Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

PARÂMETROS DA INCIDÊNCIA DE CHUVA DIRIGIDA NA FACHADA OBTIDOS PELA SIMULAÇÃO HIGROTÉRMICA

M. L. M. NASCIMENTO
Eng. Civil/Aluno de Mestrado
Universidade de Brasília (UnB)
Distrito Federal; Brasil
leoni.matheus@gmail.com

J. S. DE SOUZA
Eng. Civil/Aluna de Mestrado
Universidade de Brasília (UnB)
Distrito Federal; Brasil
jss.siqueira@gmail.com

V. A. G. ZANONI
Professora FAU-UnB
Universidade de Brasília (UnB)
Distrito Federal; Brasil
vandaz@terra.com.br

E. BAUER
Professor PECC-UnB
Universidade de Brasília (UnB)
Distrito Federal; Brasil
elbauerlem@gmail.com

RESUMO

A chuva dirigida é formada pela associação da precipitação com o vento, e sua incidência pode ser determinante para o surgimento de manifestações patológicas nas fachadas de edifícios. A umidade proveniente da chuva pode influenciar no processo de umidificação e secagem, de modo que a durabilidade e desempenho higrotérmico são condicionados pela quantidade de água incidente. A quantificação da chuva dirigida é uma ferramenta indispensável para o entendimento dos fenômenos relacionados à ela, e à vida útil das edificações. Os métodos de quantificação mais utilizados são os semi-empíricos, que possuem base teórica, porém com coeficientes parcialmente determinados por medições. Estes métodos podem levar em conta as condições de exposição da edificação em relação à envoltória, orientação solar, altura da edificação e outros parâmetros. Neste contexto, com o objetivo de contribuir com os estudos sobre quantificação de chuva dirigida, o presente artigo apresenta e discute o método de quantificação de chuva dirigida utilizado pelo *software* de simulação higrotérmica *WUFI*® Pro 5.3, aplicado às fachadas de Brasília-DF. Na simulação foi utilizado um arquivo TMY (*Typical Metereological Year*) com dados de precipitação e vento. A incidência de chuva foi quantificada nas orientações: Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste. Utilizando o método de quantificação do *WUFI*®, constatou-se que os maiores valores foram apresentados para as orientações Norte, Noroeste e Nordeste; e este fato pode acelerar o processo de degradação das fachadas dispostas nestas orientações.
Palavras-chave: Degradação, Fachada, Chuva dirigida, Simulação Higrotérmica.

ABSTRACT

Wind-driven rain is formed by the association of rain and wind, and its incidence may be crucial to the emergence of pathological manifestations on the facades of buildings. The moisture from the wind-driven rain can influence the humidification and drying process, so that the durability and hygrothermal performance are conditioned by the amount of incident water. The quantification of wind-driven rain is an indispensable tool for understanding its related phenomena and the service life of the buildings. The most widely used methods of quantification are the semi-empirical, which have theoretical basis, but with coefficients partially determined by measurements. These methods may take into account the building exposure conditions related to the envelope, solar orientation, height of the building, and other parameters. In this context, in order to contribute to the studies on quantification of wind-driven rain, this article presents and discusses the quantification method used by hygrothermal simulation software *WUFI® Pro 5.3*., applied to the facades of Brasilia-DF. In the simulation it was used a TMY file (Typical Meteorological Year) with the wind and precipitation measurement data. The incidence of wind-driven rain was quantified in the orientations: North, Northeast, East, Southeast, South, Southwest, West and Northwest. Using *WUFI*® quantification method, it was found that the highest values were presented to the North, Northwest, and Northeast, and this fact may accelerate the degradation of the facades of these orientations.
Keywords: Degradation, Facade, Wind-Driven Rain, Hygrothermal Simulation.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

A presença de umidade pode ser o principal agente de degradação das edificações. Corrosão, fissuras, infiltrações, eflorescências, lixiviação, bolor, manchamentos e descolamentos de revestimentos podem ser consideradas as principais manifestações patológicas relacionadas à umidade. As fontes de umidade podem ser as mais diversas possíveis, destacando-se aquelas provenientes da construção, da umidade do ar, das atividades de uso e manutenção, de águas subterrâneas, bem como da própria precipitação [1 – 2].

A água que incide nas fachadas pode afetar a durabilidade e o desempenho higrotérmico das edificações. A presença de umidade nas paredes aumenta a condutividade térmica, diminuindo a resistência térmica. Desta forma, as fachadas ficam mais suscetíveis à ação do calor. Estas constatações, entre outras, fazem com que o entendimento do comportamento higrotérmico seja útil para minimizar os problemas relacionados à umidade e eficiência energética, assim como favorecer as tomadas de decisões quanto às ações mais adequadas, frente às condições de exposição de cada edificação [3 – 4].

A penetração da água na fachada depende de vários fatores que atuam em conjunto. De acordo com [2], o comportamento de materiais porosos quando solicitados pela chuva é afetado pelos aspectos construtivos pertinentes à concepção e à construção das paredes (detalhes de projeto, características dos componentes, tipo de acabamento superficial, entre outros).

Formada pela associação da precipitação com o vento, a chuva dirigida é considerada como a principal fonte de umidade nas fachadas das edificações. Tanto a água depositada na superfície quanto a que penetra por ela, podem ser tratadas como causas de muitos mecanismos de deterioração em fachadas, sendo que estes aspectos são influenciados pelo vento e precipitações, além das características da envoltória da própria edificação [5].

A complexidade dos fenômenos relacionados à chuva dirigida, assim como o surgimento de manifestações patológicas decorrentes da ação da umidade, fizeram com que nas últimas décadas os estudos sobre quantificação de chuva dirigida fossem intensificados. O entendimento dos fenômenos relacionados a estes aspectos permite melhorar o conhecimento dos agentes externos que influenciam a durabilidade das fachadas. Portanto, contribui no processo de escolha de soluções capazes de minimizar os efeitos degradativos que afetam a vida útil das edificações.

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é contribuir com os estudos sobre quantificação de chuva dirigida. O artigo apresenta e discute o método de quantificação de chuva dirigida utilizado pelo *software* de simulação higrotérmica *WUFI*® Pro 5.3., aplicado às fachadas de Brasília-DF.

2. CHUVA DIRIGIDA

A chuva dirigida pode ser definida como a quantidade de chuva capaz de passar por um plano vertical na atmosfera, e isso ocorre porque a trajetória das gotas de chuva é a resultante das forças gravitacionais e da velocidade vento. Além do mais, a velocidade de queda da chuva é influenciada pelo tamanho da gota [6].

O estudo da chuva dirigida pode ser feito em dois momentos distintos, segundos antes do impacto da gota de chuva na superfície da envoltória e na avaliação da resposta do sistema construtivo a este impacto [7]. Para o primeiro momento, os principais condicionantes são: geometria urbana e do edifício; geometria, detalhamento e posicionamento da fachada e variáveis meteorológicas envolvidas (velocidade e direção do vento, intensidade da chuva e distribuição do tamanho das gotas de chuva) [8]. Quando se estuda a resposta do sistema às ações da chuva dirigida, além de conhecer os parâmetros que governam a intensidade dos agentes sobre a fachada, é importante definir as propriedades dos materiais em relação ao transporte e armazenamento de umidade.

Segundo os autores [7 – 8] as metodologias empregadas para a quantificação da chuva dirigida sobre uma fachada são classificadas em três categorias:

- Métodos experimentais: medições em campo;
- Métodos semi-empíricos: com base teórica, porém com coeficientes parcialmente determinados por medições;
- Métodos numéricos: baseados em dinâmica dos fluídos.

De acordo com [8], os métodos experimentais são trabalhosos, caros e muitas vezes impraticáveis por suas particularidades. Por isso, são pouco utilizados. Entre os métodos semi-empíricos, os que mais se destacam são os modelos da ISO 15927-3: 2009, modelo de Straube e Burnet (2000), modelo da ANSI/ASHRAE STANDARD 160: 2009, modelo do *WUFI*® (que é abordado neste trabalho), entre outros. Segundo [9], quando comparadas as diversas metodologias, foi observado que cada uma delas leva à diferentes quantidades de chuvas que podem alterar significativamente o teor de umidade calculado nos materiais. Estes dados são importantes para as simulações higrotérmicas, visto que a inserção de valores que não refletem a realidade pode afetar os resultados de saída.

Os métodos semi-empíricos utilizam a Equação 1, como base de cálculo para a quantificação de chuva dirigida incidente em cada fachada. Em geral, o que se altera em cada modelo é o parâmetro α [10].

$$I = \alpha \, . \, V \, . \, P. \cos (D - \theta) \quad (1)$$

Onde:

I = quantidade de chuva dirigida (l/m²);
α = coeficiente de chuva dirigida;
V = velocidade do vento a 10 m de altura (m/s);
P = precipitação (mm);
θ = ângulo entre o Norte e a direção da fachada (°);
D = direção do vento, considerando ângulo com o Norte (°).

2.1 Método *WUFI*® para cálculo de chuva dirigida

O *WUFI*® (acrônimo de *Wärme Und Feuchte Instationär* ou transferência de calor e umidade) é um *software* de simulação higrotérmica desenvolvido na Alemanha pelo *Fraunhofer Institute for Building Physics* (IBP). Esta ferramenta permite simular diferentes sistemas construtivos submetidos às distintas variações climáticas, onde são considerados os transportes de calor e umidade nos materiais [11]. O *software* possui um método próprio para a quantificação da chuva dirigida, que é dependente da precipitação, velocidade e direção do vento; sendo indispensável disporem-se destes valores em dados horários, para que se possa proceder com a simulação higrotérmica [9]. A Equação 2 é utilizada para o cálculo da chuva dirigida neste método.

$$R_{w\,d\,r} = R_1 \, . \, R_2 \, . \, R_h \, . \, V \, . \cos (D - \theta) \quad (2)$$

Onde:

$R_{w\,d\,r}$ – Intensidade de chuva dirigida (mm/h);
R_h – Precipitação em superfície horizontal (mm);
R_1 – Coeficiente dependente da inclinação (inclinação < 90º, R_1=1 e R_2=0; inclinação = 90º, R_1=0 e R_2 dependente da altura);
R_2 – Coeficiente dependente da altura da fachada (s/m);
V – Média horária da velocidade do vento a 10 m de altura, (m/s);
D – Direção do vento (ângulo a partir do Norte);
Θ – Orientação da fachada: ângulo entre o Norte e a direção normal à parede.

Os coeficientes R_1 e R_2 foram determinados por Karagiozis e Hadjisophocleous, 1997 *apud* [12] utilizando simulações computacionais baseadas em dinâmica dos fluidos. Para inclinações superiores a 90º, R_1= 1 e R_2= 0, já para superfícies verticais (inclinação= 90º) R_1=0 e R_2 depende da altura. Conforme classificação do *software*, para edifícios altos (acima de 20 metros) os valores para o coeficientes R_2 são mostrados na Tabela 1. Nota-se que os mesmos são duplicados a cada patamar de altura, e desta forma os valores de chuva dirigida também terão esta mesma tendência.

Tabela 1 – Valores do coeficiente R_2 [11]

Altura	Coeficiente R_2
Parte baixa até 10 m	0,05
Parte média de 10 à 20 m	0,1
Parte alta, maior que 20 m	0,2

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Os coeficientes R e Θ refletem a diferenciação de fluxo do vento ao redor do edifício.
Observa-se que quanto mais alto o edifício, maior será a quantidade de chuva (variando-se apenas o coeficiente R_2). Isto ocorre, pois a chuva tende a atingir em maior quantidade as partes mais altas e laterais (Figuras 1 e 2) independente da intensidade e devido à movimentação dos ventos [13 – 14].

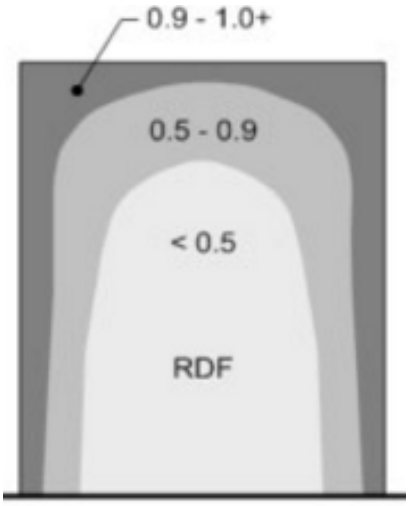


Figura 1 – Parábola de molhagem da fachada [13].

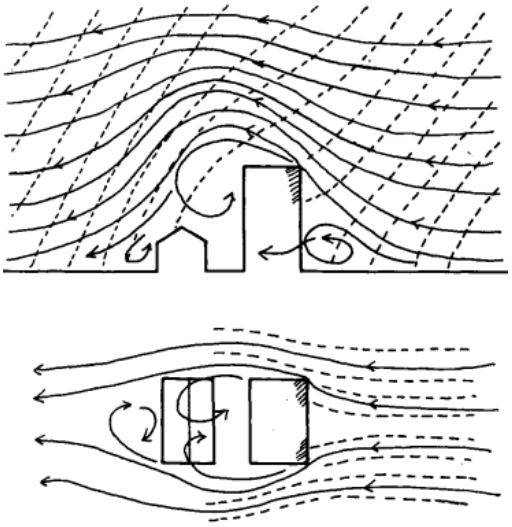


Figura 2 – Atuação da chuva dirigida sobre edifícios [14].

Com os valores de chuva dirigida calculados, o *software* considera que somente 70% está disponível para ser absorvida pela fachada. A água de chuva capaz de penetrar na fachada pode ser menos da metade do valor previsto, sendo a outra metade perdida em desvios de trajetória pelos fluxos de vento e obstáculos [13]. Os valores contabilizados podem então ser úteis para o estudo relacionado à resposta do sistema em relação ao armazenamento e transporte de umidade, conforme citado no item 2.

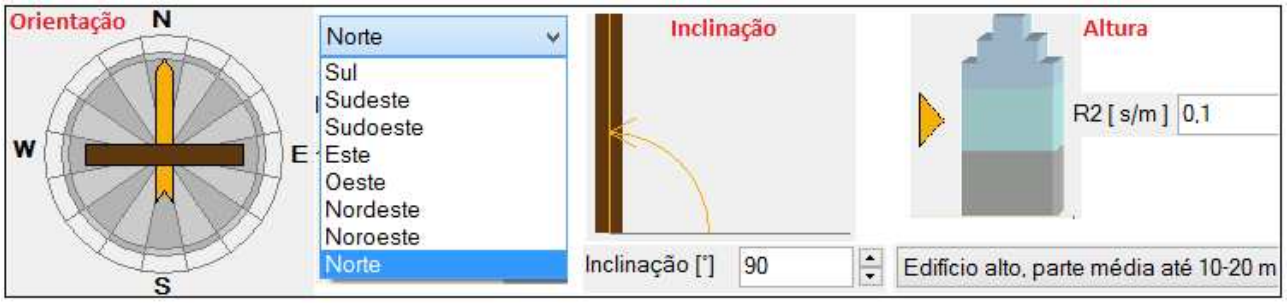
3. APLICAÇÃO DO MÉTODO *WUFI*® AO CASO DE BRASÍLIA-DF

Brasília, a capital do Brasil, localizada no Distrito Federal, foi projetada por Lúcio Costa e inaugurada na década de 60. O Plano Piloto é a área de estudo e, conforme o plano urbanístico da cidade, possui um dos eixos denominado por Eixo Monumental, o qual é dividido entre asas Norte e Sul. Ao longo dessas asas, estão dispostos os edifícios residenciais compostos de seis pavimentos sobre pilotis (superquadras 100, 200 e 300) e três pavimentos com ou sem pilotis (superquadra 400). Os edifícios podem ser divididos em dois grupos, sendo o primeiro correspondente àqueles construídos entre os anos de 60 e 70; e o segundo composto pelos mais recentes, construídos a partir de 80 [15]. As características dos edifícios encontrados na cidade faz com que essas tipologias sejam consideradas como representativas para o caso em estudo.

Para simulação no *software WUFI*® foi utilizado o arquivo climático TMY (*Typical Metereological Year*) desenvolvido por [16], que possui 8760 dados climáticos horários referentes a um ano típico, elaborado a partir de 10 anos de medições do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). No escopo deste trabalho, são relevantes apenas os dados de precipitação e vento, necessários para que o programa calcule a chuva dirigida.

Em seguida, é necessária a definição de outros aspectos para a simulação, tais como: orientação da fachada (Figura 3.a), inclinação da superfície (Figura 3.b) e altura da região de estudo (Figura 3.c). Foram estudadas as orientações Norte (N), Nordeste (NE), Leste (E), Sudeste (SE), Sul (S), Sudoeste (SO), Oeste (O) e Noroeste (NO). Como o estudo de caso foi feito considerando-se somente as fachadas, a inclinação adotada foi de 90º em relação ao solo.

Para o caso de Brasília-DF, foi considerada a altura entre 10 e 20 metros como representativa da região de estudo, pois os edifícios residenciais do Plano Piloto possuem no máximo seis pavimentos mais pilotis, conforme descrito anteriormente. Esta variável é importante para definição do coeficiente R_2, e desta forma o coeficiente a ser adotado é de 0,1; conforme apresentado no item 2.1.



(a) (b) (c)

Figura 3 – Definições da simulação (adaptado de [12])

Após a definição das variáveis em questão, a simulação é feita, e os resultados são dispostos na forma de planilha Excel, para posteriormente serem interpretados e discutidos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados da simulação são obtidos os valores apresentados na Tabela 2, que representam a quantidade de chuva dirigida que incide mensalmente sobre cada fachada disposta nas oito orientações estudadas. É importante destacar que o *software* proporciona valores horários, permitindo estudos mais detalhados considerando por exemplo períodos menores, o que não é escopo deste artigo.

Tabela 2 – Chuva dirigida por orientação obtida pelo método *WUFI*® (mm/mês)

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Janeiro	9,31	4,99	3,07	1,78	2,28	3,67	8,23	10,40
Fevereiro	12,59	9,64	5,41	4,95	6,71	9,81	11,54	13,44
Março	26,23	23,94	13,44	5,37	3,77	3,98	7,67	17,18
Abril	15,20	15,75	12,67	9,21	7,98	5,61	5,56	9,29
Maio	0,58	0,60	1,64	5,21	6,67	4,30	0,78	0,29
Junho	-	-	-	-	-	-	-	-
Julho	-	-	4,17	6,11	4,47	0,21	-	-
Agosto	0,81	6,01	13,38	15,47	9,28	2,77	0,32	0,25
Setembro	1,22	1,12	2,10	6,60	10,24	8,38	3,34	1,11
Outubro	13,71	9,68	18,07	20,85	15,50	4,10	8,40	12,75
Novembro	34,64	17,63	6,42	2,94	5,19	11,90	27,77	38,86
Dezembro	28,73	17,83	11,03	5,66	2,70	3,12	16,26	27,77
Anual (mm/ano)	**143,03**	**107,17**	**91,40**	**84,16**	**74,79**	**57,84**	**89,89**	**131,34**

Nota-se que no mês de junho não há ocorrência de chuva dirigida para nenhuma fachada, este mês faz parte de um período que pode ser denominado como seco (pouca ou nenhuma chuva em sua maioria) compreendido entre maio e setembro. A estiagem é causada por uma massa de ar quente e seca que vem para o Centro-Oeste proveniente do Pantanal paraguaio. Os meses de novembro e dezembro apresentaram os maiores valores de chuva dirigida, sobretudo para as fachadas NO, N, O e NE. Isso ocorre pela atuação nesses meses de uma massa de ar quente e úmida proveniente da Amazônia sobre o Centro-Oeste [17].

De acordo com [18], para série do INMET entre 2001 e 2013 identificou-se que para os meses chuvosos (outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março) a chuva corresponde à 85,15 % do total anual.

Além do mais, com o somatório anual apresentado na Tabela 2, bem como na representação gráfica da Figura 4, é possível a constatação das fachadas que mais receberam chuva dirigida. Em percentual, estas podem ser classificadas na seguinte ordem: N (18%), NO (17%), NE (14%), L (12%), O (12%), SE (11%), S (10%) e SO (7%).

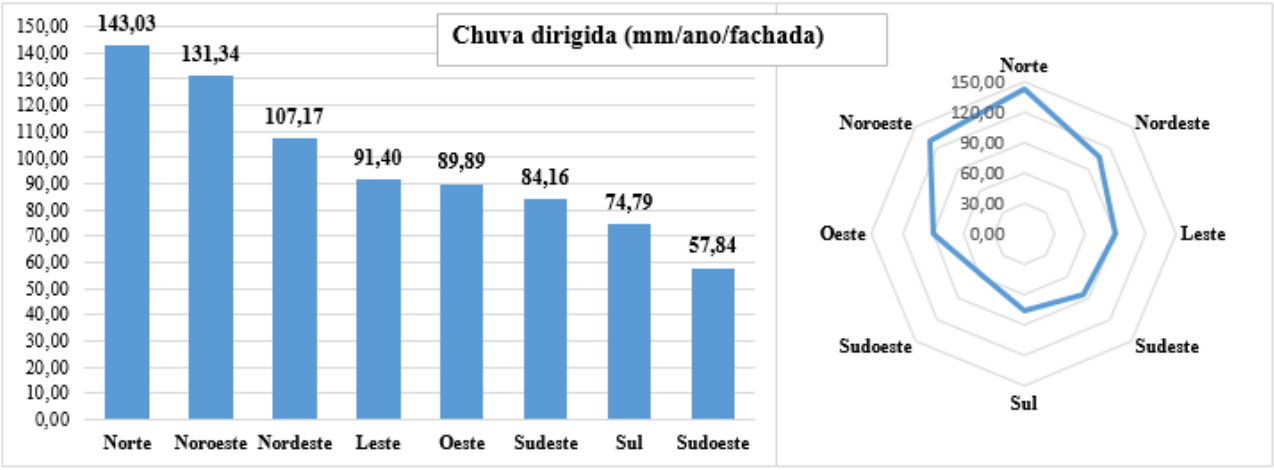


Figura 4 – Distribuição da incidência da chuva dirigida, em ordem decrescente, por orientações de fachada (mm/mês).

Há uma grande diferença entre alguns dos valores apresentados. As fachadas S e SO, por exemplo, recebem 52% e 40% de chuva em relação à incidência na fachada N (maior ocorrência). Desta forma, as fachadas N, NO e NE podem ter a tendência de possuírem as piores condições de degradação devido à presença de umidade associada com a chuva dirigida. Os valores apresentados aqui podem ser utilizados por projetistas em tomada de decisão, e como exemplo podem ser citadas a seleção correta de materiais, geometria e disposição de detalhes arquitetônicos, tais como: pingadeiras, cimalhas, peitoris, rufos e outros; considerando principalmente as fachadas das orientações mais críticas.

Estes resultados mostram a importância do método *WUFI*®, bem como dos métodos de quantificação de chuva dirigida. O método *WUFI*® destaca-se então por ser uma ferramenta de fácil aplicação e proporcionar valores de chuva que incidem sobre a fachada. Além do mais, o *software* possui diversas outras funcionalidades relacionadas ao desempenho higrotérmico dos materiais à serem estudados. Frente a isto, sugere-se que outros métodos possam ser comparados, considerando várias cidades brasileiras, para que se verifique qual é o melhor método, em relação a capacidade de contabilização de chuva dirigida sobre as fachadas.

4. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou um estudo sobre quantificação de chuva dirigida para a cidade de Brasília, utilizando o método proposto pelo software *WUFI*® Pro 5.3. Desta forma, foi possível obterem-se as seguintes conclusões:

- As orientações mais críticas em relação a chuva dirigida para o caso de Brasília-DF foram N, NO e NE; que apresentaram os percentuais de 18%, 17% e 14%; respectivamente. Estas podem ter a tendência de apresentarem as piores condições de anomalias relacionadas à umidade. As outras orientações apresentaram menores ocorrências: L (12%), O (12%), SE (11%), S (10%) e SO (7%).
- O *software WUFI*® Pro 5.3 mostrou-se como uma ferramenta de fácil utilização e capaz de quantificar a chuva dirigida, sem ocultar os efeitos climáticos sazonais;
- Os valores aqui obtidos podem ser utilizados como parâmetros de projeto, de forma a auxiliar projetistas em relação as orientações mais críticas e possibilitar que decisões sejam tomadas neste sentido.

5. AGRADECIMENTOS

À Universidade de Brasília, ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC), bem como ao Laboratório de Ensaios de Materiais (LEM-UnB) que disponibilizou o *software WUFI*® e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de apoio financeiro na forma de bolsas de pesquisa.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

6. REFERÊNCIAS

[1] PEREZ, A. R. *Umidade nas Edificações*. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1986, 170 p.

[2] BAUER, E. "*Resistência a Penetração da Chuva em Fachadas de Alvenaria de Materiais Cerâmicos – Uma Análise de Desempenho"*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987, 168p.

[3] GIONGO, M.; PADARATZ, I. J.; LAMBERTS, R. "Determinação da exposição à chuva dirigida em Florianópolis, SC: índices de chuva dirigida e métodos semi-empíricos". *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 7-23, jan./mar. 2011.

[4] ZANONI, V. A. G.; SÁNCHEZ, J. M. M.; BAUER, E.; AMORIM, C. N. D. "Matriz de análise do índice de chuva dirigida (ICD) para a cidade de Brasília-DF". In: *PARANOÁ* (cadernos de arquitetura e urbanismo) - Conforto e Projeto: Cidades. n.11. Brasília, 2014. p.67-76.

[5] STRAUBE, J. F. "Moisture in buildings". *ASHRAE Journal*, v. 44, n. 1, p. 15–19, 2002.

[6] STRAUBE, J. "Simplified Prediction of Driving Rain on Buildings: ASHRAE 160P and WUFI 4". Building Science Digest 148 – *Building Science Press*, 15 November, 2010.

[7] BLOCKEN, B.; DEROME, D.; CARMELIET, J. "Rainwater runoff from building facades: A review". *Building and Environment* 60 (2013) 339-361.

[8] BLOCKEN, B.; CARMELIET, J. "Overview of three state-of-the-art wind-driven rain assessment models and comparison based on model theory". *Building and Environment* 45 (2010) 691–703.

[9] FREITAS, A. S. S. L. A. "*Avaliação do Comportamento Higrotérmico de Revestimentos Exteriores de Fachadas devido à Acção da Chuva Incidente"*. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2011.

[10] BLOCKEN B, CARMELIET J. "A review on wind-driven rain research in building Science". *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 2004;92(13):1079–130.

[11] *WUFI*. "What is WUFI®?". Disponível em: < http://wufi-forum.com/index.php. Acesso em >. Acesso em: janeiro de 2016.

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

[13] STRAUBE, J.F. "*Moisture control and enclosure wall systems"*, Ph.D. Thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada, 1998.

[14] VALLEJO, F. J. L. "Ensuciamiento de fachadas pétreas por la contaminación atmosférica. El caso de la ciudad de Valladolid: Universidad, España". *Informes de la Construcción*, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, v.41, n. 405, p. 45-72, 1990.

[15] AMORIM, C. A.; FLORES, A. L. "Edifícios residenciais das superquadras do Plano Piloto, Brasília: aspectos de preservação e conforto ambiental". In: Encontro Nacional sobre conforto no ambiente Construído, e Conferência Latino-americana sobre conforto e desempenho energético de edificações, 4, 2005, Maceió/AL. *Anais* ... ANTAC, 2005, p.37-46.

[16] RORIZ, M. "*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, 2012. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivosclimaticos/formato-epw>. Acesso em: janeiro de 2016.

[17] BRAGA, D. K; AMORIM, C. N. "Conforto térmico em edifícios residenciais do Plano Piloto de Brasília". In: X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, 2004. Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 1. *Anais* ... ANTAC, 2004.

[18] ZANONI, V.A.G. "*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, 2015. 293 p.