



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ANÁLISE DO DESEMPENHO DA VENTILAÇÃO NATURAL DE UMA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL REFORMADA EM MACEIÓ - AL

Allan H. S. Santos (1); Lara C. Carvalho (2); Juliana O. Batista (3)

(1) Estudante de Arquitetura e Urbanismo e pesquisador PIBIC, allanhenriquesds@gmail.com, FAU-UFAL

(2) Estudante de Arquitetura e Urbanismo e pesquisadora PIBIC, laraccarvalho93@gmail.com, FAU-UFAL

(3) Professora Doutora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, juliana.batista@fau.ufal.br, FAU-UFAL

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Campus A.C. Simões, Universidade Federal de Alagoas
Av. Lourival Melo Mota, s/n - Tabuleiro do Martins, Maceió/AL, 57072-900, Fone: (82) 3214-1283

RESUMO

O déficit habitacional brasileiro corresponde à carência no estoque de unidades e inadequação das existentes e ocupadas. Em ambas as situações, é fundamental que os envolvidos na construção civil atuem para melhoria na qualidade das habitações, empregando diretrizes adaptadas ao clima de cada região. Em climas quentes e úmidos, como Maceió/AL, o aproveitamento da ventilação, entre outros, pode favorecer a sensação de conforto térmico e reduzir custos com condicionamento artificial. O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho térmico de habitações de interesse social unifamiliares em Maceió/AL, com ênfase em aspectos de ventilação natural, considerando-se os padrões de uso da edificação e em suas características construtivas originais e atuais, após reformas. A metodologia incluiu visita a 7 unidades do Conjunto José Dubeaux Leão, e destas, foi selecionada a unidade mais descaracterizada para realização de avaliação prescritiva e análise do escoamento de ventos a partir de ensaios com a mesa d'água. Verificou-se que as reformas não visaram a melhoria nas condições de conforto térmico dos usuários, mas a ampliação do espaço útil para seu usufruto. Os ambientes ampliados e acrescentados, no geral, proporcionaram resultados satisfatórios, embora outras orientações de implantação da unidade possam ter menor aproveitamento da ventilação natural. Pode-se concluir que além das variáveis climáticas e parâmetros construtivos ligados à envoltória, a qualidade dos atributos espaciais do projeto arquitetônico contribuem para que a edificação apresente um desempenho térmico adequado ao longo da sua vida útil.

Palavras-chave: ventilação natural, conforto térmico, habitação de interesse social.

ABSTRACT

Brazil's housing deficit is related to the lack of available units as well as the inadequacy of the existing and occupied ones. In both situations, it's fundamental that those involved in civil construction work together to improve the quality of social housing, making use of guidelines adapted to climatic characteristics of each region. In hot and humid climates as in Maceió/AL, taking advantage of natural ventilation leads better thermal comfort sensation while also reducing costs with artificial air conditioning. The objective of this paper is to analyze the thermal performance of dwellings in Maceió/AL, emphasizing aspects of natural ventilation considering use patterns and its original building characteristics and the modified design after remodels. The methodology included visiting 7 residences of the José Dubeaux Leão Housing Complex, then the unit with most modifications was chosen for prescriptive evaluation and analysis of the wind flow with a water table. It was found that the modifications didn't have thermal comfort of the users as their purpose, as they were meant to expand the interior space available. The expanded and added rooms, in general, provide satisfactory results, although other implantation orientations might have less natural ventilation usage. Therefore, it can be concluded that besides climatic variables and constructive parameters related to the envelope of a building, quality of spatial attributes of architectural design contributes to a good thermal performance over its lifespan.

Keywords: natural ventilation, thermal comfort, social housing.

1. INTRODUÇÃO

O déficit habitacional no contexto brasileiro não corresponde apenas à carência no estoque de unidades, mas também à inadequação das unidades já existentes e ocupadas (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018). Assim, ao tempo em que programas como o Minha Casa Minha Vida (BRASIL, 2009) visam à produção em massa de Habitações de Interesse Social (HIS) para suprir o déficit, a Lei 11.888 de Assistência Técnica Pública e Gratuita (2008) busca promover, entre outras, ações de regularização fundiária, reformas arquitetônicas e ajustes urbanísticos (INSTITUTO DE ARQUITETOS DO BRASIL, 2010), de modo a garantir condições de moradia digna a famílias de baixa renda sem interferir em suas lógicas culturais de apropriação do espaço urbano, tais como acesso ao trabalho e à escola.

Segundo Costa (2011) a melhoria da qualidade da habitação de interesse social depende da comunicação entre setores públicos da construção, arquitetos, engenheiros e pesquisadores, reforçando a importância da aplicação de diretrizes construtivas adaptadas às características climáticas de cada região. Nesse sentido, normas e regulamentações determinam diretrizes para o desenvolvimento de projetos adequados ao contexto brasileiro.

A NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), conhecida popularmente como Norma de Desempenho, surgiu da necessidade de traduzir as expectativas dos usuários quanto a qualidade das edificações em critérios quantitativos que devem ser adotados pela indústria da construção civil no processo de projeto e de avaliação do desempenho (BORGES, 2008). A norma também inclui parâmetros de desempenho térmico articulados com o zoneamento bioclimático do país, definido pela NBR 15220 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). Tais recomendações são ainda mais relevantes no âmbito das habitações de interesse social, uma vez que, visando lucro, construtoras tendem a reproduzir em larga escala soluções extremamente simplificadas, que não atendem às necessidades dos usuários e comprometem a vida útil da edificação.

Além da NBR 15575, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R (BRASIL, 2012) também aborda aspectos relativos à solução construtiva da edificação e seu desempenho térmico, possibilitando classificar, ainda na fase de projeto ou após a sua construção, o quanto a residência é eficiente no consumo de energia.

O desempenho térmico e a eficiência energética da edificação resultam da interação entre suas características construtivas (volumetria e materiais constituintes), suas fontes internas de calor (usuários e equipamentos) e as características climáticas externas (insolação, temperatura e umidade do ar, direção e velocidade dos ventos). Em estudo realizado por Araújo, Barbosa e Batista (2017) com uma habitação unifamiliar no semiárido alagoano, os resultados das simulações computacionais demonstraram uma redução de até 6°C na temperatura do ar, a depender do padrão de ventilação adotado e da orientação da edificação. Araújo (2017) avaliou o desempenho térmico de habitações unifamiliares em Maceió por meio de simulações computacionais, considerando as alterações que os proprietários realizam nas suas residências, por exemplo, pintando as fachadas com cores escuras. Os percentuais de horas em desconforto obtidos nos meses de dezembro a março foram superiores a 70% na sala (intervalo das 7h – 22h) e a 30% nos quartos (intervalo das 22h – 7h).

Em climas quentes e úmidos, a exemplo de Maceió – AL, o aproveitamento da ventilação colabora para a satisfação do conforto térmico dos usuários de habitações, além de reduzir os custos com condicionamento artificial, aspecto fundamental em habitações de interesse social. A ventilação natural é uma estratégia passiva aplicável em 75% das horas do ano na capital alagoana (LAMBERTS et. al, 2014). Aspectos como a disponibilidade do vento e as reformas realizadas pelos proprietários em suas habitações, a exemplo das alterações nas esquadrias, devem ser avaliados para quantificar adequadamente o potencial da ventilação natural como estratégia de resfriamento, especialmente em habitações de interesse social. Segundo Marroquim (2016), em uma amostra de 16 projetos arquitetônicos produzidos por diferentes agentes governamentais em Maceió no período de 1964 a 2014, mais de 50% apresentaram inadequações funcionais tanto nos espaços de circulação, como nos espaços de uso do mobiliário e equipamentos. Tal inadequação, aliada a ausência de flexibilidade espacial, leva os moradores a realizar reformas que comprometem o desempenho térmico da edificação.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho consiste em avaliar o desempenho térmico de habitações de interesse social unifamiliares localizadas em Maceió – AL com ênfase em aspectos de ventilação natural, considerando-se os padrões de uso da edificação e em suas características construtivas originais e atuais, após reformas.

3. MÉTODO

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram adotados métodos de caráter qualitativo e quantitativo, buscando estabelecer relações entre a experiência de uso e percepção dos usuários e parâmetros normativos. A metodologia de avaliação do desempenho térmico das unidades habitacionais incluiu visita ao conjunto de HIS escolhido, a avaliação prescritiva das unidades e a análise do escoamento de ventos a partir de ensaios analógicos com a mesa d'água.

a. Escolha do objeto de estudo: conjunto habitacional Dubeaux Leão

A escolha do conjunto foi fundamentada pelo estudo de Marroquim (2016) sobre as habitações de interesse social, contribuindo com informações relevantes acerca do histórico do conjunto escolhido e uma análise aprofundada da tipologia de planta adotada quanto a aspectos funcionais, dimensionais e de flexibilidade espacial. Foi escolhido o Conjunto Dubeaux Leão (Figura 1) para realização dos estudos, pelo fato deste reunir as seguintes características apontadas pela autora:

(i) é composto por residências unifamiliares de um pavimento, uma por lote, havendo espaço livre para reformas e expansões;

(ii) possui variedade nas orientações de implantação, permitindo caracterizar quais são mais ou menos favoráveis à captação de ventos e a aspectos de insolação;

(iii) as unidades habitacionais passaram por reformas que alteraram a planta-baixa original;

(iv) o projeto original da habitação se destacou como um dos que obtiveram melhor desempenho no atendimento dos aspectos: dimensional (área útil e área útil/ morador), flexibilidade e funcionalidade.



Figura 1: A) Localização do conjunto Dubeaux Leão na cidade de Maceió; B) Implantação do conjunto (em azul) e unidades visitadas (em vermelho). Fonte: SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E MEIO AMBIENTE, 2018, adaptado pelos autores.

O conjunto, localizado no bairro do Tabuleiro do Martins, na cidade Maceió (Figura 1 A), foi entregue em 1982. Possuía, originalmente, 590 unidades habitacionais unifamiliares com área aproximada de 60m², dividida em 7 ambientes (Figura 2). Segundo Marroquim (2016), o projeto original possui área útil adequada à quantidade de moradores, garante espaço suficiente para mobiliário e circulação e apresenta estratégias que facilitam reformas e ampliações. O sistema construtivo é em alvenaria de blocos cerâmicos com estrutura de concreto e cobertura em duas águas de telhas cerâmicas.



Figura 2: Planta baixa da unidade original do conjunto. Fonte: MARROQUIM, 2016. Adaptação autoral.

As unidades foram entregues com janelas de giro de madeira e vidro nos quartos e sala de estar, janela pivotante vertical no banheiro social e elementos vazados na cozinha e no hall de acesso aos quartos. A Tabela 1 ilustra as tipologias originais das esquadrias, ainda preservadas em uma das residências visitadas pelos autores.

Tabela 1: Esquadrias originais das unidades do conjunto Dubeaux Leão. Fonte: Elaboração autoral, 2019.

IMAGEM				
TIPO	Janela de giro	Janela pivotante vertical	Elemento vazado	Elemento vazado
DIMENSÕES	1,00 x 1,00	1,20 x 0,50	0,80 x 2,10	0,50 x 0,50
AMBIENTE	Sala, quartos	BWC	Corredor	Cozinha

b. Visita às residências e seleção da unidade habitacional representativa

Foram visitadas unidades habitacionais implantadas com 7 orientações distintas, conforme ilustrado na Figura 1B. Foram priorizadas as unidades cujos moradores são os primeiros proprietários do imóvel e responsáveis pelas reformas que ocorreram, excluindo-se unidades transformadas em habitações multifamiliares (sobrados e vilas) ou com usos comerciais e de serviços.

Foi aplicado um questionário abordando as percepções de conforto dos usuários em diferentes ambientes da residência, as motivações para a realização das reformas, os padrões de uso dos ambientes e aberturas e o grau de satisfação quanto as reformas realizadas. As modificações realizadas nas residências foram registradas, confeccionando-se plantas-baixas correspondentes às unidades reformadas, a fim de avaliar o desempenho térmico do projeto original e de configurações alteradas após as reformas.

c. Avaliação prescritiva do desempenho térmico de unidades habitacionais

Maceió se caracteriza por um clima quente e úmido, o qual possui, durante o ano, duas estações definidas: verão, com temperaturas altas e um baixo nível de pluviosidade, e inverno, com temperaturas mais amenas e maior volume de chuvas. As principais incidências do vento são leste e sudeste (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2009a). De acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), a cidade está enquadrada na Zona Bioclimática 8, sendo as principais recomendações construtivas para esta zona o uso de paredes e coberturas leves, com propriedades refletoras; grandes aberturas e sombreamento total; e a utilização de ventilação cruzada.

A NBR 15.575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) estabelece valores mínimos para as áreas de abertura para ventilação em ambientes de permanência prolongada, tais como quarto e sala de estar. Para a Zona Bioclimática 8, o valor mínimo da área útil de abertura corresponde a 8% da área do piso. De maneira análoga, o RTQ-R (BRASIL, 2012), adota como pré-requisitos para a classificação da eficiência energética da envoltória os seguintes valores mínimos de percentuais de abertura em relação a área de piso do ambiente: 12,5% para iluminação e 10% para ventilação. Diante do exposto, os percentuais de área de abertura para iluminação e ventilação nos ambientes de permanência prolongada (sala de estar, dormitórios e cozinha) das unidades do conjunto foram comparados aos parâmetros da NBR 15575 e do RTQ-R com o objetivo de avaliar o desempenho das esquadrias originais e daquelas substituídas, relacionando estes resultados às motivações dos usuários para a escolha do tipo e tamanho destas.

d. Análise do escoamento do vento com o emprego da mesa d'água

A mesa d'água consiste em um equipamento formado por dois reservatórios d'água transparentes ligados, na parte inferior, por uma tubulação, e, na parte superior, por uma placa horizontal de vidro (campo de observação), sobre a qual a água escoar. Durante o experimento, uma bomba impulsiona o fluxo de água entre os reservatórios através da placa de vidro superior, onde é posicionada a maquete. Em seguida, é adicionado detergente à água dos tanques e, através de uma entrada de ar na tubulação inferior, forma-se uma espuma uniforme (indicador), que permite a visualização do fluxo de água. Dentre as vantagens, além do baixo custo

e fácil de operação, o equipamento permite a visualização contínua do fluxo e caracterização das aberturas de entrada e saída de ventos (TOLEDO; PEREIRA, 2003).

A priori do ensaio, foram confeccionados modelos reduzidos da unidade original e da unidade representativa em plástico ondulado preto, na escala de 1:75, permitindo seu enquadramento no equipamento disponível no Laboratório de Conforto Ambiental (LABCONF) da Universidade Federal de Alagoas. Durante o experimento, os modelos reduzidos foram rotacionados de modo que o fluxo de água coincidissem com as direções de vento a serem analisadas (leste e sudeste), evidenciando a influência do posicionamento e dimensões das aberturas, bem como de elementos capazes de canalizar, conduzir ou desviar os fluxos de ar.

4. RESULTADOS

Durante as visitas ao conjunto, foram relacionados e quantificados os tipos de modificação realizados pelos moradores (Tabela 2). Observou-se a diversidade das reformas realizadas nessas unidades habitacionais, com destaque para a adição e ampliação de ambientes, tendo ocorrido substituição de esquadrias e inclusão de cobertura junto a fachada frontal em todos os casos, influenciando nas condições de exposição ao vento e a insolação. Foi selecionada para as análises de desempenho térmico a residência 5 (unidade representativa), que assim como a residência 4 se destacou por mostrar-se mais descaracterizada em relação ao projeto original.

Tabela 2 – Tabela síntese das modificações realizadas nas unidades. Fonte: Elaboração autoral, 2019.

Tipo de modificação	UNIDADES							Σ
	1	2	3	4	5	6	7	
Adição de quartos	X			X	X	X		4
Adição de banheiros	X		X	X	X		X	5
Adição de depósito/dispensa	X		X	X	X			4
Ampliação - estar				X	X			2
Ampliação - cozinha	X	X		X	X		X	5
Ampliação - serviço	X	X		X	X			4
Substituição de esquadria	X	X	X	X	X	X	X	7
Inclusão de cobertura na garagem/varanda	X	X	X	X	X	X	X	7
Mudança de função do ambiente		X		X	X	X		4
Construção de habitação paralela							X	1
TOTAL DE MODIFICAÇÕES POR UNIDADE	7	5	4	9	9	4	4	

a. Caracterização da unidade representativa

A unidade representativa adotada para estudo atualmente abriga um casal de idosos e uma mulher adulta, filha do casal. Os moradores datam sua chegada no conjunto em 1982, logo após sua entrega, e mantêm-se na residência desde então. As reformas ocorreram em dois momentos, planejadas e executadas por moradores, familiares, mestres de obra e pedreiros, sem a participação de arquitetos ou engenheiros. O motivo apontado para justificar as reformas foi a necessidade de criar mais espaços para receber visitas e abrigar o crescimento da família. Atualmente os moradores afirmam satisfação quanto às reformas empreendidas.

A testada do lote está orientada a sudeste, favorecendo a entrada dos ventos predominantes (LE e SE) pelas aberturas da fachada frontal. Pela manhã, a sala de estar e a garagem coberta podem receber incidência de radiação solar, ao tempo em que, durante a tarde, a insolação atinge o quarto e banheiro do casal e a área de serviço. Com exceção da cozinha e do banheiro social, todos os ambientes possuem aberturas para o exterior, embora as janelas do quarto do casal e da cozinha não estejam orientadas às direções predominantes de ventilação.

Como ilustrado pela Figura 3, os moradores executaram as seguintes modificações na residência: construção de cobertura na garagem e demarcação de espaço para jardim; ampliação da sala de estar através da demolição de paredes de um dos dormitórios; ampliação da cozinha para os fundos; adição de dois dormitórios, sendo um com banheiro privativo; adição de área de serviço e depósito cobertos; substituição de todas as esquadrias originais; construção de laje plana sob a cobertura, destinada, no período em que foi

executada, à possibilidade de um segundo pavimento (de acordo com dados obtidos com os moradores, a estrutura da residência foi reforçada em alguns pontos a fim de suportar cargas adicionais).

De acordo com Brandão (2006), estratégias de flexibilidade podem ser aplicadas ao projeto de HIS, favorecendo modificações físicas e funcionais. Dentre estas, estão presentes na unidade original do conjunto Dubeaux Leão e impactaram nas reformas, conforme constatado em visita *in loco*: *prover cômodos neutros e sem extremos de tamanho*, característica que favoreceu mudanças de funções entre ambientes; *estudar a opção de usar ou não corredores dentro da unidade* – o corredor central do projeto original prevê a construção de, pelo menos, um terceiro quarto, característica presente na reforma realizada; *deixar claro o sentido da expansão da moradia* - nas unidades visitadas, percebeu-se que todos os moradores realizaram a expansão no sentido lateral e/ou no sentido dos fundos e nenhum deles edificou no recuo frontal; *prever ampliação para uma garagem ou espaço de trabalho* – no conjunto analisado, parte do recuo lateral do terreno foi transformado em garagem ou varanda em todas as unidades visitadas.

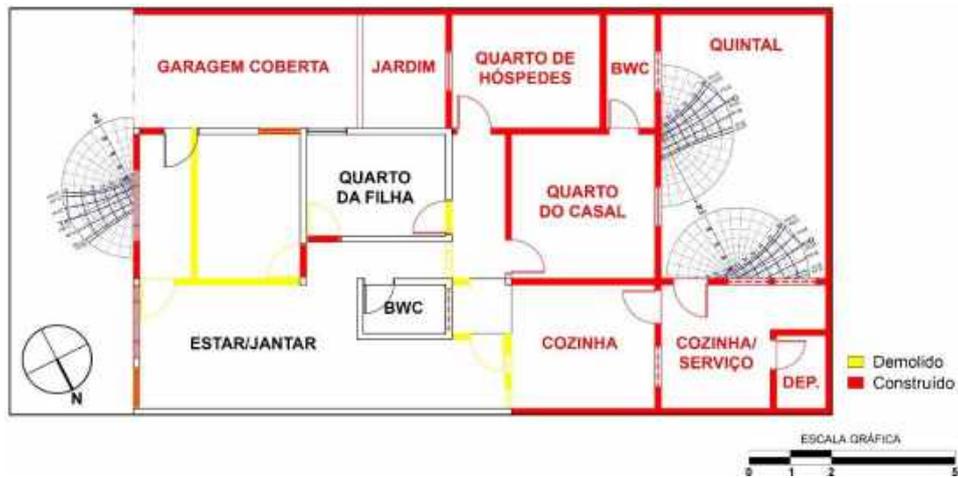


Figura 3: Planta baixa de reforma da residência 5, com indicação da insolação nas fachadas.

Na escolha das esquadrias da residência, os moradores optaram por janelas de maiores dimensões em comparação às originais, visando permitir maior entrada de vento nos ambientes. Entretanto, não providenciaram dispositivos de sombreamento. Questões estéticas também motivaram a escolha, desde o material (madeira e vidro) até o desenho de portas e janelas, seguindo o estilo preponderante do ano em que foram realizadas as reformas. As esquadrias substituídas estão locadas na mesma posição das originais, ao tempo em que as novas esquadrias geralmente encontram-se centralizadas horizontalmente na parede (no caso de janelas).

A Figura 4 ilustra os pontos da residência onde cada morador costuma permanecer. Durante a manhã e à tarde, o casal ocupa a garagem coberta e pontos da sala de estar mais próximos à porta de entrada por considerá-los mais ventilados e menos propensos a receber incidência direta de radiação solar. Durante o dia, os moradores que ocupam estes espaços geralmente mantêm apenas a porta e uma janela da sala de estar aberta, uma vez que o vento tende a trazer poeira da rua para o interior. A filha, por questões de privacidade, tende a passar o dia no quarto, com a janela aberta em todos os horários. As janelas basculantes da residência, localizadas nos banheiros, cozinha e área de serviço, permanecem sempre abertas.



Figura 4: Local de permanência predominante dos moradores.

b. Avaliação prescritiva das áreas de abertura

Em se tratando de ventilação natural, de acordo com os requisitos determinados pela NBR 15575 e o RTQ-R, apenas os quartos do projeto original possuem esquadrias com áreas adequadas para entrada de vento (ver Tabela 3). Visando redução de custos e a possibilidade de reaproveitar esquadrias nas reformas, a construtora optou por utilizar o mesmo tipo de janela nos quartos e na sala de estar da residência. No entanto, a sala de estar possui área de piso superior aos quartos, resultando numa área de captação insuficiente da ventilação. Na cozinha, os cobogós instalados possuem um percentual de área de abertura pouco significativo. De modo similar a unidade original, na unidade reformada apenas os quartos atendem às normativas, embora os percentuais de área de abertura para ventilação das esquadrias destes sejam superiores em todos os ambientes (Tabela 3).

Tabela 3 - Análise prescritiva das esquadrias na unidade original e reformada

AMBIENTE	UNIDADE ORIGINAL				UNIDADE REFORMADA				
	ESTAR	QUARTO 1	QUARTO 2	COZINHA	ESTAR/ JANTAR*	QUARTO FILHA (Quarto 2 original)	QUARTO HÓSP**	QUARTO CASAL**	COZ*
ÁREA (m ²)	16,16	8,75	8,5	6,12	32,03	8,5	10,8	12,42	11,13
TIPO ESQ.	abrir	abrir	abrir	cobogó (2x)	giro (2x)	giro	giro	giro	basculante
DIM. ESQ. (m)	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0,42 x 0,42	1,20 x 1,00	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00
$\%_{ab}$ ABERTURA	5,57	10,29	10,59	2,03	6,74	10,59	8,33	7,25	4,42
RTQ-R (10%)?	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
NBR 15575 (8%)?	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO

* Ambiente ampliado

** Ambientes não existentes no projeto original

Verifica-se que as reformas realizadas não resultaram em melhoria no atendimento aos requisitos de ventilação para as esquadrias estabelecidos por ambas as referências normativas. No entanto, a adequação da área de abertura das janelas deve estar associada ao posicionamento correto destas em relação aos ventos predominantes, como será mostrado na seção 4.3, e aos padrões de uso dos moradores.

c. Avaliação qualitativa da ventilação natural: ensaio analógico em mesa d'água

Na unidade original, de acordo com o ensaio em mesa d'água (Figuras 5 e 6), o fluxo de ventilação é similar para os ventos leste e sudeste. Na sala de estar e cozinha, os ventos entram através da porta e da janela da fachada frontal (barlavento, pressão positiva) e saem pela porta da área de serviço (sotavento, pressão negativa). Ambos os quartos serão favorecidos por ventilação cruzada caso a porta esteja aberta, mas o posicionamento dessas aberturas, localizadas uma em frente a outra, torna a trajetória dos ventos no ambiente mais curta. Nota-se como a abertura em elementos vazados do corredor favorece a exaustão dos ventos que atravessam os quartos ou a sala de estar (esta última, apenas o vento leste).

Na unidade reformada, como ilustrado pelas Figuras 7 e 8, os ventos leste e sudeste também se comportam de maneira semelhante. Os moradores conseguiram manter a ventilação cruzada nos ambientes de permanência prolongada, dispondo de aberturas para entrada e saída dos ventos. Apenas um ambiente, o quarto de casal, não possui janela orientada aos ventos predominantes, recebendo ventilação indiretamente dos outros dois quartos.

No entanto, a comparação entre o ensaio na mesa d'água e as informações colhidas junto aos habitantes da residência mostra que a atual disposição dos móveis nos dormitórios (Figuras 7 e 8), pouco favorece o conforto térmico do usuário. O posicionamento janela do quarto da filha permite que os ventos incidentes perpassem o ambiente através de ventilação cruzada uma vez que a porta esteja aberta, embora a cama, ponto onde a usuária mais permanece, não esteja locada na posição mais favorecida.

O quarto do casal, embora não receba ventilação diretamente, pode captar ventos dos quartos de hóspedes e da filha desde que as janelas de portas de ambos estejam abertas. Ocorre, também, recirculação desses ventos – regiões nas quais o vento circula com menor velocidade. A ventilação, neste ambiente, uma

vez que é utilizado apenas no final da noite, tem a função de exaustão do ar quente durante o dia, haja vista que a parede orientada a oeste recebe incidência de radiação solar no período da tarde, quando há o registro das maiores temperaturas externas em Maceió (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2009b).

De acordo com o ensaio, o quarto com menor aproveitamento da ventilação é o de hóspedes, independentemente da localização dos móveis, pois o posicionamento das aberturas reduz a extensão do trajeto dos ventos no ambiente. Entretanto, o mesmo fenômeno de recirculação ocorre onde encontra-se a cama de casal, favorecendo este ponto do quarto. Ressalta-se ainda que em todos os quartos é sempre necessário manter as janelas e portas abertas para que os ventos circulem da maneira ilustrada nas figuras.

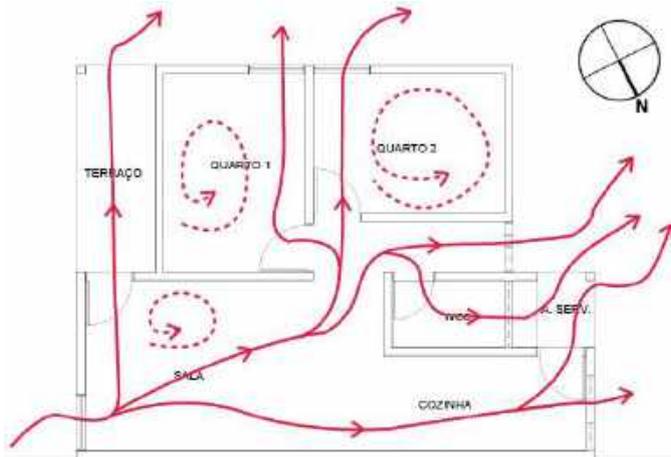


Figura 5: Fluxo de ventilação na unidade original, para ventos LESTE.

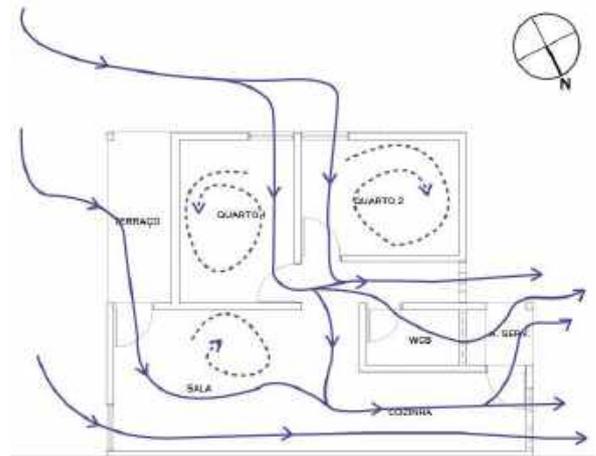


Figura 6: Fluxo de ventilação na unidade original, para ventos SUDESTE.

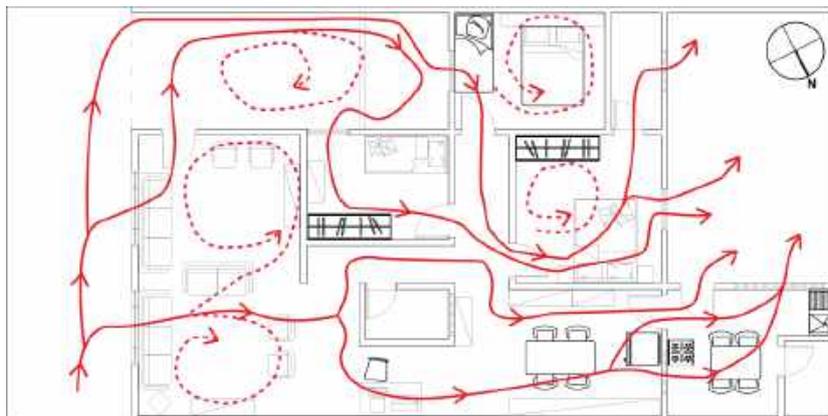


Figura 7: Fluxo de ventilação na unidade reformada, de acordo com ensaio em mesa d'água, para ventos LESTE.

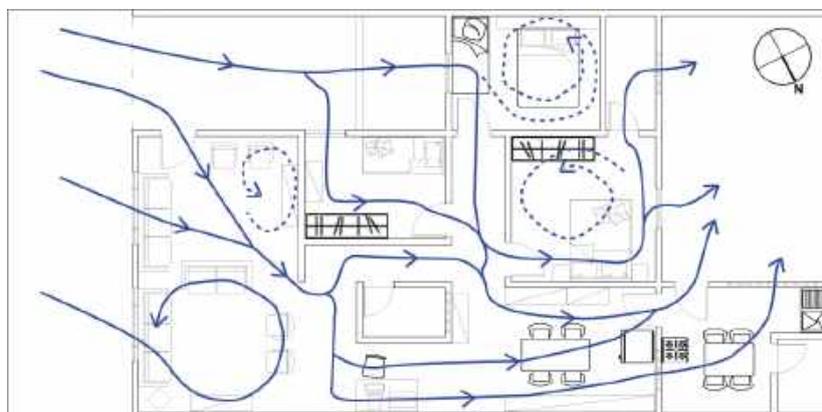


Figura 8: Fluxo de ventilação na unidade reformada, de acordo com ensaio em mesa d'água, para ventos SUDESTE.

De acordo com as respostas fornecidas em questionário, o lugar de maior permanência da família, a ampla sala de estar, terá maior incidência da ventilação, no lugar exato do sofá mais utilizado, em frente a

televisão. Dentre todos os ambientes, a cozinha e a área de serviço serão as mais favorecidas diante das condições de ventilação e disposição das aberturas, pois permitem a ocorrência de ventilação cruzada.

Os muros da residência, embora não tenham sido considerados no experimento, permitem a entrada de ventilação através de rasgos e grades (Figura 9), fazendo com que o mesmo não se torne uma contenção do fluxo de ventos predominantes, leste e sudeste.



Figura 9: Aberturas no muro frontal da residência.

5. CONCLUSÕES

As reformas realizadas na unidade habitacional estudada não tiveram como finalidade o conforto térmico de seus usuários, e sim, a ampliação do espaço útil para seu usufruto. Contudo, os ambientes ampliados e acrescentados após a reforma, com exceção dos dormitórios, proporcionam ventilação satisfatória para o conforto térmico dos moradores, conforme relataram sobre os ambientes em que a sua permanência é maior.

Durante as entrevistas, os moradores afirmaram perceber o modo como certos padrões de abertura de janelas (tal como abrir janelas em paredes opostas) tornaram o fluxo da ventilação mais perceptível (potencializaram a velocidade e/ou ampliaram a trajetória dos ventos nos ambientes). Ou seja, embora os habitantes possuam conhecimento empírico acerca da ventilação cruzada, a presença de profissionais com conhecimento técnico em conforto ambiental no momento do planejamento da reforma resultaria em melhores soluções. Entretanto, a contratação de arquitetos ou engenheiros ainda não é uma realidade para as famílias da faixa salarial à qual o conjunto foi destinado.

Nos ambientes da unidade analisada, percebe-se que a disposição dos móveis corresponde aos percursos dos maiores fluxos de ventilação natural, indicando que a família tende a fixar os pontos de maior permanência nos locais onde podem desfrutar de condições de conforto térmico mais agradáveis. Este resultado foi favorecido uma vez que espaços internos apresentam atributos satisfatórios quanto ao seu dimensionamento, flexibilidade espacial e funcionalidade já no projeto original, conforme apontado por Marroquim (2016). Além disso, a implantação da edificação também era favorável ao aproveitamento da ventilação predominante, enquanto a manutenção de aberturas de entrada e saída do ar possibilitou a ventilação cruzada. Nota-se, entretanto, conforme Figura 1, que nem todas as habitações do conjunto seguem a mesma orientação de implantação, interferindo na captação dos ventos predominantes. Portanto, pode-se concluir que além das variáveis climáticas e parâmetros construtivos relacionados a envoltória, a qualidade dos atributos espaciais do projeto arquitetônico contribui efetivamente para que a edificação proporcione um bom desempenho térmico ao longo da sua vida útil.

Por fim, a partir da avaliação prescritiva e os ensaios em mesa d'água, foram constatados alguns pontos que prejudicaram o desempenho da ventilação nas unidades, podendo ser estudados para gerar soluções mais eficientes na concepção de habitações populares ou em reformas:

- (i) escolha de aberturas em quantidade ou dimensões incompatíveis com a área de piso do ambiente;
- (ii) adoção de janelas basculantes ou cobogós, que possuem uma porcentagem significativamente menor de área de abertura para ventilação do que janelas de giro ou de correr;
- (iii) posicionamento de aberturas frente-a-frente, encurtando o percurso do vento no ambiente;
- (iv) dependência de abertura de portas internas para se obter ventilação cruzada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, M. L. T. de; BARBOSA, G. L.; BATÍSTA, J. O. Desempenho térmico de residência unifamiliar PMCMV em diferentes cidades alagoanas. *In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 14., 2017, Balneário Camboriú. **Anais [...]**. Balneário Camboriú: ANTAC, 2017. p. 946 - 955.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Desempenho térmico de edificações - Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- BRANDÃO, D. Q. **Habitação social evolutiva**: aspectos construtivos, diretrizes para projetos e proposição de arranjos espaciais flexíveis. Cuiabá: CEFETMT, 2006. 94 p.
- BRASIL. **Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009**. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas; altera o Decreto-Lei no 3.365, de 21 de junho de 1941, as Leis nos 4.380, de 21 de agosto de 1964, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 8.036, de 11 de maio de 1990, e 10.257, de 10 de julho de 2001, e a Medida Provisória no 2.197-43, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Subchefia para assuntos jurídicos, 7 jun. 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11977.htm. Acesso em: 6 mai. 2019.
- BRASIL. **Lei nº 11.888, de 24 de dezembro de 2008**. Assegura às famílias de baixa renda assistência técnica pública e gratuita para o projeto e a construção de habitação de interesse social e altera a Lei nº 11.124, de 16 de junho de 2005. Brasília, DF: Subchefia para assuntos jurídicos, 24 de dezembro de 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11888.htm. Acesso em: 6 mai. 2019.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012**. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.pbedefica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/RTQR.pdf>. Acesso em: 6 mai. 2019.
- BORGES, C. A. M. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- COSTA, S. R. G. D. **Desempenho térmico e habitação: uma avaliação comparativa no contexto climático da zona bioclimática 8**. 2011. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil 2015**. Belo Horizonte: FJP, 2018. 78 p.
- INSTITUTO DE ARQUITETOS DO BRASIL. **Manual para a implantação da assistência técnica pública e gratuita a famílias de baixa renda para projeto e construção de habitação de interesse social**. Curitiba: Tecnodata, 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas do Brasil 1981-2010**: direção predominante do vento (pontos cardeais e colaterais). Brasília-DF, 2018a. Disponível em: <http://inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 06 mai. 2019.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas do Brasil 1981-2010**: temperatura máxima mensal e anual (C°). Brasília-DF, 2018b. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 6 mai. 2019.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2. ed. São Paulo: ProLivros, 2014.
- MARROQUIM, F. M. G. **Produção habitacional de Maceió-AL**: transformações espaciais da Habitação de Interesse Social de 1964 a 2014. 2017. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.
- SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E MEIO AMBIENTE (Maceió). **Base Cartográfica de Maceió**. Maceió, 2018. 1 mapa, arquivo digital. Escala 1:1.
- TOLEDO, A. M.; PEREIRA, F. O. R. O potencial da mesa d'água para a visualização analógica da ventilação natural em edifícios. *In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 7., 2003, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: ANTAC, 2003. p. 946 - 955.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEAL pelo apoio financeiro, à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e à Universidade Federal de Alagoas por incentivarem a pesquisa científica num cenário de descrença no papel fundamental exercido pelas universidades na produção de conhecimento acadêmico em benefício da sociedade.