

DISCUSSÃO SOBRE RETROFIT ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS: UM OLHAR  
SOBRE A PERSPECTIVA ENERGÉTICA E DE PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO  
*DISCUSSION ON ENERGY RETROFIT IN HISTORIC BUILDINGS: A LOOK AT THE ENERGY  
PERSPECTIVE AND PRESERVATION OF HISTORICAL HERITAGE*

Amanda Rosa de Carvalho  
amandarosadc@gmail.com

Eduardo Grala Cunha  
eduardogralacunha@yahoo.com.br

Ana Lúcia Costa de Oliveira  
lucostoli@gmail.com

## RESUMO

O consumo de energia está se intensificando com o passar dos anos, sendo importante amenizar a necessidade de energia nas edificações. Isso é possível através do *retrofit* energético. Todavia, aplica-lo nas edificações históricas pode ser complexo em consequência das legislações de proteção do patrimônio histórico, que restringem as possibilidades de modificações na envoltória conforme o nível de tombamento. Com esse cenário, este artigo tem como objetivo contribuir com a discussão sobre *retrofit*, na perspectiva energética e de preservação do patrimônio histórico. A pesquisa é dividida em revisão de literatura, análise quantitativa e qualitativa dos artigos encontrados e análise crítica dos mesmos. Ao todo foram examinados 33 artigos divididos em 4 temas: melhorias energéticas em edifícios antigos ou históricos; análise teórico do *retrofit* perante a eficiência energética e a preservação do patrimônio; aplicação de metodologias do *retrofit* energético em edifício histórico; e outros. Na análise da revisão de literatura, nota-se a falta de protocolos ou políticas para avaliar e aplicar *retrofit* de forma a melhorar o desempenho energético da edificação e conservar o seu valor histórico. Uma solução para esse problema é a ampla discussão e interdisciplinaridade na negociação dos especialistas da área da conservação, público geral e representantes das políticas públicas. Conclui-se que esse tema ainda é genérico e que precisa ser aprofundado em outros estudos.

**Palavras-chave:** Eficiência energética; retrofit energético; patrimônio histórico; preservação.

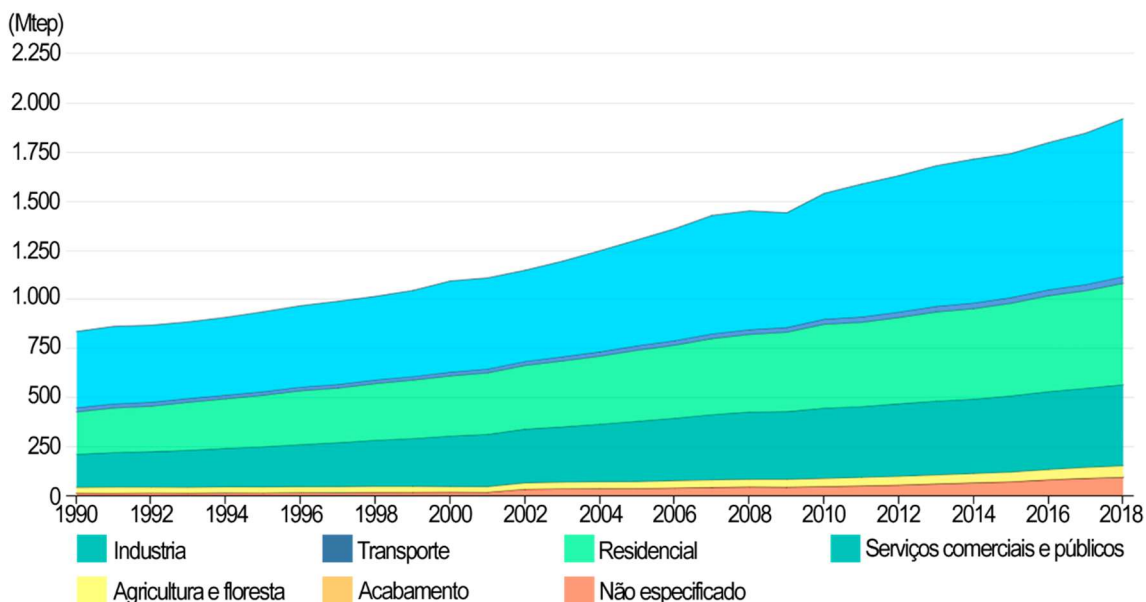
#### ABSTRACT

Energy consumption is intensifying over the years and it is important to reduce the need for energy in buildings. This is possible through energy retrofit. However, applying it to historic buildings can be complex as a result of laws protecting the historic heritage, which restrict the possibilities for changes in the envelope according to the level of tipping. Against this backdrop, this article aims to contribute to the discourse on retrofit, from an energy perspective and the preservation of historical heritage. The research is divided into literature review, quantitative and qualitative analysis of the articles found and critical analysis of them. In all, 33 articles were examined, divided into 4 themes: energy improvements in old or historic buildings; theoretical analysis of the retrofit in view of energy efficiency and heritage preservation; application of energy retrofit methodologies in a historic building; and others. In the analysis of the literature review, there is a lack of protocols or policies to evaluate and apply retrofits in order to improve the building's energy performance and preserve its historical value. One solution to this problem is the wide discussion and interdisciplinarity in the negotiation of conservation specialists, the general public and representatives of public policies. It is concluded that this topic is still generic and that it needs to be further investigated in other studies.

**Keywords:** Energy efficiency; energy retrofit; historical heritage; preservation.

## INTRODUÇÃO

O consumo de energia está se intensificando com o passar dos anos, assim como mostra a Figura 1. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA)(2020a), entre 1990 e 2018 o consumo mundial de energia elétrica cresceu 130%. Como consequência, houve o aumento da emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, visto que a maior parte da matriz energética mundial foi oriunda de fontes não renováveis e poluentes, como carvão e petróleo. Em 2018, as edificações residências, públicas e comerciais contribuíram com 48% do consumo de energia (IEA, 2020a) e 9% da emissão de CO<sub>2</sub> (IEA, 2020b). Esse cenário mostra a importância de diminuir consumo de energia nas edificações.



**Figura 01:** Consumo final de energia elétrica por setor no mundo entre 1990 e 2018.  
Fonte: IEA (2020a)

Pretendendo amenizar a necessidade de energia nas edificações, o Parlamento Europeu criou as *Energy Performance of Buildings Directives* (EPBD), que são diretivas referentes ao desempenho energético dos edifícios. A mais conhecida foi a Diretiva 2010/31/UE, cujo um dos objetivos era reduzir 20% do consumo de energia até 2020 (UNIÃO EUROPEIA, 2010). Com a chegada do prazo estimado por essa diretiva, o Parlamento Europeu reexaminou a legislação e os objetivos a serem alcançados referentes a eficiência energética. Como resultado desse reexame, criou-se a Diretiva 2018/844/UE que tem como um dos seus propósitos desenvolver um sistema energético sustentável, concorrencial e descarbonizado até 2050 (UNIÃO EUROPEIA, 2018). Para isso, essa

Diretiva ressalta a importância de transformar de forma viável os edifícios existentes em edifícios com necessidades quase nulas de energia (UNIÃO EUROPEIA, 2018).

Alcançar a necessidade quase nula de um edifício existente só é possível através do *retrofit* energético. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2013), o *retrofit* significa melhorar a eficiência energética e operacional da edificação existente, através da incorporação de novas tecnologias para a sua atualização. Todavia, aplicá-lo pode ser complexo nos casos em que a edificação existente seja categorizada como antiga e/ou tombada. Isso ocorre, pois, as legislações de proteção do patrimônio histórico restringem as possibilidades de modificações na envoltória conforme o nível de tombamento.

Apesar de complexo, ainda há vantagens do *retrofit* energético nas edificações antigas e/ou históricas. Segundo Mazzarella (2015), o *retrofit* nesses edifícios pode ser considerado uma prática de conservação do patrimônio. Quando realizado corretamente, ele garante a continuidade de uso e a manutenção tanto da envoltória quanto dos sistemas da edificação. Ambas as ações são necessárias para retardar o processo de deterioração do patrimônio edificado.

Com o descrito anteriormente, este artigo tem como objetivo contribuir com a discussão sobre *retrofit*, na perspectiva energética e de preservação do patrimônio histórico, através de análises comparativas entre estudos já realizados. Isso abre espaço para debates e reflexões sobre a importância do *retrofit* perante a economia de energia e a preservação do patrimônio histórico.

## MÉTODO

Esta é uma pesquisa bibliográfica desenvolvida em 3 etapas. Na primeira etapa, realizou-se revisão de literatura através de protocolo de busca. Neste protocolo, procurou-se responder a seguinte pergunta: “Como o *retrofit* é aplicado na ótica energética e preservação do patrimônio histórico?”. As bases de dados elegidas para a pesquisa foram *SCOPUS* e *SCIENCE DIRECT*. A escolha dessas bases ocorreu por serem utilizadas na ferramenta de revisão de literatura *Parsifal*, terem disponibilidade de acesso online e apresentarem renome mundial na área da arquitetura. Durante a escolha da documentação para análise, selecionou-se artigos completos de periódicos, publicados durante 5 anos (2014 a 2019), nos idiomas inglês e português, e que apresentassem no título, resumo ou palavras-chave os seguintes termos: “edifício histórico”, “*retrofit* energético” e suas

derivações. A composição final dessas *strings* de busca foi: *TITLE-ABS-KEY(("Historic building" OR "edifício histórico" OR "old building" OR "edifício antigo") AND ("retrofit energético" OR "energy retrofit" OR "retrofit"))*. Dos artigos encontrados, excluiu-se aqueles cujo propósito era testar a eficiência de material novo no edifício histórico ou com *retrofit* sísmico.

Na segunda etapa, realizou-se análises qualitativas e quantitativas dos artigos encontrados. Para isso eles foram protocolados segundo tema central de pesquisa, frequência de tema e ano de publicação. Desta maneira foi possível averiguar os tipos de estudos realizados e as técnicas e os caminhos utilizados.

Na terceira etapa os documentos foram lidos e analisados criticamente. Assim, levantou-se informações sobre o comportamento do *retrofit* em edificações históricas, dentre outras informações que serão mencionadas no decorrer deste artigo.

## RESULTADOS

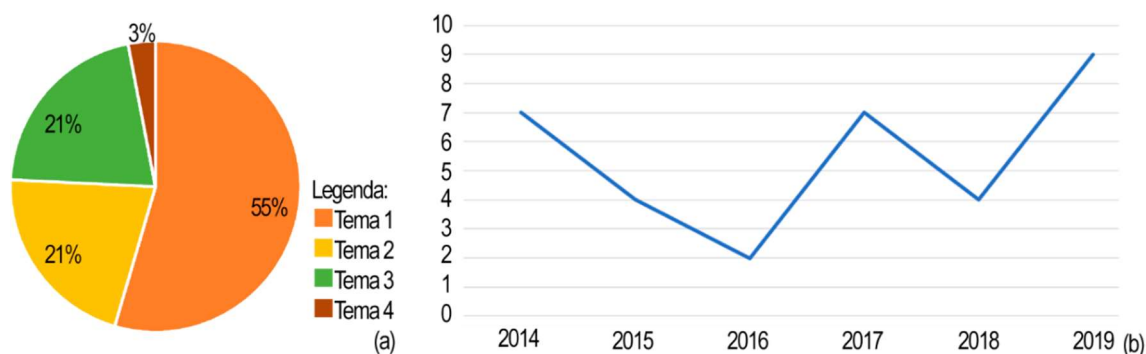
Na ferramenta *Parsifal* foram encontrados 369 artigos na base de dados *SCOPUS*. Já na *SCIENCE DIRECT* não foram encontrados artigos em consequência de erros técnicos da ferramenta. Dos 369 artigos, 33 foram selecionados para análise depois da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. A Tabela 1 mostra a distribuição dos autores conforme foco de pesquisa. Ao total, os artigos foram agrupados em 4 temas de pesquisa: melhorias energéticas em edifício antigo ou histórico; análise teórica do *retrofit* perante a eficiência energética e a preservação do patrimônio; aplicação de metodologias do *retrofit* energético em edifício histórico; e outros.

**Tabela 01:** Categorização dos artigos encontrados sobre retrofit energético em edificações antigas. Fonte: Autores (2020)

Categorização dos trabalhos encontrados sobre <i>retrofit</i> energético em edificações históricas			
Tema	Autores	Quantidade	
1	Melhorias energéticas em edifício antigo ou histórico	Mozzola <i>et al.</i> (2019); Piderit, Agurto e Marin-Restrepo (2019); Pigliautile <i>et al.</i> (2019); Bottino-Leone (2019); Galatio <i>et al.</i> (2019); Whitman <i>et al.</i> (2019); Yang <i>et al.</i> (2018); Schibuola, Scarpa e Tambani (2018); Biseniece <i>et al.</i> (2017); Rodrigues e Freire (2017); Fan e Xia (2017); Cirami <i>et al.</i> (2017); Cornaro, Puggioni e Strollo (2016); Şahin (2015); Tadeu <i>et al.</i> (2015); Broström <i>et al.</i> (2014); Pisello <i>et al.</i> (2014); Zagorskas <i>et al.</i> (2014)	18

2	Análise teórica de <i>retrofit</i> perante a eficiência energética e a preservação do património	Posani, Veiga e Freitas (2019); Webb (2017); Yarrow (2016); Mazzarella (2015); Brooks, Law, Huang (2014); Adams <i>et al.</i> (2014); Stuart (2014)	7
3	Aplicação de metodologias do <i>retrofit</i> energético em edifício histórico	Herrera-Avellanosa <i>et al.</i> (2019); Spigiantini <i>et al.</i> (2019); Okutan <i>et al.</i> (2018); Besen e Boarin (2018); Castaldo <i>et al.</i> (2017); Ginks e Painter (2017); Moran <i>et al.</i> (2014)	7
4	Outros	Phonix (2015)	1

Dos artigos visto, nota-se que 55% tem como foco o Tema 1. Ou seja, o tema mais estudado nesses 5 anos envolve a aplicação de tecnologias e materiais para efficientizar o consumo de energia nas edificações. Em seguida, encontram-se a mesma quantidade de publicação de pesquisas relacionadas aos Temas 2 e 3. Ambos os temas estão relacionados, sendo o Tema 2 a base teórica para a realização de pesquisas com o Tema 3. A Figura 2 mostra a contribuição de cada tema nos artigos. Além disso, essa mesma figura mostra o histórico de publicação. Em 2014 e 2015 os estudos eram mais focados na teoria do *retrofit* energético e sua aplicação nas edificações históricas. Com essa base teórica, os estudos entre 2018 e 2019 puderam focar na criação de métodos para avaliação do *retrofit* e sua utilização na edificação histórica. Com a Diretiva 2018/844/UE, a tendência é que mais estudos sobre esses dois últimos temas sejam realizados, visando a normalização de edifícios eficientes e a criação de um parque imobiliário descarbonizado.



**Figura 02:** Contribuição de cada tema em porcentagem (a) e quantitativo histórico (b) dos trabalhos encontrados. Fonte: Autores (2020)

## ANÁLISE

Ao analisar as pesquisas abordados neste artigo, percebe-se que tornar a envoltória mais hermética é a principal ação utilizada no *retrofit* energético, independente do edifício possuir ou não tombamento. Essa ação normalmente pode ser realizada através de três técnicas distintas. Na primeira, aplica-se isolamento na fachada, sendo considerado mais relevante efficientizar o edifício (BOTTINO-LEONE et al., 2019; CORNARO; PUGGIONI; STROLLO, 2016; MAZZOLA et al., 2019; WEBB, 2017). Essa estratégia normalmente é prejudicial para os edifícios tombados, pois provoca perda do material histórico ou descaracteriza a envoltória. Na segunda, o isolamento é aplicado na parte interna da edificação, mantendo a fachada intacta (BISENIECE et al., 2017; CIRAMI et al., 2017; POSANI; VEIGA; FREITAS, 2019; ZAGORSKAS et al., 2014). Todavia, esse procedimento tem como desvantagens diminuir o espaço interno e agravar problemas de umidade, principalmente em paredes antigas que precisem “respirar”. Na terceira, utiliza-se materiais novos e mais eficientes com aparência similar aos existentes (PISELLO et al., 2014; YANG et al., 2018). Contudo, a aplicação desses materiais novos numa fachada, sem meios de distingui-los dos materiais antigos, é visto por alguns especialistas da área de conservação como falso histórico, pondo em dúvida os valores de autenticidade da obra.

Percebe-se que o isolamento na envoltória já abre espaço para questionar a forma de aplicar o *retrofit* energético na edificação histórica de maneira a garantir sua conservação. Essa técnica sempre vai provocar, em algum nível, a modificação da envoltória. Alguns estudos, para analisar a viabilidade dos pacotes do *retrofit* energético nessas edificações, se guiam por normativas estabelecidas em outros países, como exemplos a *GBC Historic Building* na Itália e a *EnerPHit* na Alemanha (BESSEN; BOARIN, 2018; CASTALDO et al., 2017; MAZZARELLA, 2015; MORAN et al., 2014). Ao trabalhar com tais normativas, é indispensável considerar que ou elas são criadas por outros países ou são genéricas, sendo relevante adaptá-las ao contexto em que a edificação se encontra. Nesse ponto encontrou-se uma das limitações mais mencionadas pelos temas 1, 2 e 3: a falta de um protocolo ou política para avaliar e aplicar o *retrofit* de forma a melhorar o desempenho energético da edificação e conservar o seu valor histórico (ADAMS et al., 2014; BROOKS; LAW; HUANG, 2014; CIRAMI et al., 2017; GALATIOTO et al., 2019; GINKS; PAINTER, 2017; HERRERA-AVELLANOSA et



al., 2019; MAZZARELLA, 2015; OKUTAN et al., 2018; PIDERIT; AGURTO; MARÍN-RESTREPO, 2019; SPIGLIANTINI et al., 2019; STUART, 2014; WHITMAN et al., 2019; YARROW, 2016).

O *retrofit* energético no edifício histórico é uma questão técnica e cultural, o que dificulta a criação de protocolos para a sua aplicação. Isso é evidenciado por Brooks, Law e Huang (2014), ao compararem a distinta visão de conservação e aplicação do *retrofit* nos edifícios históricos do Reino Unido e da China em função dos seus diferentes interesses econômicos e culturais.

Compreende-se nos artigos analisados, que grande parte dos *retrofits* consideram os critérios técnicos acima da percepção das pessoas que tem contato diário com as edificações analisadas (ADAMS et al., 2014; PIDERIT; AGURTO; MARÍN-RESTREPO, 2019; ŞAHIN et al., 2015). Contudo, mesmo melhorando a eficiência energética da edificação histórica, se a população não aceitar a forma estética final, o risco do abandono da construção aumenta. Para chegar numa solução mais equilibrada, percebe-se que os autores estudados neste artigo recomendam negociações entre especialistas da área da conservação, o público geral e os representantes das políticas públicas para chegarem a um conjunto de valores, os quais seriam usados para desenvolver o *retrofit*, considerando as interfaces energética, histórica e cultural. O conceito dessa negociação é aplicado no estudo do Pavilhão 49, no sul do Chile, no qual é realizado uma análise prévia da edificação histórica, avaliando sua história, pontos positivos, patologias e percepção das pessoas (PIDERIT; AGURTO; MARÍN-RESTREPO, 2019). Nesse estudo o *retrofit* aproveita a necessidade de eliminar a patologia do Pavilhão, para aplicar técnicas que diminuam o consumo de energia, como a troca de janelas quebradas por janelas mais eficientes.

## CONCLUSÃO

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de contribuir com a discussão sobre *retrofit*, na perspectiva energética e de preservação do patrimônio histórico. O principal dilema encontrado entre os autores analisados foi a falta de protocolos adequados para aplicar o *retrofit* energético em edificações históricas. Seja pela presença de normativas genéricas, seja pela falta de integração entre políticas de economia de energia e conservação do patrimônio. A solução que melhor equilibra essas áreas e proporciona base para a criação desses protocolos, é a ampla discussão e



interdisciplinaridade na negociação dos especialistas da área da conservação, público geral e representantes das políticas públicas.

Ademais, por envolver questões técnicas e culturais, percebe-se que o *retrofit* sobre a ótica da eficiência energética e preservação o patrimônio é muito complexo. Os pesquisadores ao abordarem esse tema, devem considerar, além das características climáticas em que a edificação se encontra, as características etnográficas da população local. Conclui-se que esse tema ainda é genérico e que precisa ser aprofundado em outros estudos.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, Charlotte; DOUGLAS-JONES, Rachel; GREEN, Adrian; LEWIS, Quentin; YARROW, Thomas. Building with history: Exploring the relationship between heritage and energy in institutionally managed buildings. **Historic Environment: Policy and Practice**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 167–181, 2014. DOI: 10.1179/1756750514Z.00000000053.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575 - Edificações Habitacionais — Desempenho. 2013, p. 60.
- BESSEN, Priscila; BOARIN, Paola. The future of historic buildings: Retrofitting to improve the thermal performance of New Zealand architectural heritage. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, [S. l.], v. 217, p. 15–27, 2018. DOI: 10.2495/SDP180021.
- BISENIECE, Edīte; ŽOGLA, Gatis; KAMENDERS, Agris; PURVIŅŠ, Reinis; KAŠS, Kristaps; VANAGA, Ruta; BLUMBERGA, Andra. Thermal performance of internally insulated historic brick building in cold climate: A long term case study. **Energy and Buildings**, [S. l.], v. 152, p. 577–586, 2017. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.07.082. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.07.082>. Acesso em: 12 fev. 2020
- BOTTINO-LEONE, Dario; LARCHER, Marco; HERRERA-AVELLANOSA, Daniel; HAAS, Franziska; TROI, Alexandra. Evaluation of natural-based internal insulation systems in historic buildings through a holistic approach. **Energy**, [S. l.], v. 181, p. 521–531, 2019. DOI: 10.1016/j.energy.2019.05.139. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.05.139>. Acesso em: 12 fev. 2020.
- BROOKS, Elizabeth; LAW, Andrew; HUANG, Lingjiang. A comparative analysis of retrofitting historic buildings for energy efficiency in the UK and China. **Disp**, [S. l.], v. 50, n. 3, p. 66–75, 2014. DOI: 10.1080/02513625.2014.979044.
- BROSTRÖM, Tor; ERIKSSON, Petra; LIU, Linn; ROHDIN, Patrik; STÅHL, Fredrik; MOSHFEGH, Bahram. A Method to Assess the Potential for and Consequences of Energy Retrofits in Swedish Historic Buildings. **The Historic Environment: Policy & Practice**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 150–166, 2014. DOI: 10.1179/1756750514Z.00000000055. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1179/1756750514Z.00000000055>. Acesso em: 12 fev. 2020

CASTALDO, Veronica Lucia; PISELLO, Anna Laura; BOARIN, Paola; PETROZZI, Alessandro; COTANA, Franco. The experience of international sustainability protocols for retrofitting historical buildings in Italy. **Buildings**, [S. l.], v. 7, n. 2, 2017. DOI: 10.3390/buildings7020052.

CIRAMI, Simona; EVOLA, Gianpiero; GAGLIANO, Antonio; MARGANI, Giuseppe. Thermal and Economic Analysis of Renovation Strategies for a Historic Building in Mediterranean Area. **Buildings**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 60, 2017. DOI: 10.3390/buildings7030060. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2075-5309/7/3/60>. Acesso em: 12 fev. 2020.

CORNARO, Cristina; PUGGIONI, Valerio Adoo; STROLLO, Rodolfo Maria. Dynamic simulation and on-site measurements for energy retrofit of complex historic buildings: Villa Mondragone case study. **Journal of Building Engineering**, [S. l.], v. 6, p. 17–28, 2016. DOI: 10.1016/j.jobbe.2016.02.001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobbe.2016.02.001>. Acesso em: 22 fev. 2020.

FAN, Yuling; XIA, Xiaohua. A multi-objective optimization model for energy-efficiency building envelope retrofitting plan with rooftop PV system installation and maintenance. **Applied Energy**, [S. l.], v. 189, p. 327–335, 2017. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.12.077. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.077>. Acesso em: 18 mai. 2020.

GALATIOTO, A.; RICCIU, R.; SALEM, T.; KINAB, E. Energy and economic analysis on retrofit actions for Italian public historic buildings. **Energy**, [S. l.], v. 176, p. 58–66, 2019. DOI: 10.1016/j.energy.2019.03.167. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.167>. Acesso em: 18 mai. 2020.

GINKS, Natasha; PAINTER, Birgit. Energy retrofit interventions in historic buildings: Exploring guidance and attitudes of conservation professionals to slim double glazing in the UK. **Energy and Buildings**, [S. l.], v. 149, p. 391–399, 2017. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.05.039. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.05.039>. Acesso em: 03 abr. 2020.

HERRERA-AVELLANOSA, Daniel; HAAS, Franziska; LEIJONHUFVUD, Gustaf; BROSTROM, Tor; BUDA, Alessia; PRACCHI, Valeria; WEBB, Amanda Laurel; HÜTTLER, Walter; TROI, Alexandra. Deep renovation of historic buildings: The IEA-SHC Task 59 path towards the lowest possible energy demand and CO2 emissions. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, [S. l.], v. 38, n. 4, p. 539–553, 2019. DOI: 10.1108/IJBPA-12-2018-0102.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World energy statistics & World energy balances: overview**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://data.iea.org/payment/products/103-world-energy-statistics-and-balances-2018-edition-coming-soon.aspx>. Acesso em: 27 out. 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **CO2 Emissions from Fuel Combustion: overview**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-from-fuel-combustion-overview>. Acesso em: 27 out. 2020.

MAZZARELLA, Livio. Energy retrofit of historic and existing buildings. The legislative and regulatory point of view. **Energy and Buildings**, [S. l.], v. 95, p. 23–31, 2015. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.10.073. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.10.073>. Acesso em: 07 jan. 2020.

MAZZOLA, Elena; MORA, Tiziano Dalla; PERON, Fabio; ROMAGNONI, Piercarlo. An integrated energy and environmental audit process for historic buildings. **Energies**, [S. l.], v. 12, n. 20, 2019. DOI: 10.3390/en12203940. Acesso em: 07 jan. 2020.

MORAN, Francis; BLIGHT, Tom; NATARAJAN, Sukumar; SHEA, Andy. The use of Passive House Planning Package to reduce energy use and CO2 emissions in historic dwellings. **Energy and Buildings**, [S. l.], v. 75, p. 216–227, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.043>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778813008608>. Acesso em: 22 mar. 2020.

OKUTAN, Reyyan S.; KERSHAW, Tristan; FERNANDEZ, Manuel Herrera; COLEY, David. A socio-mathematical approach to exploring conflicts between energy retrofit and perceived heritage character. **Building and Environment**, [S. l.], v. 138, p. 11–20, 2018. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.03.045.

PIGLIAUTILE, Ilaria; CASTALDO, Veronica Lucia; MAKAREMI, Nastaran; PISELLO, Anna Laura; CABEZA, Luisa F.; COTANA, Franco. On an innovative approach for microclimate enhancement and retrofit of historic buildings and artworks preservation by means of innovative thin envelope materials. **Journal of Cultural Heritage**, [S. l.], v. 36, p. 222–231, 2019. DOI: 10.1016/j.culher.2018.04.017.

PISELLO, Anna Laura; PETROZZI, Alessandro; CASTALDO, Veronica Lucia; COTANA, Franco. On an innovative integrated technique for energy refurbishment of historical buildings: Thermal-energy, economic and environmental analysis of a case study. **Applied Energy**, [S. l.], v. 162, p. 1313–1322, 2014. DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.05.061.

POSANI, Magda; VEIGA, Maria Do Rosario; FREITAS, Vasco Peixoto De. Towards Resilience and Sustainability for Historic Buildings: A Review of Envelope Retrofit Possibilities and a Discussion on Hygic Compatibility of Thermal Insulations. **International Journal of Architectural Heritage**, [S. l.], v. 0, n. 0, p. 1–17, 2019. DOI: 10.1080/15583058.2019.1650133.

RODRIGUES, Carla; FREIRE, Fausto. Adaptive reuse of buildings: Eco-efficiency assessment of retrofit strategies for alternative uses of an historic building. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 157, p. 94–105, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.04.104.

ŞAHİN, Cem Doğan; ARSAN, Zeynep Durmuş; TUNÇOKU, Selim Sarp; BROSTRÖM, Tor; AKKURT, Gülden Gökçen. A transdisciplinary approach on the energy efficient retrofitting of a historic building in the Aegean Region of Turkey. **Energy and Buildings**, [S. l.], v. 96, p. 128–139, 2015. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.03.018.

SCHIBUOLA, Luigi; SCARPA, Massimiliano; TAMBANI, Chiara. Innovative technologies for energy retrofit of historic buildings: An experimental validation. **Journal of Cultural Heritage**, [S. l.], v. 30, p. 147–154, 2018. DOI: 10.1016/j.culher.2017.09.011.

SPIGLIANTINI, Giorgia; FABI, Valentina; SCHWEIKER, Marcel; CORGNATI, Stefano. Historical buildings' energy conservation potentialities: A methodology focused on building operation. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, [S. l.], v. 37, n. 3, p. 306–325, 2019. DOI: 10.1108/IJBPA-12-2017-0062.

STUART, Christina Marie. Managing or driving change? Establishing consensus of opinion on improving the energy efficiency of historic buildings. **Historic Environment: Policy and Practice**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 182–195, 2014. DOI: 10.1179/1756750514Z.00000000048.

TADEU, S.; RODRIGUES, C.; TADEU, A.; FREIRE, F.; SIMÕES, N. Energy retrofit of historic buildings: Environmental assessment of cost-optimal solutions. **Journal of Building Engineering**, [S. l.], v. 4, p. 167–176, 2015. DOI: 10.1016/j.job.2015.09.009.

UNIÃO EUROPEIA . Directiva 2010/31/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 19 de Maio de 2010 relativo ao desempenho energético dos edifícios (reformulação). . 2010, p. 13–35.

UNIÃO EUROPEIA. Directiva 2018/844 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 30 de maio de 2018 que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência energética. 2018, p. 75–91.

WEBB, Amanda L. Energy retrofits in historic and traditional buildings: A review of problems and methods. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 77, n. April 2016, p. 748–759, 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2017.01.145.

WHITMAN, Christopher J.; PRIZEMAN, Oriel; WALKER, Pete; GWILLIAM, Julie Amanda. Heritage retrofit and cultural empathy; a discussion of challenges regarding the energy performance of historic UK timber-framed dwellings. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, [S. l.], v. 38, n. 2, p. 386–404, 2019. DOI: 10.1108/IJBPA-02-2019-0023.

YANG, Zhang; KATSURA, Takao; AIHARA, Masahiro; NAKAMURA, Makoto; NAGANO, Katsunori. Investigation into window insulation retrofitting of existing buildings using thin and translucent frame-structure vacuum insulation panels. **Energies**, [S. l.], v. 11, n. 2, 2018. DOI: 10.3390/en11020298.

YARROW, Thomas. Negotiating Heritage and Energy Conservation: An Ethnography of Domestic Renovation. **Historic Environment: Policy and Practice**, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 340–351, 2016. DOI: 10.1080/17567505.2016.1253149.

ZAGORSKAS, Jurgis; ZAVADSKAS, Edmundas Kazimieras; TURSKIS, Zenonas; BURINSKIENE, Marija; BLUMBERGA, Andra; BLUMBERGA, Dagnija. Thermal insulation alternatives of historic brick buildings in Baltic Sea Region. **Energy and Buildings**, [S. l.], v. 78, p. 35–42, 2014. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.04.010.