



15º Simpósio Brasileiro
de Impermeabilização 2018



Instituto de
Impermeabilização

ANAIS DO 15º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

4 e 5 de junho de 2018 - São Paulo / SP

UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA E ESCANEAMENTO PARA IDENTIFICAÇÃO DE INFILTRAÇÕES E VAZIOS EM ELEMENTOS NAS CONSTRUÇÕES

MOREIRA, Kirke Andrew Wrubel

Engº, M.Sc

Concrete Engenharia e Consultoria

Curitiba – Paraná

engenharia@concrete.eng.br

RESUMO

A presença de umidade em elementos construtivos certamente irá promover uma interação indesejável as construções como por exemplo a degradação dos materiais, corrosão de armaduras, formação de bolores prejudiciais à saúde e a estética, etc. O início de ocorrência dessas manifestações patológicas depende da qualidade dos materiais, qualidade da execução das estruturas, quantidade de contato da água com os elementos da construção, entre outros fatores. Na existência de infiltrações em elementos construtivos, a identificação rápida poderá auxiliar numa intervenção assertiva e instantânea e com isso, reduzir a quantidade danos aos elementos afetados. No entanto a inspeção visual pode não ser suficientemente conclusiva para a identificação de infiltrações em elementos construtivos ou para a constatação de manifestações patológicas, dificultando decisões para a escolha da terapia e tratamento das falhas presentes. O presente trabalho tem como objetivo apresentar a utilização de técnicas como a termografia infravermelha para identificação de pontos de umidade ascendente, percolação e condensação e, ainda, apresentar o sistema de escaneamento de elementos da construção para identificação de vazios com a utilização da tecnologia do GPR (Ground Penetrating Radar). Serão apresentados três estudos de casos com a utilização dessas técnicas.

Palavras-chave: ensaios não destrutivos; termografia infravermelha; gpr

1. Introdução

A umidade pode ser classificada em função da sua origem em quatro tipos: umidade de infiltração decorrente da ação da água de chuva (infiltração por fissuras, caixilhos, revestimentos, juntas, entre outros); umidade de condensação, decorrente da condensação superficial ou no interior dos materiais de vapor de água; umidade proveniente do solo, decorrente da ascensão capilar da água presente no solo; e umidade accidental, decorrente de vazamentos em instalações hidráulicas, falhas localizadas, entre outros. (Oliveira, Moreira e Mitidieri Filho, 2005)

As principais consequências das infiltrações estão correlacionais a degradação dos materiais, corrosão de armaduras, essas colocando em risco o desempenho e segurança das estruturas. Ainda poderão haver efeitos estéticos ofuscados, geração de doenças devido a formação de bolores, etc.

Na década de 1980, pesquisas realizadas pelo IPT constataram que em edifícios com um a três anos de idade, 52% dos problemas típicos deviam-se à umidade, e naqueles com quatro a sete anos, os problemas de umidade representavam aproximadamente 86% dos problemas patológicos (Ioshimoto, 1988). Em 2004, outro levantamento também realizado pelo IPT constatou que 58% dos problemas patológicos de edifícios com um a quatro anos de idade são relativos à umidade. Essa última pesquisa endossa a hipótese exposta por Perez (1988) na década de 1980: "Problemas de umidade representam quase 60% dos problemas de uma edificação durante sua vida útil". (Oliveira, Moreira e Mitidieri Filho, 2005)

CAMPOS (2007) descreve em uma carta cujo título é "O grito da estrutura" os seguintes dizeres: "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 associada a 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 desaprumo ou uma perda de nível." Portanto ao sinal de manchas, gotejamentos e fluxos de água, a estrutura necessita ser investigada. A inspeção poderá ser feita através de ensaios ao qual poderão ser destrutivos (invasivos) e não destrutivos (não invasivos). Esses últimos são técnicas modernas e que garantem maior integridade e segurança na investigação de falhas em elementos das edificações.

Serão apresentadas duas técnicas para investigação de infiltração de água, seja por porosidade dos materiais ou por vazios presentes nas estruturas. A primeira técnica trata-se da termografia infravermelha cujo princípio de investigação está relacionado a identificação de pontos de umidade devido a variações de temperatura ao qual são captadas pela câmera na faixa do infravermelho. A segunda técnica aqui apresentada identifica a presença de vazios através de variações dielétricas dos materiais. Serão apresentados estudos de casos com a utilização dos ensaios mensurados, ao qual foi útil para identificar as falhas por infiltrações, auxiliando no diagnóstico e terapia.

2. Termografia infravermelha

Esta pode ser definida como a reprodução de imagens a partir da emissão de radiação infravermelha. Câmeras termográficas detectam o espectro eletromagnético e reproduzem a imagem dessa radiação as quais chamamos de Termogramas.

A 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 baseada no princípio fundamental de que anomalias abaixo da superfície dos materiais afetam o fluxo de calor através dos mesmos. Assim, com esse método, é possível detectar, com precisão, grandes defeitos e delaminações no interior de estruturas de concreto, tais como tabuleiros de pontes, pavimentos de estradas, pisos de garagens, pavimentos de estacionamento e muros de arrimo. Como uma técnica de ensaio, destaca-se dentre suas qualidades a precisão, a repetitividade, a economia e a não inconveniência ao público durante a execução do ensaio (Malhotra & Carino, 2004).

Todos os objetos com temperatura acima do zero absoluto (0 K) emitem radiação na faixa infravermelha do espectro eletromagnético. De acordo com o comprimento de onda, a radiação infravermelha está na faixa de 0,75 a 1000 μm (micrometro), localizado entre a faixa visível e micro-ondas (Figura 1) (Clark; McCann; Forde, 2003; Meola, 2012; Bagavathiappan et al., 2013).

A eficiência de leitura e execução do ensaio depende da calibração prévia do equipamento e depende das condições térmicas do objeto e do meio em que se encontra, antes e durante o ensaio; presença de fontes externas (sombra, reflexão, superfícies com diferentes acabamentos, etc.); condições de medição (emissividade adotada, temperatura do ar, distância entre a câmera e o objeto, ângulo de observação, etc.). A câmera ao ser apontada a um objeto recebe radiações emitidas pela superfície do próprio objeto bem como do meio adjacente. Ambas as radiações são, em parte, atenuadas pela atmosfera na trajetória de medição. A estas, se junta uma terceira contribuição de radiações emitidas pela própria atmosfera, como está ilustrado pela Figura 1.

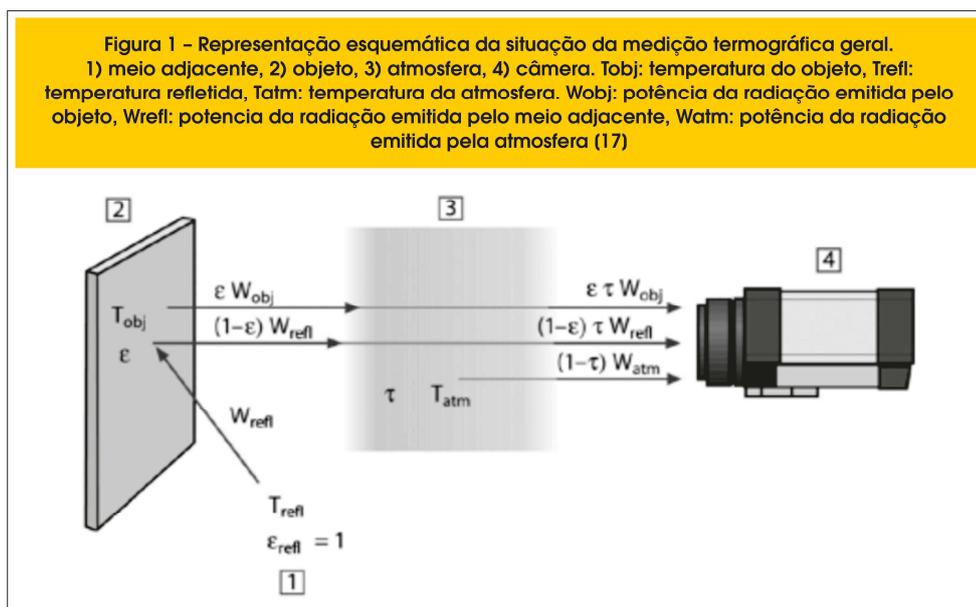


Figura 1 – Princípio de funcionamento da termografia, CALDEIRA; PADARATZ (2015)

A termografia infravermelha tem dois tipos de medições e análises. A primeira é a quantitativa, a qual consiste em obter a temperatura do objeto com precisão; a segunda é a qualitativa que é a obtenção de valores relativos de pontos quentes em relação a outras partes do mesmo objeto, utilizando-as como referência. Em uma análise qualitativa, algumas aplicações não exigem a determinação da temperatura exata, apenas temperaturas relativas, recolhendo dados para serem interpretados de uma forma mais rápida; no entanto, a análise pode ter falhas de precisão. Em uma análise quantitativa, o procedimento é mais rigoroso e serve para aplicações específicas (Jadin e Taib, 2012).

2.1 Exemplos de investigação com utilização da termografia infravermelha

O primeiro exemplo trata-se de uma parede de garagem de divisa com a parede de uma piscina aquecida em um empreendimento residencial ao qual havia degradação do revestimento devido a infiltração da água condensada (Figura 2 em vermelho). Era necessário constatar se a infiltração era em função da água absorvida pela parede ou devido a infiltração do piso da garagem do pavimento superior. A utilização da termografia corroborou para registrar que a infiltração era devido a água de condensação atestada pela variação de temperatura captada pelo equipamento utilizado no ensaio. A figura 2 apresenta um croqui do local de ensaio.



Figura 2 – Local de inspeção em planta

Foram determinados pré pontos para investigação através da câmera termográfica. O objetivo era atestar a presença de água e se essa era devido a infiltração oriunda pela absorção da água de condensação do ambiente entre piscina e parede da garagem. A figura 3 apresenta os pontos de infiltração.

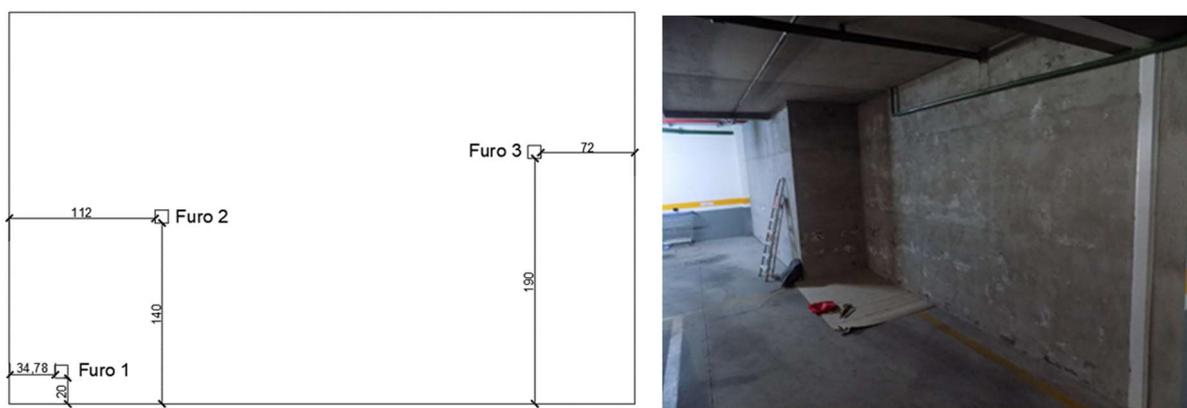


Figura 3 – Local de inspeção em corte

As figuras 4 e 5 apresentam os resultados dos ensaios. Foi possível verificar que a leitura de termografia no interior de furos apresentou temperaturas elevadas no seu interior ao qual foram sendo reduzidas na medida em que foram se aproximando da superfície. Trata-se da água infiltrada por condensação, caso contrário as temperaturas apresentariam respostas inversas. A tecnica colaborou para a escolha do tratamento de intervenção da estrutura que nesse caso foi para combater a água de condensação.

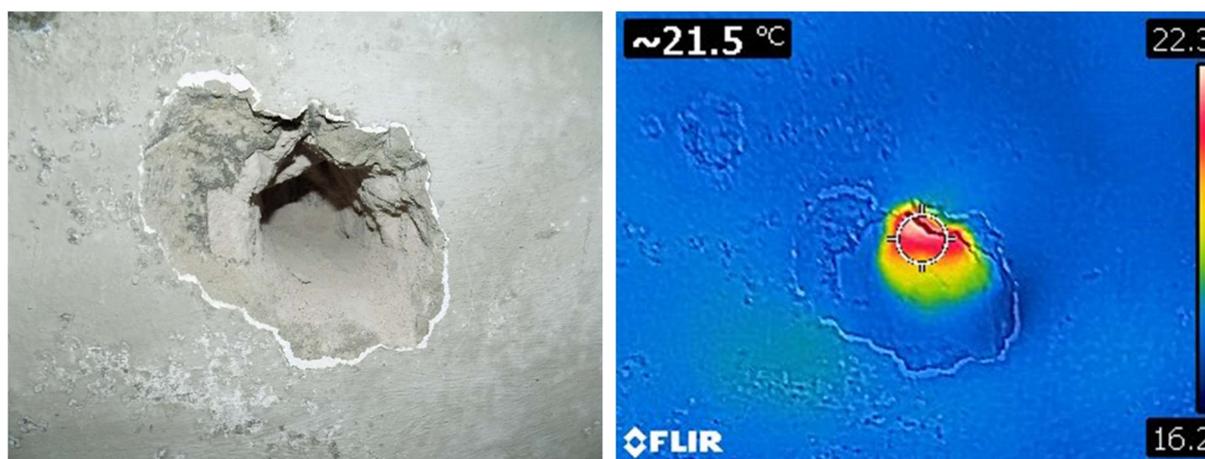


Figura 4 – Ensaio de termografia infravermelha. Nesse caso no furo 2

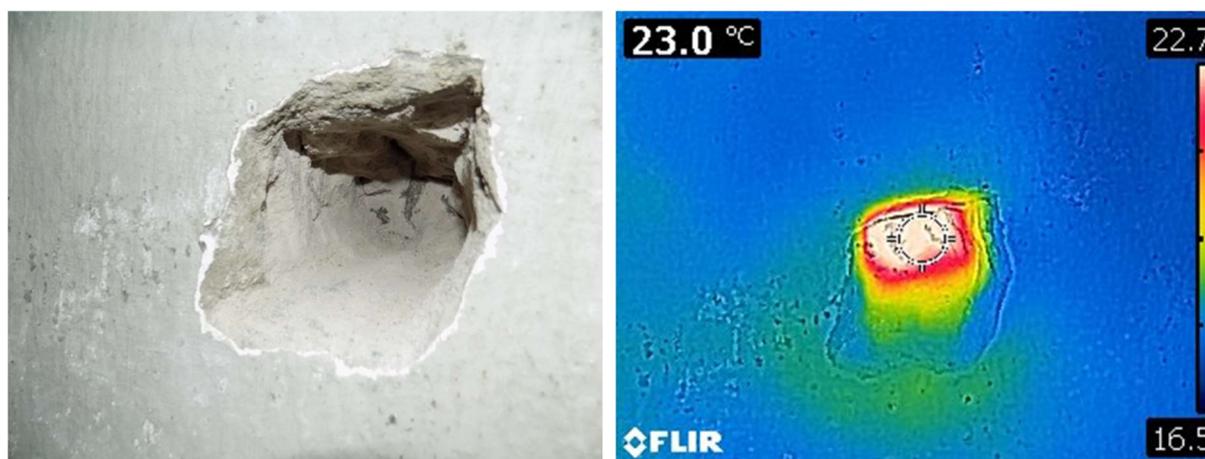


Figura 5 – Ensaio de termografia infravermelha. Nesse caso no furo 3

O segundo exemplo trata-se da constatação de acumulo de água em soleiras de janelas após laudo pericial. Após avaliação inicial apurou-se a infiltração de água para o interior de uma residência através das janelas. Uma das verificações constatou que havia acumulo da água de chuva nas soleiras devido a declividade insuficiente do elemento construtivo. Tal falha associada a defeitos de vedação colaboravam para a degradação do revestimento interno conforme visto da figura 6. A termografia infravermelha foi utilizada para registrar o acumulo de água. Percebeu-se também que haviam pontos da fachada ao qual se suspeitava de falhas de vedação dos elementos construtivos e que poderiam contribuir para a infiltração de água para o ambiente interno.



Figura 6 – Manifestações patológicas por infiltração em janela e parede

Na figura 7 foi realizado a aplicação de água para verificação de seu acúmulo. Após 30 minutos foi realizado o ensaio de termografia infravermelha ao qual se atestou o acúmulo de água (apresentado em azul escuro).



Figura 7 – Ensaio de termografia em soleira da janela

Posteriormente a técnica também foi utilizada em pontos da fachada ao qual se suspeitava de falhas de vedação de aberturas. A realização dos ensaios foi realizada em períodos posteriores a chuvas para que fosse possível identificar pontos de acúmulo de água. A figura 8 apresenta a constatação de infiltração de água denotada pela presença de cor azul escuro.



Figura 8 – Ensaio de termografia em fachada

3. Ground Penetrating Radar

Também chamado de Georadar, o GPR se baseia sobre os mesmos princípios dos sistemas convencionais de radar, porém, com algumas diferenças substanciais. Quando usado em estudos geotécnicos e geológicos, engenharia estrutural ou construção civil, o radar trabalha a distâncias que variam de centímetros a algumas dezenas de metros (por meio da propagação de ondas em meios sólidos), enquanto que os sistemas convencionais de radar funcionam à distância de quilômetros (por meio da propagação de ondas no ar) (BARRILE e PUCINOTTI, 2005).

O GPR (Ground Penetrating Radar), método originalmente usado para avaliações de natureza geofísica, recentemente tem sido utilizado, sob frequências altas, em análises não destrutivas no campo da construção civil. Se baseia na emissão de pequenos impulsos eletromagnéticos, com duração de pulso da ordem de 1 ns (1×10^{-9} s) na estrutura a ser investigada, bem como na análise da reflexão destes pulsos. Nesses ensaios, as ondas de tensão são introduzidas no objeto de ensaio e a resposta da superfície é monitorada, sendo necessário o acesso a apenas uma das superfícies. Dependendo dos detalhes da configuração de ensaio e da resposta medida, são obtidas diferentes informações sobre a estrutura. A figura 9 apresenta a utilização de um equipamento para escaneamento por radar em estruturas.



Figura 9 – Equipamento de escaneamento por radar. (Autor, 2017)

Os principais testes nos quais o GPR pode ser aplicado são a detecção de armaduras passivas ou ativas, detecção de vazios no interior das peças, determinação da espessura de peças ou avaliação da profundidade de elementos de concreto acessíveis apenas por um lado. A figura 10 abaixo apresenta um exemplo de detecção de barras em estruturas de concreto através do escaneamento por radar.

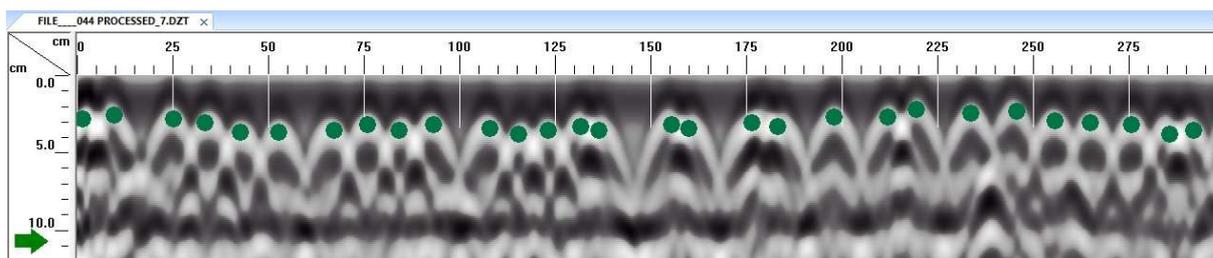


Figura 10 – Leitura de escaneamento por radar. (Autor, 2017)

3.1 Exemplo de investigação com utilização de GPR

O exemplo abaixo refere-se à utilização da técnica de escaneamento por radar em uma parede da casa de força de uma barragem na região centro oeste do Brasil. O ensaio foi realizado devido a dúvida referente a injeção de microcimento após problemas de infiltração de água. Necessitava-se atestar a presença de material de injeção aplicado e, também verificar a presença de vazios para futuras intervenções de injeção. A figura 11 apresenta o local de inspeção.



Figura 11 – Parede da casa de força ao qual foi realizado o ensaio

Após a aplicação do GPR, foi possível constatar pontos de injeção de microcimento e pontos com presença de vazios na estrutura conforme figura 12. A técnica contribuiu para mapear os pontos que necessitavam de intervenção e prever o consumo de material a ser injetado.

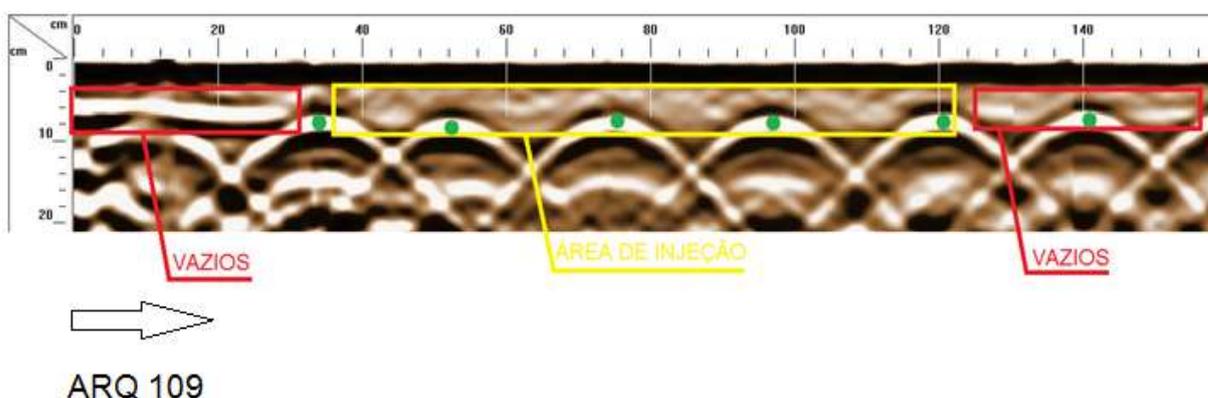


Figura 12 – Leitura de escaneamento por radar em parede de casa de força

Em outro ponto da parede, ao qual se constatou a presença de uma fissura superficial com água (figura 13) realizou-se o ensaio de escaneamento por radar para atestar a presença de vazios e contribuir para a decisão na utilização de injeção.



Figura 13 – Parede da casa de força com presença de fissura úmida

A figura 14 apresenta o ensaio de escaneamento ao qual constatou a presença de vazios ao longo da fissura, colaborando para a intervenção por injeção de microcimento.

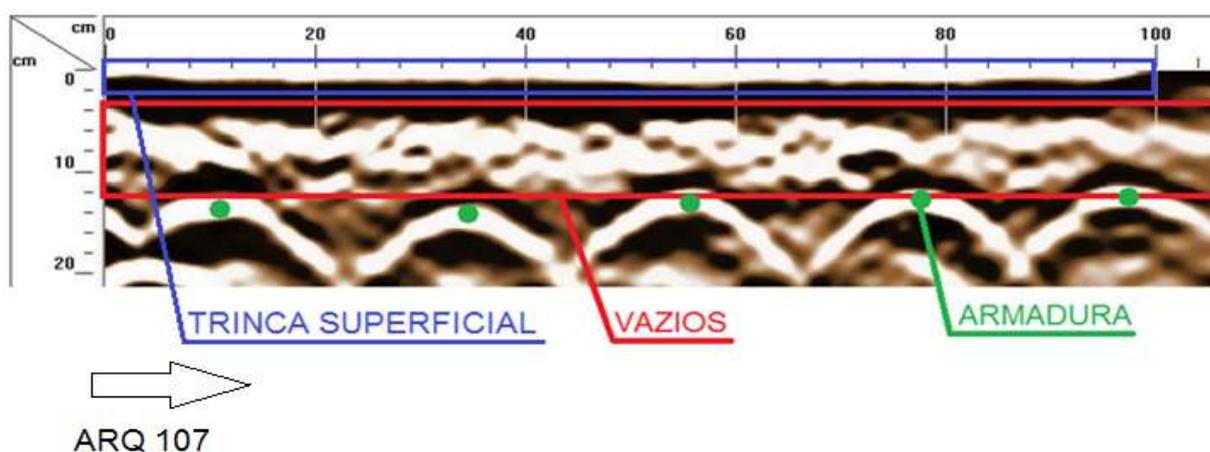


Figura 14 – Leitura de escaneamento por radar em local com fissura.

A leitura por GPR é feita devido a diferença dielétrica dos materiais ao qual foi possível identificar os materiais de injeção e vazios de forma imediata. No entanto as imagens apresentadas acima são após tratamento em software específico ao qual validaram as respostas de ensaio.

4. Considerações finais

Os ensaios não destrutivos têm como objetivo contribuir para a identificação rápida e pouca invasivas em estruturas. No caso de infiltração de água nas estruturas, a termografia infravermelha e o escaneamento por radar são ensaios que atestam com rapidez as falhas dos elementos construtivos.

A termografia infravermelha contribui para o mapeamento de infiltrações através de um mapeamento superficial após leitura da diferença de temperatura na faixa do infravermelho. No entanto essa técnica só é eficiente caso haja a presença de água e resfriamento do elemento inspecionado no momento do ensaio, caso contrário, poderá haver dificuldade ou não identificação da manifestação patológica. A técnica poderá ser utilizada em diversos pontos de estruturas, tais como lajes, paredes, juntas etc.

O escaneamento por radar contribui para a identificação volumétrica de elementos vazios com ou sem presença de água cujo resultado é obtido de forma imediata. A técnica é recomendada para ser utilizado desde paredes em contato com solo como em garagens de edifícios, como também, em pisos e paredes de grades obras, como barragens.

No entanto, conforme apresentado nesse artigo, as respostas dos ensaios tornam-se interessantes para contribuir em decisões de intervenção. Porém, para se obter um bom ensaio, a operação dos equipamentos depende de calibrações efetivas e a interpretações dos ensaios depende da prática e treinamento do operador dos equipamentos e isso é importante para que não haja avaliações equivocadas após a utilização das técnicas.

5. Referências bibliográficas

Bagavathiappan, S., Lahiri, B., Saravanan, T., Philip, J. (2013). **Infrared thermography for condition monitoring – A review**. Infrared Physics & Technology, V.60, No. 1, pp. 35-55.

BARRILE, V.; PUCINOTTI, R. **Application of radar technology to reinforced concrete structures: a case of study**. Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Itália, 2005.

CALDEIRA, M.M; PADARATZ, I.J **Potencialidades da termografia infravermelha na avaliação de danos na aderência entre concreto e PRFV**. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, São Paulo, 2015.

Clark, M., McCann, D., Forde, M. (2003). **Application of infrared thermography to the nondestructive testing of concrete and masonry bridges”** NDT&E International, V.36, No. 4, pp. 265-275

Jadin, M., Taib, S. (2012). **Recent progress in diagnosing the reliability of electrical equipment by using infrared thermography**. Infrared Physics & Technology, V.55, No. 4, pp. 236–245.

Oliveira, L. A. de; Moreira, T. M e Mitidieri Filho, C.V. **Estanqueidade a água nas edificações**. Artigo técnico nº 106, revista Techne, editora PINI, 2005.



Instituto de
Impermeabilização

<http://ibibrasil.org.br/>