AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE FACHADAS COM VIDROS DE CONTROLE SOLAR EM UM EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS

WESTPHAL, Fernando Simon

Dep.de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, fernando.sw@ufsc.br

Resumo: *O objetivo deste estudo é avaliar o impacto de diferentes especificações de vidro, área de janela e elementos de proteção solar no conforto térmico de um edifício de escritórios. A avaliação é feita por simulação computacional no programa EnergyPlus, com o uso de arquivos climáticos das cidades de São Paulo e Salvador. Foram simuladas sete alternativas de composição de fachada e avaliados o percentual de horas de conforto segundo o modelo PMV/PPD da ASHRAE Standard 55, considerando os ambientes climatizados. A influência do uso de vidros de controle solar nas condições de conforto é avaliada contra o desempenho de brises em conjunto com vidro incolor, comprovando-se a equivalência entre as soluções. Por fim, é feita uma análise da influência dos diferentes tipos de fachada no consumo de climatização, demonstrando-se que o uso de vidros de controle solar pode resultar no mesmo consumo de energia de uma fachada com elementos de proteção solar e vidro incolor comum.*

Palavras-chave: *conforto térmico; brises; simulação computacional; EnergyPlus.*

Área do Conhecimento: *Qualidade e desempenho de produtos e sistemas construtivos*

1 INTRODUÇÃO

O uso de fachadas envidraçadas em edifícios de escritórios tem sido amplamente difundido por proporcionarem maior possibilidade de integração visual com o exterior, admissão de luz natural no interior, e um diferencial estético valorizado por investidores e projetistas (SHAMERI et al., 2011). Besen e Westphal (2012) compararam o conforto térmico e desempenho energético proporcionado por fachadas com vidros laminados e vidros duplos em quatro cidades brasileiras: São Paulo, Rio de Janeiro, Fortaleza e Curitiba. Constatou-se que ambas especificações geram desempenho energético semelhante em Curitiba e São Paulo, enquanto que em Fortaleza e Rio de Janeiro vidros duplos de controle solar promovem maior economia de energia. Diversos estudos conduzidos por simulação paramétrica avaliam o impacto da influência das fachadas envidraçadas no consumo de energia em climatização em edifícios de escritórios (WESTPHAL, 2007; POIRAZIS et al., 2008; CARVALHO et al., 2010; NOH-PAT et al. ,2011; BURATTI et al., 2012; PALMER e GENTRY, 2012; YIN et al., 2012; ANDREIS e WESTPHAL, 2016).

Poucos trabalhos, de fato, fazem a avaliação das condições de conforto térmico interno desses edifícios. Um ambiente de escritórios, mesmo com climatização artificial de ar, pode apresentar horas de desconforto ao longo do ano, seja pela variação da temperatura do ar interno, ou por assimetria de radiação. Esse tipo de variação pode ser comum em ambientes com grandes áreas envidraçadas, onde a incidência de radiação solar direta pode interferir na temperatura radiante média do ambiente.

O objetivo do presente trabalho é avaliar o desempenho térmico de soluções de fachada confrontando a especificação de vidros de controle solar com brises horizontais em um edifício de escritórios. A análise é conduzida por meio de simulação computacional no software EnergyPlus, para as cidades de São Paulo e Salvador. O pavimento tipo de um edifício de escritórios foi modelado no software e foram simuladas sete configurações de janelas, envolvendo a especificação do vidro, área de janela da fachada e o uso de brises horizontais.

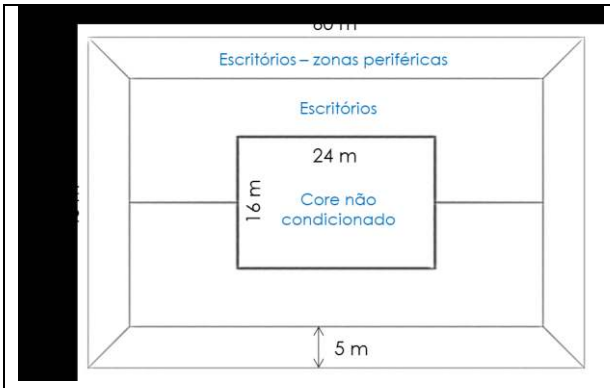
2 METODOLOGIA

2.1 Modelo computacional

O modelo base representa o pavimento tipo de um edifício de escritórios com planta retangular de 40 x 60 m, conforme croqui apresentado na Figura 1. O pavimento possui os ambientes de escritórios climatizados distribuídos por quatro zonas térmicas periférias e mais duas zonas internas. O núcleo central (*core*) foi modelado sem climatização, representando área de elevadores, circulação, sanitários e salas técnicas. Um resumo das características desse modelo base é apresentado também na Figura 1.

As janelas foram modeladas em toda a extensão das fachadas, com altura de 1,40 m e peitoril de 1,10 m, totalizando 40% de razão de área de janela na fachada (WWR: *window-to-wall ratio*). A altura da janela e o peitoril foram alteradas em alguns dos casos simulados, conforme descrito no item a seguir, para representar diferentes cenários de WWR. Não foram modelados elementos de proteção solar internos, tais como persianas ou cortinas.

Figura 1 – Resumo das características do modelo computacional.



Distância de laje a laje (piso acabado): 3,60m

Pé-direito: 2,80m

Distância do forro à laje: 0,80m

Paredes: Alvenaria em bloco de concreto (U = 2,49 W/m².K); pintada externamente com cor neutra (absortância = 0,50)

Ar-condicionado: splits com COP 3,00 W/W; Renovação de ar de 7,5l/s/pessoa

Cargas internas: densidade de ocupação média/alta, segundo NBR 16401: Iluminação: 16 W/m², equipamentos: 16,2 W/m² e pessoas: 9,3m² por posto de trabalho.

Padrão de uso: ocupação e uso dos sistemas em dias úteis, das 8h às 20h e aos sábados das 8h às 14h.

Fonte: Autor

2.2 Casos simulados

As alternativas de fachada foram geradas para avaliar o impacto da especificação de vidros de controle solar, vidro insulado (duplo com câmara de ar) e uso de brises. Os casos foram gerados com a alteração de parâmetros conforme descrito no Quadro 1. Os sete casos foram simulados com arquivos climáticos de São Paulo e Salvador. Foram analisados os percentuais de horas de conforto segundo o modelo PMV/PPD da ASHRAE Standard 55 (ASHRAE, 2010).

Os modelos com área de janela (WWR) de 25% tiveram a altura das janelas alteradas para 0,90 m. O modelo com WWR de 60% teve a altura da janela ampliada para 2,16 e peitoril reduzido para 0,64 m. Foram avaliados três tipos de vidro: laminado incolor, com Fator Solar (FS) de 82%; laminado de controle solar com FS de 36%; e insulado de controle solar com FS de 28%. Os casos com brises consideram o uso de placas horizontais ao longo de toda a extensão das janelas, com 20 cm de profundidade, espaçadas a cada 20 cm.

Quadro 1 – Definição dos parâmetros para cada caso simulado

Caso	Nome do modelo	WWR	Vidro	FS	Brise
1	WWR 40 FS 82	40%	Incolor laminado 6mm	82%	Não
2	WWR 40 FS 82 brise	40%	Incolor laminado 6mm	82%	Sim
3	WWR 25 FS 82 brise	25%	Incolor laminado 6mm	82%	Sim
4	WWR 40 FS 36	40%	Controle solar laminado	36%	Não
5	WWR 40 FS 28 ins	40%	Controle solar insulado	28%	Não
6	WWR 60 FS 28 ins	60%	Controle solar insulado	28%	Não
7	WWR 25 FS 36 brise	25%	Controle solar laminado	36%	Sim

3 RESULTADOS

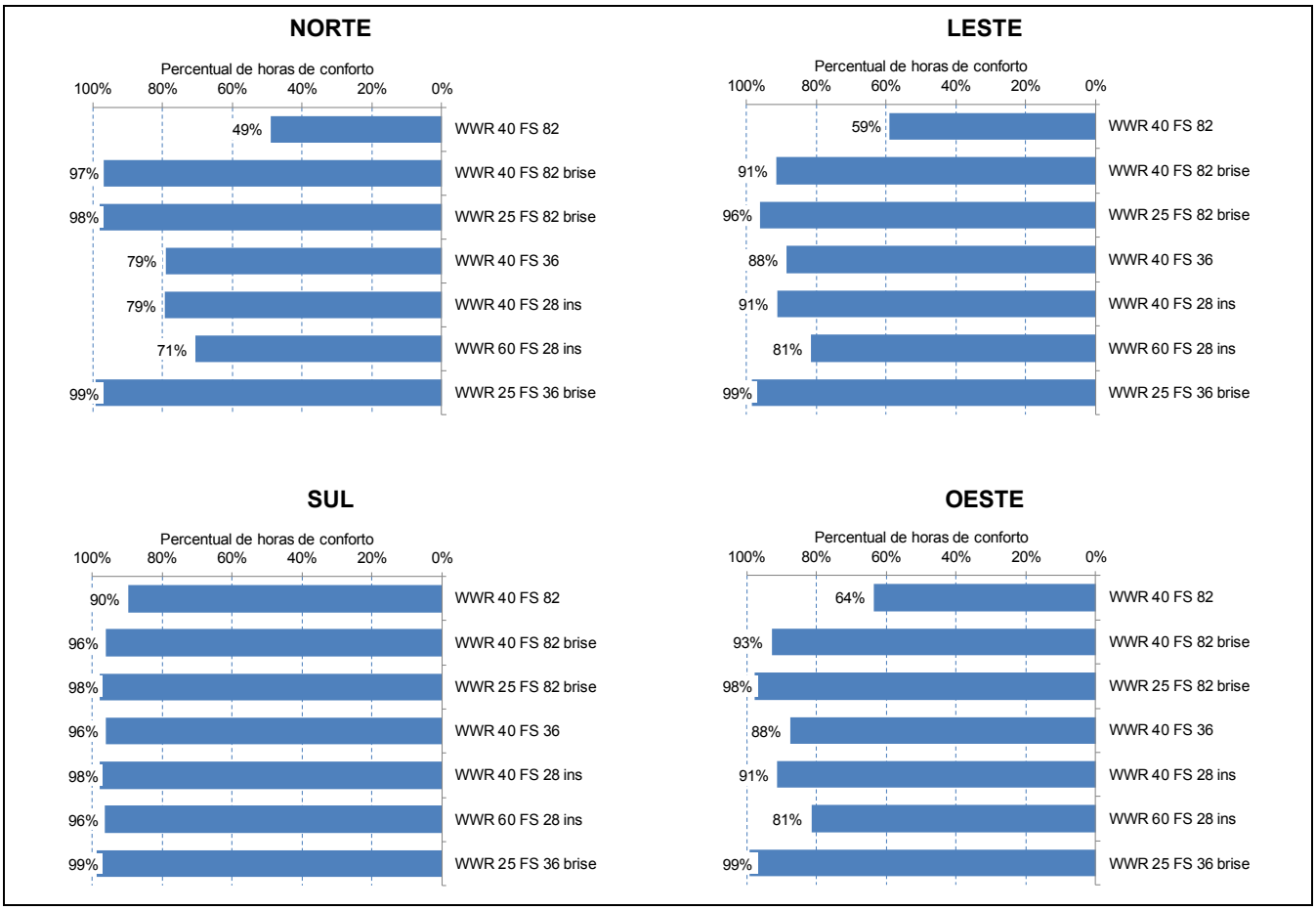
Os gráficos da Figura 2 apresentam os percentuais de horas de conforto para cada zona térmica periféria do modelo, simulado inicialmente com arquivo climático de São Paulo. O cálculo dos percentuais foi feito com base nas horas totais de ocupação do prédio, que correspondem a 3.654 horas.

Observa-se que o primeiro modelo, com WWR de 40% e vidro laminado incolor, com Fator Solar de 82%, proporciona menos de 50% de horas de conforto ao longo do ano na fachada norte. Na fachada leste este percentual sobe para 59% e, na oeste, para 64%. A fachada sul apresenta 90% ou mais de horas de conforto para todos os cenários simulados e por isso o comparativo entre as diferentes estratégias é irrelevante.

O uso dos brises promove um incremento significativo no percentual de horas de conforto em todas as orientações, superando 90%. Mas observa-se que a adoção de vidros de controle solar, com Fator Solar 36% (quarto modelo simulado), consegue desempenho quase equivalente nas fachadas leste e oeste, com 88% de horas de conforto, contra 91% e 93% dos modelos com vidro incolor e brises. Já o uso de vidro de controle solar insulado, com Fator Solar de 28%, resultou em mesmo percentual de horas de conforto na fachada leste e apenas 2 pontos percentuais a menos na fachada oeste.

O aumento na área de janela, quando utilizado o vidro insulado com Fator Solar de 28%, resultou em pelo menos 71% de horas de conforto na fachada norte e 81% nas fachadas leste e oeste. O modelo com a fachada mais "obstruída", ou seja, WWR de 25% e brises, em conjunto com o vidro insulado, resultou em quase 99% de horas de conforto nas quatro orientações. Esses resultados confirmam que o aumento na área de janela pode diminuir as horas de conforto, mas ao mesmo tempo indicam que a especificação de vidros com melhores propriedades ópticas podem amenizar o problema, mesmo considerando um caso extremo onde não haja o uso de persianas internas, conforme simulado neste estudo.

Figura 2 – Percentual de horas de conforto nas zonas térmicas periféricas para os modelos simulados com arquivo climático de São Paulo



Os gráficos da Figura 3 apresentam os resultados para os modelos simulados com arquivo climático de Salvador. Nota-se que, neste caso, a fachada sul apresenta percentuais mais baixos de horas de conforto em relação a São Paulo. Para a latitude de Salvador, essa orientação recebe radiação solar significativa e merece mais atenção quanto ao desempenho térmico da composição da fachada.

O uso de vidro incolor resultou em apenas 32% de horas de conforto na fachada oeste. Quando utilizado o vidro de controle solar laminado (Fator Solar igual a 36%), as horas de conforto foram mais do que duas vezes maiores, atingindo 68%. O uso do vidro insulado aumentou esse percentual para 74%, sendo ainda superior ao modelo com brises e vidro incolor. Isso se justifica pela alta intensidade de radiação difusa na cidade de Salvador, situação em que os brises horizontais simulados acabam por não proteger em boa parte do ano na fachada oeste.

Os gráficos da Figura 4 apresentam o consumo anual de energia em ar-condicionado, de cada modelo simulado para as duas cidades. Observa-se que para São Paulo, diferentemente dos padrões de conforto verificados anteriormente, o modelo com WWR de 40%, sem brises, com vidro de controle solar laminado (FS 36%) garante o menor consumo de energia (83 MWh), ou seja, o melhor desempenho. Na sequência, os melhores modelos ainda são aqueles sem brises, com vidro insulado e WWR 40% e 60%, ambos com 86 MWh de consumo de energia. Isso indica que a análise de estratégias de soluções de fachadas apenas pelo consumo de energia em climatização, como é comum em diversas ferramentas de certificação e etiquetegem de edifícios, pode não proporcionar o melhor padrão de conforto.

Figura 3 – Percentual de horas de conforto nas zonas térmicas periféricas para os modelos simulados com arquivo climático de Salvador

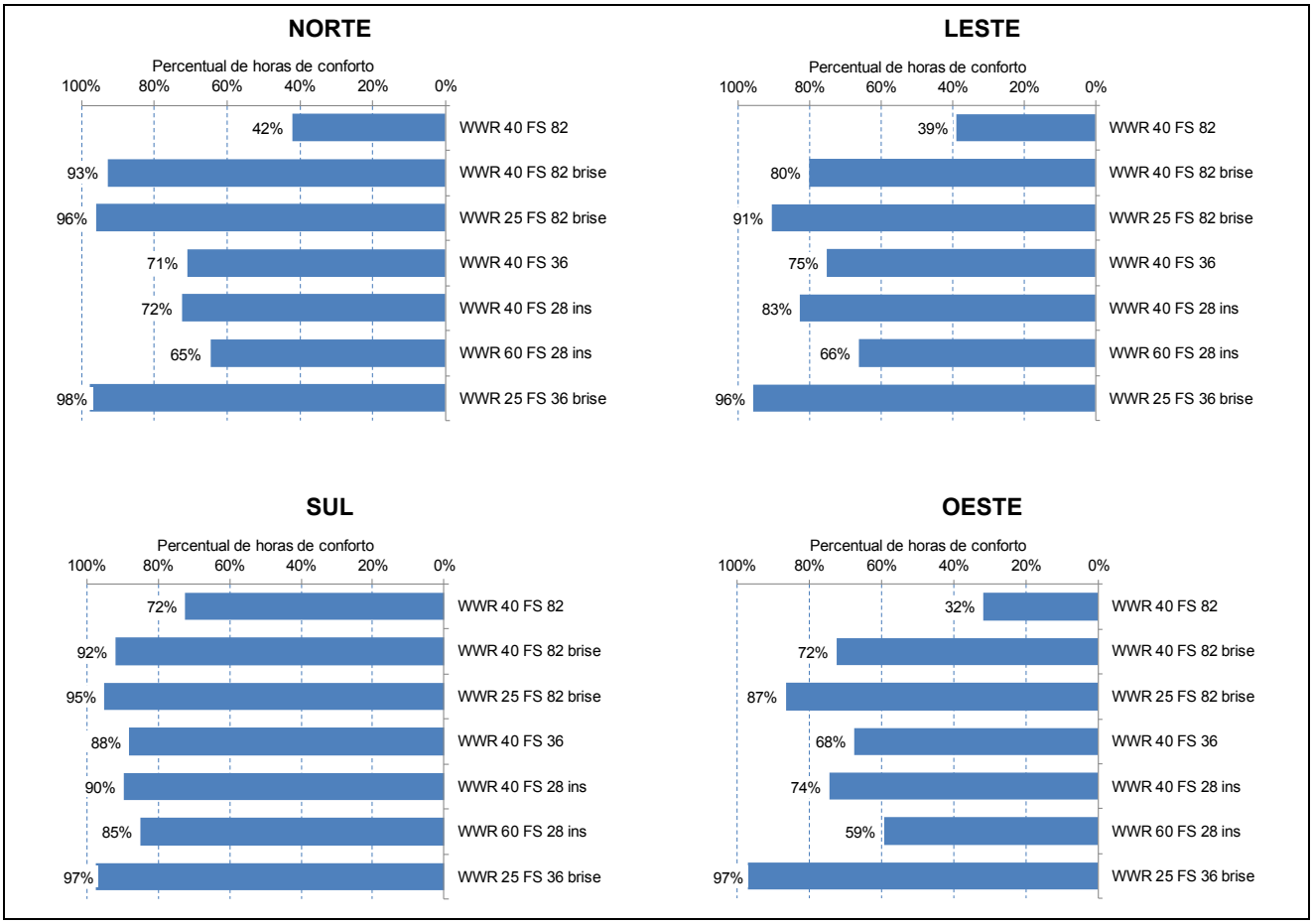
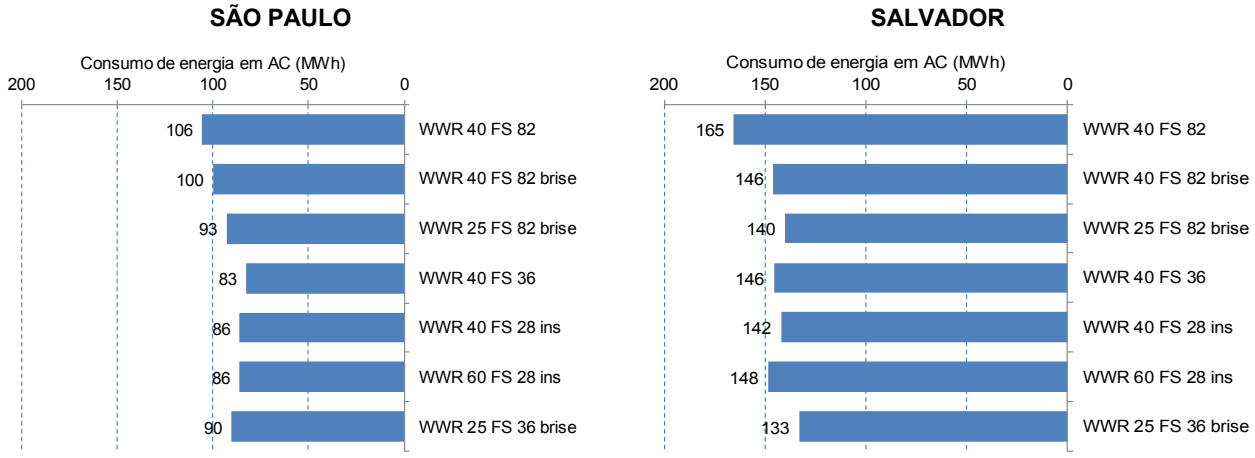


Figura 4 – Consumo de energia em climatização dos modelos simulados para as duas cidades



4 CONCLUSÕES

Dentre os cenários simulados pode-se comprovar, neste estudo de caso específico, que é possível obter soluções de fachada que proporcionam o mesmo padrão de conforto térmico interno combinando diferentes especificações de vidro e brises. Fachadas sem obstruções visuais podem ser projetadas com mesmo desempenho térmico de estratégias com elementos de proteção fixos. Tais elementos revelaram desempenho térmico inferior quando analisado o consumo de energia em climatização, comprovando que a parcela de radiação solar difusa que atravessa os brises é significativa e pode ser amenizada com vidros mais seletivos. Esses resultados mostram que os programas de certificação ambiental e etiquetagem de eficiência energética de edificações, quando levam em conta apenas o consumo de energia global, podem não avaliar com precisão as condições de conforto térmico interno.

5 REFERÊNCIAS

ANDREIS, C.; WESTPHAL, F.S. Influence of glazed façades on energy consumption for air conditioning of office buildings in Brazilian climates. Int. Journal of Engineering Research and Application, Vol. 6, Issue 11, (Part -1) November 2016, pp.54-60.

ASHRAE. Standard 55 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: ASHRAE, 2010.

BESEN, P.; WESTPHAL, F. S. Uso de vidro duplo e vidro laminado no Brasil: avaliação do desempenho energético e conforto térmico por meio de simulação computacional, ENTAC. Anais...Juiz de Fora: 2012

BURATTI, C. et al. Unsteady simulation of energy performance and thermal comfort in non-residential buildings. Building and Environment, v. 59, p. 482–491, jan. 2012.

CARVALHO, M. M. Q.; LA ROVERE, E. L.; GONÇALVES, A. C. M. Analysis of variables that influence electric energy consumption in commercial buildings in Brazil. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 14, n. 9, p. 3199–3205, dez. 2010.

NOH-PAT, F. et al. Thermal analysis for a double glazing unit with and without a solar control film (SnS–CuxS) for using in hot climates. Energy and Buildings, v. 43, n. 2-3, p. 704–712, fev. 2011.

PALMER, C. M.; GENTRY, T. A Better Distinction for Standard Specifications of Low-E Coatings for Diverse Climate ConditionsPLEA. Anais...North Carolina at Charlotte USA: 2012

POIRAZIS, H.; BLOMSTERBERG, Å.; WALL, M. Energy simulations for glazed office buildings in Sweden. Energy and Buildings, v. 40, n. 7, p. 1161–1170, jan. 2008.

SHAMERI, M. A. et al. Perspectives of double skin façade systems in buildings and energy saving. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 15, n. 3, p. 1468–1475, abr. 2011.

WESTPHAL, F. S. Análise de Incertezas e de Sensibilidade Aplicadas à Simulação de Desempenho Energético de Edificações Comerciais. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. UFSC, 2007.

YIN, R.; XU, P.; SHEN, P. Case study: Energy savings from solar window film in two commercial buildings in Shanghai. Energy and Buildings, v. 45, p. 132–140, fev. 2012.