



ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE FACHADAS PARA O RIO DE JANEIRO

Raynnara Ribeiro Dias Lucenas¹
lucenasraynnara@gmail.com

Jeciane do Nascimento Sousa²
jecianesousa20@gmail.com

Érica Rodrigues dos Santos³
ericarodriguesdossantos.oc@gmail.com

Matheus Leoni Martins Nascimento⁴
matheus.nascimento@unieuro.com.br

ÁREA: PATOLOGIA

Resumo

Os revestimentos que constituem as fachadas possuem a função de protegê-las dos agentes externos de degradação de forma a auxiliar na função de vedação das mesmas. Estes agentes são em maioria de origem climática, destacando-se a chuva dirigida, radiação solar e amplitude térmica. Dependendo da sua intensidade sobre as fachadas, tais agentes poderão originar o surgimento de manifestações patológicas que resultarão no comprometimento do desempenho e vida útil da edificação, quando as devidas tratativas não forem observadas. Para quantificar a incidência destes agentes, pode ser utilizado o software WUFI® Pro 6.1 que realiza simulações higrotérmicas e pode ser utilizado para relacionar os resultados obtidos com a possível deterioração das fachadas. Desta forma, o presente artigo tem como objetivo analisar o comportamento de um sistema de vedação vertical, com acabamento em revestimento cerâmico, sob a influência do fenômeno amplitude térmica, para a cidade do Rio de Janeiro. Através deste *software*, foram quantificados os valores de chuva dirigida e radiação solar para a cidade em estudo, assim como a amplitude térmica, considerando dois valores de absorvância: 0,3 e 0,7, incidentes sobre as fachadas de um edifício. Os valores encontrados apontaram as fachadas mais propícias ao surgimento de anomalias, sendo elas Norte e Oeste, respectivamente. Deste modo, o *software* pode ser utilizado como ferramenta para auxiliar nas estratégias de manutenção das edificações, assim como tais resultados tornam possíveis a elaboração de tipologias construtivas adequadas, detalhes arquitetônicos e materiais que de forma eficaz, possam atender as solicitações impostas pelo meio à edificação.

Palavras-chave: Simulação Higrotérmica
Manifestações Patológicas
Desempenho
Revestimento Cerâmico
Rio de Janeiro

¹ Graduanda em Engenharia Civil; Centro Universitário Euro Americano, Brasília-DF

² Tec. Edificações; Graduanda em Engenharia Civil, Centro Universitário Euro Americano, Brasília-DF

³ Graduanda em Engenharia Civil; Centro Universitário Euro Americano, Brasília-DF

⁴ Engenheiro Civil, Msc; Centro Universitário Euro Americano, Brasília-DF



ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN DE REVESTIMIENTOS CERÁMICOS DE FACHADAS PARA EL RÍO DE JANEIRO

Raynnara Ribeiro Dias Lucenas⁴

lucenasraynnara@gmail.com

Jeciane do Nascimento Sousa⁵

jecianesousa20@gmail.com

Érica Rodrigues dos Santos⁶

ericarodriguesdossantos.oc@gmail.com

Matheus Leoni Martins Nascimento⁴

matheus.nascimento@unieuro.com.br

AREA: PATOLOGÍA

Resumen

Los revestimientos que constituyen las fachadas poseen la función de protegerlas de los agentes externos de degradación de forma a auxiliar en la función de sellado de las mismas. Estos agentes son en su mayoría de origen climático, destacándose la lluvia dirigida, la radiación solar y la amplitud térmica. Dependiendo de su intensidad sobre las fachadas, tales agentes pueden originar el surgimiento de manifestaciones patológicas que resultarán en el compromiso del desempeño y vida útil de la edificación, cuando las debidas tratativas no sean observadas. Para cuantificar la incidencia de estos agentes, se puede utilizar el software WUFI® Pro 6.1 que realiza simulaciones higrotérmicas y puede ser utilizado para relacionar los resultados obtenidos con el posible deterioro de las fachadas. De esta forma, el presente artículo tiene como objetivo analizar el comportamiento de un sistema de sellado vertical, con acabado en revestimiento cerámico, bajo la influencia del fenómeno amplitud térmica, para la ciudad de Río de Janeiro. A través de este software, fueron cuantificados los valores de lluvia dirigida y radiación solar para la ciudad en estudio, así como la amplitud térmica, considerando dos valores de absorción: 0,3 y 0,7, incidentes sobre las fachadas de un edificio. Los valores encontrados apuntaron las fachadas más propicias al surgimiento de anomalías, siendo ellas Norte y Oeste, respectivamente. De este modo, el software puede ser utilizado como herramienta para auxiliar en las estrategias de mantenimiento de las edificaciones, así como tales resultados hacen posibles la elaboración de tipologías constructivas adecuadas, detalles arquitectónicos y materiales que de forma eficaz, puedan atender las solicitudes impuestas por el medio a la edificación.

Palabras clave: Simulación Higrotérmica

Manifestaciones Patológicas

Rendimiento

Revestimiento Cerámico

Rio de Janeiro

⁴ Graduanda em Engenharia Civil; Centro Universitário Euro Americano, Brasília-DF

² Tec. Edificações; Graduanda em Engenharia Civil, Centro Universitário Euro Americano, Brasília-DF

³ Graduanda em Engenharia Civil; Centro Universitário Euro Americano, Brasília-DF

⁴ Engenheiro Civil, Msc; Centro Universitário Euro Americano, Brasília-DF

Introdução

O estudo da degradação de fachadas tem se tornado um campo relevante devido à importância deste elemento nas edificações. A envoltória é o componente responsável pela vedação vertical e proteção de uma edificação, frente a ação de agentes de degradação. Tais agentes podem ser de origem mecânica, biológica, climática e devido as condições de uso (1). A ação destes agentes sobre as edificações pode comprometer o desempenho e acarretar na diminuição de vida útil para qual a edificação foi projetada.

De acordo com a ABNT NBR 15575 (2) desempenho é definido como sendo o comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas e vida útil (VU) é o período de tempo onde a construção cumpre com os requisitos de desempenho esperados, de acordo com a normatização vigente. Para que uma edificação apresente comportamento satisfatório e até superior aos definidos na etapa de elaboração do projeto, é necessário que planos de manutenção sejam elaborados e aplicados de forma correta e periódica. As manutenções são tidas pelas ações técnicas e tratativas, de caráter intervencionista, que visam garantir vida útil e desempenho do edifício (3).

No Brasil os revestimentos de fachadas mais usuais são os argamassados, cerâmicos ou uma junção dos dois tipos. Para que os revestimentos desempenhem bem sua função no acabamento das vedações, é necessário a elaboração de projeto específico para as fachadas, correta execução, uso de materiais de qualidade e compatíveis com o meio envolvente onde a edificação está localizada, além de mão-de-obra qualificada. Quando estes itens não são observados, aumenta-se a probabilidade do surgimento de anomalias nas fachadas revestidas em placas cerâmicas, sendo elas: descolamento, deslocamento, eflorescências, falhas de vedação e rejunte, fissuras, entre outras (4).

A sociedade tem experimentado nos últimos anos de um avanço tecnológico considerável, e no campo de estudo do desempenho higrotérmico de fachadas de edifícios não tem sido diferente. Várias ferramentas, como os programas computacionais de simulação, têm sido desenvolvidas com o intuito de simular a realidade de exposição das vedações verticais, assim como a quantificação de agentes externos que incidem sobre a mesma e exercem influência sobre ela (5).

Dentre os agentes que afetam diretamente o comportamento das fachadas se encontram os climáticos, sendo eles: a radiação, chuva dirigida e amplitude térmica. A radiação é a energia radiante solar que chega a edificação nas parcelas direta, difusa e refletida. Já por chuva dirigida entende-se o conjunto da chuva e vento, uma vez que a precipitação por si só não causa grandes influências sobre a edificação e por último a amplitude térmica, que consiste em um gradiente que se forma a partir das variações diárias máximas e mínimas de temperatura ao longo da

fachada (6). Tais agentes são os principais responsáveis por causar variações dimensionais de expansão e retração nos revestimentos cerâmicos, além de alterações físicas e químicas (1)(7).

Deste modo, o presente artigo tem o objetivo de avaliar a influência da amplitude térmica em revestimentos cerâmicos, para a cidade do Rio de Janeiro-RJ. Com este intuito, foi utilizado um sistema com revestimento externo em placas cerâmicas e com valores distintos de absorvância.

Metodologia

A presente pesquisa aplicou a ferramenta computacional WUFI® Pro 6.1 na quantificação dos agentes climáticos de degradação externa, incidentes sobre as fachadas de edifícios. Este *software* foi desenvolvido na Alemanha, pelo Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP) e por meio dos resultados obtidos torna-se possível a correlação com o grau de deterioração da envoltória (6).

O procedimento consistiu na realização de simulação higrotérmica, onde ocorreu a caracterização da edificação, meio envolvente e materiais que compõem o sistema das mesmas. Para o presente estudo, foi adotado um edifício exemplo, onde os dados obtidos podem ser utilizados como referência para qualquer edificação existente na localidade em estudo.

A simulação foi feita a partir da correlação das variáveis de radiação e temperatura, objetivando avaliar o comportamento do sistema de vedação com acabamento externo em placas cerâmicas, para as orientações Norte, Sul, Leste e Oeste. O foco do estudo foi o fenômeno de amplitude térmica e a sua influência sobre as fachadas.

Características do sistema simulado

O sistema simulado é composto por bloco cerâmico vazado de oito furos (9 cm), revestido externamente por placas cerâmicas (argamassa de 2,5 cm; argamassa colante de 0,5 cm e placa cerâmica com 0,5 cm) e internamente em argamassa (3 cm), de acordo com a Figura 1. Foram determinadas também duas câmeras de monitoramento, sendo uma localizada na superfície externa e a outra na superfície interna do revestimento, porém, para o presente estudo apenas a influência sobre a camada externa foi considerada. Esta câmera foi responsável por verificar os dados horários de irradiância e gradiente de temperatura, para todo o período da simulação.

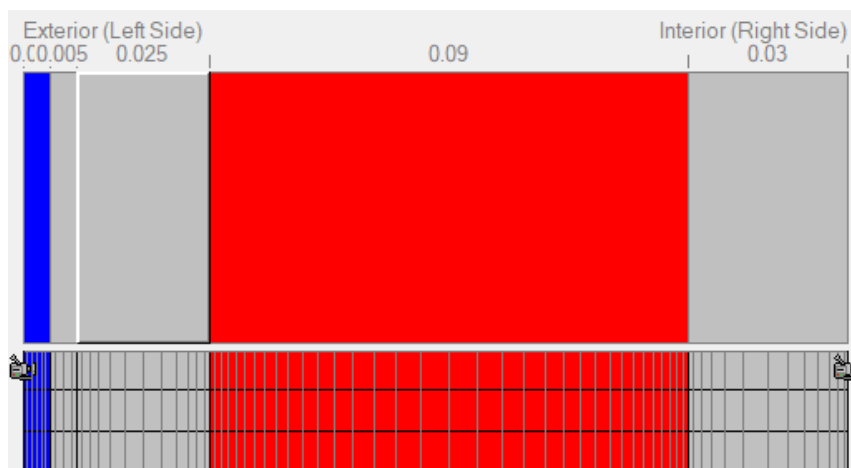


Figura 1: Sistema simulado no software WUFI® (Adaptado WUFI®)

Características higrotérmicas dos materiais que compõem o sistema

O programa WUFI® apresenta um banco de dados, contendo as características higrotérmicas de cada um dos materiais que podem ser aplicados a um sistema construtivo DIN EN 15026 (8). Algumas vezes se torna necessária a alteração/inserção de novos materiais, visando a efetiva representação do comportamento destes. A Tabela 1 traz a representação das características de cada material empregado na simulação, que foram retiradas da dissertação de mestrado de Nascimento (6).

Tabela 1: Propriedades higrotérmicas do sistema simulado (NASCIMENTO, 2016) .

| ELEMENTO CONSTRUTIVO | MASSA ESPECÍFICA APARENTE (KG/M ³) | POROSIDADE (M ³ /M ³) | FATOR DE RESISTÊNCIA À DIFUSÃO DE VAPOR DE ÁGUA (-) | UMIDADE DE SATURAÇÃO LIVRE (KG/M ³) | COEFICIENTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (KG/M ² .DS) |
|---------------------------|--|--|---|---|---|
| Bloco Cerâmico | 578 | 0,486 | 23 | 193 | 0,09 |
| Argamassa de Revestimento | 1895 | 0,301 | 27 | 120 | 0,03 |

Etapas da simulação higrotérmica

A simulação ocorreu em quatro etapas, de acordo com a Figura 2.

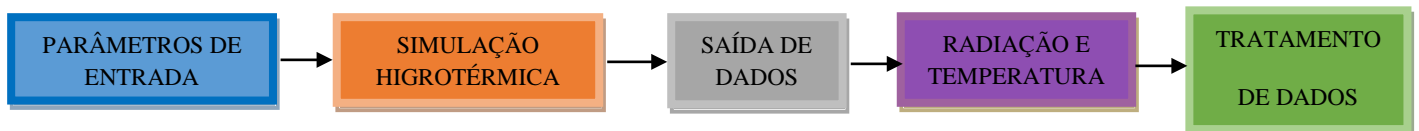


Figura 2: Etapas da simulação (Adaptado de DIN EN 15026: 2007 e NASCIMENTO, 2016)

A primeira etapa consiste na determinação das propriedades do sistema adotado, dos materiais e do meio em que a edificação está/estará inserida. O edifício adotado possui altura entre 10 e 20 metros, sendo o período de simulação equivalente a três anos (01/01/2017 a 31/12/2019). Como os alvos da análise são as superfícies cerâmicas, foram adotados de acordo com a ABNT NBR 15575 (2) os valores de absorvância referente a cores claras 0,3 e cores escuras 0,7, além dos coeficientes de transferência a superfície, apresentando a resistência externa de 0,04 e interna 0,13 m²K/W.

Na segunda etapa ocorreu a simulação higrotérmica e com base no arquivo climático da localidade em estudo, disponibilizado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (labEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina, foi realizada a simulação da influência da irradiância e temperatura sobre os revestimentos. A saída dos dados de radiação e amplitude térmica foi de forma horária, para os três anos simulados.

Na quarta e última etapa é realizado o tratamento dos dados horários obtidos, por meio do auxílio de planilhas. Tais planilhas permitem a organização e interpretação dos dados extraídos do *software*, sendo que para esta análise só foram considerados os resultados referentes ao último ano de simulação, pois se considera que a umidade de uma edificação tende a se estabilizar a partir do terceiro ano (6).

Resultados

Foram obtidos por meio da ferramenta de quantificação utilizada os resultados referentes a amplitude térmica, que consiste no gradiente de temperatura que tem origem na máxima temperatura diária, subtraída da mínima temperatura diária.

$$\Delta T = T_{\text{máx diária}} - T_{\text{mín diária}} \quad (1)$$

em que:

ΔT — amplitude térmica diária, em °C;

$T_{\text{máx diária}}$ — temperatura máxima diária, em °C;

$T_{\text{mín diária}}$ — temperatura mínima diária, em °C.

Os gráficos relacionados a temperatura foram confeccionados considerando a média anual dos valores diários de amplitude térmica, ocorridos sobre cada orientação da fachada. Foram considerados os valores de absorvância 0,3 e 0,7, conforme ilustra as Figuras 3 e 4.

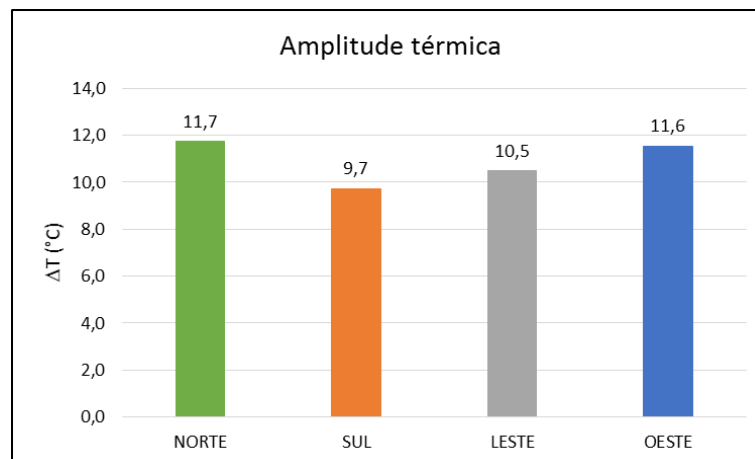


Figura 3: Gráfico de amplitude térmica, absorvância 0,3 (Os autores).

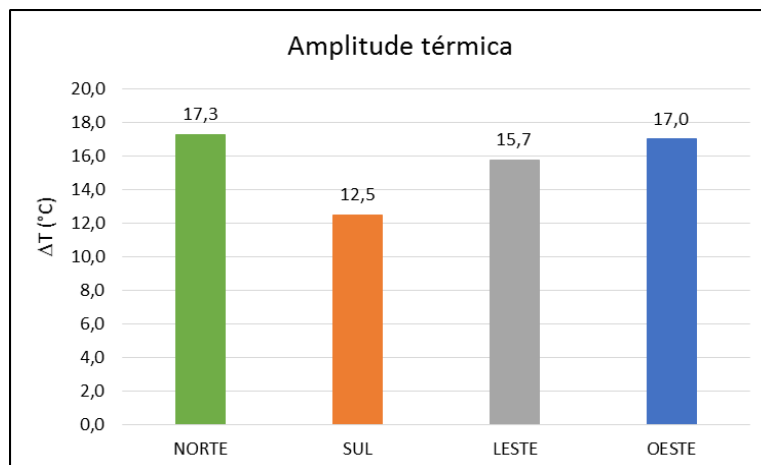


Figura 4: Gráfico de amplitude térmica, absorvância 0,7 (Os autores).

Segundo a ABNT NBR 15575 (2013), os valores referentes a revestimentos em cores claras é 0,3 e para cores escuras 0,7, sendo absorvância definida como a taxa de radiação absorvida pela superfície. A Figura 3 mostra que para a cidade em estudo, as fachadas que mais absorvem radiação e por isso apresentam maiores gradientes de temperatura são a Norte (11,7°C), Oeste (11,6°C), Leste (10,5°C) e Sul (9,7°C), respectivamente.

Para o valor de absorvância 0,7, a Figura 4 apresenta os seguintes resultados: Norte (17,3°C), Oeste (17,0°C), Leste (15,7°C) e Sul (12,5°C), respectivamente. Observa-se que para os dois valores de absorvância, as orientações apresentam a mesma tendência de comportamento, porém os gradientes de temperatura para os revestimentos de cores escuras, apresentam valores maiores, que já era esperado. Se comprova que fachadas com revestimentos em cores escuras tendem a absorver maior quantidade de radiação, em relação as revestidas em cores claras; sendo tais fachadas também mais propícias ao surgimento de manifestações patológicas nos seus revestimentos, uma vez que sofreram mais com variações térmicas.

Os dados apresentados podem ser comprovados pela carta solar disponibilizada pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina, por meio do *software* SOL-AR 6.2. De acordo com a Figura 5, a fachada Norte é a que apresenta os maiores valores de temperatura, seguida da Oeste, Leste e Sul, respectivamente.

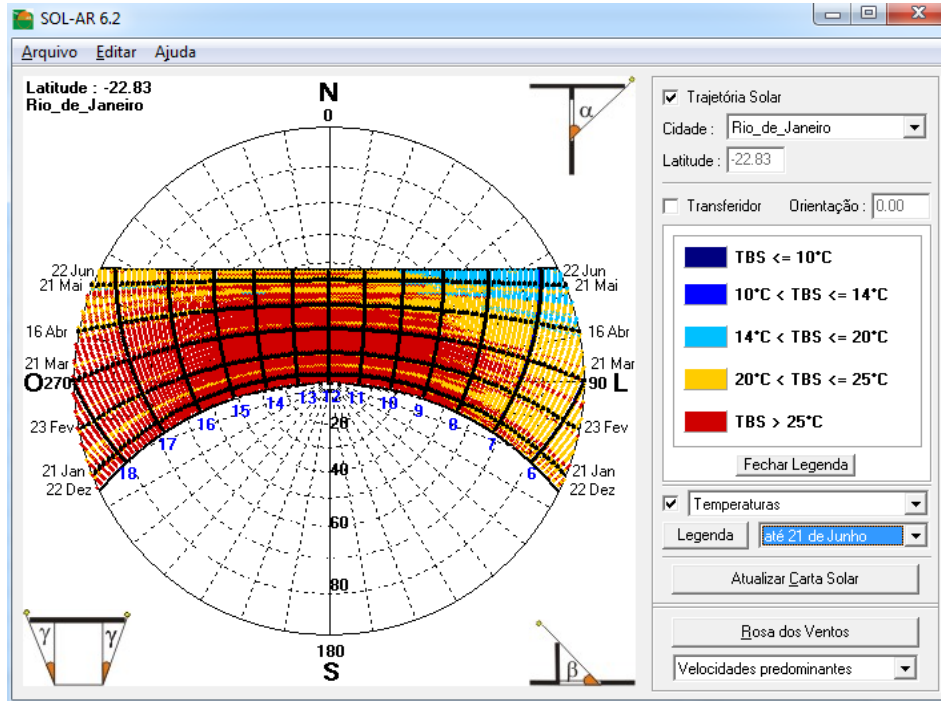


Figura 5: Temperaturas SOL-AR 6.2 (Os autores).

Foram quantificados também a radiação anual, com base na soma mensal das parcelas direta, difusa e refletida. As fachadas mais influenciadas são a Norte (30,4%), seguida das orientações Oeste (25,8%) e Leste (26,4%), que apresentam um comportamento semelhante, ficando por último a fachada Sul (17,3%), que recebe a menor incidência solar por metro quadrado (Figura 6).

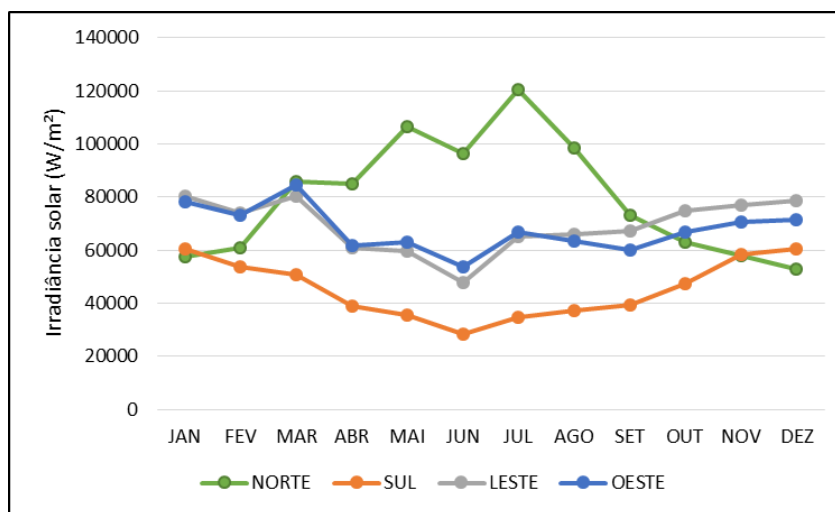


Figura 6: Irradiância global para o Rio de Janeiro (Os autores).

Tais resultados mostram a tendência de comportamento dos agentes climáticos de degradação e suas respectivas ações sobre os edifícios localizados no Rio de Janeiro. As edificações desta localidade tendem a sofrer com a ação da irradiância e amplitude térmica, principalmente aquelas revestidas com placas cerâmicas. Por se localizar em uma zona tropical, o Rio de Janeiro é conhecido por apresentar elevadas temperaturas e conseqüentemente os revestimentos de fachadas irão ser solicitados higrotérmicamente de forma considerável (10).

As variações de retração e expansão ocasionadas pelo fenômeno de amplitude térmica são responsáveis por descolamento e deslocamento nos revestimentos, além do surgimento de outras manifestações patológicas como eflorescência, gretamento e fissuras.

Segundo a ABNT NBR 15575 (2), os revestimentos aderidos de fachadas devem assegurar uma vida útil mínima de vinte anos, garantindo a integridade da edificação, além do conforto e segurança dos usuários. A propagação destes dados no meio acadêmico e técnico fornece aos profissionais da área de patologia e recuperação de estruturas, dados confiáveis para elaboração de futuros projetos e planos de manutenção que cumpram de forma efetiva com seus objetivos.

Conclusão

O presente estudo permitiu enumerar as seguintes conclusões:

- As fachadas mais solicitadas pelo fenômeno da amplitude térmica são a Norte, Oeste, Leste e Sul, respectivamente;
- As orientações que receberam maior influência da irradiância foram a Norte, Oeste, Leste e Sul respectivamente;
- O Rio de Janeiro por apresentar clima tropical, apresenta temperaturas elevadas, que influenciam diretamente no comportamento higrotérmico dos revestimentos cerâmicos de fachadas;
- As fachadas Norte e Oeste são as mais propícias ao surgimento de manifestações patológicas, com origem nas variações térmicas.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário Euro Americano pelo apoio a pesquisa.

Bibliografia

- (1) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM - E 632-82: **Standard Practice for Developing Accelerated Tests to aid Prediction of the Service Life of Building Components and Materials**. Philadelphia, 1996.
- (2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT.NBR 15575-1: **Edificações Habitacionais – Desempenho. Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, 2013.
- (3) BELISÁRIO, Waldir Santos Júnior. **Desempenho, durabilidade, degradação e vida útil: aspectos técnicos no desenvolvimento do plano de manutenção de fachadas**. Dissertação

de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-022A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016,101p.

- (4) BAUER, E.; CASTRO, E.K.; ANTUNES, G. R. **Patologias mais correntes nas fachadas de edifícios em Brasília**. 3º. Congresso Português de Argamassas de Construção, APFAC, Lisboa, 2010.
- (5) SULAIMAN, H.; OLSINA, F. **Comfort reliability evaluation of building designs by stochastic hygrothermal simulation**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 40, p. 171–184, 2014.
- (6) 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, Publicação E.DM-018A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 173p.
- (7) RESENDE, M.M.; BARROS, M.M.S.B.; MEDEIROS, J.S. **A influência da manutenção na durabilidade dos revestimentos de fachada de edifícios**. Workshop sobre durabilidade das construções, São José dos Campos, São Paulo, 2002.
- (8) DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN EN 15026 Hygrothermal performance of building components and building elements – Assessment of moisture transfer by numerical simulation**. CEN, Brussels, Belgium, 2007.
- (9) SOL-AR 6.2. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações**. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil, 2016.
- (10) **Clima: Rio de Janeiro**. <https://pt.climate-data.org/location/853/>. Data de acesso: 13/12/2017.