



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

CHUVA DIRIGIDA: UM ESTUDO DA ISO 15927-3 NO CONTEXTO BRASILEIRO

ZANONI, Vanda A. G. (1); SÁNCHEZ, José Manoel M. (2); BAUER, Elton (3)
(1)FAU-UnB, vandazanoni@unb.br (2)FAU-UnB, sanchez@unb.br (3)FT-UnB, elbauerlem@gmail.com

RESUMO

Os estudos sobre chuva dirigida permitem avaliar as condições de exposição da envoltória do edifício que afetam a degradação dos elementos e a sua durabilidade devido à absorção de água pelos materiais porosos constituintes da fachada. A norma ISO 15927 *Hygrothermal performance of buildings - Part 3: Calculation of a driving rain index for vertical surfaces from hourly wind and rain data* (ISO EN, 2009) é um documento técnico internacional que fornece um método para estimar a quantidade de chuva dirigida que se projeta em uma superfície vertical em uma dada orientação. No Brasil, nenhuma norma brasileira apresenta procedimentos ou recomendações para quantificação de chuva dirigida. O objetivo deste artigo é apresentar o modelo proposto pela ISO 15927-3 para a quantificação de chuva dirigida em um estudo de caso para a cidade de Brasília-DF. Como procedimentos de pesquisa foram realizados: levantamento bibliográfico para identificação dos modelos existentes; estudo descritivo da ISO15927-3; e, aplicação do método apresentado pela norma para quantificação da chuva dirigida em fachada, na cidade de Brasília-DF. No estudo de caso realizado, a fachada Norte seguida das fachadas Noroeste e Nordeste são as fachadas que recebem maior quantidade de chuva dirigida ao longo do ano. O método proposto pela ISO 15927-3 considera fatores como a topografia, a rugosidade, as obstruções e as características da fachada do edifício. Ao considerar as condições locais de exposição da edificação na quantificação da água de chuva que é projetada na fachada, o resultado é mais preciso do que quando considerada a ação do vento sobre a precipitação em campo aberto.

Palavras-chave: Chuva dirigida, Fachada, Agentes de degradação, ISO 15.927-3.

ABSTRACT

Studies of driving rain are used to assess exposure conditions of the building envelope that affect the degradation of the elements and their durability due to water absorption by porous materials constituent of the facade. The ISO 15927 Hygrothermal performance of buildings - Part 3 : Calculation of a driving rain index for vertical surfaces from hourly wind and rain data (ISO EN 2009) is an international technical document that provides a method to estimate the amount of driving rain that is projected on a vertical surface in a given direction. In Brazil, there aren't Brazilian standards, procedures or recommendations for the measurement of driving rain. The objective of this paper is to present the proposed model by ISO 15927-3 for the quantification of driving rain on a case study for the city of Brasília - DF. As procedures were performed : literature survey to identify existing models ; descriptive study of ISO15927 - 3 ; and application of the method presented by the standard to quantify the driving rain on the facade in the city of Brasília - DF. In the case study, the facade that receives the most amount of driving rain is the North facade, followed by the Northwest and Northeast facades. The method proposed by ISO 15927-3 considers factors such as topography, roughness, obstructions and features of the facade of the building. When considering the local conditions of exposure of the building in the quantification of driving rain that is projected on the open field.

Keywords: Driving rain, Facade, Degradation agents, ISO 15.927-3.

1 INTRODUÇÃO

Os estudos de chuva dirigida são compostos por duas partes: (1) avaliação da chuva dirigida incidente na fachada (instante antes do impacto das gotas de chuva sobre a superfície vertical); (2) avaliação da resposta do edifício para a chuva dirigida (após o impacto das gotas de chuva).

A primeira parte dos estudos compreende o movimento e distribuição das gotas de chuva que caem das nuvens e são levadas pelo vento até colidir com a fachada do edifício. A intensidade (quantidade) da chuva dirigida é governada por uma ampla gama de parâmetros: geometria urbana, geometria e altura do edifício, geometria e detalhamento da fachada do edifício, tamanho e distribuição das gotas de chuva, além de todos os parâmetros meteorológicos relevantes, tais como a intensidade da chuva e a velocidade e direção do vento. A interação destes parâmetros produz distintos padrões de chuva dirigida nas fachadas (BLOCKEN; DEROME; CARMELIET et al., 2012).

A segunda parte dos estudos de chuva dirigida consiste na investigação dos processos físicos que ocorrem na microescala durante e após o impacto da chuva dirigida sobre a fachada do edifício. Inclui-se os fenômenos que ocorrem na superfície como respingo, ressalto, adesão, espalhamento, formação de filme, escoamento, evaporação, absorção das gotas de chuva e distribuição da umidade na parede. Estes processos também são regulados por todos os parâmetros que influenciam a intensidade da chuva dirigida sobre a fachada, mas também por parâmetros adicionais, tais como as propriedades e características do material da superfície, incluindo rugosidade, tensão superficial e sujidade da superfície. Na escala de uma gota de chuva, também são parâmetros importantes o diâmetro, a velocidade e o ângulo de impacto de cada gota, individualmente. A ampla gama dos parâmetros que influenciam o fenômeno indica a complexidade dos processos físicos de águas de chuva nas fachadas dos edifícios (BLOCKEN; DEROME; CARMELIET et al., 2012).

Considerando a importância que a chuva dirigida adquire nos processos de molhagem e secagem das superfícies porosas, já que é uma das fontes mais importantes de umidade para as fachadas de edifícios, cada vez mais pesquisadores buscam compreender melhor os mecanismos e seus efeitos.

As normas internacionais ISO15927-3 (ISO EN, 2009), Standard 160 (ANSI/ASHRAE, 2009) e o código inglês BS 8104 (BSI, 1992) são exemplos de documentos de referência que fornecem procedimentos para estimar a quantidade de chuva dirigida que se projeta em uma superfície vertical em uma dada orientação. No Brasil, não existe nenhuma norma técnica que especifique algum método de cálculo para chuva dirigida.

O principal objetivo deste artigo é apresentar um estudo do modelo empregado pela norma ISO 15927-3 *Hygrothermal performance of buildings - Calculation and presentation of climatic data - Part 3: Calculation of a driving rain index for vertical surfaces from hourly wind and rain data* (ISO EN, 2009) aplicado ao contexto brasileiro. Como procedimentos de pesquisa foram realizados: levantamento bibliográfico para identificação dos modelos existentes; estudo descritivo da ISO15927-3; e, aplicação do método apresentado pela norma para quantificação da chuva dirigida em fachada, na cidade de Brasília-DF.

Um dos interesses em estudar o modelo proposto pela ISO15927-3 deve-se ao fato de que simulações higrótérmicas envolvendo transporte de calor e massa por meio de programas computacionais, como o software WUFI Pro 5 (IBP, 2013), adotam modelos de chuva dirigida como dados de entrada.

2 MÉTODOS E MODELOS DE QUANTIFICAÇÃO DE CHUVA DIRIGIDA

A chuva dirigida (*driving rain* ou *wind-driven rain - WDR*) que se projeta sobre a superfície da fachada é resultado da ação do vento atuando sobre a precipitação. Sem o vento, a chuva cairia verticalmente e pouco molharia as paredes (BAUER, 1987; PEREZ, 1988).

Para a avaliação da chuva dirigida incidente nas paredes da fachada (instante antes do impacto das gotas de chuva), os estudos de intensidade (quantidade) de chuva dirigida são realizados a partir de três métodos: (1) métodos experimentais (medições), (2) métodos semi-empíricos e (3) métodos numéricos - simulações numéricas baseadas em Dinâmica dos Fluidos Computacional (*Computational Fluid Dynamics- CFD*) (BLOCKEN; CARMELIET, 2010).

Para Blocken e Carmeliet (2010), atualmente os três modelos de cálculo mais utilizados e que estão mais avançados são o modelo semi-empírico da norma ISO 15927-3, o modelo semi-empírico Straube e Burnett (SB) e o modelo de simulações numéricas baseadas em Dinâmica dos Fluidos Computacional, proposto por Choi e estendido para o domínio de tempo por Blöcken e Carmeliet. Os autores consideram que os métodos experimentais que se utilizam de medições são demorados, caros e propensos ao erro. Além disso, as medições feitas nas fachadas de um prédio em particular têm aplicabilidade limitada para outras fachadas de outros prédios em outros locais. Esta consciência tem levado pesquisadores a desenvolver modelos de cálculo que foram progressivamente melhorados, ao longo dos anos.

Freitas (2011) realizou um estudo comparativo entre os modelos semi-empíricos de Lacy, Henriques, Straube e Burnett (SB), WUFI, Meteororm, ASHRAE 160 e ISO 15927-3, concluindo que, entre outros, a aplicação das diferentes fórmulas semi-empíricas conduz a diferentes quantidades de chuva dirigida. Ainda, nos métodos semi-empíricos os dados climáticos desempenham um papel de especial importância na quantificação da chuva dirigida. Em síntese, a autora conclui que não é possível definir qual o melhor método para quantificar a chuva dirigida em fachadas. Mas, considera que o método proposto pela ISO 15927-3 parece ser a metodologia mais adequada, pois abrange um maior número de fatores que leva em conta as características do edifício.

O termo semi-empírico refere-se aos modelos com uma base teórica e com coeficientes que são, pelo menos, parcialmente determinados a partir de medições.

Em 1962, com base no produto da velocidade do vento e da precipitação, Lacy propôs o conceito de chuva incidente. Durante os anos 60, o CIB (*International Council for Research and Innovation in Building and Construction*) apresentou o conceito e estabeleceu o índice de chuva dirigida (Eq.1) como sendo o produto da precipitação pela velocidade do vento incidente nas edificações, sendo esses valores expressos por médias anuais (BAUER, 1987; PEREZ, 1988).

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

onde, ICD = índice de chuva dirigida (m^2/s);
 V = velocidade média do vento (m/s , medida a 10 m de altura);
 P = total de precipitação (mm).

O índice de chuva dirigida (*ICD* ou *DRI – Driving Rain Index*) é um índice que pode ser utilizado como critério de avaliação do grau de exposição das edificações ao meio no qual estão inseridas, inclusive como uma forma de comparação das condições de exposição de edificações de diferentes lugares. Em relação ao grau de exposição, Lacy

propôs três faixas de classificação quanto ao nível de exposição à chuva dirigida: protegido, moderado e severo. O índice de chuva dirigida (ICD) é expresso por m^2/s e corresponde, aproximadamente, a 200 l/m^2 , isto é, 200 mm de chuva que cai em uma superfície vertical de 1 m^2 . O ICD indica a quantidade total de chuva em campo aberto que será dirigida para a superfície vertical perpendicular ao vento (LACY, 1972).

Os modelos de quantificação da chuva dirigida baseiam-se ou na Eq.1, que determina o ICD, ou na Eq. 2, que quantifica o montante de chuva projetada sobre a fachada. Observa-se que só a componente da velocidade do vento perpendicular à fachada é considerada.

$$I = \alpha \cdot V \cdot P \cdot \cos (D - \theta) \quad (2)$$

onde, I = quantidade de chuva dirigida (l/m^2);
 α = coeficiente de chuva dirigida;
 V = velocidade do vento tomada a 10m de altura (m/s);
 P = precipitação em superfície horizontal (mm);
 θ = orientação da fachada: ângulo entre o N e a direção normal à parede ($^\circ$);
 D = direção do vento (ângulo a partir do norte) ($^\circ$).

Dependendo do modelo de estudo adotado, o coeficiente α da Eq. 2 pode adquirir diferentes expressões. O valor do coeficiente α é o que distingue os modelos e admite-se constante ao longo do tempo. Alguns modelos adotam α igual a 0,222 (s/m) ou seja 2/9, outros adotam para α o valor de 0,206 (BLOCKEN et al.; 2011; FREITAS, 2011).

O modelo proposto por Lacy para a quantificação de chuva dirigida é mostrado na Eq. 3 que relaciona a taxa de precipitação da chuva em superfície horizontal (R_h) com taxa de deposição da chuva em parede vertical (R_v), assumindo que a distribuição do tamanho das gotas na parede é uniforme, com gotas de tamanhos similares com velocidade finais de $1/0,222 \text{ m/s}$ ($4,5 \text{ m/s}$), o que corresponde a um diâmetro de 1,2 mm (adequado para chuva de intensidade leve a moderada). O valor α de 0,222 expressa o tamanho médio das gotas como uma função da intensidade da precipitação e a velocidade final de queda das gotas.

$$R_v = \frac{2}{9} \cdot V \cdot R_h^{\frac{8}{9}} \approx 0,222 \cdot V \cdot R_h^{0,88} \quad (3)$$

Giongo, Padaratz e Lamberts (2011, p10) relatam uma explicação dada por email pelo pesquisador Rydock para a diferença entre os fatores de conversão adotados pelos diferentes métodos (RYDOCK et al., 2005). Segundo o autor, o valor 0,206 foi determinado por Lacy em um estudo de 75 eventos de chuva para um período de 16 anos, no qual $1 \text{ m}^2/\text{s}$ (1 ICD) corresponde a 0,206 m ou 206 mm de chuva dirigida em uma parede vertical, calculado a partir de um valor médio para uma série de eventos de tempestades (que duram de diversas horas a diversos dias), enquanto o fator 0,222 está relacionado especificamente a dados de vento e totais de chuva horários. O expoente 0,88 pode ser omitido com boa aproximação.

2.1 ISO 15927-3: 2009

A ISO 15927-3 *Hygrothermal performance of buildings - Calculation and presentation of climatic data - Part 3: Calculation of a driving rain index for vertical surfaces from hourly wind and rain data*. (ISO EN, 2009) permite calcular a provável quantidade de água de chuva projetada sobre uma fachada em uma dada orientação e considera os dados climáticos horários de precipitação e vento (velocidade e direção) de um determinado período de tempo, onde o vento sopra na direção da fachada.

A Eq. 4 apresentada pela norma ISO 15927-3 estabelece a intensidade de chuva dirigida em um determinado período em campo aberto para uma determinada direção (θ) e a Eq.5 quantifica a intensidade de chuva dirigida em fachada orientada na direção (θ), em um determinado período, considerando as condições de exposição da edificação (topografia, rugosidade, obstruções e tipologia da fachada).

$$I_s = \frac{2}{9} \sum V P^{8/9} \cos(D - \theta) \quad (4)$$

$$I_{ws} = I_s C_R C_T O W \quad (5)$$

onde,

- I_s = Intensidade de chuva dirigida em um determinado período em campo aberto para uma determinada direção (θ), (l/m2);
- I_{ws} = Intensidade de chuva dirigida em fachada orientada na direção (θ), em um determinado período (l/m2);
- V = Média horária da Velocidade do vento (m/s);
- P = Precipitação em superfície horizontal (mm);
- θ = Orientação da fachada: ângulo entre o N e a direção normal à parede;
- D = Direção do vento (ângulo a partir do norte);
- C_r = Coeficiente de rugosidade;
- C_t = Coeficiente de topografia;
- O = Fator de obstrução;
- W = Fator da fachada.

O parâmetro C_r considera a variação da velocidade média do vento devido a altura acima do solo e a rugosidade do terreno na direção em que sopra o vento, depende da categoria do terreno (Quadro 1) e é calculado a partir da Eq. 6 ou Eq. 7.

$$C_R(z) = K_R \cdot I_n \left(\frac{z}{z_0} \right), \quad z \geq z_{min} \quad (6)$$

$$C_R(z) = C_R(z_{min}), \quad z < z_{min} \quad (7)$$

onde,

- Z = altura acima do solo (m);
- K_R = fator do terreno;
- Z_0 = comprimento da rugosidade aerodinâmica (m);
- Z_{min} = altura mínima (m).

Quadro 1 – Categorias do terreno e parâmetros para calcular C_r

Categoria do terreno	Descrição	K_R	z_0	z_{min}
I	Frente de mar; margens de lagos com pelo menos 5 km de água e campo plano sem obstáculos	0,17	0,01	2
II	Terrenos agrícolas com sebes/vedações com estruturas agrícolas, casas e árvores ocasionais	0,19	0,05	4
III	Áreas suburbanas ou industriais e florestas	0,22	0,3	8
IV	Áreas urbanas em que pelo menos 15% da superfície tem edifícios com uma altura superior a 15 m	0,24	1	16

Se existir uma variação da rugosidade do terreno a menos de 1 km do local em análise, deve considerar-se a categoria de terreno menos rugosa que fornece um valor de C_R maior.

Fonte: ISO 15927-3 (ISO EN, 2009)

O fator C_T considera o aumento da velocidade média do vento em colinas isoladas e escarpas. Deve ser considerado para locais que estejam a mais de meia altura de uma colina ou para locais que estejam situados até 1,5 vezes a altura de uma escarpa a partir da base da mesma. C_T é calculado através das Eq. 8, Eq.9 ou Eq.10.

$$C_T = 1 \quad \text{para } < 0,05 \quad (8)$$

$$C_T = 1 + 2_s \theta \quad \text{para } 0,05 \leq \theta \leq 0,3 \quad (9)$$

$$C_T = 1 + 0,6_s \quad \text{para } \theta > 0,3 \quad (10)$$

onde, s = é o fator obtido a partir dos escalonamento das curvas de níveis (variando de 0 a 1) para o comprimento da declividade a montante, L_u , ou da declividade a jusante, L_d ;
 θ = é a declividade a montante, H/L_u , na direção do vento.

Quadro 2 - Comprimento efetivo, L_e

Declive a montante do vento $\theta (=H/L_u)$	
Raso ($0,05 \leq \theta \leq 0,3$)	Íngreme ($\theta > 0,3$)
$L_e = L_u$	$L_e = H/0,3$

Fonte: ISO 15927-3 (ISO EN, 2009)

onde, L_u = comprimento real do declive a montante, na direção do vento;
 L_d = comprimento real do declive a jusante do vento;
 L_e = comprimento efetivo do declive a montante do vento definido no Quadro 2;
 H = altura efetiva da elevação;
 x = distância horizontal a partir do local até o topo da crista;
 z = distância vertical a partir do local até o topo da crista.

O fator W é uma forma de considerar o tipo de fachada (altura e características) e a variação da chuva dirigida ao longo da fachada devido ao fluxo de ar nos pontos singulares. Este fator deve ser obtido para cada posição por meio do Quadro 3.

Quadro 3 – Fator W

DESCRIÇÃO	VALOR MÉDIO	DISTRIBUIÇÃO	
2 pisos Fachada exposta: cobertura com inclinação $\geq 20^\circ$, sem beiral	0,4	Topo ↑ Base	0,5 0,4 0,3 0,2
2 pisos Fachada protegida: cobertura com inclinação $\geq 20^\circ$, com beiral	0,3	Topo ↑ Base	0,3 0,3 0,3
2 pisos cobertura em terraço ou com inclinação $< 20^\circ$	0,4	Topo ↑ Base	0,5 0,4 0,2
3 pisos Fachada exposta: cobertura com inclinação $\geq 20^\circ$, sem beiral	0,3	Topo ↑ Base	0,5 0,4 0,3 0,3 0,2
3 pisos Fachada protegida: cobertura com inclinação $\geq 20^\circ$, com beiral	0,4	Topo ↑ Base	0,4 0,4 0,4
Superior a 3 pisos Cobertura em terraço ou com inclinação $< 20^\circ$	0,2	0,5 para os 2,5 m superiores 0,2 para as demais superfícies	

Fonte: Adaptada de ISO 15927-3 (ISO EN, 2009)

O fator O considera a proteção da fachada pelo obstáculo mais próximo que pode ser um edifício, vedações ou árvores. É determinado calculando a distância horizontal ao obstáculo mais próximo que deve ter, no mínimo, a altura da fachada em análise (Quadro 4). Observa-se que o fator pode variar significativamente ao longo da parede.

Quadro 4 – Valores do Fator de Obstrução O

Distância da parede à obstrução (m)	Fator de obstrução O (*)
de 4 até 8	0,2
acima de 8 até 15	0,3
acima de 15 até 25	0,4
acima de 25 até 40	0,5
acima de 40 até 60	0,6
acima de 60 até 80	0,7
acima de 80 até 100	0,8
acima de 100 até 120	0,9
acima de 120	1,0

(*) Se existir a possibilidade de ocorrência de vento convergente na direção da parede, o fator de obstrução deve ser considerado igual a 1,0 independentemente de existirem obstruções.

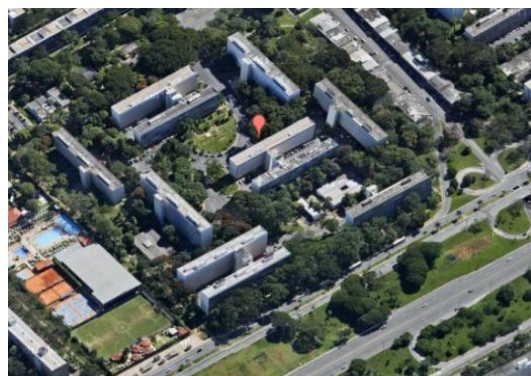
3 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DA ISO 15927-3: 2009 PARA QUANTIFICAÇÃO DE CHUVA DIRIGIDA EM BRASÍLIA-DF

Ao longo das Asas Sul e Norte do Eixo Rodoviário Residencial localizam-se as superquadras destinadas às edificações residências com predomínio de edifícios com gabarito uniforme de seis pavimentos. As áreas verdes envolvem os edifícios. A figura 1 ilustra a condição de exposição analisada.

Figura 1- Situação geográfica do Plano Piloto de Brasília onde se localiza a Superquadra 108 Sul



Fonte: http://pessoal.utfpr.edu.br/ligia/material/cartografia/tutorial_hipsometria_srtm.pdf



Fonte: <http://maps.google.com.br/maps>

Para a determinação do Fator de Rugosidade (C_R) foram estudadas as categorias de terreno que dependem da variação da velocidade do vento e da tipologia das edificações das superquadras residenciais, típicas da cidade de Brasília (Quadro 1). Observando as categorias, optou-se por descartar as categorias 1 e 2 por não atenderem as condições da área de análise. Optou-se por considerar a quantificação da chuva dirigida atuando na parte superior das edificações de 6 pavimentos, para altura Z igual a 18 m.

Considerando que as superquadras são pouco adensadas e com muita arborização, dos valores de C_R analisados, optou-se pela categoria 3 cujo valor de C_R é igual a 0,90.

Para o fator de topografia C_T , foi considerado o valor 1, pela situação topográfica da região analisada que apresenta declividade menor que 0,05 (ver Eq.8).

Para o fator de obstrução O foi considerado o valor 1, pois existe a possibilidade de ocorrência de vento convergente na direção da parede.

Para o fator de parede W foi considerado o valor 0,5, correspondente à 2,5m da parte superior das edificações com mais de 3 pisos, com cobertura em terraço.

No caso da cidade de Brasília-DF, os arquivos horários climáticos somente passaram a ser coletados a partir de maio de 2000, decorrente da implantação da Estação Automática de Superfície A001. Esses dados ainda não foram publicados, mas podem ser obtidos por meio de solicitação do arquivo climático ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Os valores adotados para este estudo correspondem aos dados horários fornecidos pelo INMET referente aos anos 2003 a 2012, portanto 10 anos de dados horários medidos pela estação A001.

Analisando estatisticamente os dados, verificou-se que menos de 4% eram nulos. Optou-se, então, por descartar os dados nulos ao invés de qualquer outro critério de recomposição ou interpolação de dados, considerando a imprevisibilidade de comportamento horário dos ventos (velocidade e direção) assim como da precipitação. Para o cálculo da chuva dirigida foram consideradas as fachadas orientadas para N, L, S, O, NE, SE, SO e NO.

Aplicando a metodologia apresentada pela norma ISO 15927-3, obtêm-se os dados da Tabela 1, representados nos gráficos das Figura 2 e Figura 3, que apresentam a provável quantidade de chuva dirigida (l/m^2) projetada sobre uma fachada, em uma dada orientação, para a cidade de Brasília-DF.

Tabela 1 - Intensidade de chuva dirigida (l/m^2) orientada para cada fachada, para cada mês do ano, para a cidade de Brasília-DF

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Janeiro	26,67	18,61	10,04	7,25	5,42	7,18	15,13	25,88
Fevereiro	20,98	16,44	9,39	4,88	3,94	5,45	10,89	17,99
Março	16,34	12,19	10,28	9,29	7,77	7,41	12,08	16,62
Abril	8,00	10,41	10,34	9,58	7,03	5,13	3,84	5,67
Maiο	0,82	1,20	1,84	2,11	1,65	0,96	0,67	0,70
Junho	0,15	0,12	0,12	0,18	0,24	0,21	0,16	0,14
Julho	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Agosto	2,09	1,80	1,15	0,89	0,68	0,32	0,46	1,41
Setembro	2,38	2,20	2,11	2,87	2,90	2,34	1,78	2,27
Outubro	8,30	10,35	13,28	13,99	11,61	8,70	7,64	7,66
Novembro	23,93	19,43	14,72	13,48	11,33	9,87	13,79	21,72
Dezembro	30,87	20,17	10,33	7,82	7,65	9,38	18,29	29,86
ANUAL	140,51	112,93	83,62	72,34	60,21	56,94	84,71	129,92

Figura 2 - Chuva Dirigida - intensidade mensal por orientação de fachada em Brasília-DF

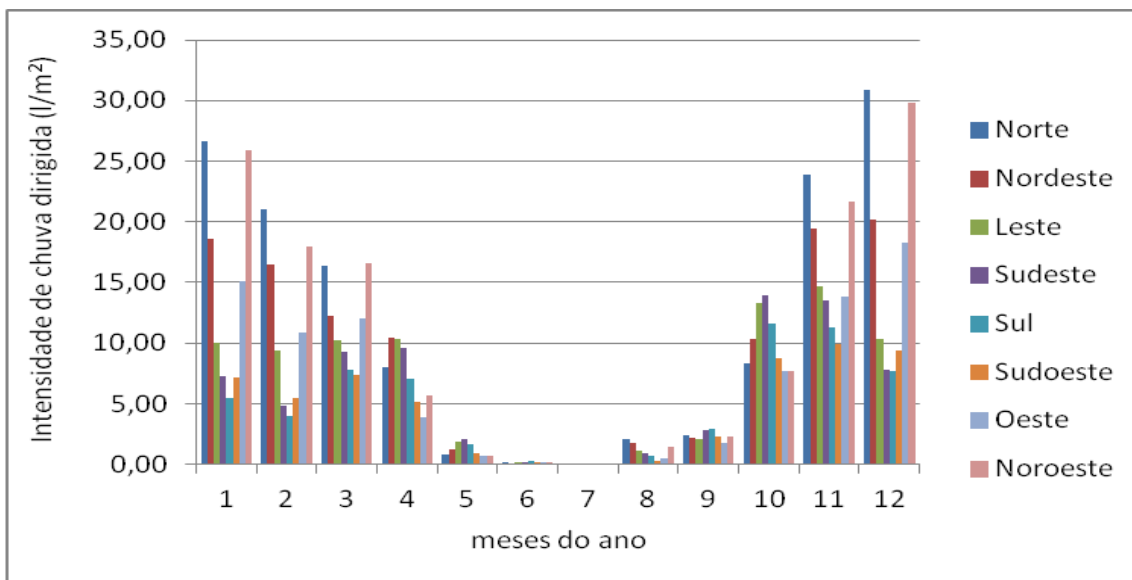
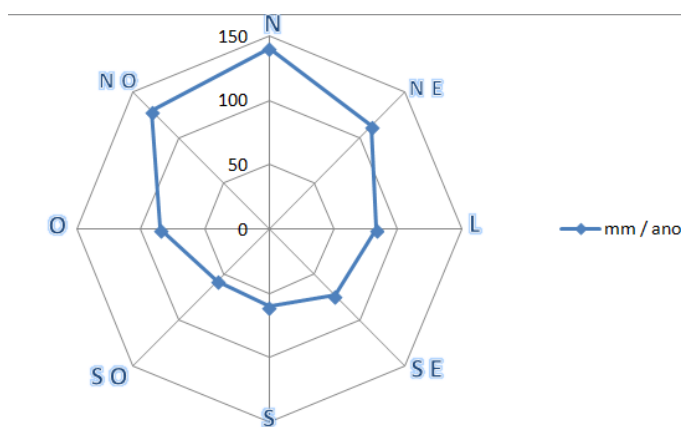


Figura 3 - Chuva Dirigida - intensidade anual por orientação de fachada em Brasília DF



4 CONCLUSÃO

A metodologia apresentada pela ISO 15927-3 foi aplicada a um estudo de caso na cidade de Brasília. O uso de dados climáticos horários aplicados ao modelo da ISO 15927-3 permitiu prever a intensidade de água de chuva que é projetada sobre as fachadas, considerando as condições de exposição da envoltória do edifício ao longo de cada mês do ano.

Os dados obtidos mostram que a chuva dirigida é mais intensa no mês de dezembro, seguido pelo mês de janeiro. A fachada orientada para Norte é aquela que recebe maior quantidade de água de chuva dirigida ao longo do ano, seguida pelas fachadas Noroeste e Nordeste. As fachadas que menos recebem chuva dirigida ao longo do ano são as fachadas orientadas para Sudoeste e para Sul. Comparando o período chuvoso (de outubro a março) com o período seco (de abril a setembro) verifica-se que a fachada

Norte seguida pela fachada Noroeste e Nordeste são as fachadas mais atingidas pela chuva dirigida nos meses chuvosos.

Ao considerar as condições locais de exposição da edificação na quantificação da água de chuva que é projetada na fachada, o resultado é mais preciso do que quando considerada a ação do vento sobre a precipitação em campo aberto.

REFERÊNCIAS

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE & AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE 160** - Criteria for Moisture-Control Design Analysis in Buildings. Atlanta, 2009.

BAUER, E. **Resistência à Penetração da Chuva em Fachadas de Alvenaria de Materiais Cerâmicos: uma análise de desempenho**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 1987.

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 (3), p. 691-703, 2010.

BLOCKEN, B.; DEROME, J.; CARMELIET, J. Rainwater runoff from building facades: a review. **Building Environment** 60: 339-361. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.10.008>.

BRITISH STANDARD INSTITUTION - BSI. **BS 8104** - Code of practice for assessing exposure of walls to wind driven rain. London, 1992.

IBP - FRAUNHOFER INSTITUTE FOR BUILDING PHYSICS. **WUFI Pro 5.0.**, Holzkirchen, Germany, 2013.

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

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

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Ed. Rev. e ampliada. Organizadores: Andrea Malheiros Ramos, Luiz André Rodrigues dos Santos, Lauro Tadeu Guimarães Fortes. Brasília-DF, 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **EN ISO 15927-3** - Hygrothermal Performance of Buildings - Calculation and presentation of climatic data – Part 3: Calculation of a driving rain index for vertical surfaces from hourly wind and rain data. Geneva, 2009.

LACY, R. E. **Survey of Meteorological Information for Architecture and Building**. (S.I): Building Research Station, Departamento of the Environment, 1972.

PEREZ, A. R. Umidade nas Edificações: Recomendações para a Prevenção da Penetração de Água pelas Fachadas. **Tecnologia de Edificações** (1ª e 2ª partes). São Paulo, PINI, IPT-Divisão de Edificações, 1988. p. 571-578.

RYDOCK, J. P. et al. A Driving Rain Exposure Index for Norway. **Building and Environment**, v. 40, n. 11, p. 1450-1458, nov. 2005.