



REABILITAÇÃO E REFORÇO DE EDIFÍCIOS HAUSSMANIANOS DA CIDADE DE PARIS

**CARDOSO, Rui José Silva (1); PAIVA, Anabela Gonçalves (2); PINTO, Tiago (3);
LANZINHA, João Carlos Gonçalves (4)**

(1) C-Made - Centre of Materials and Building Technologies, rui.cardoso@ubi.pt

(2) Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, apaiva@utad.pt

(3) Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, tiago@utad.pt

(4) Universidade da Beira Interior, joao.lanzinha@ubi.pt

RESUMO

A arquitectura cidade de paris é essencialmente constituída por edifícios haussmanianos. Estes edifícios datam do século XIX e apresentam actualmente várias patologias que impedem um uso adequado. Em consequência, estes edifícios estão a ser submetidos a grandes operações de Restauro, reabilitação e reforço estrutural. Neste artigo, alguns dos principais trabalhos de reabilitação e reforço estrutural actualmente realizados são caracterizados e descritos. Esta descrição é o resultado duma campanha de investigações levada a cabo na cidade de Paris entre 2015 e 2018. O conhecimento resultante do trabalho apresentado neste artigo é muito importante para o desenvolvimento de técnicas de reforço e reabilitação sustentáveis e inovadoras com o fim de preservar este importante espólio ou similares existentes noutros países.

Palavra-Chave: Edifícios haussmanianos, reabilitação, reforço.

ABSTRACT

Paris architecture is essentially constituted by Haussmannian. Those buildings were built in the 19th century and presently several pathologies which prevent their adequate use. Consequently, those buildings are nowadays submitted to huge operations related to conservation rehabilitation and structural strengthening. In this paper, some of the main rehabilitation and strengthening works carried out in those buildings are characterized and described. this description is the result of a technical inspection of haussmannian building works carried out in paris between 2015 and 2018. The knowledge from this study could be very useful for the development of sustainable and innovative rehabilitation and structural strengthening techniques, aiming to preserve this important building heritage or similar ones existing in other countries.

Keywords: haussmannian buildings, Rehabilitation, structural strengthening.

1. INTRODUÇÃO

Os edifícios Haussmanianos de Paris estão actualmente submetidos a grandes trabalhos de reabilitação e reforço. Estes edifícios sendo centenários, dado que foram construídos por volta do século 19, apresentam actualmente um estado de conservação deficiente, com várias patologias a afectar a estrutural principal resistente. Estes edifícios não observam as actuais prescrições regulamentares relativas à segurança estrutural, à acústica, à

térmica e à segurança contra incêndios, entre outras. Para além disso, as actuais questões relativas ao meio ambiente e ao consumo de energia para aquecimento e arrefecimento tornam-nos obsoletos. Os edifícios Haussmanianos são representativos da arquitectura de Paris, (Jombert C.A., 1764), (Froidevaux Y., 1986), (Lepoutre D., 2010), (Jordan D.P., 2004), (Jordan D.P., 2015) dado que toda a cidade é construída com este tipo de arquitectura sendo portanto primordial preservar e proteger este legado, pelo que a demolição não pode ser considerada. Adicionalmente, e devido a uma actividade turística crescente, existe actualmente em Paris uma forte procura de quartos de hotel. Todas as razões atrás apresentadas justificam a necessidade urgente de realizar trabalhos de reabilitação e reforço. Este cenário não é exclusivo da cidade de Paris e pode ser encontrado em vários países europeus, (Branco J.M *et al.*, 2011), (Branco J.M *et al.*, 2014), (Cardoso R. 2013) e (Cardoso R. *et al.*, 2016, 2017) and (Li Z.J. 2014). Este artigo caracteriza e descreve alguns dos principais trabalhos de reabilitação e reforço actualmente realizados em edifícios Haussmanianos situados na cidade de Paris e é baseado em informação recolhida in-situ, em Paris, pelo primeiro autor durante os trabalhos de reforço e reabilitação de um edifício localizado na *Place de la Madeleine*, no período compreendidos entre os anos de 2015 e de 2018, razão pela qual este artigo é original. Foram realizadas observações detalhas na superestrutura do edifício e nas fundações e várias fotografias foram recolhidas. Os autores acedem que este artigo irá permitir orientar a pesquisa científica relativa a reabilitação e ao reforço de elementos estruturais de madeira e alvenaria, permitindo o desenvolvimento de técnicas de reabilitação e reforço inovadoras e sustentáveis. A organização deste artigo é a seguinte, primeiro é feita uma caracterização dos edifícios Haussmanianos, em segundo os trabalhos de reabilitação e reforço são descritos e finalmente algumas conclusões são enunciadas.

2. DESCRIÇÃO DOS EDIFÍCIOS HAUSSMANIANOS

Os edifícios Haussmanianos foram construídos entre os anos 1830 e 1841, estes edifícios têm geralmente 6 ou 7 andares e uma cave, as fachadas principais são realizadas com pedra talhada de 55 cm e as fachadas localizadas na retaguarda são realizadas com uma estrutura de madeira preenchida com pedra calcária ou com uma estrutura de aço preenchida com tijolos cerâmicos, (Cardoso *et al.*, 2018-a, 2019-a)(Quelhas *et al.*, 2014), Figura 1-a). O piso do rés-do-chão é geralmente utilizado para fins de comércio, a cave é utilizada para armazenamento e para os equipamentos técnicos. Os andares são utilizados para escritórios e para a habitação, Figura 1-b). A Figura 1-a) apresenta um edifício Haussmaniano situado na *Place de la Madeleine*, em Paris e alvo de trabalhos de reabilitação e reforço estrutural.

Este edifício é representativo dos edifícios Haussmanianos da cidade de Paris, (CARDOSO, R. *et al.*, 2019-b).

Figura 1- os edifícios haussmanianos

a) *La Madeleine* junto à igreja de *Sainte Marie Madeleine*



b) Fachada principal



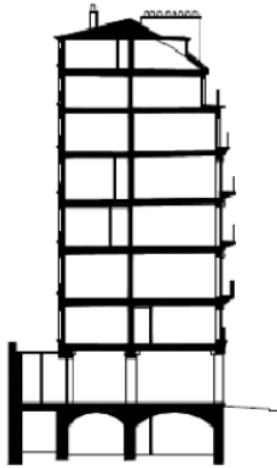
Fonte: Projecto de arquitectura, gabinete dtacc architecture Paris

As paredes interiores são realizadas com alvenarias de tijolos de argila ou com uma estrutura de madeira preenchida com pedra calcária. Para além disso, geralmente as paredes exteriores dos dois andares superiores são também realizadas com uma estrutura de madeira e preenchimento, Figura 1-b). As fachadas são suportadas com alvenaria de pedra calcária situadas por baixo, na cave e ao longo do perímetro do edifício, com aproximadamente 80 cm de espessura. A cave é essencialmente realizada com abóbadas de alvenaria de pedra calcária, suportadas por paredes interiores e perimétricas também de alvenaria de pedra calcária, Figura 2-a) e Figura 2-b). Na cave as paredes interiores são realizadas com alvenaria de calcário ou alvenaria de tijolo. As paredes interiores têm uma espessura que varia entre 40 cm e 65 cm. Este era o sistema estrutural principal uma vez que aquando da construção o betão armado não era ainda utilizado e que os elementos de madeira não podiam ser utilizados na cave por esta apresentar elevados teores de humidade.

As investigações realizadas nas fundações revelam que estas são essencialmente realizadas pelo prolongamento das paredes de alvenaria de calcário a uma profundidade que varia entre 15 cm e 1 metro. Por vezes uma sapata contínua de betão armado ou de alvenaria de calcário é colocada debaixo das paredes resistentes.

Figura 2 -Arquitectura dos edifícios haussmanianos

a) Corte vertical



b) Paredes da cave



Fonte: Produção do autor

O sistema estrutural dos pavimentos Haussmanianos, (CARDOSO R, 2018-b), pode ser de dois tipos. O primeiro tipo diz respeito a pavimento realizados com uma estrutura de madeira e o segundo tipo diz respeito a uma estrutura metálica realizada com vigotas metálicas com secções do tipo IAO e elementos de gesso intercalados.

3. TRABALHOS DE REABILITAÇÃO E REFORÇO DE EDIFÍCIOS HAUSSMANIANOS.

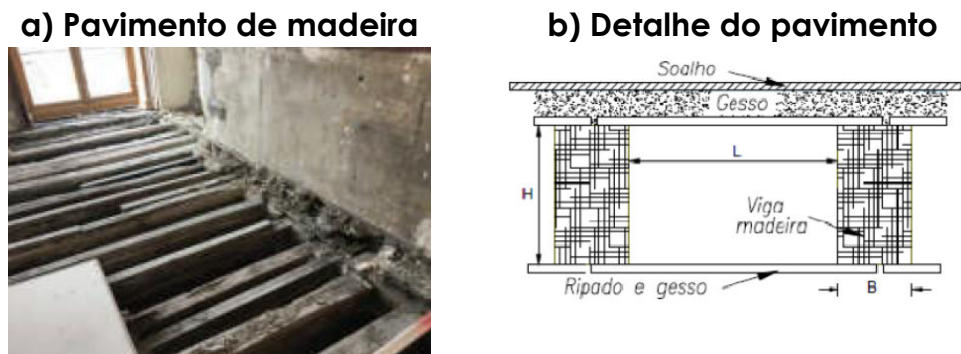
Os trabalhos de reabilitação e reforço consistem essencialmente no reforço dos pisos existentes, (Biscaia *et al.*, 2017) na betonagem de pisos em betão armado ou em estrutura mista aço betão, na criação de uma cave suplementar (CARDOSO R, 2018-c), (Rogers R. C., 2015) na eliminação de paredes interiores, na introdução de aberturas em paredes existentes, (CARDOSO R., 2020-a), (CARDOSO R., 2020-b) na introdução de elevadores, na betonagem de vigas e pilares de betão, na introdução de vigas e pilares de aço. Estes trabalhos são realizados por forma a manter tanto quanto possível a estrutura existente: pisos, paredes, fachada principal e a parte visível das chaminés, o que claramente indica que é possível reforçar a estrutura de forma a que esta verifique as normais actuais relativas as ações, ao isolamento térmico e acústico, preservando e reforçando o existente. O reforço aplicado é, portanto, caracterizado de sustentável.

3.1 Reabilitação e reforço dos pavimentos

3.1.1 Descrição dos pavimentos de madeira e reforço

Os pavimentos de madeira são realizados com vigas resistentes de madeira maciça, por cima das vigas existe um ripado de madeira e cal que suporta o revestimento geralmente de soalho, Figura 3-a) e por baixo um tecto falso realizado também com um ripado de madeira e cal como mostrado na Figura 3-b), (CARDOSO R. *et al.*, 2016).

Figura 3 - Pavimentos de madeira

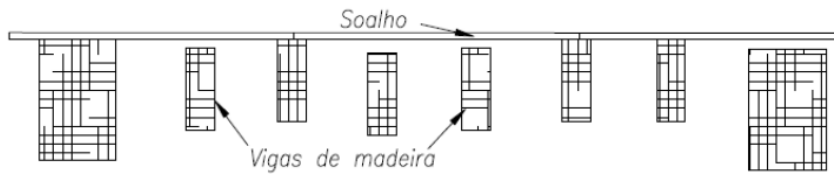


Fonte: produção do autor

A análise geométrica de vários pavimentos de madeira relativos a edifícios Hausmanianos, permite observar variações nas dimensões principais. Os resultados indicam que o espaçamento (L) entre as vigas varia de 16 a 30 cm, a largura (B) das vigas varia entre 7 e 12 cm e pode excepcionalmente atingir 24 cm e finalmente a altura da viga (H) varia de 15 cm a 26 cm.

É possível verificar que as vigas do pavimento (BISCAIA *et al.*, 2017) já não têm a necessária resistência e rigidez para suportar as acções. Várias vigas apresentam grandes deformações e uma grande quantidade de fissuras. Um enfraquecimento devido ao ataque de insectos e um apodrecimento da madeira é evidente (CARDOSO, 2013). Para além do mais, as tábuas do soalho estão claramente deformadas pelo uso. Os trabalhos contemplam a reabilitação e o reforço das vigas de madeira garantindo a estabilidade global e o contraventamento das fachadas. Os trabalhos de reforço consistem em betonar uma lagem de betão conectada sobre as vigas de madeira. Esta lagem é de betão, têm 8 cm de espessura e esta conectada as vigas de madeira. O estado inicial do pavimento está representado na Figura 4 e é constituído por vigas de madeira e um ripado com cal.

Figura 4 - Pavimento de madeira – estado inicial



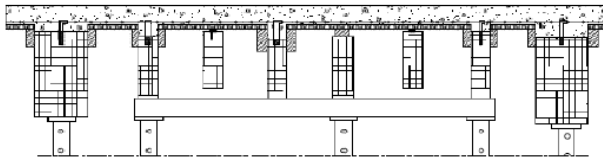
Fonte: produção do autor

Os conectores aplicados são cilindros de aço, o seu número e espaçamento é obtido após cálculo mecânico. Uma armadura é colocada na laje antes do reforço. A Figura 5 mostra que esta técnica permite manter uma importante quantidade de material existente e pode portanto ser classificada como uma técnica de reforço sustentável.

Figura 5 - Pavimento de madeira reforçado

a) Laje de betão connectada

b) Conectores e armadura



Fonte: produção do autor

3.1.2 Descrição dos pavimentos metálicos e reforço

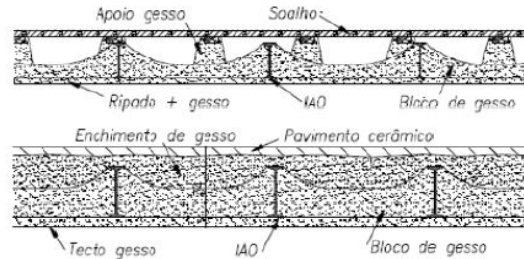
Nos edifícios Haussmanianos é habitual encontrar pavimentos realizados com vigotas metálicas do tipo IAO, Figura 6 a). Entre estas vigotas são colocados elementos de gesso, Figura 6-b). As investigações indicam que os perfis metálicos IAO apresentam grandes deformações e que os elementos de gesso estão deteriorados: os cálculos (EN 1993-1-1, 2005) indicam que estes pisos já não tem a necessária resistência para suportar as ações relativas ao Eurocódigo (EN 1991-1-1, 2002) e as novas condições de serviço dos edifícios. As investigações realizadas nos perfis metálicos IAO permitiram identificar vários tipos de pavimentos metálicos em função da dimensão dos pavimentos (CARDOSO R., 2018-a). A técnica de reforço para estes pavimentos consiste em manter as vigotas metálicas e conectar uma lajeta de betão.

Figura 6 - pavimentos metálicos IAO

a) Pisos metálicos



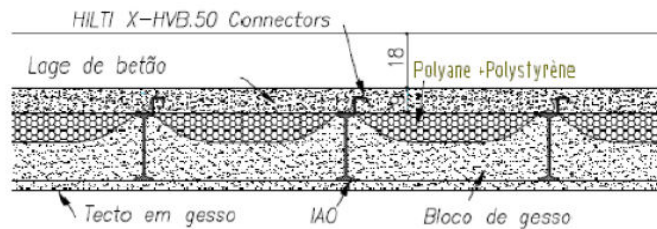
b) Pormenores dos pisos metálicos



Fonte: produção do autor

Os elementos de gesso são mantidos como mostra a Figura 7. A espessura da laje conectada varia de 8 a 12 cm, conectores de aço Hilti X-HVB são colocados na parte superior das vigotas.

Figura 7 - Laje de betão conectada

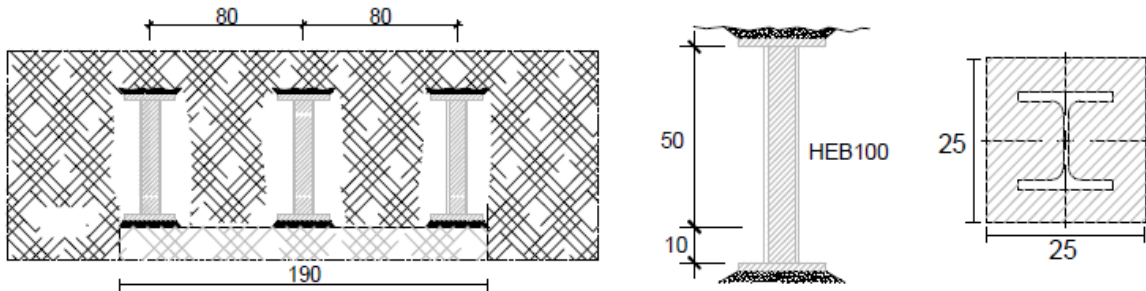


Fonte: produção do autor

3.2 Introdução de aberturas em alvenarias existentes

Para introduzir uma abertura numa parede resistente de alvenaria ou para remover completamente uma parede de alvenaria a técnica consiste em betonar uma viga de betão que irá suportar as ações que inicialmente estavam aplicadas na parede de alvenaria (Cardoso R., 2020-a), (Cardoso R., 2020-b). Assim que a viga de betão tenha a resistência necessária a parede de alvenaria pode ser removida ou a abertura pode ser realizada. Uma vez que a ação vertical deve de ser permanentemente suportada a primeira fase consiste em introduzir na parede de alvenaria existente perfis de aço espaçados aproximadamente 80 cm, que irão sustentar temporariamente as ações existentes. A Figura 8) mostra uma parede de alvenaria resistente com uma espessura de 40 cm aonde uma abertura de 190 cm de comprimento deve de ser introduzida. Três perfis HEB 100 com 60 cm de altura e espaçados 80 cm são introduzidos na parede. Cada um dos perfis HEB é soldado a uma platina de extremidade quadrada com 25 cm de lado e 25 mm de espessura, Figura 8).

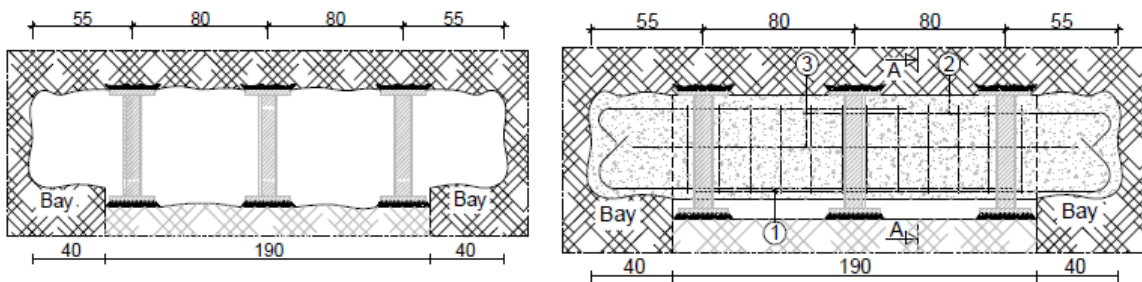
Fig. 8 – Perfis HEB de suporte



Fonte: produção do autor

Na segunda fase o volume da parede correspondente ao lintel de betão é removido, incluindo a largura de apoio de 40 cm, Figura 9). Depois as armaduras são introduzidas, Figura 9).

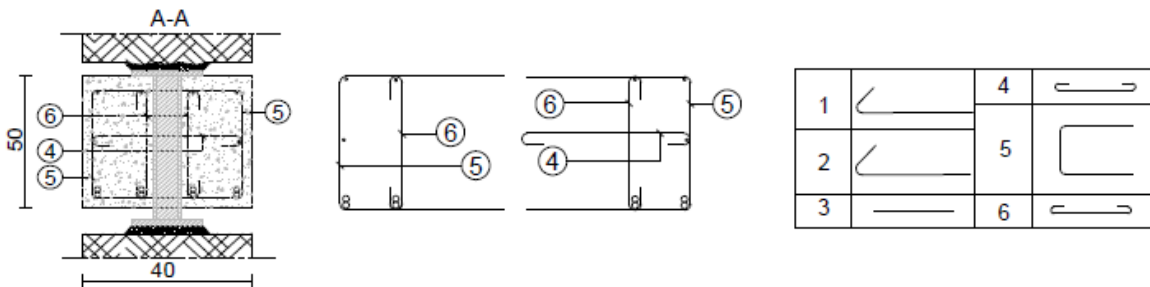
Figura 9 – Cofragem e armadura da viga de betão



Fonte: produção do autor

Duas armaduras independentes, Figura 10) são colocadas de cada lado dos perfis metálicos e unidas por dois ramos transversais de armaduras (4 na Fig. 10). Finalmente é betonada a viga com 50 cm de altura. Quando o betão ganha presa a parede existente pode ser removida. A Figura 10 apresenta detalhes da armadura resistente.

Figura 10 – Detalhe da armadura



Fonte: produção do autor

Finalmente os perfis metálicos são cortados pela base. A Figura 11-a) mostra uma viga de betão realizada com recurso a esta técnica, na parte inferior é possível observar as platinas correspondentes aos perfis metálicos. Na Figura 11-b) os perfis HEB são utilizados para sustentar temporariamente a chaminé até que a viga seja betonada e a parede existente removida.

Figura 11 – Vigas de betão

a) Nova viga de betão



b) Cofragem da viga



Fonte: produção do autor

3.3 Reabilitação da cobertura

A estrutura da cobertura realizada com elementos de madeira é também geralmente sujeita a obras de reabilitação e reforço uma vez que a estrutura original tende a apresentar um estado de conservação deficiente devido a penetração de água e ao ataque biológico e de insectos. A Figura 12-a) apresenta a estrutura da cobertura a ser removida por estar muito deteriorada. Geralmente a estrutura existente é substituída por uma estrutura de madeira nova. Na Figura 12-b) pode se observar a nova estrutura de madeira da cobertura. Na Figura 12-a) é também possível observar que as chaminés tiveram de ser convenientemente escoradas por forma a manterem a resistencia a acção do vento, dado que a cobertura que a contraventava foi removida.

Figura 12 - Estrutura da cobertura

a) Estrutura existente



b) Nova cobertura



Fonte: Produção do autor

Outra possibilidade para reabilitar a estrutura da cobertura consiste em realizar uma nova estrutura com perfis de aço em vez de manter uma estrutura de madeira.

4. CONCLUSÕES

As investigações realizadas durante os trabalhos de reabilitação e reforço dos edifícios Haussmanianos mostraram que os materiais utilizados são, pedra, calcário, madeira, gesso, aço e ferro, observando-se um uso predominante de materiais locais. Os pisos são realizados com uma estrutura de madeira ou utilizando perfis metálicos IAO. As fundações são essencialmente realizadas prolongando as paredes da cave e por vezes uma sapata continua é colocada por debaixo das paredes. Na cave encontram-se várias abóbadas de calcário, essas abóbadas suportam o piso do rés-do-chão. As investigações permitiram verificar que os edifícios estão muito danificados pelo normal envelhecimento dos materiais. São visíveis deformações e fissuras nos pisos, nas escadas, nas paredes e existem infiltrações de água na cave. Os trabalhos de reabilitação e reforço realizados permitem eliminar as patologias existentes e verificar a regulamentação em termos de integridade estrutural, resistência ao fogo e isolamento térmico e acústico. Para além do mais estas técnicas permitem manter uma grande parte da estrutura existente e minimizam a introdução de novos elementos, levando a uma solução económica e sustentável.

O planeamento e o dimensionamento das técnicas de reforço, têm um papel preponderante no desenvolvimento sustentável da construção. A procura de técnicas de reforço tem aumentado nos últimos anos dado que a reabilitação de edifícios antigos é neste momento fundamental e urgente, principalmente nas antigas cidades Europeias. O conhecimento apresentado neste artigo pretende transmitir orientações para o engenheiros e construtores e apoiar o desenvolvimento de técnicas de reforço inovadores assim como permitir pesquisa numérica e experimental.

REFERENCIAS

- BISCAIA H.C., CHASTRE C., CRUZ D., FRANCO N. Flexural strengthening of old timber floors with laminated carbon fiber-reinforced polymers, **Journal of Composites for Construction** 21(1), art. no. 04016073, 2017.
- BRANCO J.M., TOMASI R., Analysis and Strengthening of Timber Floors and Roofs, In: Costa A., Guedes J., Varum H. (eds) **Structural Rehabilitation of Old Buildings. Building Pathology and Rehabilitation**, vol 2. Springer, Berlin, Heidelberg. 2014

- BRANCO J.M., PIAZZA M., CRUZ P.J.S., Experimental evaluation of different strengthening techniques of traditional timber connections, **Engineering Structures** 33(8):2259–2270. 2011.
- CARDOSO R. **Tabique construction characterization in Lamego and Alto Douro** [in Portuguese], Doctoral Dissertation, Beira Interior University, Portugal, 2013.
- CARDOSO R., PAIVA A., PINTO J., LANZINHA J. C., Characterization of tabique wall nails of the Alto Douro Wine Region, **Open Engineering** 6(1):446-454, 2016.
- CARDOSO R., PINTO J., PAIVA A., LANZINHA J. C., Earth-based material field tests characterization in The Alto Douro Region, **Open Engineering** 7(1):435-443, 2017.
- CARDOSO R. PAIVA A., PINTO J, LANZINHA J. C. Structural and Material Characterization of a Haussmann Building. **Urbanism. Architecture. Constructions**, 9(4):347-356. ISSN: 2069–6469. 2018-a).
- CARDOSO R. Haussmann Structural Floors Repairs and Strengthening Techniques. **KTU - Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering**, 23(2):16-24. ISSN: 2335–2000, 2018-b).
- CARDOSO R. Paris Haussmann Building Underpinning, a study case. **Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture**, 61 (2):40-49. ISSN: 1221-5848, 2018-c.
- CARDOSO R., PAIVA A., PINTO J, LANZINHA J. C. Structural and Material Characterization of a Haussmann Building Complex at La Madeleine, Paris. The First Step Before Sustainable Rehabilitation and Strengthening. **Journal WSEAS Transactions on Environment and Development**. Volume 15, Art.#2, pp.14-21. ISSN/E-ISSN: 1790-5079/224-3496, 2019-a).
- CARDOSO R., PAIVA A., LANZINHA J.C, PINTO J. Haussmanian Buildings Rehabilitation And Strengthening. IN PROCEEDINGS OF ICEUBI2019 – INTERNATIONAL CONGRESS ON ENGINEERING – “ENGINEERING FOR EVOLUTION”, ISSN 2183-9891 (BOOK OF ABSTRACTS), Faculty of Engineering, University of Beira Interior, Covilhã, Portugal, 27-29 Novembro, 2019-b.
- CARDOSO R. Forthcoming. Strengthening load bearing wall openings using concrete beams and CFRP – Case study. **Practice Periodical on Structural Design and Construction, ASCE journal**. DOI. 10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000479, 2020-a.
- CARDOSO R. Haussmannian Buildings and French Ski resort hotels Wall Openings Strengthening. **KTU - Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering**, in press, 2020-b.
- CEN EN 1991-1-1. **Eurocode 1: Action on structures** - Part 1-1: General actions – Densities, Self-weight, imposed loads for buildings, Brussels, 2002.
- CEN EN 1993-1-1 **Eurocode 3: Design of steel structures** - Part 1-1: General rules and rules for buildings Rules, Brussels,2005.
- FROIDEVAUX, Y. **Techniques de l'architecture ancienne: construction et restauration** [Ancient architecture technique: construction and restoration]. ISBN 2-87009-774-3. Pierre Mardaga Editeur. 1986.

- JOMBER, C., **Moderne Architecture or the good construction art for all types of persons** [in French], Tome premier de la construction, Librairie du Génie et de l'Artillerie, rue Dauphine Notre-Dame, Paris. France, 1764.
- JORDAN D.P., Haussmann and Haussmannisation: The legacy for Paris, **French Historical Studies** 27(1): 87-112. 2004.
- JORDAN D.P., Paris Haussmann and after, **Journal of urban history** 41(3): 541-549. 2015.
- LEPOUTRE, D., History of a haussmann-design apartment building in Paris: Inhabitant categories and intra-building relations in a bourgeois milieu [in French], **Revue Française de Sociologie** 51(2): 321-358. 2010.
- LI Z.J. Strengthening Design of an Existing Old Masonry Building, **Applied Mechanics and Materials** Vols. 578-579:1332-1337, 2014.
- QUELHAS B., CANTINI L., GUEDES J.M., DA PORTO F., ALMEIDA C. Characterization and Reinforcement of Stone Masonry Walls. In: Costa A., Guedes J., Varum H. (eds) **Structural Rehabilitation of Old Buildings. Building Pathology and Rehabilitation**, vol 2. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014.
- ROGERS R. C. Modifying Existing Foundations to Carry Additional Load. **Practice Periodical on Structural Design and Construction, ASCE journal**, (5)3:115-121, 2015.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio técnico de Julien Dequeker, director de obra e de Paulo Oliveira encarregado, ambos da empresa Vinci construction, France.