



MEDIÇÃO DE UMIDADE EM FACHADAS: METODOLOGIA APLICADA PARA CONFIRMAÇÃO DOS RESULTADOS DE CHUVA DIRIGIDA NA CIDADE DE GOIÂNIA

Carlos Mariano Melo Júnior (1); Helena Carasek (2)

(1) Escola de Engenharia Civil - Universidade Federal de Goiás, Brasil –
cmmjuniор@ibest.com.br

(2) Escola de Engenharia Civil - Universidade Federal de Goiás, Brasil –
hcarasek@gmail.com

RESUMO

As fachadas de edifícios estão sujeitas a diferentes níveis de umidade em decorrência da chuva dirigida, a qual é resultante da chuva associada ao vento. Para a cidade de Goiânia, nos meses chuvosos, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, os ventos predominantes apresentam, principalmente, orientação norte e noroeste. Desta forma, fachadas voltadas a norte e nordeste estão expostas ao efeito deletério da chuva dirigida. Para comprovação do fenômeno climático, duas metodologias foram aplicadas. A primeira teve como objetivo obter os primeiros índices de chuva dirigida direcional para a cidade de Goiânia por meio de dados de pluviometria e vento fornecidos pelo INMET de Goiás. A seguir, como segunda metodologia, foram realizadas medições de umidade em uma edificação situada na cidade de Goiânia, nos 2º, 9º e 17º pavimentos, realizando-se 4 medições por fachada (em cada um dos 3 pavimentos), sendo duas realizadas sob o vão da janela e duas ao lado deste vão. Como resultado obtido, constatou-se que as fachadas de uma mesma edificação estão expostas a diferentes níveis de exposição de chuva que são definidos pelas características climáticas da região onde está inserida e a outros aspectos como a proteção feita por outras edificações. Este estudo é fundamental para a prevenção de manifestações patológicas de infiltração de água em fachadas, uma vez que a pressão exercida pelo vento é fundamental para a penetração de umidade através de fissuras ou pequenas aberturas em esquadrias, por exemplo.

Palavras-chave: Durabilidade; Chuva dirigida; Umidade; Fachada.

1 INTRODUÇÃO

A durabilidade dos sistemas que compõem o edifício está ligada à agressividade do meio ambiente, às propriedades dos elementos e dos seus componentes. Dentre os elementos que compõem o edifício, as fachadas estão sujeitas a condições de exposição que irão variar de acordo com as características climatológicas da região onde estão localizadas. Os elementos climáticos - como precipitação, vento, radiação solar, umidade relativa e temperatura - contribuem com o processo de deterioração e afetam diretamente as características do edifício e de sua imagem do ponto de vista da durabilidade.

A precipitação é uma das principais fontes de umidade e passa a ser vertente de preocupação uma vez que age sob as leis da natureza, não sendo possível a eliminação, podendo, tão somente, ser controlada. De acordo com Choi (1999), a deterioração causada pela água da chuva nas edificações tem sido há muito tempo reconhecida como o principal problema na manutenção. Alguns países já demonstram sua preocupação procurando estabelecer mecanismos de mensurar os efeitos da ação da água da chuva por meio de equações empíricas, medições, ensaios e simulações do fenômeno (GIONGO, 2007).

Pela associação ao vento, as fachadas ficam expostas a diferentes níveis de umidade oriunda da chuva. Esta associação é denominada chuva dirigida. Straube e Burnett (2002) consideram-na como a maior fonte de umidade que as fachadas de um edifício podem receber do meio externo e afeta diretamente o desempenho da edificação, pois causa incômodo aos usuários, destrói bens materiais, e coloca em risco a saúde pela formação de microorganismos.

De acordo com Blocken e Carmeliet (2004), Hoppestad em 1955 iniciou os primeiros estudos sobre chuva dirigida e durante os anos 60 o CIB (*Conseil International du Bâtiment*) estabeleceu que o Índice de Chuva Dirigida-ICD é o produto entre a velocidade do vento e a quantidade de precipitação. A equação (1) apresentada a expressão para o cálculo do ICD.

$$ICD = V \cdot \frac{P}{1000} \quad (1)$$

Onde:

ICD = Índice de chuva dirigida (m^2/s);

V = Velocidade média de vento (m/s); e

P = Total de precipitação (mm).

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é obter os índices de chuva dirigida direcional mensal, que não existem para a cidade de Goiânia, bem como comprovar a influência do vento sobre o comportamento da chuva no umedecimento das fachadas de uma edificação com revestimento de argamassa localizada na cidade de Goiânia, por meio de medição da umidade superficial nas quatro fachadas.

3 METODOLOGIA

3.1 Cálculo de Índice de Chuva Dirigida Direcional Mensal (ICDd-m)

A aplicação da Equação 1 como ferramenta para mensuração da chuva dirigida já vem sendo aplicada por diversos pesquisadores, no exterior e no Brasil, como: Lacy (1977), Giralt (1995), Chand e Bhargava (2002), Lima e Morelli (2005) e Giongo (2007).

Assim, para o cálculo da média de ICDd-m, foram obtidos dados meteorológicos da estação automática do 10º DISME (Décimo Distrito Meteorológico) do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, no período de 2002 a 2008, posicionada na latitude: 16°38'32" S e longitude: 49°13'12" O, localizada no setor Jaó, Goiânia/GO, Brasil.

Nesta estação automática, os dados de precipitação pluviométrica são registrados em milímetros, velocidade de vento em metros por segundo e direção de vento em graus. Assim, não foi necessária a

transformação de unidades para velocidade de vento e precipitação. Porém, os dados de direção de vento – registrados em graus - foram transformados em oito direções, cada uma abrangendo 45°, que são: Norte (N), Nordeste (NE), Leste (L), Sudeste (SE), Sul (S), Sudoeste (SO), Oeste (O) e Noroeste (NO). Após transformação das direções de vento - dadas em graus - para as oito orientações, foi realizado o agrupamento das observações (velocidade de vento e precipitação) para as respectivas orientações, excluindo as observações com ventos de velocidade inferior a 5 m/s, ventos estes considerados calmos.

Para o cálculo da média de ICDd-m, foi empregado o método semi-empírico, conforme equação (1) apresentada anteriormente e foram adotadas as seguintes etapas:

- a) somatório dos totais de precipitação (P) para cada direção e mês do ano (2002 a 2008);
- b) média de velocidade de vento com chuva (V) para cada direção e mês do ano (2002 a 2008); e
- c) cálculo do ICD (m^2/s) utilizando os dados dos itens (a) e (b) para cada direção.

3.2 Medição de umidade superficial em fachadas

3.2.1 Características da obra

As medições foram realizadas sobre as fachadas revestidas com argamassa de um edifício em fase de construção, com 17 pavimentos tipo, como ilustrado na Figura 1, localizado no setor Negrão de Lima, na cidade de Goiânia-GO, latitude 16°39'18" e longitude 49°14'31". As fachadas possuíam revestimento de argamassa mista (cimento e cal) ainda sem o acabamento decorativo, no caso a pintura texturizada acrílica. As medições de umidade foram realizadas no dia 08 de janeiro de 2010, entre às 15:00 horas e 15:45 horas, após um evento de precipitação pluviométrica.



Figura 1: Edificação onde foram realizadas as medições de umidade.

A Figura 2 ilustra a realização de medição da umidade superficial na fachada voltada à orientação N no pavimento do 9º andar.



Figura 2: Medição realizada na fachada Norte do 9º andar, embaixo da janela (a) e ao lado da janela (b), próximo à fachada Oeste.

3.2.2 Método de medição

Para as medidas de umidade superficial foi empregado o aparelho *Moisture Meter M-T-170*, ilustrado na Figura 3.



Figura 3: *Moisture Meter M-T-170*.

Ao todo, foram realizadas 48 medições, em três pavimentos tipos: 2º, 9º e 17º andares. Em cada pavimento, foram realizadas 16 medições, sendo que quatro para cada orientação (N, S, E e O). Para cada fachada do pavimento foram feitas medições abaixo da abertura e ao lado da janela, como indicado na Figura 4, sendo que duas para cada extremo da fachada como ilustrado na Figura 5.



Figura 4: Regiões da fachada (embaixo e ao lado da abertura da janela) onde foram realizadas as medições de umidade.

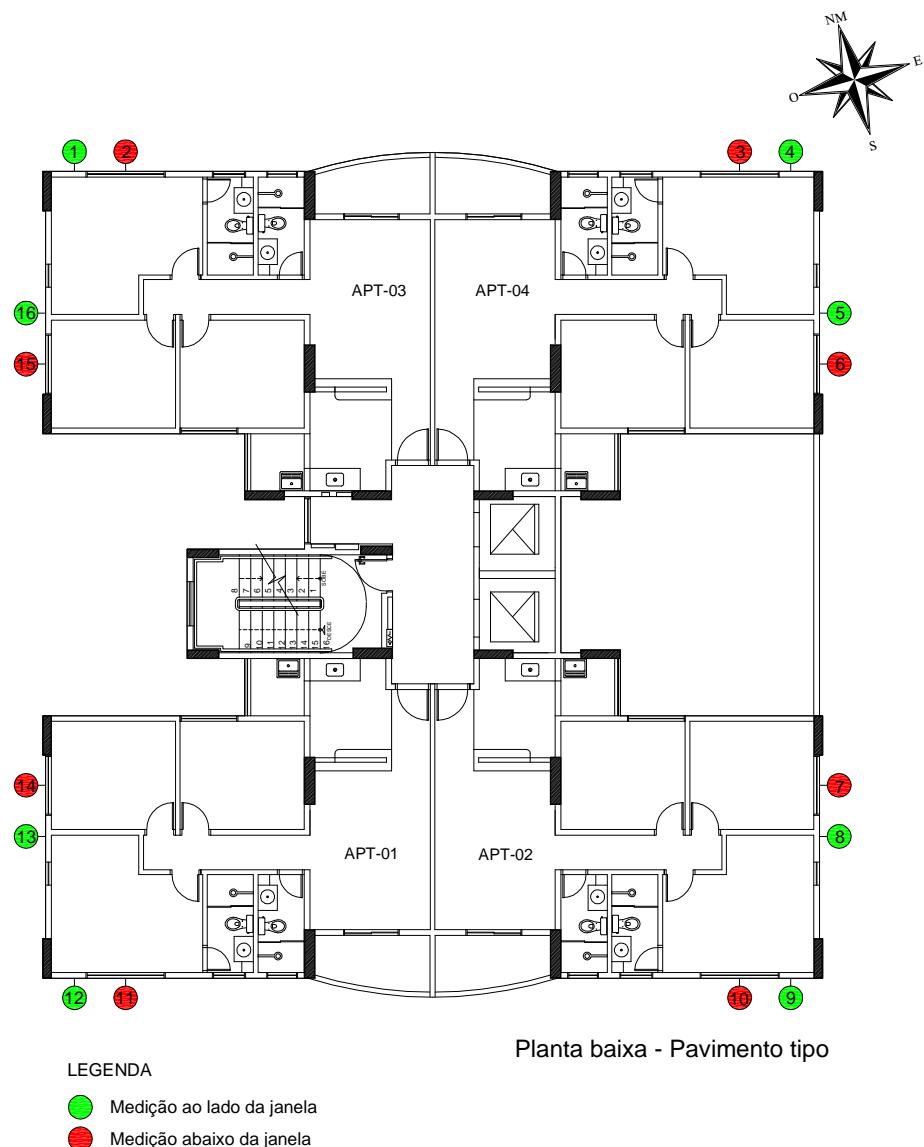


Figura 5: Pavimento tipo e local do edifício onde foram realizadas as medições de umidade.

4 RESULTADOS

4.1 Índice de Chuva Dirigida Direcional Mensal (ICDd-m)

A Figura 6 ilustra a resultante da média de ICDd-m, apresentando como maior valor o quadrante NO e SE ($0,23 \text{ m}^2/\text{s}$) e com menor valor o quadrante S ($0,07 \text{ m}^2/\text{s}$).

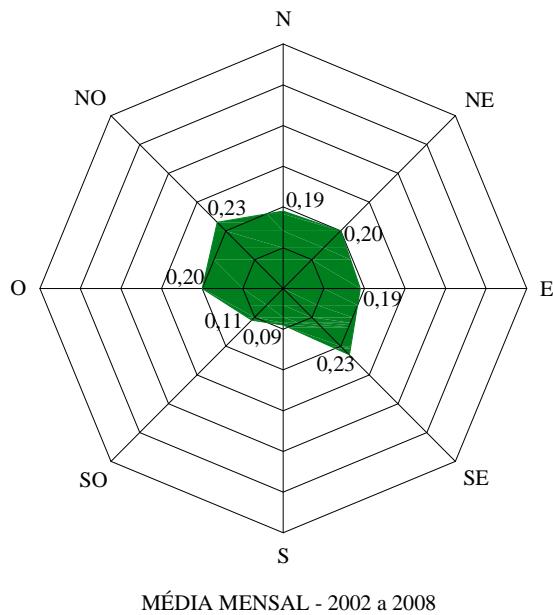


Figura 6: Média dos índices de chuva dirigida direcional mensal (m^2/s) para Goiânia nos anos de 2002 a 2008.

4.2 Medição de umidade em fachada de edifício

A Tabela 1 apresenta as medições de direção e velocidade de vento além de precipitação pluviométrica realizadas pela estação automática do INMET, localizada no setor Jaó, nas últimas 24 horas antes das medições de umidade superficial nas fachadas do edifício em estudo.

Tabela 1: Medições da estação automática do INMET.

Data	Hora (UCT)	Vento (m/s)		Chuva (mm)
		Velocidade (m/s)	Direção em garus	
7/1/2010	15	1,6	338°	0,0
7/1/2010	16	1,2	338°	0,0
7/1/2010	17	1,6	338°	0,0
7/1/2010	18	0,5	338°	0,0
7/1/2010	19	0,8	338°	0,0
7/1/2010	20	1,8	338°	0,0
7/1/2010	21	1,5	338°	0,0
7/1/2010	22	2,9	338°	0,0
7/1/2010	23	0,8	338°	0,0
8/1/2010	0	2,1	338°	2,0
8/1/2010	1	1,6	338°	7,4
8/1/2010	2	1,3	338°	0,2
8/1/2010	3	1,2	338°	0,0
8/1/2010	4	1,8	338°	0,2
8/1/2010	5	0,8	338°	1,0
8/1/2010	6	0,2	338°	0,8
8/1/2010	7	0,0	338°	0,8
8/1/2010	8	0,2	338°	0,4
8/1/2010	9	0,4	338°	0,8
8/1/2010	10	0,0	338°	0,4
8/1/2010	11	1,1	338°	0,2
8/1/2010	12	0,9	338°	0,0
8/1/2010	13	1,5	338°	0,0
8/1/2010	14	1,3	338°	0,0
8/1/2010	15	2,2	338°	0,0

A Tabela 2 e a Figura 7 apresentam os resultados das medições de umidade por meio do aparelho *Moisture Meter*. A fachada voltada à orientação N apresenta os maiores valores, sendo que, para a medição realizada mais a oeste da mesma fachada, os valores são maiores que os valores a leste da edificação. As fachadas com orientações L e S apresentam, de maneira geral, valores próximos e a fachada voltada a O apresenta valores um pouco maiores que os das fachadas L e S, principalmente no 17º pavimento. Isto é explicado pelo fato de que a direção do vento predominou-se a 338°.

Tabela 2: Medições de umidade superficial realizadas nas fachadas do edifício.

Orientação da fachada	Proximidade da fachada	Pavimentos					
		2º andar		9º andar		17º andar	
		Embaixo da janela (%)	Ao lado da janela (%)	Embaixo da janela (%)	Ao lado da janela (%)	Embaixo da janela (%)	Ao lado da janela (%)
N	Leste	9,1	8,4	12,6	11,3	11,4	8,8
	Oeste	16,0	14,7	10,2	8,7	12,9	9,5
L	Norte	6,6	4,5	3,7	3,6	3,3	3,9
	Sul	3,5	3,8	4,3	3,1	6,0	3,9
S	Leste	4,8	3,4	4,1	3,5	3,9	3,6
	Oeste	4,9	3,7	3,1	3,0	3,6	3,4
O	Norte	4,9	3,6	4,1	3,3	10,1	5,2
	Sul	4,0	4,0	5,3	4,3	8,8	8,3

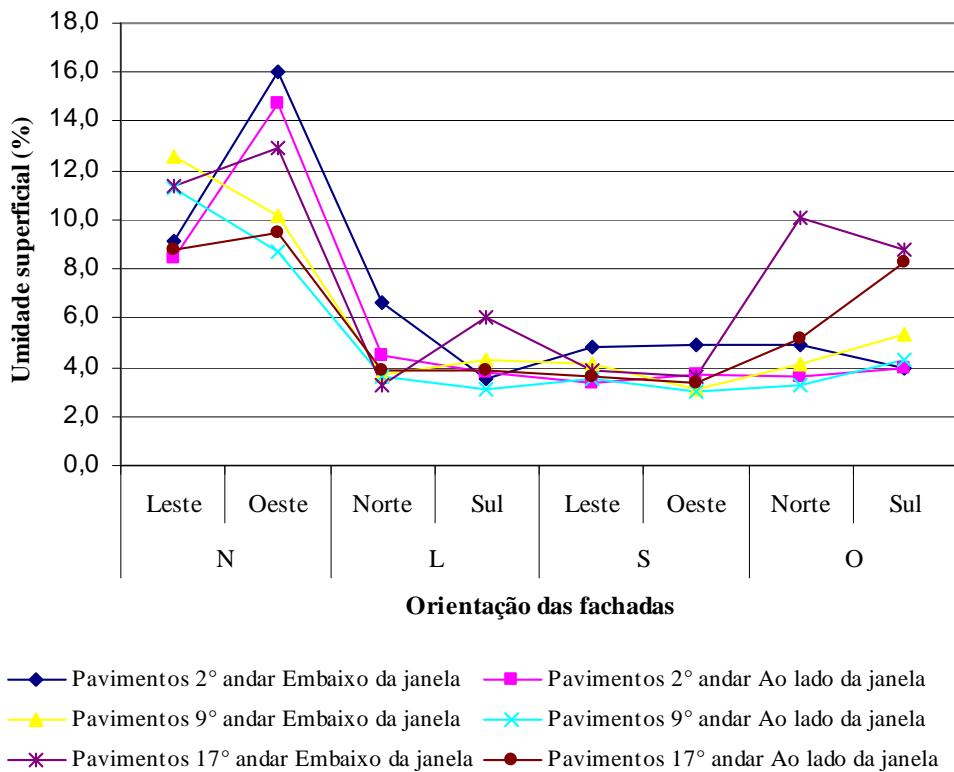


Figura 7: Umidade superficial em função da orientação da fachada medida nos diversos pavimentos.

Em relação à localização onde foram realizadas as medições, verificam-se maiores valores para as medições embaixo das janelas, em todas as fachadas, que nas medições realizadas ao lado das janelas, conforme Tabela 3 e Figura 8.

Tabela 3: Média das medições de umidade superficial por localização.

Orientação da fachada	Local da medição		Média
	Embaixo da janela (%)	Ao lado da janela (%)	
N	12,0	10,2	11,1
L	4,6	3,8	4,2
S	4,1	3,4	3,8
O	6,2	4,8	5,5

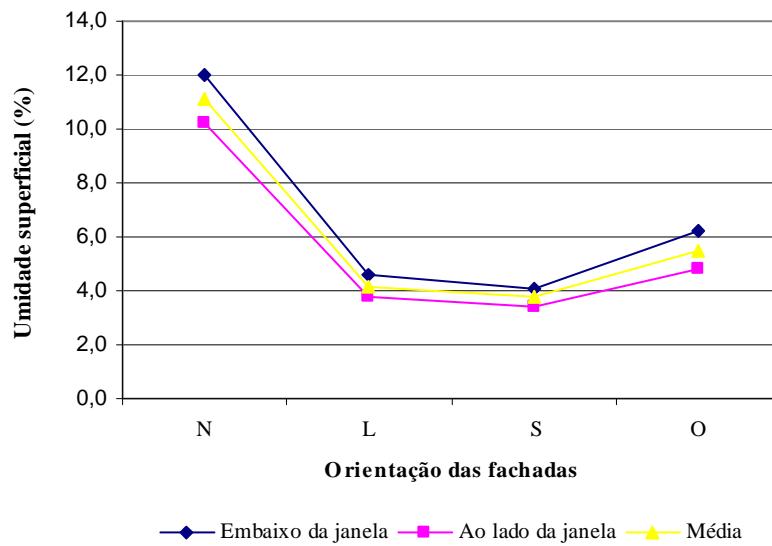


Figura 8: Média das medições de umidade superficial por localização.

A Tabela 4 e a Figura 9 apresentam os valores de medição de umidade por andar e por orientação da fachada. O 17º andar apresenta maior valor médio, estando o 2º andar com segundo maior valor médio e o 9º andar com menor valor médio.

Tabela 4: Média das medições de umidade superficial por pavimento.

Orientação da fachada	Pavimentos		
	2º andar (%)	9º andar (%)	17º andar (%)
N	12,1	10,7	10,7
L	4,6	3,7	4,3
S	4,2	3,4	3,6
O	4,1	4,3	8,1
Média	6,2	5,5	6,7

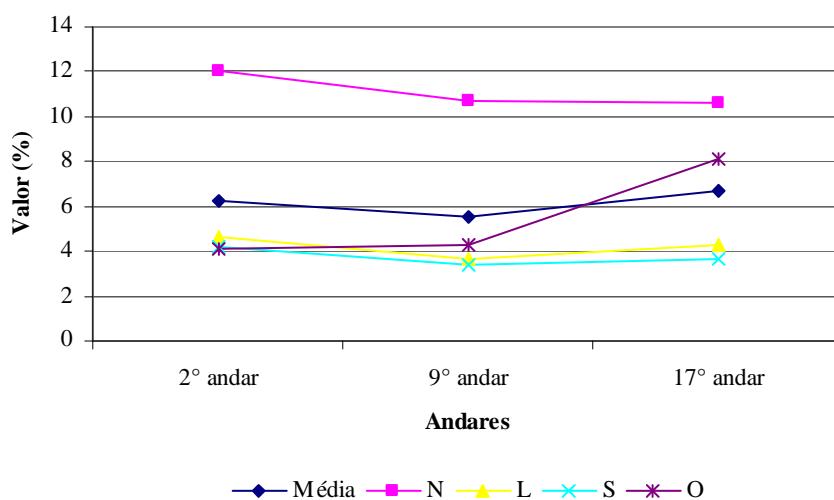


Figura 9: Média das medições de umidade superficial por pavimento.

5 CONCLUSÕES

A média de ICDD-m dos anos de 2002 a 2008 indicam o comportamento diferenciado de chuva dirigida para cada orientação. As direções NO e SE apresentaram os maiores valores e a direção S o menor valor.

As medições no período especificado de umidade superficial nas fachadas do edifício apontaram a ocorrência de maior umedecimento para as fachadas voltadas à orientação N. O pavimento tipo do 17º andar apresentou maiores valores de umedecimento, assim como as regiões abaixo das aberturas de janelas, em relação com as regiões do lado das aberturas.

Com base nos resultados obtidos, para a cidade de Goiânia, pode-se salientar alguns aspectos para a prevenção das manifestações patológicas associadas à umidade, como a infiltração, formação de sujidade e crescimento de microorganismos, que são:

- as fachadas voltadas, principalmente, para a direção NO, N e SE estão mais expostas à incidência de chuva dirigida, devendo ter cuidados com o surgimento de fissuras que são caminhos de penetração de umidade;
- os pavimentos superiores também estão mais expostos à umidade e a umidade em excesso pode propiciar o aparecimento de manchas nos elementos que compõe as fachadas (vedações, platibandas e demais elementos com característica de horizontalidade); e
- as regiões próximas aos peitoris de janelas apresentam maiores índices de umedecimento, que podem levar ao surgimento de manchamento tipo “bigode”.

6 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. NBR 15575. Rio de Janeiro, 2008.

_____. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 4: Sistema de vedações verticais externas e internas. NBR 15575. Rio de Janeiro, 2008.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Practice for Developing Accelerated Test to Aid Prediction of the Service Life of Building Components and Materials. Annual Book of Standards, section 14 , v. 1402, Philadelphia, 1998.

BLOCKEN, B.; CARMELIET, J. A review of wind-driven rain research in building science. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, v. 92, n. 13, p. 1079-1130, Nov/2004. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: fev/2009.

CHAND, I.; BHARGAVA, P.K. Estimation of driving rain index for India. **Building and Environment**, v. 37, n. 5, p. 549-554, mai/2002. Disponível em: <www.sciencedirect.com> Acesso em: fev/2009.

CHOI, E.C.C. Wind-driven rain on building faces and the driving-rain index. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, v. 79, n. 1 e 2, p.105-122, Jan/1999. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: fev/2009.

DORFMAN, G; PETRUCCI, H. M. C. Recomendações para o projeto de fachadas com vistas à sua maior durabilidade e facilidade de manutenção. In: SIMPÓSIO SOBRE PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES. PREVENÇÃO E RECUPERAÇÃO, 1989, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 1989.

GASPAR, Pedro; BRITO, Jorge de. Mapping defect sensitivity in external mortar renders. **Construction and building materials**, v. 19, p. 571-578, mar/2005. <www.sciencedirect.com>. Acesso em: nov/2008.

GIONGO, Michele. **Análise do nível de exposição das edificações à chuva dirigida para Florianópolis**. Florianópolis, 2007. 107 p. Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

LACY, R. E. Climate and building in Britan. Garston, **Building Research Establishment**, 1977. (Report...).

RYDOCK, J. P. A look at driving rain intensities at five cities. **Building and Environment**, v.41, n. 12, p. 1860-1866, 2006. Disponível em: <www.sciencedirect.com> Acesso em: fev/2009.

SHIRAKAWA, M.; CINCOTTO, M. A.; CARNEIRO A. M. P.; GAMBALE, W. Atividade de água e biodeterioração de argamassas por fungos filamentosos. In: Anais do II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS – II SBTA p. 373-384, 1997. Salvador. **Anais...** Salvador, 1997.

STRAUBE, J.. Moisture in buildings. **ASHRAE Journal**, Janeiro, p.15-19.

STRAUBE, J. F.; BURNETT, E. F. P. Simplified prediction of driving rain on buildings. **Proceedings of the International Building Physics Conference**, Eindhoven, The Netherlands, 18–21 Setembro 2000, p. 375-382.

VALEJO, F. J. L. **Ensuciamiento de fachadas pétreas por La ctaminación atmosférica**. El caso de la ciudad de Valladolid, España. Informes de la construcción, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, v. 41, n. 405, p. 45-72, 1990.

7 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Brasil).