



XII ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
VIII ELACAC Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído
BRASÍLIA | 25 a 27 de setembro de 2013

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO FLUXO DE AR NO INTERIOR DE UMA UNIDADE HABITACIONAL POR MEIO DE SIMULAÇÕES NA MESA D'ÁGUA

Renata da C. B. Medeiros (1); Leonardo S. Bittencourt (2)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió-AL, renatacbarq@hotmail.com

(2) Prof. Dr., Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, Tel.: (82) 3214-1268. lsb@ctec.ufal.com

RESUMO

Em clima tropical quente e úmido, a ventilação natural apresenta-se como uma importante estratégia bioclimática que possibilita a renovação do ar, a higienização no interior de uma edificação, o conforto térmico dos usuários, e o aproveitamento dos recursos naturais. Na busca por esses aspectos qualitativos, os projetistas idealizam uma edificação sem observar o escoamento de ar no interior das habitações. Assim, o objetivo desse artigo é apresentar os resultados da avaliação do comportamento dos fluxos de ar no interior de um apartamento com tipologia recorrente na cidade de Maceió/AL. A metodologia consistiu em ensaios analógicos de escoamento com uso de maquete no equipamento mesa d'água, com simulação nos três ventos predominantes (Nordeste, Leste e Sudeste). Os resultados apontam que a renovação de ar e o conforto dos usuários tornaram-se possível nas orientações propostas, mas insuficiente para a correta higienização de algumas áreas molhadas. Conclui-se que, mesmo em uma edificação com ventilação natural predominante durante boa parte do ano, é possível buscar melhorias para potencializar ainda mais essa ventilação através de projetos mais conscientes que buscam o aproveitamento dos recursos naturais e a diminuição dos gastos com energia elétrica.

Palavras-chave: Ventilação natural, Ensaios analógicos, Fluxo de ar.

ABSTRACT

In hot and humid tropical climate, natural ventilation is an important bioclimatic strategy that enables air renewal, cleaning the inside of a building, the thermal comfort of the users, and the use of natural resources. In the search for these qualitative aspects, the designers think up a building without observing the flow of air inside of dwellings. Thus, the objective of this article is to present the results of the evaluation of the behaviour of air flows inside an apartment with recurring typology in the city of Maceió/AL. The methodology consisted of analog flow tests using a scale model on a water table equipment for simulation with three prevailing winds (North, East and South-East). The results indicate that the air renewal and the comfort of users became possible in the proposed guidelines, but insufficient for the correct cleaning of some wet areas. It is concluded that, even in a building with natural ventilation prevalent for most of the year, it is possible to seek improvements to increase even more this ventilation through projects more aware that seek to take advantage of natural resources and the reduction of expenses with electric power.

Keywords: Natural Ventilation, Testing Analog, Airflow.

1. INTRODUÇÃO

Em clima tropical quente e úmido, a ventilação natural apresenta-se como uma importante estratégia bioclimática, pois possibilita a renovação do ar interior, o conforto térmico dos usuários através da remoção do calor pela evaporação do suor, e o resfriamento passivo do edifício por convecção (TOLEDO; PEREIRA, 2003). Nesse contexto onde está inserida, a arquitetura sustentável busca criar prédios de forma integrada com os climas locais para consumir menor quantidade de energia e poluição, aumentando a qualidade de vida do ser humano no espaço construído (CORBELLA; YANNA, 2003). Assim, a orientação adequada da

edificação para captação dos ventos, junto com o dimensionamento e posicionamento das suas aberturas, pode contribuir no consumo racional dessa energia e no conforto de seus usuários.

A compreensão do comportamento do fenômeno físico do fluxo de ar no interior de uma edificação pode levar à busca por estratégias mais eficientes que auxiliem na fase inicial de elaboração dos projetos. Por outro lado, a distribuição de pressão e escoamento interno não são tão simples de serem observados ou estimados (TOLEDO, 2006). Segundo Bittencourt e Candido, 2010, a intensidade e distribuição do escoamento de ar no interior de um ambiente são determinadas pelas diferenças de pressão encontradas nas diversas superfícies do edifício. Elas podem ser geradas pelas forças exercidas pelo vento (pressão dinâmica) ou por diferenças de temperatura e, conseqüentemente, por diferenças na densidade do ar no interior e no exterior das construções (pressão estática). A visualização desse comportamento pode ser melhor analisada por modelagem matemática, na qual utiliza simulações computacionais, e por modelos de ensaios físicos ou analógicos.

A modelagem matemática, que se dá por modelagem numérica, foi desenvolvida a partir dos fundamentos teóricos da dinâmica dos Fluidos. Apesar de exigirem menos tempo de trabalho e menor custo operacional, podem ser consideradas pouco acessíveis, pelo fato de alguns não fornecerem informações sobre a distribuição do fluxo de ar ou por necessitarem de treinamento especializado, equipamentos de informática com grande capacidade de memória de processamento e onerosas licenças pelo uso dos programas (TOLEDO; LAURENTINO, 2010). Isso pode dificultar o acesso para a utilização dos mesmos como instrumento didático, apresentando-se como desvantagem para uso em regiões onde a ventilação é uma estratégia bioclimática importante.

Já a modelagem por modelos reduzidos, onde os mais conhecidos são os túneis de vento e as câmaras de fumaça, reproduzem as mesmas propriedades físicas do fenômeno real em escala natural ou reduzida (PEREIRA; BITTENCOURT, 1996 apud TOLEDO; PEREIRA, 2003). Dentro desse contexto, também está inclusa a modelagem com ensaios analógicos, que surgem como uma opção mais viável para essa pesquisa. Apesar de apresentar resultados apenas bidimensionais, simplificadas e com algumas limitações, verifica-se que os mesmos podem ser usados como ferramenta de visualização qualitativa, para o entendimento do fluxo do ar pela ação do vento no interior dos apartamentos, devido ao fato de trabalhar com baixa velocidade, permitir a visualização instantânea do escoamento do ar, e não necessitar do uso de ferramentas e/ou instruções especializadas (GERMANO; ROULET, 2006 apud TOLEDO; LAURENTINO, 2010).

Na fase de concepção dos projetos, principalmente para regiões com clima quente e úmido, os projetistas devem conhecer o comportamento do fluxo de ar no interior da edificação para poder dimensionar e localizar corretamente as aberturas, de acordo com os ventos dominantes da região, de modo a potencializar a concepção e adequação do projeto ao programa de necessidades e ao espaço a ser inserido.

2. OBJETIVO

Avaliar o comportamento dos fluxos dos ventos Nordeste, Sudeste e Leste no interior de uma unidade habitacional (apartamento) na cidade de Maceió/AL a partir da utilização da Mesa d'Água como ferramenta de simulação.

3. METODOLOGIA

Para o objetivo proposto, realizaram-se ensaios analógicos de escoamento com uso de modelo reduzido de unidade habitacional de apartamento voltado para Leste, simulando outras duas orientações (Nordeste e Sudeste), no equipamento Mesa d'Água do Laboratório de Conforto Ambiental (LabCon) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Tal equipamento foi criado com o objetivo de utilização do mesmo para a prática didática em atividades voltadas para a ventilação natural das edificações.

3.1. Mesa d'água

O equipamento mesa d'água é composto por uma placa de vidro transparente horizontal, apoiada em uma estrutura de perfis metálicos, que permite o escoamento uniforme da água entre os reservatórios "1" e "2" existentes, esses também fechados em vidro com perfis metálicos (Foto 01). Complementam o equipamento um sistema elétrico e outro hidráulico.

Quando o equipamento é acionado, já com a maquete fixada no centro, o sistema elétrico e hidráulico impulsiona a água do reservatório "1" (reservatório jusante) para o reservatório "2" (reservatório montante), através de um tubo transversal. A operação utiliza o detergente lava-louças como indicador, de modo que

uma espuma leitosa é criada após 5 minutos de acionado o equipamento (TOLEDO; PEREIRA, 2003). Essa espuma possibilita a visualização do comportamento do fluido ao passar através da maquete bidimensional.



Foto 01- Mesa d'água. Fonte: acervo autor

3.2. Escolha e caracterização do objeto de estudo

Para os ensaios foi escolhida uma unidade habitacional multifamiliar de apartamento, em uma edificação vertical localizada no bairro do farol da cidade de Maceió/AL.

A escolha priorizou um edifício que estivesse inserido em um espaço urbano com poucos elementos verticais em seu entorno, para buscar resultados mais próximos do real, de modo a evitar que outras edificações pudessem influenciar na mudança de orientação do vento (Foto 02).

Como critérios para a escolha do apartamento levaram-se em consideração sua orientação e seu programa de necessidades, que deveria seguir uma tipologia recorrente do mercado imobiliário local, com 2 (dois) quartos, 01 (uma) suíte, sala estar, sala jantar, cozinha, área de serviço e banheiro social. A partir daí, foram encontrados 2 apartamentos (terminação 02 e 04), na qual o critério final de escolha priorizou aquele com maior quantidade de aberturas voltadas para o Sudeste, orientação dos ventos predominante na maior parte do ano.

Dos quatro apartamentos que constituem o edifício, apenas os dois frontais (voltados para Leste) é que recebem a influência dos três ventos dominantes (Nordeste, Leste e Sudeste). Neste contexto, e devido ao fato de que os dois apartamentos frontais possuem também mesma disposição interna de ambientes (Fig.01), escolheu-se um deles para a simulação na mesa d'água. O outro apartamento frontal foi considerado com janelas fechadas, durante ensaios, bem como a porta de entrada do apartamento.



Foto 02- Entono do Edifício Governador José Tavares, Farol - Maceió - AL. Fonte: acervo autor.

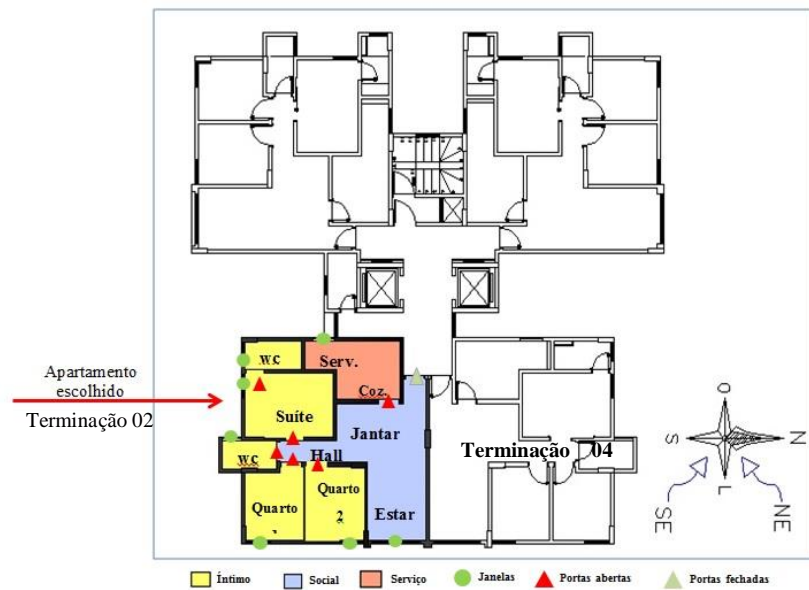


Figura 01 - Planta baixa setorizada (sem escala) do apartamento escolhido no 8º andar do Edf. Governador José Tavares - Farol - Maceió/AL

3.3. Elaboração da maquete

O modelo reduzido (maquete), utilizado no ensaio, precisava atender a alguns requisitos, tanto no que se refere ao material a ser usado quanto à sua execução e escala. Nesse contexto, por tratar-se de visualização de escoamento no interior de um edifício, a mesma deveria ser confeccionada com material de maior densidade, rigidez e menor permeabilidade, para resistir ao impacto constante da água e evitar o desligamento no campo de observação (Fig.02). Um plástico grosso, utilizado em pastas de arquivo foi o material escolhido.

As seções, referente à localização de portas e janelas, tiveram aberturas até a base assim, a pequena altura da lâmina d'água pôde ser melhor observada.

A base de 35 cm x 35 cm foi fixada no vidro com fita de alta aderência, colocada em todo o perímetro da maquete, o que tornou possível minimizar o atrito da espessura da base com a água. A altura de 2cm, vazada, a escala de 1:50 e o afastamento da maquete nas laterais do equipamento complementam os requisitos, a fim de evitar interferências e tornar nítida a passagem da espuma.

Consideram-se as portas e janelas abertas, exceto a porta de acesso de entrada dos apartamentos, considerada como se estivessem fechadas, para a devida confecção e utilização da maquete.

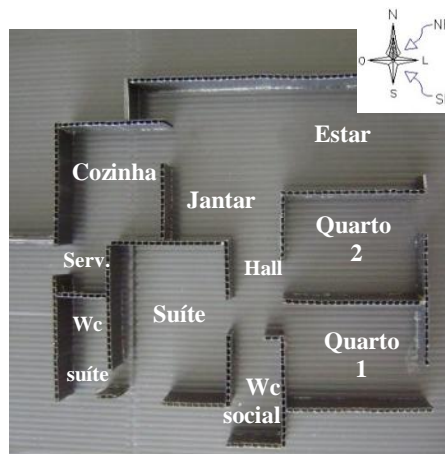


Figura 02- Imagem real da maquete vazada. Aberturas das portas e janelas até a base.

4. REALIZAÇÃO E RESULTADOS DOS ENSAIOS

Os ensaios de escoamento, que utilizou a maquete e a mesa d'água como ferramenta de visualização, foram simulados nas três principais orientações de vento da cidade de Maceió (Nordeste, Leste e Sudeste) e registrados através de câmera digital (foto).

As aberturas de entrada, para o escoamento de ar no interior da edificação, consistiram nas janelas dos quartos "1", "2", e sala de estar (Fig.03), todos no sentido leste do apartamento. Já os fluxos (Fig. 04, 05 e 06) de saída ocorreram em aberturas existentes na área de serviço (oeste), banheiro social, quarto e banheiro da suíte, ambos ao Sul. Como já mencionado no tópico 3.3, considerou-se no ensaio as esquadrias como abertas.

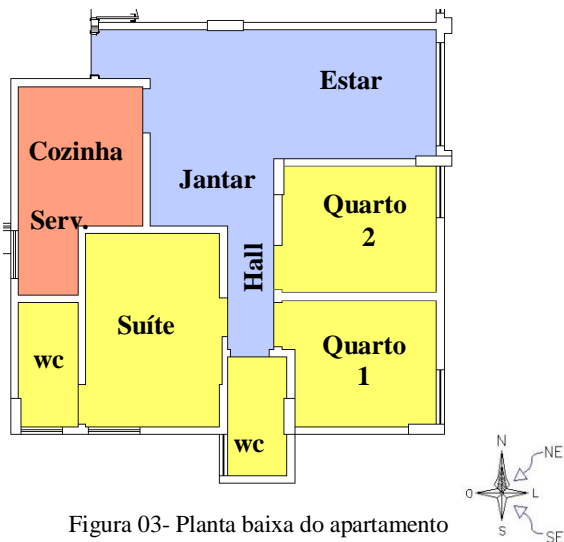


Figura 03- Planta baixa do apartamento

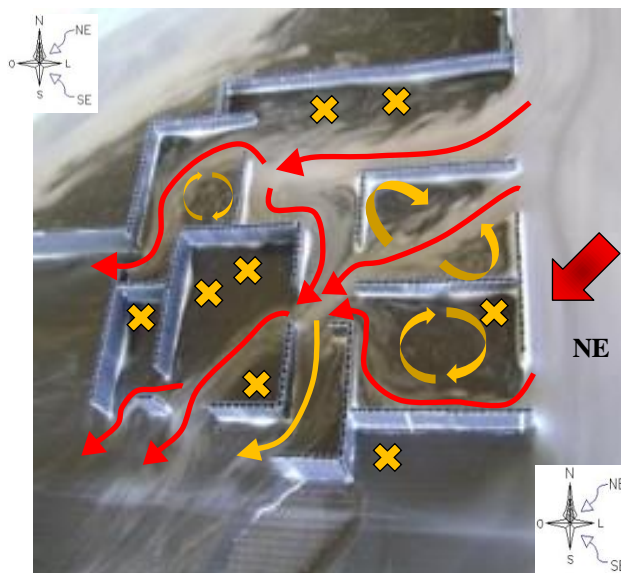


Figura 04- Imagem da maquete e esquema do escoamento de ar no interior da edificação com ventos Nordeste

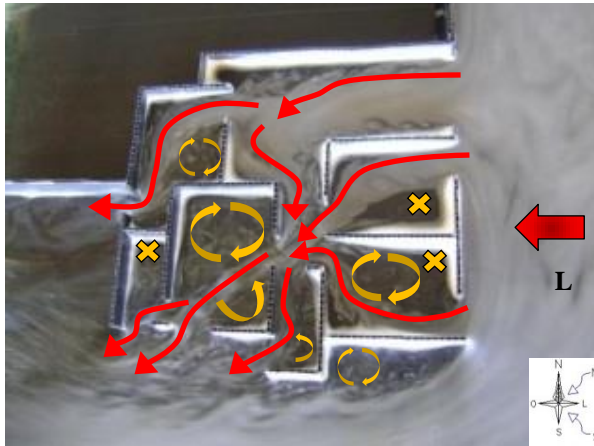


Figura. 05- Imagem da maquete e esquema do escoamento de ar no interior da edificação com ventos **Leste**.

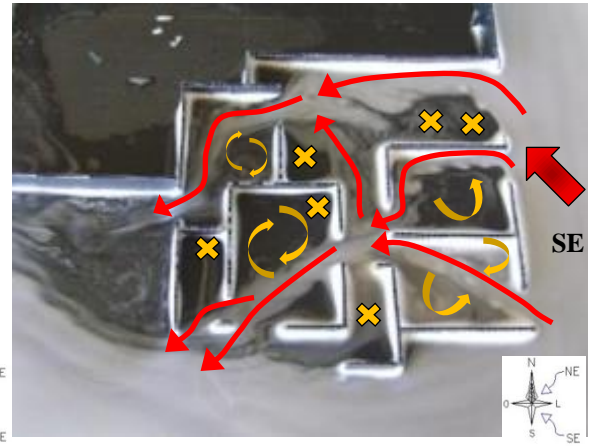


Figura 06- Imagem da maquete e esquema do escoamento de ar no interior da edificação com ventos **Sudeste**

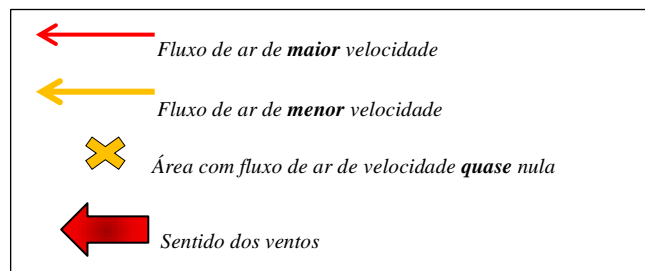


Tabela 01- Legenda

Para melhor entendimento, a apresentação dos resultados consistiu na abordagem separada dos ambientes internos, de forma que tornasse mais perceptível à visualização e a comparação do comportamento dos ventos em cada ambiente estudado. Como a maioria dos apartamentos apresentaram posicionamento do mobiliário de modo similar, considerou-se uma planta como padrão para explanação dos resultados nos 3 ventos abordados (Fig.07, 08 e 09).

As **salas de estar e jantar** apresentou, de modo geral, um bom desempenho com relação ao vento leste. Espaços de maior permanência dos usuários recebem boa quantidade de ventilação, como por exemplo, na mesa jantar e no sofá. Apesar de surgirem pequenas áreas com fluxo de ar quase nulo nos ventos nordeste e sudeste, o mesmo não chega a influenciar significativamente o conforto térmico nesses ambientes. Na sala de jantar, o escoamento que antes vinha da estar, nos ventos nordeste e leste, surge oriundo dos quartos durante o período de ventos sudeste.

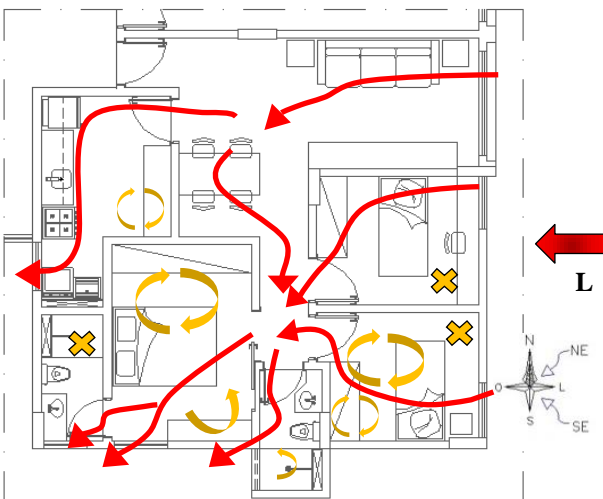


Figura 07- Planta baixa padrão ambientada com ventos **LESTE**

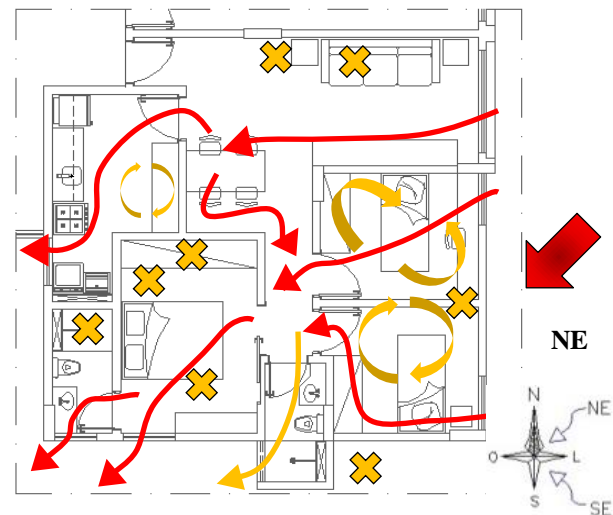


Figura 08- Planta baixa padrão Ambientada com ventos **NORDESTE**

O **hall, cozinha e área de serviço** permaneceram com um constante e intenso fluxo de escoamento do ar em todas as três direções simuladas (NE, L e SE).

No **quarto “2”**, situado ao lado da sala de estar, o fluxo de escoamento tornou-se mais próximo à parede norte e com menor velocidade, ou velocidade quase nula no sentido oposto a ela, nos ventos Sudeste e Leste. Já no vento Nordeste, apresentou fluxo cruzado entre a abertura de entrada e a abertura de saída do ambiente.

No **quarto “1”**, situado ao lado do banheiro social, o fluxo obteve melhor escoamento em área mais próxima à parede sul do ambiente e com pequena área de velocidade quase nula, nos ventos Leste e Nordeste. Seu fluxo de ar cruzado ocorreu durante todo o período de vento Sudeste.

O **banheiro social**, localizado entre quarto “1” e suíte, recebe fluxo de escoamento de velocidade baixa e quase nula durante o período de vento Nordeste e Sudeste, com melhor desempenho nos períodos de vento Leste.

A **suíte**, apesar de possuir um fluxo constante com ventilação do tipo cruzada, nas três direções de vento, permanece a existência de áreas com fluxo de ar de velocidade quase nula nos períodos de ventos Sudeste e Nordeste, e áreas de turbulência de pequena intensidade nos ventos Leste. Nesse ambiente, a cama de casal passou a ser prejudicada devido ao fluxo de ar que existe entre a porta e janela.

No **banheiro da suíte**, o ensaio com os três tipos de vento apresentou fluxo de escoamento do ar apenas em uma pequena área do ambiente, o que pode vir comprometer sua higienização por renovação de ar interior, fator de grande importância em ambientes de grande umidade relativa.

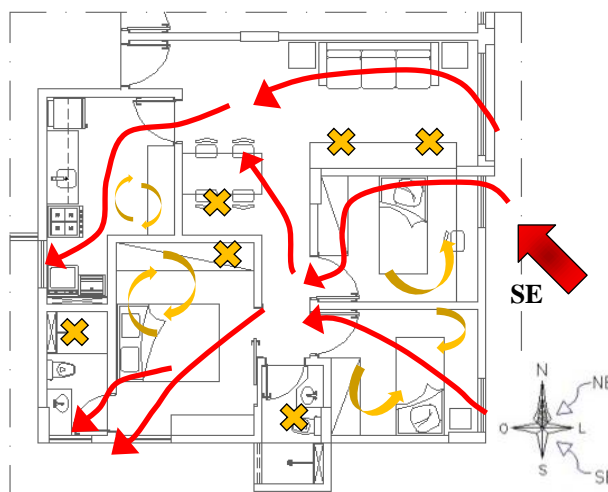


Figura 09- Planta baixa padrão Ambientada com ventos SUDESTE

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados, considerou a mesma velocidade de vento para as 3 (três) direções apresentadas (NE, L e SE), com esquadrias abertas (janelas e portas), a fim de atender o objetivo proposto.

O tamanho e posicionamento das aberturas comprovaram ser determinantes, no que diz respeito à orientação do escoamento de ar dentro da edificação, criando áreas com grandes diferenças de pressão. Através dos ensaios, foi possível observar que pequenas modificações no posicionamento de esquadrias contribuem para a obtenção de uma melhor ventilação cruzada nos ambientes, diminuindo as áreas onde o fluxo de ar apresenta-se com intensidade quase nula, como é o caso da suíte e banheiro suíte.

Na suíte, o fluxo de ar pode não ser suficiente para proporcionar conforto ao usuário. A modificação na localização da cama ou no sentido da porta de entrada, afastando-a do banheiro social, bem como, a alteração da janela do banheiro da suíte, colocando-a próximo à janela de serviço, vem a constituir soluções simples, que poderiam ter sido pensadas na fase de concepção do projeto. O movimento do ar reduz a temperatura efetiva devido à evaporação do suor da pele e as trocas convectivas entre a corrente de ar e o corpo humano (ASHLEY; SHERMAN, 1984 apud BITTENCOURT; CANDIDO, 2010).

Apesar dos ventos Nordeste, Leste e Sudeste atenderem parcialmente aos objetivos, quanto ao uso da ventilação natural para a renovação do ar e conforto generalizado dos usuários, a potencialização no uso dessa ventilação pelos projetistas, também deveriam incluir o estudo do mobiliário, na fase de concepção do projeto, e o uso da ventilação natural para a higienização das áreas molhadas, atuando como importantes ferramentas na busca pelo aproveitamento eficiente da ventilação natural no interior de uma edificação.

Os ventos Leste apresentaram menor quantidade de áreas com intensidade no fluxo de ar quase nulo. Já os ventos Sudeste e Nordeste prejudicaram o fluxo de vento no banheiro social.

Em áreas que não é possível modificar sua estrutura, a flexibilização na disposição do mobiliário vem a surgir como uma alternativa importante na busca pelo aproveitamento adequado dos fluxos de ar dentro de um ambiente já construído.

No clima quente úmido de Maceió, a ventilação natural também exerce uma função higiênica importante, pois, até mesmo as áreas mais úmidas, como banheiro e área de serviço, que necessitam de taxas de renovação de ar mínimas para favorecer a conservação dos materiais de acabamentos, como pinturas, por exemplo, e evitar a proliferação de micro-organismos nocivos à saúde, em decorrência da alta umidade relativa do ar nesses ambientes (LÔBO; BITTENCOURT, 2003). Não é necessário efetivar a renovação do

ar, é preciso que essa renovação seja suficiente para higienizar os ambientes. Na cozinha e área de serviço do apartamento modelo, a ausência direta do sol pôde ser amenizada com o aproveitamento da ventilação natural, que se apresentou constante nos ventos analisados, de modo a auxiliar na execução de tarefas diárias, como a secagem de roupa, por exemplo.

O aproveitamento do clima local junto com o planejamento apropriado de detalhes na edificação podem proporcionar a ventilação cruzada de um ambiente, e auxiliar na renovação de ar, na higienização e no conforto térmico dos mesmos. Como a velocidade do ar é maior nos períodos mais quentes do dia, isso favorece a adoção da ventilação como estratégia bioclimática na região. (LÔBO; BITTENCOURT, 2003)

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho avaliou o comportamento da ventilação natural no interior de um apartamento típico localizado na cidade de Maceió/AL, cuja tipologia apresenta-se recorrente no mercado imobiliário local, através de ensaios analógicos no equipamento mesa d'água, para três direções de vento (Nordeste, Leste e Sudeste). Tal equipamento mostrou-se de grande utilidade, e atuou como ferramenta importante na visualização e avaliação de soluções. Por tratar-se de um método simplificado bidimensional com algumas limitações, o ensaio não ocorreu com inserção das alturas das aberturas e dos obstáculos internos, como por exemplo, o mobiliário existente no local. Porém, as facilidades de operação, o baixo custo de manutenção e a visualização contínua do escoamento em maquetes, são considerados vantajosos e de grande potencial na utilização do equipamento para fins didáticos e práticos por estudantes, arquitetos e áreas afins, em simulações voltadas para ventilação natural dos edifícios por ação do vento.

A cidade de Maceió, apesar de apresentar a direção sudeste com maior frequência, possui ventos na direção nordeste com máximas velocidades registradas durante o ano (LOUREIRO, 1986 apud LÔBO; BITTENCOURT, 2003). Dentro desse enfoque, a importância da ventilação natural torna-se uma eficiente opção para diversas edificações devido à economia nos custos da obra, no consumo de energia e na humanização dos ambientes.

Conclui-se que, mesmo em uma edificação com ventilação natural durante boa parte do ano, é possível buscar melhorias para potencializar ainda mais essa ventilação através da adoção de estratégias eficientes. Espaços arquitetônicos mal concebidos alteram o fluxo de ar e a velocidade do mesmo dentro do espaço arquitetônico, o que chama atenção para a elaboração de projetos mais conscientes por parte dos projetistas. Além disso, a preocupação pelo consumo de energia deve estar presente parte da fase inicial da concepção do projeto, e atuar como ferramenta essencial na busca pela eficiência energética da mesma, de modo a obter o aproveitamento dos recursos naturais potencializados através de uma arquitetura bem concebida.

REFERENCIAS

- BITTENCOURT, L.S.; CANDIDO, C. *Introdução à Ventilação Natural*. Maceió: Edufal, 2008. 3ed. 173p.
- BITTENCOURT, L.S.; CANDIDO, C. *Ventilação Natural em Edificações. Procel Edifica- Eficiência Energética em Edificações*. Disponível em: <<http://www.labcon.ufsc.br/anexosg/425.pdf>>. Acessado em: mai.2013.
- CORDELLA, O; YANNAS,S. *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos*. Rio de Janeiro: Revan, 2003.
- GERMANO, M; ROULET,C.A. *Multicriteria assessment of natural ventilation potential*. Solar energy, 2006.
- LÔBO, D.G.F; BITTENCOURT, L.S. *A influência dos captadores de vento na ventilação natural de habitações populares localizadas em clima quentes e úmidos*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.3, n.2, p.57-67, abr./jun.2003.
- TOLEDO, A.M; LOURENTINO, N. *Análise da ventilação natural em apartamentos reversíveis por meio de ensaios analógicos na mesa d'água*. In: NUTAU 2010: 8º Seminário Internacional, arquitetura Urbanismo e Design: Mensagens e produtos para ambientes sustentáveis. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.usp.br/nutau/sem_nutau_2010/metodologias/laurentino_nayane.pdf> acesso em: dez./2012.
- TOLEDO, A.M. *Avaliação do desempenho da ventilação natural pela ação do vento em apartamentos: uma aplicação em Maceió/AL*. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, mai. 2006.
- TOLEDO, A.M.; PEREIRA, F.O.R. *O potencial da mesa d'água para a visualização analógica da ventilação natural em edifícios*. In: ENCAC 2003- Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, Curitiba, 2003. Anais ENCAC/COTEDI, 2003. Curitiba: 2003.