



Relatório Parcial de Atividades

Uso da mesa d'água para análise visual de padrões de escoamento do ar em escolas naturalmente ventiladas

Aluna: Mariana Yukari Ezaki Figueiredo Fonseca

Orientadora: Profa. Dra. Leticia de Oliveira Neves

1. Atividades realizadas

No período compreendido entre o início da pesquisa e a entrega do presente relatório parcial, as atividades desenvolvidas foram voltadas à consolidação do referencial teórico, à reestruturação do objeto de estudo, à sistematização tipológica das edificações analisadas e ao aprofundamento metodológico para a futura etapa experimental com a mesa d'água.


Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica, com o fichamento da bibliografia selecionada. A análise contemplou estudo sobre o uso da mesa d'água para a investigação visual de padrões de escoamento do ar, considerando critérios como: objetivo da pesquisa, objeto de estudo, especificações técnicas das mesas d'água utilizadas, materiais e dimensões das maquetes, métodos complementares (simulação computacional, medições experimentais), bem como a análise dos principais resultados obtidos.

A revisão bibliográfica abrangeu também conceitos fundamentais relacionados à ventilação natural induzida pela ação dos ventos, tanto em modelos genéricos de ambientes internos como no espaço urbano. Foram examinadas situações projetuais exemplificativas, especialmente no que se refere ao posicionamento e dimensionamento de aberturas em diferentes fachadas e seus impactos na qualidade da ventilação cruzada. Os quadros 1 a 4, a seguir, apresentam um dos artigos que foi analisado, dividido segundo os critérios: informações base, metodologia, maquete e resultados.

Quadro 1: Exemplo de análise bibliográfica acerca das informações base do artigo “A mesa d'água como ferramenta de apoio para caracterização de um modelo genérico a ser ensaiado” (Rossi, 2019).

Informações base					
Título	Autor	Ano	Objetivo	Objeto de estudo	OBS
A mesa d'água como ferramenta de apoio para a caracterização de um modelo genérico a ser ensaiado em túnel de vento	Michele Marta Rossia*, Fernanda Itkes Valea, Alessandra Rodrigues Prata Shimomurab, Karin Maria Soares Chvatala	2019	Uso da mesa d'água para analisar o impacto qualitativo dos parâmetros de uma edificação na ventilação natural, de modo a orientar a tomada de decisões.	Modelo genérico de ambiente	Auxiliou a definir as dimensões de janelas e dos dispositivos de sombreamento que caracterizavam um modelo genérico.

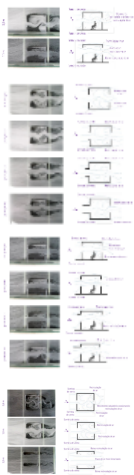
Quadro 2: Exemplo de análise bibliográfica acerca da metodologia do artigo “A mesa d’água como ferramenta de apoio para caracterização de um modelo genérico a ser ensaiado” (Rossi, 2019).

Metodologia								
Método	Dimensão mesa	Bomba	Frequência (Bomba)	Aditivo para contraste	Área de ensaio	Direção do vento	Camera	Fotos
Ensaio experimentais em túnel de vento de camada limite atmosférica e simulações computacionais fluidodinâmicas (CFD)	- 3,0 m x 3,0 m x 2,7 m (largura x comprimento x pé direito) - dois tanques de água com capacidade de 92,5 l (0,74 m x 0,25 m x 0,50 m) cada - peitoril de 1,10 m.	- 0,75cv - 60Hz - inversor de frequência - CFW08 da WEG	50Hz - para formar espuma 20Hz - para a visualização de fluxo laminar	Detergente	- 1,10 m de comprimento e 0,74 m de largura.	Perpendicular à face barlavento	(a) fotografias (b) vídeos (c) desenhos que simplificaram os padrões de fluxo de ar	

Quadro 3: Exemplo de análise bibliográfica acerca da maquete utilizada no artigo “A mesa d’água como ferramenta de apoio para caracterização de um modelo genérico a ser ensaiado” (Rossi, 2019).

Maquete				
Escala	Dimensões	Planta/ Corte	Material	OBS
1:10	- janelas (0,6 m; 1,0 m; 1,2 m; 1,6 m; 2,0 m) - alturas (0,6 m e 1,0 m) - dispositivos de sombreamento externo horizontais ou verticais com variadas profundidades (0,1 m; 0,5 m e; 1,0 m),	Planta, Corte	Acrílico transparente de 3 mm	- Planta - a maquete foi disposta no centro geométrico da área de ensaio. - Corte longitudinal - a base do modelo foi encostada em uma das paredes da área de ensaio, no ponto médio do seu comprimento.

Quadro 4: Exemplo de análise bibliográfica acerca dos resultados obtidos no artigo “A mesa d’água como ferramenta de apoio para caracterização de um modelo genérico a ser ensaiado” (Rossi, 2019).

Resultados					
Tipo	Imagens/ Gráficos	Análise	Vantagens da mesa d’água	Desvantagens da mesa d’água	OBS
Qualitativo		- Nos ensaios do modelo em corte longitudinal, assim como na avaliação anterior, pouca influência no comportamento do fluxo de ar interno foi observada a partir da inclusão do elemento de sombreamento com profundidade equivalente a 0,1 m. - Os protetores de maiores profundidades (0,5 m e 1,0 m) resultaram em uma maior linearidade do fluxo de ar ao adentrar pela primeira abertura, no entanto o encontro deste fluxo com a face a sotavento ocasionou recirculações do ar, sendo estas maiores na parte superior do ambiente e menores na porção inferior.	(a) Baixo custo de aquisição (b) Baixa demanda de espaço físico (c) Facilidade de operação e manutenção do equipamento (d) Possibilidade de alteração instantânea dos parâmetros relacionados às aberturas (e) Registro continuado, a partir de fotografias e filmagens, da visualização do escoamento de ar (f) Ferramenta de suporte para tomada de decisões	(a) Análises bidimensionais de um fenômeno que é estritamente tridimensional (b) Possibilidade de avaliações somente isotérmicas (c) Impedimento de medições quantitativas das grandezas aerodinâmicas (velocidade, pressão)	Posteriormente, este mesmo modelo será usado para testes em túnel de vento e simulações computacionais fluidodinâmicas para avaliar o impacto dos dispositivos de sombreamento na ventilação natural.

O levantamento bibliográfico mostrou-se essencial para a definição metodológica da pesquisa, uma vez que os ensaios previstos passaram a se basear em exemplos consolidados na literatura, que serão representados na mesa d’água com o objetivo de avaliar a melhor metodologia de ensaio, as escalas mais adequadas, os materiais das maquetes e os procedimentos de documentação (registro fotográfico e em vídeo).

1.1 Mudança de objeto de estudo

O projeto inicialmente submetido tinha como objetivo avaliar a eficácia da ventilação natural cruzada em edifícios de escritórios naturalmente ventilados, considerando múltiplas combinações de dimensionamento e posicionamento de aberturas. Entretanto, a pesquisa estava vinculada a um projeto de pós-graduação que foi posteriormente suspenso, por desistência da aluna de mestrado envolvida. Diante disso, tornou-se necessária a alteração do objeto de estudo, de modo a viabilizar a vinculação a outros projetos de pós-graduação em desenvolvimento no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP.

Assim, o novo objeto de estudo passou a ser escolas da Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE) no Estado de São Paulo. Portanto, entre os meses de outubro e fevereiro, foi desenvolvido, em conjunto com alunas da pós-graduação, um banco de dados de escolas FDE no Estado de São Paulo. O objetivo foi catalogar as escolas segundo tipologias volumétricas identificadas, tomando como base a classificação proposta por Ferreira (2006), composta por: (i) compactas e verticalizadas; (ii) horizontais com quadra ao centro; (iii) disposição em mais de um volume; (iv) longitudinais. Além da classificação tipológica, foram levantados os dados gerais da edificação, ao considerar implantação, volumetria, número de pavimentos; dados específicos das salas de aula com as dimensões, características das aberturas e proporções; características construtivas sobre cobertura, piso, vedações verticais e sistemas de sombreamento; elementos adjacentes que possam interferir na ventilação; contexto urbano de inserção; classificação segundo zonas bioclimáticas e direção predominante dos ventos nas respectivas cidades de cada escola. Essa sistematização permitirá a definição de um modelo de referência representativo e dos cenários de aberturas que serão posteriormente testados na mesa d'água. A definição desse modelo está em andamento no presente momento.

1.2 Alterações no cronograma original

De acordo com o cronograma original, os ensaios iniciais na mesa d'água já deveriam ter sido iniciados nesse período. Contudo, a mesa d'água ainda se encontra em fase de construção pelo Laboratório de Conforto Ambiental em Física Aplicada (LACAF) da FECFAU/ UNICAMP, o que ocasionou atraso na etapa experimental.

Apesar disso, o período foi aproveitado para aprofundamento metodológico, permitindo a análise crítica de especificações técnicas da mesa, buscando a identificação de possíveis melhorias construtivas da mesma, ao comparar mesas já existentes e prevenir assim dificuldades relatadas em pesquisas anteriores. Assim, embora a etapa experimental tenha sido postergada, a fundamentação teórica e metodológica da pesquisa pôde ser aprofundada. Ressalta-se, também, que o ajuste de cronograma permite a realização de ensaios e a finalização da pesquisa dentro do prazo estipulado na bolsa, dado que os ensaios na mesa d'água são passíveis de serem realizados em um dia apenas, após ajustes do equipamento.

1.3 Resultados parciais

Até o presente momento, os principais resultados obtidos foram a consolidação do referencial teórico sobre a ventilação natural e o uso da mesa d'água como ferramenta experimental qualitativa e a estruturação metodológica detalhada para futuros ensaios. A partir da redefinição do objeto de estudo e da criação de banco de dados tipológicos de escolas FDE no Estado de São Paulo, com a identificação preliminar de tipologias representativas para a definição de modelos de referência, a pesquisa está na fase de definição do modelo a ser ensaiado.

Embora os ensaios físicos ainda não tenham sido realizados, a etapa preparatória encontra-se consolidada, permitindo o início imediato da fase experimental assim que a mesa d'água estiver finalizada.

2. Cronograma de atividades

A Tabela 1 a seguir apresenta o cronograma de atividades.

Tabela 1: Cronograma de atividades realizadas (em azul) e previstas (em amarelo).

ETAPAS	MESES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisão bibliográfica		■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Montagem mesa d'água		■	■	■	■	■	■	■					
Banco de dados - Escolas FDE			■	■	■	■	■						
Definição dos modelos de referência							■	■					
Definição dos cenários de aberturas para ventilação natural								■					
Ensaio em mesa d'água – testes iniciais								■	■				
Relatório científico 1							■						
Ensaio em mesa d'água de todos os cenários definidos									■	■			
Análise de resultados										■	■	■	
Relatório científico 2													■
Redação de um artigo para evento científico nacional												■	■

3. Desempenho acadêmico

A participação na pesquisa contribuiu positivamente para a formação acadêmica, favorecendo o aprofundamento de conceitos fundamentais no campo da Arquitetura e Urbanismo, sobretudo aqueles relacionados ao conforto ambiental, à ventilação natural e à análise espacial. O desenvolvimento do estudo também auxiliou na elaboração de projetos paralelos, uma vez que o embasamento teórico adquirido ampliou a capacidade crítica e a fundamentação técnica aplicada às atividades projetuais.

A conciliação entre as atividades de pesquisa e as demandas curriculares ocorreu de maneira satisfatória, sem comprometimento do rendimento acadêmico

4. Bibliografia

FERREIRA, A. D. F. Arquitetura escolar paulista: FDE estruturas pré-fabricadas. FDE-Fundação para o Desenvolvimento da Educação, Secretaria da Educação, Governo do Estado de São Paulo, 2006.

ROSSI, Michele Marta; VALE, Fernanda Itkes; SHIMOMURA, Alessandra Rodrigues Prata; CHVATAL, Karin Maria Soares. A mesa d'água como ferramenta de apoio para a caracterização de um modelo genérico a ser ensaiado em túnel de vento. Revista IPT: Tecnologia e Inovação, v. 2, n. 10, 2019.

T. C. C. Nascimento, P.C.F. Barros, J. O. Batista Avaliação da ventilação natural em arranjos de implantação de edifícios em condomínio de Maceió-AL. Pluris: 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável Contrastes, Condições e Complexidades. Maceió - Brasil, 05 a 07 de outubro de 2016.

TOLEDO, Alexandre Márcio; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. O potencial da mesa d'água para a visualização analógica da ventilação natural em edifícios. ENCAC - COTEDI 2003. Curitiba - PR - Brasil. 05 a 07 de novembro de 2003.

LIMA, Lucas Lauton de; SHIMOMURA, Alessandra R. Prata. O uso da mesa d'água: ventilação natural e o desafio de requalificar ambientes de escritórios. In: XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC) E XII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído (ELACAC), 2021. Anais ... Palmas-TO, p. 1076-1085, 2021.

XAVIER, A. C. DE A.; GULARTE, I. H.; MIZGIER, M. O.; LUKIANTCHUKI, M. A. Visualização da ventilação natural em ensaios na mesa d'água comparado a simulações computacionais. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, v. 11, p. e020020, 30 set. 2020.

ROLIM, Amanda Cristina Ikegami e CHVATAL, Karin Maria Soares. A mesa água como ferramenta didática para o estudo qualitativo da ventilação natural no ambiente construído. 2015, Anais.. São Paulo: USP/Pró-Reitoria de Pesquisa, 2015. Disponível em: <https://uspdigital.usp.br/siicusp/siicPublicacao.jsp?codmnu=7210>. Acesso em: 10 fev. 2026.

MATTIA, Pedro Henrique Silva; CHVATAL, Karin Maria Soares. MESA D'ÁGUA COMO FERRAMENTA PARA A SIMULAÇÃO DO DESLOCAMENTO DE AEROSSÓIS EM AMBIENTES INTERNOS. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2021. Anais [...]. [S. l.], 2021. p. 1957-1966. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4594>. Acesso em: 15 jan. 2026.

RIBEIRO, Roseana Martins; ALMEIDA, Fernando da Silva; SUSKI, Luciano. Análise qualitativa da ventilação natural: comparação entre testes experimentais na mesa d'água e simulações computacionais em CFD. Conferencia ENSUS 2024 - XII Encontro de sustentabilidade em Projeto. Belo Horizonte, agosto de 2024.