



## **APLICAÇÃO DO SOFTWARE FACHADA 2.0 PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE FACHADAS COM E SEM BRISE**

**ALUCCI, Marcia Peinado; BUORO, Anarrita Bueno**

FAUUSP - LABAUT \_Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética –Rua do Lago,  
876-Departamento de Tecnologia –05508-900 Cid. Universitária-São Paulo – SP-Brasil  
Tel. fax +551130914681

(1) e-mail: [marcialu@usp.br](mailto:marcialu@usp.br)

(2) e-mail: [ritabuoro@usp.com.br](mailto:ritabuoro@usp.com.br)

### **RESUMO**

Este artigo tem por objetivo avaliar o desempenho térmico de uma fachada com e sem brise a partir da aplicação do software Fachada 2.0 (ALUCCI, 2002). Para tal avaliação foram selecionadas as variáveis temperatura do ar interior do ambiente, porcentagem de usuários satisfeitos, consumo médio estimado de energia elétrica e capacidade do sistema a ser instalado.

Para a cidade de São Paulo, foi definido um ambiente em piso intermediário (somente a fachada exposta) com proteção solar (brise) exibindo diferentes ângulos de sombra vertical.

O presente trabalho está acompanhado de software de cálculo disponível no sítio da FAUUSP/Departamento de tecnologia: [www.usp.br/fau](http://www.usp.br/fau).

### **ABSTRACT**

The objective of this article is to evaluate the thermal performance of a façade with and without brise-soleil from the application of software Façade 2.0. (ALUCCI, 2002). For such evaluation they had been selected many variable: temperature of the interior air of the environment, percentage of satisfied users, estimated electrical energy average consumption and capacity of the air conditioning system to be installed.

For the city of São Paulo, an environment in intermediate floor (only one façade exposed) with solar protection was defined (brise-soleil) showing different angles of vertical shade.

The software elaborated for this work is available on the website of FAUUSP/Departamento de tecnologia/LABAUT: [www.usp.br/fau](http://www.usp.br/fau).

## 1. INTRODUÇÃO

O software Fachada 2.0 permite ao usuário estimar:

- a possibilidade de condicionamento natural de um dado ambiente, calculando a temperatura do ar interior para o mês e hora crítica na cidade escolhida;
- o número de pessoas insatisfeitas em cada situação;
- o desconforto causado nos indivíduos devido ao aquecimento do componente translúcido (vidro/policarbonato) e à incidência de radiação solar direta;
- a temperatura do ar a ser insuflado no ambiente para compensar o desconforto causado por temperaturas radiantes elevadas;
- o consumo médio de energia elétrica para condicionamento do ar e capacidade do sistema de condicionamento artificial

A utilização desse software inclui as seguintes etapas:

- escolha da cidade (São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Recife, Salvador, Fortaleza, Belo Horizonte e Porto Alegre);
- caracterização do ambiente e da abertura (orientação da janela, cor dos revestimentos externos e número de componentes externos e internos);
- caracterização do componente translúcido (vidro/policarbonato): valores do coeficiente global de transmitância (U)  $W/m^2C$ , absorção, transmitância e refletância do componente translúcido (através de link direto ao Banco de Dados de Vidros e Policarbonatos)- (ALUCCI, 1999);
- indicação das características térmicas dos componentes opacos (paredes e cobertura);
- indicação da inércia da construção;
- indicação dos ganhos de calor gerados internamente; taxa de ocupação do ambiente, ganhos decorrentes do sistema de iluminação artificial em  $W/m^2$ ;
- indicação das perdas de calor ocorridas através da ventilação conforme a NBR 6401 e a taxa de renovação do ar (ventilação natural) ;
- indicação das condições (desejadas) de conforto dos usuários, no caso de condicionamento artificial: temperatura, umidade relativa do ambiente, velocidade do ar interior, e vestimenta dos usuários (“clo”);
- indicação das dimensões do brise (placa horizontal);

O método de cálculo para determinação da temperatura do ar interior do ambiente sem condicionamento artificial, adotado no Fachada 2.0, está baseado no procedimento de cálculo proposto pelo CSTB (Centre Scientifique et Technique du Batiment) e está descrito em FROTA & SCHIFFER (2001). Foram incorporadas algumas modificações para possibilitar a inclusão do efeito de aquecimento do componente translúcido (vidro/policarbonato) e o efeito da radiação solar direta incidente.

A avaliação do índice de satisfação dos usuários baseia-se no método proposto por Fanger (1972) e adotado na norma ISO 7730:1994(E).

O Fator de Sombreamento do componente de proteção solar (brise) baseia-se no método proposto por Rivero (1987).

A estimativa do consumo de energia elétrica baseia-se no método proposto por Kusuda (1981).

## 2. APLICAÇÃO DO SOFTWARE FACHADA 2.0 PARA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO DO USUÁRIO EM FUNÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE BRISES

Para efeito de avaliação da influência dos brises nas condições de conforto dos usuários foi adotado um mesmo ambiente, com as mesmas características construtivas, sendo a existência ou não do brise a única diferença entre eles. A avaliação foi realizada para a cidade de São Paulo no mês de janeiro, às 15 horas (base de dados: INMET1961 a 1990). A seguir está indicado o procedimento para utilização do software.

### 2.1 Entrada de Dados

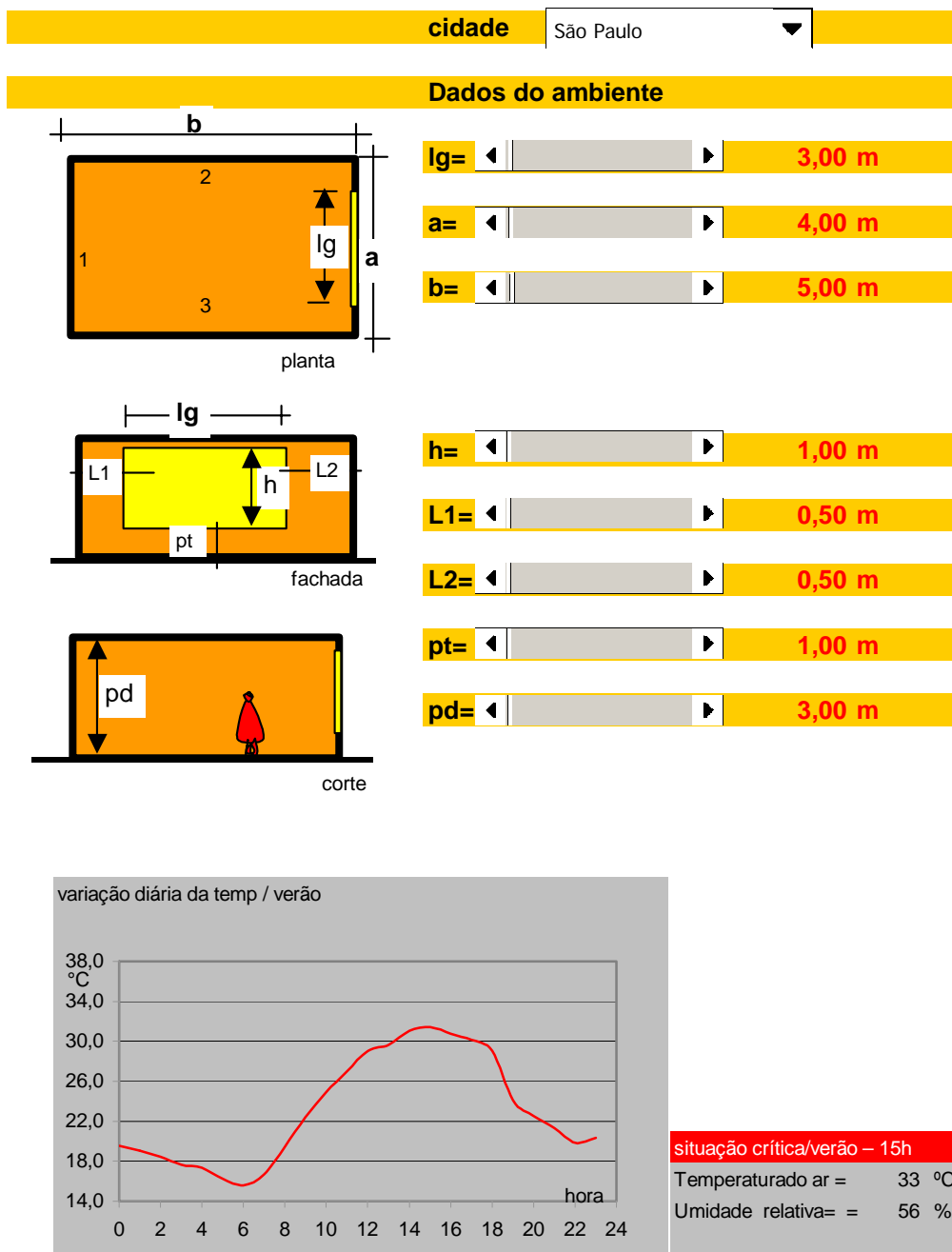


Figura 1 – Entrada de dados do ambiente e variação horária da temperatura do ar no mês crítico para a cidade escolhida

Orientação	Posição	cor/acabamento
fachada	oeste	
peitoril		branca
parede 1	interna	branca
parede 2	interna	branca
parede 3	interna	branca
cobertura	interna	branca

### Características dos componentes

#### Vidros

Para indicar os valores de U (W/ m<sup>2</sup>°C ), Transmitância e Absorção consultar o Banco de Dados de Vidros

Digite os dados abaixo!!!!!!!!!!



U (w/m <sup>2</sup> °C)=	5,4
Transmitância=	0,85
Absorção=	0,07
Vidro escolhido (descrever)=	simples

#### Composição dos Fechamentos Opacos (U em W/m<sup>2</sup> °C)

Peitoril	<input type="text" value="2,2"/>	2,2 W/m <sup>2</sup> °C
Fechamento 1	<input type="text" value="2,5"/>	2,5 W/m <sup>2</sup> °C
Fechamento 2	<input type="text" value="2,5"/>	2,5 W/m <sup>2</sup> °C
Fechamento 3	<input type="text" value="2,5"/>	2,5 W/m <sup>2</sup> °C
Cobertura	<input type="text" value="1,2"/>	1,2 W/m <sup>2</sup> °C

Inercia da Construção	<input type="text" value="0,6"/>	0,6
-----------------------	----------------------------------	-----

Figura 2 – Entrada de dados das características dos componentes

**Ocupação do Ambiente**      número de pessoas

horas/dia      8 horas      2 pessoas

dias/mês      20 dias      atividade de escritório

**Sistema de iluminação artificial**

Potência do sistema instalado      10 W/m<sup>2</sup>

Taxa de Ventilação (mínimo de Norma NBR 6401(para ar condicionado))      escritório c/fumante=5      m<sup>3</sup>/h pes

Taxa de ren de ar (sem ar condicionado)      8 vol/h

**Condições de Conforto dos Usuários**

Temperatura do Ambiente      21 °C

Umidade Relativa Ambiente      45 %

Velocidade do ar interior      0,15 m/s

Vestimenta dos usuários      leve verão

Figura 3: Entrada de dados de ocupação do ambiente e condições de conforto desejadas no caso do condicionamento artificial

**Brise Placa Horizontal**

larg (m)=      2,5

alt (m)=      0

comprimento da placa=      40,2

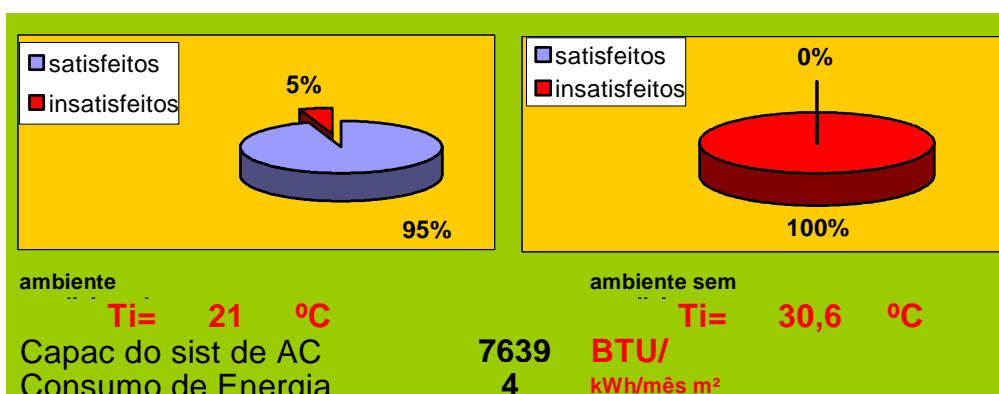
FS do brise=      0,35

ângulo de sombra vertical      22 graus

Figura 4: Entrada de dados da placa horizontal (brise)

No caso da ausência de brise, os valores indicados da largura, altura e comprimento serão nulos, e o fator de sombreamento (FS) do brise será automaticamente equivalente a um. O comprimento da placa se destina a simular a proteção vertical da abertura.

Ressalte-se que o efeito do brise refere-se à proteção da abertura quanto à radiação direta + radiação difusa.



**Figura 5: Tela exemplificando o resultado da avaliação: porcentagem de usuários insatisfeitos (condicionamento natural), temperatura do ar interior e características do sistema de condicionamento artificial.**

### 3. ESTUDO DE CASO

Para o ambiente com as características descritas acima foram adotadas as seguintes alternativas para a fachada:

- orientação oeste, vidro float incolor (transmitância 0.85 , absorvância 0.07 e Fator Solar 0.87));
- nove dimensões distintas para a placa horizontal (brise).

Para cada um dos casos foram estimados os valores de:

- temperatura do ar interior (condicionamento natural);
- porcentagem de pessoas insatisfeitas;
- capacidade do sistema de condicionamento artificial (BTU/h);
- consumo médio mensal estimado (kWh/mês/m<sup>2</sup>).

#### 3.1 Resultados obtidos

Na tabela abaixo estão reunidos os dados obtidos com as nove dimensões distintas para a proteção solar da fachada oeste.

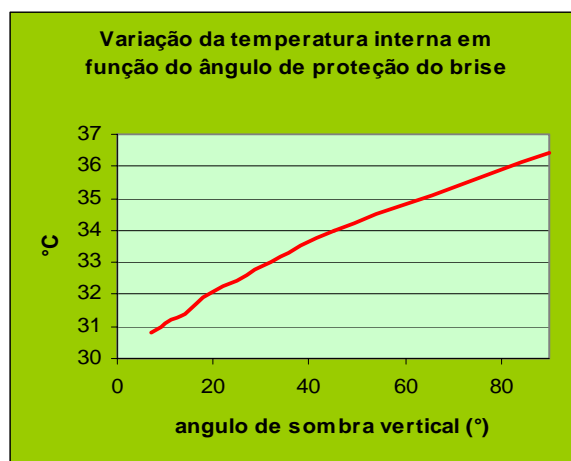
**Tabela 1: Valores estimados do efeito de diferentes larguras de brise na temperatura do ar interior e características do sistema de condicionamento artificial**

Condicionamento Natural					Condicionamento artificial		
Largura da placa horizontal (m)	Ângulo de sombra vertical (graus)	Fator de sombreamento do brise	Temperatura Interna (°C)	% insatisfeitos	Capacidade do sistema (BTU/h)	Consumo médio (kWh/mês/m²)	% insatisfeitos
Sem brise	90	1	36,4	100	11667	6	5
1	45	0,63	34	100	10000	5	5
1,5	34	0,5	33,2	100	9441	4	5
2	27	0,41	32,6	100	9040	4	5
3	18	0,3	31,9	100	8534	4	5
4	14	0,23	31,4	100	8241	4	5
5	11	0,19	31,2	100	8055	4	5
6	9	0,16	31	100	7928	4	5
8	7	0,13	30,8	100	7768	3	5

#### 4. CONCLUSÕES

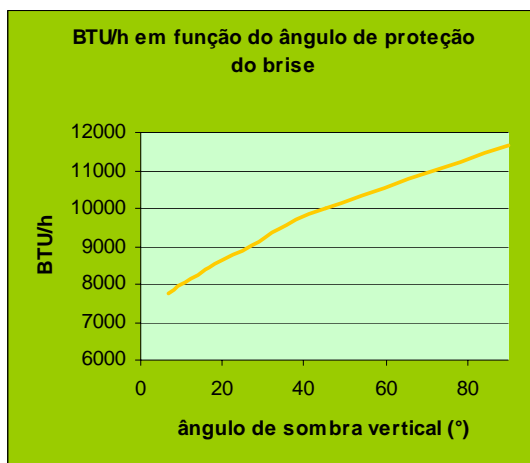
A tabela indica claramente que, para o ambiente analisado, qualquer que seja a dimensão do brise **não** é possível obter condições de conforto para os usuários, mesmo considerando que a renovação do ar está estimada em 8V/h.

O efeito do brise na temperatura do ar interior é significativo: é possível reduzir em mais de 5°C a temperatura do ar interior com a utilização de placa com um ângulo de sombra vertical de 7° (ver gráfico da Figura 6, abaixo). Evidentemente tal dimensão de placa implicaria em prejuízo da iluminação natural. Cabe observar, no entanto, que os cálculos consideraram o sistema de iluminação artificial acionado, com potência de 10W/m² .



**Figura 6 – Variação da temperatura interna em função do ângulo de proteção do brise**

No caso de condicionamento artificial do ambiente, o impacto do brise na capacidade do sistema a ser instalado é também significativo: na ausência de brise o sistema demandaria uma capacidade de 11.667 BTU/h, o que poderia ser reduzido a 7.768 BTU/h com uma placa com um ângulo de sombra vertical de 7°. Ver figura 7 abaixo com BTU/h em função do ângulo de proteção do brise.



**Figura 7 – Variação da capacidade do sistema de condicionamento artificial em função da dimensão do brise**

Quanto ao consumo de energia médio estimado para o sistema de condicionamento artificial, a presença da placa adequada poderia reduzir tal consumo em 50% (de 6kWh/mês/m<sup>2</sup> para 3kWh/mês/m<sup>2</sup>).

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALUCCI, Márcia Peinado (1999) “Vidros e policarbonatos na Arquitetura. Desempenho térmico Acústico, Luminoso e Economia de Energia Elétrica” São Paulo, FAUUSP. (Material desenvolvido para curso ministrado na FUPAN/FAUUSP em maio de 1999).
- ALUCCI, Márcia Peinado (1993) “Conforto Térmico, Conforto Luminoso e Conservação de Energia Elétrica - Procedimentos para Desenvolvimento e Avaliação de Projeto de Edificações” São Paulo, FAUUSP. (Tese de doutorado).
- FANGER, P. O. (1972) “Thermal Comfort – Analysis And Applications in Environmental Engineering”. McGraw-Hill Book Company. New York.
- FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos (1988). “Manual de Conforto Térmico”. São Paulo, Editora Nobel, 228 p. 5ª edição.
- NBR6401 “Instalações prediais de Ar Condicionado para Conforto” Norma da ABNT
- RIVERO, Roberto (1987) “Eficácia de Algunos Sistemas de Parasoles Ante la Radiacion Solar”. Servicio de Meteorologia Aplicada a la Arquitectura. Publicacion SC 12. Montevideo
- KUSUDA, T. (1981) “A Variable Degree-Day Method for Simplified Residential Energy Analysis. NBS. Washington.
- ISO 7730:1994(E) “Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort