

# Inspeção estrutural para verificação da conformidade da execução da obra com o projeto

**Luís Viegas Mendonça**  
Eng. Civil  
Spybuilding Lda.

**Francisco Calhau**  
Eng. Civil  
Spybuilding Lda.

**André Trepado**  
Eng. Civil  
Spybuilding Lda.

## Resumo

A inspeção estrutural instrumentada, em estruturas de betão armado, tem como principais objetivos a verificação da qualidade da construção e a determinação do seu estado de conservação. Neste documento apresentam-se dois trabalhos realizados no âmbito dos serviços da *Spybuilding*, onde se efetuaram ensaios de deteção de armaduras com recurso a um pacómetro<sup>1</sup>. Estes trabalhos foram motivados pela existência de dúvidas quanto à conformidade do edificado com o projeto, e pela possibilidade de existirem defeitos construtivos graves. A execução dos ensaios teve que ser adaptada às geometrias das peças a analisar, o que dificultou, por vezes, a realização dos mesmos. No caso prático 1 concluiu-se que uma grande parte da estrutura ensaiada não respeitava o projeto estrutural, existindo diversos problemas construtivos. No caso prático 2 não foram detetadas não conformidades.

**Palavras Chave:** Inspeção estrutural; Pacómetro; Ensaios estruturais; Defeitos construtivos.

## 1. Introdução

A inspeção com realização de ensaios estruturais em estruturas de betão armado tem como principais objetivos: caracterizar os elementos estruturais, quando não existem dados do projeto ou estes são insuficientes; fornecer dados sobre a evolução dos fenómenos de degradação natural deste tipo de estrutura, obtendo-se assim a informação necessária para propor as intervenções necessárias; e verificar a conformidade do que foi construído com o que foi especificado em projeto.

Neste artigo é realizada a análise de dois casos práticos de inspeções, que tiveram como objetivo verificar a conformidade da obra com o projeto de estruturas de betão armado (verificação de armaduras). Para cada um dos casos são apresentadas as motivações, as dúvidas e os indícios que provocaram a realização dos trabalhos, assim como os resultados obtidos em cada um dos casos.

Para a realização deste tipo de inspeção são aplicadas várias técnicas e ensaios, dos quais se destacam, nos casos deste artigo, a realização de ensaios de deteção de armaduras com recurso a pacómetro<sup>1</sup>. Nos dois casos práticos apresentados o pacómetro utilizado foi um Hilti Ferroskan PS200, o qual permite, com recurso a software próprio, identificar a geometria e o recobrimento, quantificar o número de

varões e estimar o diâmetro das armaduras dos vários elementos estruturais.



**Figura 1: Pacómetro Hilti Ferroskan PS200.**

Os dois casos práticos apresentados são parte dos trabalhos realizados pela *Spybuilding* – Inspeção de Edifícios Lda. durante o presente ano. Um dos trabalhos foi realizado em Portugal e o outro no Brasil. Nos dois projetos, os autores do artigo estiveram diretamente envolvidos, quer no seu planeamento, quer na realização dos trabalhos de campo e na análise e interpretação de resultados.

## 2. Motivações para a realização das ações de inspeção e ensaios

Em estruturas de betão armado, as motivações, dúvidas ou indícios, que levam à realização de inspeções e ensaios para verificação da conformidade

<sup>1</sup> Pacómetro - sistema portátil de deteção e localização de armaduras nos elementos de betão armado.

do projeto com o edificado podem surgir ainda durante a fase de obra ou em plena fase de utilização.

Durante a fase de obra os primeiros indícios podem ser varões de espera que não estão de acordo com o projeto ou o aparecimento precoce de fissuras com orientações, espessuras e dimensões pouco habituais. Por outro lado, durante uma ação de fiscalização poderá verificar-se que as armaduras não foram corretamente distribuídas. Este tipo de não conformidade, embora possa ser resolvida, pode surtir dúvidas quanto à conformidade, ou não, de outros elementos estruturais já betonados e que não tenham sido alvo de fiscalização.



**Figura 2: Varões de espera diferentes dos especificados em projeto.**



**Figura 3: Ensaio de detecção de armaduras junto de zona fissurada.**

Durante a fase de utilização dos edifícios os indícios de não conformidades podem surgir sob a forma de fissuras pouco habituais em elementos de betão, ou sob a forma de fissuras em alvenarias ou revestimentos, causadas por deformações excessivas da estrutura.

Em ambos as fases, poderão surgir dúvidas relativas à conformidade das armaduras, caso sejam detetadas

não conformidades construtivas noutros elementos. São exemplo disso os erros de implantação de elementos estruturais, ou discrepâncias geométricas, em relação ao projetado.

Noutros casos ainda, poderão existir alterações de projeto não compatíveis com as telas finais, o que poderá gerar dúvidas em relação ao que foi realmente executado.

### 3. Caso prático 1

No Caso 1 os ensaios de deteção de armaduras foram realizados em vigas e lajes fungiformes aligeiradas (nas faces superiores e inferiores), pois pretendia-se determinar a extensão de algumas não conformidades detetadas em fase de obra.

Imediatamente após a remoção das cofragens foram observadas fissuras nas nervuras das lajes. Estes factos foram observados em diversas zonas ao longo das lajes, o que levantou suspeitas sobre a qualidade da construção e a sua conformidade com o projeto. Através de escarificação do betão foram abertas várias janelas de inspeção, que vieram comprovar que as armaduras de vários elementos estruturais não estavam de acordo com o projeto. Neste caso, em fase de construção, foi possível detetar a fissuração atempadamente e tomar precauções, tais como o escoramento das lajes e das vigas.



**Figura 4: Fissuração na laje.**

A solução construtiva utilizada neste caso, lajes fungiformes aligeiradas, tornou a inspeção estrutural mais complexa devido à distribuição da armadura inferior. Foram diversos os obstáculos encontrados no início dos trabalhos para obter resultados precisos, tais como: a elevada sobreposição de varões na mesma direção, o reduzido espaçamento entre varões, resultando no aparecimento de “chochos” no betão, a existência de diversos materiais ferrosos no betão (pregos, arames e outros) e armaduras com recobrimento elevado.

Na planta seguinte apresenta-se um excerto exemplificativo da laje, com os cortes CD, (na nervura, ficando visível a armadura numa direção apenas - Figura 7), e AB onde se podem observar as armaduras inferiores nas duas direções (Figura 6).

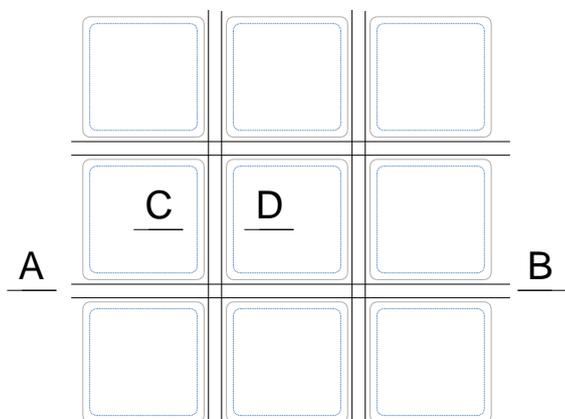


Figura 5: Laje aligeirada com as armaduras inferiores tipo apresentadas a preto.

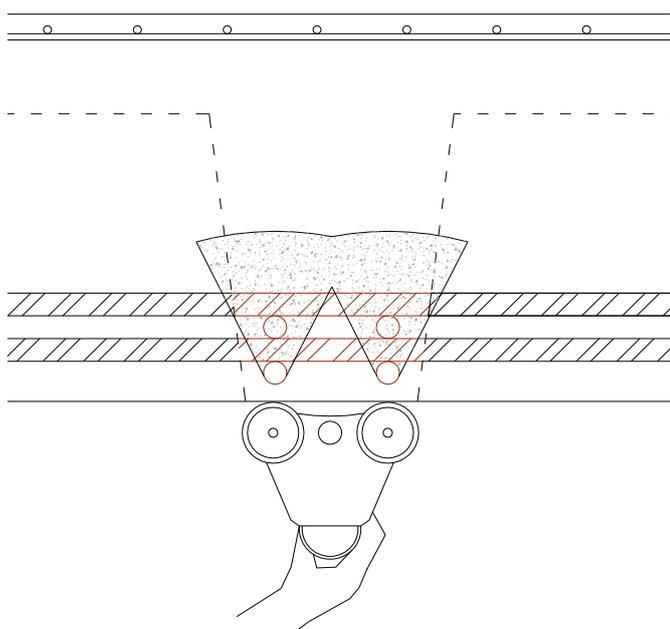


Figura 6: Corte AB – Ensaio Ferroskan na face inferior.

A distribuição das armaduras (de acordo com o projeto) e a existência de sobreposição de armaduras na mesma direção, impossibilitou a determinação do diâmetro da camada superior (Figura 8). Assim, optou-se por realizar ensaios nas faces laterais, para complementar os ensaios das faces inferiores. Esta abordagem permitiu verificar se existia sobreposição de armaduras na mesma direção.

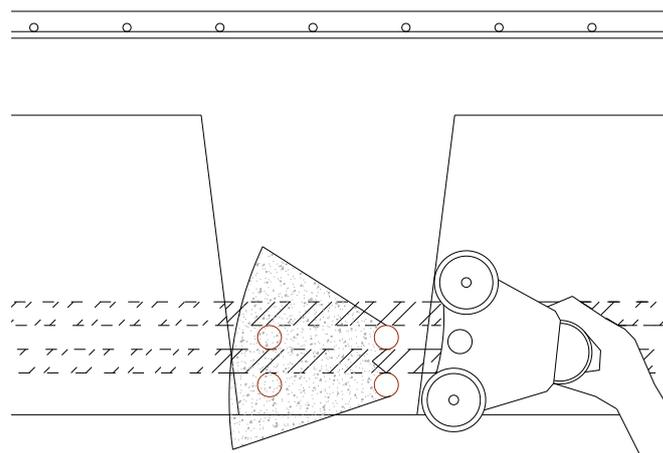


Figura 7: Corte CD – Ensaio Ferroskan na face lateral.

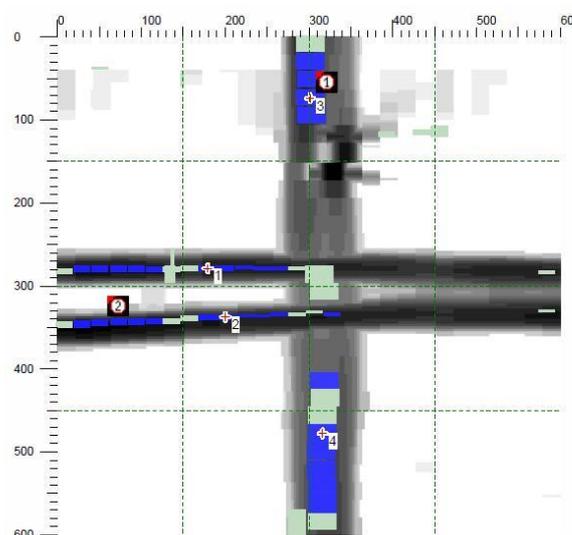


Figura 8: Resultado de um ensaio Ferroskan em nervuras inferiores de uma laje aligeirada.

Dos resultados obtidos neste caso prático concluiu-se que, para as armaduras inferiores, apenas 16% das zonas analisadas estavam conforme as especificações de projeto, 30% dos ensaios eram inconclusivos, devido às dificuldades apresentadas anteriormente, e os restantes 54% não estavam de acordo com o projeto. No caso das armaduras superiores de distribuição concluiu-se que foi respeitada quase sempre a sua colocação (designadas no projeto como armadura de base). A conformidade das armaduras superiores principais (designadas no projeto como armaduras de reforço) foi verificada em 50% dos ensaios. Todas as vigas ensaiadas estavam conforme as especificações de projeto.

## 4. Caso prático 2

No caso prático 2 utilizou-se esta técnica de inspeção estrutural em vigas e pilares de uma unidade fabril. O principal objetivo deste trabalho foi confirmar e atualizar os elementos desenhados de projeto, incluindo alterações feitas em obra, com as telas finais existentes, mas incompletas.

Uma vez que não existiam dúvidas concretas em relação a elementos específicos (salvo uma ou outra exceção), foi efetuada uma distribuição dos ensaios por amostragem, entre as várias naves industriais. Tendo em conta os dados disponíveis, nomeadamente plantas e mapas de pilares e de vigas, tentou-se realizar ensaios em todos os elementos-tipo principais. Em alguns casos específicos a designação do elemento não era conhecida, sendo necessário comparar os dados obtidos nos ensaios com os dados de projeto para identificar de que elemento-tipo se tratava.

Nos pilares optou-se, na maioria dos casos, por realizar dois ensaios por elemento: um na face maior e outro na face menor. Em alguns casos específicos foram realizados ensaios a alturas diferentes, para se tentar perceber a uniformidade das armaduras ao longo dos pilares, ou para se tentar identificar alguns pormenores das zonas de cachorros ou de ligações com vigas.

Nas vigas foi feito o mesmo tipo de distribuição de amostragem. Foi sempre realizado um ensaio na face inferior, a meio vão e/ou junto do apoio, e outro numa face lateral.

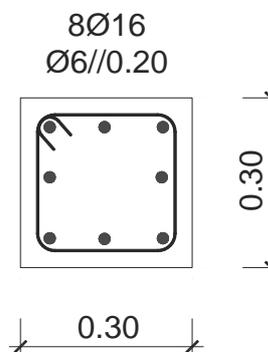


**Figura 9: Ensaio de deteção de armaduras numa face lateral de uma viga.**

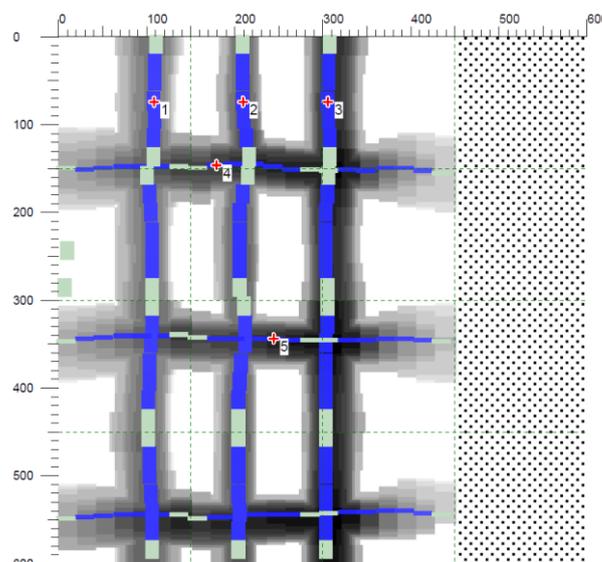
Através de cerca de 50 ensaios, distribuídos por pilares e vigas, verificou-se que, nos elementos-tipo conhecidos, as armaduras observadas respeitavam o projeto. Nos elementos-tipo não conhecidos foram identificadas as armaduras existentes e, na maioria dos casos, foi possível identificar o tipo de elemento. Quando o mesmo não foi possível, obtiveram-se os dados necessários para a verificação estrutural desses elementos (armaduras longitudinais e estribos/cintas).

Em resumo, com a campanha de ensaios efetuada, foi possível demonstrar que as armaduras dos elementos

de betão estavam de acordo com o projeto. No entanto, em alguns casos, foram identificadas zonas onde os recobrimentos estavam muito abaixo do que foi prescrito e do que é minimamente aceitável. Este tipo de não conformidade, apesar de não denunciar problemas estruturais, pode comprometer a durabilidade dos elementos.



**Figura 10: Pilar tipo A segundo o projeto.**



**Figura 11: Resultado de ensaio de deteção de armaduras em pilar tipo A, em conformidade com os dados de projeto**

## 5. Conclusões

Da experiência obtida através de inúmeros trabalhos deste tipo, em vigas, lajes, pilares, tabuleiros de pontes, muros de contenção e outros, poder-se-á concluir que é fundamental a utilização deste método de ensaio em casos de dúvidas sobre as armaduras ou recobrimentos existentes. Os resultados assim obtidos permitem o planeamento e dimensionamento de trabalhos de reforço, tendo como base um conhecimento aprofundado e preciso do existente.

Sendo um ensaio não destrutivo, é também possível realizá-lo em edifícios em fase de utilização, sem a necessidade de remoção de revestimentos.