

CONFORTO TÉRMICO DE UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR EM MACEIÓ/AL

Dandara L. de M. S. Lins (1); Lorena B. O. Firmino (2); Juliana O. Batista (3)

(1) Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal de Alagoas, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, dlmslins@gmail.com

(2) Arquiteta e Urbanista pelo Centro Universitário de Maceió, aluna especial do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, lorenafirmino-@hotmail.com

(3) Professora Doutora e Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – DEHA da Universidade Federal de Alagoas, juliana.batista@fau.ufal.br

RESUMO

No contexto mundial há uma crescente preocupação acerca da utilização da energia elétrica, inclusive na construção civil. Apesar disto, muitos projetistas optam por desconsiderar a necessidade de uma arquitetura energeticamente eficiente. Uma tática frequentemente utilizada ao projetar edificações multifamiliares verticais é dividir a lâmina do pavimento tipo em quatro blocos, um para cada terminação. Observa-se que esta prática resulta em edificações que negligenciam os condicionantes do clima local, uma vez que estes não foram devidamente considerados na fase de projeto do edifício como um todo. Este trabalho objetiva analisar o conforto térmico, em função da ventilação, insolação, temperatura e umidade, da unidade mais desfavorável de um edifício multifamiliar com 4 módulos de apartamento na cidade de Maceió. Para tanto, a metodologia da pesquisa consiste na realização de ensaios analógicos, estudo de máscaras de sombra, medições *in loco* e sobreposição dos dados no nomograma de temperatura efetiva. Destaca-se como principais resultados problemas com insolação, existência de uma unidade que recebe um vento de baixa ocorrência, interdependência do escoamento da ventilação entre os cômodos e baixa movimentação do ar. Conclui-se que, apesar dos problemas gerados pelo projeto, o apartamento estudado curiosamente está dentro da zona de conforto do Nomograma de Temperatura efetiva.

Palavras-chave: Conforto térmico, ensaio analógico, medição *in loco*, nomograma de temperatura efetiva.

ABSTRACT

In the world context there is a growing concern about the use of electric energy, including in construction. Despite this, many designers choose to disregard the need for energy-efficient architecture. One commonly used tactic when designing vertical multifamily buildings is to divide the type deck into four blocks with approximate areas. It is observed that this practice results in buildings that neglect the conditions of the local climate, since these were not considered in the design phase of the building as a whole. This paper aims to analyze the thermal comfort, due to ventilation, insolation, temperature and humidity, of the most unfavorable unit of a multifamily building with 4 apartment modules in the city of Maceió. To do so, the research methodology consists of performing analogical tests, study of shade masks, *in loco* measurements and overlap of data in the effective temperature nomogram. It highlights as main results problems with insolation, unit that receives a wind of low occurrence, interdependence of the flow of the ventilation between the rooms and low movement of the air. It is concluded that, despite the problems generated by the project, the apartment studied is within the comfort zone of the effective Temperature Nomogram.

Keywords: Thermal comfort, analogue test, *in loco* measurement, effective temperature nomogram.

1. INTRODUÇÃO

No contexto mundial há uma crescente preocupação acerca da utilização da energia elétrica. Em 1973, quando ocorreu a primeira crise do petróleo, iniciaram-se as discussões sobre o desperdício energético e sobre a necessidade de revisar os comportamentos relacionados a este recurso, inclusive no setor da construção civil. Hoje, as edificações representam aproximadamente 30% do consumo total de energia do planeta. No Brasil, este setor possui potencial para representar uma parcela ainda maior na medida em que se aceleram os processos de urbanização e modernização das edificações. Diante disto, é importante destacar que além do ganho financeiro que as soluções relacionadas ao emprego dos conceitos de sustentabilidade na arquitetura podem representar, a depender de como for planejada, ela também pode resultar em uma melhora no conforto ambiental (FAGÁ, 2012).

Apesar disto, muitos projetistas, por razões ligadas a preferências pessoais, exigências dos clientes, limitações nas possibilidades de execução, entre outros fatores, acabam por desconsiderar a necessidade de uma arquitetura energeticamente eficiente, negligenciando as condições oferecidas pelo meio ambiente para conceber um repertório arquitetônico mais coerente com o clima local e, portanto, mais confortável para os seus usuários (HERTZ, 1998). Uma rápida revisão sobre a história da arquitetura vernácula nos mostra que é possível estabelecer um diálogo entre clima e arquitetura através de recursos construtivos não muito rebuscados, que são capazes de proporcionar ao homem a satisfação térmica no ambiente construído. O modo de produção arquitetônica empregado na antiguidade continua sendo possível atualmente. No entanto, as inovações tecnológicas possibilitaram a criação de novos materiais e técnicas construtivas, que, quando são utilizados com o objetivo de favorecer o conforto ambiental, são capazes de gerar edificações energeticamente eficientes e com composição plástica adequada ao seu lugar de implantação.

Um aspecto frequentemente mencionado por estudantes e arquitetos reside na dificuldade em conciliar as diferentes, e por vezes conflitantes, demandas de todos os condicionantes arquitetônicos envolvidos no projeto (BITTENCOURT, 2005). Infelizmente, a dificuldade em solucionar estes possíveis impasses tem conduzido os projetistas à errônea visão de que as necessidades bioclimáticas podem ser encaradas como exigências complicadoras e castradoras da criatividade, ao invés de serem vistas como desafios capazes de proporcionar novos vocabulários à linguagem arquitetônica (BITTENCOURT, 2005 apud GONÇALVES e DUARTE, 2001).

Grande parte do território brasileiro é coberto por regiões quentes e úmidas. Este clima se caracteriza por apresentar pequenas oscilações na temperatura do ar, ao longo do dia e do ano, elevada umidade e intensa radiação solar. Essas características definem como principais estratégias bioclimáticas para o conforto térmico a proteção das aberturas contra a radiação solar e a geração de edifícios permeáveis aos ventos (BITTENCOURT, 2005). Além disto, a orientação e o tamanho das aberturas devem ser definidos conforme a trajetória solar, buscando conciliar as necessidades de ventilação e iluminação natural nos ambientes sem comprometer o conforto térmico dos usuários devido à entrada de calor (PASSOS, 2009).

Maceió (latitude 9°40' S longitude 35°42' W), capital do estado de Alagoas, é uma cidade costeira banhada pelo Oceano Atlântico, situada na região nordeste do Brasil. Esta possui clima tropical quente e úmido que se caracteriza por apresentar pequenas variações de temperatura diárias, sazonais e anuais. Segundo as normais climatológicas do INMET (BRASIL, 1992) a temperatura média anual é de 24,8°C, com variação de 2,8°C por ano entre os valores médios mensais de temperatura. A cidade apresenta basicamente duas estações: uma caracterizada por altas temperaturas e pouca pluviosidade, com ocorrência de chuvas passageiras, no intervalo de outubro a janeiro, e outra chuvosa, que se caracteriza por temperaturas mais baixas em relação à estação anterior, ocorrendo nos meses de abril a julho.

Por se situar na faixa litorânea e estar sob influência das massas d'água existentes (oceano, rios e lagoas), a cidade de Maceió apresenta taxa de umidade relativa do ar média de 78,3%. Observa-se que não há grandes variações na umidade local ao longo do ano, uma vez que, a média mais alta registrada é de 82,6%, no mês de maio, e a menor é de 74,7%, em novembro (BRASIL, 1992).

De acordo com os estudos realizados por Passos (2009), com base nos dados de medições disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET do intervalo entre 1997 e 2007 (10 anos), Maceió apresenta 4 ventos dominantes, sendo: sudeste, leste, nordeste e sul, respectivamente. Observa-se que a ocorrência de períodos de calmarias se restringe no máximo a aproximadamente 10% do ano, com maior frequência concentrada entre os meses de março e setembro (Figura 01).

Na cidade uma tática frequentemente utilizada pelos arquitetos ao projetar edificações multifamiliares verticais é dividir a lâmina do pavimento tipo em quatro blocos com áreas aproximadas. Observa-se que esta prática resulta em edificações com ventilação natural comprometida em pelo menos uma das terminações, devido ao padrão de ocorrência dos ventos predominantes da cidade (os ventos concentram-se no lado direito da rosa dos ventos: sudeste, leste, nordeste e sul). Outra prática que interfere no conforto ambiental das residências é a criação de apartamentos desprovidos de soluções capazes de amenizar a

insolação excessiva, especialmente nas aberturas voltadas para os quadrantes oeste e leste. Diante deste cenário, ressalta-se como tema de pesquisa a importância de avaliar a condição de conforto térmico proporcionada em uma edificação que se encaixam este padrão, uma vez que esta prática projetual influencia no consumo energético com condicionamento artificial e no bem-estar dos usuários.

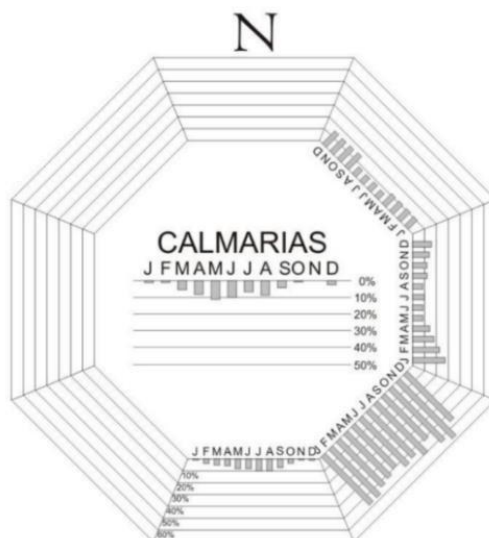


Figura 01 - Frequência da direção dos ventos (em %) para a cidade de Maceió, confeccionada a partir de uma série histórica de dados. Fonte: Passos, 2009.

2. OBJETIVO

Esta pesquisa objetiva analisar o conforto térmico, em função da ventilação, insolação, temperatura e umidade, da unidade mais desfavorável de um edifício multifamiliar com 4 módulos de apartamento na cidade de Maceió.

3. METODOLOGIA

O edifício inserido no bairro da Ponta Verde da cidade de Maceió/AL, foi escolhido como objeto de pesquisa por possuir pavimento tipo dividido em 4 módulos de áreas entre 110 e 112 m², nos quais são encaixadas as plantas dos apartamentos (Figura 02). A edificação apresenta sua fachada principal voltada para o quadrante norte. Seu uso é residencial, apresentando 8 andares de apartamentos, além de pilotis, mezanino e subsolo. A planta baixa de cada terminação compõe-se da seguinte maneira: uma sala de estar e jantar, uma cozinha, área de serviço com dependência e banheiro, 1 quarto, sendo 2 suítes e uma varanda. As janelas são de correr, com exceção das existentes nos banheiros que são do tipo “boca de lobo”¹. A fachada do edifício é revestida com ladrilho cerâmico nas cores branco e verde claro.

Os elementos climáticos, em especial a temperatura, a radiação, a umidade e o movimento do ar, atuam sobre a percepção térmica do homem (ROMERO, 2015). Entende-se que a melhor maneira de se obter resultados consistentes quanto ao conforto térmico em ambientes é considerar os aspectos dos quatro elementos de forma integrada.

Para análise da ventilação natural foram realizados ensaios analógicos de escoamento na mesa d'água, do Laboratório de Conforto Ambiental da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas. O equipamento em questão é composto por uma placa horizontal de vidro transparente, montada numa estrutura de perfis metálicos, sobre a qual a água escoava em velocidade uniforme, ao longo de sua largura (1,20 x 0,715m), que constitui o campo de observação e ensaio. Este tipo de simulação obtém resultados qualitativos, fazendo analogia ao comportamento da ventilação natural quanto a sua distribuição, bidimensionalmente. Considera-se que o sentido de percurso da água correspondente ao da ventilação existente no local de implantação do projeto.

Nas simulações de escoamento foi utilizada uma maquete vazada do pavimento tipo na escala de 1/75, confeccionada em material plástico maleável na cor preta, com o objetivo de facilitar a visualização da espuma branca produzida pelo indicador (detergente lava-louça). O modelo utilizado na simulação média de 26 x 22,5 centímetros. Os ensaios foram realizados considerando as quatro incidências principais do vento em Maceió (Leste, Sudeste, Nordeste e Sul), tendo sido registrados por meio de câmera fotográfica digital. As aberturas consideradas no modelo permitiam a passagem do escoamento pelas portas internas e janelas de

¹ Tipo de janela composta por duas placas de vidro fixas posicionadas na horizontal com pequeno afastamento entre elas, comumente utilizada em banheiros.

correr, tendo sido simulado o vão máximo de abertura das esquadrias (50%).

De acordo com a orientação da edificação, constatou-se que o apartamento menos favorecido pelos ventos predominantes (Leste e Sudeste) corresponde à terminação 01, com paredes externas voltadas para as orientações norte, nordeste e oeste. Foram selecionados dois cômodos de longa permanência para análise: a sala de estar e o quarto reversível. Para ambos foram feitos estudos quanto a insolação, temperatura e umidade do ar e temperatura efetiva. As análises da insolação foram feitas com o auxílio da carta solar de Maceió, fornecida pelo software SOL-AR.

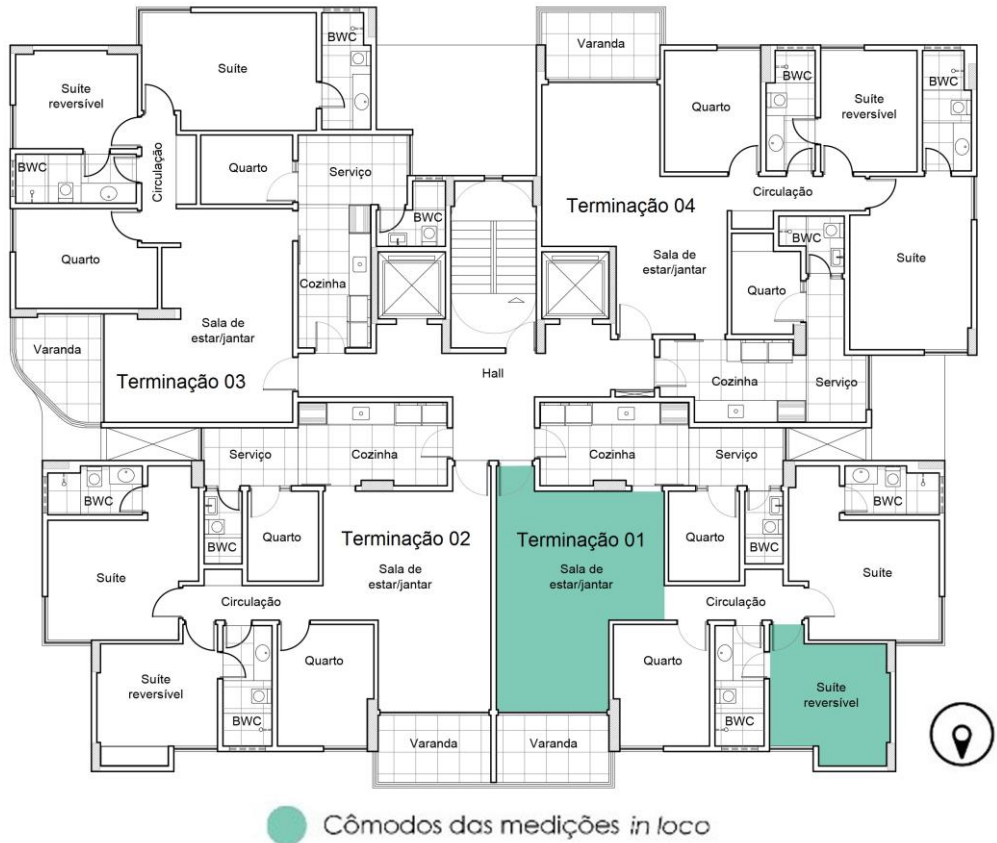


Figura 02 – Planta baixa do pavimento tipo do objeto de estudo.

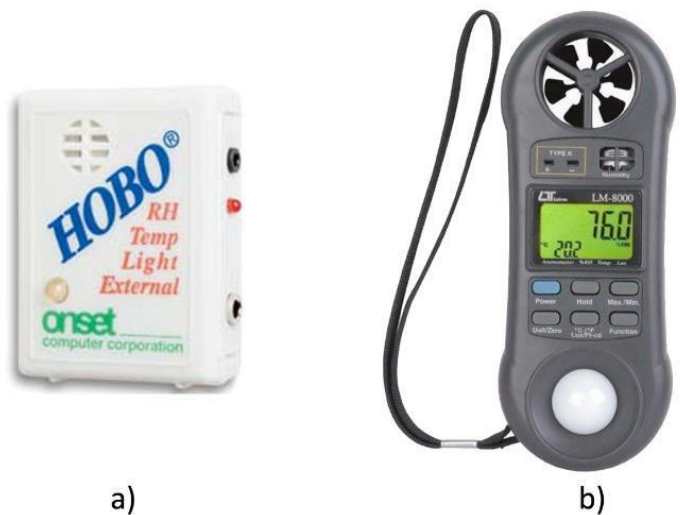


Figura 03: Aparelhos utilizados para as medições: a) Hobo; b) anemômetro.

Os dados de umidade e temperatura foram obtidos a partir de medições in loco, com o Datalogger Hobo² (Figura 03.a). Este dispositivo registrador de dados possui dimensões de 6 x 4 x 2 cm, que através de sensores, é capaz de registrar e armazenar dados de temperatura e umidade do ar, dependendo do período e intervalo de medição definido pelo programador. Os dados registrados são coletados através de

² O dispositivo foi disponibilizado pelo Grupo de Pesquisa em Iluminação - GRILU da Universidade Federal de Alagoas

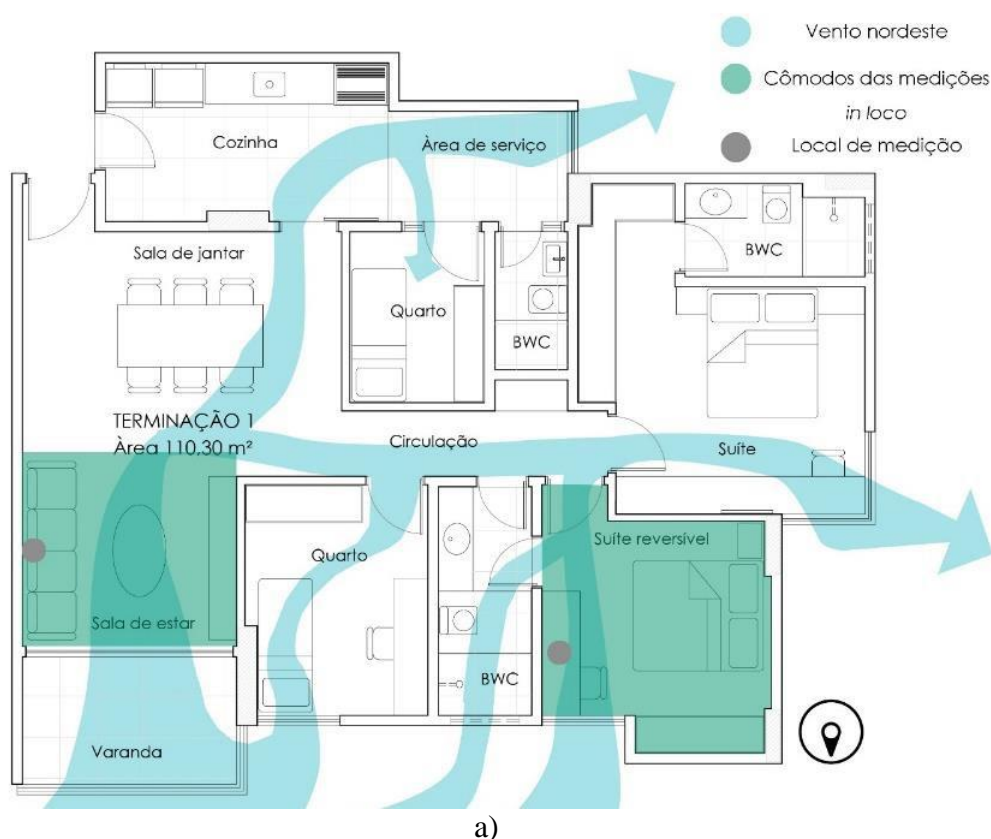
programa computacional específico, denominado BoxCar Pro, que disponibiliza os dados sob forma de tabelas e gráficos. Os registros de velocidade do ar foram realizados com o auxílio de um anemômetro de “ventoinha”³ (Figura 03.b). Este equipamento caracteriza-se por ser de operação manual, sendo capaz de medir a velocidade do ar média, em m/s. As medições foram feitas com todas as portas e janelas da casa abertas a fim de maximizar a circulação do ar, durante o inverno no dia 17/08/2016 nos horários de 9h, 12h, 15h e 18h. Os registros de temperatura e umidade do ar foram realizados durante 7 dias no mês de agosto/2016 ao longo do dia inteiro (24h), de hora em hora.

Como o apartamento encontra-se ocupado, foi possível escolher os pontos de medição de acordo com os hábitos de utilização desses espaços. Desta forma, optou-se por medir áreas de longa permanência, como sobre o sofá e em uma bancada de estudos. Os resultados obtidos foram analisados no Nomograma de Temperatura Efetiva – NTE⁴ para 1 clo. Vale ressaltar que o Hobo é capaz de coletar apenas a temperatura de bulbo seco e a umidade relativa. Para fazer o cruzamento de dados no NTE foi preciso converter a umidade relativa (UR) em temperatura de bulbo úmido (TBU) com o auxílio do software analysis BIO. Para o alcance dos resultados, os dados da temperatura de bulbo seco (TBS) serão relacionados aos dados da temperatura de bulbo úmido (TBU) e a velocidade do ar. Com os valores encontrados, serão gerados gráficos para comparações entre situações diferentes.

4. RESULTADOS

4.1. Ensaios analógicos da ventilação

A partir dos ensaios na mesa d’água, observou-se que as Terminações 2, 3 e 4 recebem, no mínimo, ventos de 2 orientações diferentes, enquanto que, a Terminação 1 é atingida apenas pelo vento nordeste. A Figura 01 demonstra que a ventilação nordeste na cidade de Maceió caracteriza-se por apresenta frequência de ocorrência restrita, correspondente a 10% das horas de janeiro a agosto e 25% para o restante do ano. Desta maneira, conclui-se que a terminação 1 é a mais desfavorecida em relação aos fluxos de ventos.



³ O equipamento foi emprestado pelo Laboratório de Conforto da mesma Universidade – LabConf da Universidade Federal de Alagoas.

⁴ A temperatura efetiva é um índice subjetivo. É definida como sendo a correlação entre as sensações de conforto e as condições de temperatura, umidade e velocidade do ar, procurando concluir quais as condições de conforto térmico. Essas correlações são apresentadas sob a forma de nomograma (Frota e Schiffer, 2003).



b)

Figura 04 – a) Planta Baixa da Terminação 1 com esquema do escoamento do vento nordeste destacando-se os pontos de medição nos ambientes em estudo; b) ventilação nordeste incidindo sobre o pavimento tipo.

A Figura 04 ilustra o comportamento do vento nordeste na Terminação 1. Observa-se que o apartamento possui apenas duas janelas de saída do ar (pressão negativa), localizadas na área de serviço e na suíte. A pouca quantidade de aberturas negativas interfere negativamente na intensidade de vento que adentra os ambientes, uma vez que a diferença de pressão gera zonas de sucção que favorecem a entrada da ventilação. Observa-se que a distribuição dos ambientes e aberturas resultam na interdependência entre os cômodos no diz respeito a ventilação natural. Para garantir a circulação do vento nordeste é preciso manter as portas e janelas da área de serviço e suíte abertas. Esta configuração da planta também interfere no percurso do escoamento da ventilação, que se limita a percorrer os caminhos mais curtos até as saídas, formando corredores de vento, sem que haja uma distribuição uniforme pelos ambientes. De acordo com esta análise, foram selecionados dois ambientes de longa permanência da Terminação 1 para realização de medições in loco: a sala de estar e a suíte reversível. Na Figura 04 são destacados os cômodos em estudo e seus pontos de medições.

Tabela 01 - Dados coletados nas medições de velocidade do ar para o dia 17.08.16

Período	Velocidade do ar (m/s)		
	Dia	Hora	Sala de estar
17/08/2016	09h	0.0	1.1
	12h	0.0	1.0
	15h	0.0	0.7
	18h	0.0	0.3
	21h	0.0	0.8

A Tabela 01 mostra os resultados das medições da velocidade do ar. Observa-se que no quarto há maior circulação de vento, obtendo-se velocidades entre 0,3 e 1,1 m/s, sendo as maiores velocidades concentradas no período da manhã. Na sala de estar os valores da velocidade mantiveram-se sempre iguais a 0 m/s, evidenciando a necessidade de resfriamento artificial, por meio de ventiladores ou ar condicionado.

É importante ressaltar que os pontos das medições foram posicionados próximos as aberturas, estando descentralizados do ambiente. Na situação do quarto, o percurso do vento, assim como a posição da folha da porta influenciou os resultados. Se os pontos houvessem sido locados no centro, a velocidade dos ventos, provavelmente, seria afetada. A mesma situação acontece na sala, contudo, de maneira inversa pois o medidor não foi posicionado no lugar do fluxo dos ventos. No momento da medição da velocidade do vento na abertura da sala, não foi identificado nenhum fluxo. Portanto o resultado de 0 m/s pode ter sido em decorrência do escoamento dessa ventilação.

4.2. Estudo da insolação

Neste tópico é abordada a análise das condições de exposição solar das fachadas dos ambientes em estudo, a partir da confecção de máscaras de sombra, tornando possível identificar os dias e horários em que os cômodos estão expostos à insolação direta.

A sala de estar possui fachada voltada para o norte. Sua única abertura para o exterior é uma porta de correr que dá acesso à varanda com 1,85 metros de profundidade, responsável por prover proteção solar ao ambiente. A máscara de sombra do ambiente (Figura 05.a) indica que este recebe radiação solar direta apenas no começo de maio, no intervalo de 8h as 9h, e nos meses de junho e metade de julho, entre às 15h e 18h. Observa-se que estes períodos de exposição direta acontecem nos meses de outono e inverno, estações que se caracterizam por apresentar temperaturas mais amenas. Para este ambiente, entende-se que devido a abertura estar bem sombreada é favorável mantê-la aberta para ventilar o ambiente.

A suíte reversível possui mesma orientação que a sala de estar, no entanto, ao contrário do que ocorre no cômodo vizinho, este possui como único dispositivo de sombreamento uma saliência vertical (ver Figura 04). A máscara de sombra (Figura 05.b) ilustra que este ambiente está exposto a radiação solar direta durante praticamente todo o ano, o que interfere negativamente na carga térmica absorvida e, conseqüentemente, no conforto térmico.

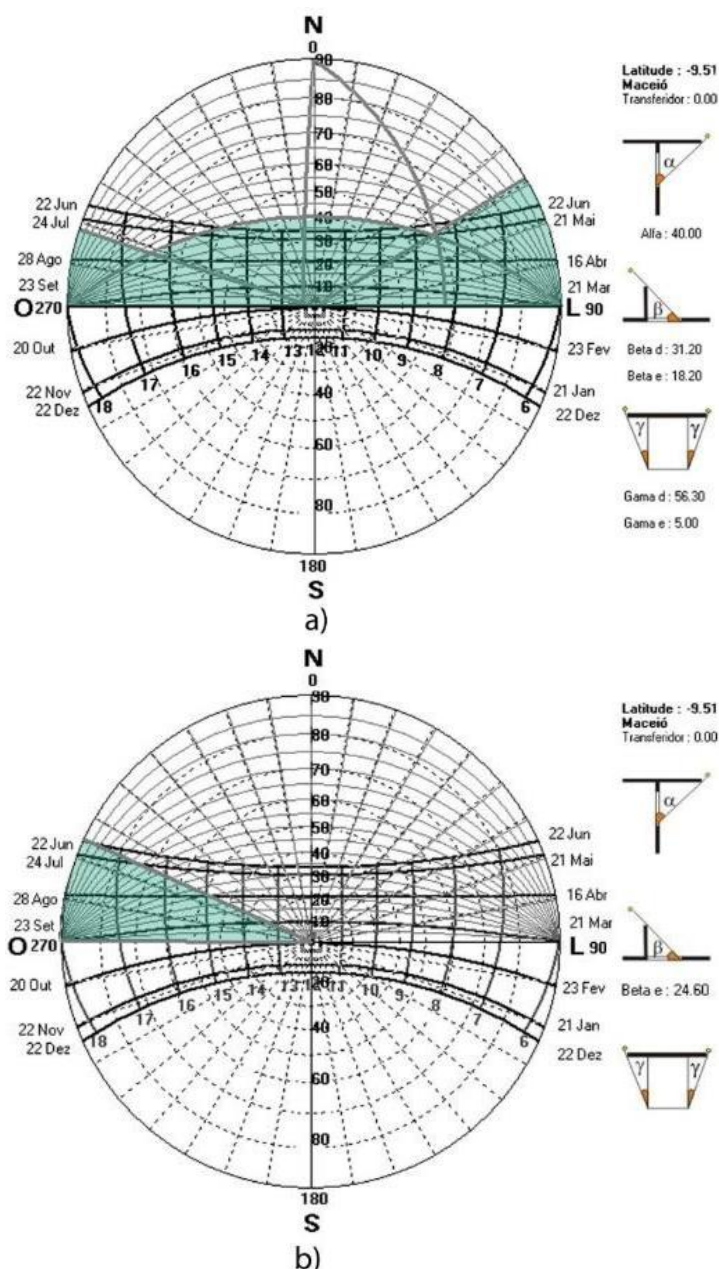


Figura 05 – Máscara de sombra: a) sala de estar; b) suíte reversível.

4.3. Medições da temperatura e umidade

No estudo dos ambientes da Terminação 1 do edifício, foi monitorada a temperatura interna horária durante uma semana. De acordo com os dados coletados (Figura 06), a temperatura máxima foi 29,5 °C na sala (data, 15 horas) e 28,7 °C no quarto (data, 12 horas). As temperaturas mínimas obtidas foram iguais a 25,5 °C na sala (data, hora) e 25,9 °C no quarto (data, hora). Percebe-se que a diferença entre a temperatura máxima e mínima varia pouco, sendo de 3,6 °C e 3,2 °C, respectivamente. Destaca-se que as avaliações foram realizadas

em agosto, no inverno. Este mês caracteriza-se por apresentar um comportamento climático intermediário, por não possuir a maior ocorrência de chuvas e não apresentar a concentração de temperaturas altas, ao se comparar as outras épocas do ano.

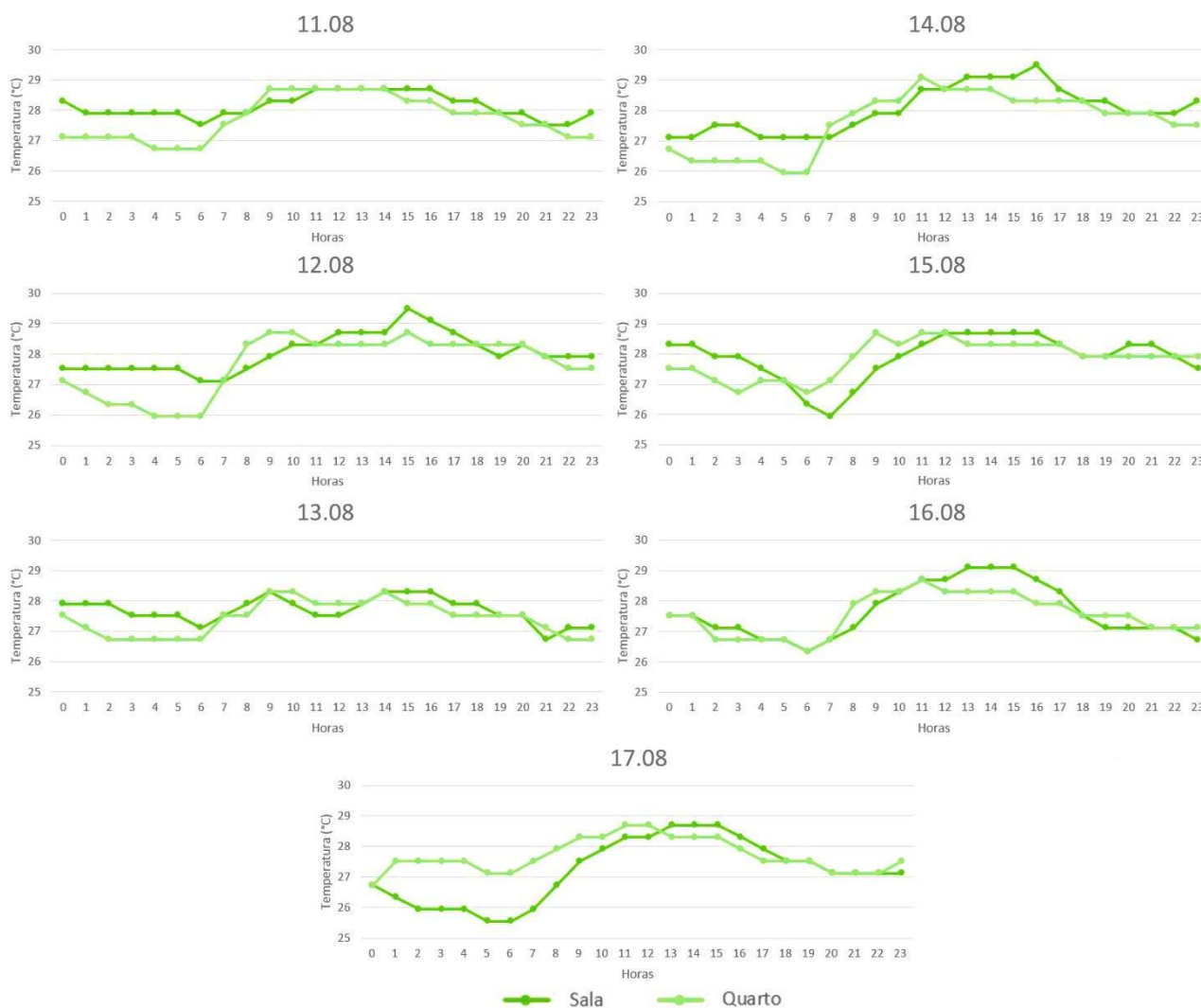


Figura 06 – Gráficos das temperaturas nos dois cômodos estudados.

Para analisar as condições do conforto térmico, as variáveis obtidas também foram pontuadas no Nomograma de Temperatura Efetiva (NTE) (Figura 07). Este esquema gráfico relaciona os dados de temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU) e velocidade do ar. Nessa relação, é possível identificar a temperatura que o indivíduo que permanece no ambiente sente no interior do mesmo. Este esquema tem como objetivo definir se a condição térmica interna enquadra-se na zona de conforto recomendada. O Nomograma utilizado neste estudo aplica-se a vestimenta com isolamento de 0,6 a 1,2 clo, que é a unidade de medição da resistência térmica da roupa.

Tabela 02 - Dados das medições e resultados obtidos no Nomograma de Temperatura Efetiva da sala de estar

Sala de estar						
Período		TBS	UR	TBU	Velocidade do ar	Temperatura efetiva
Dia	Hora	°C	%	°C	m/s	°C
17/08/2016	9	28,3	63,2	22,3	0.0	25
	12	28,7	60,4	22,3	0.0	25,2
	15	27,9	57,4	22	0.0	24,5
	18	27,1	60,2	21,5	0.0	24
	21	27,1	61	21,1	0.0	24,3

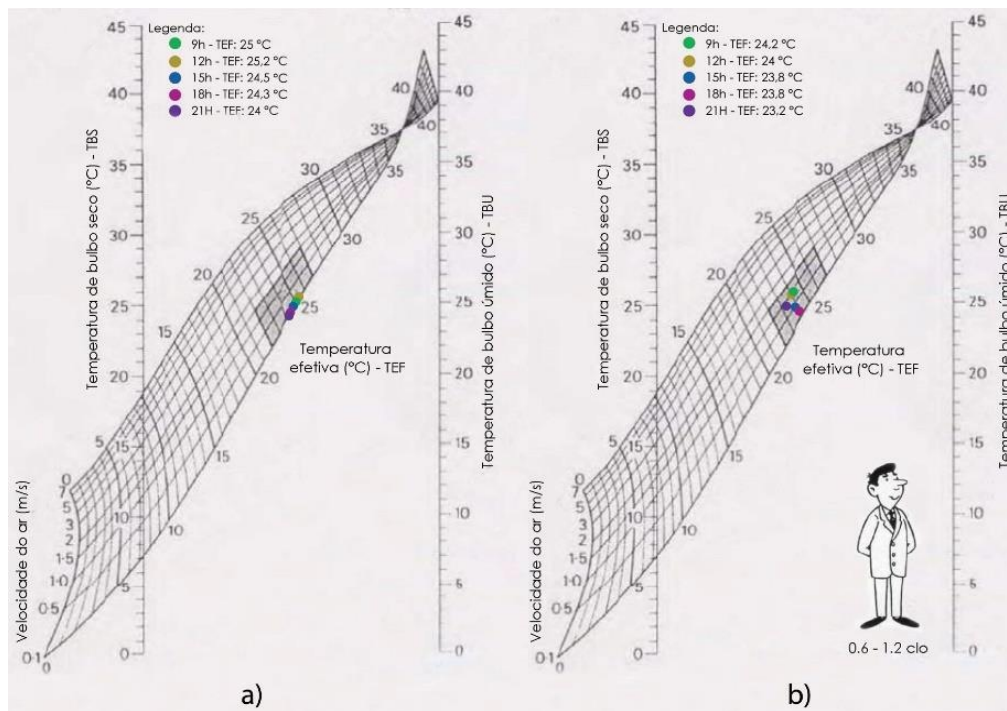


Figura 07 - Nomograma de Temperatura Efetiva correspondente ao dia 17.08.16. a) Sala de estar; b) Suíte reversível

Na sala de estar, constatou-se que a TBS variou entre 21,1 °C e 21,8 °C e a UR, entre 57,4 % e 63,2, sendo a variação da TBU correspondente a 21,1 °C até 22,3 °C e a velocidade do ar sempre nula, conforme mencionado anteriormente. A Tabela 02 demonstra os valores das medições utilizados para plotar os pontos no NTE. Este ambiente se comportou com pouca oscilação em sua temperatura, reduzindo conforme o passar das horas de 25,2 °C para 24 °C. Observou-se que apesar da velocidade do ar nula, todas as temperaturas efetivas coletadas estão dentro do limite da zona de conforto. Este comportamento pode ser explicado pelo fato de as medições terem sido feitas no inverno, período de clima com temperatura mais baixas. Outra variável que pode ter influenciado neste resultado foi o sombreamento da abertura da sala provocado pela varanda, que neste período do ano impede a radiação solar direta no ambiente.

As medições realizadas na suíte reversível demonstraram que a TBSs se manteve entre 27,1 °C e 28,7 °C. A UR obtida variou de 58,1 % a 61%, com TBUs variando de 21,3 °C a 22,3 °C. Quanto a velocidade do ar, as medições demonstraram variações entre 0,3 m/s e 1,1 m/s, resultando em temperaturas efetivas variando entre 24,2 °C e 23,2 °C (Tabela 03). Assim como na sala de estar, os pontos permaneceram dentro do limite da zona de conforto. Este ambiente recebe radiação solar direta no mês de agosto, a partir das 15h, de acordo com a análise da máscara de sombra. A partir deste horário, os dados da TBS começaram a apresentar valores menores com diferença de 1,6 °C entre a maior e menor temperatura. Nota-se a importância da proteção solar nas aberturas para a redução das temperaturas internas.

Tabela 03 - Dados das medições e resultados obtidos no Nomograma de Temperatura Efetiva da suíte reversível

Suíte reversível						
Período		TBS	UR	TBU	Velocidade do ar	Temperatura efetiva
Dia	Hora	°C	%	°C	m/s	°C
17/08/2016	9	28,7	58,1	22,3	1.1	24,2
	12	28,3	58,3	22,2	1.0	24
	15	27,5	58,4	21,8	0.7	23,8
	18	27,1	60,2	21,5	0.3	23,8
	21	27,5	61	21,3	0.8	23,2

5. CONCLUSÕES

A técnica de projetar edifícios multifamiliares a partir da divisão da lâmina do pavimento tipo em 4 áreas, prejudica principalmente o escoamento da ventilação natural. Para o caso do objeto de estudo esta prática resultou em uma das terminações altamente desfavorecida quanto a captação dos ventos, tendo sido está a escolhida para uma avaliação mais aprofundada. O apartamento em questão possui suas fachadas

voltadas para norte e oeste, sendo capaz de receber apenas o vento nordeste. Estudos demonstraram que este vento se caracteriza por apresenta frequência de ocorrência restrita, correspondente a 10% das horas de janeiro a agosto e 25% para o restante do ano, ou seja, nesta residência, mais da metade das horas do ano o ar encontra-se em calmaria.

Os ensaios na mesa d'água demonstraram que, considerando os momentos em que há ventilação, o escoamento do vento apresenta bom resultado exclusivamente quando todos os vãos de esquadrias estão abertos para que haja a circulação e renovação do ar, ou seja, há uma interdependência entre os espaços, com restrições à saída do ar, prejudicando o escoamento da ventilação. Desta maneira, percebe-se que o arquiteto deve atentar para a necessidade de prever arranjos funcionais para as aberturas. No caso estudado, poderiam ter sido criadas mais zonas de pressão negativa, possibilitando que a ventilação apresentasse melhor distribuição entre os ambientes com menor interdependência entre os espaços. Vale salientar também a influência da tipologia das esquadrias. Por serem utilizadas janelas de correr, houve uma redução da área efetiva de ventilação pela metade. Sugere-se a adoção de esquadrias pivotantes, possibilitando o direcionamento do fluxo de ar de acordo com a necessidade dos ocupantes, assim como maior penetração da ventilação e, conseqüentemente, maior vazão.

Outro condicionante ambiental que não foi satisfatoriamente trabalhado no projeto foi a insolação das aberturas. Em todos os ambientes as janelas não possuem dispositivos de proteção solar, com exceção apenas de algumas saliências resultantes da forma do edifício, que confere proteção β a algumas aberturas, e as varandas. Os diagnósticos quanto a insolação, evidenciaram a diferença entre os dois ambientes estudados. A sala recebe insolação em curtos períodos durante o outono e o inverno, quando o sol está mais ameno. A suíte reversível, por sua vez, recebe insolação direta durante mais da metade do ano. Contudo, a suíte possui apresentou melhor condição de ventilação natural em relação a sala nas medições. Ao cruzar este dado com as medições de temperatura da suíte reversível, foi possível perceber que a presença de proteção solar é efetivamente capaz de diminuir a temperatura do ar interna dos ambientes. Visto isso, é possível destacar como estratégia que poderia ter sido adotada o sombreamento das aberturas.

As medições de temperatura, umidade e movimentação do ar demonstraram sobre Nomograma de Temperatura Efetiva que, mesmo com as unidades apresentando pouca ventilação e problemas de insolação em alguns horários, a temperatura efetiva está dentro da zona de conforto. Este fato pode ter ocorrido devido ao fato das medições terem acontecido no inverno, período que concentra as temperaturas mais baixas do ano.

Embora as análises tenham sido restritas a 7 dias em apenas um mês do ano é possível apresentar estratégias capazes de melhorar o conforto térmico dos usuários nestes ambientes. Entretanto, seria relevante a coleta dos dados de todo o ano, possibilitando que os parâmetros de avaliação consigam definir melhor o comportamento ambiental desses espaços, para que sejam propostas estratégias bioclimáticas de forma mais embasada e consistente. Desta forma, destaca-se como sugestão para trabalhos futuros, a possibilidade de realizar medições no verão, a fim de caracterizar o comportamento térmico dos ambientes sob diferentes condições ambientais externas. Outra sugestão é a realização de coleta externos simultaneamente, que serviriam para averiguação da disponibilidade dos ventos nos momentos das medições, para que as propostas estratégias bioclimáticas fossem mais embasadas e consistentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFLAKI, Ardalan; MAHYUDDIN, Norhayati; MAHMOUD, Zakaria Al-Cheikh; BAHARUM, Mohamad Rizal. A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates. *Energy and Buildings*. 101. 2015.
- BITTENCOURT, L. Salazar. Clima e repertório arquitetônico. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE ENSINO E PESQUISA EM PROJETO DE ARQUITETURA. 2., 2005, Rio de Janeiro.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Dep. Nacional de Meteorologia. Normas climatológicas 1961-1990. Brasília, DNMET, 1992. 84 p.
- FAGÁ, Murilo Tadeu Werneck. Prefácio. In: ROMÉRO, M. Andrade; REIS, L. Belico dos. Eficiência energética em edifícios. Barueri, SP: Editora Manole, 2012.
- HERTZ, J. B. Ecotécnicas em arquitetura: Como projetar nos trópicos úmidos do Brasil. 1 ed. São Paulo: Pioneira, 1998. FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo. – 6ª Edição. São Paulo: Studio Nobel, 2003.
- PASSOS, C. da Silva. Clima e arquitetura habitacional em Alagoas: estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar. 145 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, 2009.
- ROMERO, M. A. Bustos. Estratégias bioclimáticas de reabilitação ambiental adaptadas ao projeto. In: ROMERO, M. A. Bustos; FERNANDES, J. Teixeira (Org.). Reabilita: reabilitação ambiental sustentável arquitetônica e urbanística. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 2015. Cap. 7.
- ROMERO, M. A. Bustos. Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. 1. Ed. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 2013.