



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

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

DIRETRIZES PARA PROJETOS ARQUITETÔNICOS VISANDO O APROVEITAMENTO DA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO NATURAL EM SALAS DE AULA: ESTUDO DE CASO¹

BACICHETI, Rosana (1); CARDOSO, Lucas (2); SARDEIRO, Paula (3)

(1) UEM, e-mail: robacicheti@gmail.com; (2) UEM, e-mail: ra88570@uem.br; (3) UEM, e-mail: pssvanderlei@uem.br

RESUMO

A preocupação com o meio ambiente e a escassez dos recursos naturais têm gerado preocupação na sociedade, principalmente pelo alto consumo de energia derivado do uso de equipamentos que poderiam ser evitados pelo condicionamento passivo. A iluminação e a ventilação natural são elementos que podem gerar o conforto térmico e lumínico e podem ser bem aproveitadas por meio de diretrizes projetuais que contemplem estratégias de condicionamento passivo. O objetivo é apresentar diretrizes iniciais relacionadas ao emprego de aberturas na concepção do projeto arquitetônico em estabelecimentos escolares. Assim como, investigar se uma sala de aula modelo de uma Universidade possui tais diretrizes em seu projeto arquitetônico, incitando a reflexão de como os projetos arquitetônicos têm sido desenvolvidos em relação ao conforto térmico e lumínico na instituição. Para isso, foi feita uma revisão teórica direcionada a soluções de projeto arquitetônico de salas de aula que possibilitam a obtenção do conforto térmico e lumínico, em regiões de clima subtropical, por meio das aberturas laterais. Posteriormente, foi gerado um quadro-síntese de diretrizes com as informações pesquisadas. E verificou-se se tais itens poderiam ser encontrados no local de estudo. O resultado obtido demonstrou que a sala de aula 102 do bloco C34 da UEM apresenta 65% dos itens analisados.

Palavras-chave: Aberturas laterais. Conforto térmico e lumínico. Projetos de salas de aula.

ABSTRACT

The concern with the environment and the shortage of natural resources have raised concerns in society, specially due to the high energy consumption derived from the use of equipment that could be avoided by a liable conditioning. Natural lighting and ventilation are elements that can generate thermal and lighting comfort and can be well used by projective guidelines that include passive conditioning strategies. The objective is to present initial guidelines related to employment openings in the design of architectural design in schools. As well as investigate whether a classroom model of a university has such guidelines in its architectural design, prompting reflection of how architectural designs have been developed in relation to thermal and luminal comfort in the institution. For this, a theoretical review directed the architectural design solutions for classrooms was made that allow obtaining the thermal and luminal comfort in subtropical climate regions, through the side openings. It was later produced a summary table of guidelines with the information researched and verified that such items could be found at the study site. The result showed that the classroom 102 of the C34 block of UEM has 65% of the analyzed items.

¹ BACICHETI, Rosana; CARDOSO, Lucas; SARDEIRO, Paula. Diretrizes para projetos arquitetônicos visando o aproveitamento da iluminação e ventilação natural em salas de aula: estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

Keywords: *Side openings. Thermal and lighting comfort. Projects of classrooms.*

1 INTRODUÇÃO

O conforto térmico e lumínico de um ambiente são influenciados pelo clima da região em que a edificação está inserida e por sua configuração construtiva e de da sua vizinhança. O envelope construtivo será o elemento pelo qual a luz poderá ou não atingir as superfícies internas, por isso o projetista torna-se um profissional de grande importância no desenvolvimento do projeto arquitetônico, já que é ele quem vai ditar as diretrizes mais significativas a serem empregadas.

Nesse contexto, salas de aula vêm sendo foco de análise de diversos pesquisadores. Kowaltowski (2011) relata que é pertinente que os elementos arquitetônicos sejam questionados em relação à sua influência sobre os níveis de aprendizagem dos alunos e sobre a produtividade dos professores no ato de ensinar, uma vez que pelo menos 20% da população permanece, durante grande parcela do tempo diário, em edificações escolares.

Segundo Sardeiro (2007), o conforto visual é influenciado pela qualidade e quantidade de luz em um determinado ambiente. Para Lamberts, Dutra e Pereira (1997) uma iluminação ideal acontece quando há o seu direcionamento nos locais necessários, sendo bem distribuída e não necessariamente uniforme. Para salas de aula, a iluminação mais apropriada é aquela onde ocorre a uniformidade da luz no ambiente, sem contrastes excessivos e reflexos indesejados (VIANNA; GONÇALVES, 2001).

Em relação ao conforto térmico, ele pode ser definido pela ABNT NBR 15220-1:2003 como "a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente". A execução de tarefas mentais a temperaturas muito baixas pode gerar distrações e temperaturas muito elevadas que podem afetar a percepção de sinais (IIDA, 2005).

Para Kowaltowski (2011, p. 142), o conforto interno em climas quentes "[...] depende, principalmente, do sombreamento das paredes externas, da dimensão e localização das aberturas e da possibilidade de ventilação cruzada na altura dos usuários sentados".

O estudo de estratégias de projeto arquitetônico que possam incorporar os aspectos térmicos e lumínicos em ambientes escolares podem gerar resultados mais próximos da realidade por tratar-se de edificações com um objetivo específico: o ensino, onde interagem alunos e professores e, portanto, deve haver: a compreensão e exposição adequada da fala e da audição (acústica), a percepção visual clara e sem interferências (iluminação) e o bem-estar térmico, que não provoque desatenção (ventilação). Essas variáveis são possíveis de serem medidas por ferramentas específicas, promovendo orientações estabelecidas em normas técnicas e referências sobre o tema.

Ao se iniciar um projeto arquitetônico, é necessária a observação de algumas diretrizes básicas que estão relacionadas diretamente com o local

em que a construção está inserida. Nesse caso, o estudo do clima da cidade adotada é imprescindível para que se faça um esboço dos primeiros dados necessários no programa de necessidades do projeto. Apesar disso, ainda dentro da cidade, cada edificação será tratada de forma diferenciada em relação a alguns aspectos, pois o entorno da construção, por exemplo, será diferente em cada caso. Ciente disto, visando o conforto térmico e lumínico, para este trabalho, a ênfase se voltou às aberturas na construção, portanto, foi necessário selecionar uma cidade a ser estudada.

Nesse sentido, o objetivo é trazer diretrizes iniciais relacionadas ao emprego de aberturas na concepção do projeto arquitetônico em estabelecimentos escolares em uma região de clima subtropical - aplicadas à cidade de Maringá, no Paraná. Traz como intenção, além disso, investigar se uma sala de aula modelo da Universidade Estadual de Maringá (UEM) possui tais diretrizes em seu projeto arquitetônico, incitando a reflexão de como os projetos arquitetônicos têm sido desenvolvidos em relação ao conforto térmico e lumínico na instituição.

Não se trata, aqui, de formular uma metodologia de avaliação de um estudo de caso, mas de gerar informações iniciais que possam colaborar com os primeiros passos da concepção do projeto arquitetônico, além de que esses resultados possibilitam ter uma base para a reflexão acerca do que já está construído: está-se pensando em parâmetros relacionados ao conforto térmico e lumínico no projeto arquitetônico da UEM? Esse modelo pode ser reproduzido no campus?

1.1 O clima de Maringá

O contexto desse trabalho abrange a cidade de Maringá, Paraná, localizada na latitude 23°25' Sul. O clima regional é subtropical (LANDGRAF, 2002). Galvani et al. (1999) verificaram que a predominância dos ventos corre na direção Nordeste (NE).

1.2 O local de análise: a sala 102 do bloco C34 da UEM

Os blocos de ensino mais recentes da UEM são feitos em estruturas pré-moldadas e possuem projetos arquitetônicos similares: um corredor longitudinal separa as salas de aula em sentidos opostos. Dessa maneira, um dos lados do bloco poderá receber maior incidência de radiação solar do que o outro, prejudicando as salas de aula que recebem maior incidência da radiação solar sem proteção e nos horários de maior temperatura do dia.

O objeto de análise desta pesquisa está focado no bloco C34 da UEM (Figura 1a), na sala de aula 102. A sala 102 (Figura 1b) está posicionada a Noroeste, o que acarreta a incidência da radiação solar direta durante o período da tarde (mais quente do dia) em todos os meses. Ela foi selecionada para este estudo por se tratar de uma unidade comum nos blocos de ensino recentes da UEM e que, teoricamente, pode apresentar resultados desfavoráveis em relação ao conforto térmico e lumínico quando tratamos apenas da sua orientação cardinal.

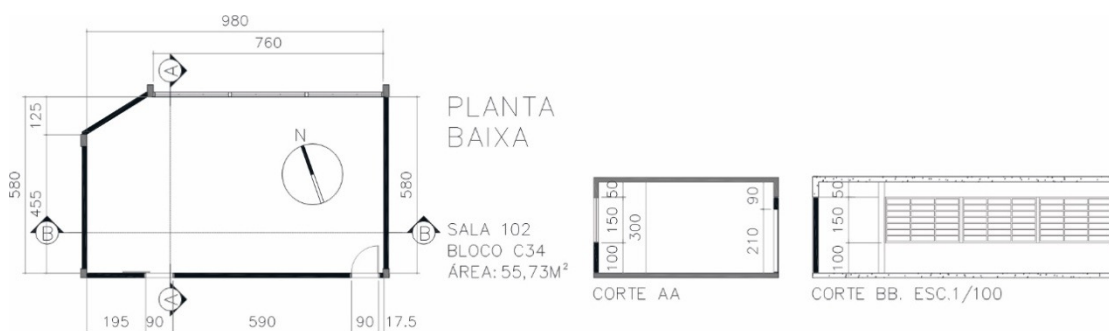
A sala de aula localiza-se no primeiro pavimento, na extremidade do corredor do bloco. Ela possui piso, paredes e teto de cores claras. As janelas são de vidro incolor de 3 mm. As cortinas têm cor branca. Possui duas portas envernizadas opostas na mesma parede, de frente para as janelas (Figura 2).

Figura 1 - Bloco C34 e sala 102



Fonte: Autores

Figura 2 - Planta baixa e cortes da sala 102 do bloco C34



Fonte: Adaptado da Prefeitura do Campus da UEM

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A orientação solar das aberturas

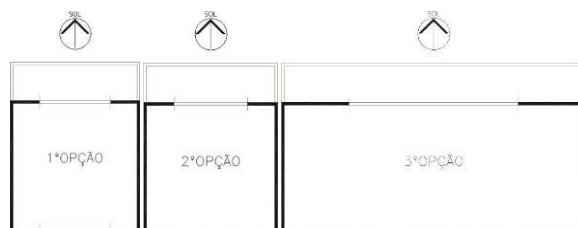
Segundo Frota e Schiffer (2001), em regiões de climas predominantemente quentes, o direcionamento da construção no eixo Leste-Oeste é conveniente, com a localização das fachadas no sentido Norte e Sul, pois tais orientações provocam situações mais fáceis de serem protegidas por elementos bloqueadores da radiação solar direta. Leslie (2003) concorda, reforçando que tal direcionamento evita excessivos ganhos caloríficos no verão e torna o ambiente mais aquecido na orientação sul.

Graça, Kowaltowski e Petreche (2005) verificaram que configurações de salas de aula com formatos quadrados e janelas paralelas, sendo uma delas voltada para o corredor e orientação Norte se destacam em relação ao conforto lumínico. Formatos quadrados com somente uma janela voltada para o corredor e orientação Norte também podem ser adequados, além

de que a sala de aula retangular com somente uma janela voltada para o corredor e orientação Norte pode igualmente apresentar bons resultados (Figura 3).

A orientação solar visando o conforto interno varia de acordo com a região, por isso, ao analisar a cidade de Maringá pela Planilha de Mahoney, com dados dos últimos dez anos da cidade (2002 – 2011), pode ser verificado que as aberturas devem ser voltadas para Norte e Sul e ocupar de 15 a 25% das fachadas, no entanto deverá ser evitada a insolação direta nos interiores.

Figura 3 - Soluções mais adequadas para conforto luminoso



Fonte: Adaptado de Graça, Kowaltowski, Petreche (2005)

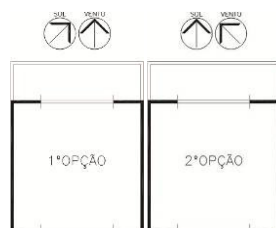
2.2 A orientação dos ventos das aberturas

A máxima desobstrução em relação à orientação dominante dos ventos deve ser prevista em ambientes quentes e úmidos. Segundo Mascaró (1991), a fachada que sofre a incidência do vento deve conter a abertura de entrada do ar e a abertura de saída do ar deve estar localizada na face protegida pelo vento. Também há uma melhoria na distribuição do ar quando as aberturas de entrada são menores que as de saída.

Graça, Kowaltowski e Petreche (2005) concluíram, em relação ao conforto térmico, que a orientação solar mais propícia para a localização de janelas em escolas seria a Nordeste com ventilação Norte e, como segunda opção, a orientação solar Norte com ventilação Noroeste (Figura 4). Tais situações demonstram possibilidades de cruzamento da ventilação através das duas janelas opostas.

Para Maringá, por meio da aplicação do Método de Mahoney observa-se que, internamente, a ventilação deve estar situada ao nível dos corpos dos usuários nas fachadas Norte e Sul. Pela ABNT NBR 15220-3:2003, para a cidade em questão devem ser previstas aberturas para ventilação médias de 15 a 25% da área de piso do ambiente, permitindo o Sol durante os períodos frios.

Figura 4 – Soluções mais adequadas para o conforto térmico



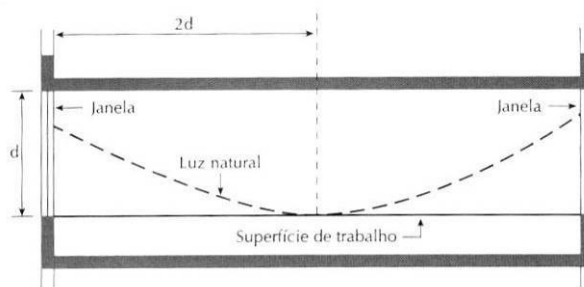
Fonte: Baseado em Graça, Kowaltowski, Petreche (2005)

2.3 O posicionamento e a dimensão das aberturas no envelope construtivo

É importante que a extensão das aberturas laterais não ocupe toda a parede da sala para se evitar o ofuscamento no plano da lousa. Assim, elas não devem chegar até o canto da parede da lousa ou a lousa não deve encontrar o canto da parede da janela (VIANNA; GONÇALVES, 2001). As janelas dispostas atrás das salas de aula, por sua vez, podem causar sombras ou brilhos refletidos.

A Figura 5 demonstra que o alcance horizontal de propagação da luz natural que penetra pelas janelas só será efetivo se a iluminação corresponder ao dobro da altura das janelas, acima da superfície de trabalho (IIDA, 2005). Leslie (2003) sugere que as cotas superiores das aberturas estejam próximas ao teto, assim a iluminação natural poderá alcançar maiores profundidades no cômodo.

Figura 5 – Perfil de propagação da luz natural que penetra pelas janelas



Fonte: Iida (2005 apud HOPKINSON; COLLINS, 1970, p. 475)

Para Leslie (2003) o posicionamento de aberturas em mais de uma parede gera uniformidade e equilíbrio do brilho no ambiente. A autora também recomenda empregar cores claras que reduzam o contraste entre as janelas e as superfícies circundantes.

2.4 Os tipos de esquadria

Atualmente há uma grande variedade de esquadrias no mercado da construção civil e seus diferentes sistemas de abertura proporcionam fluxos de ar interno distintos. Araújo (2011) ressalta que a área efetiva de abertura de uma esquadria corresponde ao percentual do vão que fica desobstruído para a passagem do vento. A autora exemplifica este aspecto com os tipos de esquadria pivotantes ou basculantes, que possuem 100% de abertura, enquanto as do tipo *maxim-ar* apresentam menores áreas de abertura, obstruindo a entrada de ar.

2.5 As proteções solares

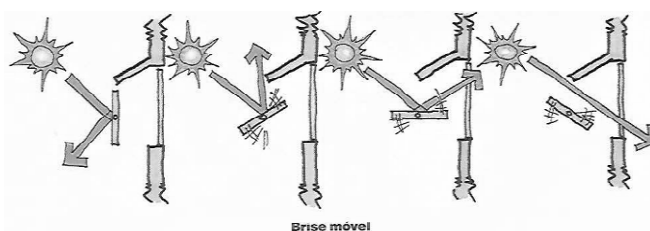
As proteções solares atuam no sentido de permitir ou impedir a radiação direta do Sol, amenizando a temperatura dentro dos ambientes. Fiuza e Claro (2009) simularam modelos de proteção solar horizontal e chegaram aos resultados de que a iluminação interna é reduzida com a aplicação desses

sistemas, mas o redirecionamento da luz e o seu alcance em maiores profundidades se tornam melhores quando são empregados tais elementos.

Dentre os tipos de proteção solares mais utilizados em salas de aula estão os *brises soleil* (Figura 6), além das cortinas, que podem ser empregadas internamente.

Os *brises soleil* evitam que os raios solares adentrem o espaço interno diretamente, amenizando a carga térmica da edificação. Também possibilitam a ventilação natural e que o usuário tenha contato visual com o exterior (DURANTE et al., 2007).

Figura 6 – *Brises soleil*



Fonte: Lamberts; Dutra, Pereira (1997, p. 160)

A utilização de elementos de controle como as cortinas podem evitar o ofuscamento, o contraste e o brilho da luz na visão dos estudantes. “[...]há casos em que a proteção interna pode ser mais adequada” (FROTA E SCHIFFER, 2001, p. 46). Apesar disso, elas podem aquecer o ambiente com o aprisionamento do calor dos vidros das janelas (DURANTE et al., 2007). Mascaró (1991) relata que o ideal é que sejam constituídas de material translúcido ou de cores claras de alta difusão.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram buscadas referências teóricas em livros, trabalhos acadêmicos, normas e metodologias, que tratassem sobre as aberturas e o conforto térmico e lumínico em projetos arquitetônicos, com foco na cidade de Maringá ou em estabelecimentos de ensino. Foi feita uma revisão dessa literatura, selecionando os apontamentos mais pertinentes ao tema, transformando-os em diretrizes e organizando-os em: orientação solar das aberturas; orientação dos ventos das aberturas; posicionamento e dimensão das aberturas no envelope construtivo; tipos de esquadria e proteções solares. Gerou-se um quadro-síntese com os resultados, apontando um resumo com as características investigadas que poderão ser utilizadas pelos projetistas para a concepção do projeto arquitetônico de escolas.

Para a investigação do estudo de caso, acrescentou-se ao quadro de diretrizes (quadro-síntese) uma coluna com valores de 0 a 1, onde 0 corresponde à ausência de determinado item no ambiente a ser analisado e 1 corresponde à presença do item. Quando for verificado que a

característica está presente no ambiente, mas com deficiências, e for julgado que tal atributo deva ser considerado parcialmente, será atribuída uma pontuação de 0,5. Os valores de 0 a 1 corresponderão a porcentagens de 0 a 100% para uma estimativa final simplificada que demonstrará quantas diretrizes estão presentes no projeto arquitetônico do ambiente analisado.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A revisão bibliográfica apresentada neste trabalho traz uma primeira aproximação para a formulação de algumas diretrizes relativas ao posicionamento de aberturas em projeto arquitetônicos focados no tema de escolas em regiões de clima subtropical, baseadas na cidade de Maringá-PR. Os resultados são a síntese dessas diretrizes e estão apresentados no Quadro 2.

No quadro-síntese é possível observar parâmetros ligados ao clima (orientação solar e dos ventos); à geometria (dimensões) das aberturas, com o intuito de obter direcionamentos quanto a quantidades de iluminâncias e ventos adequados; posicionamento das aberturas, verificando onde elas devem começar ou terminar, verticalmente ou horizontalmente em uma parede que receba a insolação; materiais e mecanismos, observando o tipo de esquadria, se estão acessíveis ao usuário para sua manipulação, quanto de luz e vento elas permitem passar do lado externo para o interno; e se essas aberturas possuem proteções externas (brises, beirais) ou internas (cortinas). Trata-se, assim, de uma ferramenta que pode ser aprimorada, mas que traz alguns parâmetros importantes de direcionamento nas primeiras etapas do estudo preliminar de um projeto arquitetônico, trazendo recomendações com diversas abordagens sobre as aberturas em um estabelecimento de ensino.

Para a análise da sala 102 do bloco C34, é possível observar a coluna intitulada "pontos" para constatar os itens existentes ou não em seu projeto arquitetônico. A coluna "OBS." diz respeito a observações que foram consideradas. Para a primeira diretriz relacionada à orientação solar, a sala avaliada está a 340° NO, se encontrando quase dentro do recomendado, porém não possui um corredor aberto voltado para Norte, apesar de seu formato ser retangular. Para o cálculo da área de fachada, considerou-se o somatório da parede voltada para a orientação 340° em relação ao Norte (Noroeste), mais a parede inclinada da sala, situada a 310° em relação ao Norte (Noroeste). Assim, a área total da fachada abrange 30,90 m². O cálculo da área iluminada da janela gerou 8,19 m², ou seja, quase 27% da área da fachada, o que estaria um pouco acima do adequado pelo Método de Mahoney.

Em relação à ventilação, o peitoril da janela da sala 102 é de 1,00m, situando-se ainda dentro do recomendado em relação ao nível dos usuários, e os ventos dominantes estão orientados na direção Nordeste. A sala analisada não possui outras aberturas na parede oposta além das portas (embora estas se mantenham fechadas devido ao nível de ruído, questão

acústica), então foi considerada pontuação parcial para este item. A janela de saída (as portas, nesse caso) está localizada na face protegida pelo vento, porém não são maiores que a janela principal.

Em relação à área de ventilação, deve-se notar que a primeira fileira horizontal de janelas é do tipo fixa, enquanto as outras são do tipo basculante. Assim, por meio de cálculos chegou-se a uma área de ventilação equivalente a $9,18\text{m}^2$ para a janela inteira. Ou seja, pode-se dizer que ela abrange quase 17% da área do piso (este possui $55,75\text{m}^2$) e está dentro do recomendado.

Quanto ao posicionamento e dimensão das aberturas, o estudo de caso apresenta a maioria dos itens, com exceção de que não há mais janelas em outras paredes, somente portas que contribuiriam com a ventilação. As esquadrias são basculantes com sistemas de manipulação em altura adequada ao usuário. As cortinas são claras, porém não existem proteções solares externas na janela principal.

Constatou-se, dessa forma, que a sala de aula analisada possui 65% das diretrizes apontadas neste estudo. O direcionamento de sua abertura poderia contemplar a orientação Nordeste para uma melhor captação dos ventos e atenuação da temperatura - desde que também houvesse a instalação de proteções solares externas visando evitar altas iluminâncias. Além disso, uma abertura oposta traria uma melhor circulação dos ventos dentro do espaço.

Quadro 2 – Quadro-síntese de diretrizes e análise do estudo de caso

| CARACTERÍSTICAS DAS ABERTURAS LATERAIS PARA SALAS DE AULA | OBS. | PONTOS |
|--|---------------------------|----------------------|
| 1 ORIENTAÇÃO SOLAR DAS ABERTURAS | | |
| Possui fachadas orientadas no sentido Norte e Sul. | NOROESTE | 0,5 |
| A sala de aula possui formato quadrado ou retangular com janela voltada para um corredor aberto e orientado para Norte. | X | 0,0 |
| A sala de aula possui formato quadrado e janelas em paredes paralelas opostas, sendo a janela da fachada voltada para um corredor e orientada para Norte. | X | 0,0 |
| As aberturas ocupam 1,5 a 25% das fachadas. | 27% | 0,5 |
| 2 ORIENTAÇÃO DOS VENTOS DAS ABERTURAS | | |
| Possui ventilação no nível dos usuários (entre 0,75 m a 1,30 m de altura). | 1,00 M | 1 |
| A fachada que contém a abertura está posicionada de acordo com os ventos dominantes (no caso Nordeste). | NOROESTE | 0,5 |
| Possui abertura na parede oposta para o cruzamento de ventilação. | PORTAS | 0,5 |
| A janela de saída do ar está localizada na face protegida pelo vento. | PORTAS | 1 |
| As aberturas de entrada são menores que as de saída. | X | 0 |
| A orientação solar da abertura está voltada para Nordeste e a ventilação para Norte ou a orientação solar da abertura está voltada para Norte com ventilação Noroeste. | NOROESTE | 0,5 |
| As aberturas para ventilação se situam entre 1,5 a 25% da área de piso do ambiente. | 17% | 1 |
| 3 POSICIONAMENTO E DIMENSÃO DAS ABERTURAS NO ENVELOPE CONSTRUTIVO | | |
| A lousa e a janela possuem distanciamento entre si nas suas paredes perpendiculares. | SIM | 1 |
| Não há janelas dispostas na parede de trás da sala de aula. | NÃO | 1 |
| As cotas superiores das aberturas encontram-se próximas ao teto. | 0,50 M | 1 |
| Há janelas em mais de uma parede. | PORTAS | 0,5 |
| As cores do ambiente são claras. | PISOS PAREDES TETOS | 1 |
| 4 TIPOS DE ESQUADRIAS | | |
| As esquadrias são pivotantes ou basculantes. | BASC. | 1 |
| As esquadrias possuem mecanismos de manipulação. | SIM | 1 |
| 5 PROTEÇÕES SOLARES | | |
| Possuem cortinas claras que podem ser recolhidas. | SIM | 1 |
| As fachadas são protegidas por brises/beirais onde necessário. | NÃO | 0 |
| PONTUAÇÃO TOTAL | | 13/20= 65% |

Fonte: Autores

5 CONCLUSÕES

A configuração do quadro-síntese de diretrizes resultante desta pesquisa apresentou um "check-list" de informações úteis e, em alguns casos, essenciais, para que os primeiros passos da concepção de um projeto de estabelecimento de ensino para o clima subtropical, focado em Maringá-PR, sejam direcionados de forma adequada em termos de posicionamento, dimensionamento e caracterização de aberturas, visando o conforto térmico e lumínico da edificação.

Foi possível verificar, ainda, que dos 20 itens analisados em relação a aberturas laterais, a sala de aula 102 do bloco C34 está adequada com uma pontuação de 13, o que significa 65%. Os itens ausentes e maiores influenciadores do resultado dizem respeito à configuração do bloco, por se tratar de uma edificação onde existem salas de aula dos dois lados opostos separadas por um corredor central, enquanto o ideal seria que as salas de aula fossem localizadas para um corredor externo e que tivessem uma janela voltada para ele e outra para a outra área externa, na parede oposta.

Outro problema encontrado é que, apesar de a sala de aula analisada ter uma orientação solar da fachada praticamente voltada para Norte

(340°NO) e direcionada próxima à orientação dos ventos dominantes, não existem proteções solares, o que implicará, possivelmente, na alta incidência de radiação solar e em ganhos de calor interno que podem prejudicar o conforto térmico e lumínico do usuário.

Por fim, a falta de janelas opostas às existentes pode prejudicar a sala de aula em termos de ventilação, uma vez que seu cruzamento e a troca de ar não são estimulados. Se as duas portas do ambiente permanecerem abertas durante as aulas pode ser que este problema não ocorra, porém a acústica poderá ser afetada.

Desse modo, recomenda-se que a reprodução desta unidade de sala de aula seguindo o projeto original dos blocos mais recentes da UEM sofra revisões, de forma que sejam observados os parâmetros de conforto térmico e lumínico não abordados. A solução destes problemas por meio do emprego dos elementos de condicionamento passivo pode evitar que os usuários utilizem demasiadamente a luz elétrica, diminuindo gastos e desperdícios com energia. É importante prever, assim, ainda na fase do projeto arquitetônico, as estratégias que podem contribuir com o conforto ambiental.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações: parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.

ARAÚJO, C. V. de A.. **Análise de componentes arquitetônicos para potencialização da ventilação natural com ênfase em captadores de vento**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

DURANTE, L. C.; FERREIRA, A. P.; PIRES, V. K. de S.; SCHRADER, F. T.; PEREZ, M. B. Iluminação natural e o uso de brises móveis: estudo de caso de edifício em Cuiabá. In: IX ENCONTRO NACIONAL E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2007, Ouro Preto. **Anais**.Ouro Preto: ENCAC ,2007. p. 629-637.

FIUZA, J. M; CLARO, A. Influência de elementos de proteção solar horizontais aplicados a aberturas laterais, na admissão e distribuição da luz natural. In: X ENCONTRO NACIONAL E VI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2009, Natal. **Anais**. Natal: ENCAC-ENLACAC, 2009, p. 1320-1329.

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

GALVANI, E.; KLOSOWSKI, E. S.; CUNHA, A. R. da; MARTINS, D. Caracterização da direção predominante do vento em Maringá-PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, 1999.

GRAÇA, V. A. C. da; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PETRECHE, J. R. D. An evaluation method for school building design at the preliminary phase with optimization of aspects of environmental comfort for the school system of the State São Paulo in Brazil. **Building and environment**, USA, v. 42, p. 984-999. 2007.

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.

LESLIE, R. P. Capturing the daylight dividend in buildings: why and how? **Building and Environment**, USA, v. 38, p. 381 – 385. 2003.

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

SARDEIRO, P. S. **Parâmetros para a escolha de superfícies translúcidas visando o conforto térmico e visual na edificação**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

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