

## Proposta de Projeto de Doutoramento a Desenvolver no Âmbito do 1º Concurso para Atribuição de Bolsas de Investigação na Área de Engenharia Civil

### 1. Título do projeto

**Título:** Análise experimental e numérica de ligações entre pavimentos de madeira e paredes de alvenaria de pedra

**Palavras-chave:** Edifício antigo; parede de alvenaria de pedra; pavimento de madeira; ligação pavimento-parede; análise experimental; modelação numérica.

**Referência:** CEE\_EC\_FCTNOVA1

### 2. Instituições envolvidas

**Instituição onde o doutoramento será realizado:** FCT NOVA

**Outras instituições participantes no projeto de investigação:** U. Agostinho Neto (Angola); U. Eduardo Mondlane ou U. Lúrio (Moçambique); U. de Cabo Verde (Cabo Verde) ou U. Nacional Timor Lorosa'e (Timor Leste)

### 3. Equipa de Orientação

**Orientador:** Prof. Fernando Pinho

**Coorientador:** Prof<sup>a</sup> Ildi Cismasiu

### 4. Descrição do Projeto

A mitigação da vulnerabilidade sísmica dos edifícios antigos é uma das preocupações da comunidade científica. Para evitar/minimizar danos estruturais severos existem disposições regulamentares de dimensionamento sísmico, tais como o EC8, FEMA356 e as *New Zealand Recommendations*. Porém, apesar dos avanços recentes na definição e modelação de soluções de reforço com níveis de desempenho adequados, continuam a ocorrer danos graves resultantes de eventos sísmicos, incluindo o colapso de edifícios recentes e antigos como em L'Aquila (Itália, 2009), Christchurch (Nova Zelândia, 2011), Napa (Califórnia, 2014), Hindu Kush (Paquistão 2015) ou Itália (2016). Estas situações frisam a vulnerabilidade dos edifícios antigos, em especial quando não existem ligações adequadas entre paredes de fachadas paralelas, através dos pavimentos ou de armaduras passivas.

Em Portugal, tal como noutros países europeus, a reabilitação urbana aumentou muito na última década, sobretudo após a publicação do DL53/2014 (RERU), que permitiu projetos de reabilitação sem disposições sísmicas explícitas ou avaliação prévia de vulnerabilidade sísmica. Em consequência, cresceu o grau de incerteza sobre o comportamento mecânico destas construções perante um evento sísmico “equivalente” ao de 1755. O DL 95/2019 revogou o DL53/2014, estipulando a verificação de exigências de segurança sísmica. Este aspeto é muito importante porque, segundo os últimos Censos (2011) havia em Portugal em 2011 cerca de 3,2 milhões de edifícios, dos quais 1,6 milhões de edifícios antigos com paredes de alvenaria de pedra, muitos dos quais requerem técnicas de reabilitação apropriadas, tais como a referida ligação entre paredes de fachadas paralelas.

Neste contexto, o presente projeto tem como principais objetivos: (i) realizar uma campanha experimental, com modelos de ligações entre pavimentos (de madeira) e paredes de alvenaria de pedra, a construir, simulando diferentes soluções, sujeitas a carregamento vertical e horizontal, que aprofundem resultados anteriores obtidos no DEC FCT NOVA e (ii) efetuar a modelação numérica destas ligações, utilizando os resultados experimentais para a calibração dos modelos, de forma a avaliar o contributo das ligações para o comportamento sísmico global dos edifícios de alvenaria de pedra tradicional. O resultado deste trabalho permitirá obter soluções apropriadas de reabilitação estrutural de edifícios antigos, que reduzam a sua vulnerabilidade sísmica.

## 5. Referências Bibliográficas

Pinho F, Lúcio V (2017): Rubble stone masonry walls in Portugal. Material properties, carbonation depth and mechanical characterization. *Int J Archit Herit* 11(5):685–702. <https://doi.org/10.1080/15583058.2017.1289424>.

Martins S; Pinho F; Lúcio V (2014): Ligações pavimento/parede com pregagens na reabilitação de edifícios antigos. CONPAT 2015 - XIII Congresso Latino-Americano de Patologia da Construção; XV Congresso de Controlo de Qualidade na Construção; Construção 2015: Cong. Luso-Africano da Construção. IST, 8a10/set/15.

Justiniano C; Pinho F; Lúcio V (2017): Failure modes of the connection by anchors between wooden floors and masonry walls. PROHITECH'17 - 3rd Int. Conf. Protection Hist. Const. IST, 12a15/jul/17. ISBN:978-989-8481-58-0.

Betti M, Galano L, Vignoli A (2016): Finite Element Modelling for Seismic Assessment of Historic Masonry Buildings. In: D'Amico S. (eds) *Earthquakes and Their Impact on Society*. Springer Natural Hazards. Springer, Cham, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-21753-6\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-21753-6_14).

Grant D; Dennis J; Sturt R; Mclennan D; Milan G; Hui B; Palmieri M. (2019): Explicit Collapse Prediction In The Development Of Fragility Functions For An Unreinforced Masonry Building With Non-Linear Finite Element Model, Society for Earthquake and Civil Engineering Dynamics (SECED) 2019 Conference: Earthquake Risk and Engineering Towards a Resilient World, Greenwich, UK, September 9-10.

Moreira S; Ramos L.; Oliveira D; Lourenço P; Cóias V (2016): Seismic design of tension wall-diaphragm anchorage for historical unreinforced masonry buildings. Paper presented at the Structural Analysis of Historical Constructions: Anamnesis, diagnosis, therapy, controls - Proceedings of the 10th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions, SAHC 2016.

Ponte M; Milosevic J; Bento R (2019): Nonlinear Parametric Static Analysis of Rubble Stone Masonry Walls in Lisbon. In: Aguilar R; Torrealva D; Moreira S; Pando M; Ramos L (eds) *Structural Analysis of Historical Constructions*. RILEM Bookseries, vol 18. Springer, Cham, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-99441-3\\_110](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99441-3_110).

Sorrentino L; D'Ayala D; de Felice G; Griffith, M; Lagomarsino, S; Magenes G (2017): Review of Out-of-Plane Seismic Assessment Techniques Applied to Existing Masonry Buildings. *Int J Archit Herit*, 11, 2-21.