

DETERMINAÇÃO DA ABSORTÂNCIA PELO MÉTODO DE PADRÕES COMPARATIVOS

G. G. Nobre^{1*}, E. Bauer²

*Autor de Contato: guilhermegnobre.eng@gmail.com

¹ Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil

² Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil

RESUMO

A absorvância é uma propriedade para realizar análises e simulações térmicas, pois permite a obtenção de resultados mais fidedignos. Com base nisto, este artigo objetiva a aplicação de uma metodologia de comparação, adaptado de Dornelles (2007b) para determinação dos valores aproximados da absorvância. Com o auxílio de um banco de dados e do programa WUFI Pro 5.0[®], são realizadas simulações na orientação norte, de quatro edifícios distintos, para análises da temperatura máxima e da amplitude térmica, como forma de exemplificar a utilização da absorvância. Os resultados apresentados mostraram que a absorvância tem grande influência nos pontos analisados e que a metodologia aplicada é uma alternativa para determinar valores aproximados de absorvância para as simulações.

Palavras chave: Absorvância; Simulação; Fluxo de calor; Temperatura; Amplitude térmica.

RESUMEN

La absorptancia es una propiedad para realizar análisis y simulaciones térmicas, ya que permite obtener resultados más fiables. Con base en esto, este artículo tiene como objetivo aplicar una metodología de comparación, adaptada de Dornelles (2007b) para determinar los valores aproximados de absorptancia. Con la ayuda de una base de datos y el programa WUFI Pro 5.0[®], se realizan simulaciones en la orientación norte, de cuatro edificios diferentes, para el análisis de la temperatura máxima y la amplitud térmica, como una forma de ejemplificar el uso de la absorptancia. Los resultados presentados mostraron que la absorptancia tiene una gran influencia en los puntos analizados y que la metodología aplicada es una alternativa para determinar valores de absorptancia aproximados para las simulaciones.

Palabras llave: Absorptancia; Simulación; Flujo de calor; Temperatura; Rango térmico.

ABSTRACT

Absorptance is a property to perform thermal analysis and simulations, as it allows obtaining more reliable results. Based on this, this article aims to apply a comparison methodology, adapted from Dornelles (2007b) to determine approximate absorptance values. With the help of a database and the WUFI Pro 5.0[®] program, simulations are carried out in the north orientation, of four different buildings, for analysis of the maximum temperature and the thermal amplitude, as a way of exemplifying the use of absorptance. The presented results showed that the absorptance has a great influence on the analyzed points and that the applied methodology is an alternative to determine approximate absorptance values for the simulations.

Keywords: Absorptance; Simulation; Heat flux; Temperature; Thermal range.

1. INTRODUÇÃO

A radiação proveniente do Sol atinge a Terra na forma de ondas eletromagnéticas curtas, alcançando as edificações de três formas distintas (ZANONI, 2015). Essas são denominadas: radiação direta, difusa e refletida, onde a somatória destas denomina-se radiação total. A radiação direta é a que passa pela atmosfera e vai diretamente à superfície analisada, sem sofrer grandes alterações. Já a radiação difusa, ao passar pela atmosfera, sofre processos de difusão, reflexão e absorção, os quais dependem das nuvens e de partículas que compõem a atmosfera. A radiação refletida ao passar pela atmosfera, atinge outros corpos e reflete para a superfície da fachada (ZANONI, 2015).

Vale salientar que a principal fonte responsável pelo ganho térmico das edificações é a radiação solar, principalmente em regiões de clima quente (COELHO et. al., 2017). A radiação também se altera dependendo da orientação em que se encontra a edificação, onde no hemisfério norte as regiões críticas são a sul e oeste, já no hemisfério sul se altera para norte e oeste (SILVA, 2014; NASCIMENTO, 2016).

A absorptância pode ser definida pela razão entre a taxa de radiação solar absorvida pela taxa de radiação total emitida sobre uma dada superfície (ABNT, 2005). A radiação total que incide sobre uma superfície pode ter três comportamentos distintos: pode ser absorvida (absorptância), refletida (refletância) ou atravessa (transmitância), sendo que a soma desses três deve ser a unidade (RORIZ, 2008).

A radiação total (I_t) incidente sobre uma vedação opaca é dividida em duas partes distintas, sendo que uma é absorvida ($I_t.a$) e outra é refletida ($I_t.p$), pois a transmitância é zero. A absorptância tem relação direta com o acréscimo de temperatura superficial, ou seja, quanto maior a absorptância,

maior será a radiação absorvida e como consequência maior o incremento de temperatura na superfície (COELHO et. al., 2017).

As tonalidades claras possuem absorvância menor, quando comparado com tonalidades escuras. Isso ocorre porque cores claras tem facilidade de refletir, enquanto cores escuras absorvem a radiação incidente (RORIZ, 2008). Por isso fachadas com valores de absorvância menores, tendem a aquecer menos quando comparados a valores de absorvância maiores.

A norma brasileira de desempenho (ABNT, 2013) expõe três valores de absorvância, sendo divididos em cor clara ($\alpha = 0,3$), cor média ($\alpha = 0,5$) e cor escura ($\alpha = 0,7$). Tal classificação dificulta a análise do desempenho térmico em edificações. Chvatal (2014) correlacionou os resultados obtidos pelo procedimento de avaliação simplificada da NBR 15575 (ABNT, 2013) e pela simulação chegou à conclusão que os métodos produzem respostas distintas e que o procedimento de avaliação simplificada não é sensível à ação da transmitância e da absorvância.

Com base no que é exposto, este trabalho tem como objetivo descrever uma metodologia fundamentada na avaliação comparativa adaptada de Dornelles (2007b), para determinar o valor aproximado da absorvância das fachadas. Propõe-se então a aplicação dos valores de absorvância na simulação higrotérmica do programa WUFI Pro 5.0®, analisando os valores de temperatura máxima e amplitude térmica de quatro edifícios localizados em Brasília – Brasil.

2. MÉTODOS

2.1 Detalhando o método de estimativa da absorvância

A fim de definir o valor aproximado da absorvância a ser usado, utiliza-se o trabalho de Dornelles (2007b) com algumas adaptações, que descreve cinco grupos de tonalidades com suas respectivas absorvâncias. Os cinco grupos de tonalidades são conjuntos de 78 cores ao todo, das quais são descritas a absorvância correspondente. Neste caso, separa-se todas as cores semelhantes à fachada em análise, de pelo menos quatro dos cinco grupos e exclui-se os valores extremos, optando por um dos valores intermediários. Vale ressaltar que não recomenda-se calcular o valor médio das absorvâncias, e sim usar um valor estabelecido dentro dos grupos.

O método pode ser exemplificado com uma fachada hipotética, onde selecionam-se todas as cores similares nos cinco grupos presentes no trabalho de Dornelles (2007b) e retira-se os valores maiores e menores de absorvância, até que reste apenas um valor intermediário. Vale ressaltar que Dornelles (2007b) traz uma tabela com as diversas cores e seus respectivos valores de absorvância.

É utilizada a metodologia proposta para determinar um valor aproximado de absorvância em um banco de dados composto por 41 edifícios, com mais de 340 pontos de análise, localizados na região de Brasília-Brasil. Os edifícios possuem revestimento cerâmico e variam de 5 a 48 anos de construção. Para exemplificar a utilização da absorvância, é proposta uma aplicação na simulação higrotérmica, que é descrita no item 2.2.

2.2 Simulação

São escolhidos quatro edifícios dentre as opções contidas no banco de dados e com o auxílio da metodologia adaptada de Dornelles (2007b) são determinadas as absorvâncias (tabela 1) para se realizar a simulação. Todos os edifícios possuem revestimento cerâmico e, sendo assim, opta-se por realizar a simulação somente na fachada norte.

Tabela 1 – Idades e absorvância de cada edifício.

EDIFÍCIO	IDADE	ABSORTÂNCIA	ORIENTAÇÃO
12	19	34,6	NORTE
31	24	62,5	NORTE
9	36	55,2	NORTE
23	43	28,2	NORTE

Com o auxílio do programa WUFI Pro 5.0[®], é realizado uma simulação de transferência de calor em cada edifício, na orientação norte, a fim de se estudar o comportamento do revestimento com relação ao transporte térmico. Para a simulação higrotérmica são colocados no programa os dados de entrada, na qual é realizada a caracterização do sistema e das propriedades dos materiais que irão constituir cada camada, além de determinar os dados do clima onde o edifício está localizado e os coeficientes.

As propriedades dos materiais são obtidas do Relatório Interno do LEM-UnB (BAUER; NASCIMENTO; CASTRO, 2015). Os coeficientes necessários para a simulação são a resistência superficial externa (R_{se}) e interna (R_{si}), absorvância (α) e refletividade, onde com exceção da absorvância, que é obtida pela metodologia descrita neste trabalho, o restante é estabelecido pelo próprio programa.

Os dados do clima são obtidos por meio dos arquivos climáticos TMY (Typical Meteorological Year) e da base EPW/ANTAC (RORIZ, 2012), que são dados horários de um ano climático típico, configurados para simulação computacional. Após essa etapa é realizada a simulação considerando o tempo de um ano, resultando assim nos dados de saída, que, para esse estudo, se relacionam à temperatura.

A fachada é representada durante a simulação da seguinte forma: são colocados 5 pontos de análise, sempre entre as camadas. A primeira camada é a da peça cerâmica (0,5 cm), seguida pelo emboço argamassado (2 cm), bloco cerâmico (9 cm) e por fim, a argamassa de revestimento interno (2 cm). O programa WUFI Pro 5.0[®] gera dados relacionados ao transporte de calor que são analisados com o auxílio do programa Excel. Com relação a temperatura, analisou-se a amplitude térmica e temperatura máxima de cada mês, como é descrito com mais detalhe posteriormente.

2.3 Temperatura máxima

A partir dos dados de saída do programa WUFI Pro 5.0[®] é calculado a temperatura máxima mensal ($T_{m\acute{a}x}$), que é a maior temperatura registrada no mês para os dados da simulação. Os dados analisados são tanto da temperatura superficial externa (temperatura da superfície do revestimento), como da temperatura ambiente (temperatura ambiente externa) para o cálculo da temperatura média anual (1).

$$T_{m\acute{e}d} = \frac{\sum T_{m\acute{a}x\ i}}{12} \quad (1)$$

Onde $T_{m\acute{e}d}$ é a média das temperatura máximas, $T_{m\acute{a}x\ i}$ é a temperatura máxima registrada no mês i , 12 é a quantidade total de meses.

2.4 Amplitude térmica

A amplitude térmica (2) é a diferença entre a temperatura máxima diária pela temperatura mínima diária, na qual é registrada para cada mês a maior amplitude diária, além do cálculo da amplitude térmica média registrada para cada edifício. Os dados analisados também são os da temperatura superficial e da temperatura ambiente para o cálculo da amplitude térmica média (3).

$$\Delta T = T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}} \quad (2)$$

Onde ΔT é a amplitude térmica, $T_{\text{máx}}$ é a temperatura máxima diária e $T_{\text{mín}}$ é a temperatura mínima diária.

$$\Delta T_{\text{méd}} = \frac{\sum \Delta T_{\text{máx } i}}{12} \quad (3)$$

Onde $\Delta T_{\text{méd}}$ é a média da amplitude térmica máxima, $\Delta T_{\text{máx } i}$ é a amplitude térmica máxima registrada no mês i , 12 é a quantidade total de meses.

3. RESULTADOS

3.1 Tabela resumo

A tabela resumo apresenta a aplicação da metodologia proposta, adaptada de Dornelles (2007b) para determinação de um valor aproximado de absorvência, em que é aplicado o método e os valores da absorvência de 41 edifícios são estipulados e tabelados com suas respectivas cores, como está descrito na tabela 2. O valor de absorvência pode ser usado para simulações, possibilitando uma análise do comportamento térmico dos edifícios. Os valores de absorvência determinados são distintos, variam de 28,2% a 72,9%, mostrando que o banco de dados possui cores claras que absorvem pouca energia térmica e cores escuras que absorvem mais energia térmica.

Tabela 2 - Tabela Resumo.

EDIFÍCIO	ABSORTÂNCIA (%)	COR
1	28,2	BRANCO
2	28,2	BRANCO
3	34,6	AMARELO
4	72,9	AMARELO
5	72,9	AZUL
6	28,2	BRANCO
7	72,9	AZUL
8	28,9	BRANCO
9	55,2	AMARELO
10	34,6	AMARELO
11	34,6	AMARELO
12	34,6	AMARELO
13	37,5	AZUL
14	63,5	VERMELHO
15	37,5	AZUL
16	56,1	AMARELO
17	56,1	AMARELO
18	56,1	AMARELO
19	56,1	AMARELO
20	56,1	AMARELO
21	56,1	AMARELO
22	56,1	AMARELO
23	28,2	BRANCO
24	28,2	BRANCO
25	37,5	BRANCO
26	37,5	BRANCO
27	37,5	BRANCO
28	63,5	VERMELHO
29	63,5	VERMELHO
30	63,5	VERMELHO
31	62,5	MARROM
32	60,3	CINZA
33	60,3	CINZA
34	60,3	CINZA
35	60,3	CINZA
36	60,3	CINZA
37	60,3	CINZA
38	60,3	CINZA
39	60,3	CINZA
40	56,1	AMARELO
41	60,3	CINZA

3.2 Temperatura máxima

A temperatura máxima mensal está descrita na figura 1, onde se observa que em todos os meses, os valores estão em concordância com a absortância, pois quanto maior a absortância, maior a temperatura. Se obteve os maiores valores de temperatura máxima no mês de julho, dando destaque para o edifício 31 (48,87°C), seguido pelo 9 (46,42°C), 12 (39,49°C) e 23 (37,34°C). Já os menores valores ocorreram no mês de dezembro, seguindo a mesma ordem do mês de julho, com o edifício 31 (35,09°C), seguido pelo 9 (34,08°C), 12 (31,48°C) e 23 (30,73°C). Ademais, observa-se que quanto maior a absortância, maior é o valor da temperatura máxima.

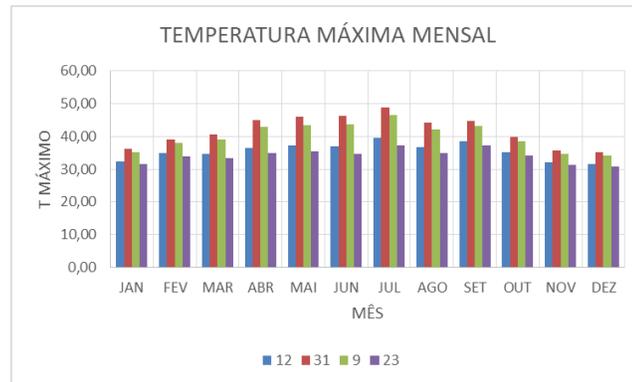


Figura 1 – Temperatura máxima mensal.

Os valores médios de temperatura máxima anual são descritos na figura 2, são calculados para a superfície da fachada de cada edifício e a temperatura ambiente, que por sua vez será igual para todos, já que estão na mesma cidade. O maior valor de média das temperaturas máximas é do edifício 31 (41,77°C), seguido pelo 9 (40,10°C), 12 (35,47°C), 23 (34,10°C) e a menor é a temperatura ambiente (29,35°C). Nota-se que quanto menor a absorvância menor é o incremento de temperatura, quando comparado com a temperatura ambiente. Já a figura 3 mostra a relação entre a absorvância e a média das temperaturas máximas de cada edifício, onde observa-se uma relação praticamente linear entre os valores, revelando que existe uma relação entre absorvância e temperatura máxima.

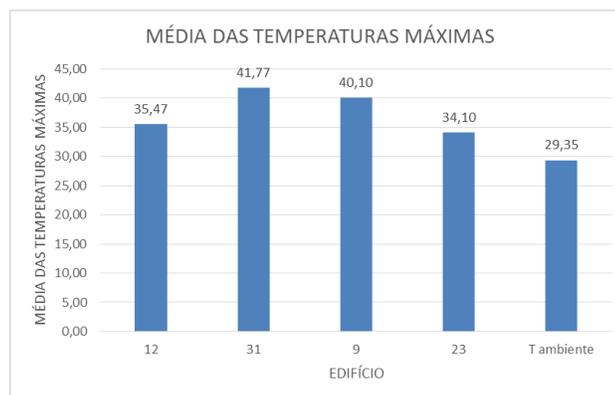


Figura 2 – Média das temperaturas máximas mensais da superfície e da temperatura ambiente.

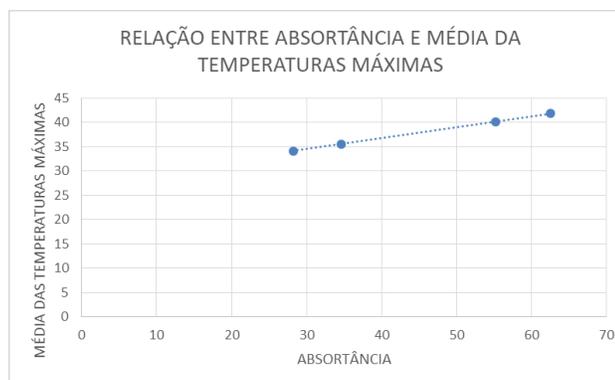


Figura 3 – Relação entre absorvância e média das temperaturas máximas da superfície da fachada.

3.3 Amplitude térmica

A amplitude térmica máxima mensal é apresentada na figura 4, onde os maiores valores ocorreram no mês de julho, com o edifício 31 (31,66°C), seguido pelo 9 (29,28°C), 12 (22,55°C) e 23 (20,46°C). Já os menores valores são observados no mês de dezembro, novamente seguindo a mesma ordem com o edifício 31 (15,74°C), seguido pelo 9 (14,69°C), 12 (11,77°C) e 23 (11,08°C). Observa-se que a amplitude térmica também tem relação com a absorvância, pois quanto maior a absorvância maiores são os valores de amplitude.

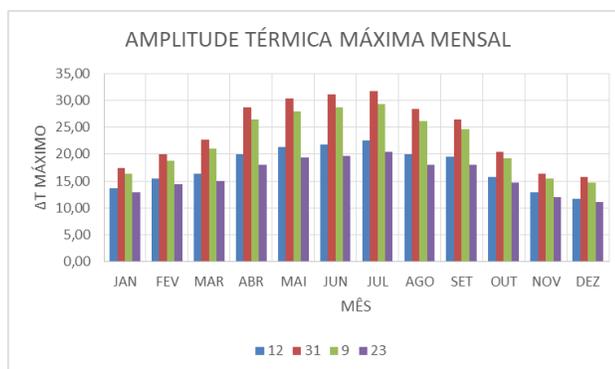


Figura 4 – Amplitude térmica máxima mensal.

A média das amplitudes térmicas máximas na superfície de cada edifício e da temperatura ambiente são apresentadas na figura 5, onde segue a mesma ordem da média das temperaturas máximas, com o edifício 31 (24,12°C) com os maiores valores, seguido pelo 9 (22,41°C), 12 (17,61°C), 23 (16,15°C) e a temperatura ambiente com o menor valor (12,53°C). Ademais, observa-se que quanto menor a absorvância, menor é o incremento da amplitude, quando comparado com a temperatura ambiente. A relação entre a absorvância e a média das amplitudes térmicas para cada edifício é apresentada figura 6, onde observa-se uma relação praticamente linear, mostrando assim que existe uma correlação entre absorvância e amplitude térmica.

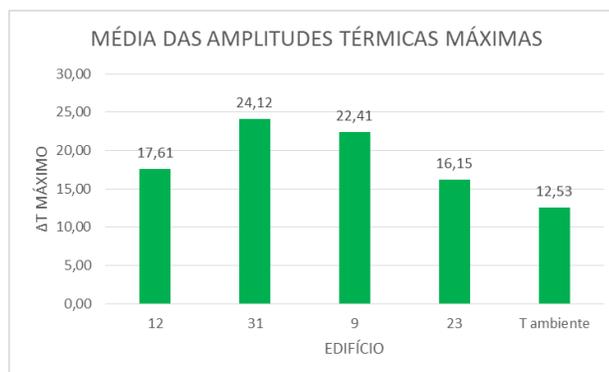


Figura 5 - Média da amplitude térmica máxima da superfície e da temperatura ambiente.

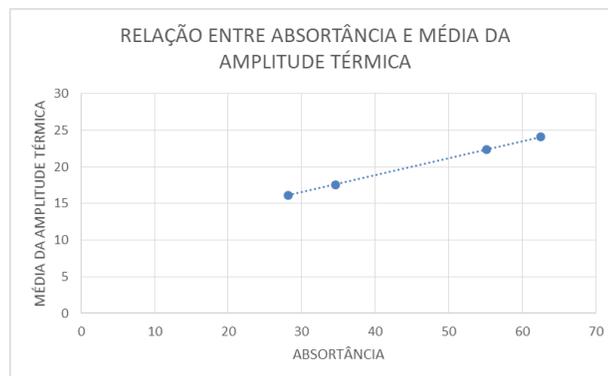


Figura 6 – Relação entre absorvância e média das amplitudes térmicas da superfície da fachada.

Os resultados apresentados mostram a influência da absorvância em parâmetros associados à temperatura superficial das fachadas, como temperatura máxima e amplitude térmica. O que condiz com a afirmativa de que a absorvância tem influência no fluxo térmico das edificações (DORNELLES; RORIZ, 2007a). Diversos autores (THOMAZ, 1989; SARAIVA, 1998; FIORITO, 2009) concordam que a fissuração e o deslocamento ocorrem principalmente por causa da variação térmica, que pode gerar variações dimensionais que são danosas ao edifício. Logo, revestimentos com elevados valores de absorvância podem estar relacionados com processos mais intensos de degradação, o que impacta no desempenho e vida útil das fachadas.

4. CONCLUSÕES

O artigo tem como objetivo descrever uma metodologia de avaliação comparativa, adaptada de Dornelles (2007b), para determinar um valor aproximado da absorvância. Com os valores obtidos por esse método, são realizadas quatro simulações no programa WUFI Pro 5.0®, analisando a amplitude térmica máxima e temperatura máxima de cada mês de quatro edifícios distintos, como forma de exemplificar uma utilização da absorvância. Tendo por base o que é exposto, é possível concluir que a absorvância tem influência na temperatura superficial dos edifícios e que o método adaptado de Dornelles (2007b), é uma alternativa para determinação dos valores aproximados de absorvância da fachada, possibilitando assim a realização de simulações. A própria norma de desempenho ABNT NBR 15575 (2013) expõe apenas três valores, sendo um parâmetro que necessita de valores mais precisos para alcançar simulações mais próximas da realidade.

5. REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2005). *NBR 15220-1: desempenho térmico de edificações - parte 1: definições, símbolos e unidades*. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2013). *NBR 15575-1: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro.

BAUER, E.; NASCIMENTO, M.L.M.; CASTRO, E.K. (2015). *Parâmetros e ensaios físicos de materiais e componentes da fachada*. Relatório interno – Laboratório de Ensaio de Materiais (LEM) –UnB/ENC.

CHVATAL, K. M. S. (2014). *Avaliação do Procedimento Simplificado da NBR 15575 Para Determinação do Nível de Desempenho Térmico de Habitações*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 119-134, out./dez.

COELHO, T. da C. C.; GOMES, C. E. M.; DORNELLES, K. A. (2017). *Desempenho térmico e absorvência solar de telhas de fibrocimento sem amianto submetidas a diferentes processos de envelhecimento natural*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 147-161, jan./mar. 2017. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000100129>.

DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. (2007a). *Influência das tintas imobiliárias sobre o desempenho térmico e energético de edificações*. X Congresso Internacional de Tintas. Anais...São Paulo.

DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. (2007b). *A ILUSÃO DAS CORES NA IDENTIFICAÇÃO DA ABSORTÂNCIA SOLAR DE SUPERFÍCIES OPACAS*. In: IX ENCAC E VII ELACAC, 2007, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: ANTAC.

FIORITO, A. J. S. I. (2009). *Manual de Argamassa e Revestimento – Estudo e Procedimento de Execução*. Editora Pini, São Paulo, SP.

NASCIMENTO, M. L. M. (2016). *Aplicação da Simulação Higrotérmica na Investigação da Degradação de Fachadas de Edifícios*. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 173p.

RORIZ, M. (2012). *Correções nas Irradiâncias e Iluminâncias dos arquivos EPW da Base ANTAC*. Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações. ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Carlos – SP.

RORIZ, M. (2008). *Apostila da Disciplina CONFORTO E DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES*, São Carlos – SP.

SARAIVA, A. G. (1998). *Contribuição ao Estudo de Tensões de Natureza Térmica em Sistema de Revestimento Cerâmico de Fachada*. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, DF.

SILVA, M. N. B. (2014). *Avaliação Quantitativa da Degradação e Vida Útil de Revestimentos de Fachada – Aplicação ao Caso de Brasília/DF*. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.TD-006A/14, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 198 p.

THOMAZ, E. (1989). *Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação*. São Paulo: PINI, EPUSP, IPT.

WUFI Pro 5.3. IBP - *Fraunhofer Institute for Building Physics*. Holzkirchen, Germany, 2013.

ZANONI, V.A.G. (2015). *Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento higrotérmico de fachadas em Brasília*. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, DF, 293 p.