

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO VIDRO DAS JANELAS SOBRE O CONSUMO ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES

Silvio Romero Fonseca Motta (1)

(1) Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Luis Paulo Franco, 500, sala 404, Belo Horizonte, MG, Brasil, CEP 30320-570, tel./fax: 55-31-32867019.
e-mail:silvio.motta@gmail.com

RESUMO

O estudo avalia a influência da especificação do vidro de janela no consumo energético das edificações. Utiliza o software RESFEN 5.0, desenvolvido pelo Lawrence Berkeley National Laboratory da Califórnia para cálculo de carga térmica e custos de condicionamento de uma edificação relacionado às propriedades da janela. Foi simulada uma edificação típica de um pavimento de 100 m² na cidade de Belo Horizonte e São Paulo. Os vidros avaliados foram: Float incolor 4 mm (referência), Float incolor 3 mm, Float incolor 6 mm, Float verde 4 mm, Float cinza 4 mm, Laminado incolor 8,4mm, Insulado 4 mm + 6 mm de ar + 4 mm – incolor. Os cálculos foram feitos para a orientação oeste, de maior incidência de energia solar. Foram simuladas também, as orientações norte, leste e sul para a janela com o vidro de referência. A variação da espessura do vidro mostrou resultados modestos na eficiência energética da janela, semelhantes nas duas cidades. A cor do vidro produziu resultados significativos na melhora da eficiência energética da janela, também semelhantes em ambas as cidades. Os sistemas de vidro (laminado e insulado) produziram resultados medianos na eficiência energética da janela, sendo que, em São Paulo, o vidro insulado apresentou melhor desempenho do que em Belo Horizonte. A orientação das janelas mostrou grande influência no consumo energético da edificação relacionado à janela. Porém, a orientação leste apresentou resultados diferentes nas cidades, com pequena redução em Belo Horizonte e grande redução em São Paulo.

ABSTRACT

The study evaluates the influence of the specification of the glass of window in the energy consumption of the constructions. It uses software RESFEN 5,0, developed for Lawrence Berkeley National Laboratory of California for calculation of thermal load and costs of conditioning of a construction related to the properties of the window. It was simulated a typical construction whit one floor of 100 m² in the city of Belo Horizonte and São Paulo. The evaluated glasses had been: Float 4 mm clear (reference), Float 3 mm clear, Float 6 mm clear, Float 4 mm green, Float 4 mm grey, Laminated 8,4mm clear, double glass (4 mm + 6 mm of air + 4 mm) clear. The calculations had been made for the orientation west, of bigger incidence of solar energy. They had been simulated also, the orientation north, east and south for the window with the reference glass. The variation of the thickness of the glass showed resulted modest in the energy efficiency of the window, similar in the two cities. The color of the glass produced resulted significant in the improvement of the energy efficiency of the window, also similar in both the cities. The glass systems (laminated and double glass) had produced a medium results in the energy efficiency of the window, being that, in São Paulo, the double glass had better performance of what in Belo Horizonte. The orientation of the windows showed great influence in the building energy consumption related to the window. However, the orientation east presented different results in the two cities, with small reduction in Belo Horizonte and great reduction in São Paulo.

1. INTRODUÇÃO

Grande parte da energia consumida nas edificações é utilizada para condicionamento térmico e iluminação. A radiação solar é o principal agente a determinar a característica e desempenho térmico e de iluminação do edifício. Ela é fonte de energia, que traz além de energia na forma de luz visível, energia na forma de calor para o edifício, por isso deve ser utilizada criteriosamente. O design, os detalhes arquitetônicos e os materiais utilizados no edifício têm influência direta de como este se relaciona, apropria e controla a radiação solar.

2. FERRAMENTA DE MODELAMENTO - RESFEN 5.0

O programa RESFEN é um software, desenvolvido pelo Lawrence Berkeley National Laboratory da Califórnia (LBNL), Estados Unidos, como uma ferramenta para auxiliar na escolha da janela de melhor eficiência energética e melhor custo para determinada aplicação residencial (figura 01). Ele calcula a energia usada para condicionamento, aquecimento e refrigeração e associa o custo e picos de consumo, associada à determinada janela. O RESFEN utiliza o DOE 2.1E (LBL 1980, Winkelmann et al. 1993) como ferramenta de cálculo de balanço energético:

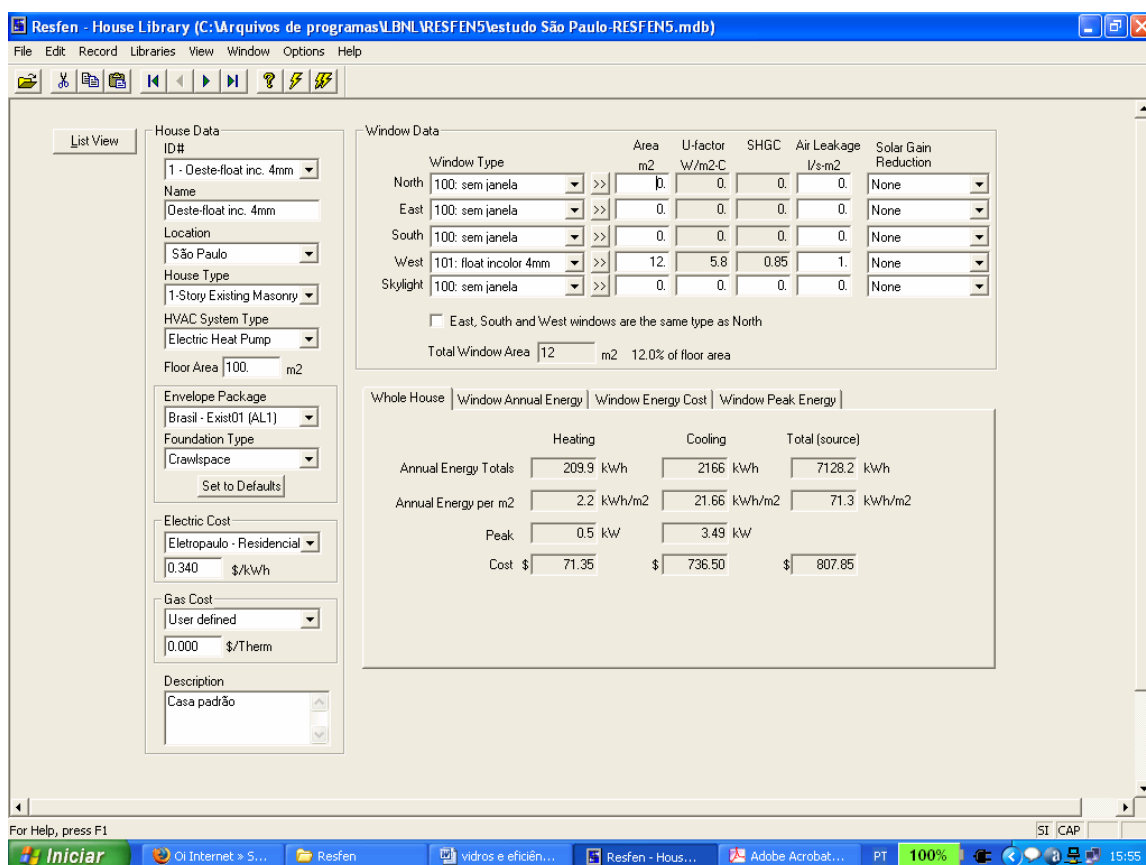


Figura 01 – Tela principal do RESFEN.

O RESFEN usa uma versão customizada do DOE-2.1E configurado em bibliotecas dinâmicas de referência (DLL) para operação em plataformas PC. O DOE-2 é um programa de simulação termo-energético de edificações, também desenvolvido pelo LBNL, bem conhecido e amplamente usado. Como o DOE-2 reproduz as características das edificações típicas do seu país de origem, o processo de modelamento deve ter uma análise crítica em relação a variáveis adotadas automaticamente pelo programa. O DOE-2, apesar das modificações para utilização dentro do RESFEN, não teve seus algoritmos fundamentais alterados. Os resultados calculados para situações idênticas, são iguais no RESFEN e no DOE-2.1E.

Na versão 5.0, o RESFEN permite que se defina uma tipologia de residência (um ou dois pavimento, frame ou alvenaria), localização geográfica (arquivos BIN), detalhes da envoltória da edificação (paredes, pisos e forros), tipo de sistemas HVAC (gás, bomba de calor, resistência elétrica), tarifas de eletricidade e gás, orientação e propriedades térmica da janela em estudo. Os dados térmicos da janela requeridos são os índices de transmitância térmica (U-value), o coeficiente de ganho de calor solar (SHGC) e taxa de infiltração. Pode-se ainda definir os dados de redução de ganho solar (internos, externo, etc.). A possibilidade de uso de arquivos climáticos BIN, junto com a definição das propriedades das envoltórias e janelas, permite a proposição e estudo do uso do RESFEN em países fora dos Estados Unidos. A versão 5.0 já apresenta customizações para a China e o Chile, além dos EUA e Canadá.

Baseado nos dados fornecidos, o RESFEN gera um arquivo de entrada BDL (Building Description Language) para o DOE-2, e então processa o arquivo como um módulo de entrada (DOEBDL). Em seguida o módulo é simulado, utilizando o arquivo climático definido. Após a simulação é gerado um arquivo de saída com o consumo e custo anual da edificação para aquecimento e para refrigeração, as demandas de pico, e quanto desta energia consumida pode ser atribuída somente à janela. A figura 02 apresenta um organograma do método de cálculo.

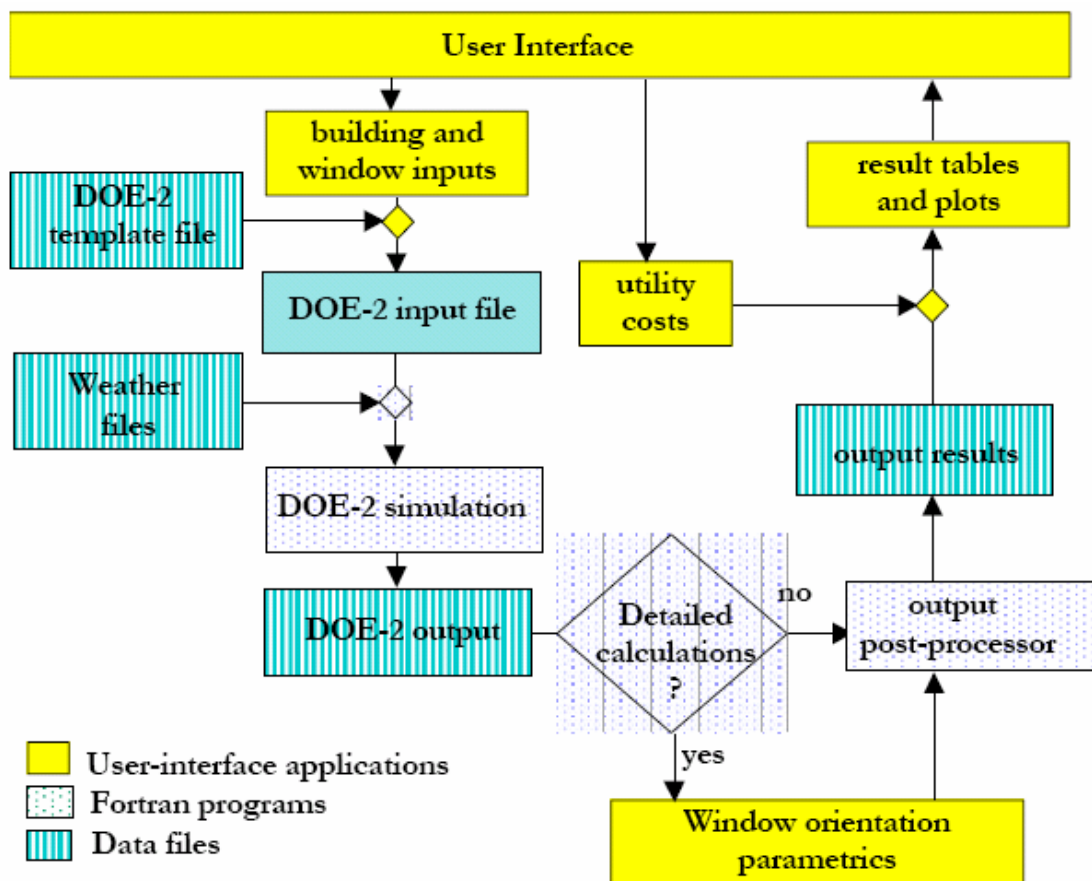


Figura 02 - Organograma do método de cálculo.

3. DADOS E PARÂMETROS ADOTADOS

O programa RESFEN foi configurado para a localidade de Belo Horizonte e de São Paulo. Os dados de entrada do programa são apresentados na tabela 01.

PARÂMETROS	Belo Horizonte	São Paulo
Área de piso.	100 m ² (interno).	100 m ² (interno).
Tipo de casa.	Existente, um pavimento.	Existente, um pavimento.
Fundação.	Nível do solo (crawlspase)	Nível do solo (crawlspase)
Valores térmicos da envoltória.	Fundação: R0slab (Uvalue=0.438 W/m ² K) Piso: R11flr (Uvalue=0.416 W/m ² K) Paredes : R7rwall (Uvalue=0.594 W/m ² K) Cobertura (forro+telhado): R11ceil (Uvalue=0.468 W/m ² K)	Fundação: R0slab (Uvalue=0.438 W/m ² K) Piso: R11flr (Uvalue=0.416 W/m ² K) Paredes : R7rwall (Uvalue=0.594 W/m ² K) Cobertura (forro+telhado): R11ceil (Uvalue=0.468 W/m ² K)
Perímetro da casa.	40,5 metros – Padrão RESFEN: (área de piso/14) + 56 , em pés.	40,5 metros – Padrão RESFEN: (área de piso/14) + 56 , em pés.
Altura das paredes.	2,44 metros – Padrão RESFEN.	2,44 metros – Padrão RESFEN.
Largura do telhado	5,06 metros – Padrão RESFEN: 50% maior dimensão da casa.)	5,06 metros – Padrão RESFEN: 50% maior dimensão da casa.)
Infiltração da casa.	ELA=1.00 ft ² (0.70 ACH)	ELA=1.00 ft ² (0.70 ACH)
Massa estrutural.	17,08 Kg/m ² da área de piso. (Padrão RESFEN = 3,5 lb/ft ²).	17,08 Kg/m ² da área de piso. (Padrão RESFEN = 3,5 lb/ft ²).
Massa interna (móveis).	39,06 Kg/m ² da área de piso. (Padrão RESFEN = 8 lb/ft ²).	39,06 Kg/m ² da área de piso. (Padrão RESFEN = 8 lb/ft ²).
Janela.	100 cm (largura) x 120 cm (altura). Quadro: Alumínio, simples. Vidro: conforme tabela 02. Nenhuma redução de ganho solar. Infiltração: 1,0 l/s-m ² .	100 cm (largura) x 120 cm (altura). Quadro: Alumínio, simples. Vidro: conforme tabela 02. Nenhuma redução de ganho solar. Infiltração: 1,0 l/s-m ² .
HVAC - Sistema condicionamento	Ar condicionado / Bomba de calor.	Ar condicionado / Bomba de calor.
Dimensionamento sistema HVAC.	Dimensionamento automático do DOE-2. (Padrão RESFEN). Utiliza fator multiplicador 1,3.	Dimensionamento automático do DOE-2. (Padrão RESFEN). Utiliza fator multiplicador 1,3.
Eficiência sistema HVAC	AFUE = 0.70 A/C SEER = 8.0 (Padrão RESFEN-edificação existente)	AFUE = 0.70 A/C SEER = 8.0 (Padrão RESFEN-edificação existente)
Perda dos dutos (HVAC)	Aquecimento: 10% fixo. Refrigeração: 10% fixo. (Padrão RESFEN)	Aquecimento: 10% fixo. Refrigeração: 10% fixo. (Padrão RESFEN)
Desempenho do sistema HVAC.	Curvas de desempenho do DOE2 (Henderson 1998) – Padrão RESFEN.	Curvas de desempenho do DOE2 (Henderson 1998) – Padrão RESFEN.
Definição do termostato.	Aquecimento: 21,11 °C. Refrigeração: 25,55 °C. (Padrão RESFEN)	Aquecimento: 21,11 °C. Refrigeração: 25,55 °C. (Padrão RESFEN)
Carga térmica interna.	Calor sensível: 43,033 Btu/dia + 8,42 Btu/ft ² de área de piso (iluminação) Calor latente: 12,2 kBtu/dia. (Padrão RESFEN)	Calor sensível: 43,033 Btu/dia + 8,42 Btu/ft ² de área de piso (iluminação) Calor latente: 12,2 kBtu/dia. (Padrão RESFEN)
Ventilação natural.	Janelas abertas baseada no modelo Enthalpic-Sherman-Grimsrud (25,55 °C / 22,22 °C – histórico de 4 dias).	Janelas abertas baseada no modelo Enthalpic-Sherman-Grimsrud (25,55 °C / 22,22 °C – histórico de 4 dias).
Arquivo climático	Bhrea95.BIN (LabEEE)	SaoPauloTRY1954_06.BIN (LabEEE)

Tabela 01 – Parâmetros usados no RESFEN.

A janela foi definida com estrutura de alumínio simples, com folhas de 1,0 x 1,2 metros, e área total de 12m² pois o programa permite apenas 12% de área de janela em relação à área de piso. Foram criadas diversas janelas variando o vidro através da determinação dos valores de transmitância térmica (U-value) e coeficientes de ganho de calor por insolação (SHGC), também chamado de fator solar. Foram estudados vidros com espessuras diversas, cores diversas e sistemas de laminação e vidro duplo, comercialmente conhecido com insulado.

Os valores de transmitância térmica (U-value) e coeficientes de ganho de calor solar (SHGC) típicos de cada vidro foram obtidos no programa Pilkington Spectrum V01.03.07 (figura 03), que calcula as propriedades óticas e térmicas dos vidros e suas combinações fabricados pela Pilkington.

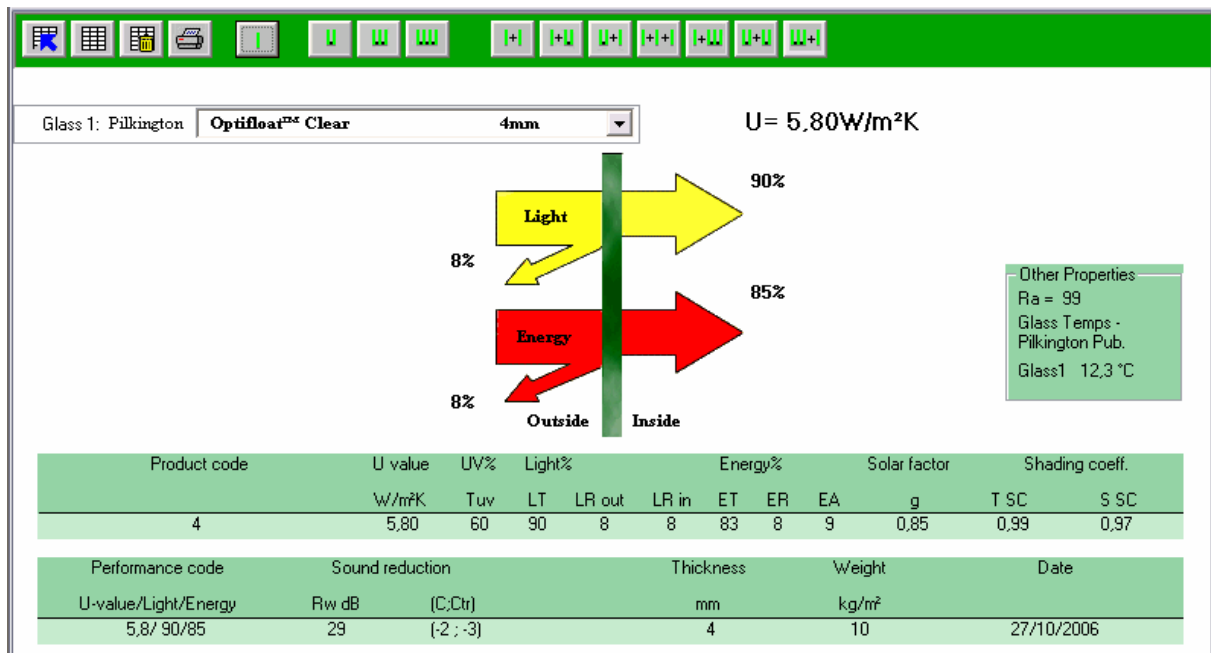


Figura 03 – Interface do Pilkington Spectrum V01.03.07.

As propriedades são calculadas em conformidade com a norma europeia EN673 sobre cálculo de U-value e EN410 sobre desempenho solar e ótico dos vidros. As faixas de comprimento de onda consideradas são:

- Transmissão UV - 280-380 nm.
- Luz visível - 380-780 nm.
- Energia solar - 300-2500 nm.

Os valores das propriedades do vidro consideradas nos cálculo do Pilkington Spectrum são:

- Resistência térmica - $R = 1.0 \text{ mK/W}$.
- Emissividade - $e = 0.837$.
- Diferença de temperatura externo interno - $dT = 15\text{oK}$.
- Coeficiente de transferência de calor externo - $h_e = 23.0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Coeficiente de transferência de calor interno - $h_i = 8.0 \text{ W/m}^2\text{K}$

O U-value é calculado para o centro do vidro. O efeito da caxilharia não foi incluído no cálculo. O programa Pilkington Spectrum foi utilizado por fornecer dados de vidros iguais aos fabricados no Brasil pela Pilkington. A janela de referência utiliza vidro float incolor 4 mm.

O custo da eletricidade em Belo Horizonte foi definido em R\$ 0,664 kWh, tendo como referência o valor de conta da CEMIG de 100kW residencial, inclusos impostos e taxas. O custo da eletricidade em São Paulo foi definido em R\$ 0,340 kWh, tendo como referência o valor de conta da ELETROPAULO de 100kW residencial, inclusos impostos e taxas.

Para estudar a influência da espessura, da cor e do sistema de vidro no consumo energético da edificação, cada janela foi simulada com orientação oeste, de maior ganho térmico pela radiação solar.

Foi ainda modelada a janela de referência na orientação norte, leste e sul, para avaliar a influência da orientação no consumo energético da edificação.

Os vidros estudados e o resumo de seus dados técnicos dos vidros, obtidos no programa Pilkington Glazing Calculator, é mostrado na tabela 02.

VIDRO	U-value (W/m ² K)	SHGC
Float incolor 4 mm.	5,8	0.85
Float incolor 3 mm.	5,83	0.86
Float incolor 6 mm.	5,73	0.82
Float verde 4 mm.	5,8	0.66
Float cinza 4 mm.	5,8	0.67
Laminado incolor 8,4mm.	5,7	0.77
Insulado 4 mm + 6 mm de ar + 4 mm – incolor.	3,3	0.76

Tabela 02 – Dados técnicos dos vidros.

4. RESULTADOS OBTIDOS

O resumo dos resultados obtidos para Belo Horizonte é mostrado na tabela 03.

VIDRO	CUSTO ANUAL DEVIDO A JANELA (R\$)	CUSTO ANUAL TOTAL (R\$)
Float incolor 4 mm - Oeste.	1725,23	2941,77
Float incolor 3 mm - Oeste.	1745,79	2962,58
Float incolor 6 mm - Oeste.	1649,99	2866,76
Float verde 4 mm - Oeste.	1253,99	2470,33
Float cinza 4 mm - Oeste.	1276,08	2492,45
Laminado incolor 8,4mm - Oeste.	1525,74	2741,81
Insulado 4+6+4 – incolor - Oeste.	1569,48	2786,45
Float incolor 4 mm - Norte.	1175,91	2422,09
Float incolor 4 mm - Leste.	1640,58	2906,59
Float incolor 4 mm - Sul.	736,36	2087,88

Tabela 03 – Dados de Belo Horizonte.

O resumo dos resultados obtido para São Paulo é mostrado na tabela 04.

VIDRO	CUSTO ANUAL DEVIDO A JANELA (R\$)	CUSTO ANUAL TOTAL (R\$)
Float incolor 4 mm - Oeste.	551,16	807,85
Float incolor 3 mm - Oeste.	559,17	815,83
Float incolor 6 mm - Oeste.	524,28	781,19
Float verde 4 mm - Oeste.	402,69	660,16
Float cinza 4 mm - Oeste.	409,20	666,53
Laminado incolor 8,4mm - Oeste.	483,03	739,99
Insulado 4+6+4 – incolor - Oeste.	480,45	736,55
Float incolor 4 mm - Norte.	420,20	670,24
Float incolor 4 mm - Leste.	393,82	638,21
Float incolor 4 mm - Sul.	228,30	484,03

Tabela 04 – Dados de São Paulo.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

O custo anual de condicionamento devido à janela, variando os vidros, para Belo Horizonte, é apresentado no gráfico 01.

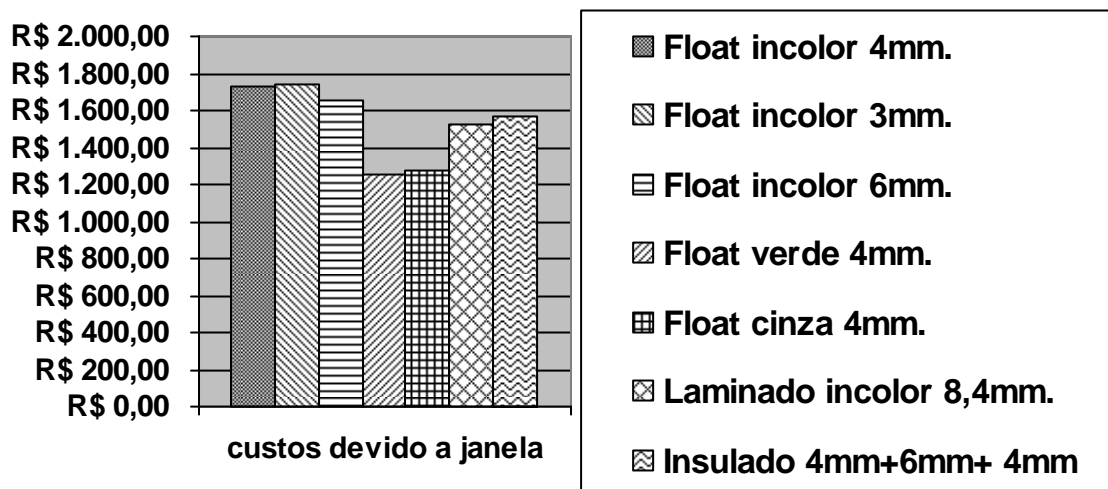


Gráfico 01 – Belo Horizonte, variação dos vidros.

Espessura:

O vidro incolor 3 mm apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 20,56 ou 1,19% maior que o vidro referência incolor 4 mm.

O vidro incolor 6 mm apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 75,24 ou 4,36% menor que o vidro referência incolor 4 mm.

Cor do vidro:

O vidro verde 4 mm apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 471,24 ou 27,31% menor que o vidro referência incolor 4 mm.

O vidro cinza 4 mm apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 449,15 ou 26,03% menor que o vidro referência incolor 4 mm.

Sistemas de vidro:

O vidro laminado 8,4mm apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 199,49 ou 11,56% menor que o vidro referência incolor 4 mm.

O vidro insulado 4 mm + 6 mm + 4 mm apresentou custo de condicionamento devido à janela de R\$ 155,75 ou 9,03% menor que o vidro referência incolor 4 mm.

Orientação da janela:

O custo anual de condicionamento devido à janela, variando a orientação, para Belo Horizonte, é apresentado no gráfico 02.

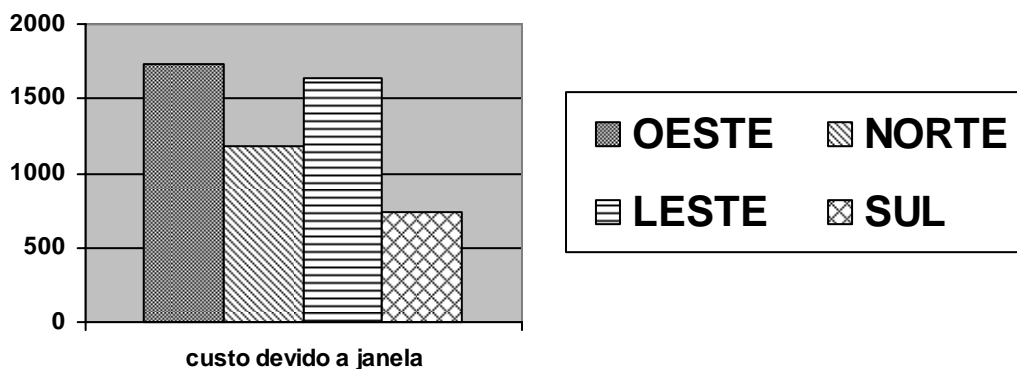


Gráfico 02 – Belo Horizonte, variação da orientação.

A orientação norte apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 549,32 ou 31,84% menor que a orientação oeste para o vidro referencia incolor 4 mm.

A orientação leste apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 84,65 ou 4,91% menor que a orientação oeste para o vidro referencia incolor 4 mm.

A orientação sul apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 988,87 ou 57,32% menor que a orientação oeste para o vidro referencia incolor 4 mm.

O custo anual de condicionamento devido à janela, variando os vidros, para São Paulo, é apresentado no gráfico 03.

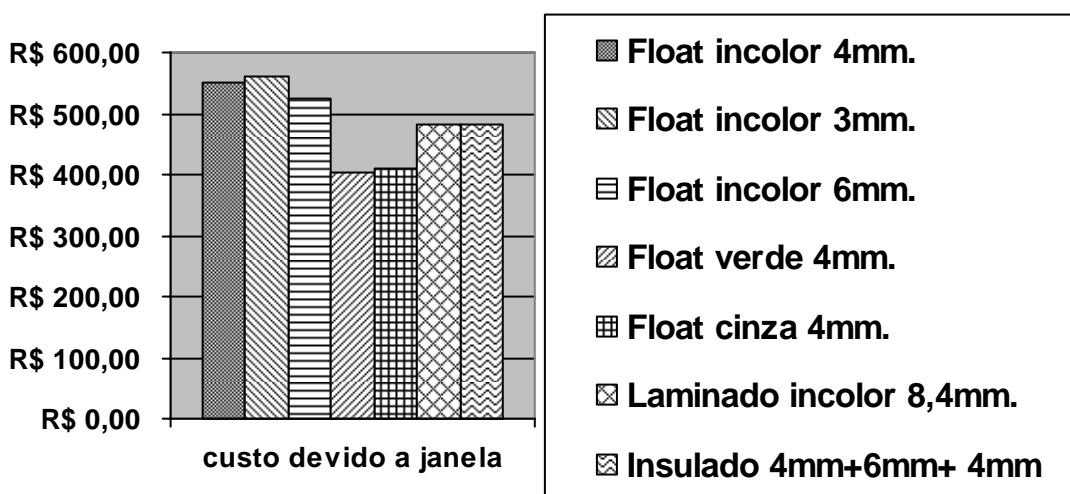


Gráfico 03 – São Paulo, variação dos vidros.

Espessura:

O vidro incolor 3 mm apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 8,01 ou 1,45% maior que o vidro referência incolor 4 mm.

O vidro incolor 6 mm apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 26,88 ou 4,87% menor que o vidro referencia incolor 4 mm.

Cor do vidro:

O vidro verde 4 mm apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 148,47 ou 26,93% menor que o vidro referencia incolor 4 mm.

O vidro cinza 4 mm apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 141,96 ou 25,75% menor que o vidro referencia incolor 4 mm.

Sistemas de vidro:

O vidro laminado 8,4mm apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 68,13 ou 12,36% menor que o vidro referencia incolor 4 mm.

O vidro insulado 4 mm + 6 mm + 4 mm apresentou custo de condicionamento devido à janela de R\$ 70,71 ou 12,83% menor que o vidro referencia incolor 4 mm.

Orientação da janela:

O custo anual de condicionamento devido à janela, variando a orientação, para São Paulo, é apresentado no gráfico 04.

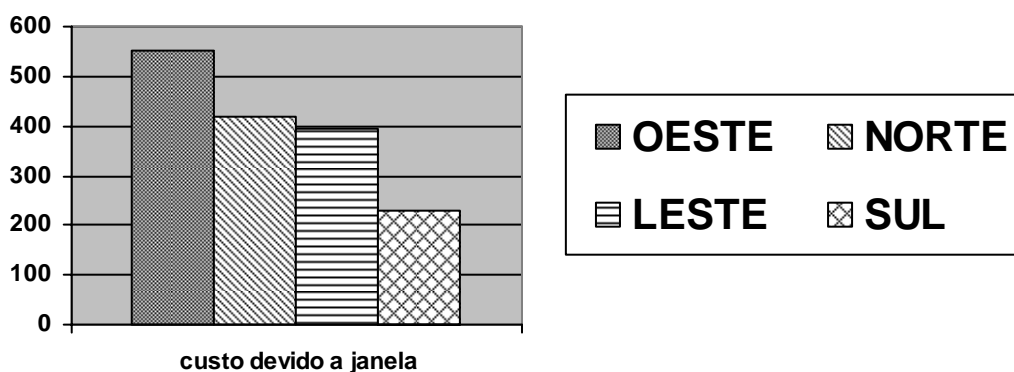


Gráfico 04 – São Paulo, variação da orientação.

A orientação norte apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 130,96 ou 23,76% menor que a orientação oeste para o vidro referencia incolor 4 mm.

A orientação leste apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 157,34 ou 28,54% menor que a orientação oeste para o vidro referencia incolor 4 mm.

A orientação sul apresentou custo anual de condicionamento devido à janela de R\$ 322,86 ou 58,58% menor que a orientação oeste para o vidro referencia incolor 4 mm.

6. CONCLUSÕES

A variação da espessura provocou resultados modestos na eficiência energética da janela, tanto em Belo Horizonte quanto em São Paulo. Um aumento de 50% da espessura reduz em cerca de 4,5% o custo de condicionamento devido à janela.

A alteração da cor do vidro produziu resultados significativos na eficiência energética da janela, tanto em Belo Horizonte quanto em São Paulo. Foi obtida redução de cerca de 27% para o vidro verde. Porém deve ser analisada a influência da opacidade na iluminação natural e eventuais aumentos de consumo de energia para iluminação natural.

Os sistemas de vidro produziram resultados medianos na eficiência energética da janela, tanto em Belo Horizonte quanto em São Paulo. Em Belo Horizonte, o vidro laminado, com presença de outro material (PVB-polímero) no interior do vidro provocou uma redução de 11,56% no consumo energético superior ao vidro insulado (redução de 9,03%), que possui camada de ar com 6 mm no interior do vidro. Já em São Paulo, cidade de clima mais frio, o vidro insulado teve melhor desempenho, com redução de 12,83%, superior à redução de 12,36% obtida pelo vidro laminado. O clima mais frio, e a influência do isolamento do vidro, explica o resultado.

A orientação das janelas mostrou grande influência no consumo energético devido à janela. A orientação sul mostrou resultados de redução de 57,32% no custo devido à janela para condicionamento da edificação em Belo Horizonte. Em São Paulo, foi observada redução de 58,58% para orientação sul. Os resultados mostraram que a orientação leste da janela provoca custos diferentes em Belo Horizonte e São Paulo. Em Belo Horizonte, a orientação leste teve redução de 4,91% e em

São Paulo de 28,54%. O clima mais quente e maior carga devido à insolação solar, explicam o resultado. A orientação norte também apresentou diferença considerável, redução de 31,84% para Belo Horizonte e de 23,76% para São Paulo. O fato se deve, provavelmente, a diferença de clima.

Podemos concluir que os vidros das janelas são significativos para eficiência energética das edificações. Para uma maior eficiência energética da edificação, deve-se considerar principalmente o clima do local, a incidência e orientação solar na edificação, especialmente nas janelas. A forte influência da orientação solar da janela é mostrada com a variação das características do consumo energético obtidas.

Quanto ao RESFEN este se mostrou adequado para a situação proposta, cálculo rápido de desempenho térmico de uma edificação modelo. Com desenvolvimento de customizações para o Brasil, este pode ser utilizado para comparativos de eficiência energética de janelas. Uma possibilidade é o desenvolvimento de biblioteca de janelas brasileiras, usando o software WINDOW 5 (LBNL), em que são calculadas as propriedades térmicas de uma janela modelada, incluindo vidros e caixilharia para ser utilizado no RESFEN.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carlo J., Ghisi E., Lamberts R., *THE USE OF COMPUTER SIMULATION TO ESTABLISH ENERGY EFFICIENCY PARAMETERS FOR A BUILDING CODE OF A CITY IN BRAZIL*. LabEEE,. Brazil, 2003.

Ghisi E., Tinker J. *OPTIMISING ENERGY CONSUMPTION IN OFFICES AS A FUNCTION OF WINDOW AREA AND ROOM SIZE*. Leeds, England, 2001.

Guidelines to Estimate Fenestration Annual Energy Performance in Single Family Residences NFRC 901 National Fenestration Rating Council, 2006.

Huang, Y. J., Mitchell R., Arasteh D., Selkowitz S., *FENESTRATION PERFORMANCE ANALYSIS USING RESFEN 3.1*. Lawrence Berkeley National Laboratory, USA. 1999.

Huang, Y. J., Mitchell R., Selkowitz S., Arasteh D., Clear R., *Development of Trade-Off Equations for EnergyStar® Windows*, Lawrence Berkeley National Laboratory, USA, 2004.

International Energy Conservation Code, 2003.

LBNL-40682 Rev., *RESFEN5: Program Description*. BS-371.

Ordenes M., Pedrini A., Ghisi E., Lamberts R. *METODOLOGIA UTILIZADA NA ELABORAÇÃO DA BIBLIOTECA DE MATERIAIS E COMPONENTES CONSTRUTIVOS BRASILEIROS PARA SIMULAÇÃO NO VISUALDOE-3.1*. LabEEE, Universidade de Santa Catarina, 2003.

Projeto 02:135.07-001/2, *Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações*. ABNT, 2003.

Shah B., Curcija D., Taylor S., *RATING AND LABELING OF ENERGY PERFORMANCE OF WINDOWS AS A TOOL FOR PROMOTING ENERGY EFFICIENCY PRACTICES IN BUILDINGS* Seventh International IBPSA Conference, Brazil, 2001.

Sullivan R., Chin B., Arasteh D., and S. Selkowitz, *RESFEN: A Residential Fenestration Performance Design Tool*. Lawrence Berkeley National Laboratory, USA. 1991.

Sullivan R., Winkelmann F., *Validation Studies of the DOE-2 Building Energy Simulation Program Final Report*. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. Berkeley, 1998.