

## **ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO EM SALAS DE AULA: um estudo sobre a utilização de *brise* e o cruzamento de ventilação em aberturas**

**Rosana Bacicheti Gonçalves<sup>1</sup>**

**Paula Sardeiro Silva Vanderlei<sup>2</sup>**

**Paulo Fernando Soares<sup>3</sup>**

### **RESUMO**

A quantidade adequada de ventilação e iluminação natural dentro dos ambientes contribui intensamente para o conforto térmico e lumínico dos usuários nas edificações. Em salas de aula, esses fatores devem ser estudados e incentivados para melhorar o desempenho dos estudantes, acarretando seu bem-estar. A busca por uma iluminação mais uniforme e bem distribuída em salas de aula pode ser alcançada por meio do emprego de elementos arquitetônicos, como os *brises soleils*. O efeito das prateleiras de luz, que refletem a luz do Sol para dentro do ambiente de forma mais suave e homogênea, também deve ser considerado para melhorar esses aspectos. A ventilação pode fluir de forma mais eficiente dentro da sala de aula por meio da inserção de mais aberturas em outras paredes da sala, para que seja promovido o seu cruzamento, renovando, dessa forma, o ar para a saúde dos usuários. Este trabalho verificou o comportamento da iluminação e da ventilação da sala de aula 102 do bloco C34 da UEM, com a adição de um *brise* na sua janela externa e com a inserção de aberturas na parede oposta à fachada iluminada, interna do ambiente. As simulações foram efetuadas nos softwares Luz do Sol e FLUXOVENTO. As conclusões demonstraram que adição de *brises* diminuiu de maneira significativa a penetração dos raios solares internamente, e o acréscimo de uma abertura central baixa na parede oposta à fachada iluminada promoveu a melhor concentração dos fluxos de vento na altura do plano de trabalho do usuário.

**Palavras-chave:** Conforto térmico e lumínico. *Brise soleil*. Cruzamento de ventilação.

<sup>1</sup> Mestranda, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PEU, robacicheti@gmail.com

<sup>2</sup> Profª. Drª., Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Civil-DEC, pssvanderlei@uem.br

<sup>3</sup> Prof. Dr., Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Civil-DEC, paulofsoares@gmail.com

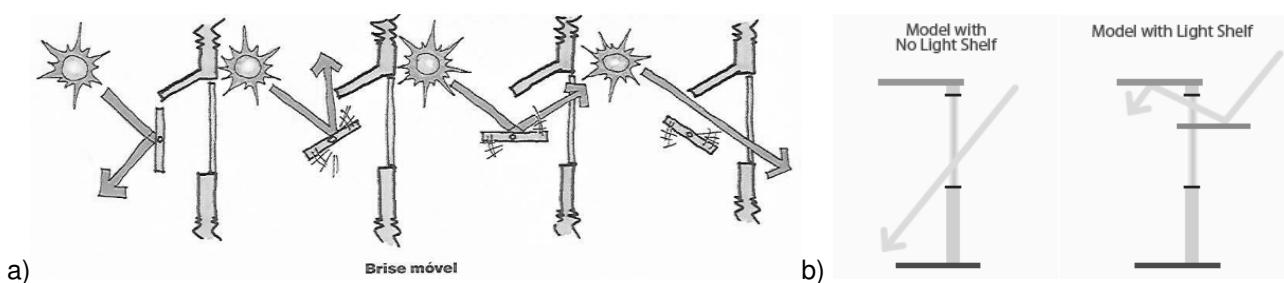
## 1 INTRODUÇÃO

O conforto térmico e lumínico é amplamente influenciado pela ventilação e iluminação dentro dos ambientes. A iluminação natural transmite a sensação de bem-estar para as pessoas, pois acarreta o domínio de tempo e espaço dentro das construções. A saúde também pode ser afetada pela sua ausência, como descreve Bertolotti (2007), pois a luz pode atuar como ativadora do ciclo circadiano, o qual corresponde ao ciclo de vinte e quatro horas que os organismos vivos têm para representar fisiologicamente o dia e a noite e que orienta sua organização ao longo do dia.

Para Iida (2005), o nível de iluminamento atua no mecanismo fisiológico da visão, além de influenciar a musculatura que lidera o movimento dos olhos. Em ambientes escolares, a falta de planejamento da iluminação interna pode prejudicar a saúde física e psicológica dos usuários, além do desempenho escolar dos alunos (DORIGO; KRÜGER, 2007). Vianna e Gonçalves (2001) recomendam que, em salas de aula, o nível mínimo de iluminância (lux) alcance o plano de trabalho e a iluminação seja uniforme, evitando-se contrastes excessivos com áreas muito ou pouco iluminadas em diferentes pontos.

A iluminação natural penetra nos ambientes através das aberturas e, apesar de em regiões de climas quentes, a disponibilidade de luz natural ser suficiente durante a maior parte do dia, dispensando o uso da iluminação artificial, seu controle direto ou difuso deve ser considerado, já que ela também gera calor e ganhos térmicos à edificação (DIAS; GOMES; CABÚS, 2009). Por isso, é importante que a luz alcance as superfícies internas de forma tenua, e esse controle pode ser feito por elementos arquitetônicos que, se projetados de acordo com a função do ambiente, o período de ocupação e a orientação solar adequada, podem proporcionar uniformidade na distribuição da iluminação interna, evitar ofuscamentos e trazer a consequente satisfação no conforto visual.

Os *brises soleils* (Figura 1a) atuam nesse sentido e, segundo Weber (2005), ao serem projetados, devem ser verificadas as Cartas Solares, analisando o período (dias e horas) que a proteção solar é necessária. Pode-se dizer, em geral, que em fachadas Norte-Sul os elementos horizontais são mais adequados, enquanto que em fachadas voltadas para Leste-Oeste os elementos verticais devem ser empregados. Dessa forma, os *brises* podem contribuir barrando a radiação solar direta durante a estação quente e permitindo-a na estação fria.



**Figura 1 – a) Brise móvel; b) Prateleiras de luz**

Fonte: a) Lamberts; Dutra, Pereira (1997, p.160); b) Barber (2007) apud The Lighting Practice

As prateleiras de luz (Figura 1b) funcionam como uma espécie de *brise*. São recursos empregados nas construções para obter a reflexão da luz externa no teto do cômodo de forma a se gerar uma iluminação mais homogênea e uniforme internamente. Podem prolongar a iluminação para as partes mais profundas da sala. A parte inferior da prateleira de luz pode amenizar a luz externa para dentro do ambiente, diminuindo o ofuscamento pela insolação direta (BORMANN, 2003). Além disso, operam na proteção do usuário do ambiente, nas porções mais próximas à

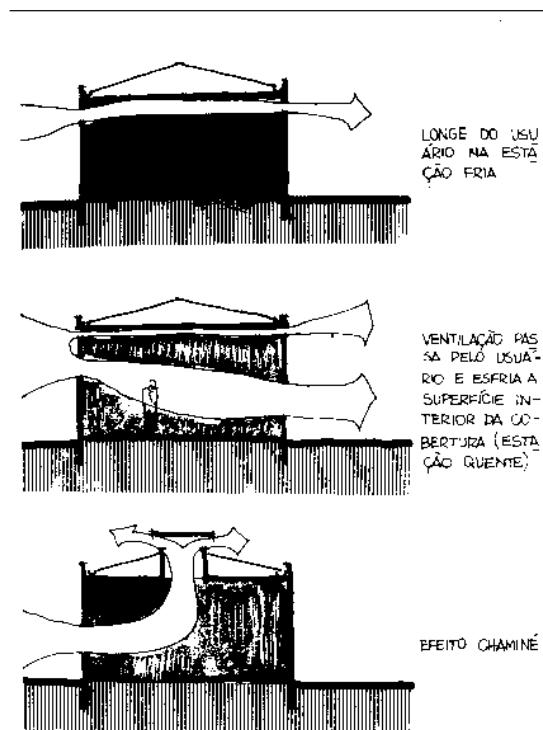
janela, atuando como beiral protetor.

Já em relação à ventilação natural, dentro dos ambientes, ela tem a função de renovar o ar, dissipando os vapores, a fumaça, a poeira, os poluentes, entre outros, contribuindo para a higiene. Em salas de aula, o desconforto térmico pode ser provocado pela ventilação inadequada, pela alta umidade combinada com altas temperaturas ou pela radiação térmica das superfícies muito aquecida. A combinação desses fatores poderá gerar a sonolência, a alteração nos batimentos cardíacos e o desinteresse pelo trabalho (KOWALTOWSKI, 2011).

De acordo com Frota e Schiffer (2001), a ventilação acontece pela diferença de pressão do ar entre os ambientes internos e externos, pela localização das aberturas, pelas obstruções internas e externas, pela forma da edificação e sua posição, pela velocidade do vento e pelo seu ângulo de incidência e ocorre pelos seguintes tipos de mecanismos, sendo que as duas forças também podem agir simultaneamente:

a) Ventilação por ação dos ventos: a movimentação do ar através do ambiente acontece pela força do vento.

b) Ventilação por efeito chaminé: provocada pelo efeito da diferença de pressão do ar interno e externo (Figura 2).



**Figura 2 – Esquemas de ventilação**

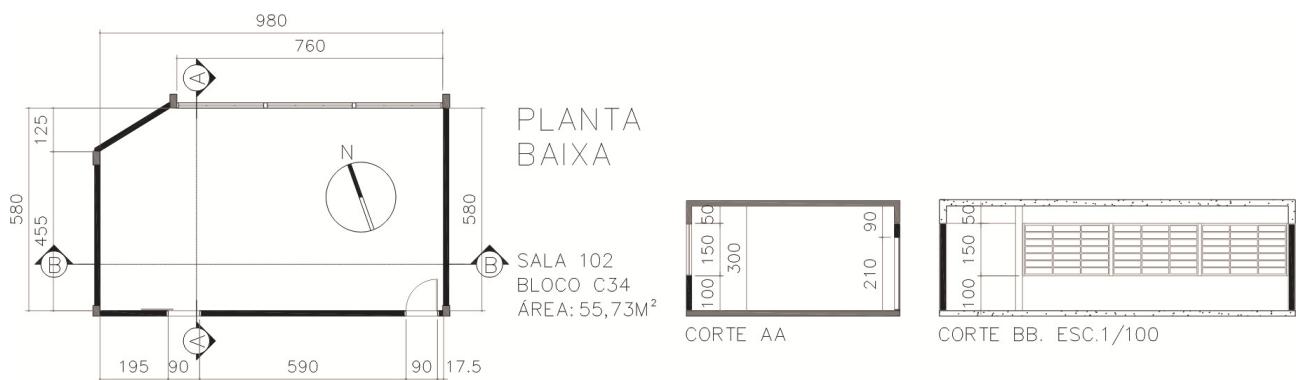
Fonte: Mascaró (1991, p. 69)

A iluminação e a ventilação naturais, por essa visão, são elementos fundamentais na concepção de projetos arquitetônicos de salas de aula. Na Universidade Estadual de Maringá, alguns problemas relacionados a tais questões são encontrados e são objeto de reclamação de usuários. Landgraf (2002) relata que apelos para o melhoramento do conforto interno, principalmente relacionados à instalação de equipamentos de ar condicionado, eram conduzidos à Prefeitura do Campus até 2002 pelos usuários dos blocos da universidade. Além disso, os autores da pesquisa verificaram, em trabalho de campo, que o ofuscamento da iluminação na sala 102 do bloco C34 da UEM ocorreu durante as tardes, o que ocasionou o fechamento de cortinas.

Assim, este trabalho tem o objetivo de investigar o comportamento da iluminação e da ventilação da sala de aula 102 do bloco C34 da UEM, quando há a adição de um *brise* na sua janela externa e quando ocorre o aumento da área iluminada da fachada e a inserção de aberturas na sua parede oposta, interna do ambiente.

## 2 METODOLOGIA

A sala de aula do estudo de caso corresponde ao número 102. Localiza-se no bloco C34 da Universidade Estadual de Maringá e apresenta as dimensões de 9,80 m de comprimento por 5,80 m de largura (Figura 3). Possui uma janela principal voltada para a orientação cardeal Noroeste, de 7,60 m de comprimento por 1,50 m de altura, com peitoril de 1,00 m, e duas portas na parede oposta à janela voltadas para a circulação central do bloco edificado. O vão da janela é dividido em 63 aberturas: 7 (sete) fileiras horizontais com 9 (nove) aberturas, cada uma. A primeira fileira horizontal (09 esquadrias) é fixa, e as restantes (54 esquadrias) possuem abertura do tipo basculante.



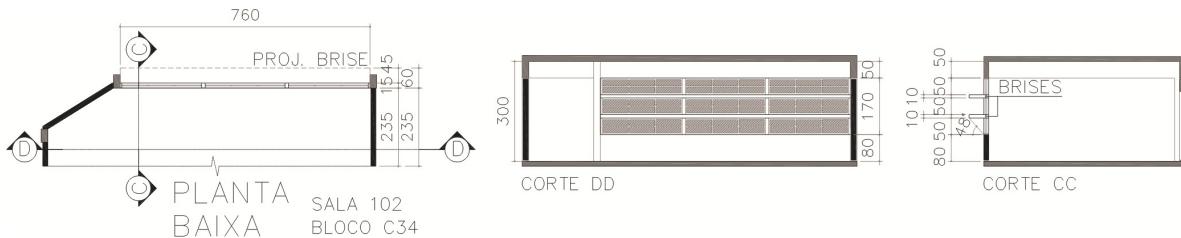
**Figura 3 – Projeto arquitetônico da sala de aula 102 do bloco C34 da UEM**

Fonte: Autores baseados no arquivo da Prefeitura do Campus (UEM)

### 2.1 Iluminação

Foi simulada no software Luz do Sol 1.1 (RORIZ, 1995) a projeção da luz solar que incide na sala de aula relatada, durante os dias 21 de março, 21 de junho, 21 de setembro e 21 de dezembro, durante todo o dia. Assim, as manchas solares, correspondentes a todos os ângulos de altura solar diária, foram sobrepostas sobre uma mesma planta baixa, em cada dia de análise (Figura 5). Posteriormente, foi projetado um *brise* horizontal para proteger o ambiente da incidência do Sol e foi simulado novamente, no mesmo software, o comportamento da iluminação internamente, nos dias citados, em todos os horários (Figura 7).

Os *brises* do estudo se caracterizam como duas proteções horizontais, separadas por uma distância vertical de 50 cm uma em relação à outra, e têm uma projeção de 45 cm da parte externa da parede para o lado de fora. Lateralmente, têm a mesma extensão da janela: 7,60 m (Figura 4).



**Figura 4 – Projeto dos brises horizontais para sala 102 do bloco C34 da UEM**

## 2.2 Ventilação

No software FLUXOVENTO (CARVALHO; MARTHA; TEIXEIRA, 2005) foi verificado o desempenho da ventilação por meio dos *brises*. Para isso, foi simulada em planta baixa a abertura da fachada existente em quatro situações: a) com a inserção de uma abertura central na parede oposta; b) com as duas portas existentes abertas; c) com as duas portas existentes abertas mais a inserção de uma abertura central na parede oposta; d) com somente uma porta aberta (Figura 8). As simulações foram realizadas em relação aos ventos dominantes para a cidade de Maringá (Nordeste). Em seguida, foram verificadas, em planta de corte, situações de como o ambiente procederia em circunstâncias com e sem a presença do *brise* (Figura 9 e Figura 10). Para a inserção do *brise*, o vão da janela foi dividido em 54 janelas basculantes que, teoricamente, possuiriam 100% de abertura.

## 3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

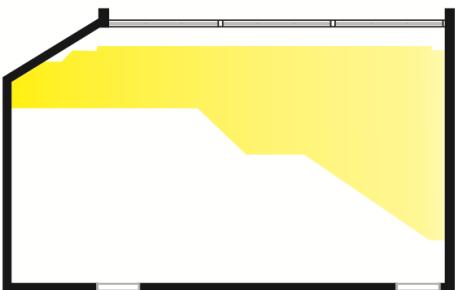
### 3.1 Iluminação

Pode-se notar pela Carta Solar de Maringá para a sala de aula de estudo (Figura 6), voltada para o Noroeste (340° Norte), que o ambiente recebe a radiação solar direta durante boa parte do ano, permanecendo com sombra durante a manhã de dezembro e janeiro e alguns períodos da manhã de fevereiro, março e abril. No mês representativo de junho, pode-se verificar, pela Figura 5, que o ambiente é abundantemente atingido pelo Sol, tendo sua área banhada por ele em mais de 50% da área do ambiente. Os dias 21 de março e 21 de setembro são praticamente semelhantes em relação à penetração do Sol na sala de aula e pode-se verificar que as manchas solares ocorrem mais próximas à janela. Em dezembro, elas também ocorrem em maior parcela ao lado da abertura, segundo mostra a Figura 5.

Pelo fato de a orientação cardeal da sala de aula estar muito próxima ao Norte verdadeiro, o *brise* horizontal, a princípio, traduz-se como o melhor contribuidor no sentido de diminuir a incidência da radiação solar direta. Foi projetado, dessa maneira, para o presente estudo, um *brise* que se configura como duas extensões horizontais. Pode-se notar, na Figura 4, que o elemento de cima está localizado logo abaixo da primeira janela superior. Essa estratégia tem a função de dar valor ao efeito de “prateleira de luz”, projetando a luminosidade no ambiente por meio de sua refletância no teto e espalhamento mais difuso e uniforme nas áreas da sala. O rebaixamento do peitoril de 1,00m para 0,80m também contribui tanto para a iluminação quanto para a ventilação. Em ambos os casos, há o aprimoramento do conforto ao nível de plano de trabalho do usuário.

Pode-se verificar, na Figura 7, que o *brise* projetado atenua significativamente a mancha de incidência solar no ambiente, sendo que, no mês de junho, ainda penetra a maior mancha de raios solares, ocorrendo entre as 7 horas e 10 horas da manhã e 14 horas e 17 horas da tarde. Nesse caso, a luz é projetada numa maior parcela para o lado da parede oposta à janela, havendo uma melhor

distribuição de iluminâncias dentro da sala de aula. Devido ao fato dessa radiação ocorrer durante o período do inverno, o aquecimento do ambiente nessa estação pode contribuir com o conforto térmico. Nos outros meses, março e setembro, a incidência de radiação direta é consideravelmente minimizada, ocorrendo entre as 16 horas e 18 horas de março e 16 horas e 17 horas de setembro, enquanto em dezembro, ela se torna inexistente, de acordo com a Figura 7.



**21 MARÇO**



HORA: 9H  
ALTURA DO SOL: 39°  
AZIMUTE: 65,5°

HORA: 10H  
ALTURA DO SOL: 50,4°  
AZIMUTE: 51,7°

HORA: 11H  
ALTURA DO SOL: 59,3°  
AZIMUTE: 30,4°

HORA: 12H  
ALTURA DO SOL: 62,9°  
AZIMUTE: 0,0°

HORA: 13H  
ALTURA DO SOL: 59,3°  
AZIMUTE: 329,6°

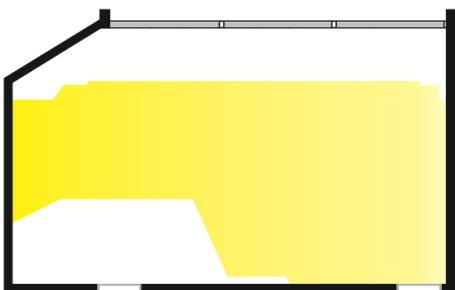
HORA: 14H  
ALTURA DO SOL: 50,4°  
AZIMUTE: 308,3°

HORA: 15H  
ALTURA DO SOL: 39°  
AZIMUTE: 294,5°

HORA: 16H  
ALTURA DO SOL: 26,4°  
AZIMUTE: 284,7°

HORA: 17H  
ALTURA DO SOL: 13,4°  
AZIMUTE: 276,9°

HORA: 18H  
ALTURA DO SOL: 0,0°  
AZIMUTE: 269,9°



**21 JUNHO**

HORA: 7H  
ALTURA DO SOL: 1,7°  
AZIMUTE: 62,4°

HORA: 8H  
ALTURA DO SOL: 13°  
AZIMUTE: 54,6°

HORA: 9H  
ALTURA DO SOL: 23,2°  
AZIMUTE: 44,9°

HORA: 10H  
ALTURA DO SOL: 31,6°  
AZIMUTE: 32,6°

HORA: 11H  
ALTURA DO SOL: 37,3°  
AZIMUTE: 17,4°

HORA: 12H  
ALTURA DO SOL: 39,3°  
AZIMUTE: 0,0°

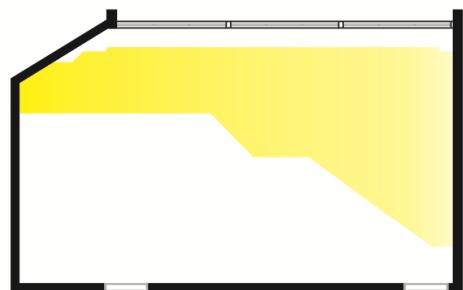
HORA: 13H  
ALTURA DO SOL: 37,3°  
AZIMUTE: 342,6°

HORA: 14H  
ALTURA DO SOL: 31,6°  
AZIMUTE: 327,4°

HORA: 15H  
ALTURA DO SOL: 23,2°  
AZIMUTE: 315,1°

HORA: 16H  
ALTURA DO SOL: 13°  
AZIMUTE: 305,4°

HORA: 17H  
ALTURA DO SOL: 1,7°  
AZIMUTE: 297,6°



**21 SETEMBRO**

HORA: 9H  
ALTURA DO SOL: 38,3°  
AZIMUTE: 64,3°

HORA: 10H  
ALTURA DO SOL: 49,6°  
AZIMUTE: 50,4°

HORA: 11H  
ALTURA DO SOL: 50,2°  
AZIMUTE: 29,4°

HORA: 12H  
ALTURA DO SOL: 61,7°  
AZIMUTE: 0,0°

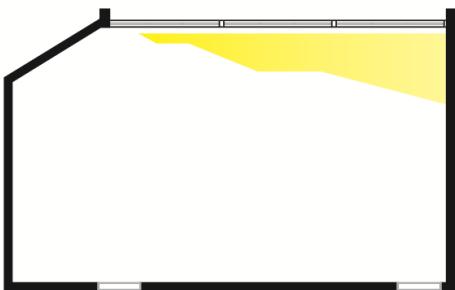
HORA: 13H  
ALTURA DO SOL: 58,2°  
AZIMUTE: 330,6°

HORA: 14H  
ALTURA DO SOL: 49,6°  
AZIMUTE: 309,6°

HORA: 15H  
ALTURA DO SOL: 38,3°  
AZIMUTE: 295,7°

HORA: 16H  
ALTURA DO SOL: 25,8°  
AZIMUTE: 285,8°

HORA: 17H  
ALTURA DO SOL: 12,8°  
AZIMUTE: 277,9°



**21 DEZEMBRO**

HORA: 13H  
ALTURA DO SOL: 75,9°  
AZIMUTE: 282,4°

HORA: 14H  
ALTURA DO SOL: 62,7°  
AZIMUTE: 271,3°

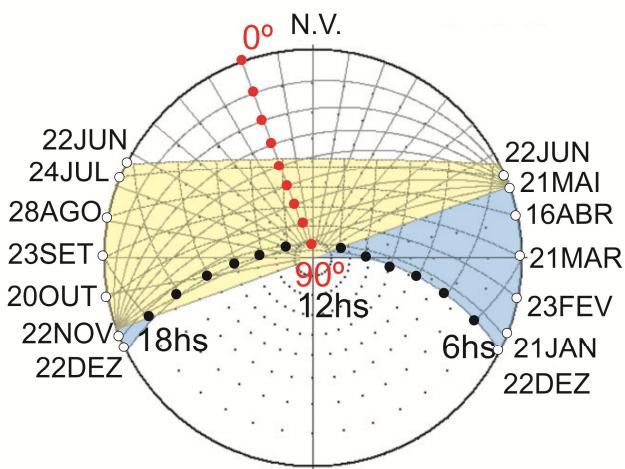
HORA: 15H  
ALTURA DO SOL: 49,4°  
AZIMUTE: 265°

HORA: 16H  
ALTURA DO SOL: 36,2°  
AZIMUTE: 259,7°

HORA: 17H  
ALTURA DO SOL: 23,2°  
AZIMUTE: 254,5°

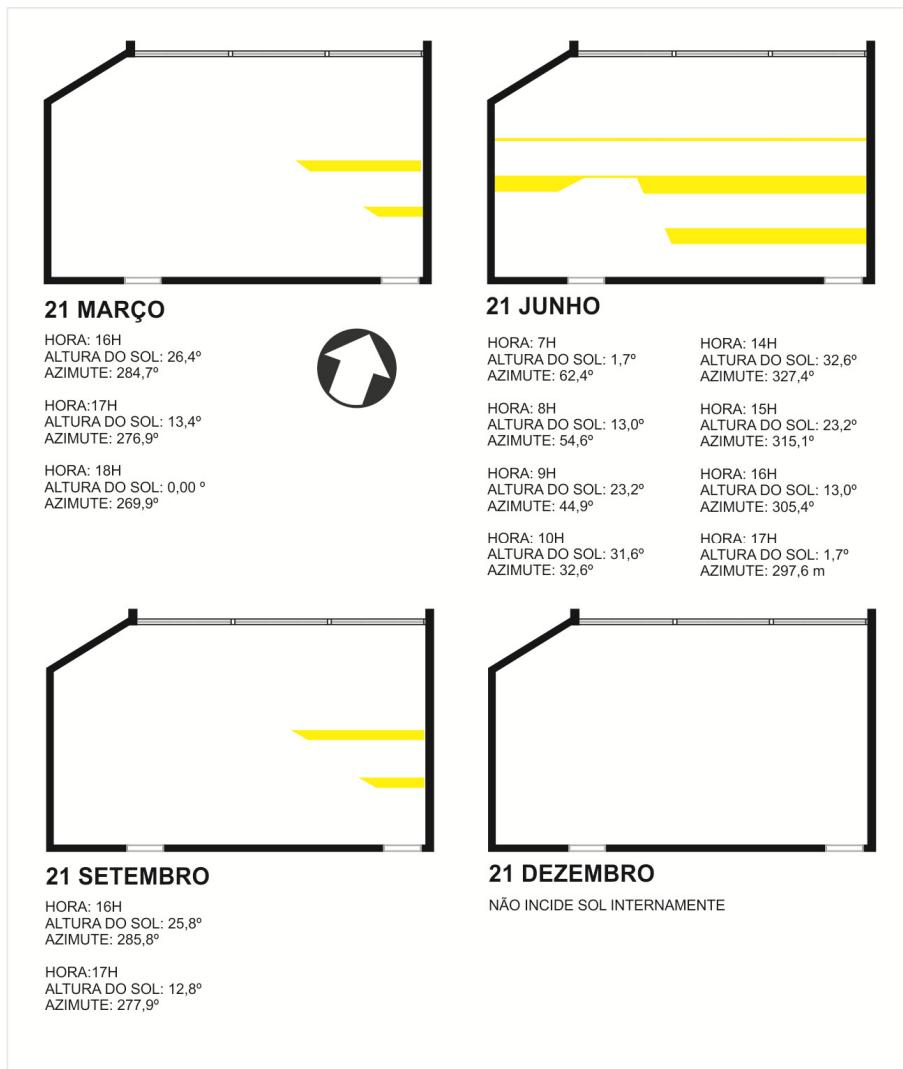
**Figura 5 - Simulação da mancha solar interna da sala 102 do bloco C34**

Fonte: Autores baseados no software Luz do Sol



**Figura 6 – Carta solar para sala 102 do bloco C34 da UEM**

Fonte: Autores baseado no Software Luz do Sol 1.1



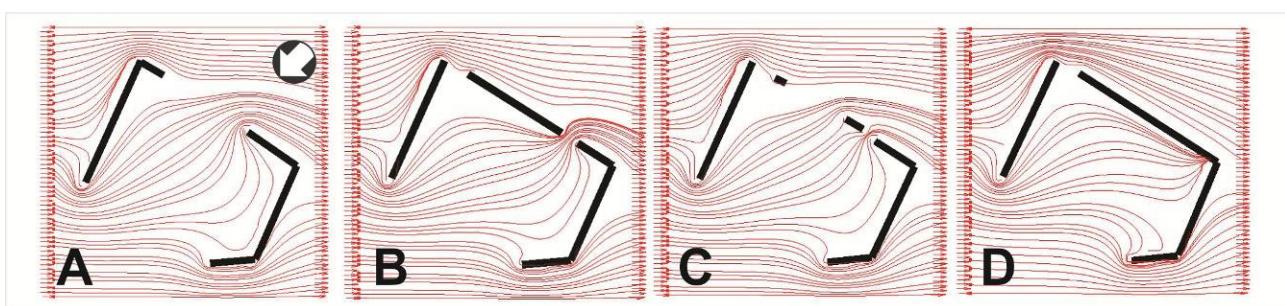
**Figura 7 – Simulação da mancha solar interna da sala 102 do bloco C34 com os *brises***

Fonte: Autores baseados no software Luz do Sol (RORIZ, 1995)

### 3.2 Ventilação

A sala de aula deste estudo possui janelas basculantes. Como relatado, a primeira fileira horizontal de esquadrias, logo acima do peitoril de 1,00m de altura, é fixa, ou seja, não proporciona a ventilação ao nível do usuário. O ambiente também não possui uma janela na parede oposta à abertura principal do ambiente, o que não permite o cruzamento e renovação do ar. Isso só pode ocorrer se as portas puderem permanecer abertas, o que nem sempre é possível devido ao fator acústico, pois estas se localizam ao lado do corredor de circulação e podem gerar muito ruído.

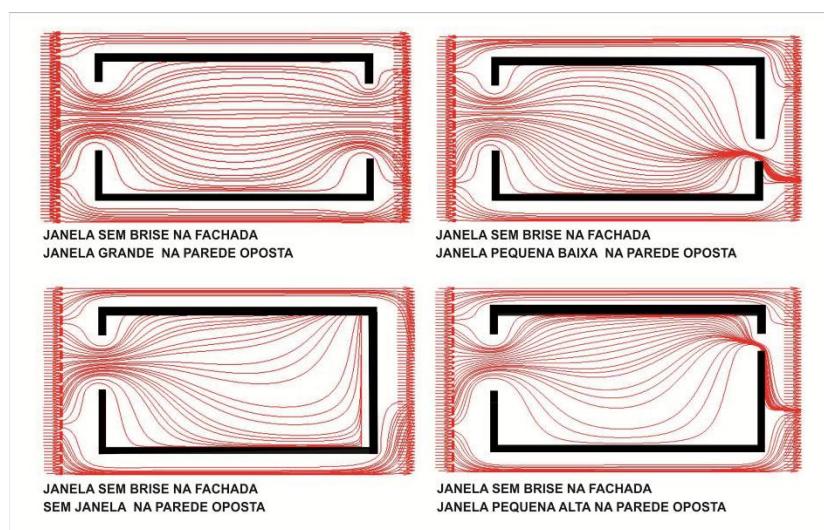
Portanto, foi verificado, primeiramente, que o melhor fluxo de circulação interna, em planta baixa, acontece com janelas centrais localizadas na parede oposta à abertura da fachada (Figura 8a), pois distribuem a ventilação para praticamente todo o espaço do ambiente.



**Figura 8 – Ventilação do ambiente em planta baixa: a) com abertura central; b) com duas portas abertas; c) com duas portas abertas e janela central; d) com uma porta aberta.**

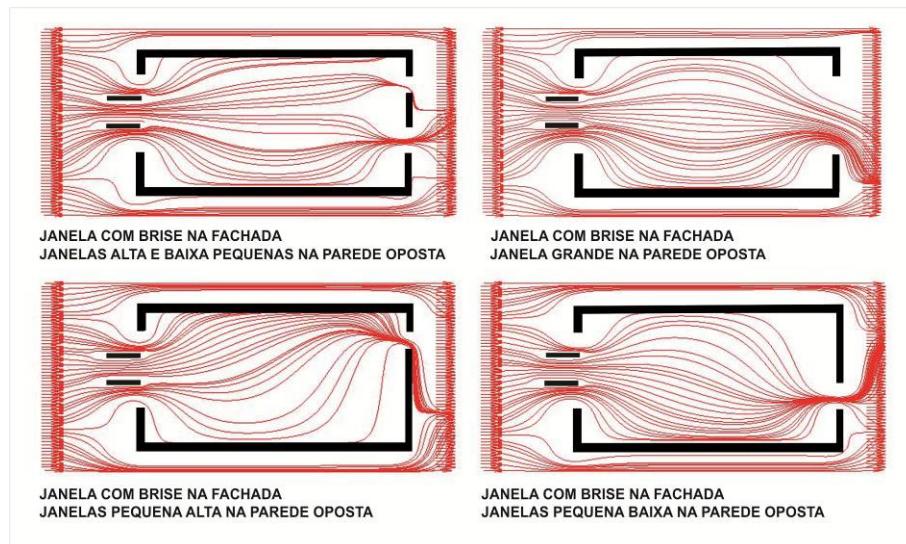
Fonte: Autores baseados no software FLUXOVENTO

Em planta de corte, pode-se verificar que, quando simulado o fluxo de ventilação na abertura existente da fachada, a melhor distribuição de ventilação na altura do plano de trabalho ocorre com uma janela baixa localizada na parede oposta à fachada (Figura 9). Para a simulação da abertura com os *brises*, deve-se levar em consideração que o peitoril foi baixado para 0,80m e as aberturas teriam 100% de abertura. Com a inserção dos elementos bloqueadores do sol, ocorre o mesmo: uma abertura pequena na parede oposta à fachada posicionada acima de um peitoril de 0,80 cm proporcionaria uma ventilação mais adequada na posição do usuário (Figura 10).



**Figura 9 – Análise da ventilação: abertura existente e outras aberturas na parede oposta**

Fonte: Autores baseados no software FLUXOVENTO



**Figura 10 – Análise da ventilação: abertura com *brises* e outras aberturas na parede oposta**

Fonte: Autores baseados no software FLUXOVENTO

## 4 CONCLUSÃO

O *brise soleil* constitui-se como um elemento bastante importante para a proteção da radiação solar incidente em fachadas, ocasionando a penetração da iluminação natural de forma mais suave e homogênea dentro dos ambientes. Consequentemente, ele pode melhorar, de modo significativo, o conforto térmico do usuário.

Neste estudo pôde ser notado que além de o *brise* horizontal ter trazido vantagens em relação à atenuação da incidência da radiação solar direta internamente, principalmente nos meses mais quentes, também manteve os níveis de ventilação adequados, caso fosse empregada uma janela pequena e baixa na parede oposta à parede da fachada, localizada entre as portas, na posição central. Foi verificado que a inserção dessa nova abertura promoveu o fluxo de ventilação ao nível de plano de trabalho do usuário além de incentivar a renovação de ar, contribuindo para a saúde dos alunos e professores.

Portanto, o uso desse elemento deve ser estudado em todos os projetos de construção, uma vez que eles podem auxiliar tanto no conforto do usuário como na economia de energia, o que o torna um grande aliado do meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

BARBER, M. A.. Building the case for light shelves. **BUILDINGS**, Philadelphia, apr. 2007. Disponível em: <http://www.buildings.com/tabid/3334/ArticleID/3648/Default.aspx>. Acesso em: 12 jun. 2012.

BERTOLOTTI, D.. **Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo, São Paulo, 2007.

BORMANN, O. R.. **Iluminação natural em salas de aula e escritórios com uso de prateleiras de luz.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba,

2003.

CARVALHO, C. V. de A.; MARTHA, L. F.; TEIXEIRA, W.. Fluxovento: um simulador gráfico interativo para o estudo de ventilação em ambientes construídos. In: VIII ENCONTRO NACIONAL E IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: ENCAC-ELACAC, 2005, p. 350-359.

DIAS, A. F. A.; GOMES, V. A.; CABÚS, R. C.. Componentes de controle de luz natural em salas de aula e seu desempenho conforme a orientação solar do edifício. In: X ENCONTRO NACIONAL E VI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2009, Natal. **Anais...** Natal: ENCAC, 2009, p. 1394-1400.

DORIGO, A. L.; KRÜGER, E. L.. Uso de dispositivos de sombreamento em salas de aula: avaliação de método proposto por Olgay. In: IX ENCONTRO NACIONAL E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ENCAC, 2007, p. 580-589.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R.. **Manual do conforto térmico.** São Paulo: Studio Nobel, 2003.

IIDA, I.. **Ergonomia: projeto e produção.** São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA., F. O. R.. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: PW, 1997.

LANDGRAF, M. A. C.. **Estudo das Condições Lumínicas e Térmicas de dois Blocos da Universidade Estadual de Maringá.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MASCARÓ, L.. **Energia na Edificação: estratégia para minimizar seu consumo.** São Paulo: Projeto Editores Associados LTDA, 1991.

RORIZ, M.. Software Luz do Sol 1.1. São Carlos, jun., 1995. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/luz-do-sol>. Acesso em: 25 jul. 2012.

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S.. **Iluminação e Arquitetura.** São Paulo: Virtus, 2001.

WEBER, C. P.. **O uso do *brise-soleil* na arquitetura da região central do Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.