

USO DE VIDRO DUPLO E VIDRO LAMINADO NO BRASIL: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO E CONFORTO TÉRMICO POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Priscila Besen⁽¹⁾; Fernando Simon Westphal⁽²⁾

(1) Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: pribesen@gmail.com

(2) Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: fernandosw@arq.ufsc.br

Resumo

O vidro duplo com câmara de ar é indicado como solução construtiva para fachadas em climas temperados e vem sendo empregado na maioria das edificações em países da Europa e América do Norte. Essa tecnologia foi trazida para o Brasil e tem sido utilizada em edificações comerciais sem que anteriormente houvesse grandes estudos para avaliar a eficiência de sua adequação aos climas brasileiros. Este estudo visa comparar o desempenho energético e o conforto térmico de edificações com vidro duplo com câmara de ar e com vidro laminado sem câmara. Foi realizada simulação computacional no software EnergyPlus, utilizando-se o modelo de uma edificação comercial típica, com serviços na zona central e ambientes de escritório nas áreas periféricas. A análise foi feita em quatro cidades brasileiras: São Paulo, Rio de Janeiro, Fortaleza e Curitiba. Quatro diferentes percentuais de abertura de fachada foram testados e utilizaram-se vidros laminados e duplos com fatores solares similares. Os resultados para todos os climas analisados mostram que, em termos de conforto, o vidro duplo mostra-se mais eficiente. O isolamento térmico proporcionado pela câmara de ar diminui a influência da temperatura externa sobre a temperatura superficial interna do vidro, aumentando a sensação de conforto em áreas periféricas. No entanto, quanto ao consumo de energia, o vidro laminado se mostra igualmente eficiente para alguns climas brasileiros, como é o caso das cidades de São Paulo e Curitiba.

Palavras-chave: Vidros, Eficiência energética, Conforto Térmico, Simulação computacional.

Abstract

Insulating glazing units are indicated as constructive solutions for facades in temperate climates and have been being applied on most buildings in Europe and North America. This technology was introduced in Brazil and has been used in commercial buildings without previous studies to evaluate its efficiency and adaptation to brazilian climates. This study aims to compare the energy performance and thermal comfort of buildings with double pane insulated glazing against laminated glazing without air gap. Computer simulation was done with software EnergyPlus, using a model of a typical commercial building, with core on center and office spaces on the peripheral areas. The analysis was carried out on four Brazilian cities: São Paulo, Rio de Janeiro, Fortaleza e Curitiba. Four different window-to-wall ratios were tested and laminated and double pane glazing with similar SHGC were used. The results for all the analyzed climates show that, in terms of thermal comfort, the double insulated glazing is more efficient. The thermal insulation provided by the air gap reduces the influence of the external temperature on the glazing's surface inside temperature, increasing the feeling of comfort on the peripheral areas. Although, in terms of energy consumption, laminated glazing is equally efficient for some climates, as São Paulo and Curitiba.

Keywords: Glazing, Energy efficiency, Thermal Comfort, Computer simulation.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Huizenga, C. et al (2006), “Qualquer pessoa que já sentou perto de uma janela fria

em um dia de inverno ou sob radiação solar direta em um dia quente reconhece que janelas podem causar desconforto térmico. Sistemas de condicionamento de ar são projetados para responder a sensores de temperatura do ar, que nem sempre refletem os problemas de radiação causados por janelas”. Além do impacto sobre o conforto térmico, as aberturas influenciam sobre o consumo energético das edificações. Diversas tecnologias que vem surgindo no mercado possibilitam uma melhoria no desempenho de aberturas e faz-se necessário estudar seu comportamento no ambiente construído.

O vidro duplo com câmara de ar é indicado como solução construtiva para fachadas em climas temperados e vem sendo empregado na maioria das edificações em países da Europa e América do Norte. Essa tecnologia foi trazida para o Brasil e tem sido utilizada em edificações comerciais sem que houvesse grandes estudos para avaliar a eficiência de sua adequação aos climas brasileiros. Segundo fundamentos da ASHRAE (2005), “Para edificações em determinados climas, impedir a entrada de radiação solar é mais importante do ponto de vista energético do que melhorar o isolamento térmico usando múltiplas camadas de vidro. Por exemplo, edifícios com alta carga interna em climas amenos podem ter grandes ganhos de calor por radiação solar e por ganhos internos. (...) Nesses casos, prevenir o ganho excessivo de radiação solar pelas áreas de abertura é muito importante”. Esse caso se aplica a climas como o de São Paulo, principalmente em edificações comerciais com grande carga térmica interna. Desse modo, este estudo visa avaliar e comparar o desempenho energético e aspectos do conforto térmico de edificações que utilizam vidro duplo com câmara de ar com o de edificações usando vidro laminado sem câmara em diferentes climas brasileiros.

2. METODOLOGIA

O método utilizado para avaliar o desempenho dos diferentes vidros foi a simulação computacional. Utilizou-se o software EnergyPlus versão 7.0, capaz de fornecer resultados quanto ao desempenho energético e conforto térmico. Os parâmetros considerados para análise foram consumo de energia anual e índices de conforto térmico PMV e PPD (ASHRAE Standard 55, 2004).

2.1 Envelope

Utilizou-se o modelo do pavimento-tipo de uma edificação comercial típica com 20 pavimentos de 40 x 60m – totalizando 48000m² - com zona de serviços no centro e ambientes de escritório nas áreas periféricas. Os materiais empregados nas paredes e coberturas permanecem os mesmos em todos os modelos. Em todos os modelos, as aberturas não possuem dispositivos de sombreamento. Os parâmetros variados são descritos no quadro 1, totalizando 48 modelos diferentes. As propriedades dos vidros simulados são apresentadas no quadro 2.

| Percencial de Abertura de Fachada | Tipo de vidro | Cidade |
|-----------------------------------|------------------------|----------------|
| 30% | Incolor Comum | Curitiba |
| 40% | Laminado sem câmara | Fortaleza |
| 50% | Duplo com câmara de ar | Rio de Janeiro |
| 60% | | São Paulo |

Quadro 1 - Parâmetros analisados na simulação

| Propriedade | Incolor Comum | Laminado | Duplo |
|--|---------------|----------|-------|
| Espessura (mm) | 6 | 12 | 24 |
| Transmissão luminosa (%) | 88 | 30 | 39 |
| Fator Solar (%) | 84 | 33 | 28 |
| Transmitância Térmica (W/m ² K) | 5,80 | 5,60 | 2,09 |

Quadro 2 - Propriedades dos vidros simulados

O zoneamento térmico da edificação simulada é mostrado na figura 1.

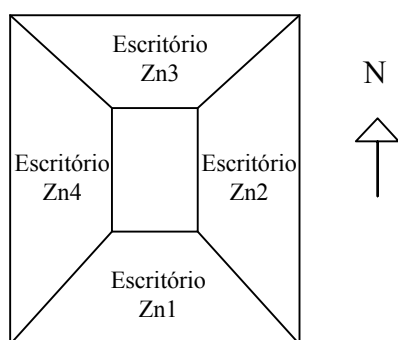


Figura 1 - Zoneamento térmico da edificação

2.2 Cargas Internas

A ocupação dos ambientes de escritório é de 8m² por pessoa e na zona de serviços 180m² por pessoa. Cada ocupante exerce atividade de escritório, gerando uma carga térmica de 120W. Essa ocupação varia conforme a hora do dia e o dia da semana, em horário comercial padrão. A iluminação segue a potência máxima determinada pela ASHRAE Standard 90.1, com uma densidade de 12 W/m² em áreas de escritório e 5 W/m² em áreas de serviço e circulação.

2.3 Condicionamento de Ar

Para representar uma edificação comercial típica, o modelo foi considerado condicionado durante todo o período de seu funcionamento. Porém, o condicionamento só é acionado quando a temperatura do ar encontra-se fora do intervalo de 18 a 24°C. O sistema de ar condicionado é de expansão direta, com central de água gelada composta por chiller centrífugo com COP igual a 6,10 (W térmico/W elétrico). A distribuição de ar nos ambientes é feita por fan-coils e caixas VAV.

3. RESULTADOS

3.1 Conforto térmico

O modelo de Fanger foi utilizado para analisar o desempenho dos diferentes vidros quanto ao conforto térmico. Foram calculados índices de conforto apenas para as áreas periféricas do edifício, onde a influência do vidro sobre o conforto é maior. Os dados analisados são o Voto Médio Predito (PMV) e a Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD). Conforme a ASHRAE Standard 55 (2004), valores de PMV entre -0,5 e +0,5 demonstram que o ambiente está em conforto, havendo até 10% de ocupantes insatisfeitos. Com esses dados, são definidas as horas de Conforto, Desconforto por Frio e Desconforto por Calor.

Os resultados para diferentes climas para o modelo com Percentual de Abertura de Fachada de 40% são mostrados nas figuras 2 a 5.

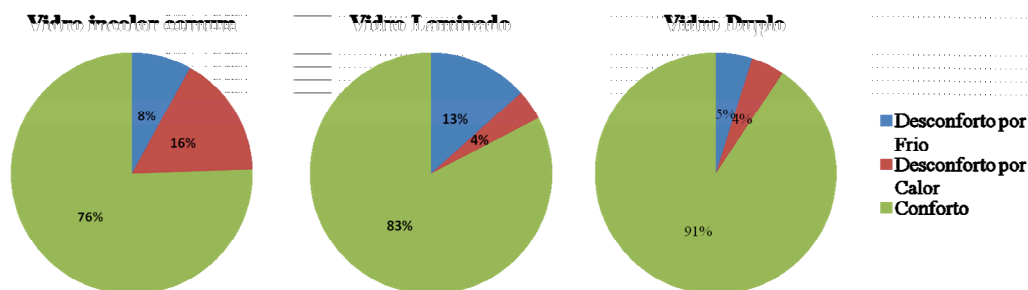


Figura 2 - Análise de conforto em São Paulo

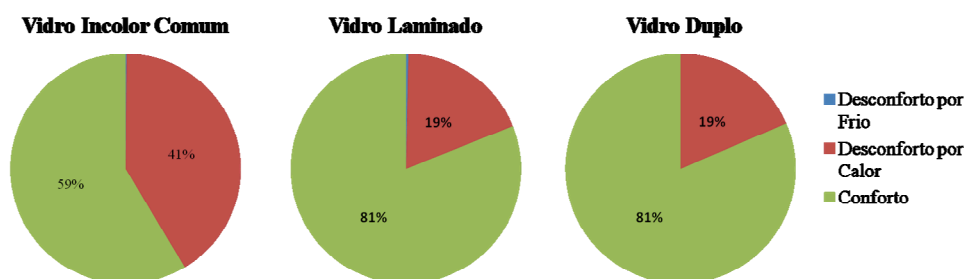


Figura 3 - Análise de conforto no Rio de Janeiro

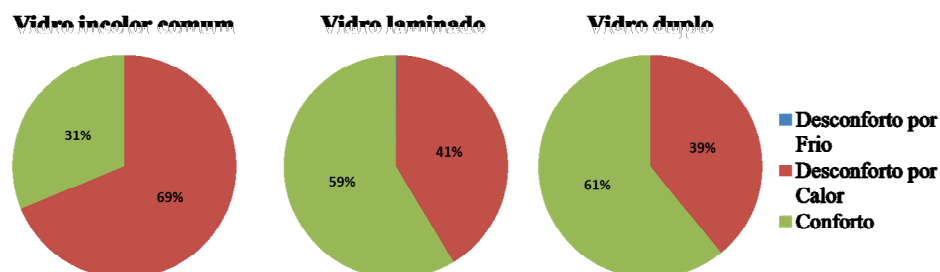


Figura 4 - Análise de conforto em Fortaleza

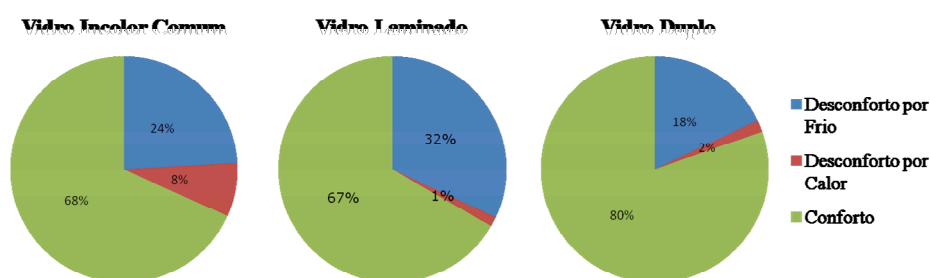


Figura 5 - Análise de conforto em Curitiba

Os gráficos demonstram grande influência do tipo de vidro adotado sobre o conforto dos ocupantes próximos às áreas envidraçadas. As maiores diferenças ocorrem quanto ao desconforto por frio, pois o isolamento proporcionado pelo vidro duplo diminui a influência da temperatura externa sobre a temperatura superficial interna, e desse modo o ocupante perde menos calor para o vidro. Em Fortaleza e Rio de Janeiro, onde o clima é mais quente, não há tantas diferenças no padrão de conforto do vidro laminado para o duplo, pela grande quantidade de cargas internas. Porém, ao comparar ambos com o vidro incolor, nota-se grande aumento nas horas de conforto.

3.2 Desempenho energético

Quanto ao desempenho energético, foi avaliado o consumo final de energia e a carga de pico de ar condicionado nas zonas periféricas do modelo. As figuras 6 a 9 mostram o consumo de energia obtido em cada clima de acordo com percentual de abertura e o tipo de vidro.

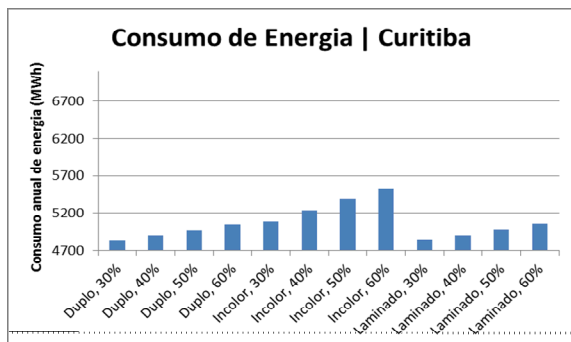


Figura 6 - Consumo de energia por percentual de abertura e tipo de vidro em Curitiba.

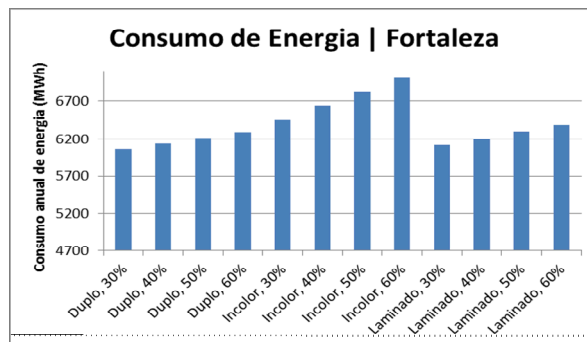


Figura 7 - Consumo de energia por percentual de abertura e tipo de vidro em Fortaleza.

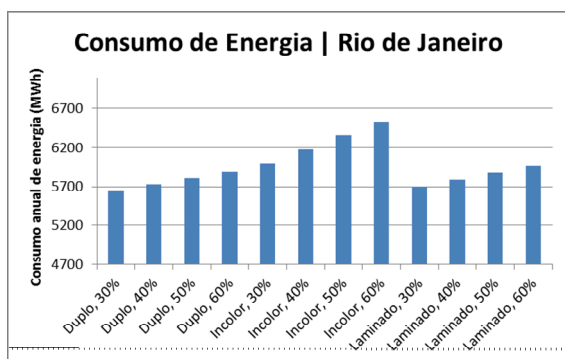


Figura 8 - Consumo de energia por percentual de abertura e tipo de vidro no Rio de Janeiro.

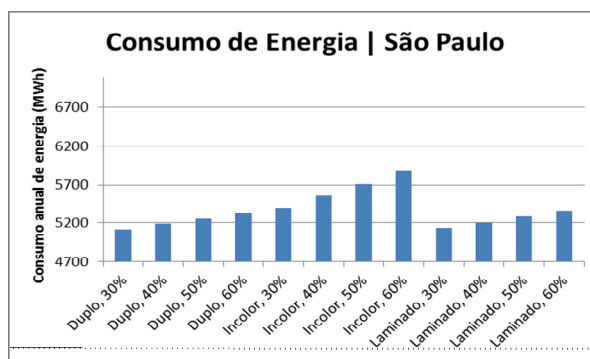


Figura 9 - Consumo de energia por percentual de abertura e tipo de vidro em São Paulo.

Os gráficos mostram que o consumo energético segue o mesmo padrão em todas as cidades analisadas. Quanto maiores o percentual de abertura e o fator solar, maior é o consumo final. Algumas particularidades são observadas, no entanto.

Na cidade de Curitiba, o vidro duplo apresentou maior consumo com resfriamento. Esse maior consumo é causado pelo isolamento que o vidro proporciona e impede a transferência de calor de dentro para fora da edificação em dias de temperatura amena. Quanto maior a área de abertura, mais esse comportamento é evidenciado. Porém, houve um menor consumo com aquecimento, resultando num consumo global praticamente igual ao do vidro laminado. A figura 7 ilustra o consumo com aquecimento e resfriamento em Curitiba.

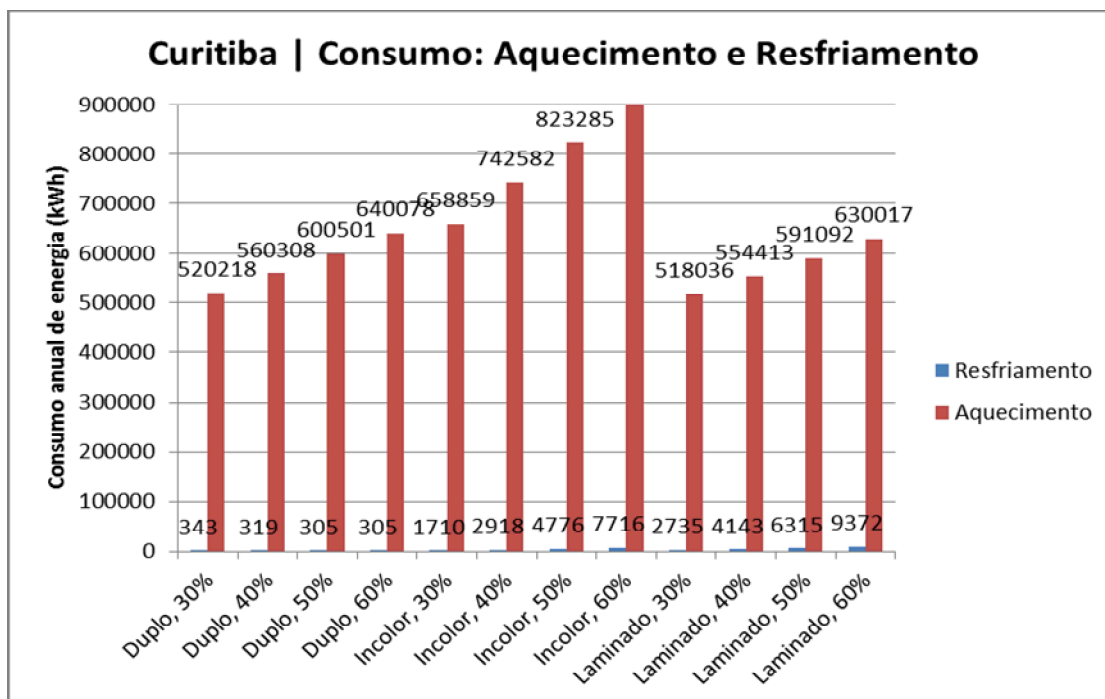


Figura 10 - Consumo de energia com aquecimento e resfriamento em Curitiba

Em São Paulo, a economia de energia apresentada pelo vidro duplo não é muito significativa, chegando a no máximo 0,6% em relação ao vidro duplo.

Rio de Janeiro e Fortaleza apresentam resultados similares. A economia em ambas as cidades com o vidro duplo é de 1,4% em relação ao vidro laminado. Ressalta-se que a economia em relação ao vidro incolor é significativa e chega a 10,2% no modelo com PAF 60%.

As figuras 11 a 14 mostram os resultados encontrados quanto à carga de de pico do sistema de ar condicionado. Os resultados seguem o mesmo padrão do que foi obtido quanto ao consumo de energia.

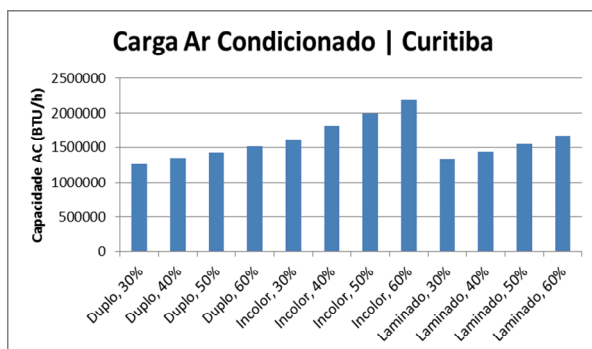


Figura 11 - Carga de pico de Ar Condicionado por percentual de abertura e tipo de vidro em Curitiba.

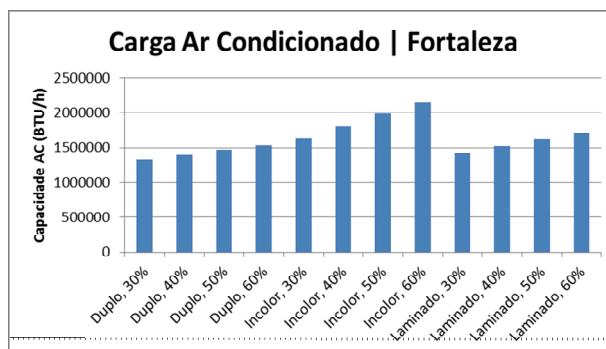


Figura 12 - Carga de pico de Ar Condicionado por percentual de abertura e tipo de vidro em Fortaleza.

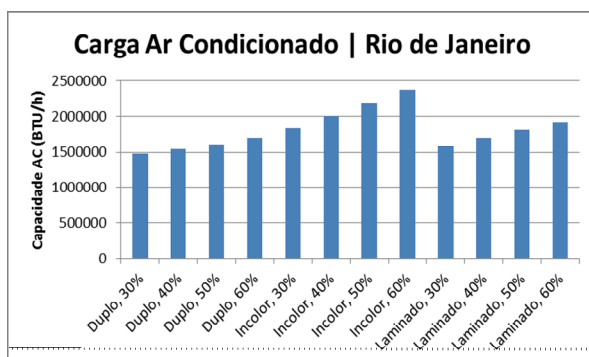


Figura 13 - Carga de pico de Ar Condicionado por percentual de abertura e tipo de vidro no Rio de Janeiro.

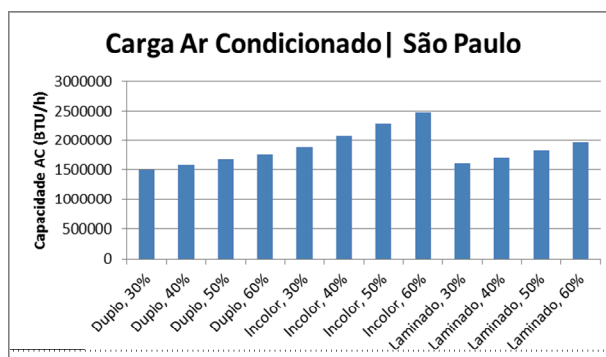


Figura 14 - Carga de pico de Ar Condicionado por percentual de abertura e tipo de vidro em São Paulo.

4. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados mostram que o tipo de vidro empregado pode ter grande influência sobre o consumo energético e o conforto térmico em edifícios. Comparando-se o vidro incolor com os vidros de controle solar estudados, uma grande economia pode ser alcançada. Porém, a comparação entre vidro duplo e laminado mostra que em algumas cidades seu comportamento é muito similar. Em Fortaleza e no Rio de Janeiro, o conforto proporcionado pelos vidros foi similar, porém o vidro duplo apresenta economia de energia significativa. Em cidades de clima mais ameno – Curitiba e São Paulo – o vidro duplo proporcionou maior conforto, porém do ponto de vista energético ambos obtiveram resultados iguais.

Conclui-se que a adequação do vidro para cada clima e tipo de edificação deve ser estudada para alcançar uma maior eficiência. O estudo de caso do comportamento dos diferentes tipos de vidro mostra que nem sempre o comportamento mais óbvio ocorre, e por isso a simulação mostra-se uma importante ferramenta de projeto, pois permite prever esse comportamento antes que ele ocorra no ambiente construído. É importante equilibrar as condições de conforto e consumo a cada projeto e buscar a melhor solução entre os diversos materiais existentes.

REFERÊNCIAS

HUIZENGA, C.; ZHANG, H.; MATTELAER, P.; YU, T.; ARENS, E.. **Window Performance for Human Thermal Comfort**. Berkeley, 2006.

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE). **Handbook of Fundamentals**. ASHRAE Inc., 2005.

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE). **Standard 55 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: ASHRAE Inc., 2004.