

HBIM PARA MONITORAMENTO DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICA

DOUGLAS FREITAS AUGUSTO DOS SANTOS¹, JACKELINE MARIA MACEDO²

¹Msc. em Engenharia Civil, Prof. Unicatólica, Palmas-TO, eng.prof.santos@gmail.com;

²Engenheira Civil, Porto Nacional-TO, jackelinemaria@hotmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
04 a 06 de outubro de 2022

RESUMO: O adobe é uma técnica construtiva constituída de solo, água, fibras e/ou adições, possuindo baixa resistência a umidade e aos efeitos térmicos, essa técnica construtiva é mais indicada para regiões secas. Com o desenvolvimento tecnológico na construção civil o uso habitual do adobe foi reduzido, cedendo espaço aos materiais industrializados. No entanto, em algumas cidades pode-se encontrar estruturas históricas com a utilização do adobe, como é o caso da Catedral Nossa Senhora das Mercês em Porto Nacional no estado do Tocantins. A Catedral foi construída no ano de 1894 e possui um sistema misto de adobe e pedra. O presente trabalho analisou o comportamento térmico e de umidade relativa da Catedral, por intermédio de medidores de temperatura e através de software Autodesk Revit, adotando como base o conceito de “*Heritage BIM*” (H-BIM). Diante disso, foi possível constatar os impactos e manifestações patológicas que o efeito da temperatura e umidade relativa do ar tem causado na estrutura da Catedral ao longo dos anos.

PALAVRAS-CHAVE: Patrimônio Histórico, H-BIM, Manifestações Patológicas

HBIM FOR HISTORY BUILDING MONITORING

ABSTRACT: Adobe is a constructive technique consists of soil, water, fibers and/or additions, having low resistance to water and thermal effects, this constructive technique is more suitable for dry regions. With the technological development in civil construction, the habitual use of adobe was reduced, giving space to industrialized materials. However, in some cities you can find historic structures with the use of adobe, as is the case of the Our Lady of Merces Cathedral in Porto Nacional in the state of Tocantins. The Cathedral was built in 1894 and has a mixed system of adobe and stone. The present work analyzed the thermal and relative humidity behavior of the Cathedral, through temperature meters and through Revit software, thus adopting the concept of “*Heritage BIM*” (H-BIM). Therefore, it was possible to verify the impacts and pathological manifestations that the effect of temperature and relative humidity of the air has caused on the structure of the Cathedral.

KEYWORDS: Historical Heritage, H-BIM, Pathological Manifestations.

INTRODUÇÃO

A igreja Catedral Nossa Senhora das Mercês é uma igreja tombada, situada em Porto Nacional no Estado do Tocantins, composta de pedra e adobe. O adobe é uma técnica construtiva que foi bastante utilizada durante séculos, possuindo em sua composição terra em estado plástico, água, palhas ou outras fibras naturais. As estruturas compostas por adobe sobreviveram durante anos, o solo foi um dos primeiros materiais moldados pelo homem, pois é uma matéria prima abundante e de fácil acesso.

Um ponto importante a se destacar é a compreensão da duração e o comportamento desses materiais em relação a variação da temperatura. No Brasil, as principais regiões que se encontram estruturas compostas por adobe são as regiões com climas quentes, secos e que possuem um baixo índice pluviométrico. Para tanto, é primordial o monitoramento e gestão das edificações históricas a fim de evitar o aparecimento de manifestações patológicas e auxiliar na conservação.

Apesar do seu extenso emprego no exterior e crescente no Brasil, O BIM para gerenciamento da vida útil de edificações históricas ainda é pouco explorado. O *Historic Building Information Modeling* (H-BIM) nada mais é que a extensão do conceito BIM para as edificações históricas.

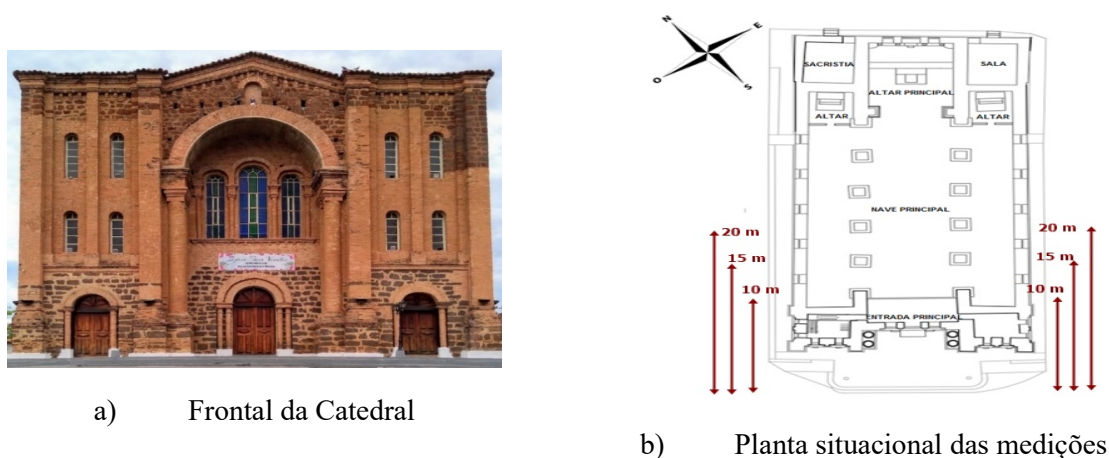
MATERIAL E MÉTODOS

Localizada em Porto Nacional no Tocantins, a Catedral Nossa Senhora das Mercês é um monumento histórico, constituída por um sistema misto de pedra e adobe, englobando um estilo românico de Toulouse na França (IPHAN, 2018), ver Figura 1a.

Para realizar o estudo, foi medido as temperaturas da Catedral Nossa senhora das Mercês nas laterais externas da estrutura. As distâncias para obter as temperaturas nas laterais foram definidas através da parte frontal, com o auxílio de uma trena, obtendo as distâncias de 10, 15 e 20 metros, como exemplifica a Figura 1b.

As temperaturas externas foram medidas através de termômetro infravermelho. Assim, foram adotadas as alturas de 30 cm, 2 metros, 3 metros e 7 metros. As medições ocorreram em 3 horários distintos, cada temperatura foi medida 3 vezes e após foi calculado a média diária, também foram utilizadas as máximas e mínimas temperaturas para cada horário. Estas medições serviram como comparativo as obtidas pelo Revit.

Figura 1. Catedral Nossa Senhora das Mercês e planta situacional das medições.



Após obter os valores necessários das temperaturas, foi iniciado o projeto arquitetônico no software Revit 2020. A extração de informações da edificação foi realizada pela técnica de fotogrametria com uso de drones e câmeras, posteriormente nuvem de pontos para facilitar a modelagem. Os parâmetros dos materiais adobe e pedra (ver tabela 1), foram empregados de acordo com os valores encontrados nos trabalhos de Tagomori e Cavallaro (2011), Pereira (2008), Zinganoi, Koppeil e Costa (2006), Vallejo (2002) e Souza (2010).

Tabela 1 - Propriedades térmica e mecânica do adobe e do arenito

Adobe		Arenito
Térmico	Mecânica	Térmico
Condutividade Térmica 0,5200 w/m.k	Módulo Young 55 GPa	Condutividade Térmica 3200 w/m.k
Calor Específico 0,8370 J/G.°C	Coefficiente de Poisson 0,25	Calor Específico 0,71 J/G.°C
Densidade 1730,00 kg/m ³	Densidade 2150 kg/m ³	Emissividade 0,90
	Resistência à compressão 77 MPa	Porosidade 0,10

Fonte: (Tagomori e Cavallaro, 2011; Pereira, 2008; Zinganoi, Koppeil e Costa, 2006; Vallejo, 2002; e Souza, 2010)

A localização da catedral em termos de latitude e longitude foram informados ao Revit de forma exata para obtenção dos valores das temperaturas, umidade e posição solar, como base a estação meteorológica mais próxima. Desta forma, a estação localizada pelo Revit foi a do antigo aeroporto de Porto Nacional. Após esta etapa, foi iniciada a etapa das análises geradas no Revit através do *Green Building Studio*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

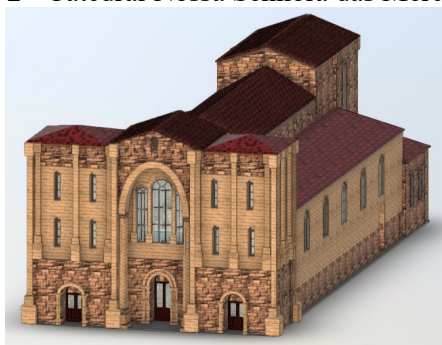
Os valores das temperaturas obtidas da parte externa da estrutura no mês de janeiro de 2020 estão apresentados na tabela 2. Devido a pandemia, não foi possível realizar as medições no período de julho a setembro, que compreende o período quente.

Tabela 2 – Temperaturas Medidas in loco da Catedral Nossa Senhora das Mercês.

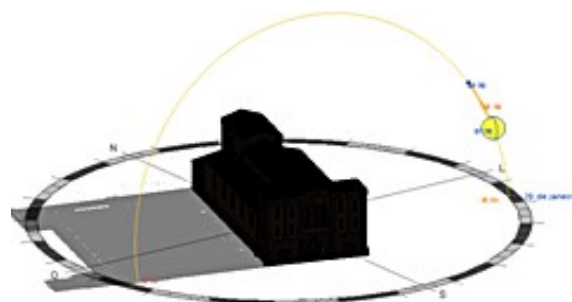
27/01/2020				
Vista Oeste				
Temperaturas	07:30 – 08:30 h	11:30 – 12:30 h	17:30 – 18:30 h	Média do Dia
Maior	23 °C	33 °C	29 °C	28 °C
Menor	22 °C	32 °C	27 °C	
27/01/2020				
Vista Leste				
Temperaturas	07:30 – 08:30 h	11:30 – 12:30 h	17:30 – 18:30 h	Média do Dia
Maior	24 °C	25 °C	30 °C	26 °C
Menor	23 °C	25 °C	29 °C	
31/01/2020				
Vista Oeste				
Temperaturas	07:30 – 08:30 h	11:30 – 12:30 h	17:30 – 18:30 h	Média do Dia
Maior	27 °C	32 °C	33 °C	31 °C
Menor	27 °C	31 °C	33 °C	
31/01/2020				
Vista Leste				
Temperaturas	07:30 – 08:30 h	11:30 – 12:30 h	17:30 – 18:30 h	Média do Dia
Maior	33 °C	38 °C	39 °C	36 °C
Menor	32 °C	36 °C	39 °C	

A figura 2a apresenta a edificação modelada em 3D da Catedral desenvolvido no software Revit 2020. As figuras 2b, c e d apresenta a posição solar para os horários de estudo.

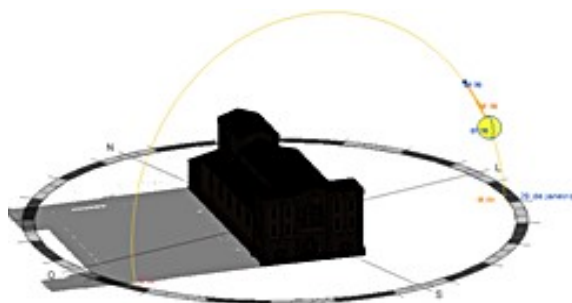
Figura 2 - Catedral Nossa Senhora das Mercês.



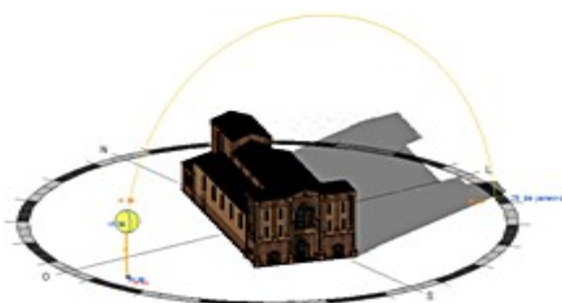
a) Modelo 3D da Catedral



b) Horários 07:30 as 08:30



c) Horários 11:30 as 12:30



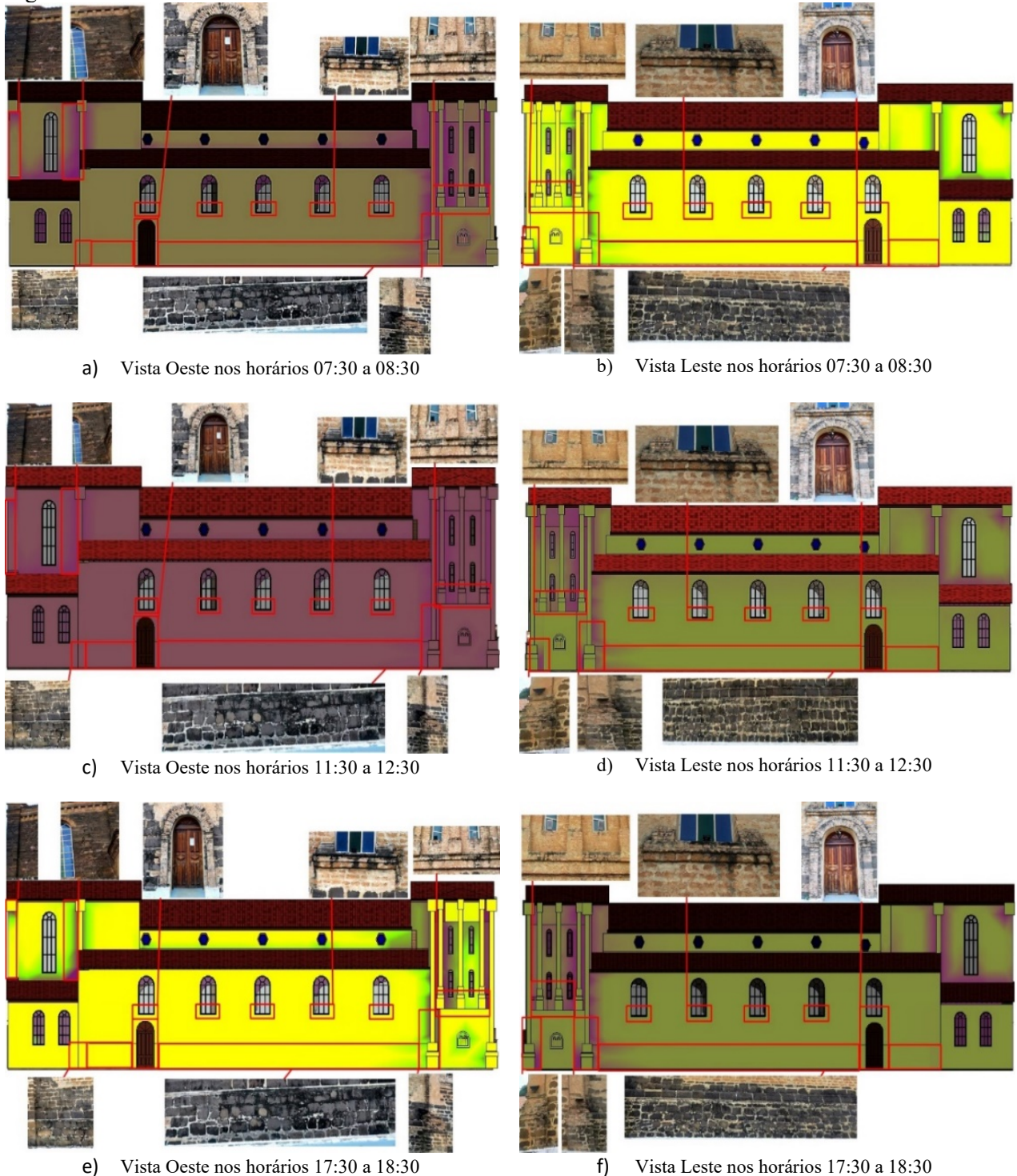
d) Horários 17:30 as 18:30

Através do Green Building Studio foi obtido um modelo térmico, que possibilita a análise das áreas onde foi obtido maior concentração de umidade e de calor na estrutura. Ao estudar as manifestações patológicas já encontradas na estrutura foi possível relacioná-las com a concentração de

umidade. As figuras 3a, b, c, d, e, f apresentam a análise solar em conjunto com algumas manifestações patológicas encontradas na estrutura. É possível observar várias manifestações patológicas, diversas dessas ocasionadas pelo excesso de umidade e pela insuficiência solar. Como exemplo, tem-se os limos e bolor oriundos de manchas de umidade causada por algas e fungos.

Ao concluir a análise solar foi possível observar que nos locais em que se obteve essas manifestações patológicas são as regiões em que existe uma insuficiência solar, representada pela coloração roxa.

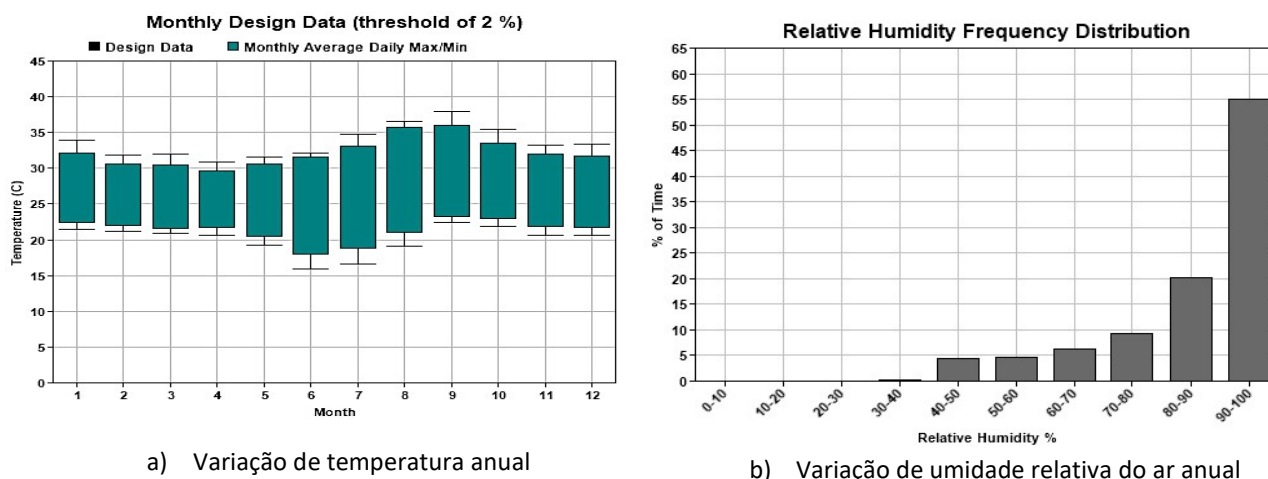
Figura 3 – Anomalias na Catedral Nossa Senhora das Mercês



A Figura 4 apresenta a variação de temperatura de projeto na Catedral Nossa Senhora das Mercês durante os meses de janeiro a dezembro, obtendo uma margem de erro de 2% para a mínima e a máxima temperatura de cada mês. Pode-se notar que a variação média da temperatura não é muito discrepante, que existe uma constância em relação a temperatura. Além disso, é possível observar que as menores e maiores temperaturas ocorrem consecutivamente nos meses de junho e setembro. É possível observar que no mês de janeiro as temperaturas de projeto variam de 21 para 34°C incluindo a margem de erro, enquanto a média diária para as temperaturas verificadas in loco variou de 26 para 36°C. Vale ressaltar que embora o equipamento utilizado in loco não seja o mais avançado e que não foram feitas muitas medições ao longo do mês, é relevante verificar que a diferença de média de temperaturas é relativamente pequena. Outro ponto importante é que os meses de agosto e setembro apresentaram temperatura mais elevadas, esse fato é coerente devido ser considerado os meses mais quentes na região.

A Figura 4 considera a relação anual de umidade relativa. Observa-se que em 55 % do tempo a umidade relativa está entre 90 e 100, o que explica porque Porto Nacional tem uma sensação térmica elevada, também é considerado um dos fatores que causam manifestações patológicas, por exemplo, quando ocorre o fato da umidade do ar está muito alta existem grandes chances do aparecimento de fungos, mofo e bolores, sendo algumas das anomalias encontrados na Catedral Nossa Senhora das Mercês.

Figura 3 – Variação da temperatura e umidade relativa do ar anualmente



a) Variação de temperatura anual

b) Variação de umidade relativa do ar anual

CONCLUSÃO

A proposta da utilização do H-BIM facilita na gestão e conservação de edificações históricas, melhorando a vida útil da mesma e gerando um controle maior destas edificações.

Toda estrutura está sujeita a ações climáticas, no entanto essas ações podem ser prejudiciais para as estruturas compostas por adobe, ocasionando manifestações patológicas. Ao analisar o modelo energético produzido pelo software Revit através do *Green Building Studio* pode-se concluir que a Catedral Nossa Senhora das Mercês possui ao longo do ano insuficiência solar e sofre com alta umidade relativa do ar, gerando grande parte das manifestações patológicas encontradas, contribuindo assim para a deterioração.

REFERÊNCIAS

- BRITO, Jorge de; FLORES, Inês. Paredes de Alvenaria de Pedra Natural. Instituto Superior Técnico Cadeira de Construção de Edifícios. 2003.
- DORE, Conor; MURPHY, Maurice. Integration of historic building information modeling (HBIM) and 3D GIS for recording and managing cultural heritage sites. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIRTUAL SYSTEMS AND MULTIMEDIA: VIRTUAL SYSTEMS IN THE INFORMATION SOCIETY, 18., 2012, Milan.

- E. A. ROCHA, et. al (2018), Adaptação de mapa de danos para edifícios históricos com problemas patológicos: Estudo de Caso da Igreja do Carmo em Olinda PE., Revista ALCONPAT, 8 (1), pp. 51 – 63.
- IPHAN. Catedral Nossa Senhora das Mercês de Porto Nacional (TO) receberá ações de restauração. IPHAN TOCANTINS, 11 de outubro de 2018.
- MANDUCA, Talles. Tombamento do Centro Histórico de Porto Nacional. Porto Nacional. 2007.
- OLIVEIRA, Maria de Fátima. Um Porto no Sertão: Cultura e cotidiano em Porto Nacional 1880/1910. 1997. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de História, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1997. Cap. 5.
- PEREIRA, Daniel Augusto de Moura et al. Projeto De Uma Bioalvenaria De Vedação A Partir De Terra Crua: O Caso Do Tijolo De Adobe. Revista Saúde e Ciência, p.64-75, dez. 2014.
- PEREIRA, Emmanuelle Santos. Determinação Das Propriedades Térmicas Das Rochas Do Embasamento Adjacente A Bacia Do Recôncavo. 2008. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Geofísica, Departamento de Geologia e Geofísica Aplicada do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal da Bahia Instituto de Geociências, Salvador – Bahia, 2008. Cap. 1.
- PISANI, Maria Augusta Justi. Taipas: A Arquitetura De Terra. EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.
- SOUZA, Gabriela Trichês de. Construção, Conforto Ambiental e Uso Racional de Energia: utilização de imagens em infravermelho para análise térmica de componentes construtivos. 2010. 27 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica Pibic/cnpq – Bip/ufsc 2009/2010, Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Civil, Florianópolis, 2010.
- TAGOMORI, Andreia Tiemi; CAVALLARO, Fernanda. Construção Em Tijolo De Adobe. 2011. 12 f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura, Aut 221 - Arquitetura, Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Universidade de São Paulo - Fau Usp, São Paulo, 2011. Cap. 1.
- VALLEJO, L. I. G.; FERRER, M.; ORTUÑO, L.; OTEO, C. Engenharia geológica. Madrid: Prentice Hall, 2002.
- VARUM, Humberto et al. Caracterização Do Comportamento Estrutural De Paredes De Alvenaria De Adobe. Revista da Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões, Portugal, v. 15, n. 10, p.1-10, 2008.
- VENDRAME, Luis Gabriel Viana. Otimização energética num supermercado utilizando o revit® e estratégias de daylighting - soluções passivas e ativas .2017.
- ZINGANOI, André Cezar; et. al. Pilar-barreira entre painéis de lavra para a mina de carvão. Rem: Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 60, n. 1, p. 1-11, 01 dez. 2006.