



SEGURANÇA SÍSMICA DAS CONSTRUÇÕES INFORMAÇÃO DE SUPORTE COM RECURSO A ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS "IN-SITU"

Carlos Mesquita, Eng^o. / Oz-Ida
Direcção Técnica



1. Introdução

Levantamento construtivo/estrutural

- Levantamento arquitectónico
- Levantamento dimensional
- Caracterização dos materiais
 - Natureza
 - Propriedades mecânicas
- Caracterização do solo/fundação

Levantamento de anomalias estruturais

- Detecção de sintomas de deficiente desempenho

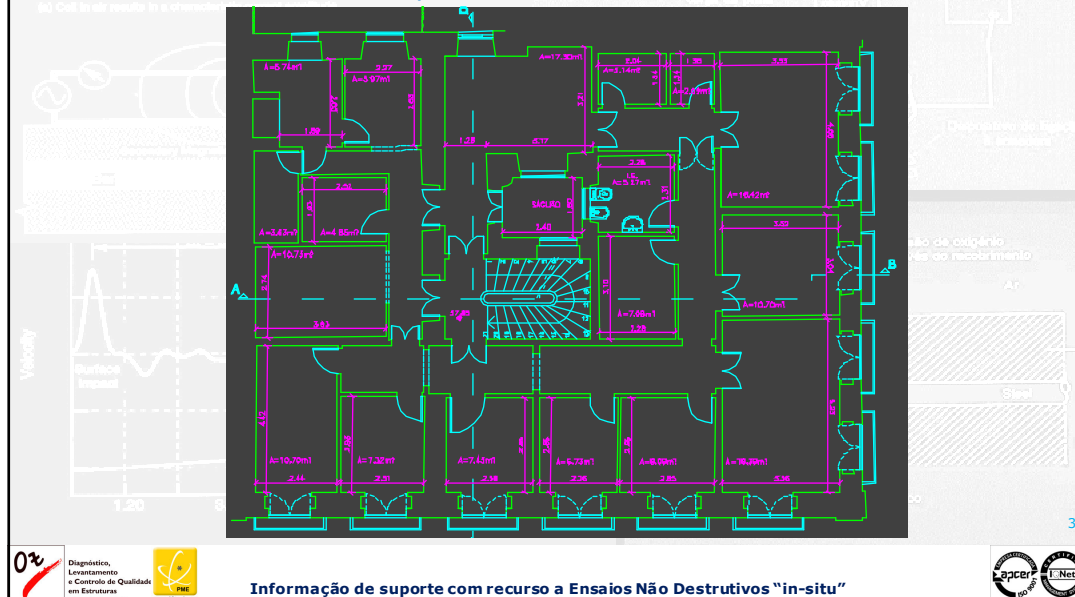


Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



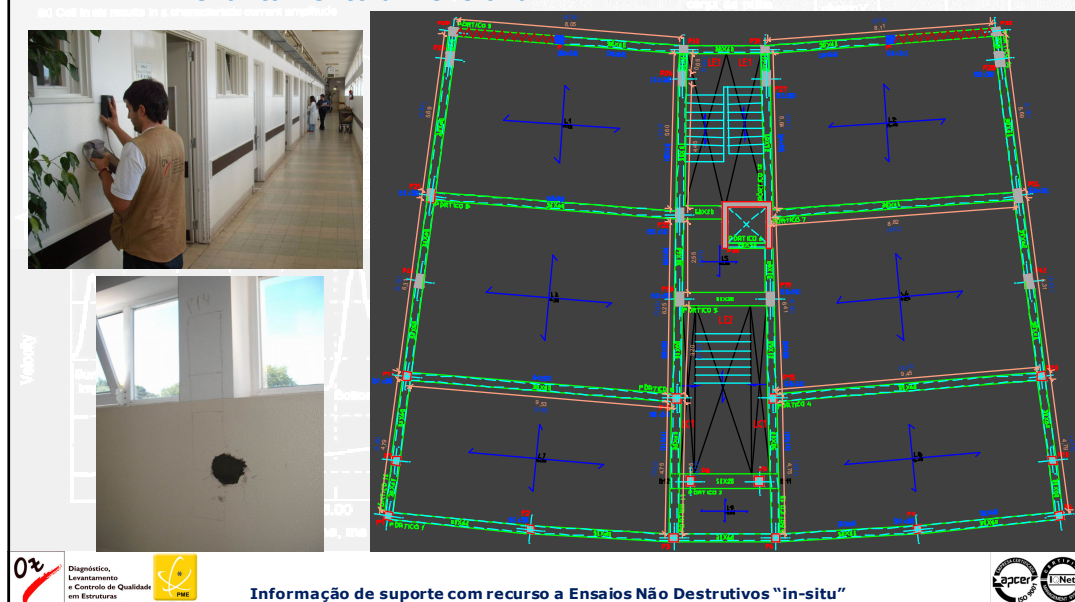
2. Levantamento construtivo/estrutural

2.1 - Levantamento arquitectónico



2. Levantamento construtivo/estrutural

2.2 - Levantamento dimensional



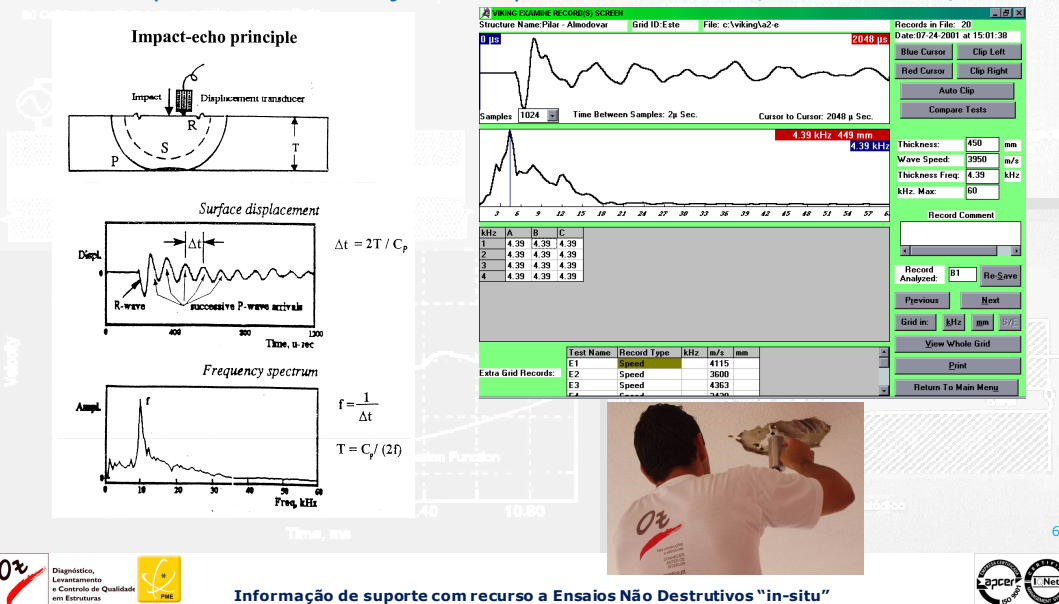
2.2 – Levantamento dimensional

- Termografia (ASTM C1060)



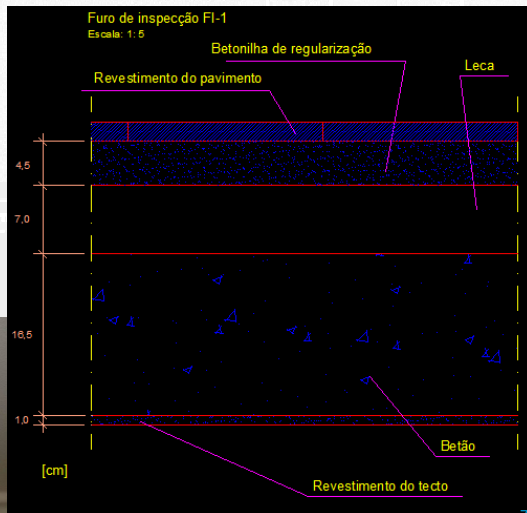
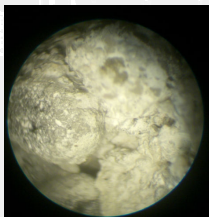
2.2 – Levantamento dimensional

- Impacto-eco – medição da espessura de betão (ASTM C1383-98a)



2.3 – Caracterização dos materiais

- Constituição – observações boroscópicas



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"

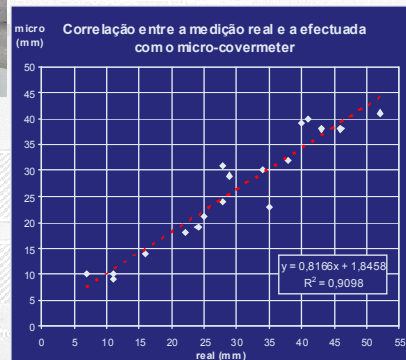


2.3 – Caracterização dos materiais

- Constituição – Levantamento de armaduras com o pacómetro
(BS 1881: Part 204)



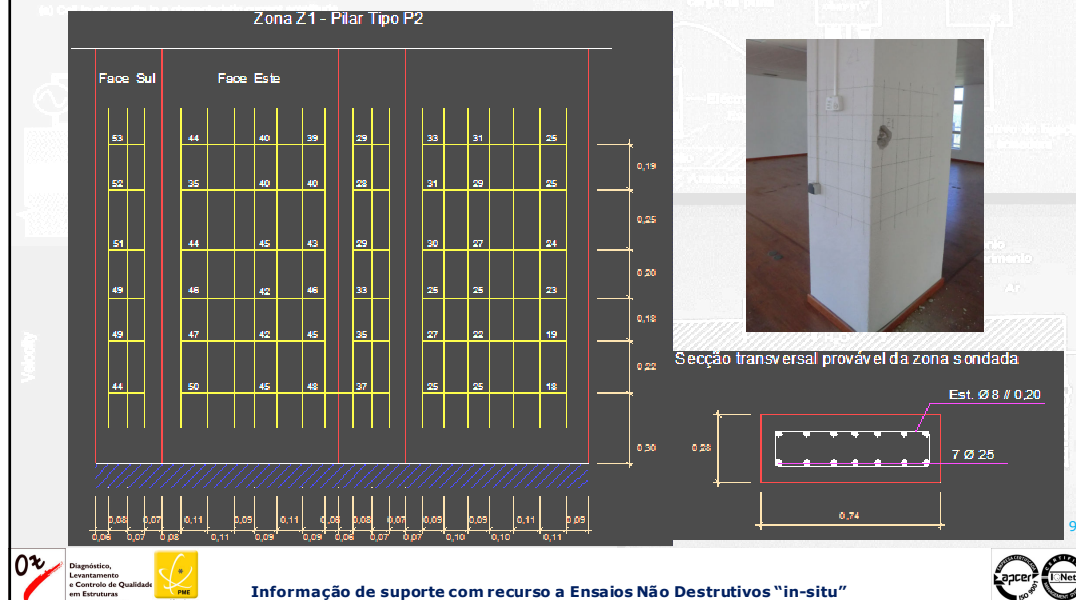
Calibração



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"

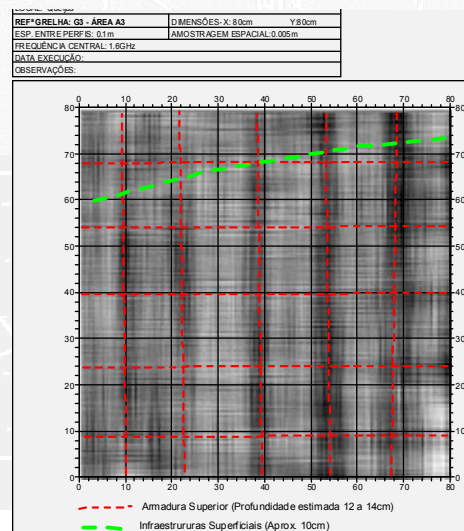
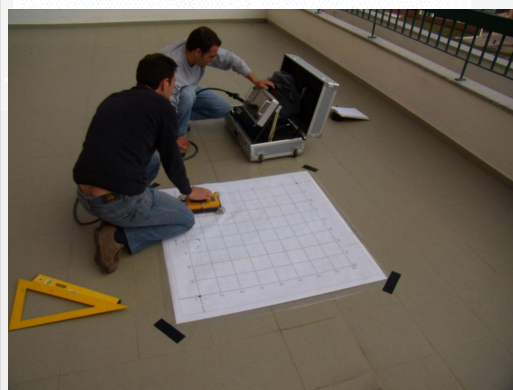


- Constituição – Levantamento de armaduras com o pacómetro



- Constituição – Levantamento de armaduras através de georadar (ASTM D6432)

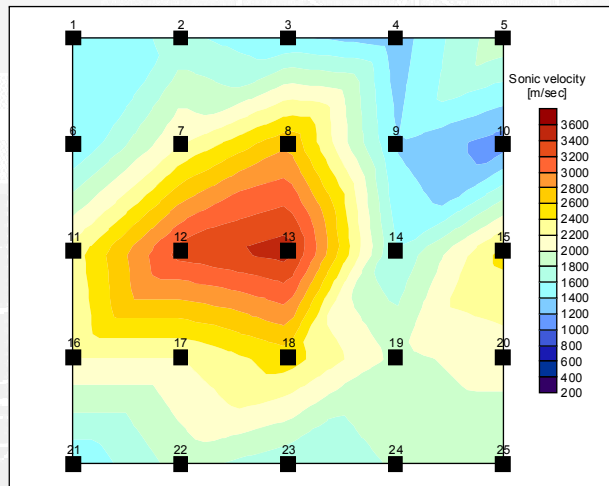
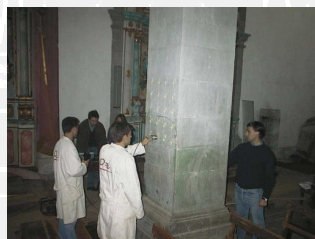
Técnica de detecção e inspeção não destrutiva baseada na emissão e na recepção de radiação electromagnética



2.3 – Caracterização dos materiais

- Constituição/resistência – Ensaios sónicos em alvenaria

Igreja de São Francisco, Horta



11

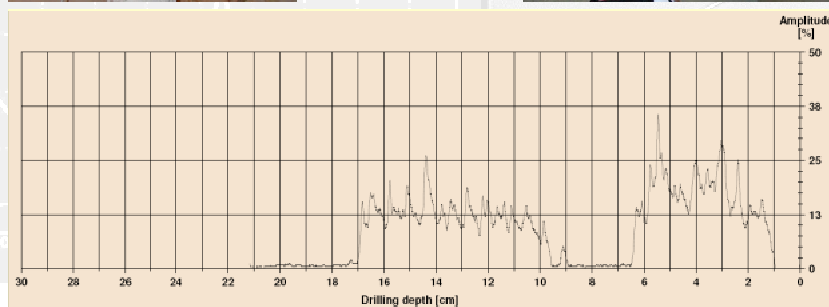
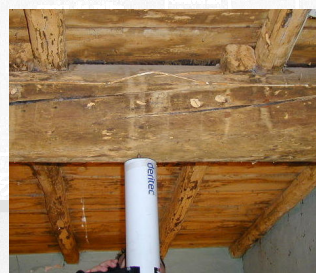


Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios de resistografia em elementos de madeira



12



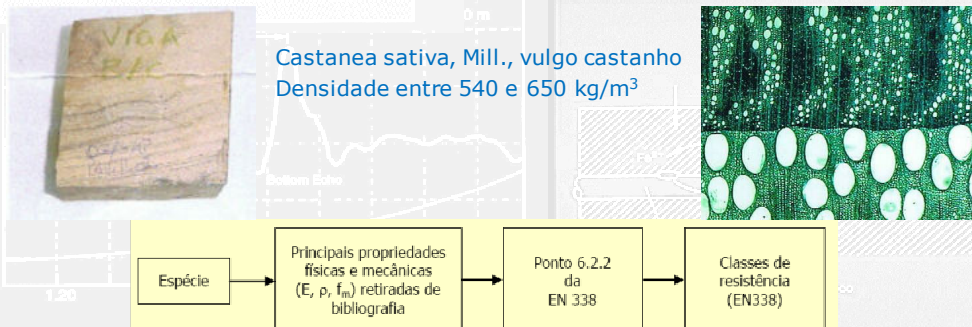
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



2.3 – Caracterização dos materiais

• Resistência – Classes de resistência de madeira em serviço

- Identificação da espécie botânica e principais propriedades mecânicas (massa volúmica) através de ensaios laboratoriais de provetes de pequeno volume (2x2x5cm) recolhidos de zonas consideradas representativas;
- Identificação das principais características físicas e mecânicas das espécies presentes com base na bibliografia existente;
- Com base no ponto 6.2.2 da norma NP EN 338 e nas características mecânicas assumidas, aferir uma classe resistente.



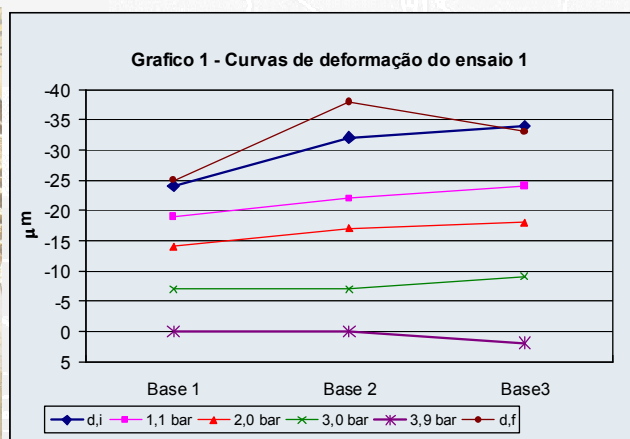
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



2.3 – Caracterização dos materiais

• Resistência - ensaios das alvenarias com macacos planos SFJ

(ASTM C1196-09)



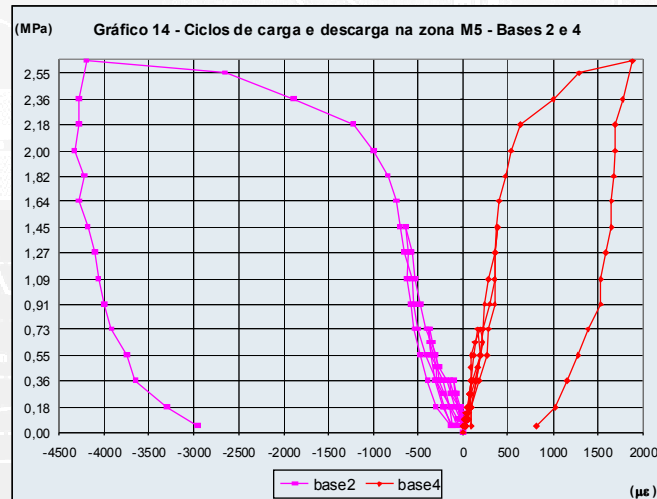
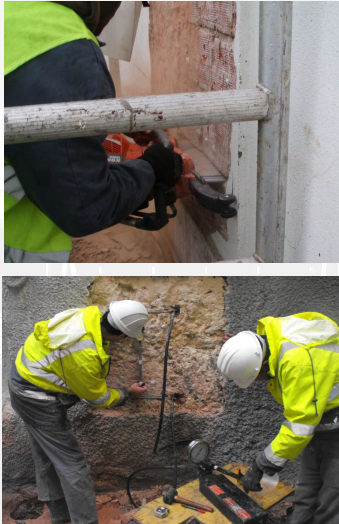
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios das alvenarias com macacos planos SFJ

(ASTM C1197-09)



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



15

2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios de rotura sobre amostras de grande dimensão



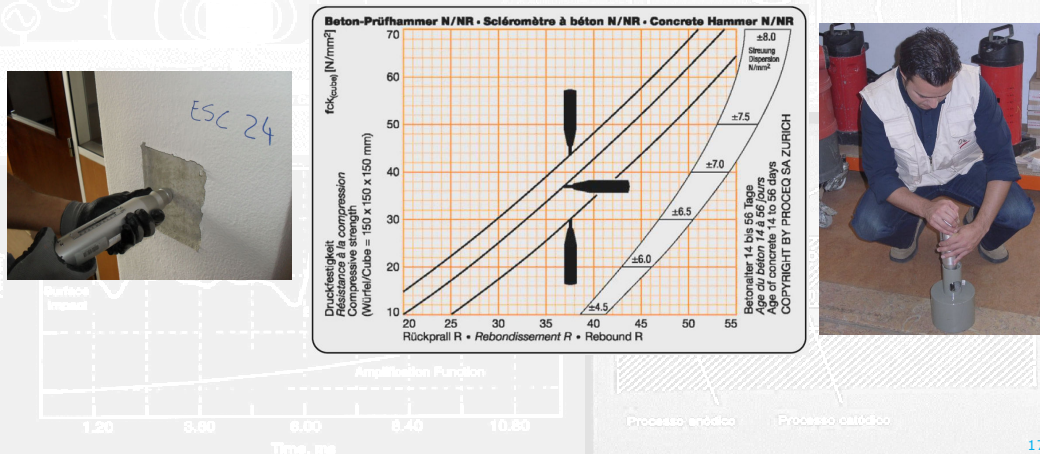
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



16

2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios esclerométricos em betões (NP EN 12504-2)



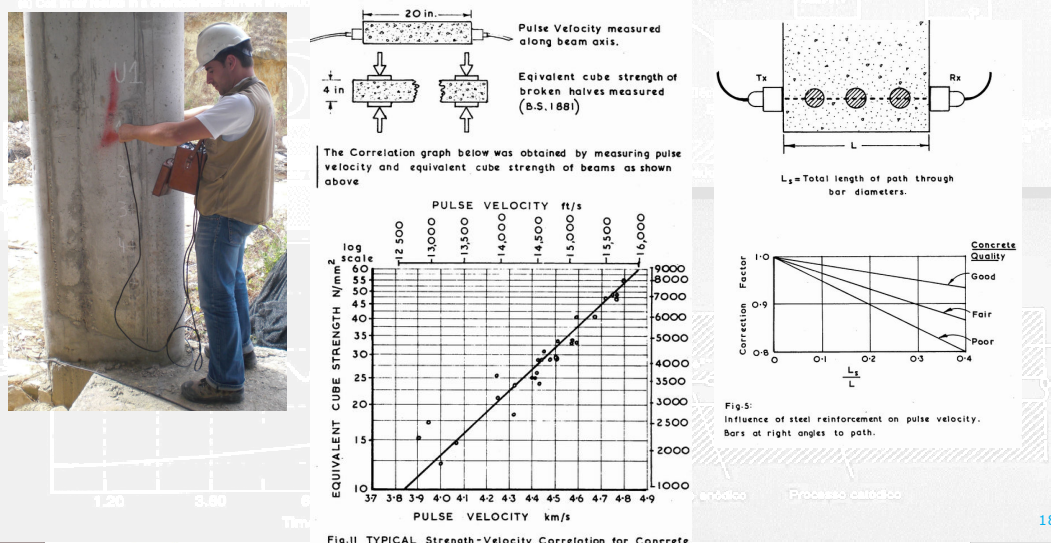
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



17

2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios ultra-sónicos em betões (NP EN 12504-4)



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



18

2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios de rotura de betões sobre carotes (NP EN 12504-1)

(a) Coll in air results in a characteristic current amplitude



19



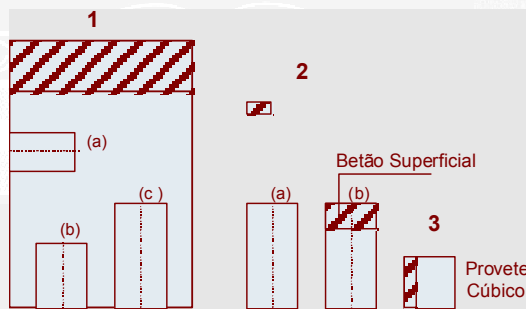
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios de rotura de betões sobre carotes

Conversão dos resultados segundo a Concrete Society



$$P_{(1b)} \cong 1,08 P_{(1a)}$$

$$P_{(2a)} = 1,06 P_{(1c)}$$

$$P_{(2b)} \cong \frac{1}{1,15} P_{(2a)}$$

$$f_{cm} = f_{cm,ci} \times \left(1 \pm \frac{12\%}{\sqrt{n}} \right) \times 1,25 \times 1,25$$

$$f_{ck} = f_{cm} \times (1 - 1,64 \times \delta) = 0,75 \times f_{cm}$$

$$P_{(1c)} \cong \frac{2}{1,5 + \frac{\ell}{\phi}} P_{(1b)}$$

$$P_{(3a)} \approx 1,25 P_{(2b)}$$

Processamento dos resultados segundo a NP EN 13791-2008

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k \quad \text{ou} \quad f_{ck,is} = f_{is,menor} + 4$$

n	3 a 6	7 a 9	10 a 14
k	7	6	5

20

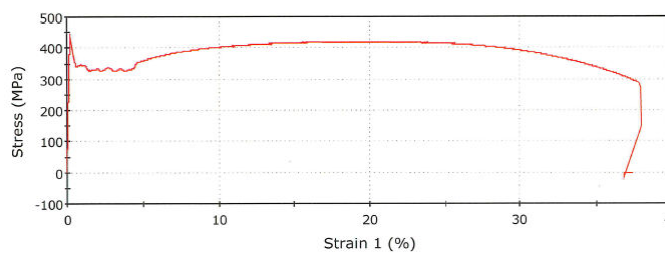
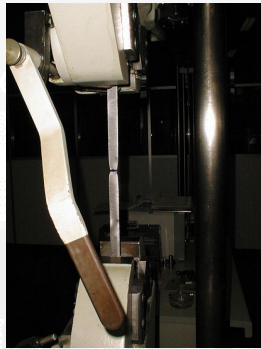


Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios de rotura de aço sobre amostras (ISO 6892-1:2009)



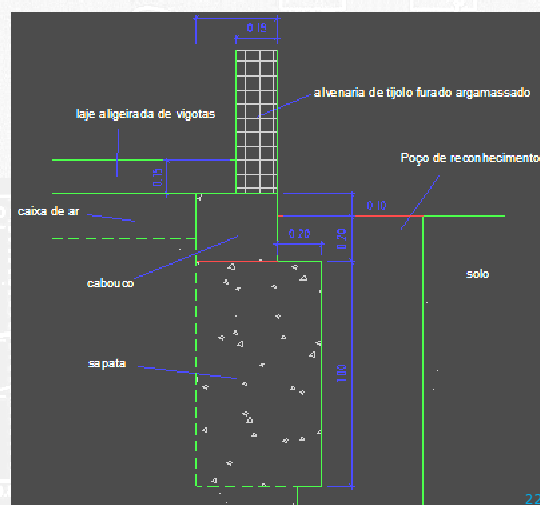
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



21

2.4 – Caracterização do solo/fundação

- Geometria – poços/sondagens



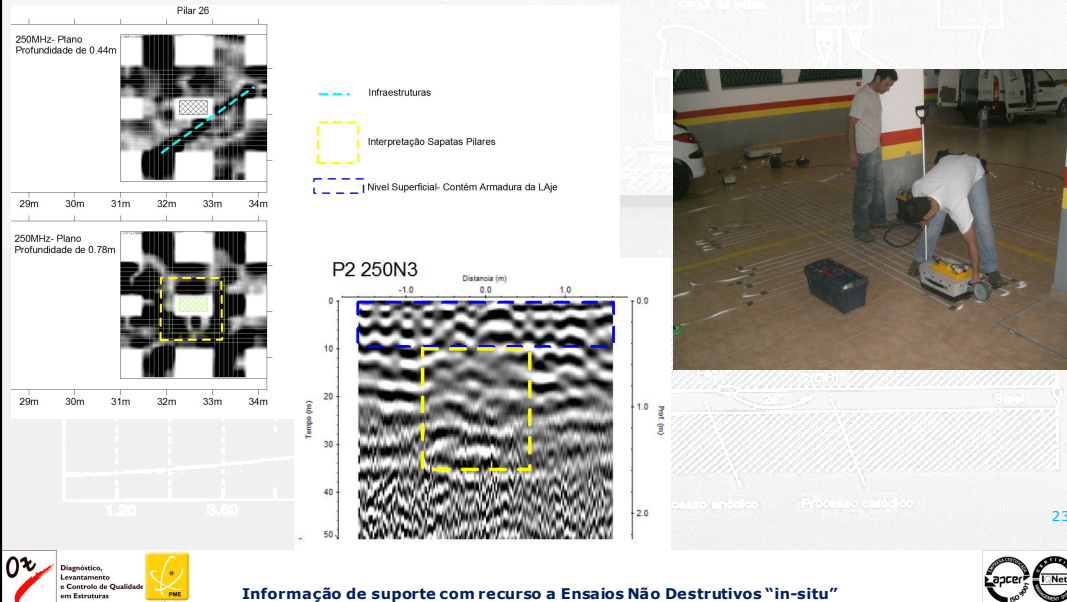
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



22

2.4 – Caracterização do solo/fundação

• Geometria - Georadar



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"

2.4 – Caracterização do solo/fundação

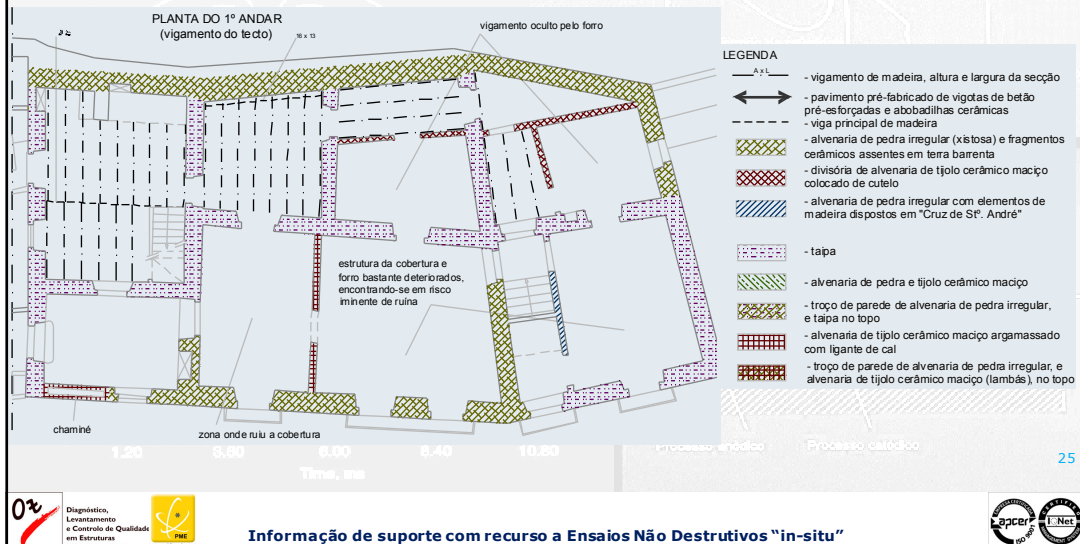
• Ensaios geotécnicos



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"

2.5 – Exemplos de levantamentos estruturais

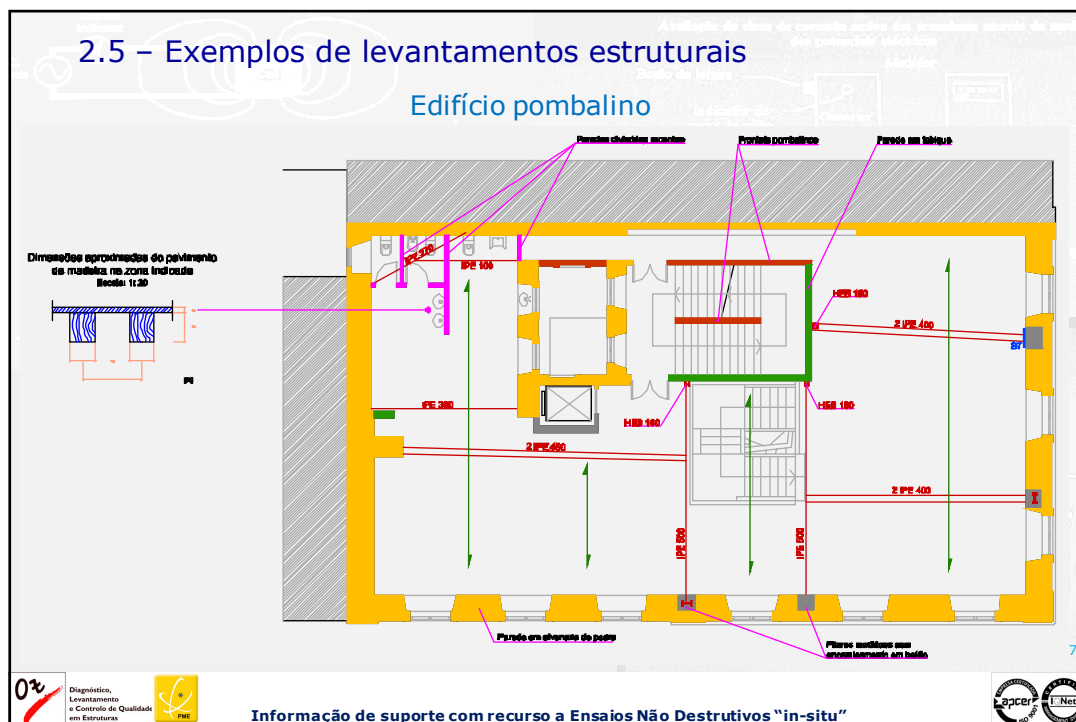
Casa do Lanternim, Mértola



2.5 – Exemplos de levantamentos estruturais

Edifício pombalino

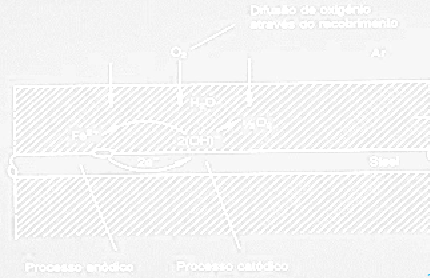
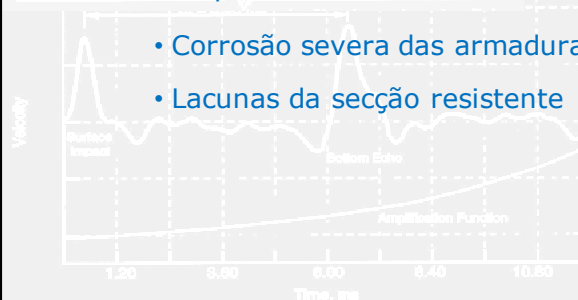




3. Levantamento de anomalias estruturais

- Inspeção visual

- Fissuras com orientação bem definida
- Deformações excessivas de pavimentos
- Desaprumos de elementos verticais
- Empolamento e destacamento de revestimentos
- Corrosão severa das armaduras
- Lacunas da secção resistente



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



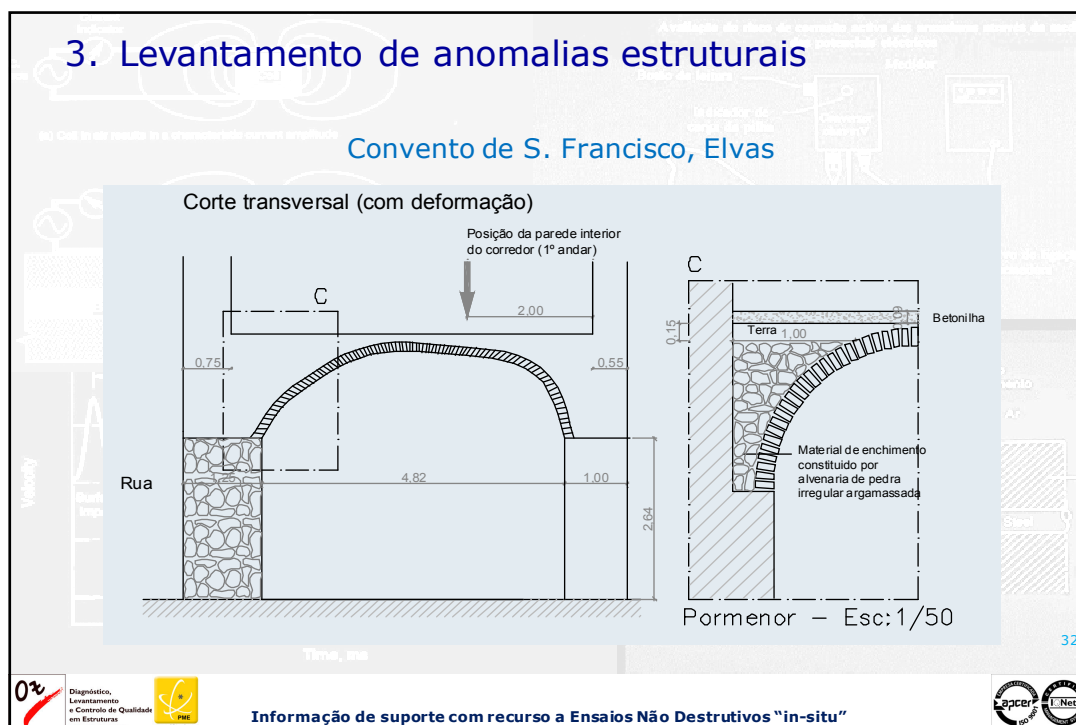
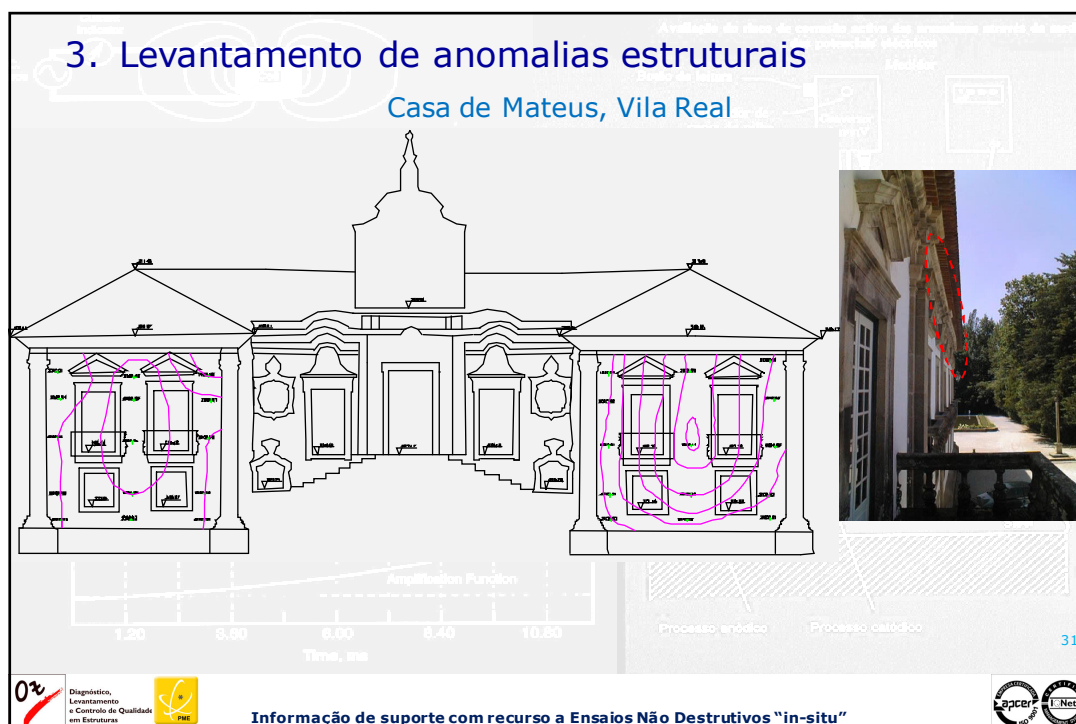
3. Levantamento de anomalias estruturais

Fissuras e deformações



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"







4. Qualificação dos agentes

- Dispor de Sistema de Gestão da Qualidade (NP EN ISO 9001:2008)
- Implementação de Planos anuais de Formação para qualificação dos operadores, por técnica de inspecção e ensaio
- Calibração e manutenção dos equipamentos de inspecção, medição e ensaio, de acordo com um plano elaborado anualmente
- Implementação de procedimentos que permitam a avaliação dos fornecedores relevantes para a qualidade
- Realização periódica de Auditorias da Qualidade e, frequentemente, auditorias pontuais às intervenções em obra;
- Definição da forma de controlo das Não Conformidades através do desenvolvimento e acompanhamento de Acções Correctivas e Preventivas.
- Elaboração de Planos da Qualidade, tendo por objectivo localizar e descrever, no ciclo da realização da prestação do serviço, as acções de controlo a efectuar pelo executante, de forma planeada e sistemática.

5. Notas finais

- Procurou-se com esta apresentação realçar a importância dos **ensaios não destrutivos, "in-situ"**, no levantamento **estrutural** e no levantamento de **anomalias** das construções, indispensáveis para a **verificação da segurança estrutural**, no caso as acções sísmicas.
- De facto, existe hoje um vasto conjunto de **técnicas de ensaio e de métodos de diagnóstico**, muitas mostradas na apresentação, que permitem caracterizar, tanto quanto se queira, as construções e o seu **desempenho estrutural**.
- Procurou-se, igualmente, chamar a atenção para a **Qualificação** dos agentes intervenientes, devendo dispor de um **Sistema de Gestão de Qualidade** (NP EN ISO 9001:2008), devidamente implementado, cujo âmbito deverá abranger o tipo de serviço a prestar e que garanta, nomeadamente, a adequada **formação dos operadores** e a **calibração dos equipamentos** utilizados.

