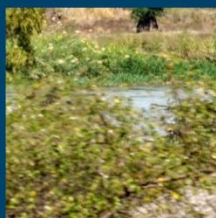


10º Encontro Técnico-Científico dos Laboratórios de Engenharia Civil da CPLP

Construir infraestruturas resilientes e reduzir
a vulnerabilidade face às alterações climáticas

COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS DE ULTRAELEVADO DESEMPENHO “UHPFRC”

Aurélio Sine, LEM & FEUP, agsine@ymail.com & aurelio.sine@fe.up.pt



LABORATÓRIO
DE ENGENHARIA
DE MOÇAMBIQUE



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



LABORATÓRIO
DE ENGENHARIA
DE MOÇAMBIQUE



FUNDAÇÃO
CALOUSTE
GULBENKIAN



U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



LABEST
II

17 e 18 de Junho de 2019
MOÇAMBIQUE • MAPUTO

Apoio



CPLP
Comunidade dos Países
de Língua Portuguesa

Tópicos

- Âmbito
- Introdução
- Resistência à tração de “*UHPFRC*”
- Aplicações de “*UHPFRC*”
- Comportamento de elementos híbridos
- Considerações finais

Âmbito

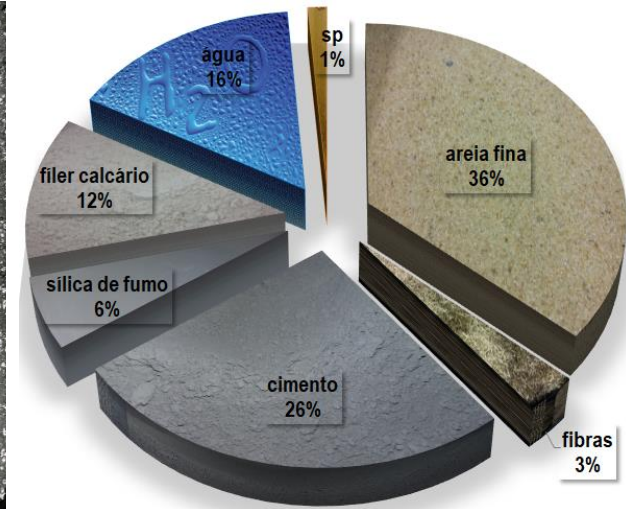
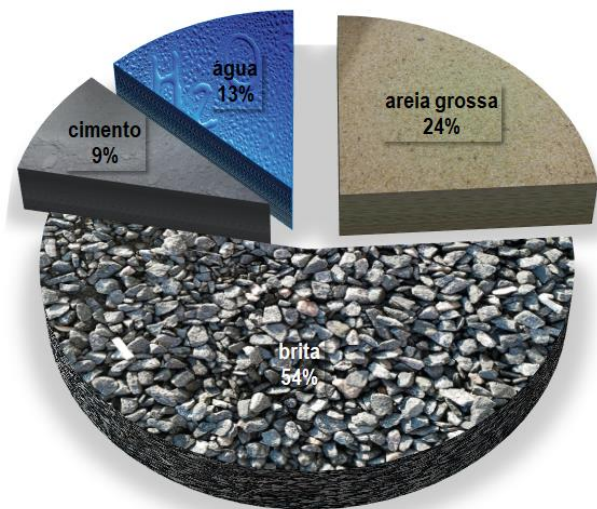
- Proteção, Reabilitação e Reforço de estruturas existentes de Betão Armado (BA)
- Técnicas de Reforço: encamisamento com BA; colagem de chapas metálicas ou materiais compósitos de *FRP*; introdução de perfis metálicos; pré-esforço exterior; inserção de novos elementos estruturais; criação e/ou eliminação de ligações internas; imposição de deslocamentos; e reforço com camadas de compósitos cimentícios de ultraelevado desempenho reforçados com fibras

Introdução: *Porquê Proteger / Reabilitar / Reforçar ?*



Introdução: Betão vs “UHPFRC”

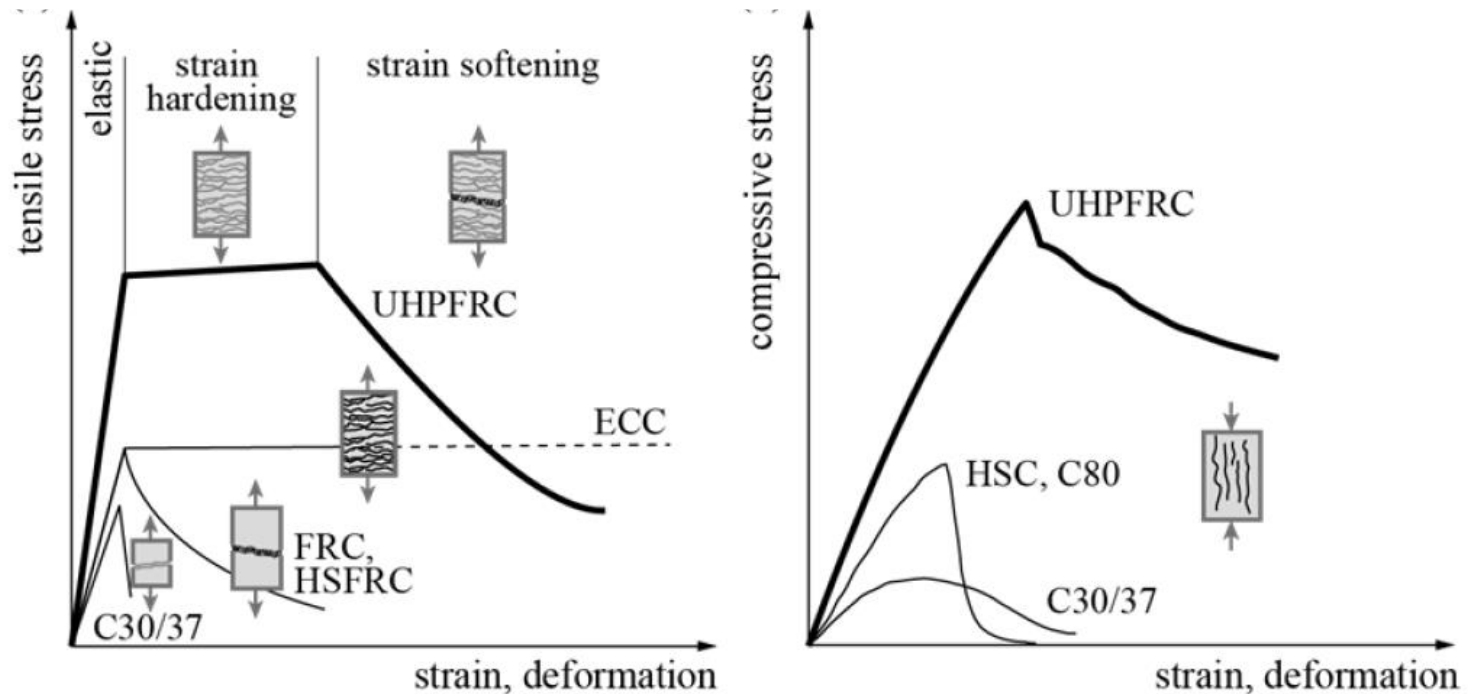
- Composição



- **UHPFRC** = **U**ltra-**H**igh **P**erformance **F**iber-**R**einforced **C**oncrete (**C**ementitious **C**omposites)
- **C**ompósitos **C**imentícios de de **U**ltra-**E**levado **D**esempenho **R**eforçados com **F**ibras

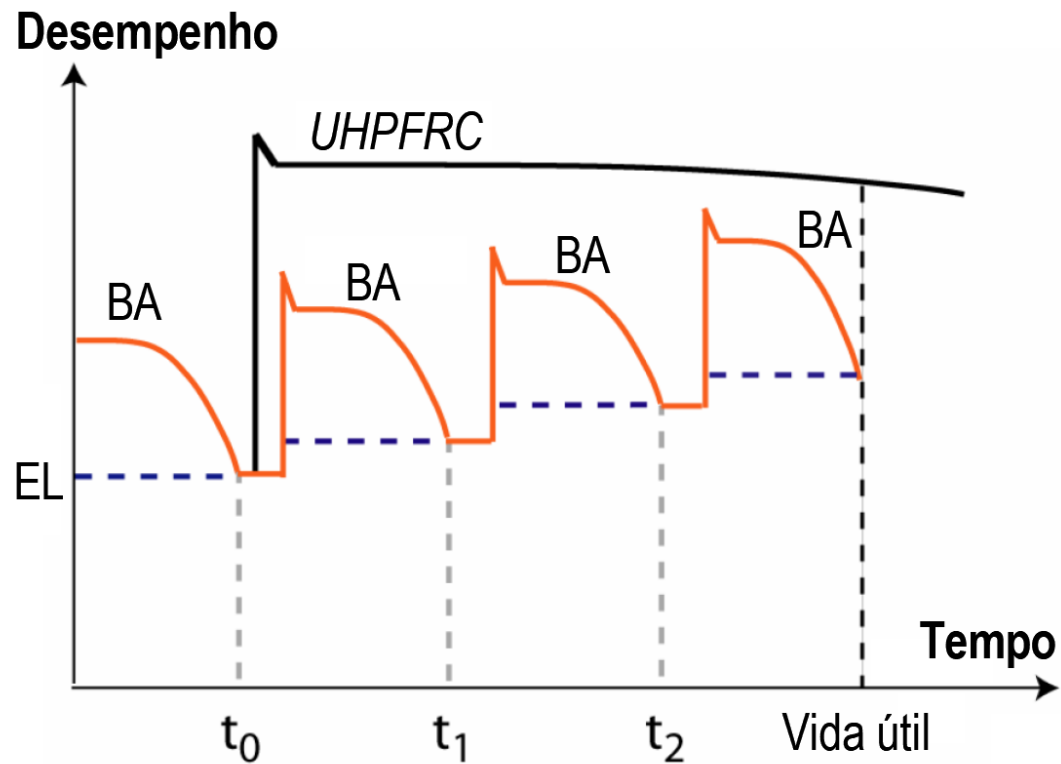
Introdução: Betão vs “UHPFRC”

- Resistência mecânica: Tração, Compressão, Módulo de elasticidade, etc...

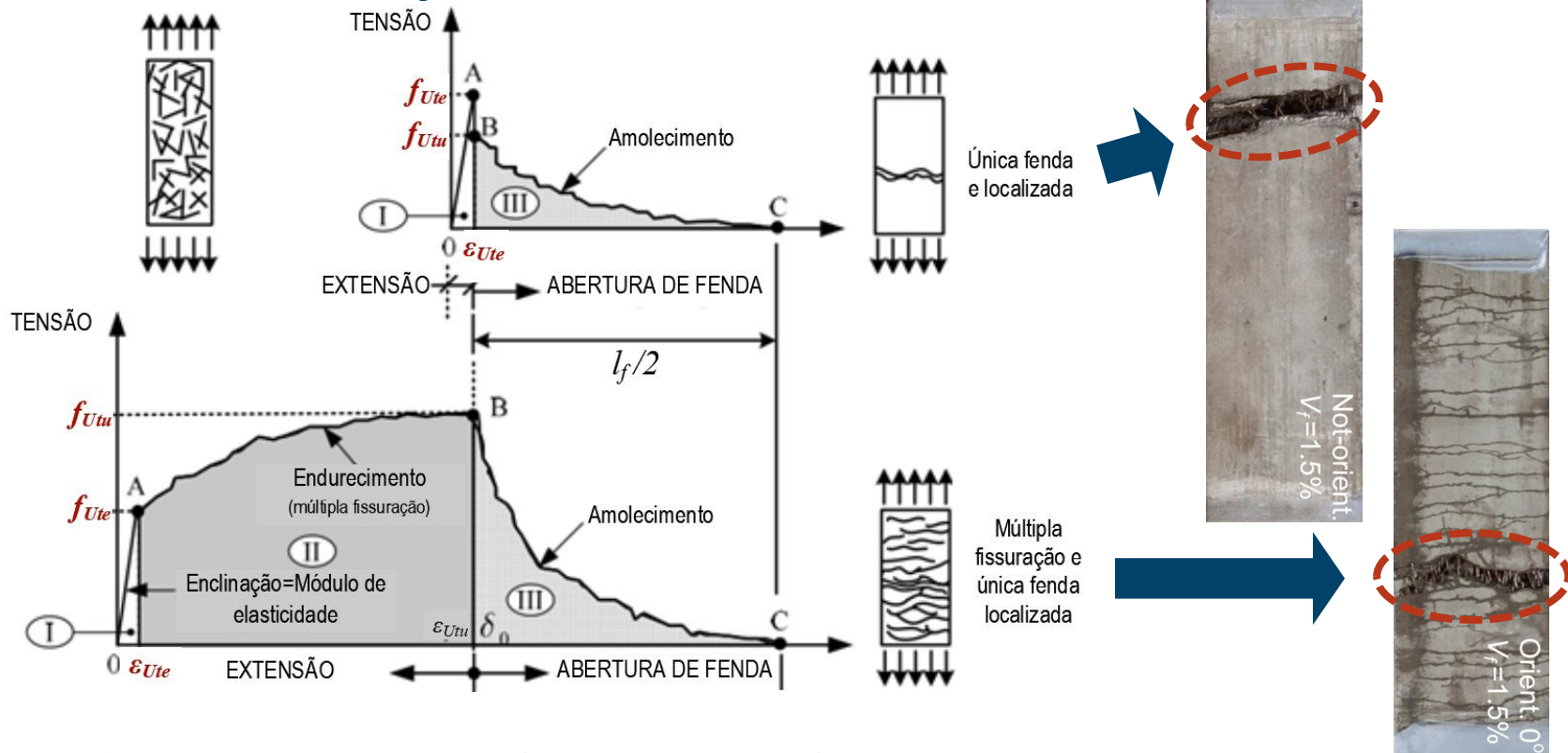


Introdução: Betão vs “UHPFRC”

- Desempenho



Resistência à tração de “UHPFRC”

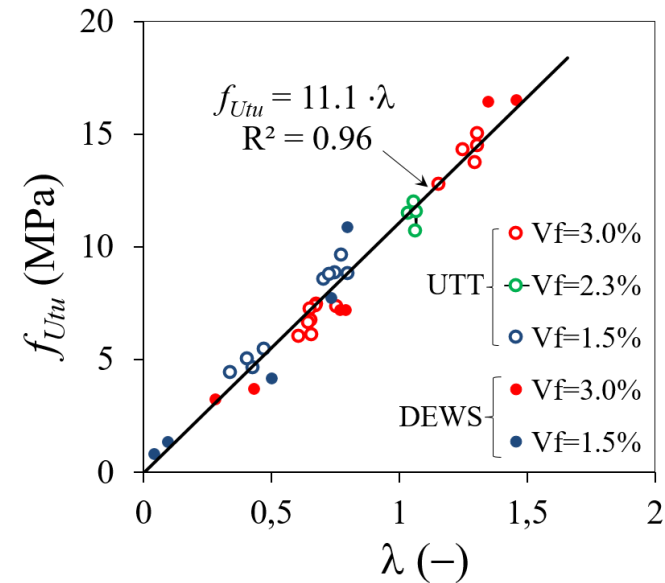


- f_{Ute} – Tensão limite (convencional) de elasticidade
- f_{Utu} – Tensão de resistência à tração
- ϵ_{Utu} – Extensão na formação da macrofissura

Resistência à tração de “UHPFRC”: Determinação analítica

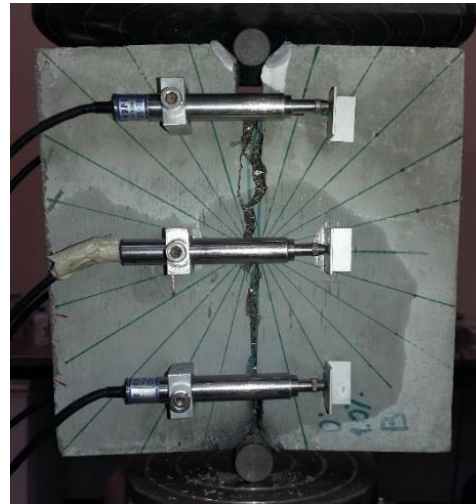
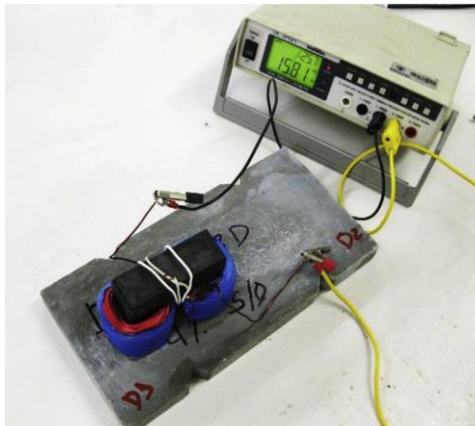
$$f_{Utu} = \tau_f \alpha_0 \cdot \alpha_1 \cdot V_f l_f / d_f = \tau_f \lambda$$

- τ_f – Tensão de aderência fibra-matriz
(comportamento rígido-plástico)
- α_0 – Coeficiente de orientação das fibras
- α_1 – Coeficiente de eficiência das fibras
- V_f – Volume de fibras
- l_f/d_f – Fator de forma de fibras
- λ – Parâmetro de estrutura das fibras



Resistência à tração de “UHPFRC”: Ensaios

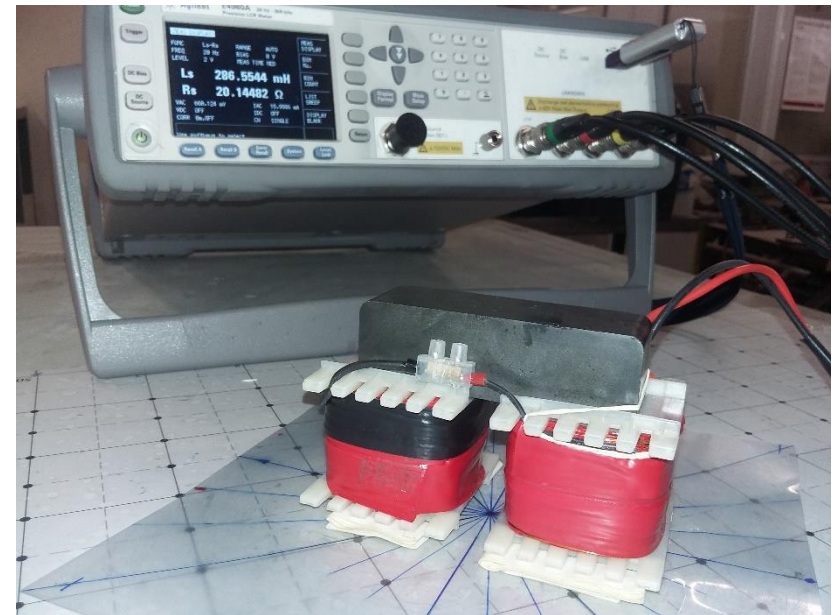
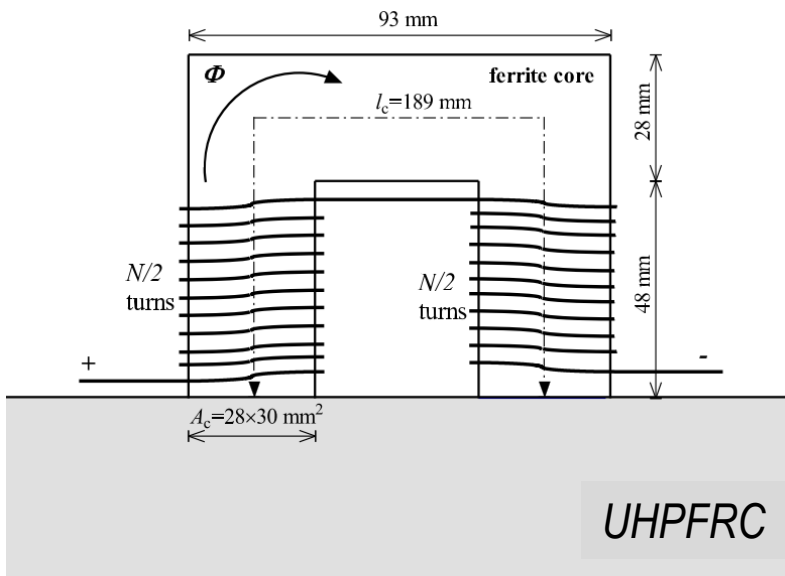
- Ensaio de tração uniaxial/direta “*UTT*”
- Ensaio de flexão sob 4 pontos “*FPBT*”
- Ensaio “*DEWS*”



- Ensaio não-destrutivo “*NDT*”

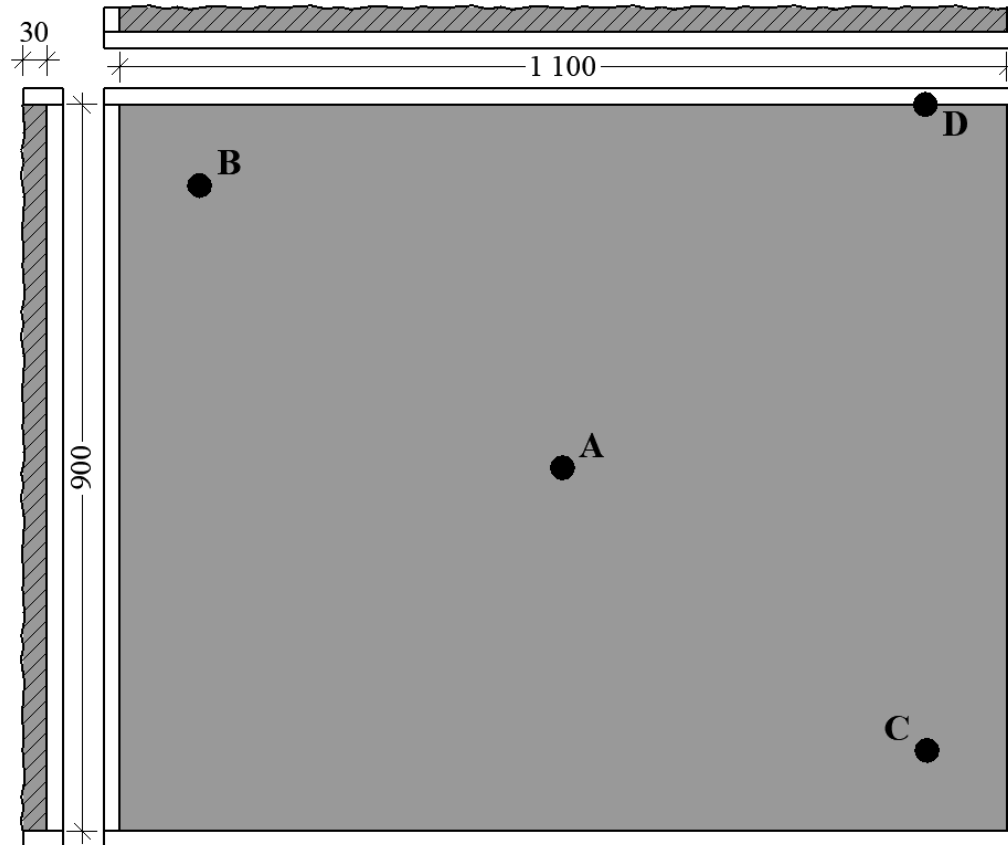
Resistência à tração de “UHPFRC”: Ensaio não-destrutivo

- Princípio de funcionamento



Ensaio não-destrutivo – Campanha experimental (placas)

- Geometria



Ensaio não-destrutivo – Campanha experimental (placas)

- Betonagem

Horizontal

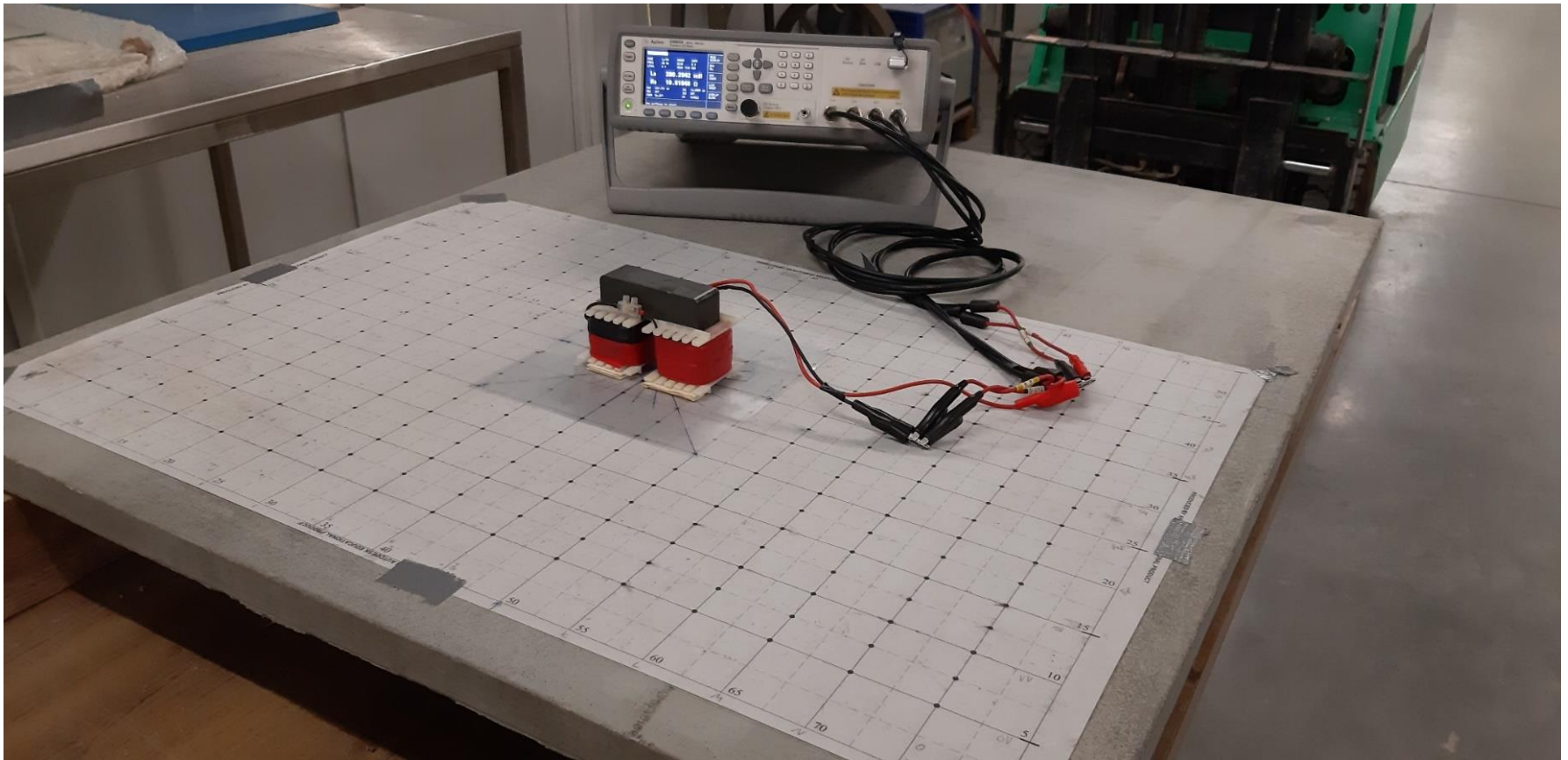


Vertical



Ensaio não-destrutivo – Campanha experimental (placas)

- Medições

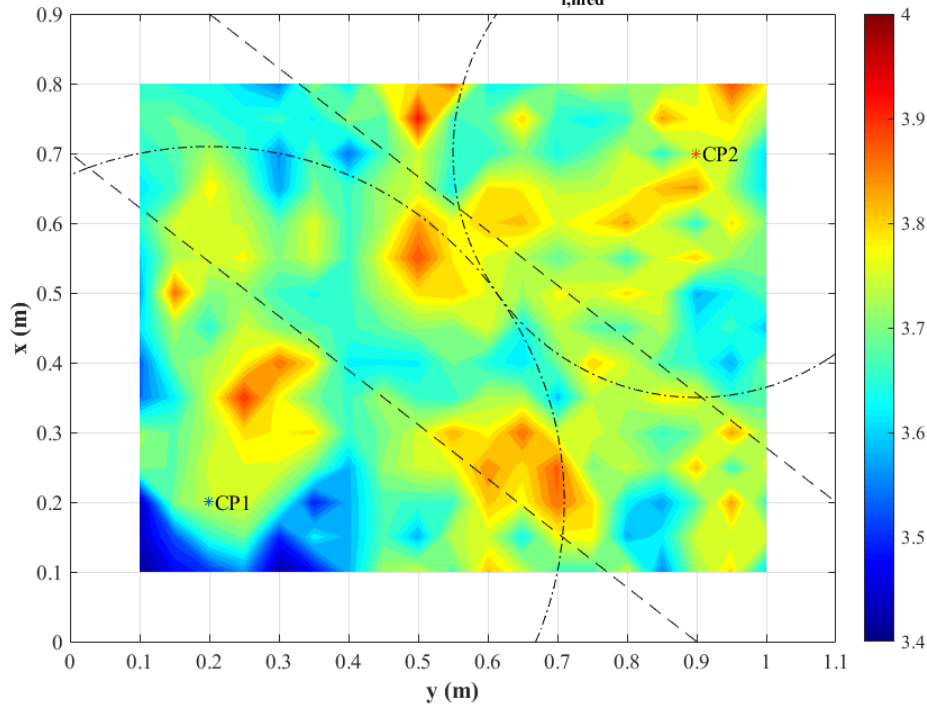


Ensaio não-destrutivo – Campanha experimental

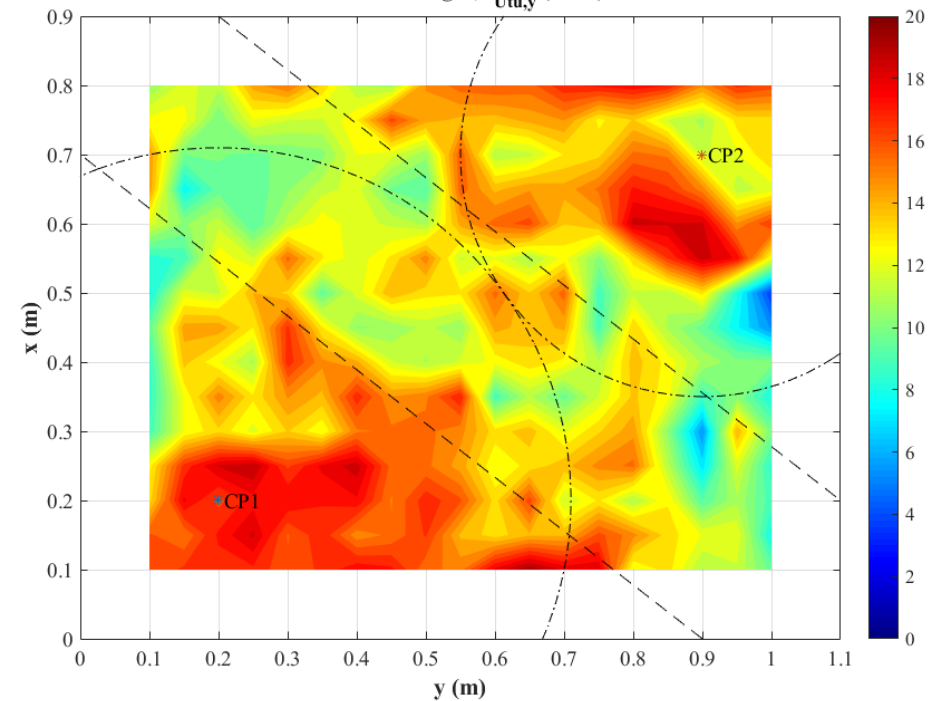


- Resultados: Placa horizontal #2

Fibres content distribution, $V_{f,med}$ (%)

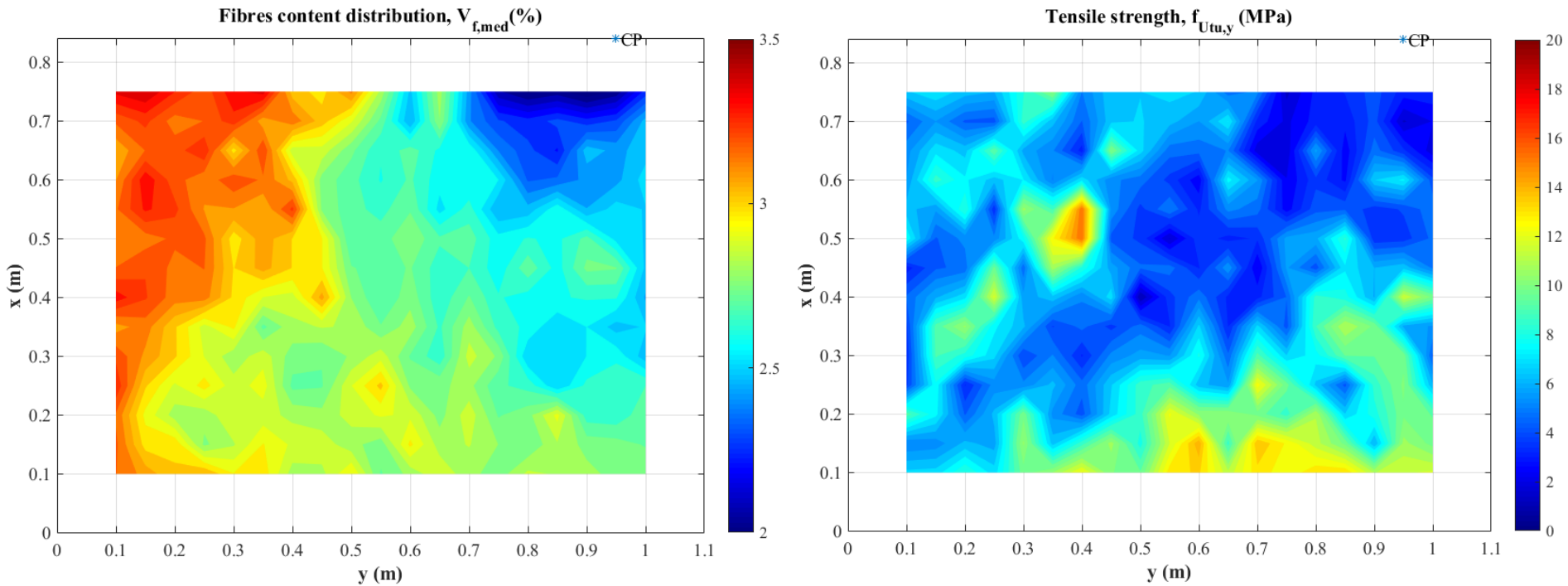


Tensile strength, $f_{Utu,y}$ (MPa)



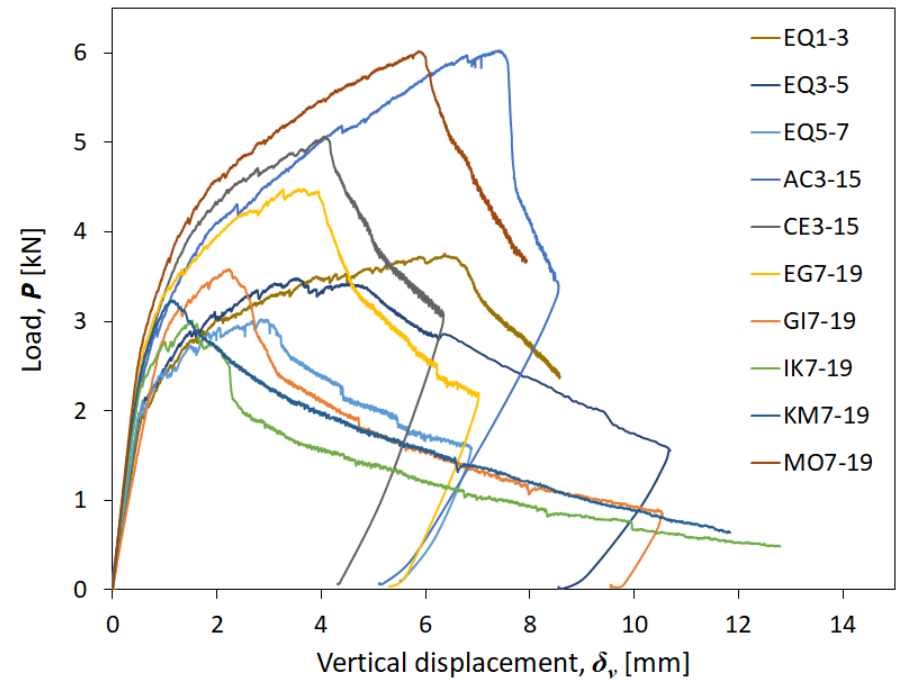
Ensaio não-destrutivo – Campanha experimental (placas)

- Resultados: Placa vertical



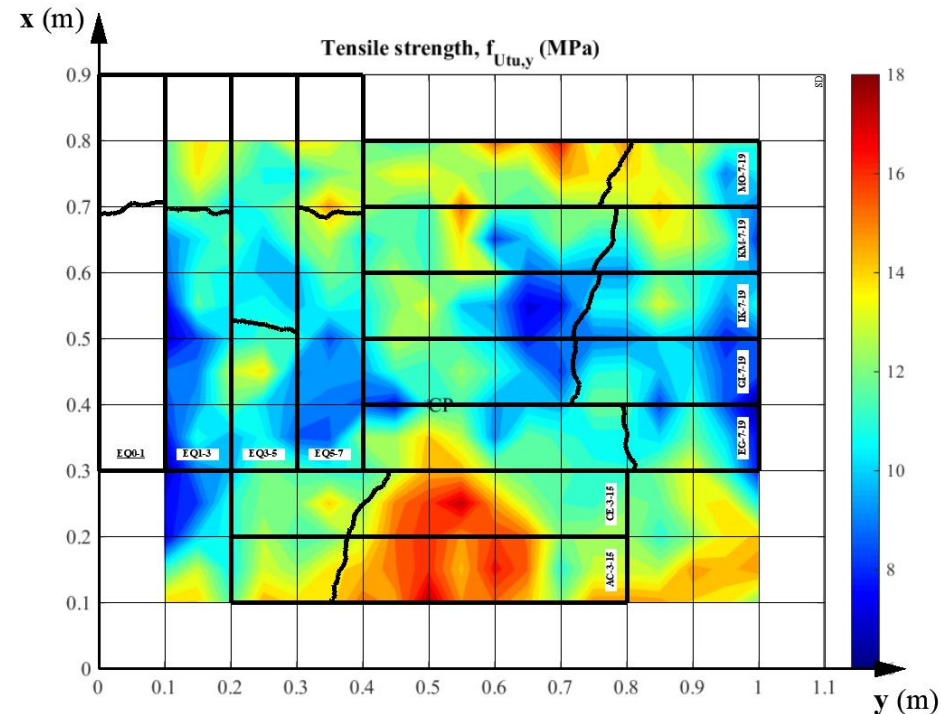
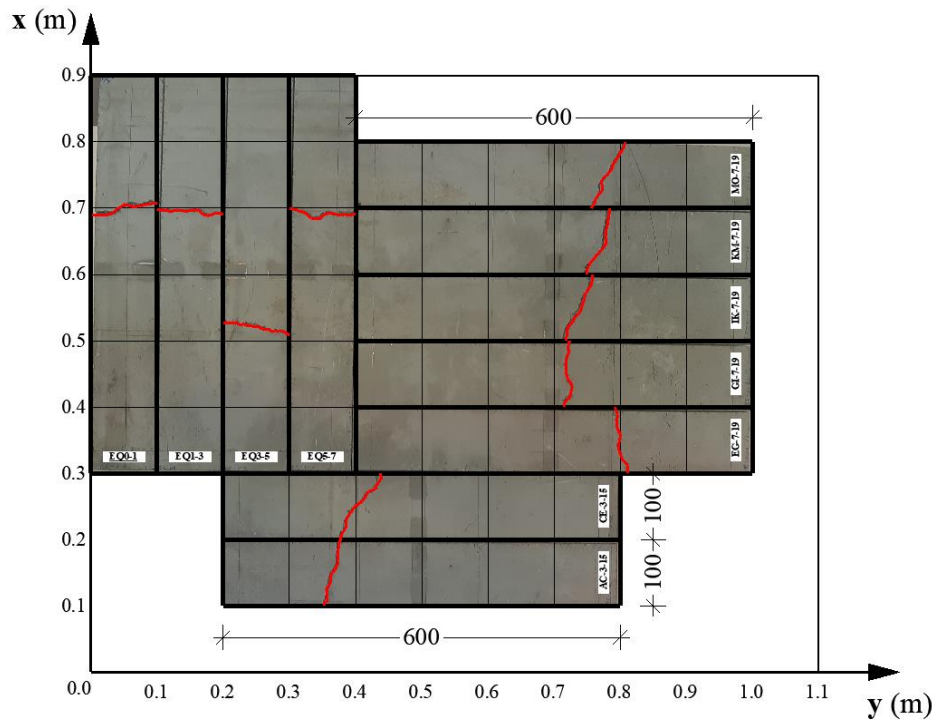
Ensaio de flexão sob 4 pontos (placas)

- Resultados: Placa horizontal #1



Ensaio de flexão sob 4 pontos (placas)

- Resultados: Placa horizontal #1



Aplicações de “UHPFRC”: Não estruturais

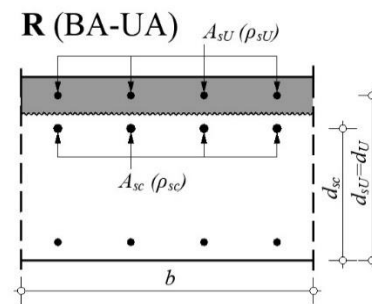
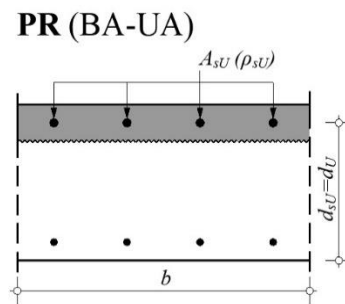
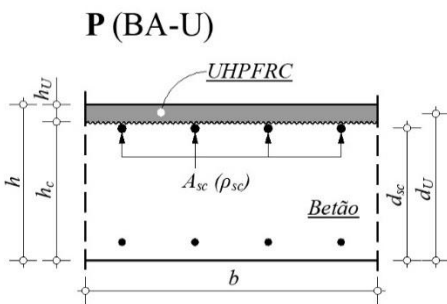
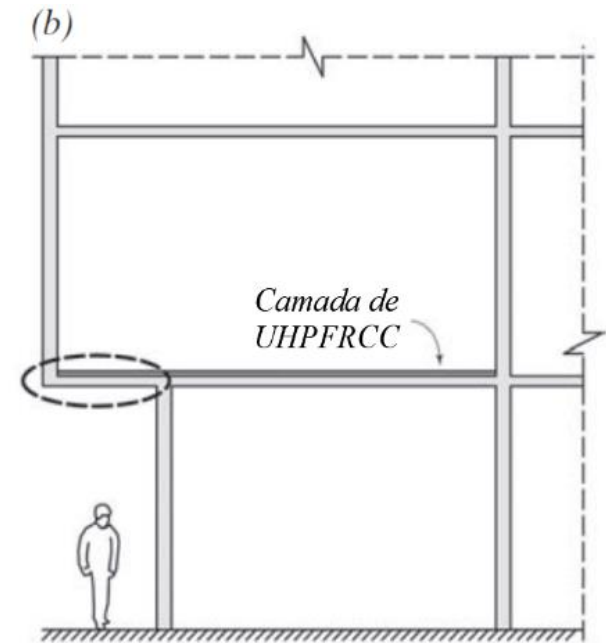
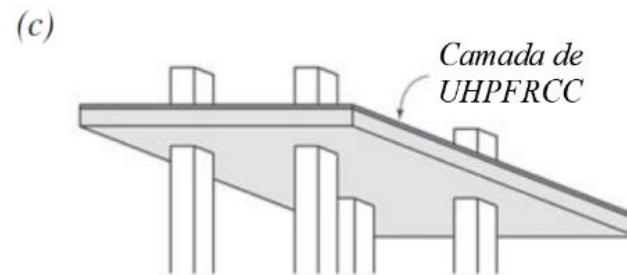
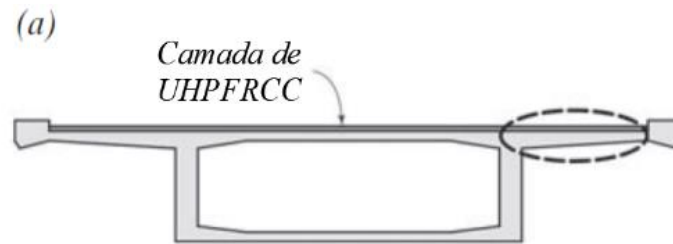


Aplicações de “UHPFRC”: Estruturais



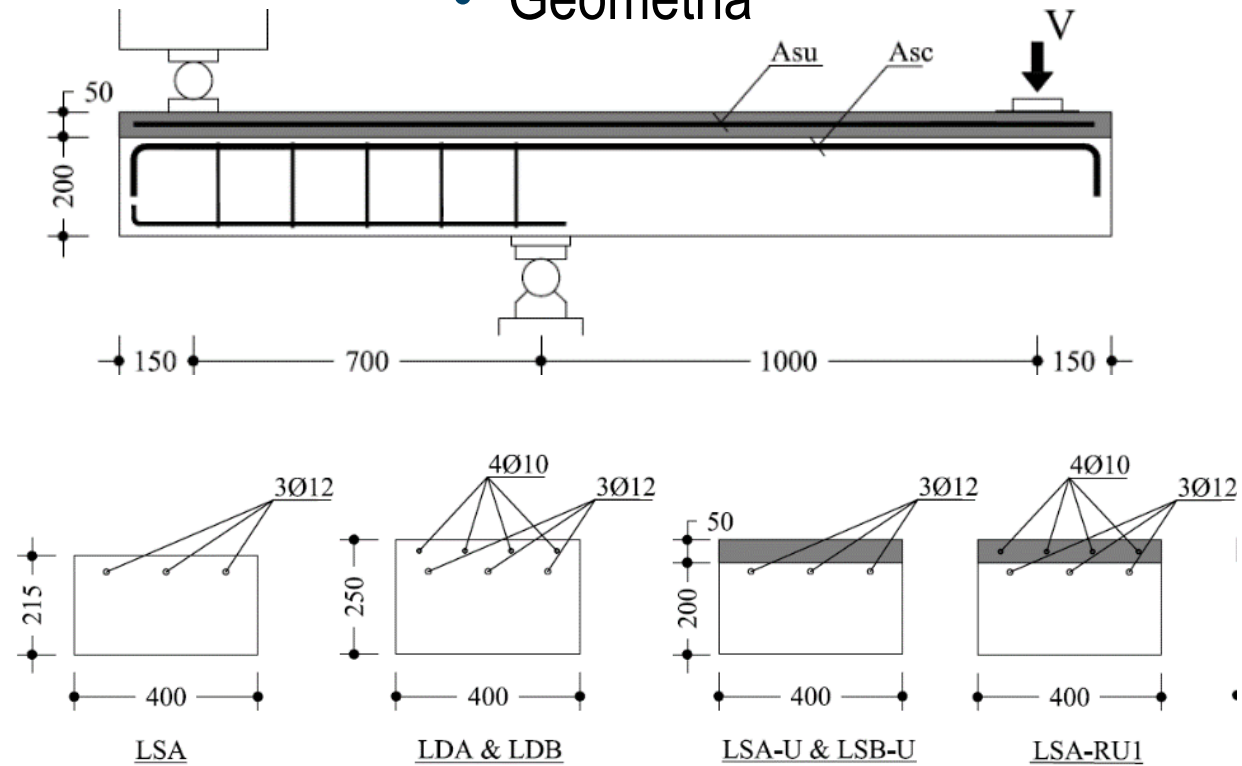
Aplicações de “UHPFRC”: Proteção, Reabilitação e Reforço

- Onde aplicar ???



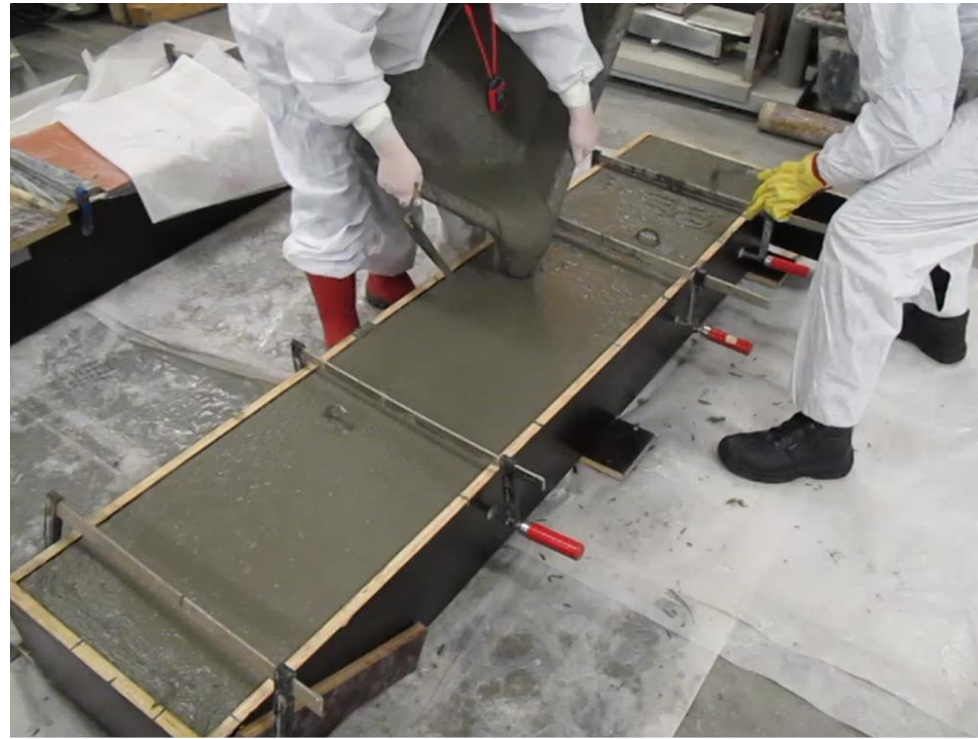
Elementos híbridos: Flexão – Campanha experimental (lajes)

- Geometria



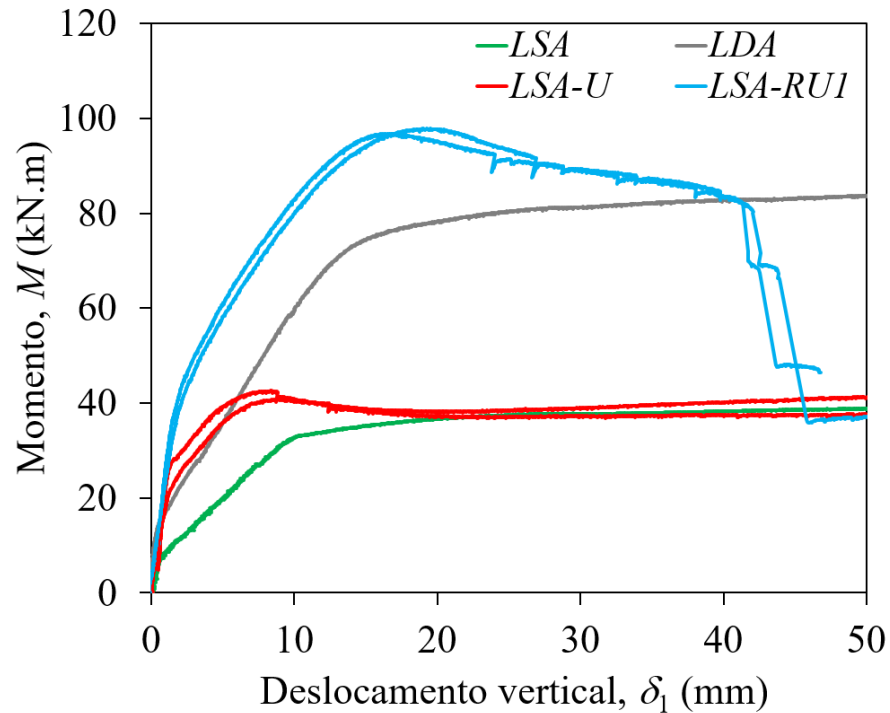
Elementos híbridos: Flexão – Campanha experimental (lajes)

- Betonagem



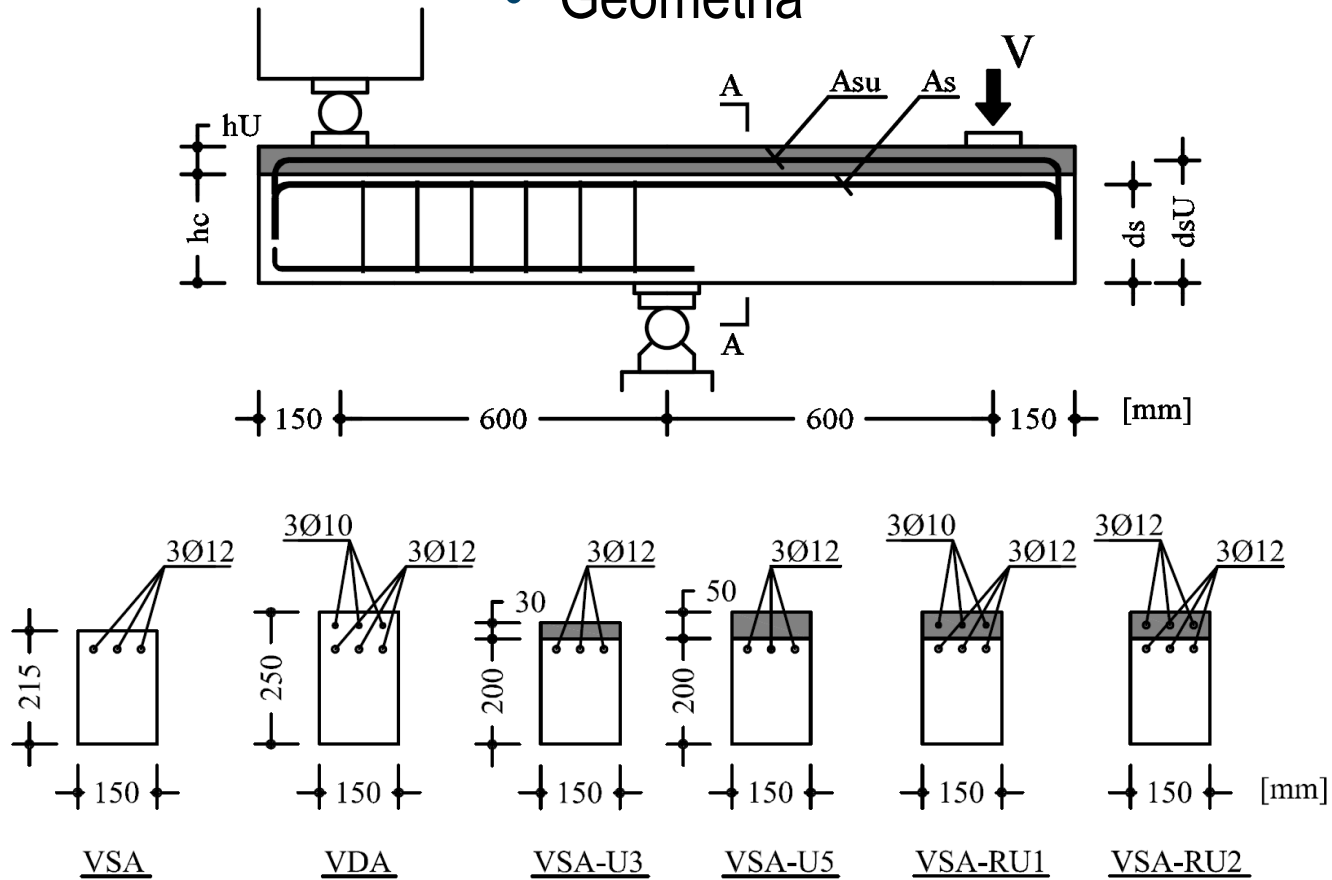
Elementos híbridos: Flexão – Campanha experimental (lajes)

- Resultados do ensaio



Elementos híbridos: Corte – Campanha experimental (vigas)

• Geometria



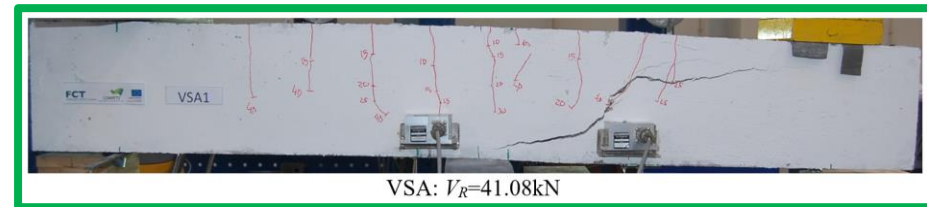
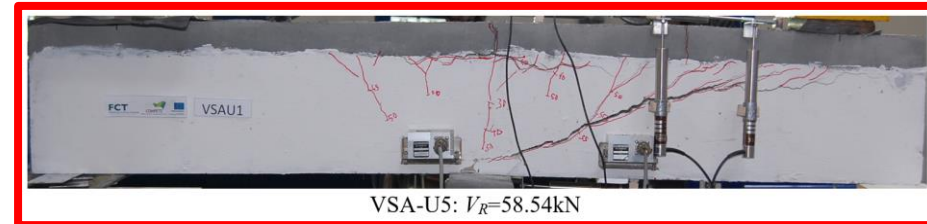
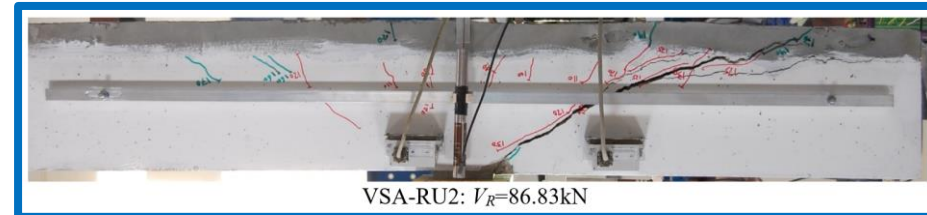
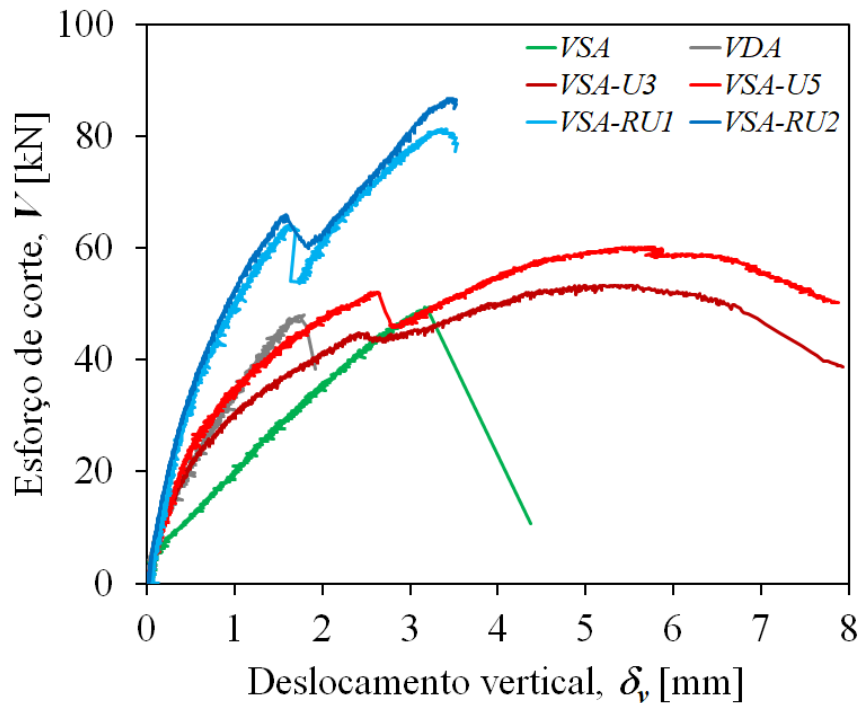
Elementos híbridos: Corte – Campanha experimental (vigas)

- Preparação da superfície e betonagem



Elementos híbridos: Corte – Campanha experimental (vigas)

- Resultados do ensaio



Considerações finais

- O conhecimento do estado de orientação (anisometria) de fibras permite quantificar o nível de anisotropia no comportamento à tração de um elemento de *UHPFRC*, tendo em conta os indicadores escalares.
- O método não-destrutivo permite de forma eficiente determinar os indicadores de dosagem e orientação de fibras que constituem dados importantes para o controlo de qualidade e estimar analiticamente a resistência à tração do *UHPFRC*.

Considerações finais

- A **resistência** e/ou **rigidez** dos elementos híbridos aumentam com o **acréscimo** dos parâmetros que descrevem o comportamento à tração do *UHPFRC*.
- A **eficiência** do reforço à flexão (**resistência**) em elementos híbridos é garantida com a **introdução** de armaduras na camada de *UHPFRC*.
- A camada de *UHPFRC* contribui na **resistência** ao corte do elemento híbrido, na medida que esta **retarda** o surgimento da fenda crítica de corte enquanto suporta mais carga.

Agradecimentos



LABORATÓRIO
DE ENGENHARIA
DE MOÇAMBIQUE



FUNDAÇÃO
CALOUSTE
GULBENKIAN

U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



COMPETE
2020

PORTUGAL
2020


UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

FCT
Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO



LABORATÓRIO
DE ENGENHARIA
DE MOÇAMBIQUE



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

10º Encontro Técnico-Científico dos Laboratórios de Engenharia Civil da CPLP
Construir infraestruturas resilientes e reduzir a vulnerabilidade face às alterações climáticas