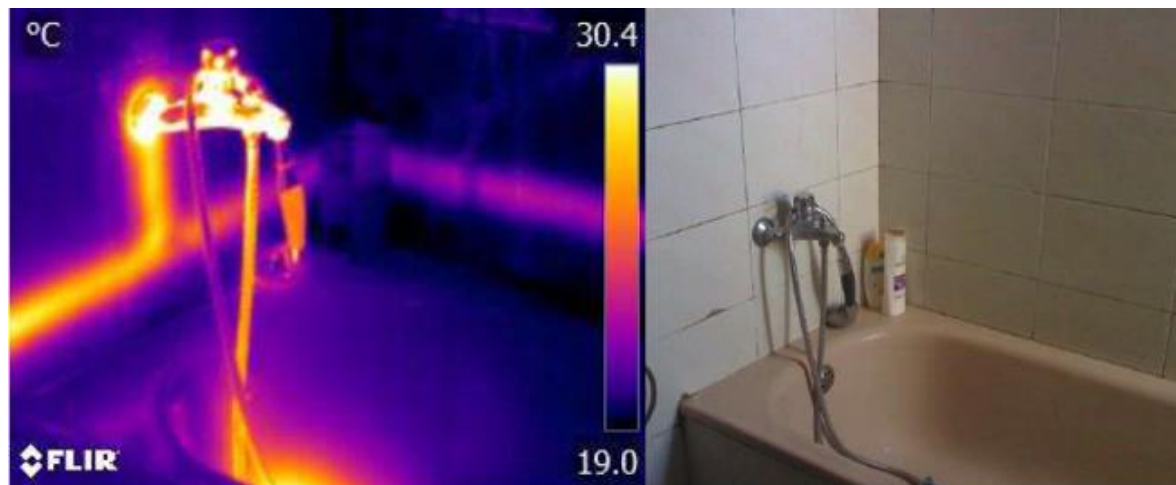
- Todo objeto com temperatura acima do zero absoluto (0° Kelvin) emite radiação infravermelha
- Anomalias abaixo da superfície afetam o fluxo de calor (diferença de temperatura)



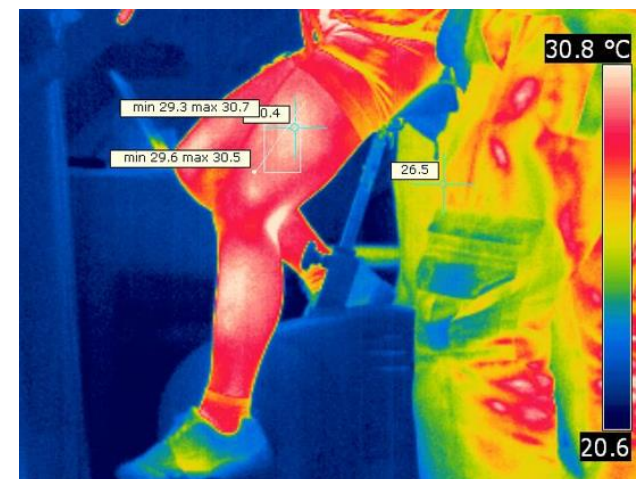
11 A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

REALIZAÇÃO

Detecta **tubulações** (quentes ou frias), **aquecimento de condutores** e **equipamentos** e falhas em **isolamento térmico**



Fonte: Raposo, 2017.



11^A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

REALIZAÇÃO

A termografia pode trazer riscos!!!



Boroscopia/Videoscopia (semelhante à endoscopia)

- Sonda com câmara na extremidade
- Indicado para inspeção visual de locais de difícil acesso (lajes caixão, poços, tubulações, equipamentos, etc.)

Normalização: não há



Alguns tipos de ENDs e suas aplicações

- **Inspeção visual**
- **Percussão**
- **Termografia**
- Pacometria
- Esclerometria
- Ultrassom
- Videoscopia/Boroscopia*
- Potencial de corrosão*
- Teor/presença de cloretos*
- Desempenho acústico
- Teor de sulfatos*
- Frente de carbonatação*
- Resistividade elétrica
- Líquidos penetrantes
- Partículas magnéticas
- Radiografia digital (raios X, Gama)
- Escaneamento (nuvem de pontos)
- Georadar

Preparação de superfície para realização de ENDs

- Processo trabalhoso e delicado
- Superfícies devem estar limpas e lisas (saturadas para Potencial de Corrosão e Resistividade)
- Suprimento de água e energia
- Toma muito mais tempo do que o ensaio



Potência do equipamento moderada para não danificar a peça

11 A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

REALIZAÇÃO

Cuidados na realização dos ensaios e na interpretação dos resultados



Na maioria dos casos as medidas
são **indiretas** e requerem
interpretação

Os resultados muitas vezes são
probabilísticos



experiên
pouco
ade"



11^A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

REALIZAÇÃO

O inevitável paralelo com a Medicina (imagens da internet)

Clínico Geral



Especialista em
exames

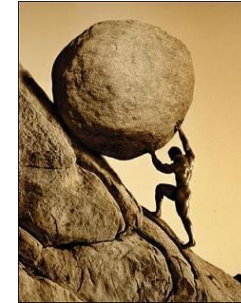


Neurologista

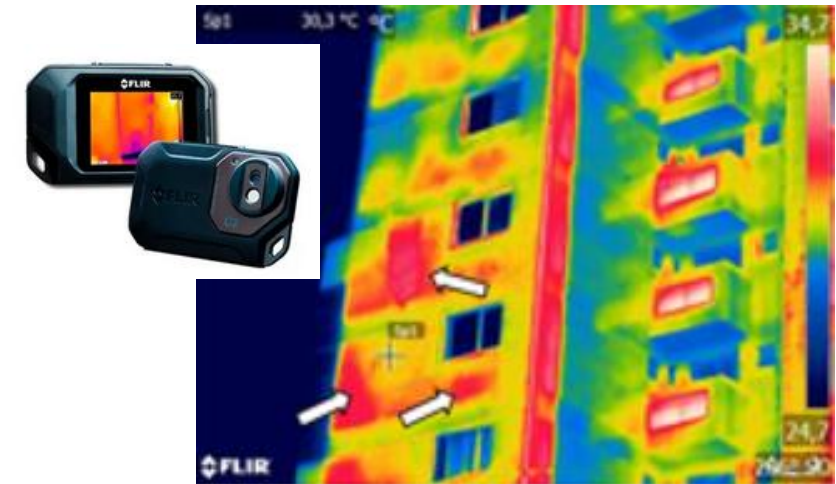


Habilitação

X



Competência



11 A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

REALIZAÇÃO



The ENDS are the beginning

Adaptado de Martins, Carlos (2019)



Emerson Carvalho

79 99978-9025

emerson@mecengenhariase.com.br

 **@mecengenhariase**



Tadeu Nascimento

79 99130-9997

tadeu.engo@gmail.com

 **@fttech.st**

