



XIX COBREAP | Foz do Iguaçu

INOVAÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS

AGOSTO 2017

*Engº **Emerson** de Mello*
*Engº **Kirke** A. W. Moreira*
*Engº Luis Cesar **De Luca***

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS EM REVESTIMENTOS E CONCRETO
Emprego de novas tecnologias

Introdução

Deixem-me contar uma pequena história....



A Daniela não passa bem de saúde:
Tem muita tosse

Introdução

Os protagonistas desta história:

a sua mãe



Introdução

Os protagonistas desta história:

o seu noivo



Introdução

Os protagonistas desta história:

a médica



Introdução

O pensamento de cada um:

a sua mãe

O sintoma é:

— Tosse

Ela pensa que a causa certa é:

— Um resfriado

A solução é:

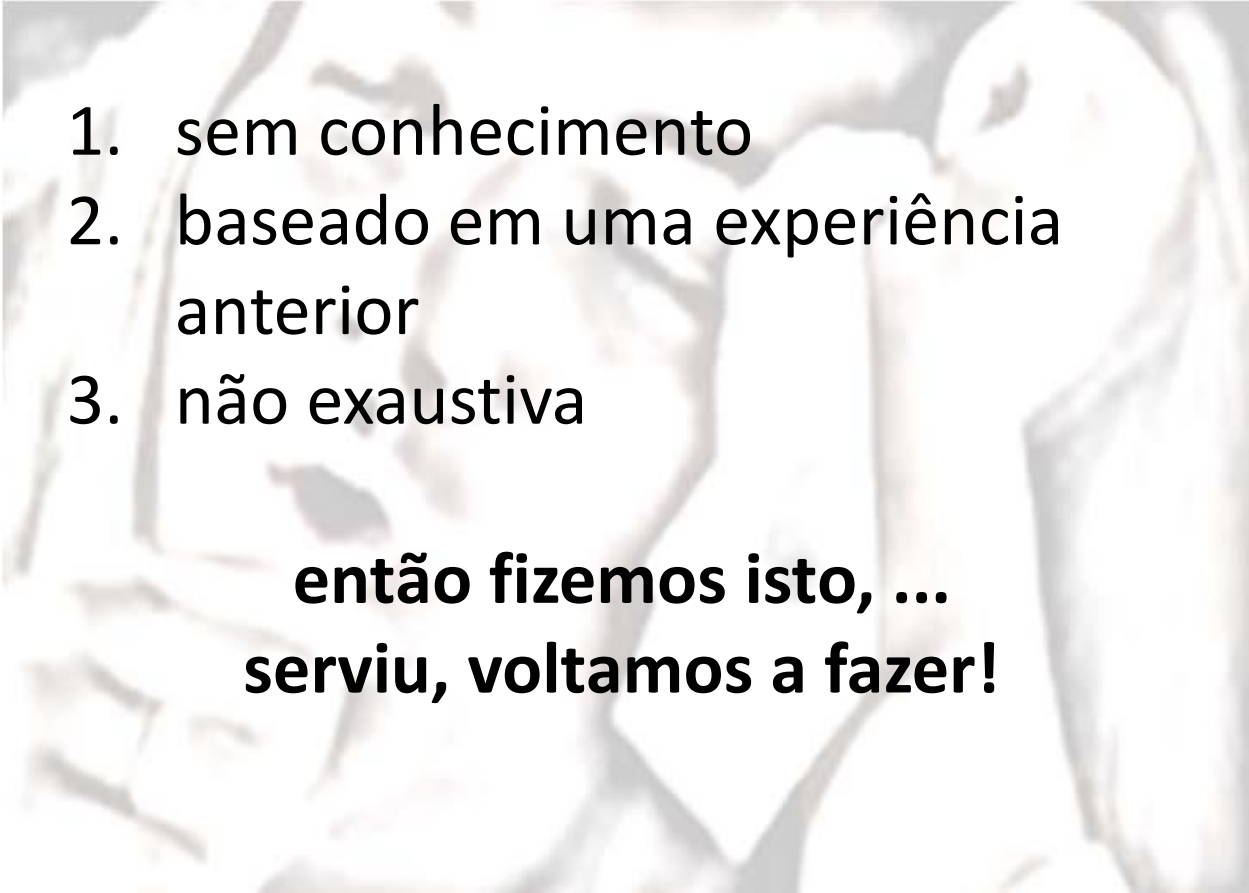
— Aspirina, paracetamol



Introdução

O pensamento de cada um:

a sua mãe

- 
1. sem conhecimento
 2. baseado em uma experiência anterior
 3. não exaustiva

**então fizemos isto, ...
serviu, voltamos a fazer!**



Introdução

O pensamento de cada um:

o seu noivo

O sintoma é:

— Tosse

As causas possíveis são:

— resfriado

— alergia

A solução depende da causa



Introdução

O pensamento de cada um:

o seu noivo

conhecimento limitado
pouca experiência

Perigos:

acha que não possui dúvidas;
sensação de controle da situação

**a interpretação da realidade está
limitada pelo conhecimento**



estudante
de
medicina



Introdução

O pensamento de cada um:

da médica

O sintoma é:

— Tosse

As causas possíveis são:

- resfriado
- problema em o estômago
- doença cardíaca
- câncer
- alergia
- asma
- tabagismo

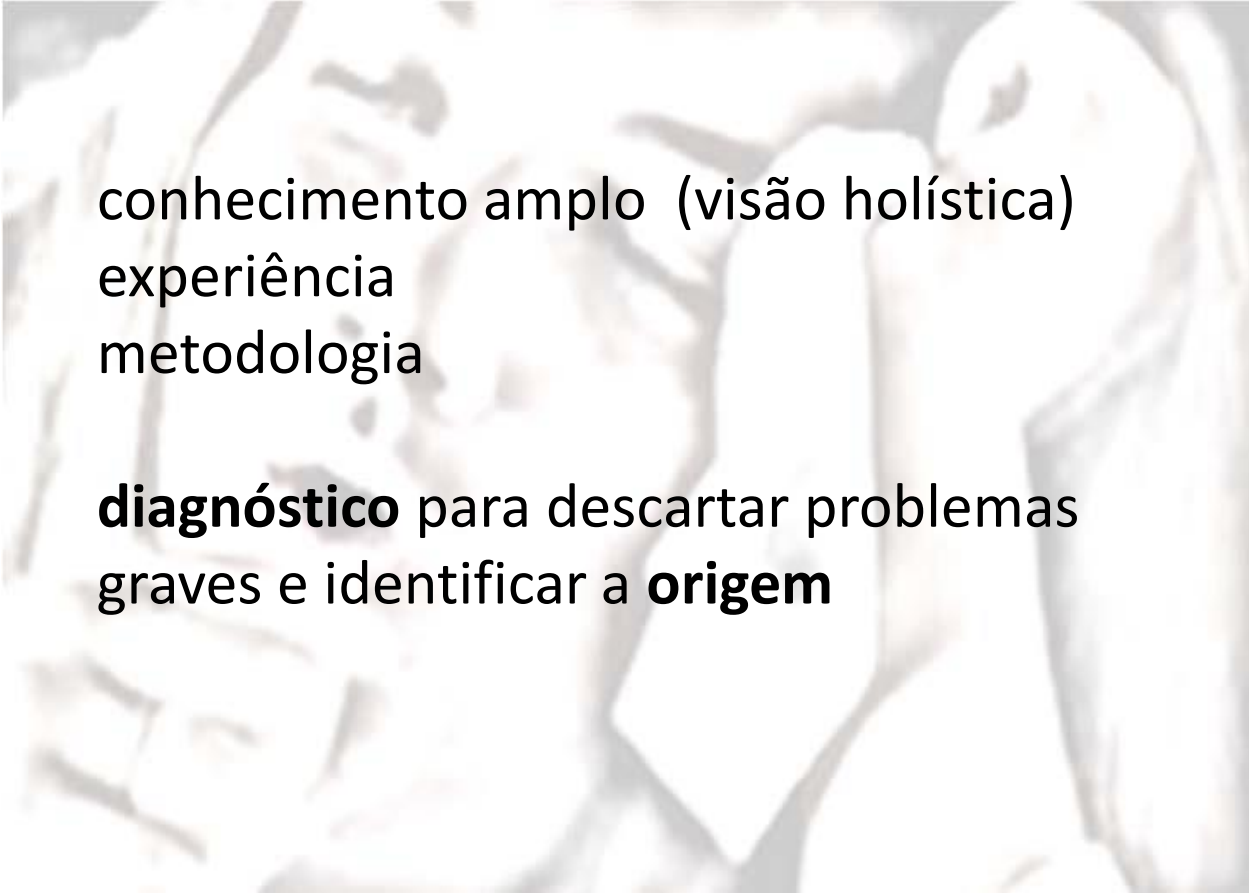
A solução depende da causa e origem



Introdução

O pensamento de cada um:

da médica



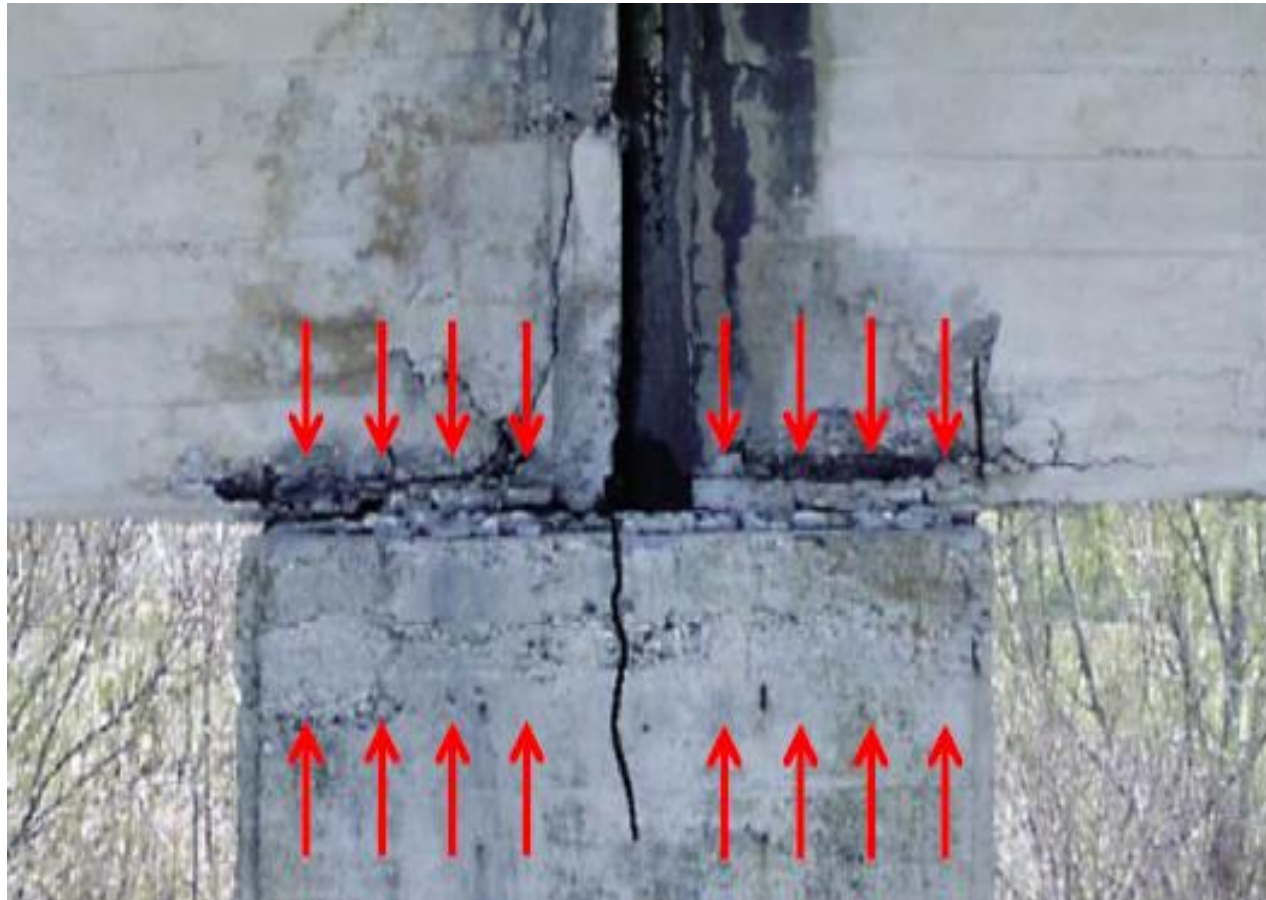
conhecimento amplo (visão holística)
experiência
metodologia

diagnóstico para descartar problemas graves e identificar a **origem**



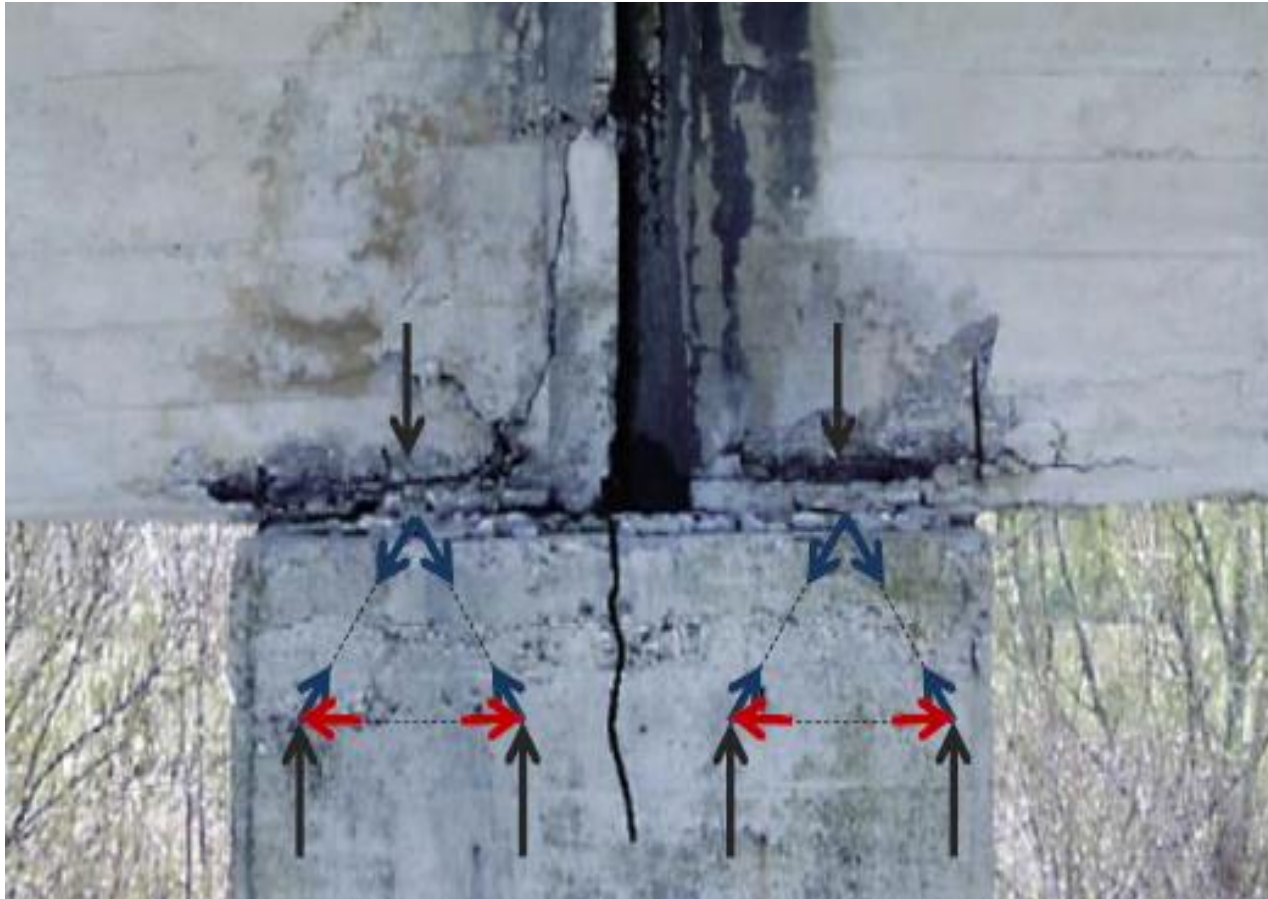
Introdução

tensões de compressão



Introdução

- tensões de compressão
- trações por difusão com pouco aço



Introdução

- tensões de compressão; — trações por difusão com pouco aço;
- corrosão das armaduras; — tensão de atrito



Introdução

O pensamento de cada um:

a maioria dos casos, a origem é um resfriado,

às vezes, trata-se de uma alergia,

mas em alguma ocasião, a causa pode ser mais grave ...



... e nós engenheiros temos que SABER diferenciar cada caso

Introdução

Conclusão da história



- A falta de método obriga a ir da causa ao efeito

Alergia → Dano em pulmões → Sinal ao cérebro → Tosse



GARCIA, F.R (2013)

- Tendência a esquecer outras possíveis causas

Introdução

- Método de diagnóstico
- Vai desde o efeito (manifestação patológica) até a origem, passando pela causa
- Apoio em ensaios
- Otimização da probabilidade de acerto
- Ter em conta todas as possíveis causas e suas probabilidades
- Visão sistémica

Conclusão da história



Tosse → Sinal ao cérebro → Dano em pulmões → **alergia,**
resfriado,
cancer, ...

Muito obrigado!!

***Convido o
Eng. Kirke Moreira
para dar continuidade ao Painel***

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Consiste em uma **alternativa mais moderna** de **avaliar as características** dos elementos da construção obtendo informações **QUANTITATIVAS E / OU QUALITATIVAS** dos materiais aplicados nas estruturas, **contribuindo para o diagnóstico de investigação das estruturas**. Algumas vantagens:



Pouco ou nenhum dano é causado a estrutura.



Tornou-se mais comum com o avanço da tecnologia: os dados coletados ficaram mais precisos.



O material permanece intacto e sem risco aos usuários após os testes.



Possibilidade de realizar uma pré avaliação instantaneamente.



Podem ser realizados com a estrutura em uso, e, ainda, maior possibilidade de identificação dos problemas em sua fase inicial

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Ensaio tradicionais:

Concreto e revestimentos:

- Esclerometria
- Identificação de armaduras
- Resistividade
- Potencial de corrosão
- Resistência ao arrancamento
- Videoscopia
- Penetração de agentes

Ensaio avançados:

Concreto e revestimentos:

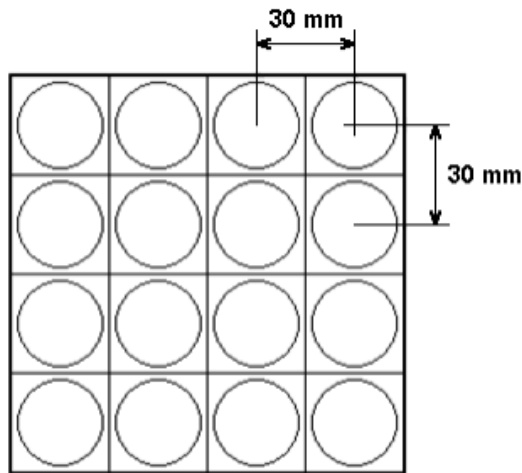
- Ultrassonografia
- Termografia infravermelha
- Escaneamento por radar
- Radiografia digital

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

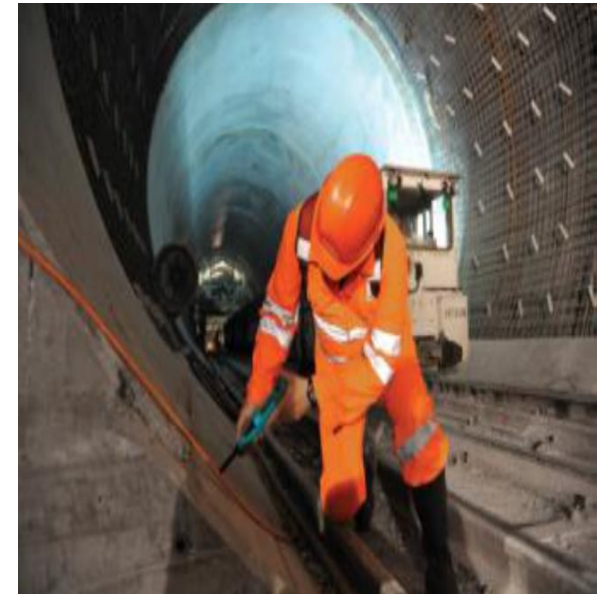
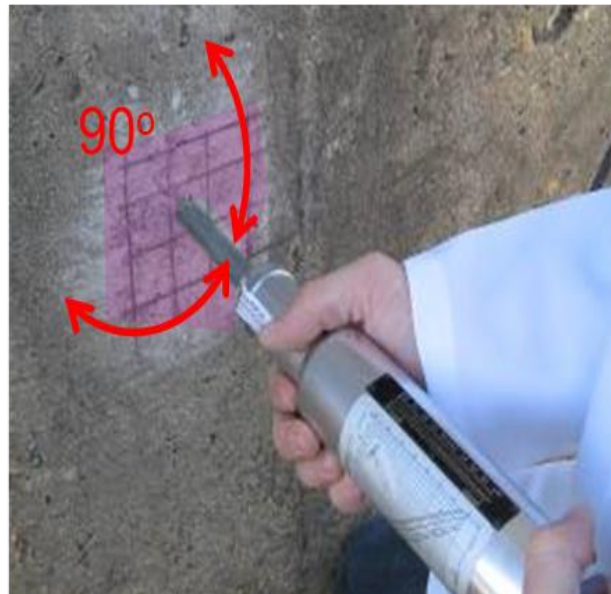
Esclerometria:

Este ensaio consiste:

- Avaliar a resistência mecânica a compressão de concretos e argamassas *
- Avaliar qualitativamente a homogeneidade de concretos



16 impactos

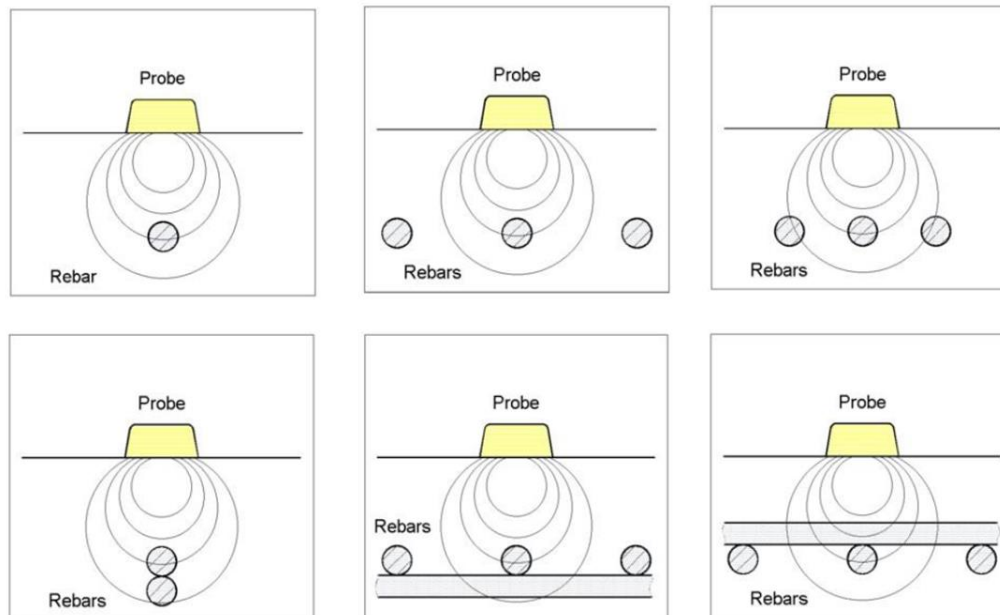


ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Pacometria:

Este ensaio consiste:

- Detecção de vergalhões no concreto;
- Determinação do diâmetro da barra; *
- Determinação da espessura de camada de cobertura do concreto em relação ao aço;
- Detecção de barras e malhas de reforço no concreto;
- Detecção da taxa de armadura;

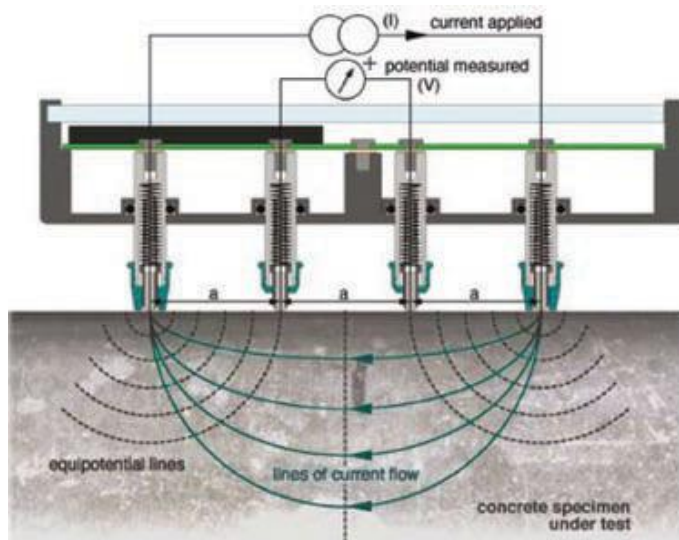


ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Resistividade

Definida como uma propriedade física do concreto que indica a sua resistência à passagem de corrente elétrica.

- Verificar a permissividade de penetração de agentes agressivos ao concreto tais como: CO₂, sulfatos, cloretos, umidade e outros elementos ao qual poderão contribuir para a degradação do concreto e corrosão de armaduras

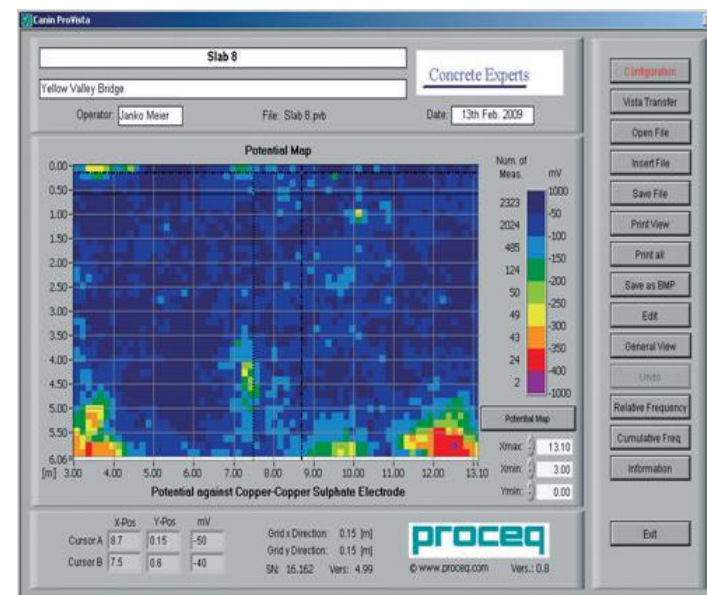


ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Potencial de corrosão

O método consiste em medir a diferença de potencial elétrico entre o aço da peça de concreto armado em análise e um eletrodo de referência, capaz de manter seu potencial elétrico estável.

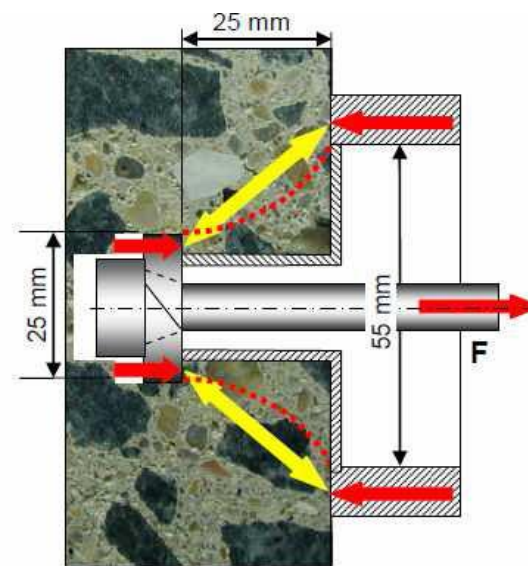
- Consiste na investigação da probabilidade de corrosão de armaduras em estruturas de concreto, promovendo um mapeamento dos locais inspecionados.



ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Resistência de arrancamento

- No ensaio, a tração é transmitida axialmente a uma peça metálica colada previamente ao concreto.
- Depois de decorrido o tempo suficiente de cura da resina (cola), uma força de tração é aplicada a este disco usando-se um sistema mecânico portátil.
- O aumento gradual da força pode ser observado no aparelho, diretamente numa escala, em Megapascal (MPa), e seu valor é registrado assim que se dá o arrancamento do concreto.
- A força de tração que causa ruptura, em conjunto com as curvas de calibração, torna possível uma estimativa da resistência à compressão.



ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Videoscopia

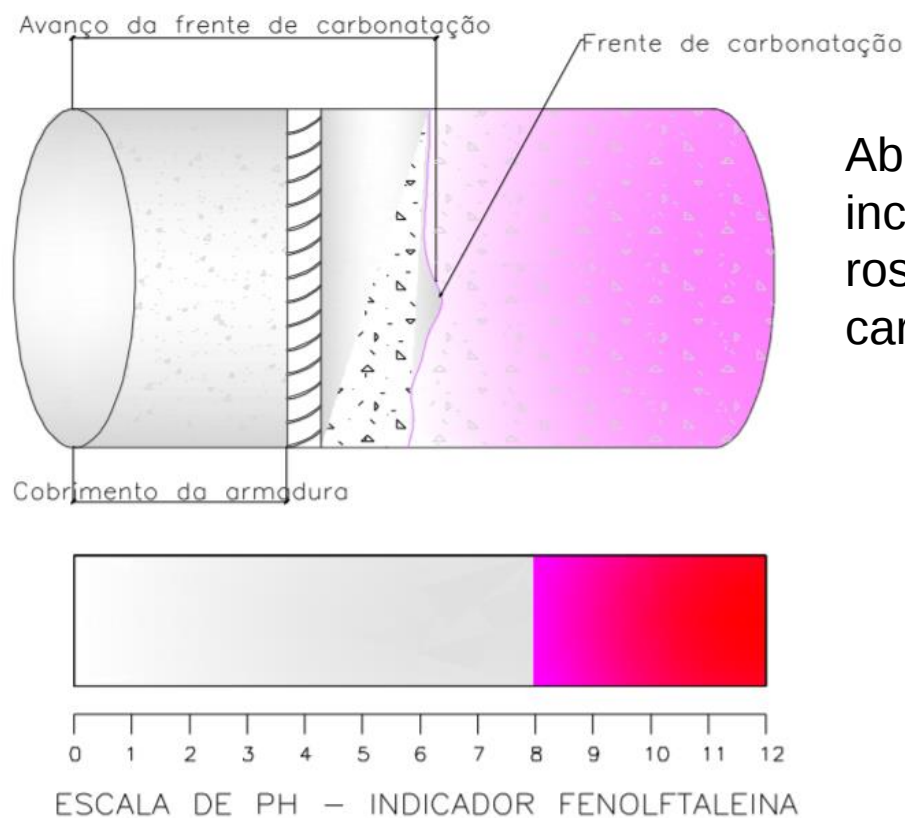
O ensaio com a utilização de videocoscopia industrial / Endoscopia Industrial é uma técnica de inspeção visual que possibilita avaliar regiões que tenham um difícil acesso e que não possam ser observadas diretamente ao olho humano.

Também conhecida como boroscopia, a videocoscopia é uma técnica que permite o acesso remoto a equipamentos e acessórios, onde as condições de entrada são bastante limitadas. Também tem função de acessar elementos de estruturas para atestar condições de corrosão, presença de materiais, etc.



ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Penetração de agentes – Fenolftaleína



Abaixo de pH 8,0 a superfície permanece incolor, o pH entre 8,0 e 10,0 apresenta-se rosa e o pH entre 10,0 e 12,0 apresenta-se carmim.

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Penetração de agentes – Cloretos



ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

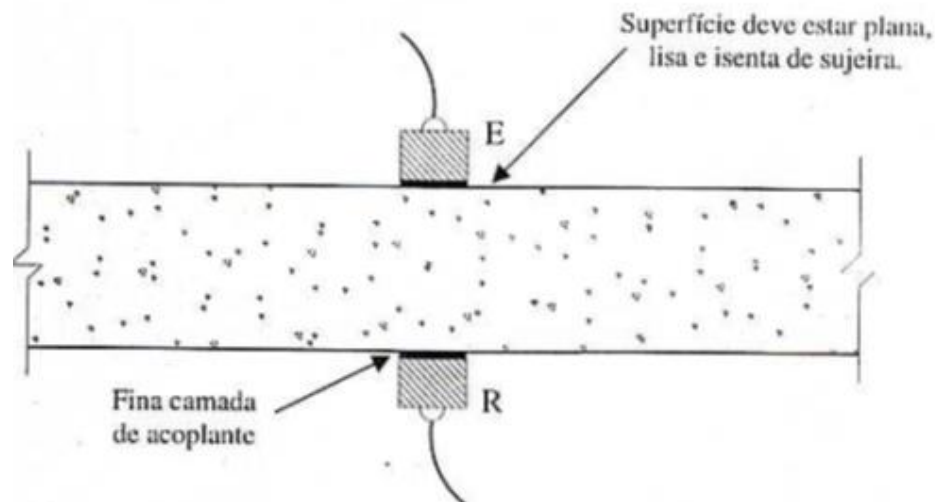
TÉCNICAS AVANÇADAS – ULTRASSOM

É baseado no conceito de que a velocidade de um pulso de ondas longitudinais através de um material depende de suas propriedades elásticas e densidade.

- O instrumento consiste de um gerador e um transmissor para a produção e introdução de um pulso de onda no concreto e de um receptor para detectar a chegada do pulso e medir com exatidão o tempo de trânsito do pulso pelo concreto.
- Pode ser usado para a detecção de defeitos no interior do concreto, bem como de alterações decorrentes da deterioração devido a um ambiente agressivo e a ciclos de gelo-degelo. Além disso, esse método de ensaio possibilita estimar a resistência à compressão do concreto tanto em corpos de prova moldados durante a concretagem, quanto em testemunhos e na própria estrutura

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – ULTRASSOM

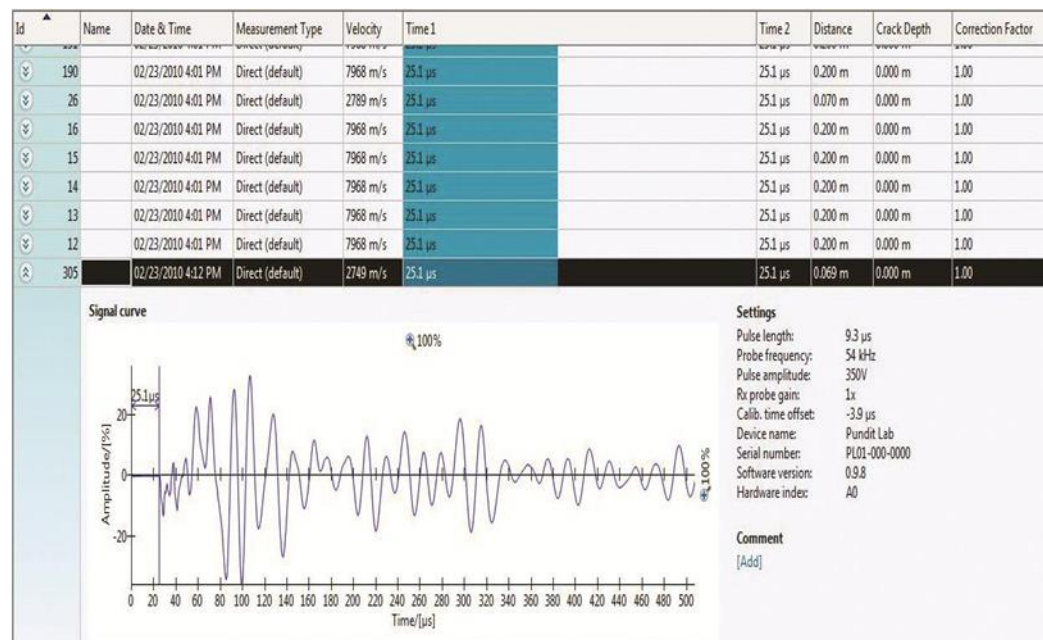


Utilização:

- Estimativa da resistência do concreto;
- Verificação da homogeneidade do concreto;
- Medição de aberturas de fissuras;
- Medição do modo de elasticidade do concreto;
- Posicionamento dos transdutores

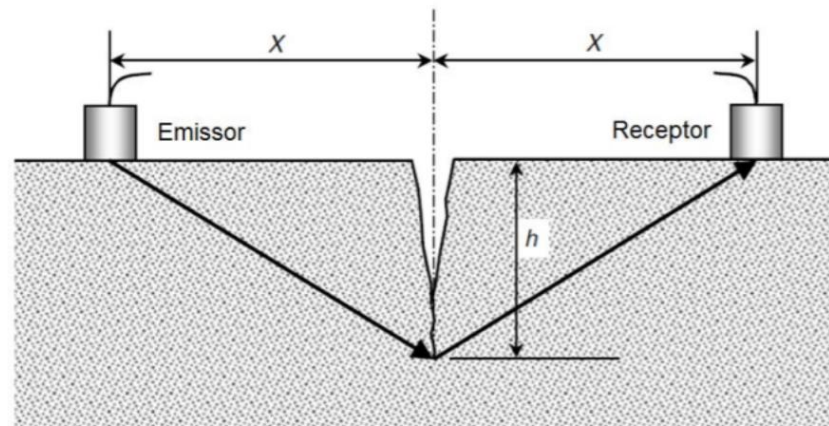
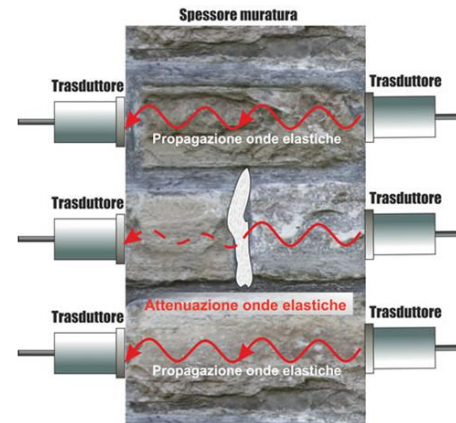
ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – ULTRASSOM



ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – ULTRASSOM



ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – ULTRASSOM

Velocidade de pulso de ultrassom (m/s)	Qualidade do concreto
> 4500	Excelente
3500 – 4500	Bom
3000 – 3500	Regular
2000 – 3000	Pobre
< 2000	Muito pobre

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

Constitui uma técnica não destrutiva de sensoriamento remoto que tem se mostrado como um método de ensaio eficiente, útil e econômico para avaliação do concreto. É a leitura das médias da temperatura em superfície através da faixa infravermelha.

- É baseada no princípio fundamental de que anomalias abaixo da superfície dos materiais afetam o fluxo de calor através dos mesmos.
- Com a técnica consegue-se verificar pontos de infiltração nas estruturas, defeitos e delaminações no interior de estruturas de concreto, deslocamentos de revestimentos, etc.

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

Vantagens:

- As informações relativas à distribuição e aos valores de temperatura permitem uma análise confiável a respeito das condições operacionais dos equipamentos e componentes, possibilitando a programação de intervenções, ou mesmo a determinação do momento crítico em que não haverá mais condições de postergar a correção de anormalidades.
- A análise dos resultados é praticamente imediata, visto que as imagens térmicas tendem a ser de fácil interpretação.
- O fato de não haver necessidade de contato é um outro ponto muito positivo, já que praticamente nenhuma preparação de superfície de observação é exigida e a segurança do inspetor é garantida. Essa característica não intrusiva permite a continuidade operacional, sem impacto na produção por conta das atividades de inspeção

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

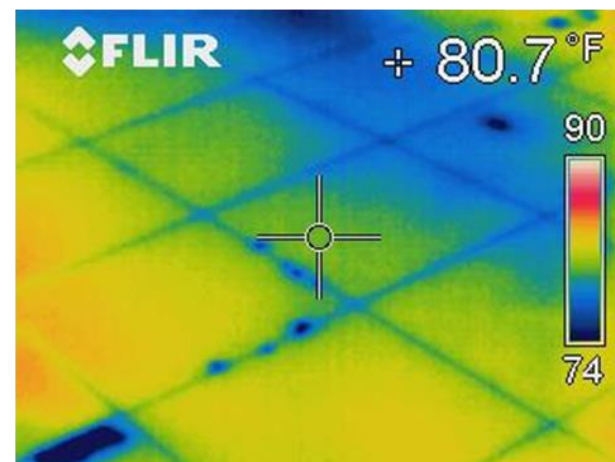
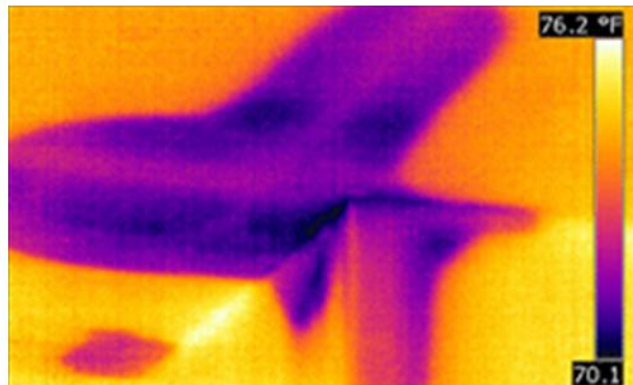
Utilização:

- Infiltração de água;
- Desplacamentos de revestimentos;
- Localização de objetos e elementos.



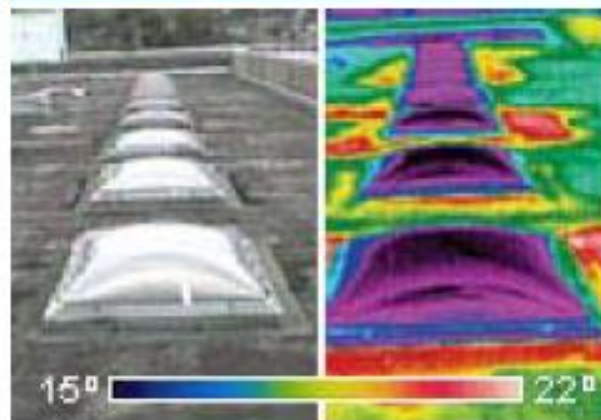
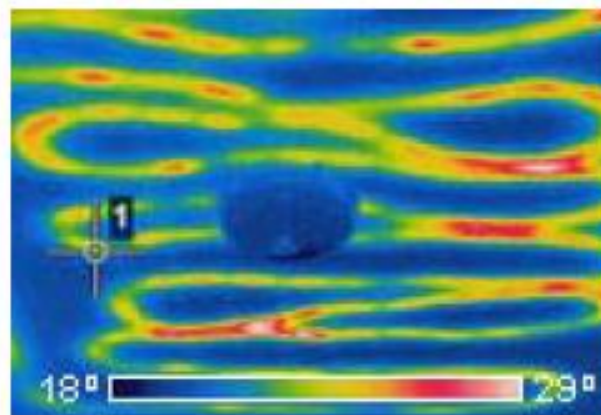
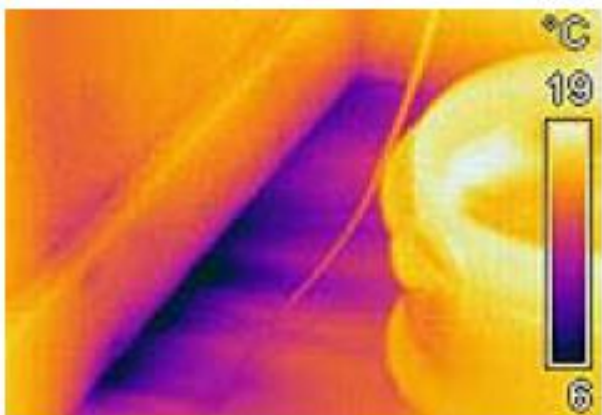
ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA



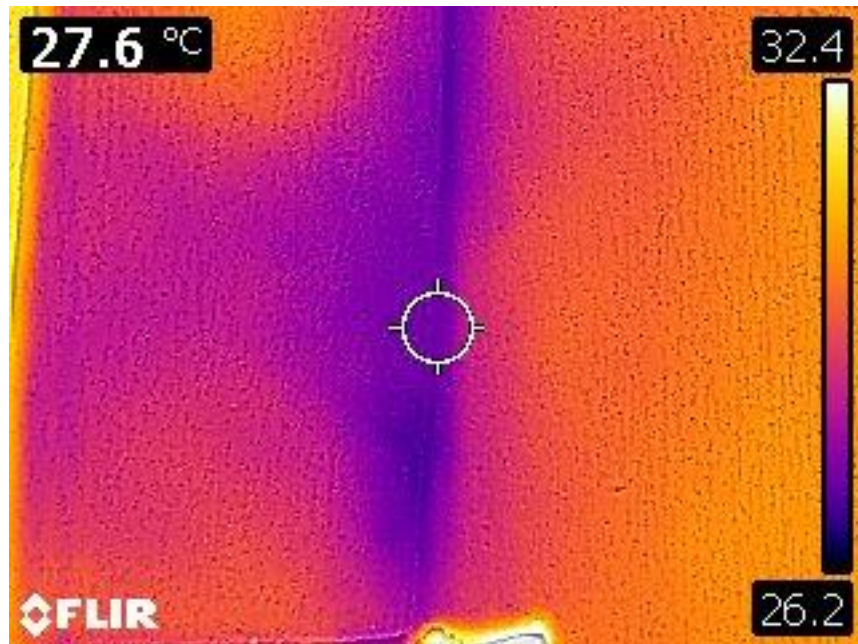
ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA



ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA



ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – ESCANEAMENTO POR RADAR

É um método geofísico que utiliza a propagação de ondas eletromagnéticas de alta frequência. Quando o espectro atinge a interface entre materiais com diferentes permissividades dielétricas, parte da onda é refletida em direção à superfície e o restante é refratada.

- Essa tecnologia permite, com rapidez, realizar o mapeamento de estruturas de concreto com profundidades de até 50 cm,
- Este equipamento é particularmente indicado para a inspeção de concreto para verificação de espessuras, cavidades e falhas.
- A técnica é conhecida como GPR

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – ESCANEAMENTO POR RADAR

Utilização:

- Com isso é possível identificar a presença e localização de objetos e estruturas, internos em concretos e em estruturas metálicas, sendo um teste não invasivo e não destrutivo.
- Identificando o posicionamento de armaduras, vazios, tubulações e outros elementos de transição.

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – ESCANEAMENTO POR RADAR



ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – ESCANEAMENTO POR RADAR



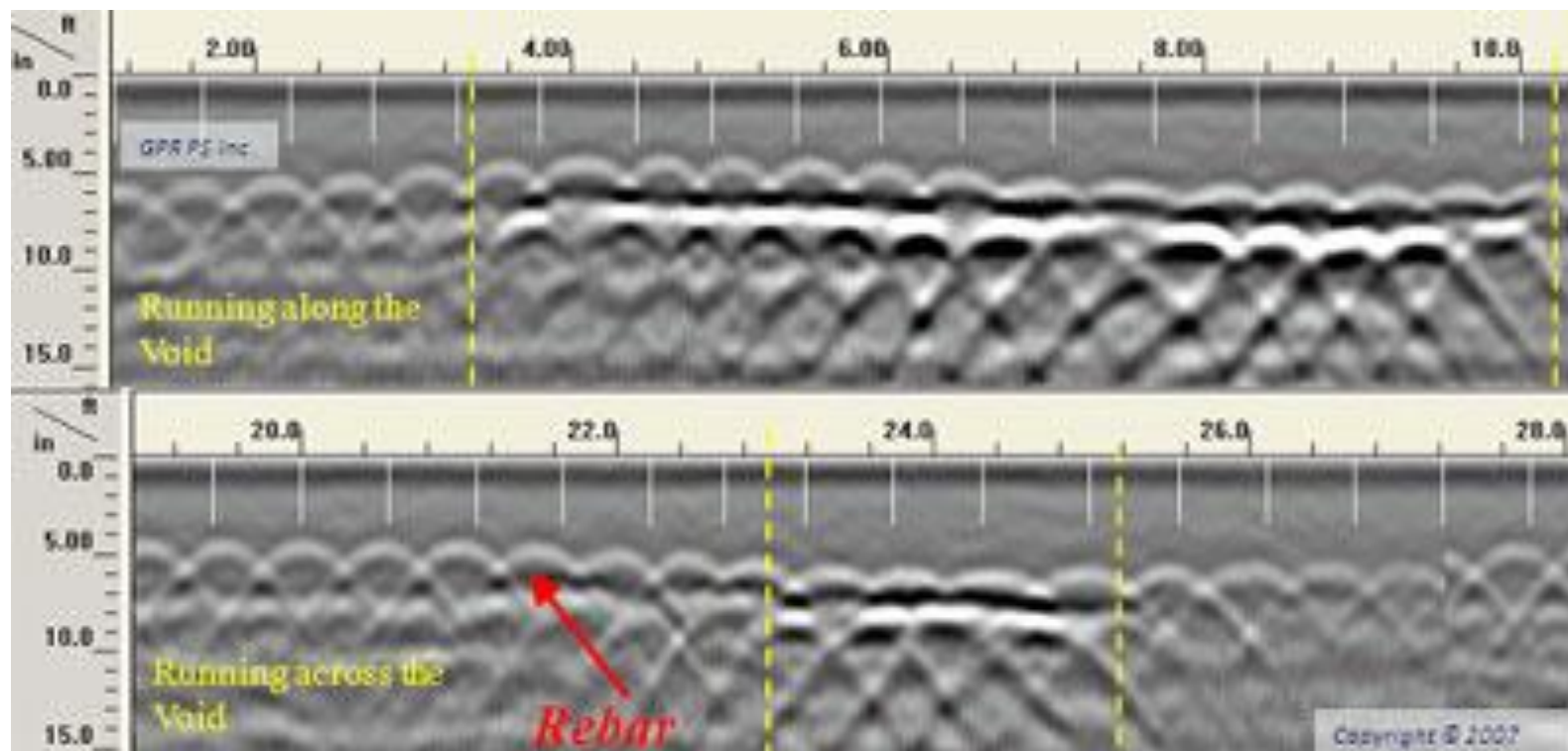
ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – ESCANEAMENTO POR RADAR



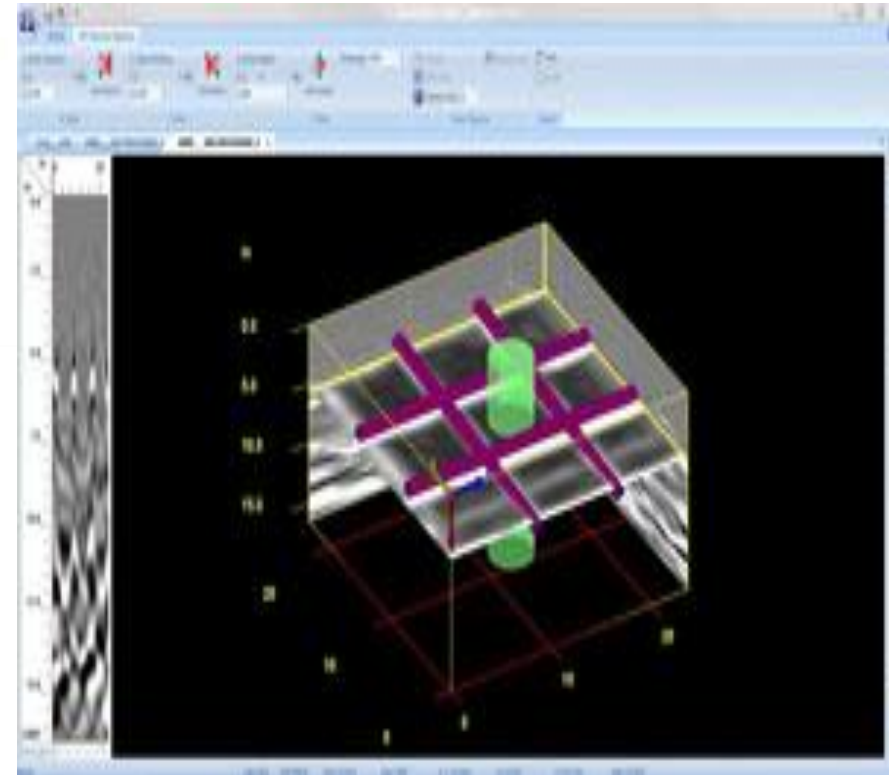
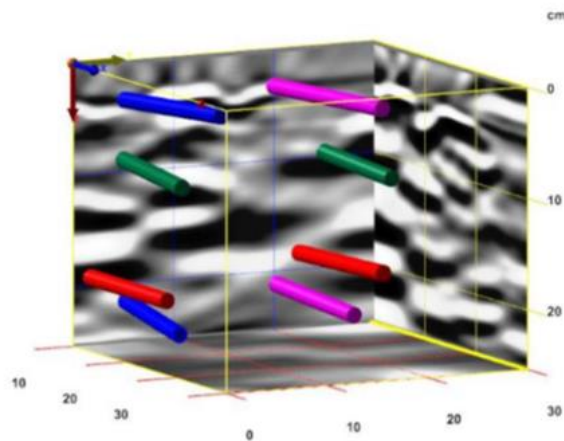
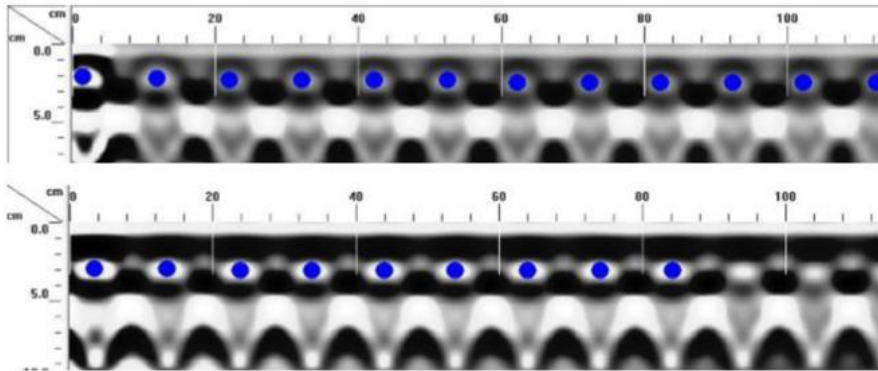
ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – ESCANEAMENTO POR RADAR



ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – ESCANEAMENTO POR RADAR



ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – ESCANEAMENTO POR RADAR



ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – RADIOGRAFIA DIGITAL

A radiografia é um método usado para inspeção não destrutiva que baseia-se na absorção diferenciada da radiação penetrante pela peça que está sendo inspecionada.

- Devido às diferenças na densidade e variações na espessura do material, ou mesmo diferenças nas características de absorção causadas por variações na composição do material, diferentes regiões de uma peça absorverão quantidades diferentes da radiação penetrante.
- Essa absorção diferenciada da radiação poderá ser detectada através de um filme, ou através de um tubo de imagem ou mesmo medida por detetores eletrônicos de radiação.
- Essa variação na quantidade de radiação absorvida, detectada através de um meio, irá nos indicar, entre outras coisas, a existência de uma falha interna ou defeito no material.

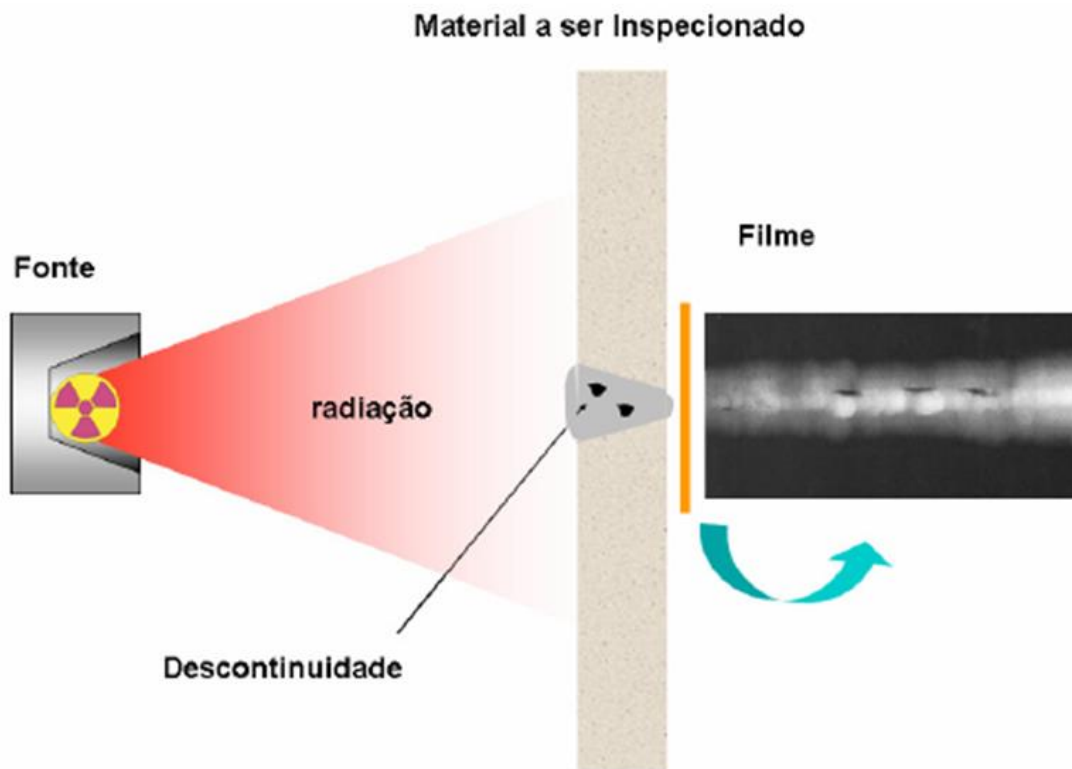
ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – RADIOGRAFIA DIGITAL

- A radiografia é então usada para detectar variação de uma região de um determinado material que apresenta uma diferença em espessura ou densidade comparada com uma região vizinha, em outras palavras, a radiografia é um método capaz de detectar com boa sensibilidade defeitos volumétricos.
- Isto quer dizer que a capacidade do processo de detectar defeitos com pequenas espessuras em planos perpendiculares ao feixe, como trinca dependerá da técnica de ensaio realizado.
- Defeitos volumétricos como vazios e inclusões que apresentam uma espessura variável em todas as direções, serão facilmente detectadas desde que não sejam muito pequenos em relação à espessura da peça.

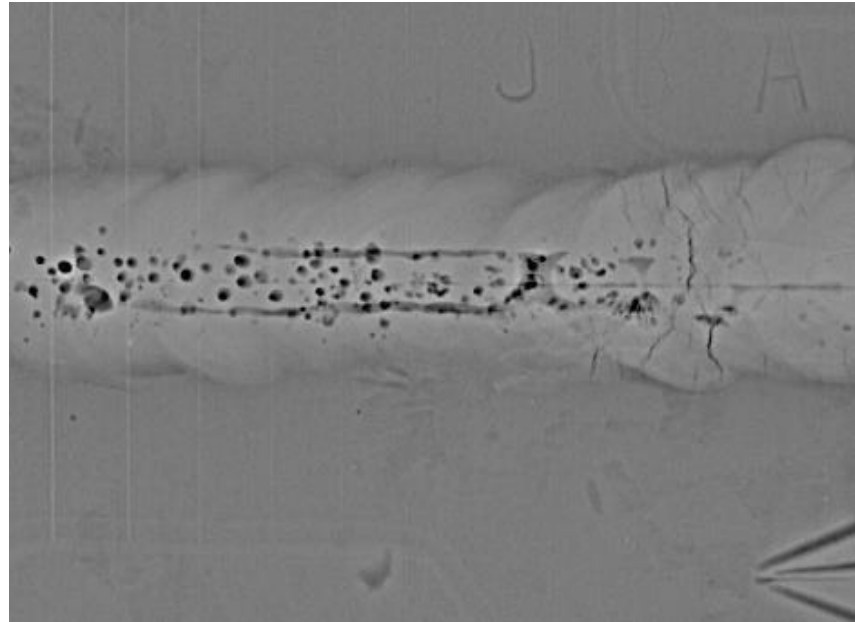
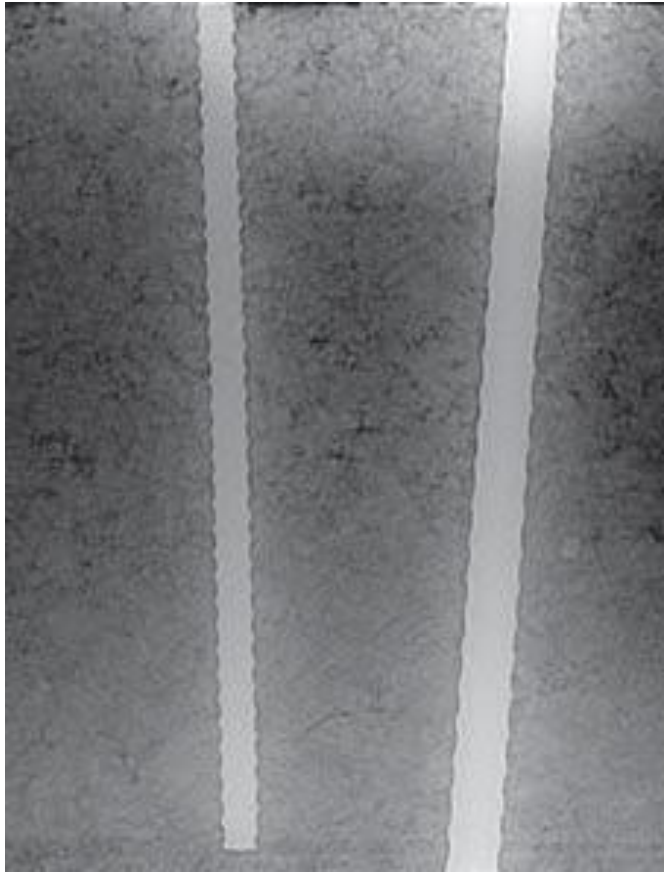
ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – RADIOGRAFIA DIGITAL



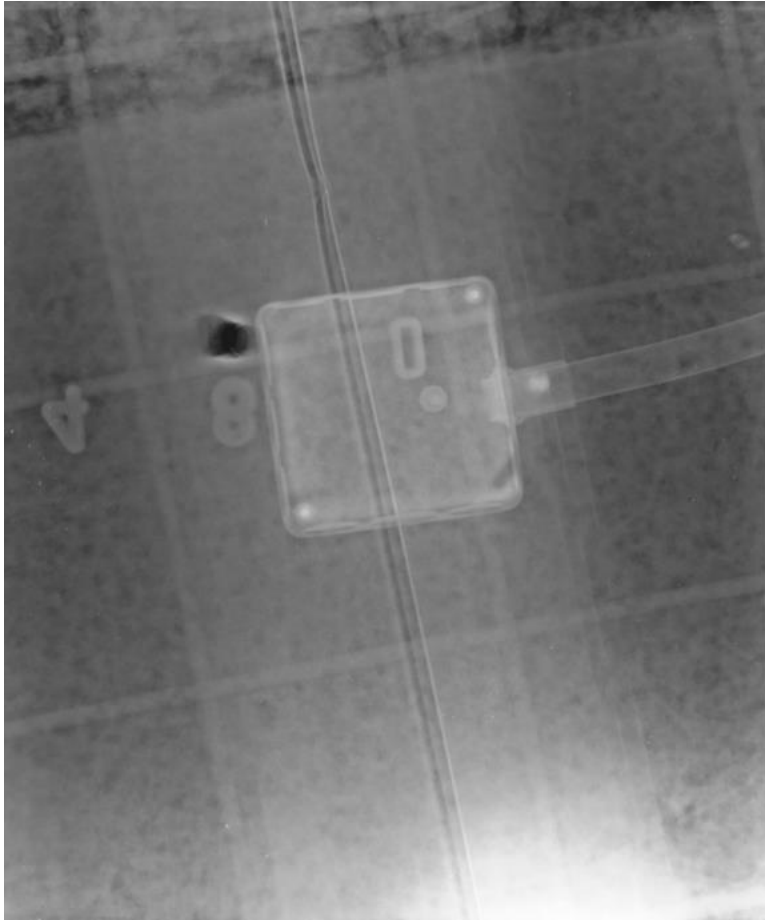
ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – RADIOGRAFIA DIGITAL



ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

TÉCNICAS AVANÇADAS – RADIOGRAFIA DIGITAL



ESTUDO DE CASO 1

DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO – EDIFÍCIO COMERCIAL

Dados:

- Edifício Comercial – Clínicas
- Térreo e 6 pavimentos
- Aproximadamente 10 anos
- Deslocamento de pastilhas – Já havia causas de acidentes
- Auto custo para a inspeção local com descida pela fachada

ESTUDO DE CASO 1

DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO – EDIFÍCIO COMERCIAL

Técnicas utilizadas

- Inspeção visual
- Termografia infravermelha
- GPR



ESTUDO DE CASO 1

DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO – EDIFÍCIO COMERCIAL



Figura 1 – Área inspecionada para calibração de padrões

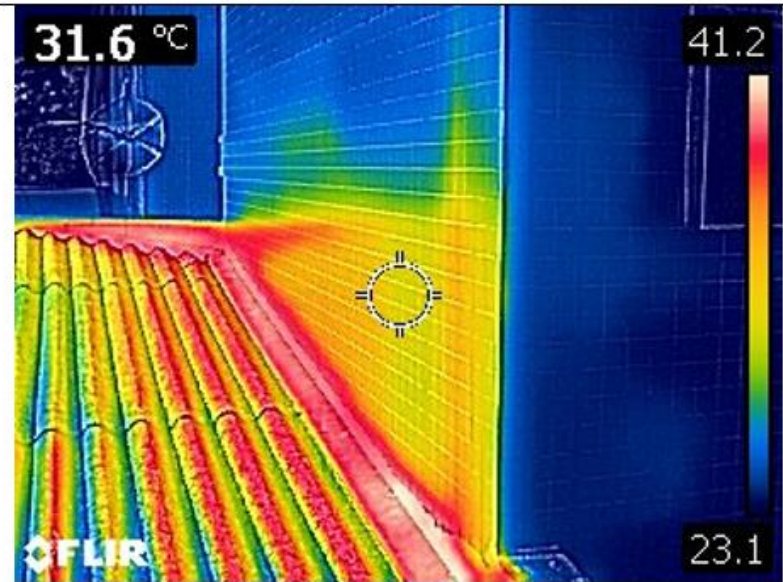
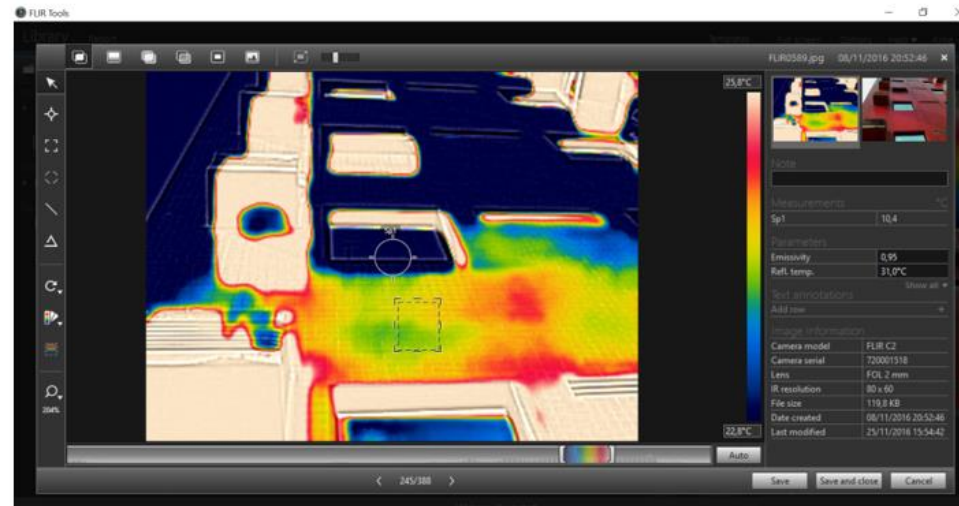


Figura 2 – Padrões calibrados por termografia

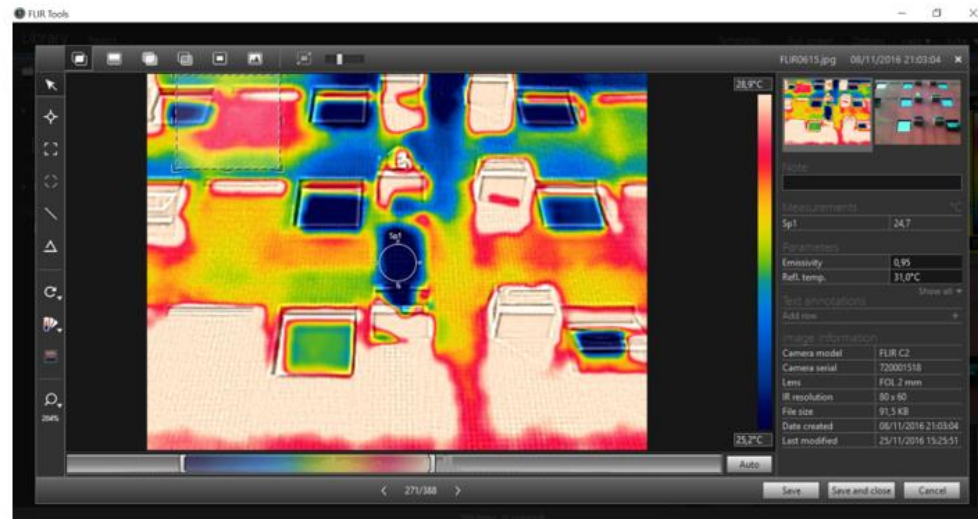
ESTUDO DE CASO 1

DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO – EDIFÍCIO COMERCIAL



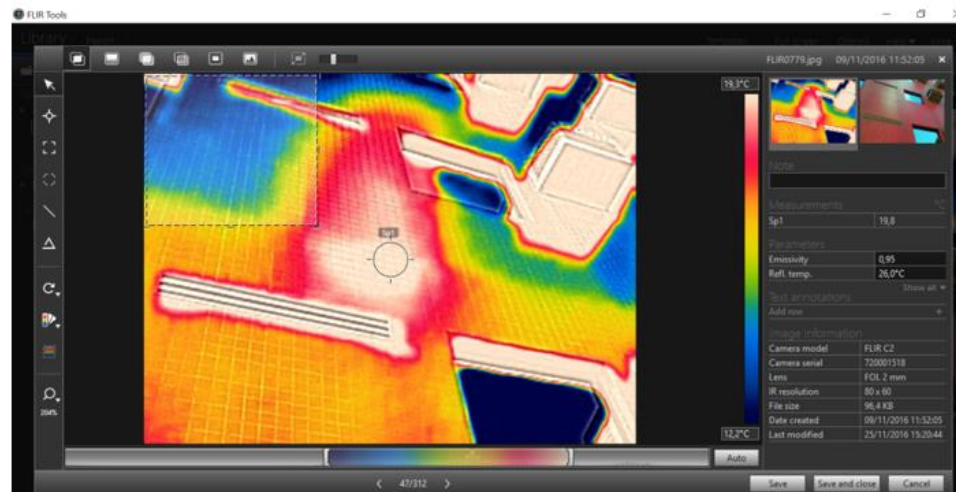
ESTUDO DE CASO 1

DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO – EDIFÍCIO COMERCIAL



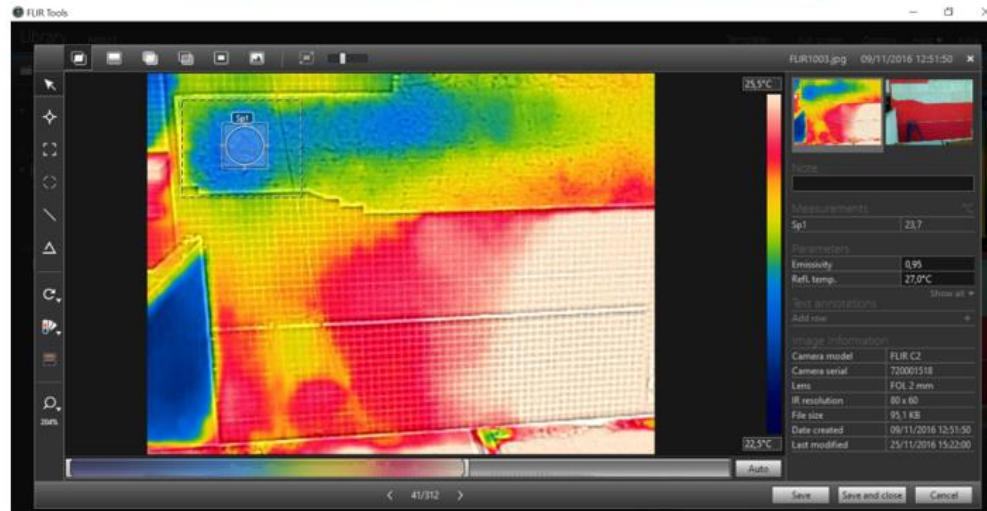
ESTUDO DE CASO 1

DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO – EDIFÍCIO COMERCIAL



ESTUDO DE CASO 1

DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO – EDIFÍCIO COMERCIAL



ESTUDO DE CASO 1

DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO – EDIFÍCIO COMERCIAL

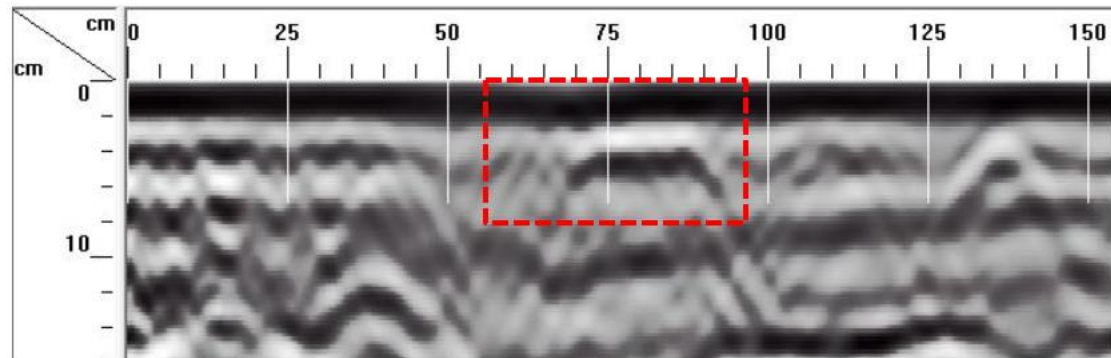


Figura 84

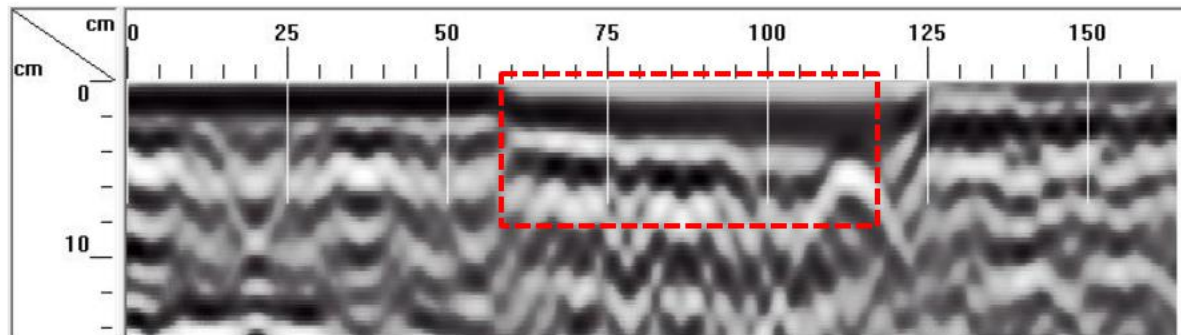


Figura 85

ESTUDO DE CASO 1

DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO – EDIFÍCIO COMERCIAL

A migração de cores (do branco para o azul) nas palhetas de cores de cada imagem indicam:

- Branco: Peça aderida
- Vermelho: peça aderida ou peça já deslocada associadas sempre com a cor verde
- Amarelo: peça em processo de perda de adesão
- Verde: peça com som oco e parcialmente aderida
- Azul: Peça em processo de infiltração de água

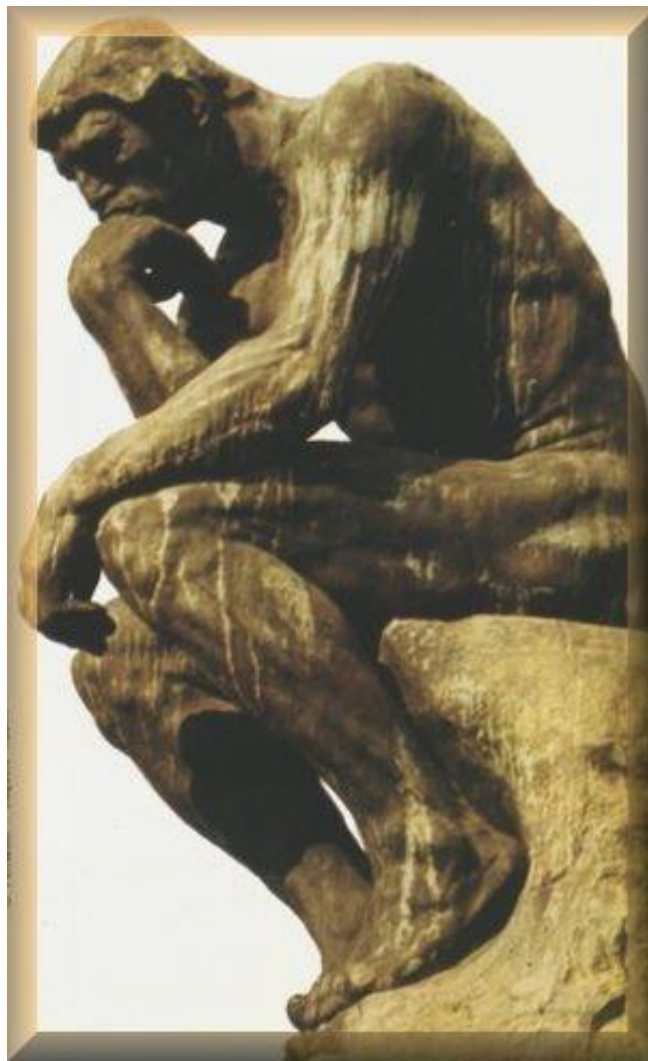
ESTUDO DE CASO 2

DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO – ESTADIO COUTO PEREIRA

Muito obrigado!!

***Convido o
Eng. Emerson Mello
para dar continuidade ao Painel***

Considerações Finais



Considerações Finais

“O GRITO DA ESTRUTURA”

O mundo do veterinário é o de decifrar murmúrios, miados, mugidos, olhares ou uma inclinação de cabeça. É adivinhar sentimentos nos irracionais, é uma aproximação com os instintos. É identificar a origem de uma dor ou uma tristeza através da observação de uma indisposição para alimentar. É entender o porquê de uma renúncia à vida. O animal sofre, perde a alegria e tem-se que fazer algo urgente para salvá-lo.

No mundo do engenheiro também deve haver esta comunicação silenciosa. Identificar e avaliar uma patologia estrutural requer sensibilidade para o imponderável, para o imensurável. Não há números nem análise computacional que permita uma avaliação impessoal. O recado da estrutura vem através de uma fissura, um deslocamento, um desaparecimento, um recalque, uma mancha, um destacamento, ou uma perda de nível.

São manifestações silenciosas. O grito por socorro de uma fissura de pilar pode ser extremamente incomodo para quem a identifica, mas pode passar despercebido para o inexperiente. Esse grito não chega a seu conhecimento, quando muito, avalia ser “um probleminha” e em muitas ocasiões providencia para que se esconda o sinal com uma massa ou pintura. Manda a estrutura calar.

Nos últimos quarenta anos têm-se notícias, com certa regularidade, de sinistros e catástrofes nas obras de engenharia – O Pavilhão da Gameleira em Belo Horizonte, mais de 60 mortes. No mesmo ano de 1971 o Elevado Paulo de Frontin no Rio, mais de 20 mortes. O Edifício Palace II também no Rio e tantos outros pavilhões, igrejas, edifícios, marquizes. Ainda não saiu totalmente da mídia recente, o desabamento do túnel da Estação Pinheiros do Metrô de São Paulo.

Considerações Finais

LIÇÃO RENOVADA - “O GRITO DA ESTRUTURA”

Sem exceções, todas estas obras pediram por socorro e ninguém ouviu.

O Palace II no Rio por mais de dois anos gritou por socorro. Os responsáveis, construtora e síndicos do condomínio, optaram por aplicar um analgésico. Algum técnico se dispôs a aplicar uma “massinha” barata onde saia fragmentos de um dos pilares. Por dias, até semanas, o túnel do Metrô de São Paulo clamou por socorro. Fissurou o solo no entorno, incomodou a vizinhança, fissurou casas, aumentou as infiltrações, por fim, fissurou o concreto projetado do túnel e mesmo assim só desabou no dia seguinte.

Há uma máxima jurídica que diz “a ninguém é dado o direito de desconhecer a lei”.

Será que o engenheiro pode, por desinformação ou falta de experiência, ignorar o grito da estrutura?

Carlos Campos

Carlos Campos Consultoria e Construções

geólogo, sócio atuante e pró-ativo do IBRACON, categoria diamante, e já exerceu a Diretoria Regional do IBRACON em Goiânia.

MUITO OBRIGADO

*Prof. Eng. **DE LUCA**, Luis César Siqueira - M.Sc.*

(41) 3333 3668

(41)9.9164-3668

deluca@idd.com.br

www.idd.edu.br