

## ANÁLISE DE PARÂMETROS DE ABERTURA PARA A VENTILAÇÃO NATURAL DE SALAS DE AULA

Maria Luiza Santos Geraldini (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Michele Marta Rossi (Co-orientadora) e-mail: michele.rossi@usp.br, Marieli Azoia Lukiantchuki (Orientadora) e-mail: malukiantchuki2@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia, PR.

**Arquitetura e Urbanismo. Tecnologia de Arquitetura e Urbanismo.**

**Palavras-chave:** Ventilação Natural, Aberturas, Arquitetura Escolar.

### Resumo:

A ventilação natural é uma das estratégias passivas mais eficientes para alcançar o conforto térmico dos usuários em climas quentes e úmidos, além de contribuir com uma melhor Qualidade do Ar Interno (QIA). Diante disso, o objetivo desta pesquisa é avaliar, de modo qualitativo, como a alteração de parâmetros das aberturas pode influenciar na ventilação natural em sala de aulas, considerando a importância da renovação do ar no cenário de pandemia atual. O método foi composto de quatro etapas: (1) fundamentação teórica; (2) definição do modelo genérico; (3) confecção dos modelos físicos reduzidos; e (4) ensaios em mesa d'água. Os resultados apontam que a posição e a dimensão das aberturas influenciam significativamente na distribuição do fluxo de ar interno.

### Introdução:

A ventilação natural é uma das mais efetivas estratégias passivas de resfriamento das edificações para o alcance do conforto térmico dos usuários em regiões de clima quente e úmido, como característico na maior parte do território brasileiro. Em média, as pessoas permanecem de 80% a 90% do tempo nos ambientes internos, assim é importante proporcionar a renovação do ar, dispersão de poluentes, remoção e/ou transporte de odores, partículas, entre outros micro-organismos [1][2]. A qualidade do ar interno se torna ainda mais significativa no cenário atual com a pandemia da COVID-19. Diversas pesquisas têm apontado que ambientes fechados com pouca ventilação e atividades de longa duração intensificam a disseminação aérea do SARS-Cov-2 [3][4]. Com o retorno da educação presencial é importante adotar precauções dentro e fora da sala de aula para evitar a propagação da COVID-19 e, nesse aspecto, a ventilação natural ganha destaque. O adequado uso da ventilação natural representa a redução de ausência dos alunos devido a doenças infecciosas e o aumento da capacidade de ensino e aprendizagem [5]. Portanto, objetiva-se neste trabalho avaliar de modo qualitativo como a alteração de parâmetros das aberturas pode influenciar na distribuição do ar interno em salas de aula, visando colocar em discussão o impacto que as decisões projetuais têm na qualidade do ambiente [6].

### **Materiais e Métodos:**

O método desta pesquisa foi dividido em 4 etapas: (1) fundamentação teórica; (2) definição do modelo genérico; (3) confecção dos modelos físicos reduzidos; e (4) ensaios em mesa d'água.

A primeira etapa consistiu em uma revisão teórica, realizada a partir de pesquisa bibliográfica nas principais bases e publicações científicas. Posteriormente, o modelo genérico de uma sala de aula padrão foi definido com base em parâmetros arquitetônicos (fixos e variáveis) baseados em informações obtidas na etapa anterior (fundamentação teórica) e no levantamento de 14 exemplares de projetos arquitetônicos escolares (paulistas e maringaenses) com o objetivo de gerar um modelo representativo do ambiente escolar de ensino no atual cenário brasileiro. Majoritariamente, os projetos estudados seguem como base as diretrizes da Fundação Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) e da Fundação de Desenvolvimento da Educação (FDE).

Em seguida, o modelo físico reduzido foi planejado e cortado à laser em acrílico de 3 mm de espessura. Quatro configurações do mesmo modelo compuseram a matriz de ensaios realizados na mesa d'água. Independente da configuração, o modelo foi avaliado em corte e a abertura de entrada foi disposta a barlavento. A análise qualitativa do comportamento do ar foi viabilizada a partir do acréscimo de um indicador na água (detergente lava-louças) e de fotografias e vídeos capturados através de um *smartphone* (Iphone 8) posicionado acima da base de ensaio.

### **Resultados e Discussão:**

Os resultados são apresentados em dois blocos (bloco 1: casos 1 e 2 e, bloco 2: casos 3 e 4). A partir dos casos 1 e 2, analisa-se a influência da dimensão das aberturas na ventilação natural interna. Nos casos 3 e 4, a complexidade destas análises é incrementada ao adicionar, aos casos anteriores, a varanda na face do barlavento.

No caso 1, o fluxo de ar penetra no ambiente pela abertura de maior dimensão (barlavento), localizada na altura do usuário (peitoril de 1,00 m) sendo extraído pela abertura menor localizada na parte superior da face oposta (sotavento). Devido à dimensão da abertura de entrada, o fluxo de ar se espalha no ambiente (região inferior) e, posteriormente, é extraído a partir da abertura superior localizada em região de pressão negativa. Já para o caso 2, acontece uma inversão entre as janelas. Nota-se o fluxo de ar concentrado na parte superior da sala de aula, sem incidir diretamente os usuários, ao contrário do caso 1. Percebe-se pela Figura 3, que isso decorre da altura da janela 02 (peitoril de 2,25m) a barlavento. Uma sombra de vento ao longo de toda a parte inferior do ambiente (altura dos usuários) é representada pela ausência de espuma. Assim, os casos 1 e 2 caracterizam, respectivamente, exemplares de ventilação de conforto, atingindo diretamente os usuários, e ventilação higiênica, restrita à região superior do espaço.

As figuras 5, 6, 7 e 8 apresentam os casos 3 e 4, respectivamente, cuja varanda foi acrescentada na face a barlavento dos casos 1 e 2. Com essa inclusão, tem-se um prolongamento, ocasionado pelas projeções horizontais (inferior e superior), da distância horizontal que o fluxo de ar percorre até encontrar a abertura de entrada. A varanda localizada à barlavento, torna-se um dispositivo de captação de ar,

redirecionando o fluxo para o interior do ambiente. No entanto, a inclusão desse elemento promove uma concentração do fluxo de ar na parte inferior, não contemplada pela abertura, visível pelo acúmulo de espuma, o que impede que o deslocamento de ar recupere sua trajetória após interceptar a janela, formando uma área de sombra de vento próxima ao piso e ao plano dos estudantes.

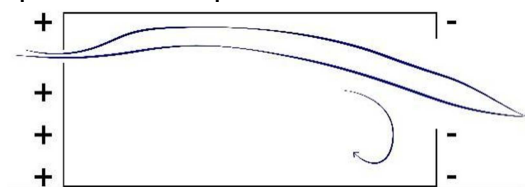
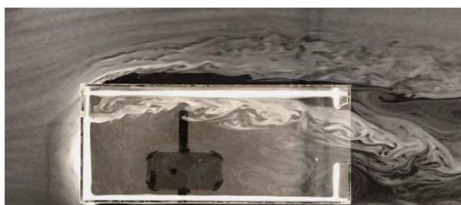


Figura 1 e 2 – Bloco 1, caso 1.

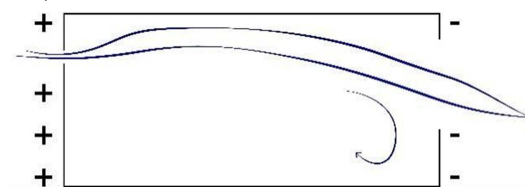
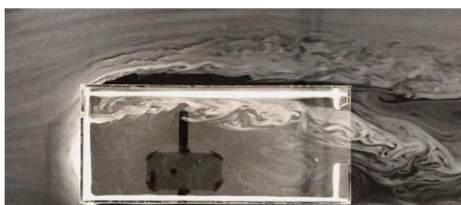


Figura 3 e 4 – Bloco 1, caso 2.

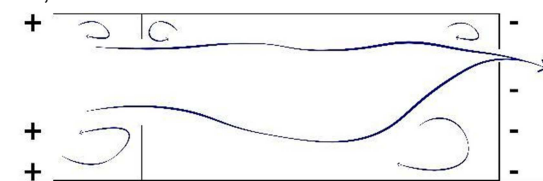


Figura 5 e 6 – Bloco 2, caso 3.

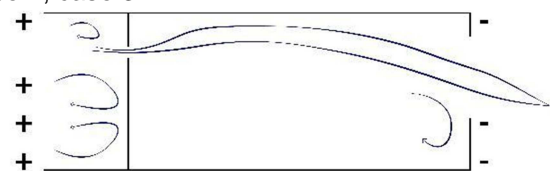


Figura 7 e 8 - Bloco 2, caso 4.

No caso 4 (variação do caso 2), a inclusão da varanda também auxilia no redirecionamento do fluxo de ar para o interior da edificação. Entretanto, a abertura de entrada com menor área direciona o jato de entrada para a zona superior do espaço. Nota-se que grande parte do volume de ar fica concentrado no ambiente externo (Figura 7), visível pela espuma acumulada na varanda. Quanto à distribuição do fluxo de ar interno, tem-se efeito semelhante ao caso 2, na qual o percurso do vento é concentrado na parte superior do ambiente sem atingir o plano do usuário.

### Conclusões:

Os resultados apontam que o tamanho e a localização das aberturas influenciam na distribuição do fluxo de ar interno e determinam o uso de ventilação de conforto ou ventilação higiênica. Quando a abertura de entrada apresenta maior dimensão e localização mais baixa, tem-se um fluxo de ar pelo ambiente interno na zona de

ocupação dos usuários, ocasionando uma ventilação de resfriamento. Esse caso seria recomendado para uma situação de verão, cujo fluxo de ar incide diretamente no usuário. Já quando essa abertura tem menor dimensão e com localização mais alta, tem-se um fluxo de ar na região superior do espaço, auxiliando em uma ventilação higiênica. Assim, essa configuração seria melhor para situação de inverno, cuja ventilação interna teria como objetivo a renovação do fluxo de ar interno. Por fim, a inclusão de uma varanda na região a barlavento, conforma um dispositivo de captação de ar, redirecionando o fluxo para o interior do ambiente.

### **Agradecimentos:**

As autoras agradecem ao Laboratório de Conforto Ambiental e Ergonomia da Universidade Estadual de Maringá por viabilizar a infraestrutura necessária para a realização dos ensaios e à Fundação Araucária pelo auxílio financeiro.

### **Referências:**

- [1] LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3 ed. São Paulo: PW, 2014.
- [2] CANDIDO, C.; LAMBERTS, R.; BITTENCOURT, L.; DEAR R.. Aplicabilidade dos limites de velocidade do ar para efeito de conforto térmico em climas quentes e úmidos. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.10, n.4, p.59-68, 2010.
- [3] BUONANNO, G.; STABILE, L.; MORAWSKA, L. Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. **Environment International** 141 (2020) 105794.
- [4] MILLER, A.; REANDELAR, M. J.; FASCIGLIONE, K.; ROUMENOVA, V.; LI, Y.; GONZALO, H. Correlation between universal BCG vaccination policy and reduced mortality for COVID-19.
- [5] ADDINGTON, D. M. **The history and future of ventilation. Indoor Air Quality Handbook**. New York: Mc-Graw-Hill, 2001.
- [6] KOWALTOWSKI, D. K. **Arquitetura Escolar: o projeto do ambiente de ensino**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- [7] TOLEDO, A. M.; PEREIRA, F. O. R. O potencial da Mesa d'água para a visualização analógica da ventilação natural em edifícios. In: VII ENCAC - Encontros Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2003, Curitiba. **Anais...** do VII ENCAC., 2003.