

## **INFLUÊNCIA DE MUROS VAZADOS NO DESEMPENHO DA VENTILAÇÃO NATURAL EM EDIFICAÇÃO TÉRREA**

**Isabely Penina C. da Costa (1); Leonardo S. Bittencourt (2); Ricardo Victor R. Barbosa (3)**

(1) Mestranda, Professora do Instituto Federal de Alagoas, isabelypenina@gmail.com

(2) PhD, Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, lsb54@hotmail.com

(3) Doutor, Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, rvictor@arapiraca.ufal.br

Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Maceió/AL, CEP 57072-900, Tel.: (82) 3214 1309

### **RESUMO**

Em resposta à crescente onda de violência e insegurança observada nas cidades brasileiras, uma das providências mais comuns tem sido a elevação dos muros frontais nas residências unifamiliares. Os muros passam, então, a se constituir em importantes obstáculos à livre circulação dos ventos no meio urbano, com impactos significativos na ventilação natural de construções térreas. A utilização de muros vazados se configura como um interessante recurso para reduzir o efeito negativo proporcionado por esses componentes, apresentando potencialidades favoráveis a um melhor aproveitamento da ventilação natural. O presente trabalho tem como objetivo analisar o escoamento do vento através de muros vazados, constituídos por diferentes configurações de lâminas horizontais, e localizados a barlavento de residências térreas. A metodologia foi constituída de duas etapas. A primeira etapa consistiu na definição dos parâmetros a serem examinados. Posteriormente, foram realizados ensaios analógicos com o equipamento mesa d'água, onde foram registrados os escoamentos dos fluidos através de uma maquete física. Os resultados demonstram que em edificações com muros totalmente fechados são necessários afastamentos bem maiores para que o vento que atinge as aberturas das edificações apresente velocidades capazes de proporcionar conforto térmico aos usuários das mesmas. Os muros vazados com as lâminas apresentaram bons resultados com recuos menores. A configuração mais favorável foi a constituída por lâminas com menor inclinação em relação ao plano horizontal; onde a metade superior das lâminas defletiam o vento para baixo e a metade inferior defletia o fluxo para cima. Essas características permitem um escoamento a sotavento direcionado para as aberturas da edificação. Os resultados confirmam as vantagens da utilização dos muros vazados, com repercussões positivas na ventilação natural de edificações térreas.

Palavras-chave: ventilação natural, muro vazado, conforto térmico, ensaios analógicos.

### **ABSTRACT**

As consequence of the growing violence and insecurity in Brazilian cities, part of the population living in low-rise housing has raised the plot frontal wall. These high walls have become significant barriers to airflow in the urban space. The use of porous walls, instead of opaque walls, may be useful to reduce the impact produced by these walls on the wind flow through the urban tissue. This paper aims to investigate the airflow through porous windward walls built with horizontal louvers, with different louver configurations. The methodology consists of two stages. The first step was to define the parameters to be examined. Later, simulations using a reduced building model were performed on a water table, to study the airflow through the model. Results shows that opaque walls produces large wakes, confirming the advantages of using porous walls in comparison with opaque walls. While buildings with opaque wall require greater setbacks, the porous wall with horizontal blades showed better results with minor setbacks. Best results were obtained when the lower part of wall had blades deflecting the airflow upward, and the higher part of it had blades deflecting the airflow downward. This configuration produces a leeward flow reaching the building openings with air speed that may be used to produce thermal comfort. Results lead to the conclusion that the use of porous walls may be interesting when designing for natural ventilation in urban low-rise buildings.

Keywords: natural ventilation, hollow wall, thermal comfort, analog testing.

## 1. INTRODUÇÃO

A ventilação natural é comprovadamente uma estratégia bioclimática importante para construções no clima quente e úmido, pela capacidade de remover parte da carga térmica absorvida pela edificação e de promover resfriamento fisiológico nos usuários, devido às trocas térmicas por convecção entre os mesmos e o fluxo do vento. Nesse sentido, o desenvolvimento de pesquisas voltadas para a utilização de mecanismos que explorem a ventilação natural em regiões quentes e úmidas, tanto nos espaços externos como internos às edificações, são fundamentais para a diminuição do consumo de energia, decorrente do uso de sistemas de climatização artificial.

Nas grandes cidades brasileiras, a busca por segurança tem transformado edificações e os bairros em fortalezas à prova de roubos, criando novas dinâmicas e elementos construtivos que têm por finalidade proporcionar a sensação de proteção. A presença de muros cada vez mais altos e fechados, esquadrias com gradis, cercas elétricas entre outros, são reflexos do contexto de insegurança e violência que acabam caracterizando os espaços urbanos (MOREIRA, 2007). Essas alterações, principalmente no que se refere a criação de obstáculos e barreiras, acabam afetando a circulação de vento na malha urbana. Observa-se que a existência de muros altos no limite dos lotes, ocasiona uma diminuição considerável do fluxo de ar no interior das edificações, influenciando negativamente o conforto térmico dos habitantes de regiões quentes (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2010).

Como forma de amenizar a influência do muro como barreira à ventilação natural, autores como Bittencourt e Cândido (2010) e Holanda (1976) sugerem o uso dos muros vazados, que permitem maior porosidade e fluidez ao vento. Segundo Araújo e Bistafa (2011) as superfícies vazadas são componentes arquitetônicos com elevado potencial plástico e funcional para as regiões de clima quente e úmido. Pois além da captação da ventilação natural, permitem a proteção contra a incidência solar demasiada. Ademais são elementos com custo reduzido e de fácil produção. Observando a paisagem urbana, verifica-se vários exemplos de residências utilizando muros vazados, com diferentes tipologias, materiais e níveis de porosidade (figura 1).



Figura 1 - Residências situadas em Maceió/AL com muros constituídos por diferentes elementos vazados.

As imagens da figura 1 sugerem que além dos benefícios relacionados ao conforto térmico, o recurso de vazar os muros possui um significativo potencial plástico, possibilitando composições diversas, principalmente com a utilização de elementos vazados e tantos outros componentes que dinamizam e enriquecem as texturas das fachadas. Porém, observa-se, a partir da percepção do muro como elemento de proteção, que muitas das configurações de muros vazados existentes são demasiadamente porosas, que podem transmitir a sensação de falta de privacidade ou de vulnerabilidade. Dentro desse contexto, é de significativa importância a existência de trabalhos que investiguem possibilidades e padrões que possam unir o fator privacidade com eficientes condições de desempenho térmico.

Um estudo correlato desenvolvido por Li, Wang e Bell (2003) na Inglaterra, avaliou o efeito de elementos com a função de quebra-vento, especificamente cercas, nos espaços abertos urbanos. A pesquisa avaliou variáveis como o recuo entre a cerca e a edificação e a porcentagem de porosidade da cerca. As principais conclusões do estudo destacaram que o efeito do recuo na redução da velocidade do vento em espaços externos relativamente pequenos, se sobrepõe ao efeito da porosidade. Representando uma variável relevante.

Nesse sentido, o presente trabalho investiga uma determinada tipologia de elementos vazados: muros construídos com lâminas horizontais inclinadas (figura 2), semelhantes a esquadrias com venezianas. Essa tipologia proporciona uma barreira visual, mas também permite a passagem do ar através de muro. A investigação pretende avaliar o comportamento da ventilação natural em diferentes configurações das lâminas horizontais, por meio da abordagem qualitativa, em que se utiliza o método de visualização de escoamento, através do equipamento conhecido como mesa d'água. Segundo Toledo e Pereira (2003) a mesa d'água é uma ferramenta simples, porém com grande vantagem na visualização instantânea do comportamento do escoamento interno e externo em edifícios, possibilitando contribuições no desenvolvimento de projetos de arquitetura.



Figura 2 - Perspectiva de muro vazado com lâminas horizontais, semelhante ao modelo utilizado no trabalho.

## 2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi realizar uma análise paramétrica do impacto produzido por diferentes configurações de muro constituído por lâminas horizontais inclinadas, na ventilação natural em um modelo de edificação térrea localizada a sotavento do muro.

## 3. MÉTODO

A metodologia utilizada na pesquisa consistiu na realização de análise comparativa dos efeitos produzidos pelos diversos parâmetros examinados, visando caracterizar o escoamento da ventilação natural ao passar através de muros com diferentes configurações de lâminas horizontais. Com base numa abordagem qualitativa, os padrões de escoamento do vento, nas diversas configurações, foram examinados através de ensaios realizados na mesa d'água, registrados em vídeos para análise posterior.

O equipamento mesa d'água consiste num visualizador de escoamento da água com espuma, em que é possível estimar o comportamento do fluxo de ar através do movimento do fluido em modelos físicos reduzidos (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2010).

A metodologia desse trabalho está dividida em duas etapas:

Etapa 1: Escolha dos parâmetros variáveis e fixos e elaboração de um quadro de referências;

Etapa 2: Realização dos ensaios analógicos em mesa d'água;

### 3.1. Etapa 1: Escolha dos parâmetros variáveis e parâmetros fixos

A escolha dos parâmetros variáveis e fixos levou em consideração aspectos que seriam mais aplicáveis e apropriados em situações reais, como também que fossem viáveis no que se refere a execução dos modelos reduzidos para a realização dos ensaios. Considerou-se como parâmetros variáveis:

- I. A inclinação das lâminas horizontais, variando entre 30°, 45° e 60°;
- II. A direção das lâminas horizontais, variando entre as seguintes configurações: para cima, para baixo, combinado 1 (parte superior para baixo e parte inferior para cima) e combinado 2 (parte superior para cima e parte inferior para baixo);
- III. Recuo entre o muro e a edificação térrea, variando entre 3 m, 5 m e 8 m.

Já como parâmetros fixos considerou-se:

- I. A seção vertical do muro como sendo composta por embasamento de 0,20 m de altura, acrescida de 1,60 m para o conjunto de lâminas e mais uma faixa de coroamento com 0,20 m; totalizando um muro com altura final de 2,00 m;
- II. A espessura do muro de 0,20 m;
- III. O espaçamento de 0,05m entre as lâminas;
- IV. A espessura das lâminas de 0,03 m.

Os parâmetros acima descritos estão representados nos cortes das figuras 3, 4, 5, e 6.

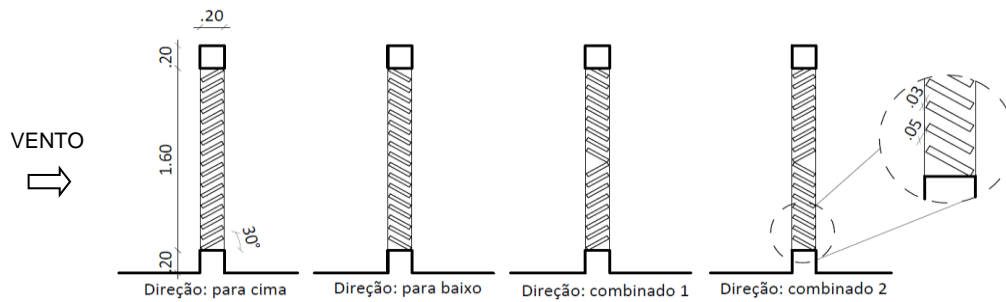


Figura 3 - Cortes demonstrando as configurações do muro vazado com lâminas horizontais com inclinação de 30°.

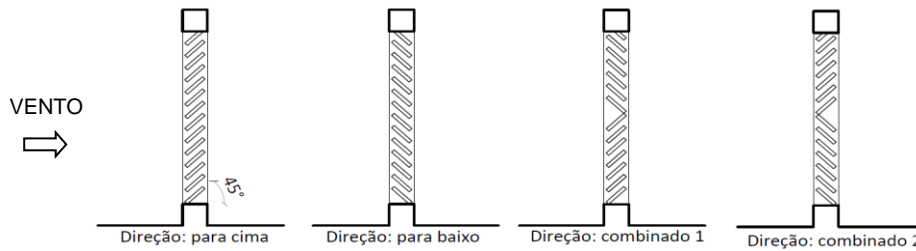


Figura 4 - Cortes demonstrando as configurações do muro vazado com lâminas horizontais com inclinação de 45°.

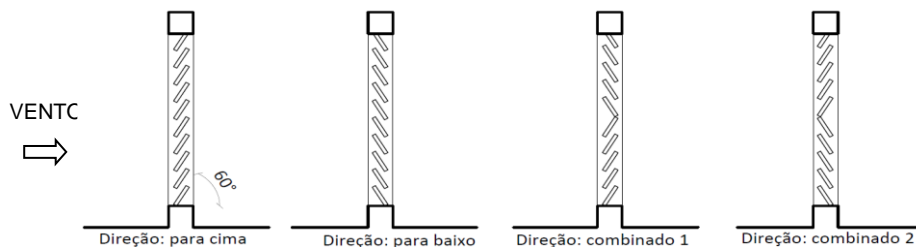


Figura 5 - Cortes demonstrando as configurações do muro vazado com lâminas horizontais com inclinação de 60°.

Para efeito comparativo, também foi incluído nos ensaios o modelo com o muro opaco, ou seja, o muro totalmente fechado. Além dos muros a maquete também incluiu um modelo simplificado de edificação térrea básica, com aberturas de entrada e saída medindo 1,20 m de altura e 0,90 m de peitoril, como é possível visualizar na figura 6. As dimensões de altura, cobertura e demais elementos da edificação foram definidas levando em consideração as especificações comumente encontradas nas Habitações de Interesse Social. Na observância de que estas habitações dependem da ventilação natural para obter conforto térmico na maioria das regiões climáticas do país, pois é onde reside a parcela pobre da população, que são impossibilitados de arcar com os elevados custos decorrentes da utilização aparelhos de ar condicionado. Evidentemente essas configurações escolhidas influenciam no comportamento do fluxo de vento.

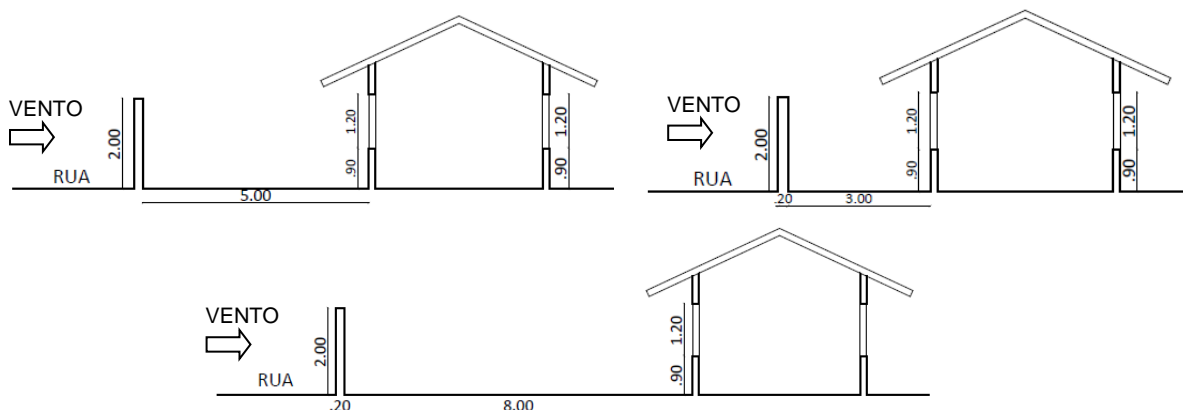


Figura 6 - Cortes demonstrando o modelo de construção básico, as dimensões das aberturas e recuos, como também o muro opaco.

### 3.2 Etapa 2: Realização dos ensaios analógicos em mesa d'água

A realização das simulações contou com a utilização de uma maquete vazada e o equipamento da mesa d'água existente no Laboratório de Conforto Ambiental da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) da

Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Como a lâminas eram horizontais a maquete confeccionada constitui-se de um corte vertical passando pelo muro e pela construção adjacente localizada a sotavento do muro. A maquete foi confeccionada utilizando-se material plástico (policloreto de polivinila – PVC), pintado na cor preta, para proporcionar um adequado contraste com a espuma branca, utilizada como traçador do escoamento do fluido, figuras 7 a 17. A escala escolhida para a maquete foi 1/30, em função das limitações dimensionais da mesa d'água e da pequena espessura das lâminas horizontais.

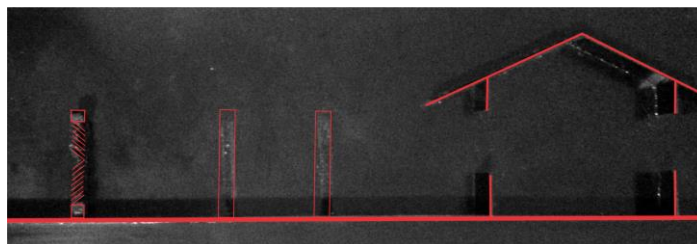


Figura 7 - Maquete confeccionada para a realização dos ensaios.

Os ensaios foram registrados por meio de captura de vídeos, obtidos por máquina fotográfica simples. A análise comparativa das simulações dos escoamentos foi realizada através da avaliação dos vídeos produzidos. Os vídeos permitem uma visualização clara e eficiente do comportamento do fluido e, por analogia, do desempenho qualitativo da ventilação natural através das diferentes configurações de muros vazados.

Após a avaliação dos vídeos, foram capturados os quadros que continham as melhores imagens de cada um dos escoamentos estudados, com o intento de elaborar ilustrações que demonstram, de forma esquemática, através de linhas de percurso, o movimento do fluxo de ar e sua área de abrangência, tanto externamente como internamente à edificação.

## 4. RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados referentes à avaliação comparativa das diferentes configurações dos muros vazados. Primeiramente, estabeleceu-se uma comparação entre os ensaios com muro opaco e as demais configurações de muros vazados. Posteriormente, os resultados dos ensaios foram divididos por parâmetros, comparando-se os distintos efeitos produzidos pelos diferentes afastamentos entre o muro e a edificação, pelos diferentes ângulos e as diferentes direções das lâminas.

### 4.1. Muro opaco X Muro vazado:

Ao observar o comportamento do vento no encontro da barreira do muro é possível notar, de uma maneira geral, a diferença existente entre o muro opaco e o muro vazado. Enquanto no muro opaco o fluxo de ar desvia por cima do mesmo, no muro vazado uma parte do escoamento passa através dos trechos vazados, favorecendo a ventilação da edificação localizada a sotavento do muro. Observa-se que, com o muro opaco, parte do fluxo desvia por cima do muro e ao se aproximar da edificação divide-se. A maior parte do fluxo passa por cima da cobertura, e uma menor parcela desvia para dentro da construção, sendo a quantidade de vento que passa para o interior dessa construção proporcional ao aumento do afastamento entre a edificação e o muro. Ou seja, o recuo de 8m (Figura 10) permite melhor ventilação interna do que os de 5m e 3m (Figuras 8 e 9).

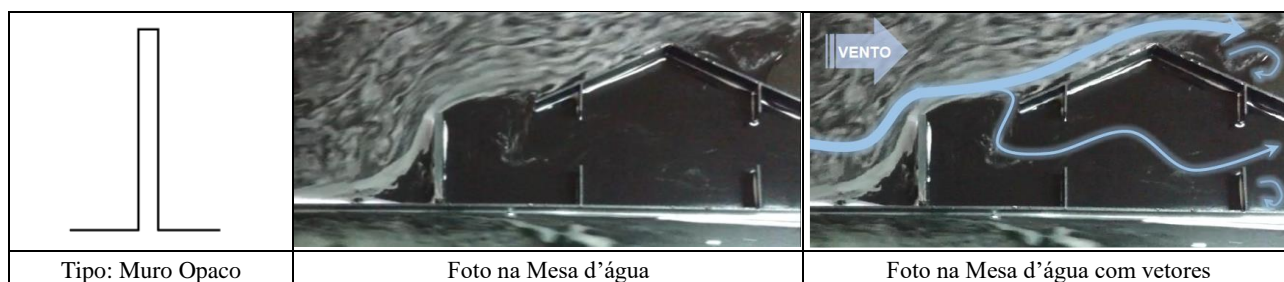


Figura 8 – Ensaio de escoamento, modelo com muro opaco e recuo de 3 m.

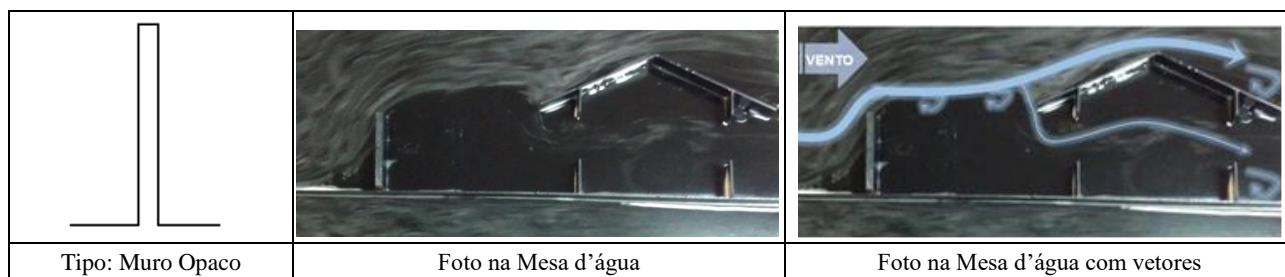


Figura 9 – Ensaio de escoamento, modelo com muro opaco e recuo de 5 m.

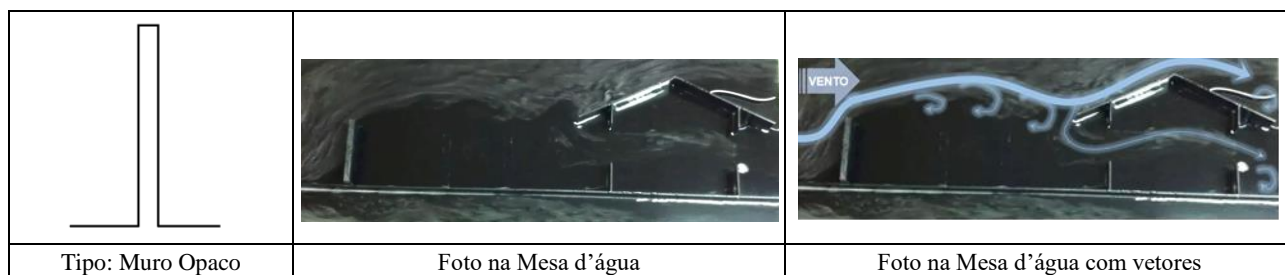


Figura 10 – Ensaio de escoamento, modelo com muro opaco e recuo de 8 m.

No muro vazado, o escoamento é bem distinto a depender da configuração das lâminas e da dimensão do recuo. De uma forma geral, porém, observa-se uma melhor abrangência e maior penetração do fluxo de ar na edificação, em relação ao muro opaco. É possível ilustrar isso ao comparar a figura 11 com as anteriores (figuras 8 a 10), essa trata-se do muro vazado constituído com lâminas inclinadas a 30° para cima e recuo de 3m.

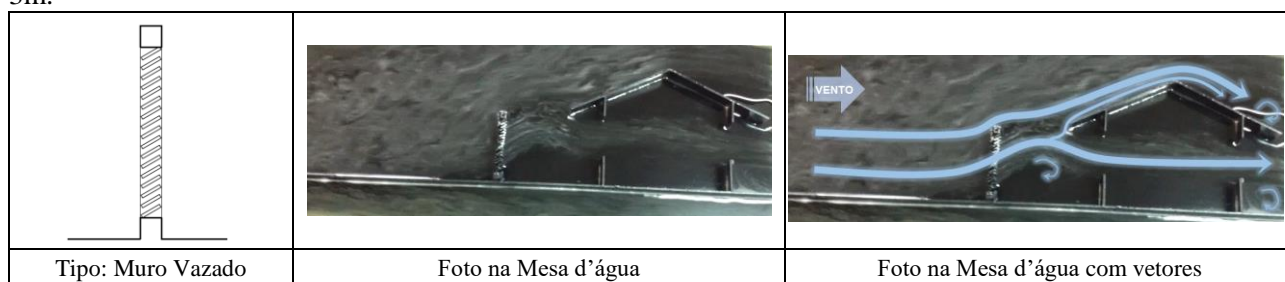


Figura 11 – Ensaio de escoamento, modelo com muro vazado, com lâminas inclinadas (30°) para cima e recuo de 3 m.

#### 4.2. Muros Vazados: comparação entre os recuos de 3m, 5m e 8m

Avaliando os modelos com distintos recuos, percebe-se que diferentemente do muro opaco, onde quanto maior o recuo melhor o aproveitamento do vento para edificação, o muro vazado tende a ter no recuo de 3m um escoamento mais favorável, dependendo da inclinação das lâminas.

Com a configuração denominada combinado 1, observa-se um interessante escoamento que combina o fluxo ascendente da metade inferior do muro com o fluxo descendente da metade superior do mesmo, apresentando uma direção do escoamento paralela ao plano horizontal e uma boa entrada da ventilação natural. Quando o recuo aumenta, entretanto, zonas de turbulência são desenvolvidas entre o muro e a edificação, reduzindo o fluxo de ar que entra na edificação. Isso é possível identificar nas figuras 12, 13 e 14, em que se percebe que o aumento do recuo faz com haja um direcionamento do fluxo para cima da cobertura. Esse padrão se repete de forma semelhante nas outras configurações.

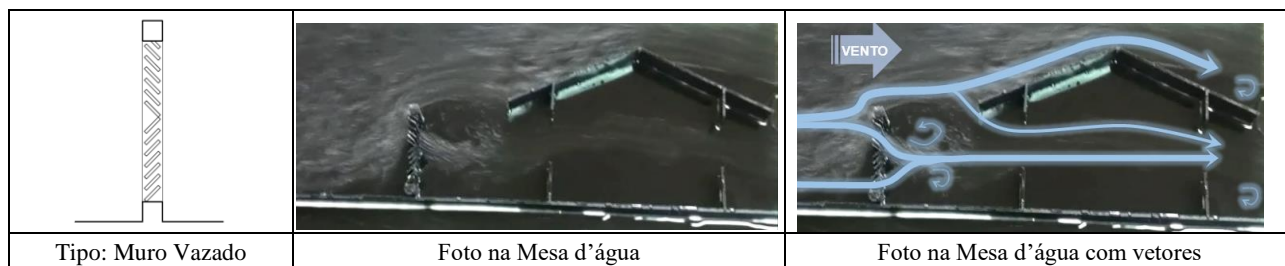


Figura 12 - Ensaio de escoamento, modelo com muro vazado, direção combinado 1, inclinação de 45° e recuo de 3 m.



Figura 13 - Ensaio de escoamento, modelo com muro vazado, direção combinado 1, inclinação de 45° e recuo de 5 m.

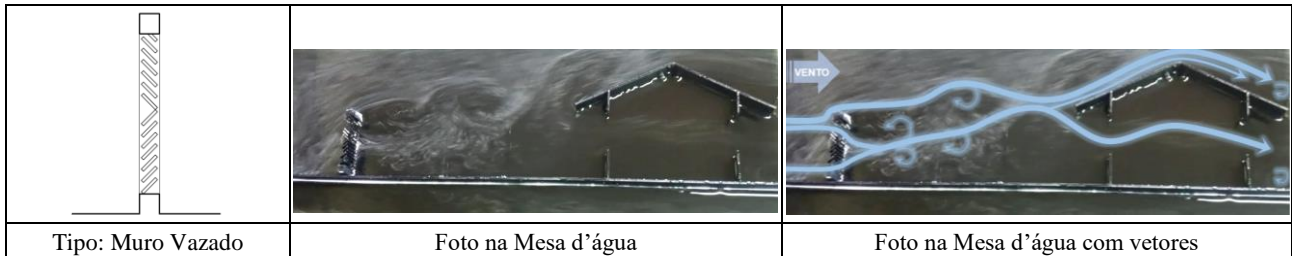


Figura 14 - Ensaio de escoamento, modelo com muro vazado, direção combinado 1, inclinação de 45° e recuo de 8 m.

### 4.3. Muros vazados: comparação entre os ângulos 30°, 45° e 60° das lâminas

A declividade das lâminas determina o grau de privacidade visual proporcionado pelo muro vazado, afetando também a direção do fluxo a sotavento do muro. Observando o comportamento do vento após passar pelo muro com os distintos posicionamentos das lâminas (para cima, para baixo, combinado 1 e combinado 2), verificou-se que quando as lâminas eram inclinadas a 30°, havia uma menor deflexão no sentido do vento. Das três declividades avaliadas, esta apresentou a menor resistência a passagem da ventilação (figura 15) e a direção do escoamento é mais direcionada para a abertura da edificação. O ângulo de 45° apresentou uma condição intermediária (figura 16), enquanto que quando as lâminas estavam inclinadas a 60° ocorreu o deslocamento mais acentuado do fluxo de ar (figura 17). As imagens a seguir demonstram escoamentos com as diferentes inclinações, com a direção das lâminas voltadas para baixo e recuo de 3 m. Com as lâminas inclinadas para cima, declividade de 60° proporcionou uma acentuada deflexão ascendente, fazendo com que boa parte do fluxo desviasse por cima da edificação.

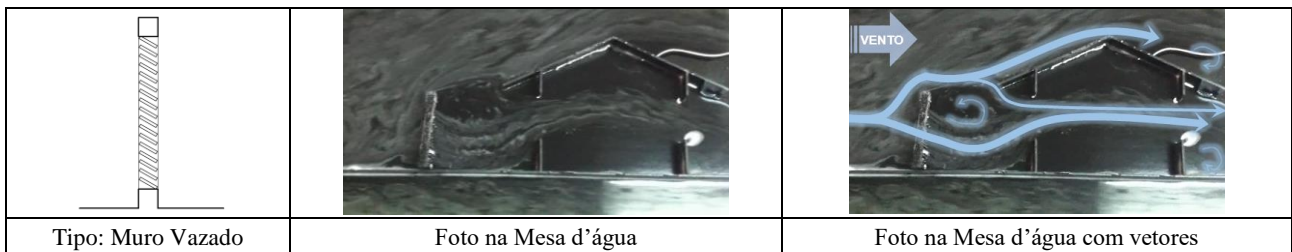


Figura 15 - Ensaio de escoamento, modelo com muro vazado, direção para baixo, inclinação de 30° e recuo de 3 m.

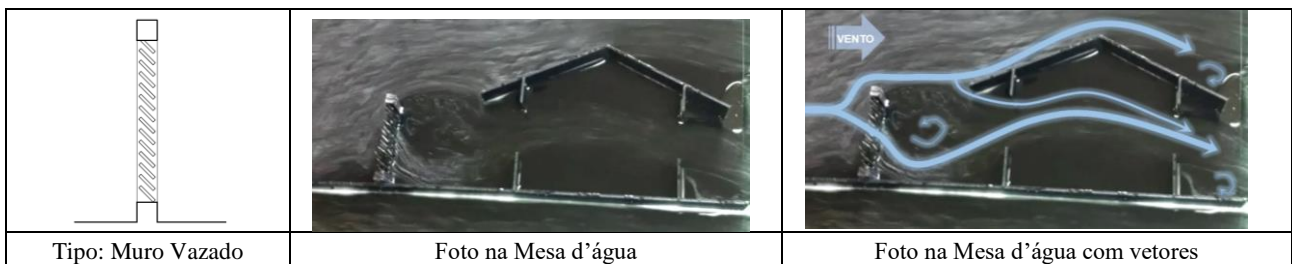


Figura 16 - Ensaio de escoamento, modelo com muro vazado, direção para baixo, inclinação de 45° e recuo de 3 m.



Figura 17 - Ensaio de escoamento, modelo com muro vazado, direção para baixo, inclinação de 60° e recuo de 3 m.

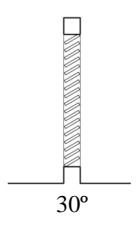
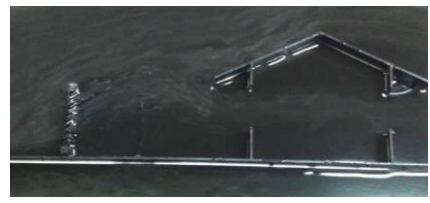
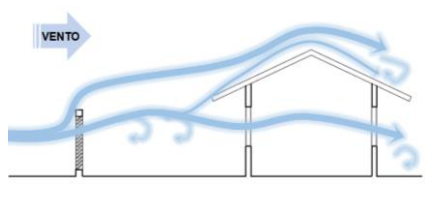
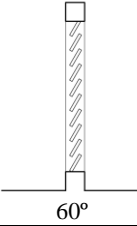
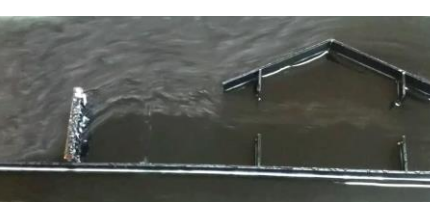
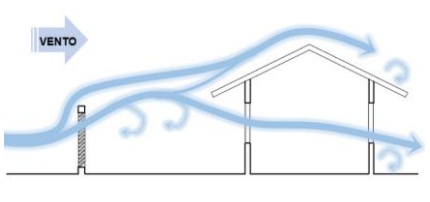
#### 4.4. Muros vazados: comparação entre as inclinações das lâminas – para cima, para baixo, combinado 1 (C1) e combinado 2 (C2)

Dentre os parâmetros examinados, a direção e inclinação das lâminas são os que mais influenciam o comportamento do fluxo de ar ao passar pelo muro. Com base nos resultados obtidos nos ensaios, foram elaboradas ilustrações que mostram o movimento do ar em algumas das situações examinadas, visando proporcionar maior clareza na visualização desses resultados. Cada figura mostra o comportamento da ventilação e a ocorrência de zonas de turbulência, considerando as inclinações de 30° e 60°.

##### 4.4.1. Direção das lâminas para cima

O fluxo de ar que atravessa o muro com essa configuração tem uma trajetória ascendente, decrescendo ao se aproximar do beiral da edificação, uma parte do fluxo se direciona para a abertura e outra é desviada para cima da cobertura, como mostrado nas comparações entre o ângulo de 30° e 60° a seguir (Tabela 1). Quando o recuo e a inclinação das lâminas são menores o fluxo possui uma ascendência mais suave e incide com mais abrangência na abertura da edificação a barlavento. Quando o recuo e a inclinação vão aumentando, o fluxo do vento tende a desviar mais para cima da cobertura. São criadas algumas zonas de turbulência, principalmente na região abaixo do peitoril, onde a circulação de vento é baixa. Outras zonas de turbulência se formam na parte posterior da cobertura e abaixo do peitoril da abertura a sotavento da edificação. Essa tendência se repete, com maior ou menor amplitude, nas outras configurações.

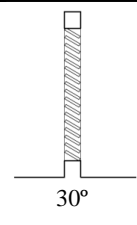
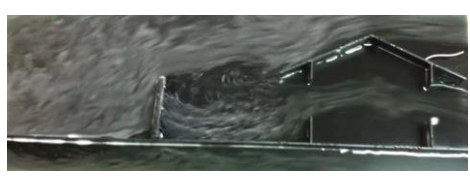
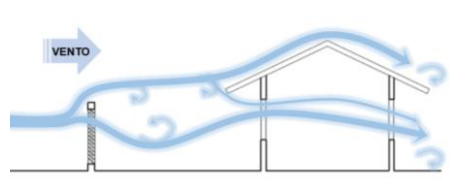
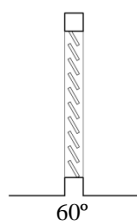

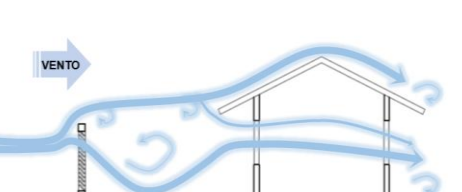
Tabela 1 - Comparação do comportamento do fluxo de vento com as lâminas inclinadas a 30 e 60°, direção para cima, recuo 5m.

Tipo: Muro Vazado	Foto na Mesa d'água	Ilustração com vetores
 <p>30°</p>		
 <p>60°</p>		

##### 4.4.2. Direção das lâminas para baixo

Como mostrado na tabela 2, as lâminas direcionadas para baixo geram um escoamento descendente que quando se aproxima do peitoril da edificação desvia para cima e entra pela abertura da edificação. Quando a inclinação das lâminas é de 30°, o fluxo descendente é mais suave. Quanto maior a inclinação das lâminas o fluxo de ar tende a se dirigir mais para baixo, o que gera uma maior área de turbulência na altura central da abertura. Semelhante à configuração anterior, o aumento do recuo faz com que o vento ascenda mais rápido.

Tabela 2 - Comparação do comportamento do fluxo de vento com as lâminas inclinadas a 30 e 60°, direção para baixo, recuo 5m.

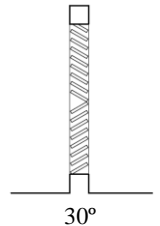

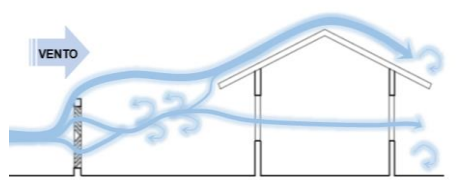
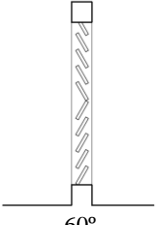

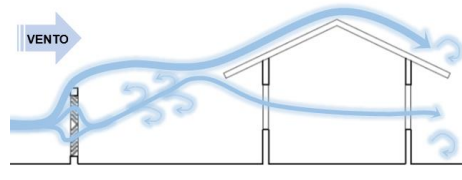
Tipo: Muro Vazado	Foto na Mesa d'água	Ilustração com vetores
 <p>30°</p>		
 <p>60°</p>		



#### 4.4.3. Direção das lâminas com parte superior para baixo e parte inferior para cima (C1)

Seguindo os direcionamentos das lâminas, o escoamento é tanto direcionado para baixo (metade superior do muro) como para cima (metade inferior do muro). Essa configuração faz com que o fluxo de vento seja convergente, se unindo em torno de um eixo central, com uma direção paralela ao plano horizontal (Tabela 3). Nessa configuração das lâminas, quanto menor o recuo, mais o escoamento incide perpendicularmente em relação à abertura. Com o aumento do recuo, o fluxo apresenta uma curva ascendente. Em relação à inclinação das lâminas, observou-se que o aumento da declividade produz um fluxo menos abrangente. Como a circulação de ar é centralizada, há ocorrências de duas pequenas zonas de turbulências tanto na altura do beiral como acima do peitoril, que crescem com o aumento do recuo.

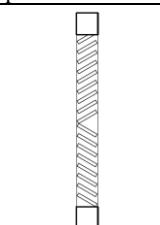

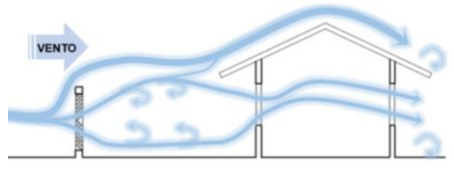
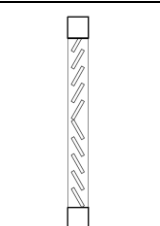

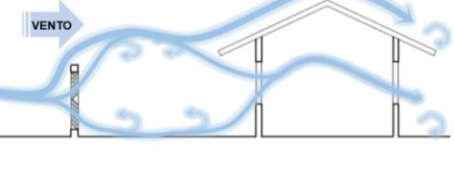
Tabela 3 - Comparação do comportamento do fluxo de vento com as lâminas inclinadas a 30 e 60°, direção combinado 1, recuo 5m.

Tipo: Muro Vazado	Foto na Mesa d'água	Ilustração com vetores
 <p>30°</p>		
 <p>60°</p>		

#### 4.4.4. Direção das lâminas com parte superior para cima e parte inferior para baixo (C2)

Seguindo os direcionamentos das lâminas, o vento é tanto direcionado para baixo (parte inferior) como para cima (parte superior), isso faz com que o fluxo de vento seja divergente, criando uma zona de turbulência central, na altura da janela, como é possível visualizar na Tabela 4. As lâminas superiores que estão direcionadas para cima, fazem o fluxo de vento ter um percurso ascendente que após encontrar o beiral desvia para baixo e entra na edificação. Com uma direção oposta, as lâminas inferiores fazem com que o fluxo de vento desça e ao se aproximar do peitoril desvie para cima na direção do interior da edificação. Nessa configuração, quanto maior a inclinação das lâminas mais concentrado nas extremidades é o fluxo, o que ocasiona uma menor varredura da ventilação que incide na abertura.

Tabela 4 - Comparação do comportamento do fluxo de vento com as lâminas inclinadas a 30 e 60°, direção combinado 2, recuo 5m.

Tipo: Muro Vazado	Foto na Mesa d'água	Ilustração com vetores
 <p>30°</p>		
 <p>60°</p>		

Percebe-se que no combinado 1, com 30° de inclinação das lâminas e recuo de 3,00 m, o fluxo resultante converge na altura da abertura da edificação. Essa foi a configuração que apresentou a melhor distribuição do fluxo do vento, entrando na abertura da edificação com maior abrangência. Foi também a que

apresentou menores perdas de energia cinética, como consequência dos poucos desvios na direção do escoamento do vento.

Na configuração com todas as lâminas direcionadas para cima, bem como no combinado 2, observam-se limitações importantes devido à suscetível influência da parcela do escoamento que passa por cima do muro, que desvia parte do fluxo para cima da coberta.

## 5. CONCLUSÕES

Na observância das significativas potencialidades do muro vazado para o melhor aproveitamento da ventilação natural nas edificações, o presente trabalho examinou esse recurso bioclimático, avaliando o desempenho de algumas configurações de lâminas horizontais, além de distintas dimensões de recuos entre o muro e a edificação. As lâminas horizontais foram escolhidas devido a possibilidade de proporcionar permeabilidade, como também privacidade, diferentemente de outras tipologias de muros vazados. Através de simulações em mesa d'água e um modelo reduzido de uma edificação térrea, foi possível identificar que a inter-relação dos diferentes parâmetros produzem diferentes comportamentos no fluxo de ar que incide nas aberturas a sotavento dos muros.

Os resultados encontrados sugerem que o muro vazado, com a porosidade das lâminas horizontais, apresenta importantes vantagens em relação ao muro opaco. Ao contrário do primeiro, numa edificação com muro totalmente fechado necessita-se de grandes recuos para obter condições favoráveis de ventilação. Numa edificação com muro permeável aos ventos, pode-se obter um adequado desempenho da ventilação natural com recuos menores. Analisando todos os escoamentos investigados, é possível afirmar que a inclinação de 30° das lâminas é a mais favorável, pois esta apresenta uma menor resistência a passagem do vento, como também não desvia demasiadamente o fluxo, para cima, para baixo ou para o centro, movimentos que dependem da direção das lâminas, possibilitando que o fluxo seja melhor distribuído, com desvios menos acentuados. Esse comportamento já era esperado, visto que a inclinação de 30° é a mais próxima da posição horizontal, facilitando a passagem do vento. Em relação a direção das lâminas, pode-se dizer que a mais vantajosa foi a C1 seguida pelas direcionadas para baixo.

Evidentemente os padrões de escoamentos nas proximidades da edificação são condicionados também as definições escolhidas para a mesma, tais como altura, desenho da cobertura, posicionamento das aberturas. Necessitando de estudos que possam validar os resultados em outras aplicações.

Os resultados apontam para a necessidade de se pesquisar novas tipologias de muros vazado sempre considerando a privacidade como elemento condicional para a disseminação de muros mais permeáveis em regiões de clima quente e úmido, onde a ventilação natural deve ser considerada como uma estratégia fundamental para proporcionar melhores condições de conforto térmico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, Bianca Carla; BISTAFA, Sylvio. Elemento vazado com isolamento sonoro: análise acústica e térmica. In: **XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**. Búzios: ANTAC, 2011.
- BITTENCOURT, Leonardo S.; CÂNDIDO Christina. Ventilação natural em edificações. **PROCEL EDIFICA**. Rio de Janeiro, 2010.
- HOLANDA, Armando. **Roteiro para construir no Nordeste**. Recife: MDU: Universidade Federal de Pernambuco, 1976.
- LI, Wei; WANG, Fan; BELL, Simon. Windbreak sheltering effects on outdoor open space. In: **Eighth International IBPSA Conference**. Eindhoven, 2003. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/acervos/abstract/codigoAutor/39604/codigobiblio/31510/cod/1>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2015.
- MOREIRA, Kátia. **Diretrizes para projeto de segurança patrimonial em edificações**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-17052010-090837/en.php>>. Acesso em: 29 de julho de 2015.
- TOLEDO, A. M.; PEREIRA, F. O. R. O potencial da mesa d'água para visualização analógica da ventilação natural em edifícios. In: **VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações - COTEDI/ II Workshop IBPSA-Brasil**. Curitiba, 2003.

## AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Conforto Ambiental da Faculdade de Arquitetura (FAU) e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) pela disponibilização do equipamento mesa d'água, ferramenta essencial para a realização do presente trabalho.