XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Vidro insulado em climas brasileiros: relação entre economia de energia, propriedades ópticas e temperatura do ar exterior

Vidrio insulado en climas brasileños: relación entre el ahorro de energía, las propiedades ópticas y la temperatura del aire exterior

Insulated glass in Brazilian climates: relationship between energy savings, optical properties, and outdoor air temperature

Eficiência energética / *Eficiencia energética / Energy efficiency*

Westphal, Fernando Simon
Eng. Civil, Dr. Eng., Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil,
fernando.sw@ufsc.br

Resumo

Este artigo apresenta um estudo sobre a influência de vidros insulados no consumo de energia para climatização de um edifício de escritórios simulado para 410 arquivos climáticos brasileiros. A avaliação foi conduzida por meio do programa EnergyPlus, sobre o modelo do pavimento tipo de um edifício representativo e 18 especificações de vidros de controle solar e suas versões insuladas. A análise dos dados foi feita com base no consumo de energia em climatização para resfriamento. Os resultados confirmam que a maior economia de energia é alcançada inicialmente com a redução do ganho de calor solar através do vidro. A redução da transmitância térmica do vidro, no caso da composição insulada, traz maiores benefícios em climas mais quentes, com temperatura média acima de 22°C e para vidros mais escuros, com maior absorção energética.

Palavras-chave: Fachadas. Desempenho térmico. Simulação de edificações. EnergyPlus. Eficiência energética.

Resumen

Este artículo presenta un estudio sobre la influencia de los vidrios insulados en el consumo de energía para la climatización de un edificio de oficinas simulado para 410 archivos climáticos brasileños. La evaluación se llevó a cabo mediante el programa EnergyPlus, basado en el modelo de la planta tipo de un edificio representativo y 18 especificaciones de vidrios de control solar y sus versiones insuladas. El análisis de los datos se realizó considerando el consumo de energía en climatización para refrigeración. Los resultados confirman que el mayor ahorro de energía se logra inicialmente con la reducción de la ganancia de calor solar a través del vidrio. La reducción de la transmitancia térmica del vidrio, en el caso de la composición insulada, proporciona mayores beneficios en climas más cálidos, con una temperatura media superior a 22°C, y para vidrios más oscuros, con mayor absorción energética.

Palabras clave: Fachadas. Desempeño térmico. Simulación de edificaciones. EnergyPlus. Eficiencia energética.

Abstract

This article presents a study on the influence of insulated glass on energy consumption for cooling in an office building simulated for 410 Brazilian climate files. The evaluation was conducted using the EnergyPlus software, based on the typical floor model of a representative building and 18 specifications of solar control glass and their insulated versions. The data analysis was based on energy consumption for cooling. The results confirm that the greatest energy savings are initially achieved by reducing solar heat gain through the glass. The reduction of thermal transmittance in the insulated glass composition provides greater benefits in warmer climates, with an average temperature above 22°C, and for darker glass with higher energy absorption.

Keywords: Facades. Thermal performance. Building simulation. EnergyPlus. Energy efficiency.

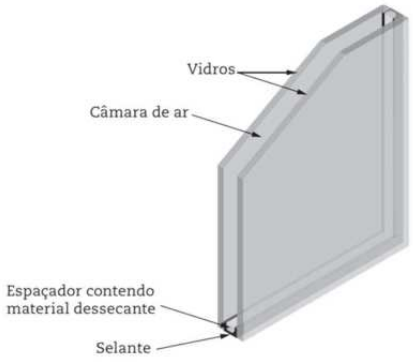
Introdução

Segundo definição da ABNT NBR 16015, vidro insulado é o “conjunto formado por duas ou mais placas de vidro paralelas, separadas por um espaçador, com as bordas hermeticamente seladas ao longo de todo o seu perímetro, formando em seu interior uma câmara estanque e desidratada.” (ABNT, 2012).

O vidro insulado tem a função de promover maior isolamento térmico à esquadria, diminuindo o fluxo de calor por diferença de temperatura, pois a câmara de ar (Figura 1) aumenta a resistência térmica da composição (Westphal, 2022).

Por ser aplicado em chapas de pequenas espessuras, o vidro plano utilizado nas edificações apresenta elevada transmitância térmica (U), chegando a 5,6 W/m².K para a chapa de 8 mm de espessura. O uso da câmara de ar como elemento de separação entre as peças de vidro permite reduzir a transmitância térmica pela metade. Vidros baixo emissivos (*low-e*) podem ter a transmitância reduzida mesmo em composições monolíticas ou laminadas, quando a face de baixa emissividade está exposta ao ambiente interno

Figura 1: Representação esquemática de um vidro insulado.



Fonte: Westphal (2022)

O Quadro 1 apresenta um comparativo entre a transmitância térmica de vidros monolíticos comuns, vidros *low-e* (emissividade 0,13) e insulados em diferentes composições

Em climas frios, o vidro insulado é utilizado com elevado potencial de redução do consumo de energia para aquecimento das edificações, sendo estudado em aplicações com até 6 chapas na sua composição (LBNL, 2022; SADOOGHUI e KHERANI, 2018). Mas também existe aplicação viável em climas quentes, tropicais e subtropicais (KRALJ et al., 2019; BUI et al., 2017; FUNG e LU, 2017), sendo adotado como importante estratégia de *retrofit* (KOH, et al. 2020; SOMASUNDARAM et al., 2020; GONZÁLEZ-JULIAN et al., 2018; DUTTA e SAMANTA, 2018).

No Brasil, o uso de vidro insulado já foi explorado em pesquisas de mestrado (Andreis, 2014; Pinto, 2017) e doutorado (Pinto, 2023), indicando que há um potencial de economia de

energia dependendo da especificação de vidro de controle solar utilizada na composição e das características da edificação e do clima. Entretanto, ainda há pouca penetração deste produto no mercado nacional e os estudos citados anteriormente sugerem que há um potencial não explorado nas regiões mais quentes do país.

Quadro 1: Valores de transmitância térmica de vidros monolíticos, de controle solar e insulados.

Tipo de vidro	Transmitância térmica (W/m².K)
Incolor comum 3 mm – monolítico	5,8
Incolor comum 6 mm – monolítico	5,7
Incolor comum 8 mm – monolítico	5,6
Incolor comum 12 mm – monolítico	5,5
Incolor 8 mm com revestimento de controle solar na face 2 com emissividade 0,13	3,6
Incolor 4 mm com revestimento de controle solar na face 2 com emissividade 0,13, laminado com incolor 4 mm	5,6
Insulado composto por incolor comum 6 mm, câmara de ar de 12 mm e incolor comum 6 mm	2,8
Insulado composto por incolor 6 mm com revestimento de controle solar na face 2 com emissividade 0,13, câmara de ar de 12 mm e incolor comum 6 mm	1,9

Fonte: Westphal (2022)

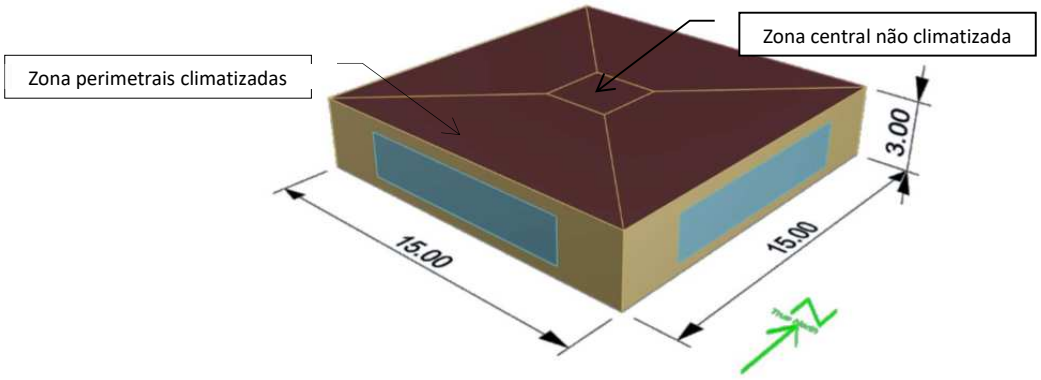
Este artigo contempla um novo estudo sobre aplicabilidade do vidro insulado em edifícios de escritório em climas brasileiros, com o objetivo de identificar para quais propriedades ópticas e em quais condições climáticas, especificamente, de temperatura do ar externo, a composição insulada resulta em maior economia de energia.

Método

O estudo foi conduzido por simulação computacional no programa EnergyPlus (ENERGYPLUS, 2023a), versão 23.2. Um modelo representativo de edifício de escritórios foi adotado conforme descrito a seguir.

Foi adotado como objeto de estudo o pavimento tipo de um edifício de escritórios representativo, conforme estudo desenvolvido por Scheidt e Westphal (2023). Considerou-se o modelo de planta quadrada de 15 x 15 m, altura de 3 m entre lajes e com quatro zonas térmicas perimetrais climatizadas com profundidade de 6 m, e uma zona central não condicionada (Figura 2). Esta representa a área destinada a circulação, elevadores, escadas e salas técnicas dos andares. As janelas ocupam 40% da área de cada fachada e o modelo foi orientado com uma das faces voltadas ao norte geográfico. O Quadro 2 apresenta um resumo das características do modelo computacional.

Figura 2: Vista em perspectiva do pavimento tipo com suas zonas térmicas.



Fonte: o autor.

As simulações do modelo foram conduzidas com arquivos climáticos de 410 cidades brasileiras com dados disponíveis no formato INMET (ENERGYPLUS, 2023b). O mapa do Brasil com a indicação de cada cidade adotada no estudo é mostrado na Figura 3.

O consumo de energia foi calculado por simulação para todos os sistemas da edificação: iluminação, climatização (resfriamento e aquecimento), e demais equipamentos elétricos (conectados a tomadas). Neste trabalho, foi avaliada apenas a influência do vidro no consumo de climatização para resfriamento em todas as cidades.

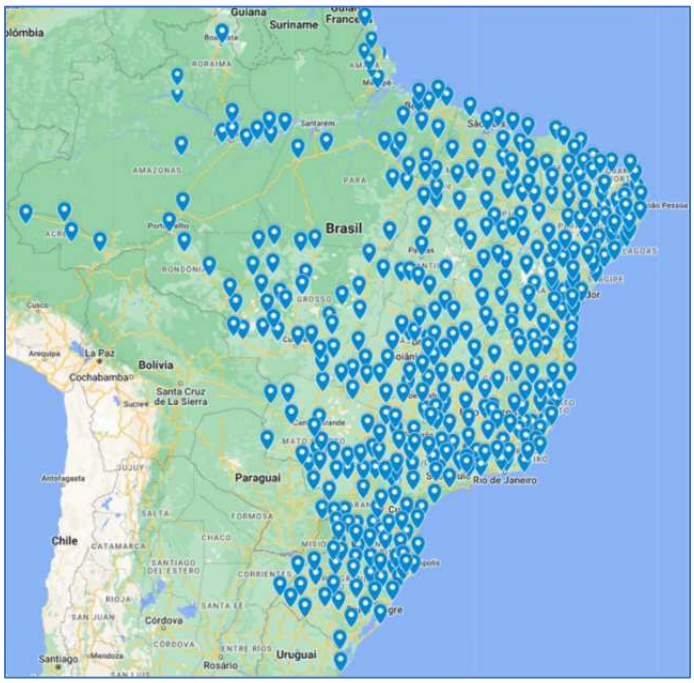
Os vidros utilizados no estudo são apresentados na Tabela 1, com a descrição das suas propriedades ópticas. Foram selecionadas 17 especificações de vidros de controle solar, em composições laminadas de 8 mm de espessura (4+4), além de uma especificação de vidro incolor comum, totalizando 18 tipos de vidro. A partir dessas especificações, montou-se as composições insuladas, com a adição de uma câmara de ar de 12 mm de espessura e um vidro interno, laminado incolor de 6 mm de espessura (3+3 mm). A transmitância térmica resultante para todas as composições insuladas é de 2,8 W/m².K. Todos os vidros foram selecionados a partir de especificações de um mesmo fabricante, CEBRACE, e seus dados foram obtidos na ferramenta de especificação da própria empresa, com acesso livre na internet (CEBRACE, 2023). Por fim, considerando os 18 tipos de vidro e suas versões insuladas, em conjunto com os 410 arquivos climáticos foram simulados um total de 15.760 casos.

Quadro 2: Resumo das características do modelo computacional.

Característica	Zonas perimetrais	Zona central
Iluminação	10 W/m²	8 W/m²
Equipamentos	16 W/m²	Sem carga
Ocupação	10,5 m²/pessoa	25 m²/pessoa
Ar-condicionado	Split (PTHP) ajustado a 21°C para aquecimento e 23°C para resfriamento	Sem ar-condicionado
COP	3,0 W/W	N/A
Renovação de ar	7,5 litros/s/pessoa	N/A
Infiltração de ar	0,6 trocas/hora	1,0 troca/hora
Paredes	Alvenaria de blocos cerâmicos, rebocados em ambas as faces, com acabamento final em cor neutra (U = 2,48 W/m².K e absortância = 0,5)	
Área de janela	40% da área de fachada	
Teto e piso	Laje de concreto 20 cm, considerados adiabáticos, para representar um pavimento tipo	
Padrões de uso	Ocupação e uso dos sistemas da edificação das 8h às 19h.	
Entorno	Não foi considerado	
Algoritmo de balanço térmico	*Conduction Transfer Function* (CTF)	
Algoritmos de transferência de calor por convecção	Interna: TARP; externa: DOE-2	

Fonte: o autor.

Figura 3: Mapa do Brasil com indicação de cada cidade cujo arquivo climático INMET foi utilizado no estudo.



Fonte: o autor.

Tabela 1: Propriedades ópticas e transmitância térmica dos vidros adotados no estudo.

Nome comercial	Espessura (m)	TE	REe	REi	TL	RLe	RLi	FS	U-value
ST 108	0,008	0,07	0,40	0,37	0,08	0,42	0,32	0,21	5,6
KS 138	0,008	0,21	0,47	0,35	0,32	0,42	0,26	0,29	5,6
ST 120	0,008	0,16	0,25	0,22	0,21	0,30	0,21	0,31	5,6
BRB 127	0,008	0,16	0,16	0,12	0,27	0,20	0,09	0,34	5,6
SKN 154	0,008	0,24	0,38	0,42	0,48	0,22	0,25	0,34	5,6
STB 120	0,008	0,17	0,17	0,24	0,21	0,21	0,25	0,34	5,6
BRN 130	0,008	0,20	0,21	0,19	0,31	0,18	0,13	0,35	5,6
BRS 131	0,008	0,21	0,27	0,13	0,32	0,31	0,09	0,35	5,6
BRZ 130	0,008	0,19	0,22	0,10	0,31	0,16	0,08	0,35	5,6
KNT 140	0,008	0,22	0,24	0,24	0,34	0,23	0,19	0,36	5,6
KBT 140	0,008	0,23	0,23	0,28	0,32	0,30	0,26	0,37	5,6
SKN 165	0,008	0,28	0,33	0,40	0,57	0,21	0,22	0,38	5,6
KNT 155	0,008	0,32	0,19	0,18	0,47	0,14	0,12	0,45	5,6
BRN 148	0,008	0,34	0,14	0,15	0,48	0,12	0,12	0,48	5,6
KNT 164	0,008	0,42	0,17	0,14	0,58	0,12	0,01	0,53	5,6
ST 150	0,008	0,46	0,12	0,09	0,53	0,15	0,11	0,57	5,6
ST 167	0,008	0,59	0,12	0,10	0,70	0,13	0,12	0,67	5,6
INCOLOR	0,008	0,74	0,07	0,07	0,87	0,08	0,08	0,79	5,6

Legenda:

TE	Transmissão Energética (ou Solar)
REe	Reflexão Energética externa
REi	Reflexão Energética interna
TL	Transmissão Luminosa
RLe	Reflexão Luminosa externa
RLi	Reflexão Luminosa interna
FS	Fator Solar
U-value	Transmitância Térmica, em W/m².K

Fonte: Cebrace (2023).

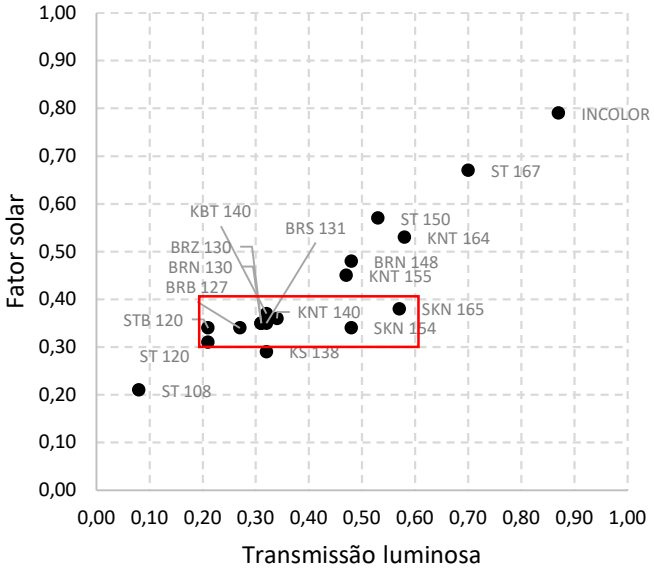
A Figura 4 mostra a relação entre o fator solar e a transmissão luminosa dos vidros selecionados. O fator solar, representado em norma pela letra *g*, é um índice determinado em laboratório de acordo com a ABNT NBR ISO 9050 (ABNT, 2022) e representa o quanto de calor do sol atravessa o vidro. Permite comparar o ganho energético de diferentes especificações de vidro sob condições padronizadas. Para vidros monolíticos ou laminados sem revestimento de baixa emissividade exposto ao ar, o fator solar pode ser calculado de acordo com a Equação

1 (ABNT, 2022), a partir das propriedades ópticas do vidro: transmissão energética (τ_e) e absorção energética (α_e).

$$g = \tau_e + \alpha_e \cdot 0{,}26 \qquad [1]$$

A transmissão luminosa representa o quanto de radiação no espectro da luz atravessa o vidro. O gráfico apresentado na Figura 4 indica que há uma tendência de vidros mais claros apresentarem maior fator solar, ou seja, promoverem maior ganho de calor do sol. Porém, tratando-se de vidros de controle solar, que possuem revestimento metálico para filtrar a radiação, essa relação não é linear e podem ser encontrados vidros de mesmo fator solar com diferentes níveis de transmissão luminosa, e vice-versa. A região em destaque no gráfico mostra produtos com transmissão entre 0,20 e 0,60, com fator solar variando entre 0,30 e 0,40, ou seja, uma ampla variação de nível de transparência (até 300% a mais) e pequena variabilidade no ganho de calor através do vidro (33% superior).

Figura 4: Fator solar e transmissão luminosa dos vidros adotados no estudo.



Fonte: o autor.

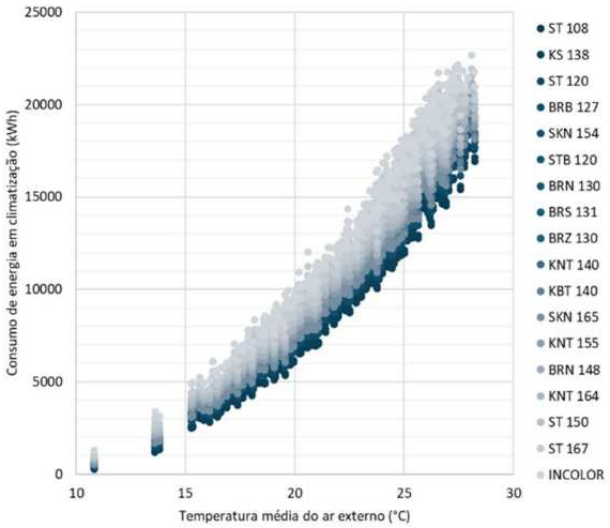
Resultados

O gráfico da **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os valores absolutos de consumo de energia para climatização do modelo em cada clima simulado e para todas as especificações de vidro de controle solar na composição laminada. O clima está representado pela temperatura média do ar externo, no eixo das abscissas.

Os resultados de economia de energia são apresentados em duas etapas. Inicialmente é analisada a economia de energia de cada vidro de controle solar em relação ao vidro incolor. Em segundo lugar, avalia-se a economia de energia do vidro de controle solar na versão insulada contra a sua versão não insulada, ou seja, apenas o vidro laminado sem câmara de ar.

Os gráficos da Figura 6 apresentam a economia no consumo de energia para resfriamento obtida com a simulação do modelo com cada especificação de vidro e arquivo climático. Os dados são apresentados em gráficos de dispersão relacionando a economia de energia com a temperatura média dos arquivos climáticos.

Figura 5: Consumo de energia para climatização com cada opção de vidro de controle solar na versão laminada para os 410 climas simulados.

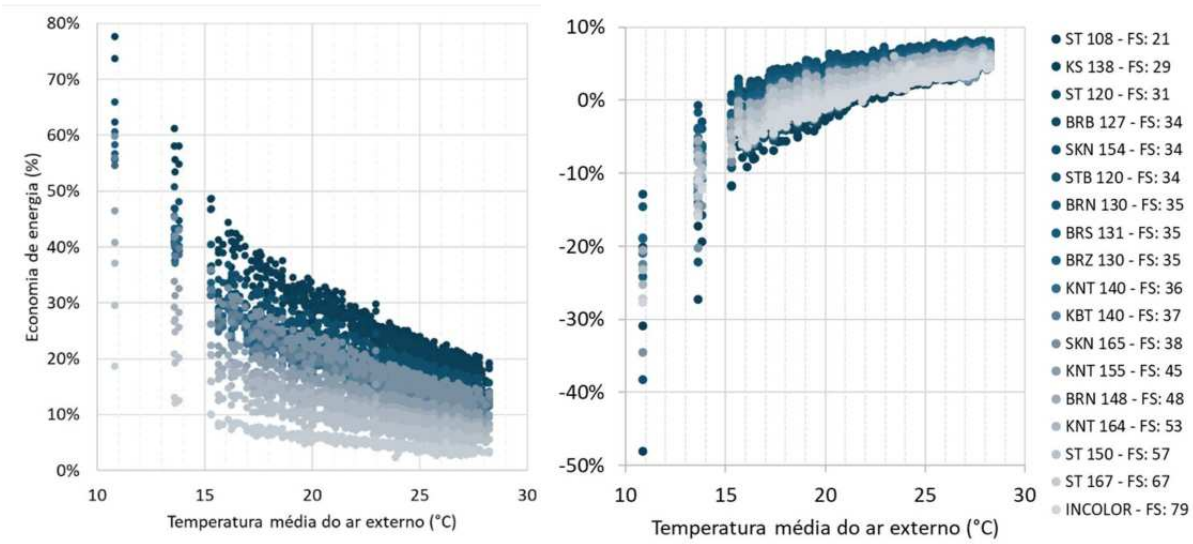


A legenda indica todas as especificações de vidro simuladas e o correspondente fator solar. O gráfico da esquerda (a) mostra a economia de energia promovida por cada vidro de controle solar em relação ao modelo com vidro incolor. Observa-se o contrário do que se imagina: as maiores economias percentuais são obtidas nos climas mais frios. Isso ocorre porque nos climas predominantemente quentes, a temperatura do ar externo exerce uma influência importante na carga térmica da edificação, e a redução do ganho de calor solar através do vidro não é tão expressiva em termos absolutos, sendo ainda menor em termos percentuais. Nas regiões de climas mais frios, qualquer redução no ganho de calor solar gera um impacto mais importante no consumo de energia para resfriamento do ar interno, pois o uso do ar-condicionado está fortemente relacionado com a incidência de radiação solar sobre as janelas. Os vidros com fator solar mais baixo (cores mais escuras representadas no gráfico) promovem as maiores economias, confirmando que a redução do calor solar é o mais importante em todos os climas. Porém o comportamento não é linear, ou seja, pode haver um vidro com fator solar mais alto que resulte em maior economia de energia. Isso ocorre porque o fator solar é determinado sob uma condição padrão de incidência de radiação e diferença de temperatura. Em uma simulação horária, pode-se calcular com maior precisão a variação dos ganhos de calor por transmissão direta e por irradiação do calor absorvido no vidro. À medida que a

incidência do sol e as condições de temperatura variam, o balanço térmico no vidro também varia e o fator solar deixa de ser um valor constante ao longo do ano.

O gráfico da direita (b) na Figura 6 apresenta a economia no consumo de energia para resfriamento obtida com o vidro insulado em relação ao seu equivalente na composição laminada. Este gráfico apresenta 7.380 casos simulados e inclui também a economia do vidro incolor insulado contra o próprio incolor na versão laminada. Observa-se que há uma tendência de maior economia em climas mais quentes, como era esperado. Nessas condições, a redução da transmitância térmica do vidro contribui para a diminuição do ganho de calor por diferença de temperatura entre o ar externo e o interno, reduzindo o consumo de energia para resfriamento. Mas dependendo do vidro, a versão insulada proporciona aumento no consumo de energia em relação à composição laminada. São os valores de economia negativa apresentados no gráfico. Nos climas com temperaturas mais baixas, notadamente com média abaixo de 22°C, o vidro insulado pode ter o efeito inverso ao desejado, aprisionando calor no ambiente interno e aumentando a necessidade de uso do ar-condicionado para resfriamento.

Figura 6: Economia de energia em resfriamento obtida com cada opção de vidro em função da temperatura média do ar externo dos arquivos climáticos simulados.



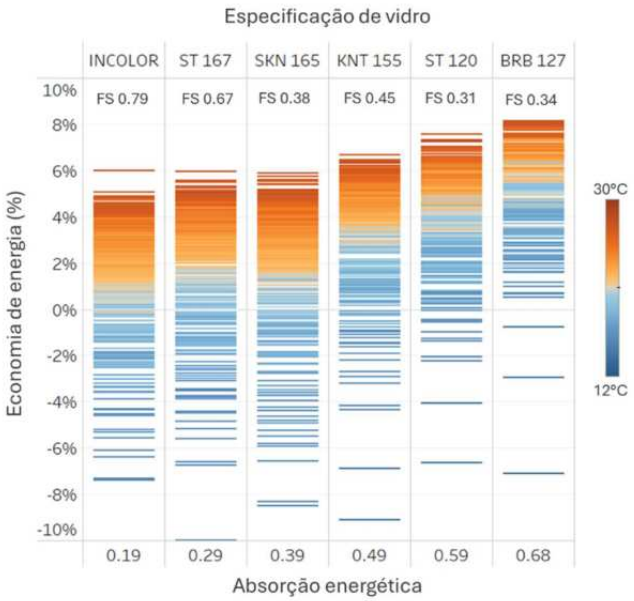
a) Economia de cada vidro de controle solar em relação ao vidro incolor

b) Economia dos vidros insulados em relação às suas composições não insuladas (laminados)

Esse comportamento fica evidente com o destaque dado por meio do gráfico da Figura 7, que traz seis vidros da amostra, com a absorção energética variando de 0,19 a 0,69. Os valores de

fator solar são indicados abaixo do nome de cada especificação de vidro. Nota-se que a economia de energia com o vidro insulado é maior para os vidros mais “escuros”, com maior absorção, mesmo que tenham fator solar mais alto. Isso indica que a câmara de ar e o vidro interno contribuem para reduzir o ganho de calor secundário, aquela absorção de energia que ocorre na massa do vidro e posteriormente é irradiada para o ambiente interno.

Figura 7: Economia de energia obtida com o uso de vidro insulado de seis especificações de controle solar em relação às respectivas composições laminada, em função da temperatura média do ar externo.



Conclusões

Este trabalho apresentou uma análise de influência do uso de vidros insulados no consumo de energia para climatização de um modelo de edifício de escritórios em diferentes climas brasileiros. O estudo foi conduzido por simulação computacional paramétrica no programa EnergyPlus, considerando 410 arquivos climáticos de cidades brasileiras e 17 especificações de vidros de controle solar.

Nos 410 climas avaliados e para o modelo de edifício simulado neste estudo, demonstra-se que a maior economia de energia com vidro de controle solar é alcançada inicialmente com a redução do ganho de calor solar. Entretanto, a economia em resfriamento do ar não varia linearmente com o fator solar do vidro, indicando a importância de se avaliar o desempenho térmico dos vidros por meio de simulação horária e anual, considerando suas propriedades ópticas de transmissão, reflexão e absorção separadamente.

No estudo de caso em questão, constatou-se que a composição de vidro insulado (duplo com câmara de ar), resulta em maior economia de energia para os vidros mais escuros, ou seja, com absorção energética elevada; e em climas mais quentes, com temperatura média anual acima de 22°C. Esse resultado sugere que o vidro insulado traz maiores benefícios em climas em que a temperatura do ar ultrapassa o *setpoint* (temperatura de controle) do ar-condicionado em muitas horas do ano.

Salienta-se que os resultados apresentados neste trabalho se referem a um estudo de caso específico e consideram a adoção do mesmo tipo de vidro em todas as fachadas e com um percentual fixo de área de janela. É importante avaliar o desempenho térmico por orientação solar e com outros percentuais de abertura. Como uma das etapas futuras da pesquisa, pretende-se quantificar os impactos do uso do vidro laminado nas condições de conforto térmico, especialmente nos casos de opções com alta absorção energética, que tendem a alcançar altas temperaturas superficiais.

Referências

ABNT. **NBR 16015** - Vidro insulado — Características, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT. 52 pág. 2012.

ABNT. **NBR ISO 9050** - Vidros na construção civil — Determinação da transmissão de luz, transmissão direta solar, transmissão total de energia solar, transmissão ultravioleta e propriedades relacionadas ao vidro. Rio de Janeiro: ABNT. 28 pág. 2022.

ANDREIS, Cínthia. **Influência de fachadas envidraçadas no consumo de energia de um edifício de escritórios em diferentes cidades brasileiras**. 2014. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Grad. em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina.

BUI V.P. et al. Evaluation of building glass performance metrics for the tropical climate. **Energy and Buildings**, Volume 157, Pages 195-203, 2017.

CEBRACE. Calumen. Disponível em: https://calumen.com. Acesso em 10 setembro 2023.

DUTTA, Arindam; SAMANTA, Akash. Reducing cooling load of buildings in the tropical climate through window glazing: A model to model comparison. **Journal of Building Engineering**. Volume 15, Pages 318-327, 2018.

ENERGYPLUS. **Energyplus**. 2023a. Disponível em: https://energyplus.net/. Acesso em: 12 novembro 2023.

ENERGYPLUS. **Weather data by country** – All regions – South America (WMO Region 3) – Brazil. 2023b. Disponível em https://energyplus.net/weather-region/south_america_ wmo_region_3/BRA. Acesso em: 10 março 2023.

FUNG, S. F., LU, L. Thermal performance analysis on different types of glazing of public rental housing in Hong Kong. Procedia Engineering, v. 205, p. 2832-2839, 2017.

GONZÁLEZ-JULIÁN, E., XAMÁN, J.; MORAGA, Nelson O.; CHÁVEZ, Y., ZAVALA-GUILLÉN, I., SIMÁ, E. Annual thermal evaluation of a double pane window using glazing available in the Mexican market. **Applied Thermal Engineering**. Volume 143,Pages 100-111, 2018.

KOH, Wee Shing et al. Evaluation of glazing retrofitting solution for the tropics. **Energy and Buildings**. v 223, 110190. 2020.

KRALJ, Aleš; DREV, Marija; ŽNIDARŠIČ, Matjaž; ČERNE, Boštjan; HAFNER, Jože; JELLE, Bjørn Petter. Investigations of 6-pane glazing: Properties and possibilities. **Energy and Buildings**. Volume 190, Pages 61-68, 2019.

LBNL - LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. **IGDB**: international glazing database. Disponível em: < https://windows.lbl.gov/tools/IGDB/software-download>. Acesso em: 10/04/2022.

PINTO, Mônica Martins. **Avaliação preditiva de conforto térmico em ambientes de escritórios climatizados próximos a fachadas com alto percentual de vidro**. 2023. Tese (Doutorado em Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina.

PINTO, Mônica Martins. **Desempenho energético de edifícios de escritórios com vidros insulados em climas brasileiros**. 2017. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Grad. em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina.

SADOOGHI, Parham; KHERANI, Nazir P. Thermal analysis of triple and quad pane windows using partitioned radiant energy veils with varying physical and optical properties. **Solar Energy**, v. 174, p. 1163-1168, 2018.

SCHEIDT, F. S. S.; WESTPHAL, F. S. Edifícios de escritórios representativos para estudos de desempenho energético na cidade de Florianópolis. **PARC Pesq. em Arquit. e Constr**., Campinas, SP, v. 14, p. e023012, 2023.

SOMASUNDARAM, Sivanand; CHONG, Alex; WEI, Zhang; THANGAVELU, Sundar Raj. Energy saving potential of low-e coating based retrofit double glazing for tropical climate. **Energy and Buildings**. Volume 206, 109570, 2020.

WESTPHAL, Fernando Simon. **Vidro plano para edificações**. São Paulo: Oficina de Textos. 2022. ISBN: 978-65-86235-77-7