



# XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

## PERCEPÇÃO AMBIENTAL E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR

**OLIVEIRA, Matheus (1); MACIEL, Liliane (2); CARLO, Joyce (3)**

(1) UFV, e-mail: matheus.menezes@ufv.br (2) UFV, e-mail: liliane.maciel@ufv.br,

(3) UFV, e-mail: joycecarlo@ufv.br

### RESUMO

O uso de dispositivos de proteção solar é uma prática consolidada na arquitetura institucional brasileira. No caso das edificações escolares, em geral não condicionadas artificialmente, o uso de elementos de proteção solar representa um aumento significativo das condições de conforto. O projeto de tais elementos exige um balanceamento entre a arte e a técnica de modo a resultar em um produto edificado que seja satisfatório tanto do ponto de vista formal e de identidade local, quanto sob a ótica do desempenho e da manutenção. Este trabalho tem como objetivo verificar as preferências dos usuários frente às condições térmicas e luminosas em ambientes que contêm proteções solares. Foram investigados ambientes de três edificações localizadas em um campus universitário na Zona Bioclimática 3. O método adotado parte do levantamento *in loco* das condições de conforto térmico e luminoso de salas de aula que contêm dispositivos de proteção solar. Foram coletados dados de temperatura de bulbo seco, radiação solar, umidade, iluminância e velocidade de ar em um dia de inverno e outro de verão, no ambiente interno e externo, considerando a profundidade dos ambientes em relação às aberturas para determinação dos pontos de medição. A percepção dos usuários destes edifícios sobre as proteções solares, seu aspecto formal e sobre o uso do ambiente foi obtida por meio de questionários, tanto para os ambientes internos quanto para o edifício visto externamente. Os resultados obtidos a partir de 106 questionários respondidos indicaram algumas preferências frente a conflitos entre a incidência da radiação solar direta no ambiente e os níveis de iluminação natural. Os resultados também identificaram preferências estéticas que, na verdade, refletem a satisfação no uso do ambiente. A contribuição deste artigo consiste na indicação de diretrizes para o projeto de elementos de proteção solar que alinhe o desempenho térmico e luminoso e o aspecto formal do edifício à percepção do usuário.

**Palavras-chave:** Desempenho ambiental, Percepção do usuário, Salas de aula.

### ABSTRACT

*The use of shading devices is a consolidated practice in Brazilian institutional buildings. In the case of educational buildings without air conditioner systems, the use of shading devices represents a significant increase in comfort conditions. The design of those elements requires a balance between art and technology to result in a product that is satisfactory in terms of formal composition, local identity, solar performance and maintenance. This study aims to determine the users' preferences in relation to the thermal and lighting conditions in environments that contain shading devices. The three analyzed buildings are located on a university campus in Bioclimatic Zone 3. The adopted method is based on the on-site study about comfort conditions of classrooms that contain shading devices. Dry bulb temperature, solar radiation, humidity, air velocity and illuminance levels were measured during a winter and a summer day. The measurements were done in the internal and external environment, considering the environment depth in relation to the opening to determine the measuring points. Questionnaires were applied for indoors and outdoors viewers of the building to obtain the users' perception of the shading devices, its formal aspect and their use of the building. The results obtained with 106 answered questionnaires indicated some preferences between the incidence of direct solar radiation in the room and the levels of natural lighting. The results also identified aesthetics preferences that, actually, reflect satisfaction in the use of the classrooms. This paper contributes*

*to the statement of guidelines for the design of shading devices that align building characteristics such as thermal and lighting performance and the formal aspect to the users' perception.*

**Keywords:** *Environmental performance, Users' perception, Classrooms.*

## **1 INTRODUÇÃO**

O nível do aprendizado escolar está diretamente ligado ao desempenho do estudante, que depende de uma série de fatores, como questões socioeconômicas, métodos de ensino e materiais didáticos (LACKNEY, 1994). Outros estudos, porém, complementam que a aprendizagem ainda depende de fatores como as condições internas e a qualidade do ar, a temperatura e a umidade, a ventilação e iluminação e acústica de salas de aula (SCHNEIDER, 2002; HIGGINS et al., 2005).

Na busca da eficiência energética e do conforto térmico dos usuários, elementos de proteção solar são incorporados a esses edifícios, buscando sempre favorecer o bem-estar de todos, tornando-os mais dispostos ao ensino, ao aprendizado ou ao trabalho (SANTOS; SOUZA, 2012). Porém, os elementos de proteção solar nem sempre são adequados no sentido de garantir a eficiência plena desses edifícios. Eficiência que engloba aspectos como térmica, iluminação, ventilação e também aspectos de composição arquitetônica. Muitas dessas proteções prejudicam a ventilação natural, que é uma das estratégias bioclimáticas mais impactantes no território brasileiro, sendo recomendada nas Zonas Bioclimáticas 2 a 8 (ABNT, 2005).

Além da integração dos aspectos ambientais (térmico – ventilação e radiação – e luminoso) do espaço interno, a padronização dos projetos de escolas públicas é outro entrave à qualidade interna dos ambientes escolares. Paes e Bastos (2013) identificaram que o padrão construtivo de escolas do Rio de Janeiro se modificou ao longo das décadas de acordo com projetos básicos utilizados como modelos para repetição, sem a reflexão sobre o entorno imediato e o contexto social em que a edificação se insere, tampouco com a inclusão dos critérios bioclimáticos necessários para o conforto e qualidade do ar internos. O objetivo de tal escolha foi o atendimento à industrialização da construção civil com foco na rapidez e economia, por meio da sistematização da produção da arquitetura escolar.

No caso de proteções solares, no entanto, a padronização pode ser uma aliada desde que algumas opções de proteções sejam fornecidas para avaliação qualitativa por parte do projetista, a fim de que sua aplicação esteja de acordo com o contexto escolar em que o edifício se insere. Tais aspectos são a orientação solar, o sombreamento de edificações vizinhas, as estratégias bioclimáticas necessárias para o local, além dos níveis de iluminação adequados (ABNT, 2013). Nesse sentido, a industrialização pode ser uma aliada para a produção da edificação, cuja padronização não é do edifício, mas dos elementos que irão compô-lo.

Portanto, este artigo tem como objetivo comparar os dados de desempenho de proteções solares com o nível de satisfação do usuário, resultando assim em uma análise crítica das condições de conforto dos ambientes analisados.

## **2 METODOLOGIA**

Neste trabalho foram feitos levantamentos em quatro salas de três edifícios distintos que possuem de maneira marcante o uso de proteções solares. Esses edifícios se localizam no *campus* da Universidade Federal de Viçosa, em Minas Gerais.

Foram feitas medições de temperatura, radiação, iluminação e ventilação em um dia de verão e um dia de inverno. A percepção dos usuários desses edifícios foi identificada por

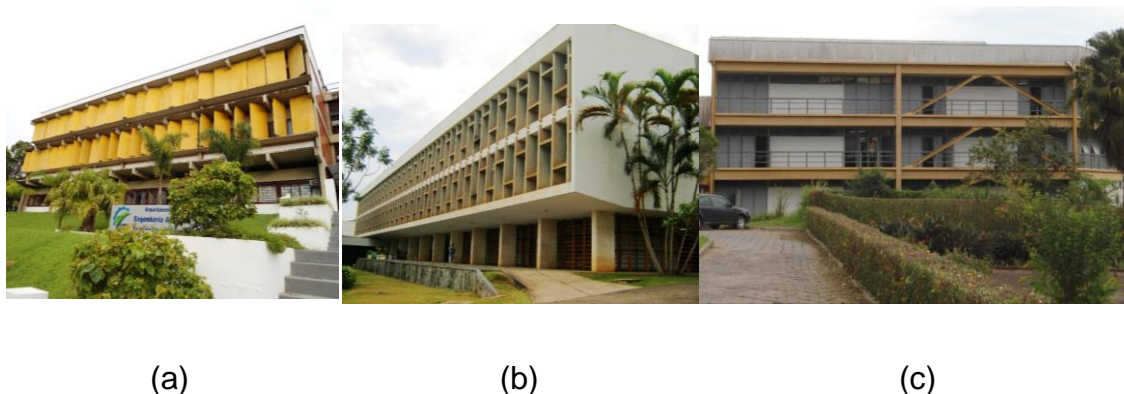
questionários aplicados logo após a primeira medição, tendo em vista que os edifícios são utilizados durante todo o ano.

## 2.1 Características das salas analisadas

Para a escolha das três edificações institucionais analisadas, foram consideradas a existência de proteções solares, a orientação das aberturas e o gabarito dos edifícios. Foram escolhidos o edifício Reinaldo de Jesus Araújo (Departamento de Engenharia Florestal, DEF), o edifício Professor Paulo Mário de Gúdice (Departamento de Engenharia Agrícola, DEA) e o Pavilhão de Aulas II (PVB), todos localizados no *campus* Viçosa da Universidade Federal de Viçosa.

Foram selecionadas salas com duas orientações diferentes, com o fim de comparar as suas variáveis ambientais. No edifício do DEA (Figura 1-a), foi escolhida a sala 223, no segundo pavimento, com orientação noroeste a  $310^\circ$ , de área total de  $70,9 \text{ m}^2$  e com proteções móveis. No DEF (Figura 1-b), foi escolhida a sala 109, no segundo pavimento, com orientação sudoeste a  $220^\circ$ , de área total de  $66,2 \text{ m}^2$  e com proteções fixas. Com a escolha de duas orientações diferentes, fez-se necessária, para efeito comparativo, a análise de mais duas salas no edifício do PVB (Figura 1-c), sala 207, no segundo pavimento, com orientação noroeste a  $310^\circ$ , de área total de  $89,5 \text{ m}^2$  e com proteções fixas; sala 301, no terceiro pavimento, com orientação sudoeste a  $220^\circ$ , de área total de  $180 \text{ m}^2$  e com proteções fixas.

**Figura 1 – Edifícios que contém as salas estudadas – DEA (a), DEF (b) e PVB (c)**



Fonte: Acervo dos autores

Ambas as salas do PVB foram escolhidas por possuírem orientações iguais, respectivamente, às salas do DEA e do DEF.

## 2.2 Parâmetros de avaliação e instrumentação

Os dados levantados para a avaliação do desempenho das proteções solares foram temperatura do ar, umidade relativa, iluminância e radiação. Para a coleta de dados, as salas foram mantidas sem ocupação, com as janelas abertas, os sensores foram colocados na altura do plano de trabalho, sobre as carteiras, paralelos à superfície de trabalho, evitando-se a aproximação aos aparelhos e qualquer interferência nas medições.

Para a medição, foram utilizados medidores *data loggers*, marca HOBO U12-013 Temp/RH/2 External Data Logger. Os medidores foram localizados em quatro pontos ao longo de um eixo normal ao plano da abertura. Um medidor ficou fora da esquadria e da proteção solar, outro imediatamente próximo à esquadria, um no primeiro terço da sala em relação à esquadria e outro a dois terços da sala. Buscou-se centralizar esse eixo na

sala de modo a reduzir a influência das paredes internas, especialmente na medição de iluminação. Os dados foram coletados a cada minuto, posteriormente realizada a média no período de 30 minutos nas salas do DEF e do DEA e de 15 minutos nas salas do PVB. Vale destacar que a distribuição dos medidores foi feita com o objetivo de avaliar a influência das proteções solares ao longo da profundidade da sala.

Para a avaliação do nível de radiação e ventilação foram utilizados o solarímetro, marca KIMO solarimeter SL200 e anemômetro, marca KIMO Thermo-anemometer VT 100. As medições foram realizadas com intervalo de 30 minutos, e foram feitas duas: uma fora da proteção e outra atrás da proteção solar. No edifício do DEA, por conter brises móveis, foram realizadas medições com as placas posicionadas a 90° e 45° em relação à fachada e fechadas.

Os dias das medições foram escolhidos por representarem dias estáveis de verão e inverno. Um dia estável de verão na cidade de Viçosa é caracterizado por ser quente e o tempo ensolarado; no inverno, os dias são amenos e o tempo parcialmente nublado.

Por motivos externos à medição, não foi possível um levantamento contínuo no PVB. As medições foram realizadas em períodos concordantes com a disponibilidade do uso das salas.

### **2.3 Questionários**

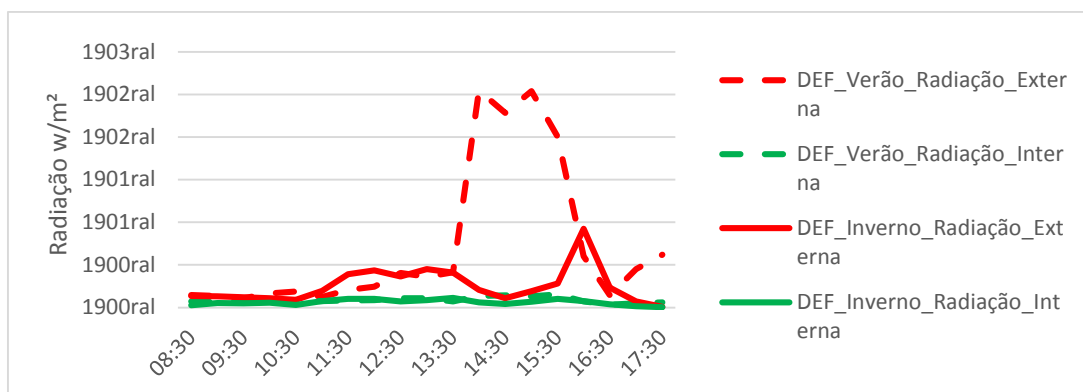
Os questionários foram aplicados a partir da necessidade de comparar a percepção térmica do usuário com os dados obtidos através das medições das variáveis ambientais. Nos questionários, foram avaliados se os usuários percebiam a existência das proteções solares na fachada, sua contribuição nos aspectos de conforto ambiental (se os usuários consideram que as proteções solares são úteis para proteger da irradiação e se ajudam/atrapalham na iluminação/ventilação), e, a partir dessa percepção, onde o usuário tem o hábito de se sentar em sala de aula. Foram coletadas também informações sobre quais são as cidades de origem dos entrevistados, tendo em vista que boa parte dos estudantes não são naturais da cidade de Viçosa e o aspecto cultural poderia alterar sua percepção de conforto. As cidades citadas foram classificadas pelas respectivas zonas bioclimáticas (ZB), de acordo com a NBR 15220, e agrupada em dois grupos. O primeiro contém cidades localizadas da ZB 1 à ZB 4 e o segundo da ZB 5 à ZB 8. Os questionários foram aplicados aos usuários dos edifícios analisados entre as duas medições, levando em conta que os mesmos usufruem do edifício durante todo o ano.

## **3 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **3.1 Medições**

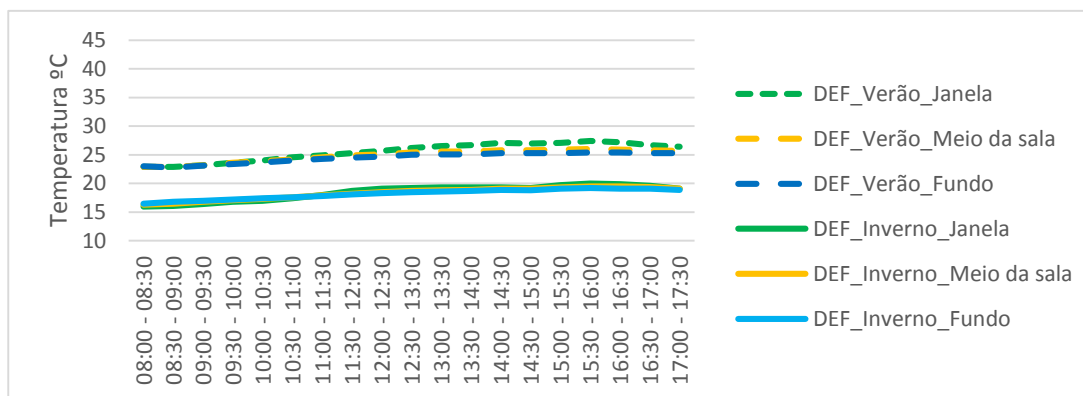
As medições realizadas no DEF mostraram uma grande diferença entre a radiação externa e interna à proteção (Figura 4). Como consequência, observou-se também uma diferença entre as temperaturas externa e interna (Figura 5), assim como na iluminância (Figura 6). Esses dados refletem a eficiência da proteção solar.

**Figura 4 – Radiação DEF, orientação 220°**



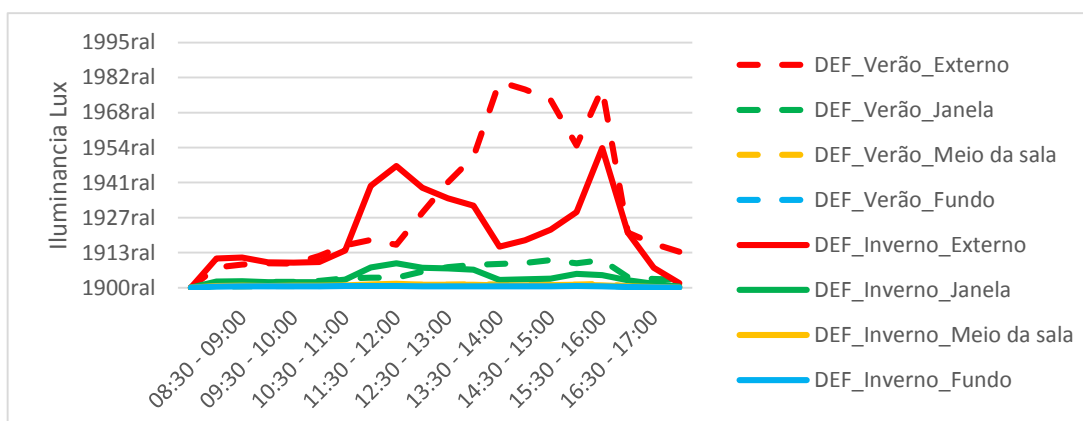
Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 5 – Temperatura DEF, orientação 220°**



Fonte: Elaborado pelos autores.

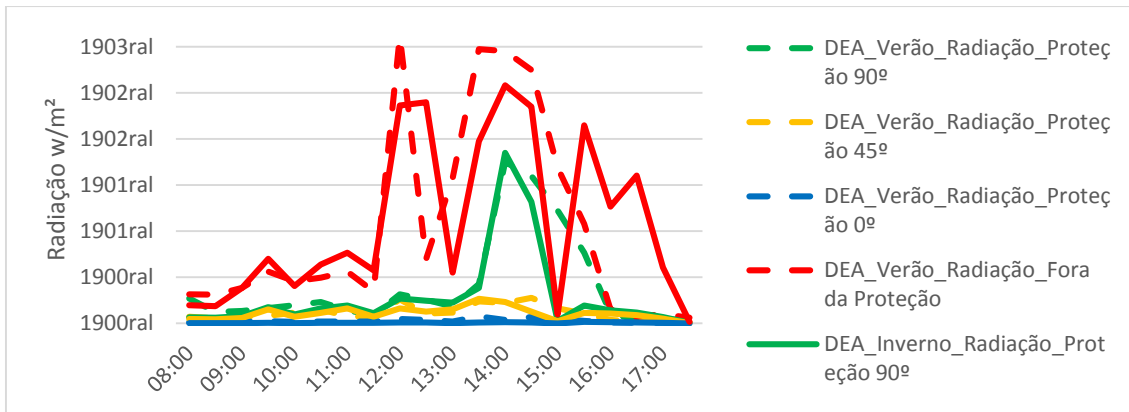
**Figura 6 – Iluminância DEF, orientação 220°**



Fonte: Elaborado pelos autores.

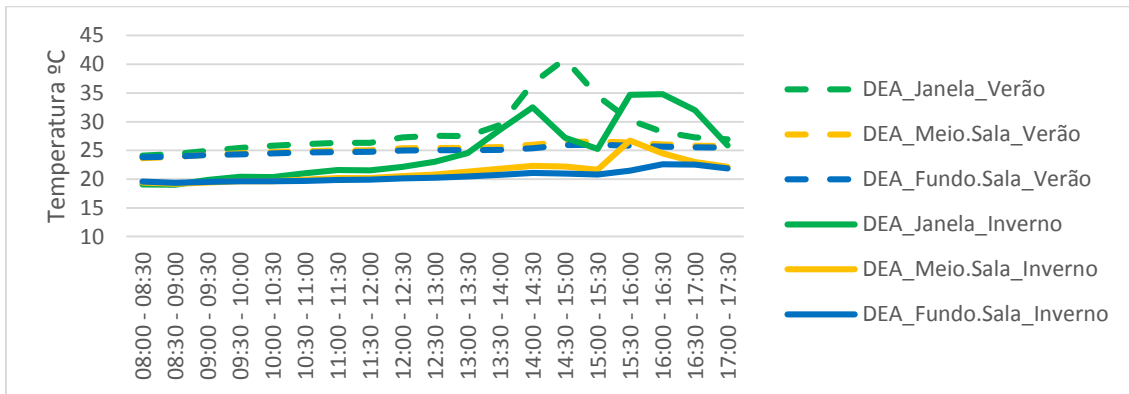
Os resultados do DEA apontam incidência de radiação solar no interior da sala, uma vez que as proteções foram posicionadas de forma perpendicular à fachada do edifício (Figura 7). Como consequência, houve, próximo à janela, temperaturas maiores que 40°C (Figura 8) e iluminância de 27000 lux (Figura 9), tornando desconfortável a permanência próxima à janela.

**Figura 7 – Radiação DEA, orientação 310°**



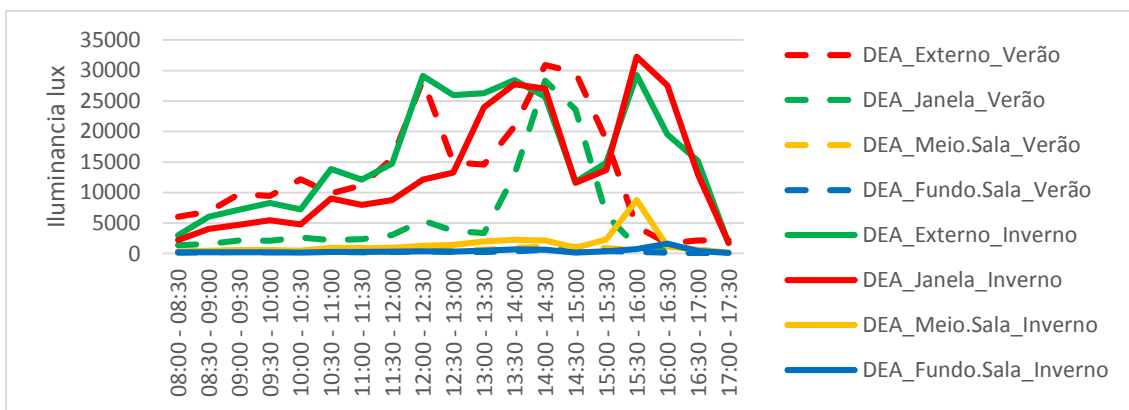
Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 8 – Temperatura DEA, orientação 310°**



Fonte: Elaborado pelos autores.

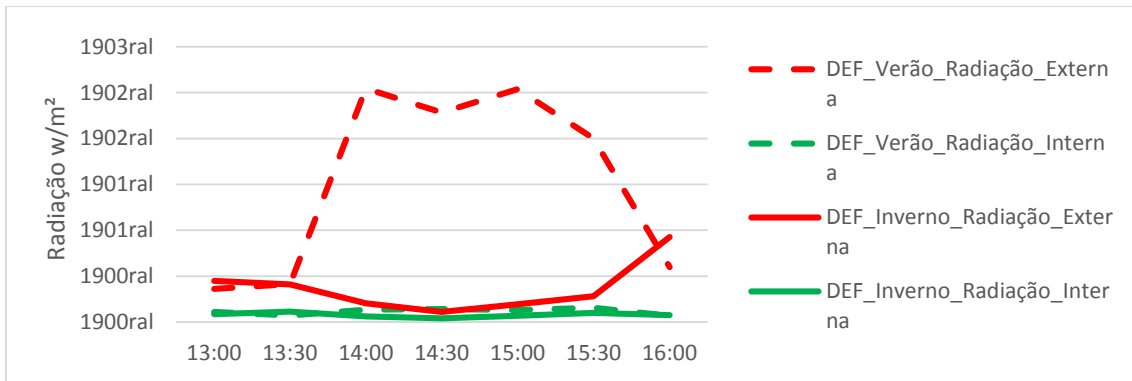
**Figura 9 – Iluminância DEA, orientação 310°**



Fonte: Elaborado pelos autores.

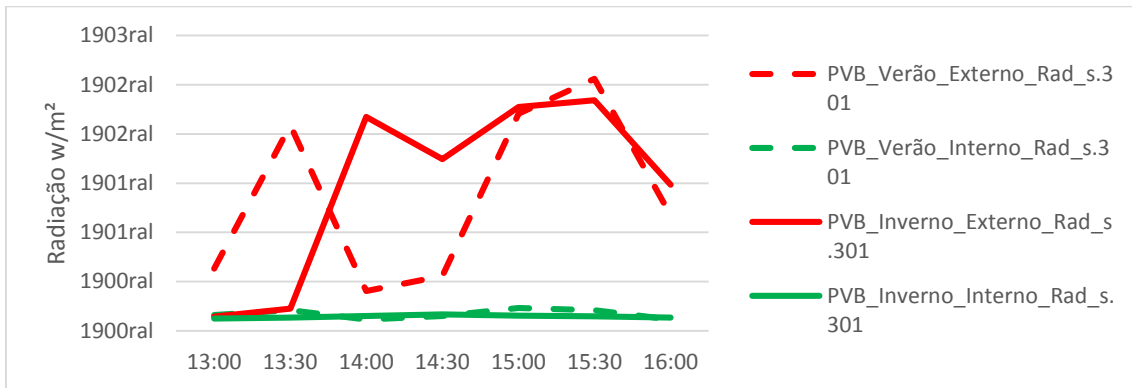
Usando o PVB para obter um efeito comparativo com o DEF observou-se que as proteções apresentaram resultados semelhantes. As proteções do DEF e do PVB impossibilitaram a entrada de radiação direta (Figura 10 e Figura 11), impactando assim na temperatura e iluminância. Porém, no DEF, as temperaturas foram em média 5°C mais baixas em relação ao PVB, devido à maior inércia térmica do edifício.

**Figura 10 – Radiação PVB, orientação 220°**



Fonte: Elaborado pelos autores.

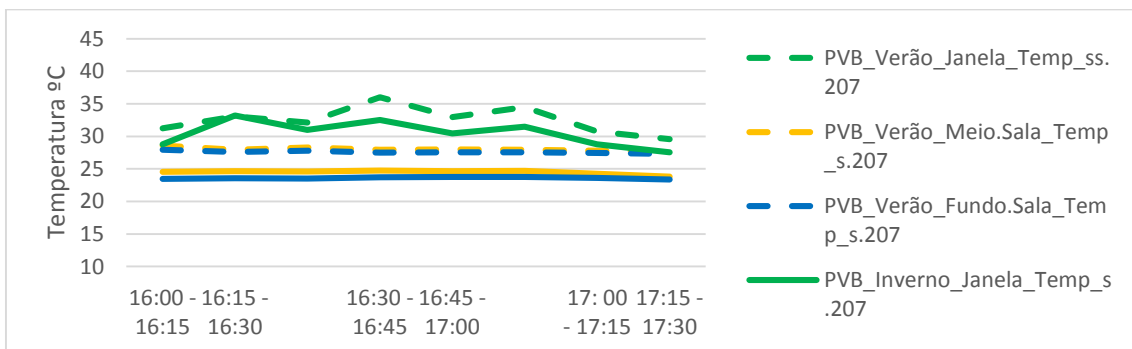
**Figura 11 – Radiação PVB, orientação 220°**



Fonte: Elaborado pelos autores.

Comparando o PVB ao DEA, percebe-se uma pequena vantagem da proteção do DEA em relação ao PVB, tendo vista a semelhança entre os edifícios, ambos com paredes leves, lajes pré-moldadas e proteções compostas de um elemento horizontal fixo e placas verticais móveis. As salas de aula apresentaram um decaimento de aproximadamente 10° C devido à profundidade da sala em relação à janela (Figura 12 e Figura 13).

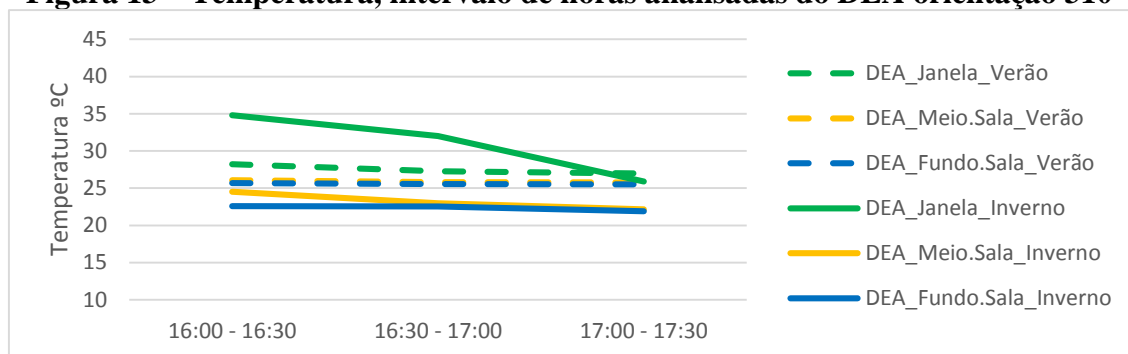
**Figura 12 – Temperatura, intervalo de horas analisadas do PVB orientação 310°**



Fonte: Elaborado pelos autores.



**Figura 13 – Temperatura, intervalo de horas analisadas do DEA orientação 310°**



Fonte: Elaborado pelos autores.

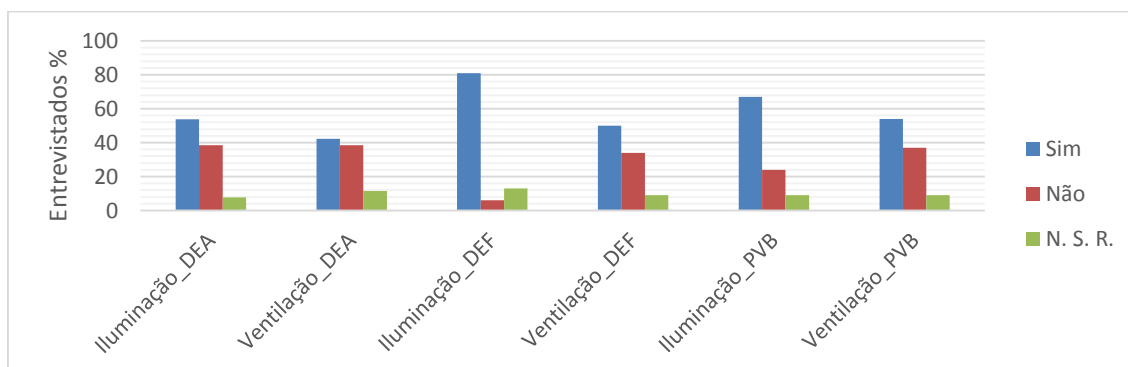
### 3.2 Questionários

Os 104 questionários aplicados mostraram que aproximadamente 65% dos entrevistados são provenientes de cidades do grupo 1 (Zonas Bioclimáticas 1 a 4). Não foi observada alteração de percepção entre o grupo de entrevistados originados das ZB 1 a 4 e o grupo cujos entrevistados são originados das ZB 5 a 8. Portanto, não houve influência da ZB de origem dos usuários nas respostas obtidas.

Aproximadamente 55% dos entrevistados têm idade entre 20 e 24 anos e mais de 80% percebe a existência das proteções solares na fachada. Questões não respondidas foram descartadas.

O DEF obteve o resultado mais satisfatório em relação à eficiência da proteção segundo os entrevistados, em que mais de 80% avaliou positivamente a proteção para iluminação, conforme mostra a Figura 14. Com relação à ventilação, o percentual de usuários satisfeitos (50%) e insatisfeitos (34%) ficou mais equilibrado, mas ainda assim, a maioria se declarou satisfeita (Figura 14). No DEA, houve a maior insatisfação com relação à eficiência dos brises. Quando questionados sobre a eficiência da proteção, apenas 54% dos entrevistados acreditam na sua eficiência para a iluminação (Figura 14). Curiosamente, trata-se do único caso de brises móveis. O percentual de usuários satisfeitos e insatisfeitos com relação à ventilação no DEA foi semelhante: 42% (satisfeitos) e 39% (insatisfeitos). Esta é a única sala que tem condicionamento artificial. No PVB, mais de 65% dos entrevistados acredita na eficiência da proteção para iluminação e 54% acredita na eficiência para ventilação.

**Figura 14 – Satisfação em relação à proteção, DEA, DEF e PVB**



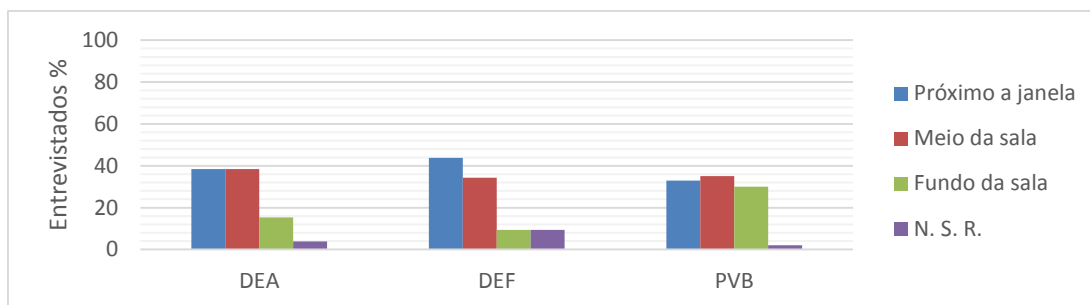
Fonte: Elaborado pelos autores.

No DEF, 75% dos usuários apontaram como locais preferenciais para se sentar em salas de aula as áreas próximas às janelas e ao meio da sala (Figura 15). Já no edifício DEA, 80% dos usuários apontaram como lugar preferencial para se sentarem próximo à janela



e ao meio da sala (Figura 15). Porém, no edifício, os brises e as cortinas estão constantemente fechados e o uso do ar condicionado é frequente, o que pode ter afetado a percepção do usuário em relação à proteção. No PVB, não houve uma preferência entre os locais para se sentar, representando uma distribuição mais homogênea dos estudantes pela sala de aula (Figura 15).

**Figura 15 – Resposta dos usuários em relação do lugar preferencial em sala de aula, DEA, DEF e PVB.**



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir das medições realizadas, percebeu-se a diferença entre as proteções solares e sua relação com o usuário. Os usuários do DEA, que são os responsáveis pela operação das proteções solares, não usufruem da versatilidade da proteção solar, que sempre se encontram fechadas, e o uso de iluminação artificial e de ar condicionado são constantes. O DEF, com brises fixos, foi o que apresentou melhor desempenho térmico e luminoso. Vale ressaltar que o edifício do DEF também conta com uma maior inércia térmica, o que proporciona o amortecimento da temperatura interna comparada à externa. No edifício do PVB, foram analisadas duas salas com orientações distintas. Para a sala sudoeste, a proteção – que é uma varanda – se mostrou mais eficiente comparada à noroeste, que há incidência de radiação solar direta no seu interior e na área em que se localizam o quadro negro e a tela de projeção.

Os questionários mostraram um bom reconhecimento das proteções solares: a maior parte dos entrevistados percebe sua existência e acredita na sua eficiência. Outro aspecto foi a preferência dos usuários pela proximidade com a abertura, mesmo que ela se localize na área com maior temperatura e possibilidade de ofuscamento, causado pela incidência solar na proteção ou diretamente no interior da sala. Os usuários do DEF são mais satisfeitos com a proteção solar do edifício, embora os usuários do DEA percebam melhor a sua existência, mesmo não acreditando plenamente na sua eficiência. Eficiência essa muito prejudicada pelo manuseio do usuário e estado de conservação das proteções. Já o PVB apresentou uma relação intermediária entre o reconhecimento e a satisfação do usuário. No DEA, houve uma maior preferência pelos locais próximos à esquadria, mesmo que as medições apontem-na como uma região com incidência direta do sol, mais quente e com períodos de ofuscamento. Isso se deve à relação do usuário com a proteção, que se encontra constantemente fechada, mascarando as sensações térmicas e luminosas. O PVB apresenta a mesma proteção solar para três fachadas com orientações distintas. A partir das medições realizadas nas fachadas noroeste e sudoeste, notou-se diferenças entre as variáveis ambientais das duas salas, essas diferenças entre orientações se refletiu nos questionários, onde não houve uma variação entre a preferência do usuário pelo local de permanência em sala de aula. Além disso, a ausência de preferência em sentar-se próximo à janela pode também ser influenciada pela ausência de vidros nas aberturas: são portas opacas e escuras que se abrem para varandas (proteções) que, geralmente, não são usadas. Com a incidência solar nas varandas, as portas tendem a permanecer fechadas.

A partir das medições e dos questionários, o edifício do DEF se mostrou mais eficiente para proporcionar conforto térmico aos seus usuários, apresentando grande amortecimento térmico e conforto luminoso, mesmo próximo à proteção, o que refletiu nos questionários a preferência pela localização dos estudantes em sala de aula.

#### 4 CONCLUSÃO

O trabalho realizado mostrou que há relação entre as proteções solares e a preferência dos usuários e que estes reconhecem a sua importância para proporcionar conforto e para compor a fachada, gerando impactos positivos ou negativos no aspecto visual do ambiente interno além do desempenho do interno.

Este trabalho é parte de uma pesquisa mais abrangente sobre proteções solares em ambientes escolares e forneceu subsídios para as etapas posteriores de projeto e ensaio do desempenho de outros tipos de proteção solar.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fapemig pelo apoio financeiro à pesquisa, bolsa de iniciação científica e viagem de participação no evento para apresentação deste trabalho

#### 6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 8995**: Iluminação de Ambientes de Trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

DIDONE, E. L.; PEREIRA, F. O. R. Simulação computacional integrada para a consideração da luz natural na avaliação do desempenho energético de edificações. **Ambiente Construído**, v.10, n.4: p.1309-154, 2010.

HIGGINS, S.; HALL, E.; WALL, K.; WOOLNER, P.; MCCAUGHEY, C. **The impacts of school environment**: a literature review. Newcastle: University of Newcastle, 2005.

LACKNEY, J.A. **Educational facilities**: The impact and role of the physical environment of the school on teaching, learning and educational outcomes. Johnson Controls Monograph Series Report R94-4. University of Wisconsin- Milwaukee: Center for Architecture and Urban Planning Research, 1994.

PAES, R. F. S.; BASTOS, L. E. G. Qualidade ambiental na edificação: o caso das escolas públicas da cidade do Rio de Janeiro. **Anais... ENCAC 2013**. Brasília: ANTAC, 2013. pp. 1108 – 1117.

SANTOS, I. G.; SOUZA, R. V. G. Proteções solares no Regulamento Brasileiro de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. **Ambiente Construído**, v.12, n.1: p.227-241, 2012.

SCHNEIDER, M. Do School Facilities Affect Academic outcomes. **National Clearinghouse for Educational Facilities**, November, 2002. p. 25

VERSAGE, R. S. **Ventilação natural e desempenho térmico de edifícios verticais multifamiliares em Campo Grande, MS**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2009.