XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Análise do desempenho de diferentes configurações de aberturas na ventilação natural em enfermarias coletivas: ensaios na mesa d´água

Análisis del rendimiento de diferentes configuraciones de apertura en ventilación natural en salas colectivas: ensayos en el nivel freático

Analysis of the performance of different opening configurations in natural ventilation in collective wards: tests on the water table

Desempenho térmico do ambiente construído / *Rendimiento térmico del entorno construido/*

Thermal performance of the built environment

Orita, Bianca Miki
Graduada em Arquitetura e Urbanismo, Mestranda pela Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil, pg405418@uem.br

Lukiantchuki, Marieli Azoia
Doutora em Arquitetura e Urbanismo, Professora adjunta pela Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil, malukiantchuki2@uem.br

Resumo

A ventilação natural é uma importante estratégia para a renovação do ar e o conforto térmico dos usuários em hospitais. Esse artigo busca investigar o impacto de diferentes configurações de aberturas no desempenho da ventilação natural em enfermarias. O método dividiu-se em 4 etapas: definição do modelo genérico baseado em parâmetros projetuais; construção de modelos físicos reduzidos; ensaios em mesa d'água para visualização do fluxo de ar e forma e análise dos resultados. No geral, os resultados indicam que a ventilação cruzada possibilita uma melhor distribuição do fluxo de ar, reduzindo regiões de estagnação, enquanto a ventilação unilateral apresenta menor eficiência. Entretanto, mesmo com a ventilação cruzada, o fluxo de ar não atinge a região dos leitos dos pacientes, destacando a importância do correto dimensionamento e localização das aberturas. Assim, sugerem-se soluções para otimizar a ventilação natural nas enfermarias, como a escolha da tipologia e possíveis inclusões de *sheds* extratores.

Palavras-chave: Ventilação natural. Enfermarias coletivas. Modelo genérico. Mesa d'água.

Resumen

La ventilación natural es una estrategia importante para la renovación del aire y el confort térmico de los usuarios en los hospitales. Este artículo busca investigar el impacto de diferentes configuraciones de apertura en el desempeño de la ventilación natural en salas. El método se dividió en 4 etapas: definición del modelo genérico basado en parámetros de diseño; construcción de modelos físicos reducidos; Pruebas de nivel freático para visualizar el flujo y la forma del aire y analizar los resultados. En general, los resultados indican que la ventilación cruzada permite una mejor distribución del flujo de aire, reduciendo las regiones de estancamiento, mientras que la ventilación unilateral es menos eficiente. Sin embargo, incluso con ventilación cruzada, el flujo de aire no llega a la zona de la cama del paciente, lo que resalta la importancia del correcto dimensionamiento y ubicación de las aberturas. Por ello, se sugieren soluciones para optimizar la ventilación natural de las salas, como la elección de la tipología y la posible inclusión de casetas extractoras.

Palabras clave: Ventilación natural. Barrios colectivos. Modelo genérico. Nível freático.

Abstract

Natural ventilation is an important strategy for air renewal and thermal comfort of hospital users. This article aims to investigate the impact of different opening configurations on the performance of natural ventilation in hospital wards. The method was divided into 4 stages: definition of the generic model based on design parameters; construction of reduced physical models; water table tests to visualize the air flow and shape; and analysis of the results. Overall, the results indicate that cross ventilation allows for better distribution of the air flow, reducing stagnation regions, while unilateral ventilation is less efficient. However, even with cross ventilation, the air flow does not reach the area of the patients' beds, highlighting the importance of the correct dimensioning and location of the openings. Therefore, solutions are suggested to optimize natural ventilation in the wards, such as the choice of typology and possible inclusion of extractor sheds.

Keywords: Natural ventilation. Collective wards. Generic model. Water table.

Introdução

A ventilação natural é uma importante estratégia para se alcançar o conforto de forma passiva em regiões de climas quente e úmido, característicos de grande parte do território brasileiro (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014). Segundo Givoni (1976), a ventilação tem como principais funções a manutenção da Qualidade do Ar Interno (QAI) com a ventilação higiênica; a promoção de conforto térmico dos usuários, com a ventilação térmica; a redução do consumo de energia elétrica; e a ventilação de resfriamento estrutural. Dentre estas funções, destaca-se o benefício associado à qualidade do ar, à saúde humana e à produtividade dos usuários, muito discutido na pandemia da COVID-19. Esse aspecto se torna ainda mais importante em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), pois, segundo Short e Al-Maiyah (2009), 70% da área de um hospital pode ser naturalmente ventilado e somente 7% da área necessita de filtros de alta precisão. Esses dados evidenciam a ventilação natural como uma boa estratégia para a redução da climatização artificial em ambientes hospitalares que permitem soluções passivas, como as enfermarias coletivas, auxiliando na diminuição de gastos energéticos (ABNT, 2022).

Sobre isso, Aguiar (2017, p. 43) aponta a lacuna nas recomendações da ventilação na literatura, pois "não se tem nenhuma norma vigente específica sobre a ventilação natural em ambientes hospitalares e tampouco os parâmetros mínimos que devem ser estabelecidos para a promoção de uma boa QAI no Brasil". Segundo Perén *et al.* (2015) elementos da geometria dos edifícios, tais como elementos da fachada, forma de telhados e as configurações de janelas, podem induzir o fluxo de ar para os ambientes internos. Cândido (2006) também afirma que as condicionantes de um ambiente naturalmente ventilado dependem de fatores externos e internos à edificação, tais como as aberturas que "permitem ou dificultam o insuflamento e distribuição do fluxo de ar no interior dos ambientes, assim como são responsáveis pela proteção contra a chuva, ruídos e radiação solar excessiva" (Cândido, 2006, p. 40).

A avaliação de diferentes configurações de aberturas no desempenho da ventilação natural em enfermarias requer a definição, primeiramente, de um modelo genérico. Esse modelo tem como função o embasamento de experimentos e/ou simulações computacionais, possibilitando verificar os parâmetros de aberturas isoladamente (Rossi *et al.*, 2018). Somado a isso, existem diferentes formas de avaliar a ventilação natural em modelos genéricos e dentre as ferramentas de avaliação da ventilação natural em edificações e no ambiente urbano, destaca-se os

experimentos com a mesa d´água. De acordo com Toledo e Pereira (2003), as principais vantagens para o uso dessa técnica são: baixo custo de execução, facilidade de uso de maquetes e a visualização continuada do fenômeno. Assim, o objetivo deste artigo é analisar o impacto de diferentes configurações de abertura no desempenho da ventilação natural em enfermarias coletivas de EAS. Somado as vantagens da utilização da mesa d'água, o estudo das configurações de abertura terá a metodologia experimental de natureza qualitativa.

Método

Definição do modelo genérico para enfermaria

Segundo Passos *et al.* (2017), o fenômeno da ventilação natural é muito complexo, o que torna necessário fixar alguns parâmetros projetuais para investigar o desempenho de outros. Diante disso, a definição de um modelo genérico visa a simplificação de alguns parâmetros da geometria padrão, pois a sua análise não é o objetivo proposto por esta pesquisa. Cândido (2006) afirma que as tipologias e as formas das janelas podem influenciar na distribuição do fluxo de ar interno e, consequentemente, na velocidade do ar devido ao insuflamento do ar. Somado a isso, Perén *et al.* (2015) atribuem a angulação dos telhados e a localização das aberturas como configurações de influência direta para análise da ventilação cruzada em um modelo genérico. Assim, a definição do modelo genérico teve como base três procedimentos detalhados nos próximos parágrafos: **a)** levantamento dos principais critérios de definição das enfermarias padrão (geometria e dimensionamento) em pesquisas científicas de relevância nacional e internacional; **b)** levantamento da geometria e das aberturas das enfermarias do setor de clínica adulto do Hospital Universitário Regional de Maringá (HURM) e; **c)** levantamento das configurações das aberturas (formato, tipologia, tamanho e peitoril) atribuídas também nas pesquisas científicas.

a) Com relação à seleção das pesquisas científicas que seriam utilizadas como base, o primeiro critério foi recortar trabalhos cujo desempenho da ventilação natural foi analisado em enfermarias, totalizando dezoito artigos científicos[1]. Destas pesquisas, teve-se um novo recorte em função do tipo de enfermaria. A NBR 7256 (ABNT, 2022) classifica os quartos e áreas coletivas

[1] Busca majoritária nas bases de dados: *Web of Science*, *Scopus*, Revista Ambiente Construído e Revista *Science Direct*. Palavras-chave: *("perform*" OR "natural ventilation") AND ("ward*" OR "hospital*") AND ("window*" OR "opening setting*" OR "opening configuration*") AND ("simulation").*

de internação como ambientes de nível 2 de risco e que possibilitam a utilização da ventilação natural no ambiente interno. Assim, as enfermarias que apresentaram características de quartos individuais ou de isolamento foram descartadas. Posteriormente, verificou-se a geometria, notando que das doze enfermarias selecionadas, oito apresentam plantas baixas de tipologia retangular, se caracterizando como o modelo mais usual nas pesquisas analisadas.

b) Posteriormente, analisou-se o padrão das enfermarias coletivas do HURM, localizado na cidade de Maringá-PR. A escolha desse EAS foi devido aos critérios: 1. hospital público que possui grande influência na região metropolitana de Maringá-PR e pelo vínculo com a Universidade Estadual de Maringá; 2. apresenta diferentes tipos de enfermarias, incluindo as coletivas; 3. autorização para a realização de medições *in loco* para a análise da ventilação natural, e 4. disponibilização do projeto de arquitetura. As enfermarias coletivas deste hospital também possuem a geometria retangular, entrando no critério de inclusão para a definição do modelo. Somado a isso, as dimensões das enfermarias podem ser estipuladas a partir da proporção das mesmas, visto que, conforme informações da *World Health Organization* (WHO, 2009), a relação de profundidade (P) e altura (H) do ambiente para estratégias de ventilação unilateral é de P ≤ 2,5H, a qual pode ser analisada em quase todos os ambientes incluídos até o momento (Tabela 1).

Tabela 1: Relação entre profundidade e altura das enfermarias padrão presentes nas pesquisas selecionadas.

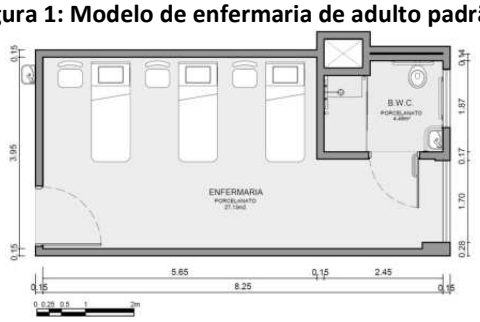
Autor(es)	Dimensões das enfermarias (profundidade e altura)	Relação P e H
HURM	P: 8,25m; H: 3,30m	P= 2,5H
Cesari *et al.* (2018, 2020)	P: 5,40m; H: 2,70m	P= 2H
Jia *et al.* (2023)	P: 5,54m; H: não especificado	-
Quadros e Mizgier (2020)	P: 7,20m; H: 2,80m	P= 2,57H
Ren *et al*. (2021)	P: 6,00m; H: 2,60m	P= 2,3H
Wu *et al.* (2023)	P: 7,00m; H: 2,80m	P=2,5H
Wu *et al.* (2024)	P: 6,00m; H: 2,80m	P= 2,14H

Fonte: Autores (2024).

c) Para a definição das aberturas, considerou a área efetiva de ventilação nas janelas em conjunto com as tipologias de esquadrias e sua localização. Como a esquadria do HURM se assemelha à tipologia maxim-ar de Jeffe e Westphal (2015), aplicaram-se as dimensões de 1,70m x 0,90m, com área útil variável entre 0,19m² e 1,53m², no modelo genérico. Quanto à localização, é possível verificar na literatura uma elevada variação, o que levou a definir para o modelo genérico a orientação das aberturas do HURM (janelas na face leste).

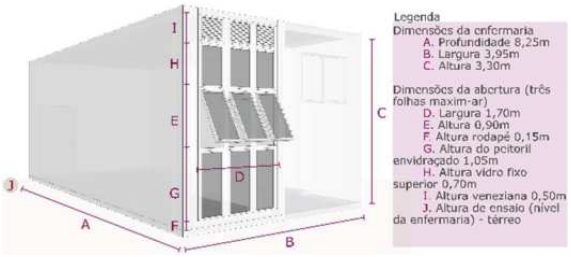
Após as análises, define-se como modelo genérico uma enfermaria (Figura 1) retangular, com relação P = 2,5H. Com dimensões de 3,95m x 8,25m x 3,3m, têm-se a área de 27,13m² (três leitos), sem considerar o banheiro, atendendo a área mínima para cada leito exigida pela resolução RDC n°50 (ANVISA, 2002) e pela Programação Arquitetônica de Unidades Funcionais de Saúde (Brasil, 2012) de 6,00m² por leito nas enfermarias adulto de 3 a 6 leitos. A respeito das aberturas, define-se as dimensões do HURM, sendo de 1,70m x 0,90m, com três folhas de esquadrias do tipo maxim-ar e possíveis aberturas nos ângulos de 0°, 30°, 45°, 60° e 90°. Tem-se a altura de peitoril de 1,05m, de folhas fixas envidraçadas, assim como na parte superior das aberturas. Ademais, venezianas superiores existentes próximas ao forro também foram consideradas, com inclinações de 45°, a fim de analisar a influência das mesmas (Figura 2).

Figura 1: Modelo de enfermaria de adulto padrão.



Fonte: Autores (2024).

Figura 2: Definição do modelo padrão de enfermaria.



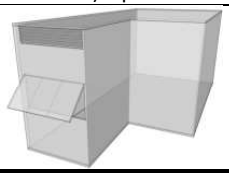
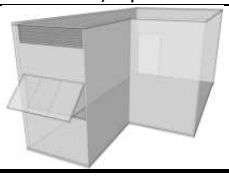
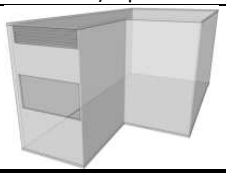
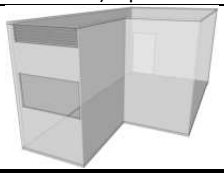
Fonte: Autores (2024).

Construção dos modelos físicos reduzidos

Primeiramente, o modelo foi planificado no *software* AutoCAD 2025 da Autodesk para, posteriormente, as peças serem cortadas através de uma cortadora a laser. Devido a visualização dos ensaios em mesa d'água ocorrer de modo bidimensional, o modelo foi desenvolvido tanto em planta baixa, quanto em corte, pois existem janelas localizadas na região superior, o que impossibilita a visualização apenas em planta. O material escolhido foi o acrílico transparente de 2mm devido à alta resistência e impermeabilidade, além da facilitar a visualização do fenômeno durante o ensaio. Segundo Toledo e Pereira (2003), a escala dos modelos físicos reduzidos é definida em função das dimensões da largura da mesa, visando evitar que as paredes da área de ensaio fiquem próximas da maquete e interfira o escoamento. Utilizou-se a mesa d'água do Laboratório de Conforto Ambiental e Ergonomia do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Maringá (LACAE- DAU/UEM), cuja área de ensaio possui 1,53m x

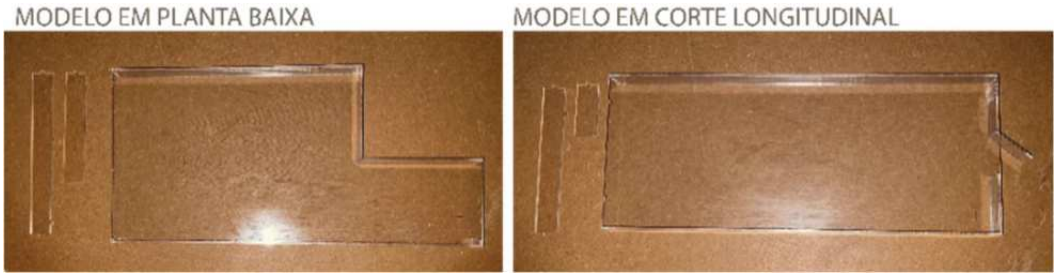
0,82m. As dimensões do modelo, na escala 1:25, possibilitaram dimensões reais de 0,33m x 0,16m da planta baixa e de 0,33m x 0,13m do corte. Foram confeccionados quatro casos a partir do modelo genérico: caso base (CB), caso 1 (C1), caso 2 (C2) e caso 3 (C3), detalhados no Quadro 1. Para a janela maxim-ar considerada no CB e C1, foi determinado a abertura no ângulo de 45°, tendo em vista o ângulo médio dentre as aberturas possíveis nesta tipologia de abertura (0°, 30°, 45°, 60° e 90°) (Lamberts, Dutra e Pereira, 2014). Os casos C2 e C3 foram considerados como modelos comparativos a partir de uma abertura 100% efetiva. Por fim, as maquetes foram construídas com encaixes tipo macho e fêmea para maior flexibilidade e facilidade na modificação das diferentes configurações ensaiadas (Figura 3).

Quadro 1: Casos a serem ensaiados na mesa d'água.

Caso base (CB) – modelo genérico de enfermaria	Caso 1 (C1)	Caso 2 (C2)	Caso 3 (C3)
Janela maxim-ar aberta (45° e área útil 30%) e porta fechada	Janela maxim-ar aberta (45° e área útil 30%) e porta aberta	Janela aberta (tipologia indefinida e área útil 100%) e porta fechada	Janela aberta (tipologia indefinida e área útil 100%) e porta fechada
			

Fonte: Autores (2025).

Figura 3: Modelos físicos reduzidos (planta baixa e corte longitudinal) com encaixes tipo macho e fêmea.



Fonte: Autores (2025).

Ensaios na mesa d'água: análise qualitativa

A mesa d'água utilizada nesse estudo é composta por dois tanques com capacidade aproximada de 110 litros cada, conectados pela área de ensaios revestida por um material autoadesivo preto

com o objetivo de proporcionar maior contraste durante os ensaios. A referida ferramenta funciona por uma bomba 0,75CV e 60Hz e o controle da frequência e da velocidade do fluxo de água acontece por meio de um inversor de frequência, modelo Weg CFW100 monofásico 0,5CV 220V 2,6A (Custódio *et al.*, 2023). Para os ensaios, os reservatórios foram enchidos com 125 litros totais de água nos dois tanques existentes e, com o objetivo de criar espuma e visualizar o fluxo, adicionou-se 200ml sabão líquido. Para garantir o turbilhonamento necessário para a formação da espuma, a frequência do sistema elétrico foi elevada a 50 Hz e, após cinco minutos, foi reduzida para 20 Hz. Esse procedimento, segundo Toledo e Pereira (2003), é necessário para visualizações analógicas de fluxo laminar, ressaltando que o aumento periódico da frequência do inversor e, assim, do turbilhonamento durante os testes, é necessário, devido à rápida perda de consistência da espuma. De acordo com o Projeteee (MME, [*s. d.*]), a direção dos ventos dominantes na cidade de Maringá–PR é Nordeste - Leste, sendo assim, considera-se essas direções para os ensaios na implantação atual da enfermaria do HURM. Com relação à velocidade dos ventos externos, este não foi considerado, visto que a mesa d´água tem um caráter qualitativo e não quantitativo.

Forma e análise dos resultados

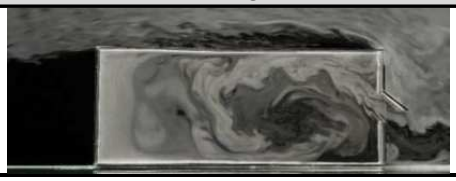
A ventilação natural nos modelos foi analisada qualitativamente nos ensaios na mesa d´água através de vídeos e fotografias obtidos pelo *smartphone* (Iphone 13 Pro Max), instalado na altura de 0,6m acima do nível da área de ensaio. Os vídeos foram analisados e imagens de alta qualidade foram extraídas e tratadas visando representar o comportamento qualitativo do fluxo de ar.

Resultados e Discussões

Primeiramente, analisou-se o caso base (CB) (Quadro 2), e nota-se claramente pela planta baixa, que com a ventilação unilateral, ou seja, abertura em apenas uma face, o fluxo de ar não adentra o espaço com profundidade, constatando-se uma baixa renovação do ar interno. Isso é visível pela elevada concentração de espuma internamente, sem movimentação do fluxo de água. Ainda é notório que a entrada e a saída de ar ocorrem sempre pela mesma abertura, sendo possível visualizar a região dos leitos-cama com o ar estagnado. A análise do caso base apenas em planta não é suficiente para concluir sobre o desempenho da ventilação natural, visto que a tipologia da abertura e as venezianas na região superior do espaço ficam omitidas. Sendo assim, analisando o desempenho da janela maxim-ar aberta à 45° e a porta fechada (em corte), nota-se a alta

concentração de espuma no interior do modelo, obtendo uma baixa renovação do ar e uma maior recirculação na região próxima à abertura, devido a não possibilidade de saída do ar pela face oposta. A abertura a 45° também permite um direcionamento do fluxo de ar externo para a região superior do espaço, ficando clara a recirculação do fluxo de ar até o meio do ambiente. Somado a isso, o fluxo de ar que incide na veneziana superior apresenta a entrada de ar de forma difusa, porém com pouca visibilidade do fenômeno (Quadro 3).

Quadro 2: Visualizações do fluxo de ar nos casos CB e C1 ensaiados na mesa d'água.

CB planta baixa	**CB** corte longitudinal
	
C1 planta baixa	**C1** corte longitudinal
	

Fonte: Autores (2025).

Em contrapartida, no C1 em planta baixa (Quadro 2), cuja configuração é semelhante ao CB, porém com alteração na abertura da porta, nota-se o fluxo do ar cruzando todo o ambiente interno, permitindo maior renovação e circulação do ar de modo cruzado. No entanto, esse fluxo percorre o espaço interno de forma linear, não atingindo a região dos leitos. Já no C1 em corte, fica visível a delimitação do percurso da espuma no ambiente interno e a concentração da mesma na região à barlavento, constatando-se o efeito Venturi com o fluxo ao passar pelo obstáculo de menor dimensão (maxim-ar). Além disso, devido ao efeito e a tipologia de abertura, o fluxo de ar incidente no ambiente é direcionado para a parte superior, ocasionando sombra de vento e o ar estagnado na altura dos pacientes e diferentemente do CB, o desempenho do fluxo de ar que adentra na veneziana apresenta-se mais visível (Quadro 3). A partir desses dois casos é possível visualizar a importância de uma ventilação cruzada para melhor desempenho da ventilação natural no ambiente interno. É possível relacionar esses resultados com a pesquisa de Quadros e Mizgier (2020), considerando ventilações cruzadas e unilaterais duplas como melhores opções

para quartos de internação. Entretanto, a porta na condição aberta não se torna totalmente viável para ser considerada como uma abertura efetiva, devido à privacidade dos pacientes.

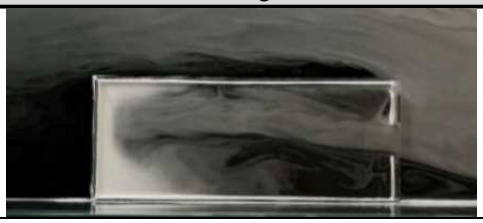
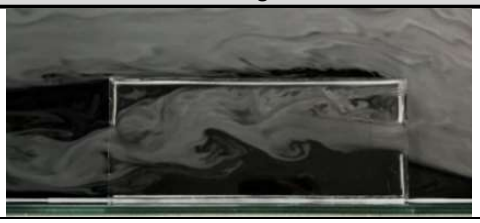
Quadro 3: Comparativo entre os casos CB e C1 com relação ao fluxo de ar incidente na veneziana superior.

CB		C1	
 	No CB, a veneziana possibilita um fluxo de ar reverso, ou seja, com entrada e de saída de ar.		No C1, a veneziana apresenta o fluxo de ar no sentido de entrada de ar, com fluxo bem delimitado visualmente.

Fonte: Autores (2025).

Na análise dos C2 e C3, os quais a janela possui abertura útil de 100%, foi considerada apenas os ensaios dos cortes longitudinais dos modelos, tendo em vista que em planta baixa esses casos apresentariam o mesmo comportamento que CB e C1. Diferentemente do CB, o C2 possibilita a visualização do fluxo mais linear próximo à entrada, obtendo uma recirculação menos intensa que a tipologia maxim-ar (Quadro 4). Todavia, ocorre uma maior concentração de espuma na parte esquerda do C2, justificado pela falta de abertura na face posterior (porta fechada). Com relação ao C3, cuja porta foi considerada aberta, nota-se um direcionamento do fluxo de ar semelhante ao caso anterior. Entretanto, a concentração de espuma já não ocorre neste ensaio devido a possibilidade de ventilação cruzada. Além disso, o fluxo é visivelmente mais turbulento que no C1, abrangendo uma maior região de ventilação no ambiente interno e reduzindo a sombra de vento. Desse modo, a partir dos casos em corte, verifica-se que a abertura 100% ocasionará fluxos mais abrangentes no interior devido a não obstrução dos elementos da janela.

Quadro 4: Visualizações do fluxo de ar nos modelos C2 e C3 ensaiados na mesa d'água.

C2 corte longitudinal	**C3** corte longitudinal
	

Fonte: Autores (2025).

Conclusões

Primeiramente, com relação aos quatro casos ensaiados e analisados, indica-se que a ventilação cruzada apresenta melhores desempenhos do fluxo de ar no ambiente interno, tendo em vista o fluxo com menores recirculações do ar no interior dos modelos (C1 e C3). Todavia, o bom desempenho da ventilação natural cruzada ocorre desde que as aberturas — dimensionamento, localização e tipologia das janelas e portas — sejam corretamente aplicadas. Nos modelos C1 e C3 em corte são possíveis de visualizar uma ventilação natural mais eficiente que os casos com ventilação unilateral, porém no caso C1 em planta baixa, a ventilação cruza o ambiente interno sem a circulação do ar na região dos leitos-cama. Desse modo, se faz necessário a aplicação de outras soluções para que todo o ambiente seja ventilado naturalmente visando atingir os usuários e, assim, possibilitar o alcance do conforto térmico. Para isso, busca-se a proposição de novas aberturas de saída de ar na parede oposta ou do uso de *sheds* extratores de ar ao longo do ambiente, priorizando obter as condições ideias da relação entre aberturas de entrada e de saída de ar. Ressalta-se que essas novas configurações serão testadas posteriormente.

Com relação às tipologias das janelas em corte, nos casos com a porta fechada (CB e C2), obteve-se regiões com menores sombras de vento com a janela maxim-ar. Já nas situações de portas abertas (C1 e C3), a janela com tipologia de abertura 100% efetiva apresentou fluxos mais abrangentes ao longo do ambiente, com melhores desempenhos da ventilação natural, principalmente o C3. Todavia, considerando a necessidade de privacidade dos pacientes, se faz necessário considerar a porta fechada e assim, em casos com a tipologia maxim-ar, torna-se interessante a adoção de estratégias ou elementos construtivos que redirecionem o fluxo de ar para a altura dos pacientes. Conclui-se, portanto, que a partir da definição do modelo genérico de enfermaria coletiva, em planta baixa se faz necessário maior atenção às possibilidades de ventilação na região dos leitos-cama, e em corte, deve-se considerar que a abertura maxim-ar gera maiores direcionamentos do fluxo de ar, em comparação a uma abertura 100% efetiva. Reitera-se também que os experimentos em mesa d'água têm como limitações a visualização do fenômeno em apenas duas dimensões, a ausência de avaliação da ventilação por diferença de temperatura e a escassez de análise quantitativa de velocidade do ar e pressão.

Referências

Agência Nacional De Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução – RDC n. 50**, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais a saúde. Brasília, 2002.

Aguiar, João Renato Carneiro de. **Desempenho da qualidade do ar em estudos de caso de ambientes hospitalares no contexto climático de Brasília - DF**. 2017. 164 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

Brasil, Ministério da Saúde. **Programação arquitetônica de unidades funcionais de saúde. Internação e apoio ao diagnóstico e terapia (reabilitação)**. [*S. l.*]: Ms, 2012. v. 2, (Programação arquitetônica de unidades funcionais de saúde).

Cândido, Christhina Maria. **Ventilação natural e Códigos de obras: uma análise das tipologias de aberturas nos edifícios de escritórios em Maceió/AL**. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

Cesari, Silvia; Valdiserri, Paolo; Coccagna, Maddalena; Mazzacane, Sante. Energy savings in hospital patient rooms: the role of windows size and glazing properties. **Energy Procedia**, [*S. l.*], v. 148, p. 1151–1158, ago. 2018.

Cesari, Silvia; Valdiserri, Paolo; Coccagna, Maddalena; Mazzacane, Sante. The Energy Saving Potential of Wide Windows in Hospital Patient Rooms, Optimizing the Type of Glazing and Lighting Control Strategy under Different Climatic Conditions. **Energies**, [*S. l.*], v. 13, n. 8, p. 2116, jan. 2020.

Custódio, Maria Isabel Pedrosa; Imai, Cesar; Silva, Fernando Vitor Marques da; Shimomura, Alessandra Rodrigues Prata; Lukiantchuki, Marieli Azoia. Avaliação da taxa de obstrução do modelo físico reduzido na área de ensaio na mesa d'água. **Ambiente Construído**, [*S. l.*], v. 23, p. 105–120, 25 set. 2023.

Givoni, Baruch. **Man, Climate and Architecture**. 2. ed. London: Applied Science Publishers, 1976.

Jeffe, Ana Paula Magalhães; Westphal, Fernando Simon. Desempenho térmico de quartos de internação hospitalar por meio de simulação computacional. **XII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, ELACAC**, [*S. l.*], 15 out. 2015.

Jia, Zhuo; Pan, Song; Yu, Haowei; Liu, Yiqiao; Wei, Shen; Qin, Mingyuan; Chang, Li; Cui, Ying. Modeling Occupant Window Behavior in Hospitals—A Case Study in a Maternity Hospital in Beijing, China. **Sustainability**, [*S. l.*], v. 15, n. 11, p. 8606, jan. 2023.

Lamberts, Roberto; Dutra, Luciano; Pereira, Fernando O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. **Eficiência Energética na Arquitetura**, [*S. l.*], v. 3° ed, n. PROCEL, p. 366, 2014.

Ministério do Meio Ambiente (MME). Dados Climáticos. [*s. d.*]. **ProjetEEE**. Disponível em: http://www.mme.gov.br/projeteee/dados-climaticos/. Acesso em: 23 jan. 2025.

Passos, Isabela Cristina da Silva; Lamenha, Melyna de Almeida; Bittencourt, Leonardo. Análise de pressões externas em edifício residencial multifamiliar para fins de ventilação natural. **XIV ENCAC e X ELACAC.**, [*S. l.*], 2017.

Perén, Jorge Isaac; Van Hooff, Twan; Leite, Brenda Chaves Coelho; Blocken, Bert. CFD analysis of cross-ventilation of a generic isolated building with asymmetric opening positions: Impact of roof angle and opening location. **Building and Environment**, [*S. l.*], v. 85, p. 263–276, fev. 2015.

Quadros, Bianca Milani de; Mizgier, Martin Ordenes. Conforto térmico em ambientes de internação hospitalar naturalmente ventilados. **Ambiente Construído**, [*S. l.*], v. 20, n. 2, p. 113–134, jun. 2020.

Ren, Juan; Wang, Yue; Liu, Qibo; Liu, Yu. Numerical Study of Three Ventilation Strategies in a prefabricated COVID-19 inpatient ward. **Building and Environment**, [*S. l.*], v. 188, p. 107467, jan. 2021.

Rossi, Michele Marta; Vale, Fernanda Itkes; Shimomura, Alessandra Rodrigues Prata; Chvatal, Karin Maria Soares. Desenvolvimento de modelo genérico para avaliação do impacto de dispositivos de sombreamento na ventilação natural. [*S. l.*], 2018.

Short, C. Alan; Al-Maiyah, Sura. Design strategy for low-energy ventilation and cooling of hospitals. **Building Research & Information**, [*S. l.*], v. 37, n. 3, p. 264–292, 1 jun. 2009.

Toledo, Alexandre Márcio; Pereira, Fernando Oscar Ruttkay. Potencial da mesa d'água para a visualização analógica da ventilação natural em edifícios. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7, CURITIBA, 2003. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC: [*s. n.*], 2003.

World Health Organization - WHO. Natural ventilation for infection control in health care settings. [*S. l.*], Geneva, , seç. xxv, 106 p., 2009. Disponível em: https://iris.who.int/handle/10665/44167. Acesso em: 10 abr. 2024.

Wu, Huai-Wen; Kumar, Prashant; Cao, Shi-Jie. Evaluation of ventilation and indoor air quality inside bedrooms of an elderly care centre. **Energy and Buildings**, [*S. l.*], v. 313, p. 114245, jun. 2024.

Wu, Qi; Li, Nianping; Cai, Xinran; He, Yingdong; Du, Yujiao. Impact of indoor environmental quality (IEQ) factors on occupants' environmental perception and satisfaction in hospital wards. **Building and Environment**, [*S. l.*], v. 245, p. 110918, nov. 2023.