



## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# VIABILIDADE DO USO DE VIDROS INSULADOS PARA O CLIMA BRASILEIRO<sup>1</sup>

PINTO, Mônica Martins (1); WESTPHAL, Fernando Simon (2)

(1) UFSC, e-mail: monicamartinspinto@outlook.com; (2) UFSC, e-mail: fswfernando@gmail.com

### RESUMO

Vidros insulados são amplamente utilizados na Europa e América do Norte almejando promover conforto térmico e eficiência energética durante os invernos rigorosos. Diferentemente destes locais, os climas brasileiros não possuem temperaturas extremas. Neste contexto, este trabalho objetiva analisar a viabilidade do vidro insulado para cidades brasileiras, auxiliando profissionais da construção civil no emprego adequado deste tipo de vidro e evitando uma internacionalização na construção civil que desconsidere o clima local. Para tal, foi verificado o consumo energético de um pavimento típico de escritórios, de planta aberta e com alta densidade de ocupação, comparando a utilização de vidros insulados e laminados com fator solar similar (cerca de 30%). Avaliaram-se duas cidades de clima temperado, Florianópolis e Porto Alegre, utilizando-se o software de simulação EnergyPlus. Os resultados obtidos mostraram que, nas duas cidades, modelos com vidro insulado obtiveram maior consumo energético. Considerando a amostra observada, comprehende-se que em clima temperado, com baixas diferenças de temperatura entre o ar interno e externo durante a maior parte do ano, o vidro insulado evita a dissipação de calor, aumentando o consumo para resfriamento, sendo desvantajoso economicamente, comparado a um vidro laminado de mesmo fator solar.

**Palavras-chave:** Vidro insulado. Eficiência energética. Edificações.

### ABSTRACT

Insulated glass are widely used in Europe and North America aiming to promote thermal comfort and energy efficiency during severe winters. In contrast to these locations, Brazilian climates do not have extreme temperatures. In this context, this paper aims to analyze the viability of insulated glass for Brazilian cities, helping construction professionals in the appropriate use of this type of glass and avoiding the internationalization of construction that disregard the local climate. The energy consumption of a typical office floor, with high occupancy density, was analysed with the use of insulated and laminated glass with similar solar heat gain coefficient (around 30%). Computer simulation was evaluated for two cities in mild climates, Florianopolis and Porto Alegre, using the software EnergyPlus. The results showed that in these cities, models with insulated glass had higher energy consumption. Considering the observed sample, it is understood that at mild temperatures, with low temperature differences between indoor and outdoor air along the year, insulated glass avoids heat dissipation, increasing the energy consumption for cooling, being economically disadvantageous, compared to laminated glass with same solar factor.

<sup>1</sup> PINTO, Mônica Martins; WESTPHAL, Fernando Simon. Viabilidade do Uso de Vidros Insulados para o Clima Brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

**Keywords:** Insulating glass. Energy efficiency. Buildings.

## 1 INTRODUÇÃO

O tema eficiência energética vem ganhando grande destaque no Brasil, principalmente após a crise energética de 2001. Desde então, as discussões sobre a necessidade de racionalização do consumo de energia elétrica são frequentes no âmbito nacional. Atualmente, o Brasil apresenta alto consumo de energia elétrica, o qual permanece em crescimento e com custos cada vez mais elevados. Segundo o Balanço Energético Nacional 2015 (BEN) (MME, 2015), no Brasil, os edifícios foram responsáveis por 42,5% do consumo total de energia elétrica gerada no país em 2014, sendo 14,5% referentes ao setor comercial.

Em edificações comerciais, o condicionamento de ar representa de 35 a 70% do consumo energético da edificação, dependendo principalmente do clima local, sendo maior em climas tropicais e menor em climas temperados. Outro fator que influencia no consumo com condicionamento de ar é a alta carga interna presente neste tipo de ambiente. (LI e LAM, 2000; CARVALHO; ROVERE; GONÇALVES, 2010; BESEN; WESTPHAL, 2014)

A envoltória do edifício atua como um filtro entre o ambiente externo e os espaços internos, tornando-a um elemento determinante na manutenção da qualidade ambiental interna e na maximização da eficiência energética da edificação. Segundo Trapano e Bastos (2010), dentre as premissas de uma edificação com qualidade ambiental, “a pele do edifício deverá funcionar como moderadora (luz, calor, ar, umidade), permitindo eficiente controle e interação entre as necessidades do espaço interno e condições exteriores”.

Diversos autores, como Trapano e Bastos (2010), Carvalho, Rovere e Gonçalves (2010), Andreis, Besen e Westphal (2014), observam que as fachadas completamente envidraçadas vêm se consolidando como modelo internacional na arquitetura corporativa, também seguido no Brasil. Ressaltam diversas justificativas ao uso de envoltórias compostas por amplos panos de vidro, dentre elas, ampla visão do exterior, integração interior/exterior, iluminação natural, facilidade na limpeza e manutenção e possibilidade de aquecimento solar durante períodos frios. Outro fator que incentiva os projetistas e proprietários a empregar revestimento em vidro são os avanços tecnológicos na sua composição, resultando em produtos com boa capacidade de controlar o ganho de calor solar. (TRAPANO; BASTOS, 2010; HUANG; NIU; CHUNG, 2014; LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014)

Uma das principais fontes de ganho térmico da edificação em função do clima local é a radiação solar incidente na envoltória, influenciando as condições térmicas dos espaços. Quando se fala na transmissão de calor através da envoltória, enfatiza-se a preocupação com fechamentos transparentes, pois, nestes, as trocas são mais diretas e intensas devido à sua transparência à radiação solar e elevada transmitância térmica. (LI e LAM, 2000; CARVALHO; ROVERE; GONÇALVES, 2010; HUANG; NIU; CHUNG, 2014;

LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014)

Lee et al. (2013) destacam que a transmitância térmica das janelas é aproximadamente cinco vezes maior que outros componentes utilizados na envoltória. Portanto, o vidro deve ser adequado ao clima local e ao tipo de edificação, pois impacta diretamente no consumo energético da edificação (STEGOU-SAGIA et al., 2007; CARVALHO; ROVERE; GONÇALVES, 2010; BESEN; WESTPHAL, 2012). Para isso, é necessário compreender suas principais variáveis, como proporção de áreas opacas e transparentes da fachada e propriedades dos vidros, como fator solar, transmitância térmica e transmissão luminosa. (LEE et al., 2013)

A internacionalização da construção civil no Brasil não ocorre apenas nos modelos arquitetônicos, mas também nas tecnologias construtivas empregadas, sem considerar, entretanto, o clima local, que interfere drasticamente no conforto e eficiência energética da edificação. Os vidros insulados, por exemplo, são amplamente utilizados em países Europeus e da América do Norte, onde há invernos rigorosos, objetivando promover maior eficiência energética e conforto térmico nas edificações. Segundo Besen e Westphal (2012), este tipo de vidro é indicado para climas rigorosos e tem sido utilizado em edificações comerciais brasileiras “sem que anteriormente houvesse grandes estudos para avaliar a eficiência de sua adequação aos climas brasileiros”.

Os vidros insulados são uma composição de lâminas de vidros (duas ou mais) distribuídas formando câmaras de ar, ou outro gás de baixa condutividade térmica, entre elas. O principal objetivo desta composição é o isolamento térmico proporcionado pela camada de gás. Este bloqueio atua tanto no fluxo exterior-interior, dificultando a entrada de calor externo, como no fluxo interior-exterior, dificultando a dissipação de carga interna gerada por pessoas, iluminação e equipamentos. (HUANG; NIU; CHUNG, 2014)

Diversas pesquisas estão sendo realizadas comparando diferentes tipos de vidros, para um ou mais climas. Dentre os estudos internacionais podem ser citados Stegou-Sagia et al. (2007), Lee et al. (2013), Huang, Niu e Chung (2014). Também há pesquisas com o mesmo intuito sendo realizadas para os climas brasileiros, como Trapano e Bastos (2010), Carvalho, Rovere e Gonçalves (2010), Besen e Westphal (2012), Andreis (2014), Andreis, Besen e Westphal (2014), Sorgato et al. (2014), Besen e Westphal (2014). Entretanto, estes trabalhos comparam a eficiência de vidros com diferentes fatores solares, sem focar na composição construtiva.

Neste contexto, buscou-se analisar o desempenho energético de um pavimento típico de escritórios de planta aberta, com alta densidade de ocupação, comparando a utilização de vidros insulados e laminados com fator solar baixo e similar (cerca de 30%). Avaliaram-se duas cidades brasileiras de clima temperado, Florianópolis e Porto Alegre, utilizando software de simulação computacional e extraíndo dados de consumo de energia elétrica.

Este estudo permite analisar a viabilidade do vidro insulado para cidades

brasileiras, auxiliando os profissionais da área de construção civil no emprego adequado desde tipo de vidro e evitando a internacionalização da construção civil que desconsidera o clima local.

## 2 METODOLOGIA

A fim de alcançar o objetivo proposto, realizaram-se simulações de desempenho energético de quatro modelos, relacionando as duas cidades (Florianópolis e Porto Alegre) com as duas especificações de vidros (laminado e insulado). Para tanto, utilizou-se o software de simulação computacional *EnergyPlus*.

As simulações necessitam de arquivos climáticos que caracterizem as condições climatológicas de um ano base para os locais estudados, a partir de dados horários. Os arquivos utilizados nesta pesquisa foram obtidos na biblioteca de arquivos climáticos do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), do tipo TRY (Test Reference Year), conforme Tabela 1.

Tabela 1- Arquivos Climáticos

Zona Bioclimática	Cidade	Arquivo Climático		Fonte
		Nome	Tipo	
3	Florianópolis(SC)	FlorianopolisTRY1963_05CSV.epw	TRY	LABEEE <sup>[1]</sup>
3	Porto Alegre(RS)	PortoAlegreTRY1954_05CSV.epw	TRY	LABEEE <sup>[1]</sup>

[1] Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-try-swera-csv-bin> Acesso em: 08/03/2016

### 2.1 Modelo Geométrico

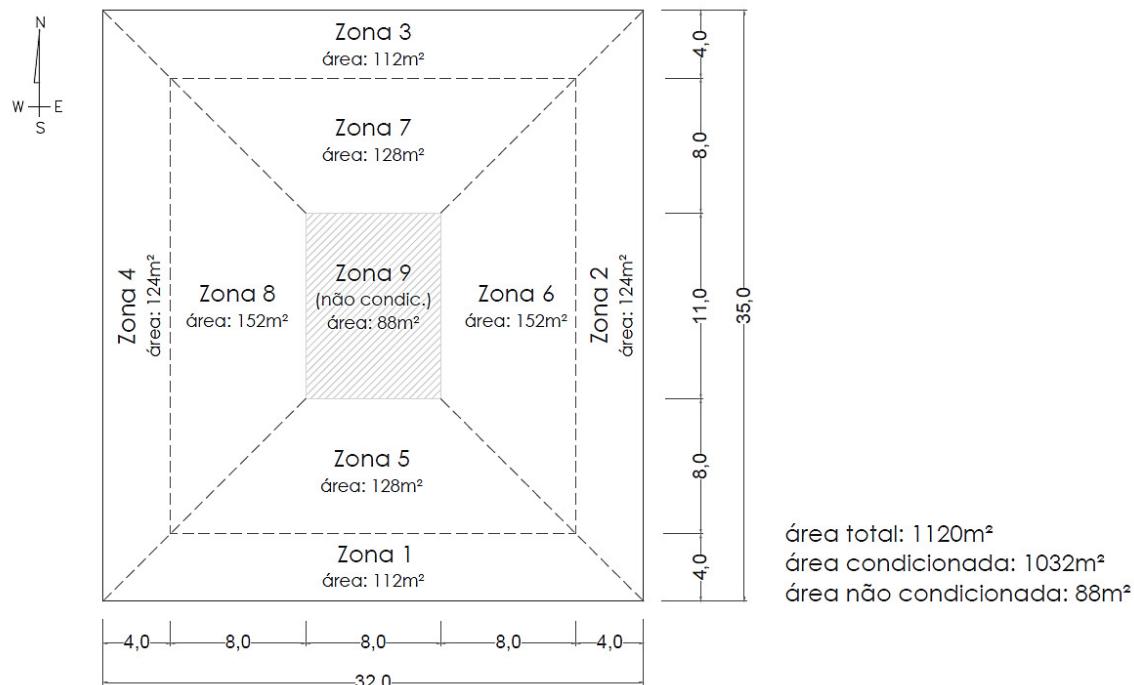
Analisa-se um pavimento tipo de um edifício de escritórios de planta aberta hipotético dividido em nove zonas térmicas, sendo quatro zonas periféricas, quatro internas e uma central (core). O pavimento possui aberturas distribuídas ao longo de toda fachada, com percentual de abertura da fachada (PAFT) de 59%.

O pavimento é condicionado artificialmente com sistema de condicionamento de ar de expansão direta do tipo PTHP (Packaged Terminal Heat Pump), equivalente a um aparelho split, com exceção do core, que não é climatizado. O sistema possui COP 3,0 (coefficient of performance) e seu termostato foi configurado com setpoint de aquecimento em 20°C e de resfriamento em 24°C.

A Figura 1 apresenta uma planta esquemática do pavimento, suas dimensões e o zoneamento térmico. A Figura 2 é um esquema do zoneamento térmico indicando as zonas periféricas e internas condicionadas

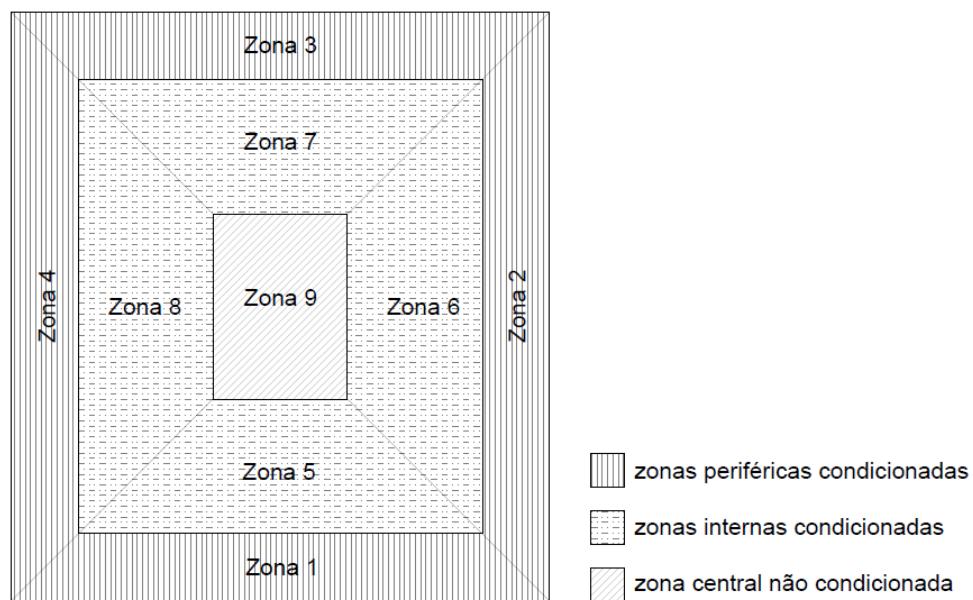
e o core não condicionado.

Figura 1 - Dimensões e zoneamento térmico (unidade: m).



Fonte: Os autores.

Figura 2 - Esquema de zoneamento do pavimento tipo.



Fonte: Os autores.

## 2.2 Cargas internas

A ocupação e densidade de carga de equipamentos foram definidas conforme NBR 16.401-1 para escritórios com carga interna alta (ABNT, 2008). A potência instalada em iluminação foi definida de acordo com a densidade de potência instalada limite (DPILimite) para nível D, no RTQ-C. (INMETRO, 2013b) Como taxa metabólica das pessoas considerou-se 126 W/pessoa (atividade de escritório). A Tabela 2 apresenta o resumo das densidades de carga interna utilizadas.

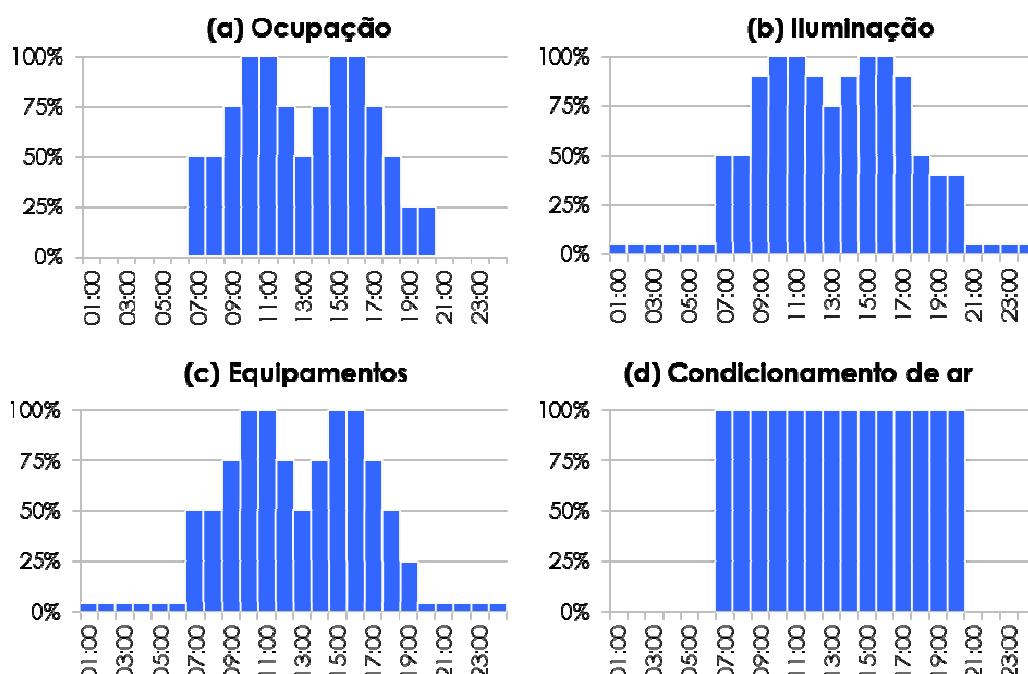
Tabela 2 - Densidade de ocupação

Densidade	Ocupação	Equipamentos	Iluminação	Taxa Metabólica
Alta	7,70m <sup>2</sup> /pessoa	21,50W/m <sup>2</sup>	14,10W/m <sup>2</sup>	126W/pessoa

Fonte: Os autores.

As programações dos sistemas da edificação foram configuradas conforme Figura 3. Não se considerou ocupação durante o fim de semana. Determinou-se 10% da iluminação e equipamentos em funcionamento constante em dias e horários sem ocupação.

Figura 3 – Schedules para os dias de semana: (a) Ocupação; (b) Iluminação; (c) Equipamentos; (d) Funcionamento do Condicionamento de Ar.



Fonte: Os autores.

## 2.3 Materiais

Definiram-se os elementos construtivos conforme a Tabela 3. Para paredes externas determinaram-se componentes com transmitância ( $U$ ) e absorção ( $\alpha$ ) nos limites definidos no RTQ-C, para zona bioclimática 3:

$U_{par} < 3,70 \text{ W/m}^2\text{K}$  e  $\alpha_{par} < 50\%$ . As paredes internas e externas são revestidas por pintura na cor branco gelo. No piso, considerou-se a cor mel. Para definir o valor de absorção utilizou-se o Anexo Geral V, do RAC. (INMETRO, 2013a)

Tabela 3 – Elementos Construtivos

	Composição	Transmitância [U]	Absorções [ $\alpha$ ]
<b>Paredes Externas</b>	Reboco (25mm) + Bloco Cerâmico 6 furos (140mm) + Reboco (25mm)	1,398 W/m <sup>2</sup> K	Interna: $\alpha=0,297$ Externa: $\alpha=0,297$
<b>Paredes Internas</b>	Placa de Gesso (15mm) + Lã de Vidro (50mm) + Placa de Gesso (15mm)	0,69 W/m <sup>2</sup> K	$\alpha=0,297$
<b>Laje (Piso e Teto)</b>	Reboco (25mm) + Laje Concreto (200mm) + Reboco (25mm) + Piso Cerâmico (7.5mm)	2,74 W/m <sup>2</sup> K	Reboco: $\alpha=0,297$ Piso: $\alpha=0,418$

Fonte: Os autores.

## 2.4 Vidros

Optou-se por comparar especificações de vidros reais, utilizados no mercado brasileiro, em duas composições: vidro simples laminado e vidro insulado (vidro duplo com câmara de ar). Buscou-se defini-las com o valor de fator solar baixo e similar (cerca de 30%). Optou-se por composições com fatores solar semelhantes a fim de isolar o efeito do aumento na resistência térmica do vidro insulado (devido à câmara de ar), e não na redução do fator solar.

Para tanto, elegeram-se duas especificações de vidro: um vidro laminado de controle solar e um insulado composto por vidro de controle solar na camada externa e vidro incolor na camada interna, separados por uma câmara de ar de 12 mm de espessura. As propriedades ópticas dos vidros utilizados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Propriedades ópticas e térmicas dos vidros

TIPO	LAMINADO	INSULADO		
		Externo	Interno	Composição
<b>Espessura(mm)</b>	8.0	8.0	6.0	8+12+6
<b>Tsol</b>	0.150	0.240	0.777	0.193
<b>Rsol1</b>	0.360	0.370	0.091	0.375
<b>Rsol2</b>	0.360	0.360	0.096	0.321
<b>Tvis</b>	0.310	0.510	0.859	0.447
<b>Rvis1</b>	0.170	0.170	0.108	0.199
<b>Rvis2</b>	0.100	0.180	0.110	0.245
<b>Emis1</b>	0.840	0.840	0.837	0.840
<b>Emis2</b>	0.840	0.840	0.837	0.837
<b>Condutividade</b>	1.0	1.0	1.0	-
<b>Processo</b>	Laminado com incolor	Laminado com incolor	Monolítico	Laminado + câm. ar + monolítico
<b>U [W/m<sup>2</sup>K]</b>	5.730	5.700	5.792	2.817
<b>Fator Solar</b>	0.296	0.340	0.814	0.279

Fonte: Fabricante de vidros CEBRACE e software LBNL WINDOW 7.4.

## 2.5 Climas

Este estudo avaliou duas cidades brasileiras de clima temperado, Florianópolis e Porto Alegre. A fim de melhor compreensão dos diferentes resultados para cada cidade, caracterizaram-se seus climas utilizando a classificação climática Köppen-Geiger (AMAZONAS, 2012), os dados de graus-hora obtidos a partir dos arquivos climáticos e o software ZBBR (Roriz, 2004), conforme apresentado na Tabela 5. Este programa apresenta a classificação bioclimática dos municípios brasileiros, baseado na ABNT NBR 15220-3 (ABNT, 2005). As temperaturas utilizadas para cálculo dos graus-hora para aquecimento e resfriamento foram as mesmas adotadas como setpoint do sistema de condicionamento de ar.

Tabela 5 – Climas

ZBBR <sup>[1]</sup>	Köppen-Geiger <sup>[2]</sup>	Graus-hora
<b>Porto Alegre (RS)</b>		
<b>Latitude</b>	-30.03	<b>Cfa</b> Clima Temperado Sempre Úmido Verão Quente
<b>Longitude</b>	51.22	
<b>Altitude</b>	3m	
<b>Zona Bioclimática</b>	3	
<b>Florianópolis (SC)</b>		
<b>Latitude</b>	-27.59	<b>Cfa</b> Clima Temperado Sempre Úmido Verão Quente
<b>Longitude</b>	48.54	
<b>Altitude</b>	3m	
<b>Zona Bioclimática</b>	3	

Fonte: [1] RORIZ, 2004. [2] AMAZONAS, 2012.

## 2.6 Análise de Resultados

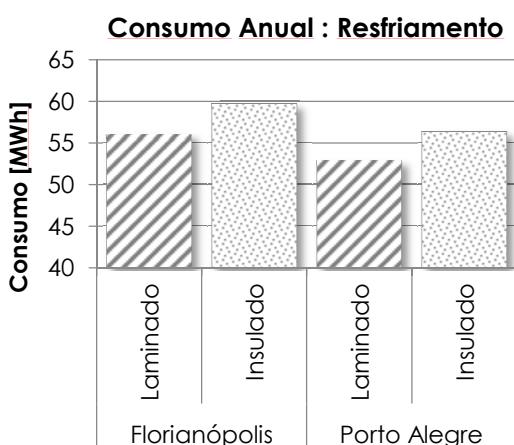
Primeiramente, analisaram-se os consumos anuais de energia elétrica em condicionamento de ar, comparando os quatro modelos. O recorte para análise do consumo em condicionamento de ar foi feito considerando que é o uso em que o tipo de vidro tem maior impacto. Os consumos mensais em resfriamento foram comparados entre os modelos e relacionados às temperaturas do ar externo de cada clima.

A fim de entender a relação do clima local com a utilização de vidros insulados, comparou-se a temperatura média diária do ar no exterior da edificação, com o consumo diário em condicionamento de ar. Para tanto, elegeram-se dois períodos de cinco semanas consecutivas, configurando um período típico de verão e um período típico de inverno. Definiu-se o período de verão entre os dias 27 de janeiro e 1º de março e o período de inverno entre 30 de julho e 2 de setembro.

### 3 RESULTADOS E ANÁLISES

Observando os dados de consumo energético anual para resfriamento de ar (Figura 4), nota-se que os modelos com vidro insulado obtiveram maiores valores comparados ao vidro laminado. Utilizando vidros laminados, a economia no consumo anual para resfriamento foi de cerca de 6%, nas duas cidades.

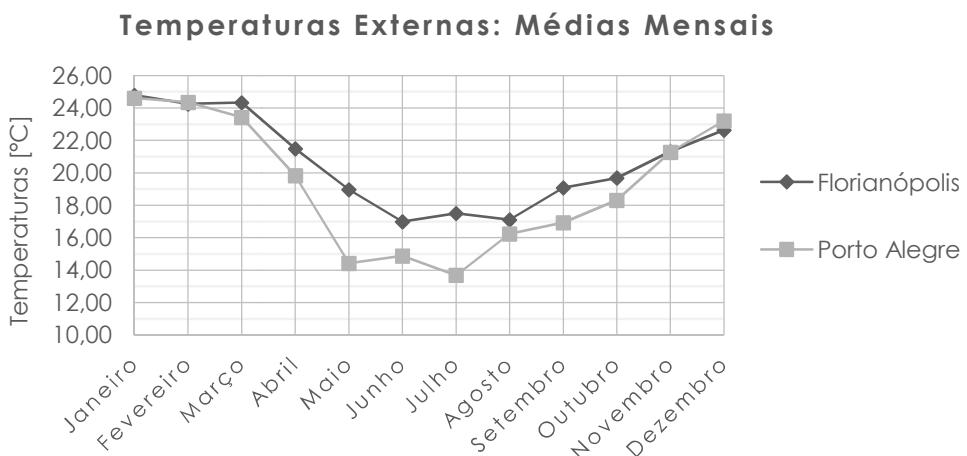
Figura 4 – Consumo de Energia Elétrica Anual para Resfriamento.



Fonte: Os autores.

Apesar de as cidades apresentarem temperaturas médias externas abaixo de 20°C nos meses de inverno (Figura 5), nenhum dos modelos apresentou consumo para aquecimento devido à elevada carga interna dos escritórios.

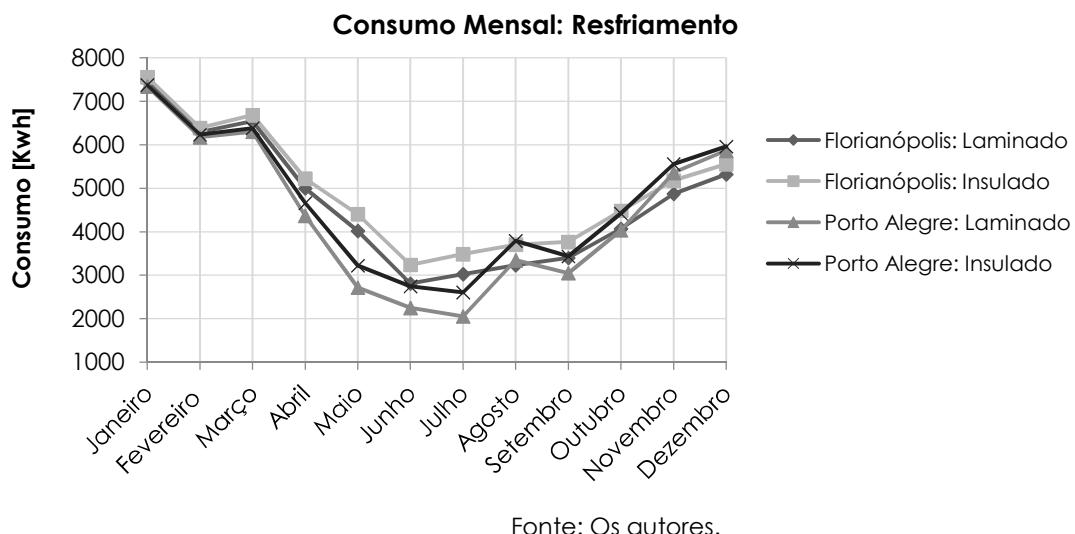
Figura 5 – Temperaturas médias de bulbo seco externas.



Fonte: Os autores.

Quando se observa o consumo mensal dos modelos (Figura 6), em paralelo à variação de temperaturas externas médias mensais das cidades (Figura 5), nota-se que as maiores diferenças de consumo entre os vidros laminado e insulado ocorrem nos meses de temperaturas mais amenas.

Figura 6 - Consumo de Energia Elétrica Mensal para Resfriamento.



Os gráficos nas Figura 7, Figura 8, Figura 9 e Figura 10 mostram a temperatura média diária em comparação com a diferença de consumo energético para resfriamento entre o modelo com vidro insulado e o com vidro laminado. Quando essa diferença é negativa significa que o vidro insulado apresentou menor consumo.

Figura 7 – Relação entre consumo diário com C.A. e temperatura externa do ar: Florianópolis, verão.

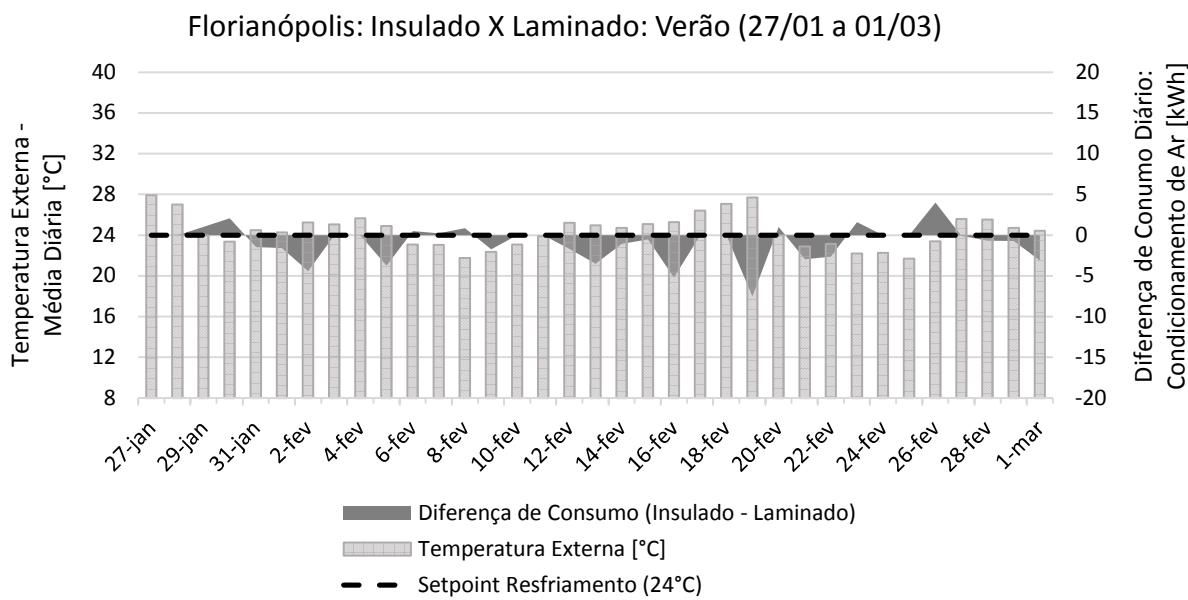


Figura 8 - Relação entre consumo diário com C.A. e temperatura externa do ar:  
Porto Alegre, verão.

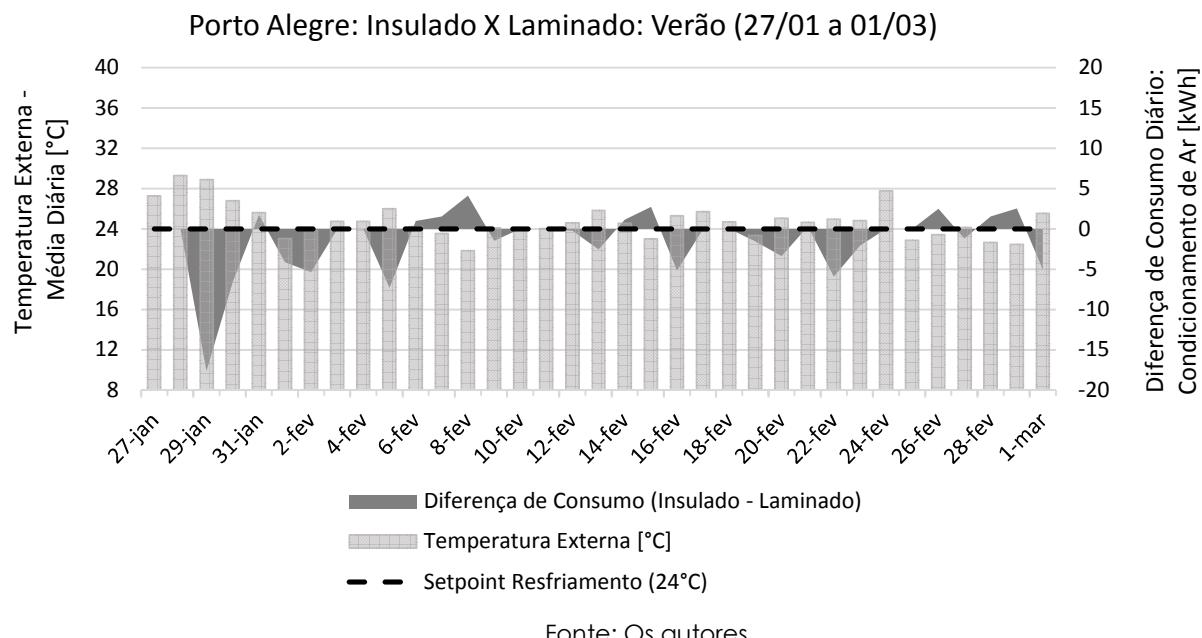


Figura 9- Relação entre consumo diário com C.A. e temperatura externa do ar:  
Florianópolis, inverno.

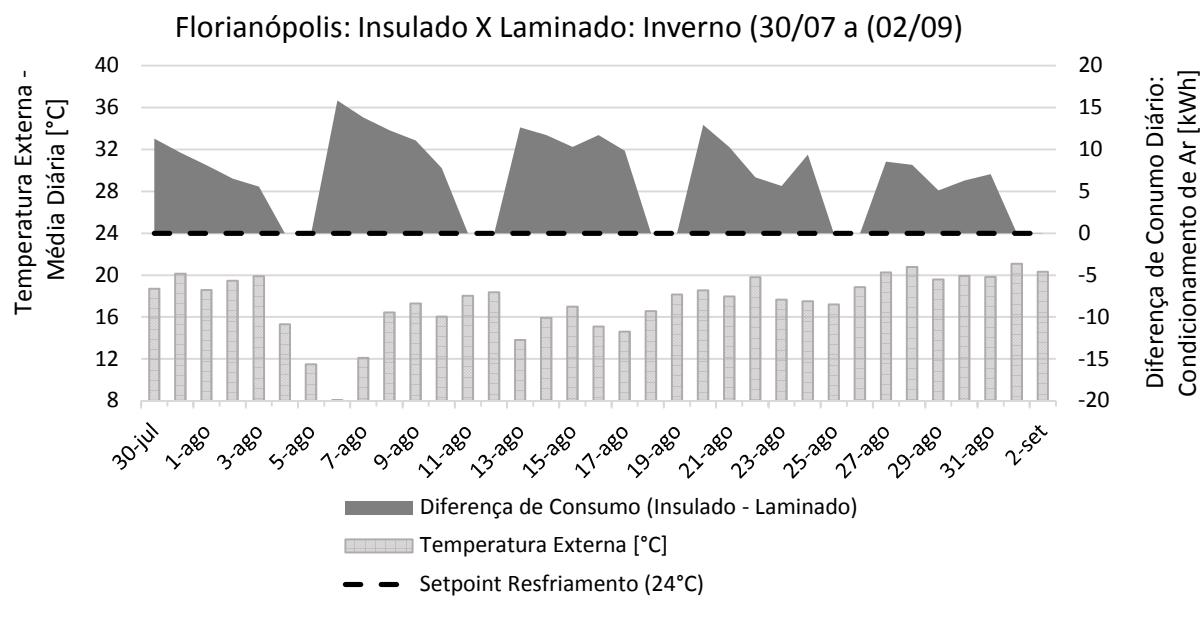
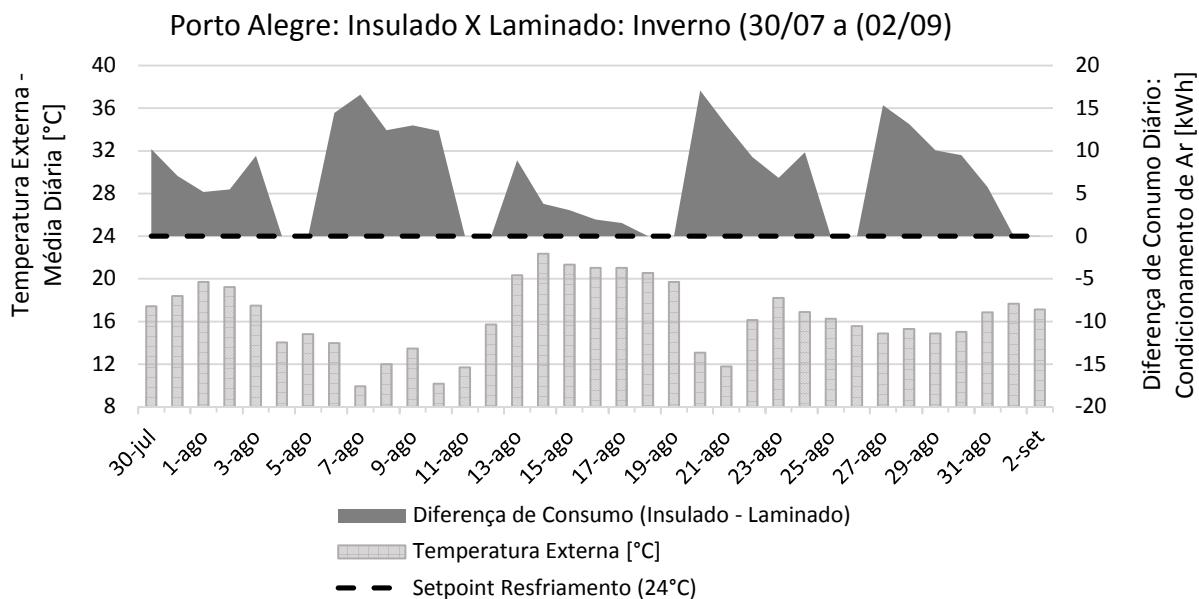


Figura 10 - Relação entre consumo diário com C.A. e temperatura externa do ar: Florianópolis, verão.



Fonte: Os autores.

Observa-se que, durante o verão, o consumo nos modelos apresentaram valores semelhantes. O vidro laminado apresentou maior consumo comparativo em temperaturas externas acima de 24°C (valor adotado como *setpoint* de resfriamento), enquanto o vidro insulado apresenta maior consumo comparativo em dias com temperatura média do ar inferior a 20°C. (Figura 7Figura 8) Quando se analisa o período de inverno, observa-se que, em temperaturas médias do ar mais amenas, os modelos com vidro insulado apresentam maiores consumos. (Figura 9Figura 10) Este fenômeno pode ser explicado pela propriedade isolante que a câmara de ar proporciona ao vidro insulado. Em temperaturas externas altas este vidro impede a transferência de calor por condução, ao passo que, em condições amenas de temperatura ele impede a dissipação do calor gerado pela alta carga interna instalada na edificação.

Além disso, nota-se que no período de temperaturas mais baixas os modelos iniciam a semana com maior diferença de consumo, porém este tende a se aproximar no decorrer da semana. Este fato ocorre pois durante o fim de semana o sistema de condicionamento de ar permanece desligado, desta forma o vidro laminado consegue dissipar o calor gerado pelas cargas internas durante a semana para o ambiente externo com maior facilidade que o vidro insulado. Assim, os modelos com vidro laminado iniciam a semana com seu interior mais resfriado, porém, devido a alta carga térmica gerada no interior da edificação, o consumo diário com condicionamento de ar tende a se aproximar nos dois casos.

## 4 CONCLUSÕES

O presente trabalho analisou o consumo energético para resfriamento de um pavimento típico de escritórios comparando o uso de vidros laminados e vidros insulados, por meio de simulação computacional, avaliando duas cidades brasileiras de clima temperado, Florianópolis e Porto Alegre. Na escolha dos vidros, optou-se por composições com fatores solar semelhantes, a fim de melhor comparar as tecnologias construtivas.

Os modelos com vidro insulado obtiveram maior consumo energético anual comparados ao vidro laminado. Utilizando vidros laminados, a economia no consumo anual para resfriamento foi de cerca de 6%, nas cidades analisadas. Destaca-se também que o modelo de escritórios definido possui planta aberta, elevada carga interna e grande área de janelas, com PAFT de 59%, obtendo-se, então, significativa influência do vidro no consumo energético em condicionamento do ar.

Notou-se que, devido à propriedade isolante que a câmara de ar proporciona ao vidro insulado, nos climas temperados analisados e na edificação modelada, ele impede a dissipação do calor gerado pela alta carga interna instalada na edificação. Desta forma, apesar de os vidros insulados serem amplamente utilizados em climas rigorosos devido ao isolamento térmico que proporcionam, a partir da amostra observada, comprehende-se que, em climas temperados, onde a diferença de temperatura do ar interna e externa é baixa, o vidro insulado evita a dissipação de calor, aumentando o consumo para resfriamento, o que o torna desvantajoso economicamente, quando comparado a um vidro laminado de mesmo fator solar. Cabe salientar que as conclusões aplicam-se apenas ao modelo aqui simulado. Outras tipologias arquitetônicas podem gerar comportamento diferente para os mesmos climas simulados, tais como menor área de janela nas fachadas e menor carga interna na edificação, por exemplo.

Uma das limitações deste trabalho foi o pequeno número de cidades analisadas. Como sugestões de trabalhos futuros, estas análises deveriam ser realizadas para uma amostra maior de cidades, que englobasse os diferentes climas do país. Além disso, esta etapa da pesquisa se concentrou na análise de consumo de energia para climatização, sem avaliar a melhoria no conforto térmico interno que o vidro insulado pode proporcionar devido à redução de sua temperatura superficial, mesmo quando exposto à radiação solar.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

AMAZONAS. Secretaria de Infraestrutura do Estado do Amazonas. SEINFRA. **Estudo Prévio de Impacto Ambiental:** Diagnóstico Ambiental. Manaus, 2012. Disponível em: <[http://www.ipaam.am.gov.br/arquivos/download/arqeditor/2\\_Diagnostico\\_Ambiental - Meio Físico - Cap 6 Atualizado 2.pdf](http://www.ipaam.am.gov.br/arquivos/download/arqeditor/2_Diagnostico_Ambiental - Meio Físico - Cap 6 Atualizado 2.pdf)>. Acesso em: 24 maio 2016.

ANDREIS, Chíntia. **Influência de fachadas envidraçadas no consumo de energia de um edifício de escritórios em diferentes cidades brasileiras.** 2014. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/129677>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

ANDREIS, Cínthia; BESEN, Priscila; WESTPHAL, Fernando Simon. Desempenho Energético De Fachadas Envidraçadas Em Climas Brasileiros. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15, 2014, Maceió, Al. **Anais.** Maceió, Al: Antac, 2014. p.926 - 935. Disponível em: <<http://doi.org/10.17012/entac2014.628>>. Acesso em: 29 mar. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220:** Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.401:** Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários. Parte 1: Projetos das instalações. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BESEN, Priscila; WESTPHAL, Fernando Simon. Uso De Vidro Duplo E Vidro Laminado No Brasil: Avaliação Do Desempenho Energético E Conforto Térmico Por Meio De Simulação Computacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14, 2012, Juiz de Fora, Mg. **Anais.** Juiz de Fora, Mg: Antac, 2012. p.2820 - 2826.

BESEN, Priscila; WESTPHAL, Fernando Simon. Fachadas de Vidro no Brasil: Um Estudo Comparativo de Viabilidade Econômica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió, Al. **Anais.** Maceió, Al: Antac, 2014. p.964 - 973.

CARVALHO, M.m.q.; LAROVERE, E.I.; GONÇALVES, A.c.m.. Analysis of variables that influence electric energy consumption in commercial buildings in Brazil. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v.14, n.9, p.3199-3205, dez.2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.009>.

HUANG, Yu; NIU, Jian-lei; CHUNG, Tse-ming. Comprehensive analysis on thermal and daylighting performance of glazing and shading designs on office building envelope in cooling-dominant climates. **Applied Energy**, [s.l.], v.134, p.215-228, dez.2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.07.100>.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais:** RTQ-R. Rio de Janeiro: INMETRO, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Anexo Geral V:** Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros. Anexo da Portaria INMETRO Nº 50/2013. Rio de Janeiro: INMETRO, 2013a.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos:** RTQ-C. Rio de Janeiro: INMETRO, 2013b.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R.. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 3.ed. Florianópolis: Eletrobras/procel, 2014. 366 p.

LEE, J.w. et al. Optimization of building window system in Asian regions by analyzing solar heat gain and daylighting elements. **Renewable Energy**, [s.l.], v.50, p.522-531, fev.2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2012.07.029>.

LI, Danny H.w; LAM, Joseph C. Solar heat gain factors and the implications to building designs in subtropical regions. **Energy And Buildings**, [s.l.], v.32, n.1, p.47-55, jun.2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0378-7788\(99\)00035-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0378-7788(99)00035-3).

MME. Ministério de Minas e Energia. BEN – **Balanço Energético Nacional 2015:** ano base 2014. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro : EPE, 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/mme>> Acessado em: 18/12/2015.

RORIZ, Maurício. **ZBBR:** Classificação Bioclimática dos Municípios Brasileiros. Software livre. Versão 1.1. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP, 2004. Disponível em:  
<[http://www.roriz.eng.br/download\\_6.html](http://www.roriz.eng.br/download_6.html)>

STEGOU-SAGIA, A. et al. The impact of glazing on energy consumption and comfort. **Energy Conversion And Management**, [s.l.], v.48, n.11, p.2844-2852, nov.2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2007.07.005>.

TRAPANO, Patrizia di; BASTOS, Leopoldo Eurico Gonçalves. Forma E Qualidade Ambiental: Uma Discussão Sobre O Uso Do Vidro Em Obras Da Arquitetura Contemporânea Brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela, Rs. **Anais**. Canela, Rs: Antac, 2010.