



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

COMPORTAMENTO TERMOHIGROMÉTRICO DE UM EDIFÍCIO HABITACIONAL EM CLIMA QUENTE E ÚMIDO, RECIFE-PE

Renato Freitas da Costa (1); Ruskin Marinho de Freitas (2)

(1) Graduando em Arquitetura e Urbanismo, rena.freitasc@gmail.com

(2) Professor Doutor em Arquitetura e Urbanismo, ruskin37@uol.com.br

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental, Cidade Universitária, 50780-970, Recife-PE, Tel.: (81) 2126 8771

RESUMO

Observa-se uma valorização da arquitetura bioclimática na busca pela eficiência energética das edificações e pelo maior nível de conforto para os usuários, aliando o conhecimento acerca de soluções tecnológicas e do clima, adotando-se a máxima de uma arquitetura para cada local, que contrasta com a prática do mercado imobiliário, produtor de edifícios habitacionais em um padrão de poucas variações. Nesta pesquisa, objetivou-se analisar se um exemplar deste modelo atende aos princípios bioclimáticos e como é possível integrar interesses diversos. Desta forma, foi caracterizado o clima e o entorno imediato do objeto de estudo, relacionando-os com as diretrizes de eficiência energética que promovem conforto ao usuário, aliado à coleta de valores relativos à temperatura do ar e à umidade relativa do ar em seis cômodos de um pavimento tipo de um edifício habitacional, localizado no bairro da Madalena, Recife-PE. A primeira etapa analisou o comportamento termohigrométrico de dois dormitórios, sala de estar e cozinha do apartamento 1001 e a segunda etapa comparou o comportamento da sala e cozinha de um apartamento os ambientes respectivos do apartamento adjacente, tomando como referência os dados da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), avaliando se as estratégias bioclimáticas foram seguidas e se foi alcançado o conforto. Os dados gerados revelaram menor temperatura e maior umidade nos ambientes do apartamento 1002, que recebem os ventos predominantes do leste e do sul, gerando melhores condições para os espaços de permanência a leste. Confirma-se, então o efeito dos ventos e da sombra na promoção do conforto ambiental, em clima tropical quente e úmido.

Palavras-chave: arquitetura bioclimática, mercado imobiliário, conforto térmico.

ABSTRACT

It is observed an appreciation of bioclimatic architecture in the search for energy efficiency of buildings and the greater level of comfort for users, combining the knowledge about technological solutions and climate, adopting the maximum of an architecture for each site that contrasts with the practice of the real estate market, producer of housing buildings in a pattern of few variations. In this research, the objective was to analyze if an example of this model meets the bioclimatic principles and how it is possible to integrate diverse interests. In this way, the climate and the immediate surroundings of the object of study were characterized, relating them to the energy efficiency guidelines that promote comfort to the user, combined with the collection of values related to air temperature and relative humidity in six rooms of a floor type of a residential building, located in the district of Madalena, Recife-PE. The first stage analyzed the thermohygrometric behavior of two dormitories, living room and kitchen of apartment 1001 and the second stage compared the behavior of the living room and kitchen with the respective environments of the adjacent apartment, taking as reference the data from the automatic station of the National Institute of Meteorology (INMET), evaluating whether the bioclimatic strategies were followed and whether comfort was achieved. The data generated revealed lower temperature and higher humidity in the apartment's 1002 spaces, which receive the prevailing winds of the east and the south, generating better conditions for the spaces of stay to the east. It is then confirmed the effects of winds and shade in the promotion of environmental comfort, in hot and humid tropical climate.

Keywords: bioclimatic architecture; real state market; thermal comfort.

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento de tecnologias de iluminação e de condicionamento artificiais, no século XX, as soluções de projeto das edificações se homogeneizaram, refletindo um certo comodismo, ou mesmo negligência, quanto à busca pela adequação ao clima, dando origem a construções com alto consumo de energia, contribuindo para a elevação de impactos ambientais (LAMBERTS et al, 2014).

Para mudar esse cenário, emergiram as alternativas de se promover a eficiência energética, de forma a favorecer a diminuição de gastos individuais e do setor público e de custos de produção dos materiais construtivos. Corroboraram com tal estratégia: as preocupações com o resgate da arquitetura bioclimática, com a adequação ambiental, com o clima global e com a sustentabilidade.

Desta forma, muitos arquitetos passaram a se preocupar com o clima local, utilizando estratégias que, definidas pelos estudos de Olgyay (1963), determinam os espaços construídos como climaticamente equilibrados: a) estudo sobre o clima local relativos a temperatura, umidade relativa, vento e radiação solar; b) avaliação baseada nas sensações humanas que visam ao conforto térmico durante o ano todo; c) as soluções referentes à escolha de sítio, orientação, materiais, formas e elementos da edificação, permitindo a incorporação das diretrizes contidas em regulamentos e normas; d) projeção de sombras, movimento do ar e equilíbrio interno da temperatura. Estabelece-se, então, o caráter mediador entre o espaço externo e a intervenção humana com sua necessidade de aclimatação da arquitetura, e, por conseguinte, a capacidade que esta tem de incorporar diretrizes que compõem a expressão da arquitetura e que contribuem para o conforto ambiental do usuário, a eficiência energética da edificação, como também para a qualidade do ambiente no qual as edificações se inserem.

Segundo Freitas (2008, p. 251), “o conforto é um estado de bem-estar, sentido no tempo e no espaço, em que condicionantes ambientais, morfológicos e econômicos proporcionam satisfação física e psicológica”. Especificamente, o conforto térmico “reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico” (ASHRAE, 2005).

O clima, por sua vez, é dependente de variáveis que influenciam o conforto térmico, sendo estas, a temperatura do ar, que depende diretamente da radiação solar – referente à sua inclinação de incidência devido à latitude e inclinação axial terrestre –, do calor armazenado pelos materiais e pelos fluxos de vento; temperatura radiante; umidade relativa; velocidade do ar; o tipo de atividade física e as vestimentas (FROTA, A; SCHIFFER, S., 2001; LAMBERTS et al, 2014, p. 71).

Embora se tenha valorado a importância da arquitetura bioclimática e o estudo da eficiência energética, o Brasil, durante as décadas de 1980 e 1990, não esteve a par da agenda mundial e passou por um momento de estagnação no setor do mercado imobiliário devido ao baixo crescimento econômico (TEIXEIRA, 2010, p. 14). No panorama atual, com a facilidade para conseguir crédito para financiamento, assim como gestores de fundos de investimento da bolsa de valores tornarem possíveis as avaliações e recomendações que refletem às expectativas que estes geram das empresas (OLIVEIRA, 2018, p. 36), o mercado imobiliário atualmente se encontra em um momento crescente.

A gestão urbana vê, na imagem da cidade, uma potencialidade para a atração de negócios e para a manutenção de sua dinâmica urbana, utilizando o ambiente construído como publicidade. Desta forma, os projetos arquitetônicos de imóveis residenciais, ao respeitarem as normas de regulação urbana, tornam-se o elemento promocional deste negócio, em que se pretende fomentar o edifício como vitrine de um produto replicável.

Devido ao tempo de execução superior à maior parte dos processos industriais e do elevado custo final, a busca pela velocidade de execução, da diminuição de custos durante a construção e da venda rápida das unidades, são fatores que contribuem para o desenvolvimento dos empreendimentos imobiliários a partir do conhecimento sobre o que se está vendendo, referente aos casos de sucesso dos anos recentes para serem replicados, minimizando riscos e garantindo lucros, mesmo ao gerar produtos de qualidade duvidosa. Desta forma, os empreendimentos, muitas vezes, de projetos replicados, são disseminados pelo território nacional sem estudos aprofundados de implantação e entorno (TEIXEIRA, 2010, p. 53). Estes, por sua vez, visam ressaltar a formação de uma imagem positiva da empresa sobre a qualidade da obra para marcar o imaginário do público-alvo, originando um mercado conservador que uniformiza os edifícios por meio do padrão do serviço oferecido, como pouca diversidade de plantas e de materiais de acabamento, o que significa dizer, segundo Oliveira (2018, p. 46), que os atributos de imagem são mais importantes que os atributos espaciais, pois podem aumentar o preço de venda sem aumentar os custos de produção.

A produção deste tipo de investimento ainda enfrenta a árdua tarefa de conciliar os interesses múltiplos de todos os agentes envolvidos e, desta forma, quanto mais complexo é o envolvimento dos

diversos profissionais especialistas, menor é o poder de tomada de decisão do agente planejador - o arquiteto e urbanista -, retirando o profissional das etapas de planejamento do edifício e o destinando ao arranjo interno das plantas, encaixando as unidades dentro dos limites da laje pré-estabelecida e para o desenho das fachadas (TEIXEIRA, 2010, p. 53).

Desta forma, o cliente - financiador ou construtora - parte do princípio do edifício como bem de consumo, muitas vezes, aliando seus interesses ao agente legislativo - a gestão. Cabe aos planejadores – arquitetos e urbanistas –, conciliar sua visão do espaço construído como possuidor de valor social e ambiental de forma a atender os interesses do usuário final, para evitar a queda de qualidade do produto referente aos aspectos técnicos e culturais, intimamente relacionados às diretrizes ambientais do bioclimatismo. Também devem ser atendidas as diretrizes sociais, considerando a qualidade do ambiente interno, a acessibilidade ao ambiente externo, às redes de transporte, entre outros serviços, que influenciam a qualidade dos serviços prestados. O conhecimento técnico passa a ser subjugado pelo conhecimento de mercado e das estratégias de publicidade dos investidores e das construtoras que buscam a atração dos usuários. Por consequência, soluções que aumentem custos necessitam de uma justificativa forte baseada na premissa que retornarão o investimento e gerarão lucro.

Os referidos aspectos prejudicam os esforços alcançados pelo desenvolvimento de normas brasileiras como a 15.220/2005 e 15.575/2013, respectivamente referentes à eficiência energética em habitações de interesse social e edifícios habitacionais, em geral, em que o zoneamento bioclimático com suas diretrizes de orientação, tipos de vedação e cobertura, sombreamento e tamanhos de aberturas para cada zona não são devidamente seguidas. Assim, o conforto térmico dos usuários, a segurança das instalações e o tempo de vida útil das edificações também são atingidos e prejudicados. A ausência de regionalização é ainda mais evidente quando a prática destoa muito do clima.

Capazes de interferir na qualidade ambiental, as estratégias bioclimáticas, quando pensadas em conjunto às próprias diretrizes apresentadas em norma e entendidas como parte essencial da concepção de projeto, visando à eficiência energética e ao conforto dos usuários, intensificam ou reduzem sensações e promovem redução de custos para o mercado imobiliário por atingir todos os participantes atuantes – do cliente ao usuário –, portanto, estas não devem ser vistas apenas como mecanismos de restrição, mas como uma base que fornece valores para desempenho.

Questiona-se, então: Será que as edificações mais comuns, repetidamente construídas na cidade com poucas variações quanto à forma (Figura 1), têm qualidades arquitetônicas que atendem aos princípios bioclimáticos e relativos à eficiência energética? Há possibilidade de articular as estratégias bioclimáticas, as normas técnicas, os interesses imobiliários e ainda assim gerar produtos com qualidade?



Figura 1 – Edificações habitacionais na cidade do Recife, com poucas variações quanto à forma arquitetônica. Renato Costa (2019).

2. OBJETIVO

Tomando-se como referência a cidade de Recife – PE, onde um determinado tipo edilício é repetidamente construído (Figura 1), este trabalho visa analisar o comportamento termohigrométrico em quatro ambientes de apartamento tipo de um edifício habitacional padrão e comparar dois ambientes de longa permanência com a unidade habitacional vizinha, de orientação diferente, tecendo relações com estratégias bioclimáticas, para a Zona Bioclimática 8, tomando como base a NBR 15.220/2005 e 15.575/2013.

3. MÉTODO E MATERIAIS

Utilizou-se o método hipotético-dedutivo, que é fundamentado no rigor matemático e na razão (SPOSITO,

2003, p. 30-32), aqui partindo da hipótese que existe a repetição de um modelo edilício, na cidade de Recife, que não diretamente é construído pelo assimilar de estratégias bioclimáticas. Para tanto, foram utilizadas técnicas diversas, tais como, pesquisa bibliográfica, observação, medição de elementos climáticos e análise comparativa.

A revisão bibliográfica permitiu melhor entendimento sobre os conceitos de arquitetura bioclimática, eficiência energética e a relação destas ao conforto ambiental, e, em específico, ao conforto térmico. Neste momento, foram levadas em consideração como as variáveis climáticas influenciam o nível de conforto dos espaços internos e o quanto o comportamento dos elementos climáticos, no local, pode diferir dos valores registrados pela estação automática. A partir das informações obtidas, se iniciou o processo de descrição climática da região e do objeto de estudo e seu entorno para caracterizar a zona bioclimática em questão e as diretrizes arquitetônicas recomendadas para melhorar o nível de conforto.

Definida a cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, no nordeste do Brasil, que possui 218,435km² e população estimada de 1.637.834 habitantes (IBGE, 2018), localizada em baixa latitude e baixa altitude, em clima tropical litorâneo quente e úmido, com temperatura média de 25,5 °C, umidade relativa do ar média de 80%, ventos predominantes de sudeste, com velocidade média de 4 a 6 m/s, alta pluviosidade, acima de 2.000 mm anuais, pode-se caracterizá-la como tipo Am, na classificação climática de Köppen. Desta forma, insere-se o Recife na zona bioclimática nº 8, segundo a NBR 15.200/2005 (Figura 2). Para esta localidade, destacam-se as estratégias bioclimáticas: sombreamento e ventilação cruzada permanente, por meio de afastamentos entre as edificações, volumes com reentrâncias e saliências, paredes leves e refletoras, telhados vedados e inclinados, aberturas grandes e sombreadas, com elementos arquitetônicos, tais como, brises, pérgulas e cobogós.



Figura 2 - Localização de Pernambuco na zona bioclimática 8 (NBR 15.220, 2005), do edifício no bairro da Madalena e do entorno da edificação em estudo, em vermelho, com demais edifícios em até 125m de distância em amarelo (Google Earth, 2018).

Tomou-se como objeto empírico um edifício habitacional, localizado no bairro da Madalena, na Zona Oeste da cidade, com 4.065m² de área construída (Figura 3). O entorno possui residências e serviços de até dois pavimentos, com exceção um edifício residencial de quatro pavimentos a nordeste do objeto de estudo e outro de oito pavimentos, a cerca de 125m de distância da edificação escolhida (Figura 2).



Figura 3 - Edifício avaliado no Bairro da Madalena, Recife – PE. Planta elaborada por Renato Costa (2018).

A análise de desempenho partiu de critérios adaptados que tomam como base as referências das normas brasileiras 15.220/2005 e NBR 15575/2013, aplicados em um pavimento tipo que inclui dois

apartamentos com disposição espelhada, aproximadamente, na orientação norte – sul. A edificação compacta não possui elementos vazados e há a presença de varandas, que sacam para leste, norte e sul (Figura 4), produzindo, respectivamente, sombreamento nas salas e nas suítes. Os ambientes de permanência prolongada situam-se, predominantemente voltados para leste, enquanto os demais estão voltados para oeste, favorecendo a ventilação cruzada leste – oeste e aproveitando a predominância sudeste, atendendo às recomendações favoráveis ao conforto para a zona bioclimática 8.

Constituída por tijolos cerâmicos com argamassa assentada e de emboço, apresenta transmitância de $2,48\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$, atraso térmico de 3,3 horas e capacidade térmica de $159\text{kJ}/\text{m}^2\cdot\text{k}$. Para este tipo de vedação, a transmitância não atende ao mínimo de $3,60\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{k}$ e ao atraso térmico de 4,3 horas de acordo com a orientação de vedações leves e refletoras para a zona inserida. A capacidade térmica não precisou ser avaliada devido à estação de inverno. As paredes internas pintadas de branco apresentam absorvância $\alpha = 0,2$, também não atendendo aos critérios estabelecidos para transmitância igual ou inferior a $2,5\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$, de α superior a 0,6. As aberturas seguem a recomendação de 15% da área do piso para salas de estar e quartos.

A coleta de dados da temperatura e umidade relativa do ar foi realizada por meio de dois Dataloggers modelo ITLOG-80 da Instrutemp novos, calibrados de fábrica, com precisão de $\pm 1^\circ\text{C}$ entre temperaturas de 0°C a 50°C e $\pm 4\%$ entre umidades de 20% a 80%, configurados em $^\circ\text{C}$ e com intervalo de captação de dez minutos, pendurados nos apoios das lâmpadas dos cômodos (Figura 4), devido à falta de apoio por tripé, permanecendo acima do recomendado de 1,2 m do chão para não impossibilitar o uso dos ambientes por se encontrarem no centro dos mesmos, uniformizando a altura de 1,7 m para os demais pontos medidos.



Figura 4 – Exemplos de cômodos avaliados, com instrumento de medição pendurado no apoio das lâmpadas. Renato Costa (2019).

As medições foram efetuadas nos ambientes de longa permanência, sendo estes os dormitórios, salas e, conforme a NBR 15.220/2005, também as cozinhas (Figura 3), nos dias 8 a 14 de maio e 27 de junho a 3 de julho de 2018, com intervalo de três dias sequenciais para cada pareamento, para caracterização de um dia típico. Durante as medições, o quarto permaneceu aberto até a chegada do usuário durante o início da tarde, optando por fechar a porta e a janela até o início da manhã e deixando a luz acesa até a madrugada, elevando a temperatura interna durante a noite. A suíte permaneceu aberta até o início da noite, quando se fez uso de ar condicionado. Ambas as salas permaneceram abertas do início da manhã até o início da noite sem mais que três usuários simultâneos, enquanto a cozinha do apartamento 1001 preparou refeições durante a manhã e os finais de tarde e a cozinha do apartamento 1002 não possuiu horário fixo.

O primeiro conjunto de dados, referente ao apartamento 1001, visou comparar o comportamento de ambientes que, em orientações opostas de leste e oeste, possuem diferentes condicionantes de insolação e ventilação, pareados entre os dormitórios para a primeira etapa e sala e cozinha para a segunda etapa. O segundo conjunto de dados preservou a avaliação de orientações diferentes e incorporou a análise de comportamento de unidades habitacionais espelhadas apenas para o conjunto de salas e cozinhas. Computados uma hora após a instalação para evitar disparidade de valores, os dados foram sistematizados em tabelas, a fim de gerar gráficos de umidade relativa do ar e de temperaturas máximas e mínimas como valores de referência, além dos demais valores obtidos em cada ambiente, para comparar o comportamento destes com os dados obtidos pela estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no Curado, Recife-PE, para os dados relativos também aos dias das medições.

A análise da ventilação levou em consideração a possibilidade de perda de força causada em ambientes urbanos, de 40% para ventos amenos e 10% para ventos fortes (MASCARÓ, 1996, p. 33), entretanto, com a tendência dos ventos serem mais fortes quanto maior a altura com relação ao chão e pelo objeto de estudo estar isolado, a perda não se confirmou.

4. RESULTADOS

4.1. Análise comparativa entre quarto e suíte do apartamento 1001

A figura 5 sintetiza a variação de temperatura e umidade dos dormitórios do apartamento 1001, situado na posição norte do edifício. O quarto tem abertura voltada para leste, estando exposta à ventilação predominante (SE-L) e à insolação no período da manhã. A suíte possui abertura voltada para norte, estando exposta a ventos secundários (NE). A varanda produz sombra que protege da insolação, que ocorre durante todo o dia, durante o inverno, ou seja, durante os períodos em que ocorreram as medições.

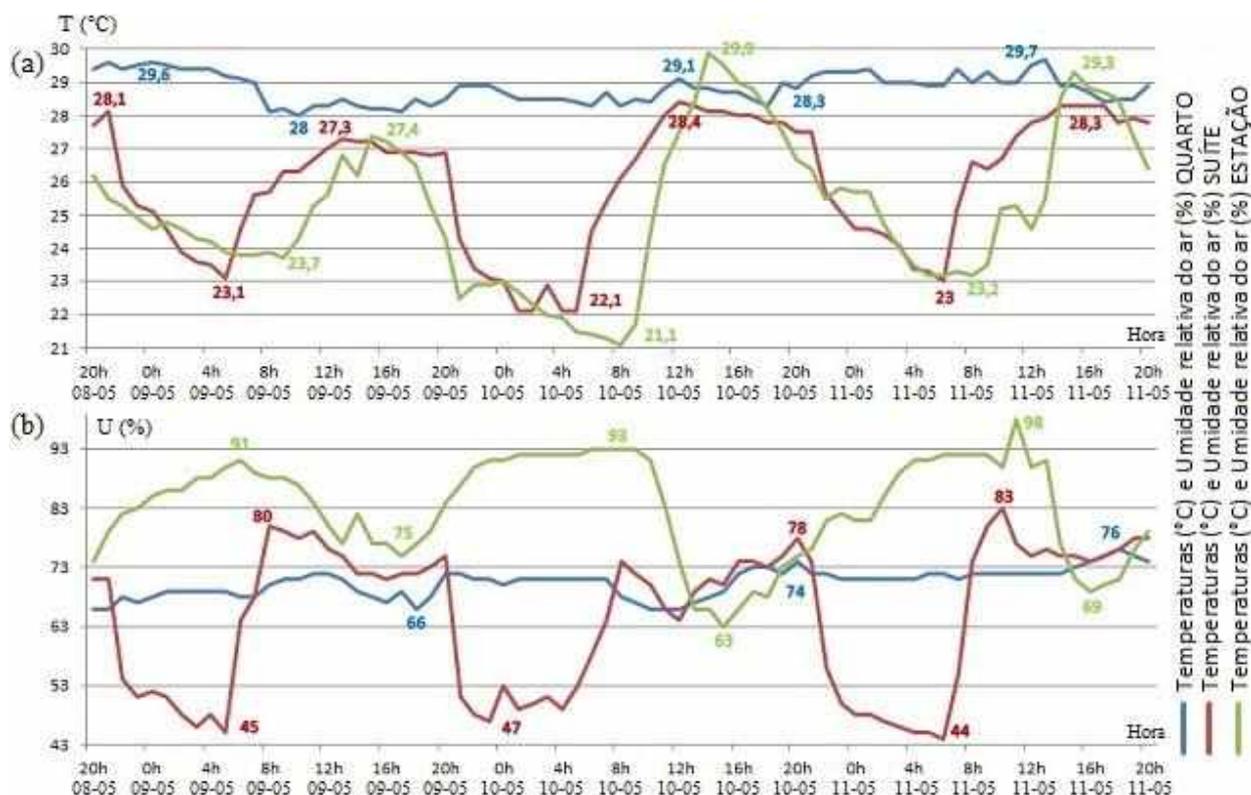


Figura 5 – Gráficos de variação de temperatura (a) e umidade relativa do ar (b) dos quartos do apto. 1001.

O quarto apresentou temperatura máxima de 29,7°C, no dia 11-05 às 13h e temperatura mínima de 28°C, no dia 09-05 às 10h, enquanto as umidades extremas foram de 76%, no dia 11-05, às 19h, devido à ocorrência de chuvas e 66%, no dia 09-05, às 18h, apresentando baixas amplitudes, de apenas 1,7°C para térmica e 10% para umidade. Foi confirmado o princípio da inversabilidade entre esses dois elementos. É importante ressaltar que o cômodo apresenta suas menores temperaturas e maiores umidades durante o período da manhã quando o usuário não se encontra no ambiente, no qual a janela permanece aberta e possibilita a ventilação cruzada. (Figura 4).

A suíte apresentou temperatura máxima de 28,4°C, no dia 10-05, durante a tarde, e temperatura mínima de 22,1°C, no mesmo dia, durante a madrugada, enquanto as umidades variaram de 83%, no dia 11-05, às 10h, a 44%, no mesmo dia, às 6h. O decréscimo dos valores de temperatura e umidade durante as madrugadas são provenientes do uso ar condicionado para arrefecimento do ambiente, possibilitando uma amplitude térmica de 6,2°C e de 39% para a umidade. Mesmo durante o dia, a temperatura se manteve abaixo daquelas registradas no quarto, devido ao sombreamento exercido pela varanda.

As temperaturas dos dois ambientes mantiveram-se acima daquelas verificadas na estação de referência, enquanto os valores de umidade mantiveram-se abaixo, na maior parte do tempo, confirmando a ocorrência de acúmulo de calor em microclima urbano. A suíte ficou predominantemente inserida na zona de conforto (temperatura entre 24 e 28°C e umidade relativa do ar entre 50 e 70%), porém, artificialmente. O quarto, com grande superfície de paredes e de volume com capacidade térmica suficiente para retardar a liberação de calor, em conjunto da decisão de fechar a janela e porta simultaneamente que prejudica a estratégia de ventilação cruzada, cujo requisito mínimo, para um ambiente de janela em uma fachada, necessita da porta aberta para que a manutenção do ar ocorra, resultou em altas temperaturas que se mantiveram constantes durante as noites devido a impossibilidade de manutenção do ar mais quente acumulado.

4.2. Análise comparativa entre cozinha e sala do apartamento 1001

A figura 6 apreende as medições de temperatura e umidade de ambientes dispostos em orientações distintas na lâmina da edificação do apartamento 1001: sala e cozinha. A sala tem abertura voltada para leste, estando exposta à ventilação predominante sudeste ao decorrer do dia. A cozinha possui abertura voltada para oeste, a sotavento e exposta à insolação no período da tarde, sobretudo, durante o inverno, ou seja, durante o período das medições.

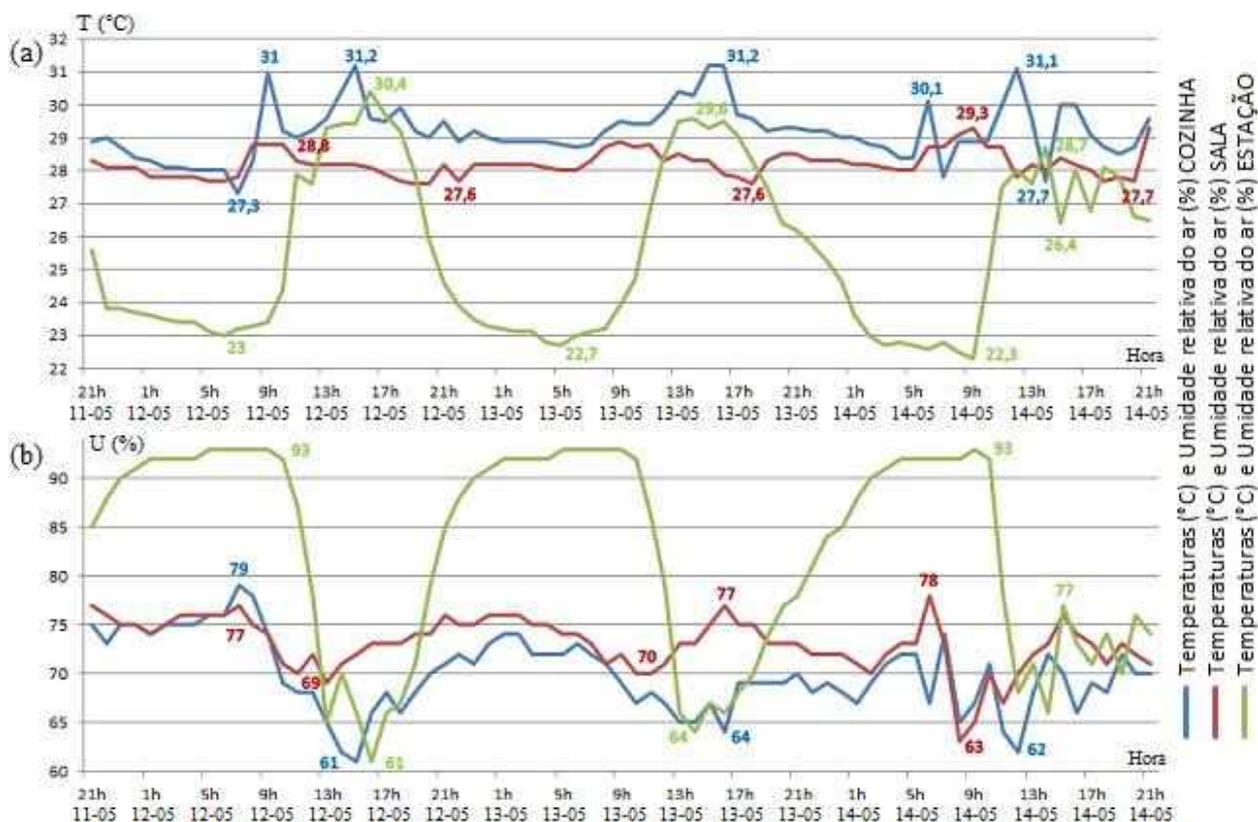


Figura 6 – Gráficos de variação de temperatura (a) e umidade relativa do ar (b) da cozinha e sala do apto. 1001.

A cozinha apresentou temperatura máxima de 31,2°C, nos dias 12-05 e 13-05, às 15h e temperatura mínima de 27,3°C, no dia 12-05, às 7h, enquanto as umidades extremas foram de 79%, no dia 12-05, às 7h, e 61%, no mesmo dia, às 15h. A sala, por sua vez, apresenta sua temperatura máxima de 29,3°C, no dia 14-05, às 9h e mínima de 27,6°C, nos dias 12-05 e 13-05, às 22h e 18h, respectivamente, e, para as umidades, 78%, no dia 14-05, às 6h e 63%, no mesmo dia, às 9h.

Os picos de temperatura máxima, ocorridos na cozinha, distanciando-se da zona de conforto, destacam-se por este ambiente estar voltado para oeste e receber a insolação no período mais quente do dia, assim como pelo uso do fogão e pela necessidade de fechar a janela deste ambiente e da área de serviço, devido aos ventos que chegam a incomodar, por vezes, as tarefas desenvolvidas. A cozinha apresentou a maior amplitude térmica, entre os ambientes pesquisados (3,9°C), em condições naturais, e a menor umidade relativa, que durante as madrugadas, apresentou-se cerca de 25% mais baixa que a estação. A sala apresentou temperaturas cerca de 1°C menores que a cozinha, com a exceção do dia 14-05 e também menores que o quarto. Apresentou também baixa amplitude térmica, de 1,7°C, igual à apresentada por aquele ambiente íntimo. A sala aquece primeiro devido à radiação solar direta durante a manhã, enquanto a cozinha apresenta seus picos durante as tardes e as temperaturas só decaem e estabilizam em conjunto com a sala durante o início da manhã. Tal fato se dá pelo ambiente, por estar orientado ao poente, receber insolação durante a tarde e, por conter maior superfície de parede e conseqüentemente mais volume, também possuirá maior capacidade térmica, que diferente do vidro da porta da sala, de alta condutividade térmica e baixa capacidade térmica, resulta no acúmulo de calor que é liberado durante a manhã.

Com relação à estação, a sala e a cozinha encontram-se cerca de 5°C e de 6°C, respectivamente, mais quentes durante o dia. Durante os picos, às 17h, apenas a sala se encontra cerca de 1,5°C abaixo dos valores registrados, sendo o intervalo de 13h às 20h, o momento em que o ambiente se adequa às exigências mínimas de desempenho e à sensação de conforto. Para as umidades, a sala esteve cerca de 15% mais seca que a estação durante a madrugada, tornando-se cerca de 10% mais úmida apenas nos períodos da tarde quando a incidência do Sol era mais baixa.

4.3. Análise comparativa entre as salas dos apartamentos 1001 e 1002

A figura 7 sumariza as medições de temperatura e umidade das salas do apartamento 1001, que está situado na posição norte do edifício, e do apartamento 1002, situado na posição sul. As salas de ambos têm aberturas voltadas para leste, estando expostas à ventilação predominante sudeste. O septo que separa as varandas protege a sala do apartamento 1002 durante maior parte da manhã entre os meses de março e setembro.

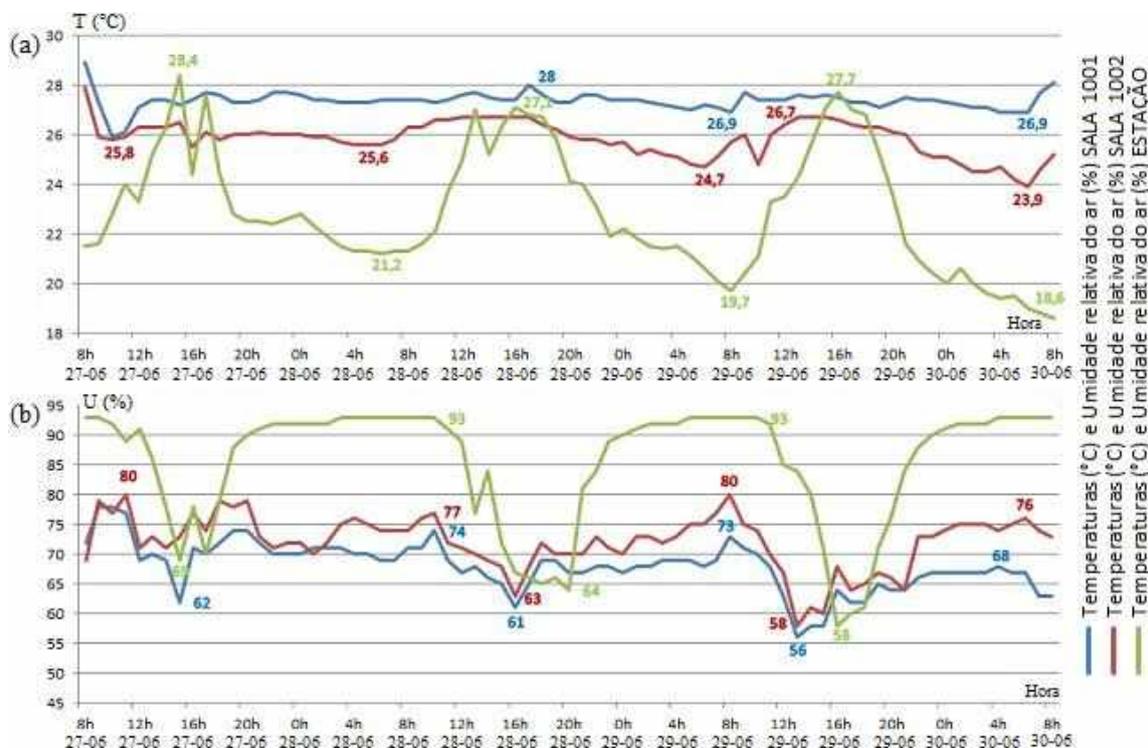


Figura 7 – Gráficos de variação de temperatura (a) e umidade relativa do ar (b) das salas dos aptos. 1001 e 1002.

A temperatura da sala do apartamento 1001 apresentou pouca variação, 28,0°C no dia 28-06 às 16h e mínima de 25,8°C no dia 27-06, às 10h. As temperaturas da sala do apartamento 1002 foram cerca de 2°C mais amenas que a sala do apartamento 1001, com máxima de 26,7°C no dia 29-06 às 12h e mínima de 23,9°C no dia 30-06 às 6h, obtendo amplitude térmica de 4,1°C, a maior entre os ambientes de longa permanência dos dois apartamentos. Tal fato pode ocorrer devido à sala receber os ventos predominantes de forma perpendicular, sobretudo, quando a porta de correr permanece aberta durante o dia, convergindo com os ventos provenientes do quarto, em direção à cozinha (Figura 7). Durante as madrugadas, a temperatura não decaiu muito, tornando os ambientes cerca de 4,5°C e 6,5°C, para a sala 1001 e 1002, respectivamente, mais quentes que os valores registrados na estação de referência. Dos dois ambientes, a sala 1002 é o único que nos momentos de pico de temperatura da estação, permanece cerca de 1°C abaixo dos valores registrados pelo INMET em um intervalo maior que uma hora, atendendo à exigência mínima de desempenho, embora seja considerada pelos usuários, um ambiente integralmente confortável.

A umidade relativa do ar na estação se manteve na maior parte do tempo, bem acima dos valores dos apartamentos, confirmando a influência antrópica que contribui para a formação de climas urbanos mais secos. Foi confirmada também a inversabilidade entre temperatura e umidade relativa do ar. A estação apresenta uma crescente atrasada se comparada ao comportamento dos ambientes, alcançando seus valores máximos de 78%, no dia 27-06, para a sala 1001 e 80%, nos dias 27-06 e 29-06, às 12 e 8h, para a sala 1002, enquanto as mínimas foram de 56%, para sala 1001, e 58%, para sala 1002, ambas possuindo mesma amplitude de 22%, que nos momentos mais secos computados na estação, encontram-se cerca de 5% mais úmidos, e, nos momentos mais úmidos, durante as madrugadas, estão cerca de 20% a 30% mais secos, comportamento similar ao registrado no mês anterior, quando foram feitas medições em outros ambientes, desses mesmos apartamentos. Percebeu-se a influência do septo que separa as varandas, projetando sombra de março a setembro para o apartamento 1002, contribuindo para redução da temperatura das salas, tanto quanto a influência da exposição aos ventos dominantes de sudeste, atendendo a duas estratégias bioclimáticas básicas para esse tipo climático: sombreamento e ventilação.

4.4. Análise comparativa entre cozinhas dos apartamentos 1001 e 1002

A figura 8 sintetiza as medições de temperatura e umidade das cozinhas do apartamento 1001, que está situado na posição norte do edifício, e do apartamento 1002, situado na posição sul. As cozinhas de ambos têm aberturas voltadas para oeste, estando a sotavento e expostas à insolação no período da tarde, sobretudo durante o inverno, no caso do apartamento 1001 e durante o verão, no caso do apartamento 1002, considerando que o volume da escada efetua sombreamento nas cozinhas em estações opostas.

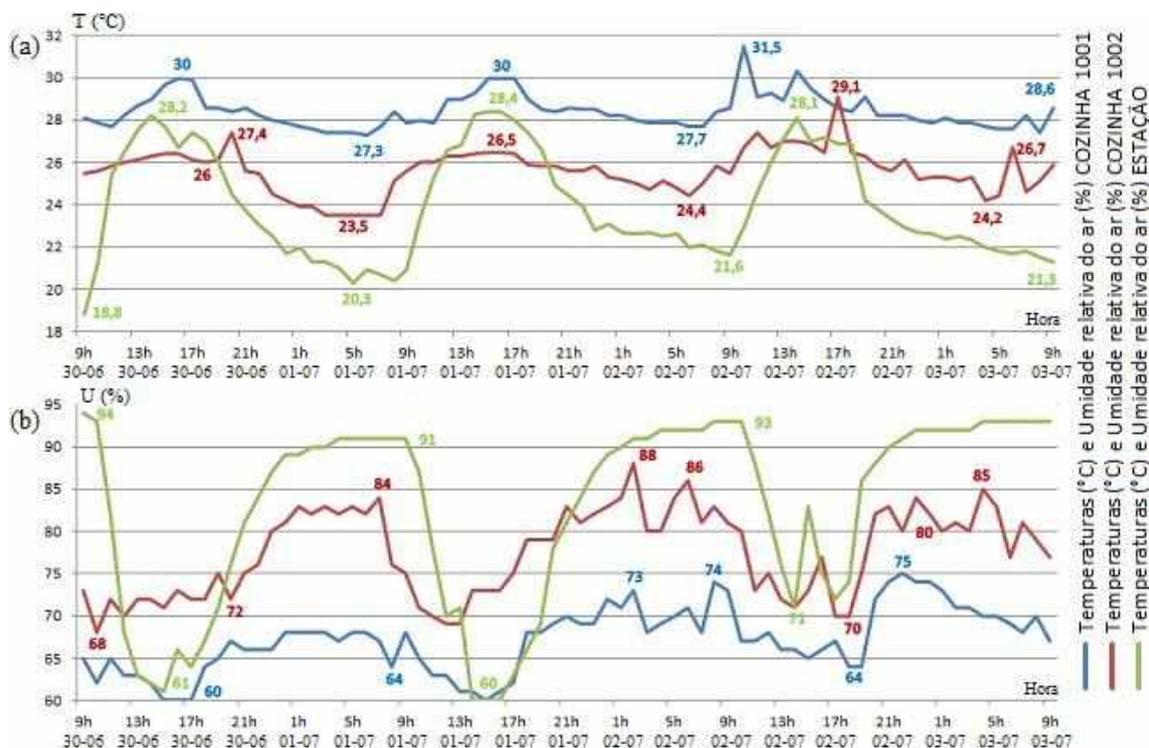


Figura 8 – Gráficos de variação de temperatura (a) e umidade relativa do ar (b) das cozinhas dos aptos. 1001 e 1002.

Compararam-se os ambientes de serviços de ambos os apartamentos, seguindo o mesmo princípio apresentado durante as medições da etapa anterior. A cozinha do apartamento 1001, comparada ao mês anterior, não apresentou diferença expressiva quanto às temperaturas, com máxima de 31,5°C, no dia 02-07, às 11h, e mínima de 27,3°C, no dia 01-07, às 5h, enquanto a umidade relativa do ar decaiu cerca de 5%, embora os valores absolutos registrados mantenham-se próximos, sendo a máxima de 75%, no dia 02-07, às 22h, e mínima de 60%, durante a tarde do dia 30-06. A amplitude térmica aumentou em 0,1°C. (Figura 8).

As temperaturas da cozinha 1002 foram cerca de 4°C mais amenas que a cozinha 1001, com máxima de 29,1°C no dia 02-07 às 18h e mínima de 23,5°C durante a manhã do dia 01-02, gerando amplitude térmica de 5,6°C, sendo esta, a maior entre todos os ambientes medidos da pesquisa. Também se caracteriza como o único ambiente que permanece cerca de 2°C abaixo dos valores registrados pela estação nos momentos secos e 3°C acima nos momentos úmidos, enquanto a cozinha 1001 esteve cerca de 2°C acima de todos os valores computados pela primeira. A diferença de temperatura é ocasionada pelo sombreamento do volume da escada e pelos ventos que confluem de todos os demais cômodos do apartamento de forma mais eficiente do que ocorre no apartamento 1001.

Importante ressaltar que o apartamento 1001 não cozinhou nos dois primeiros dias, implicando dizer que houve picos naturais e o 1002 não costuma ter horário fixo para fazer refeições, pois depende de uma ajudante doméstica, justificando picos às 21h, 17h e 6h, provocado por atividades antrópicas geradoras de calor interno.

Os valores absolutos de umidade ocorrem durante a madrugada do dia 02-07 pela presença de chuva, de 88% para a cozinha do apartamento 1002 e no dia 03-07 às 23h, de 75% para cozinha do apartamento 1001. O ar úmido conflui para a cozinha 1002, justificando a alta umidade se comparada à cozinha 1001, na faixa de 10% maior, com exceção dos momentos de depressão entre 13h e 17h, cujos valores da cozinha 1001 se aproximam dos registrados pela estação, de 60%, enquanto a cozinha 1002 sofre alteração apenas no último dia, quando a variação na estação é menor.

5. CONCLUSÃO

Neste estudo, foi verificado que requisitos específicos para busca de conforto foram seguidos, tais como, orientação dos ambientes de longa permanência, preferencialmente, voltados para leste, aberturas que seguem a porcentagem de área mínima recomendada, direcionadas para os ventos predominantes e inserção de elementos que produzam sombra.

Com o desenvolvimento da pesquisa empírica, incluindo observação da funcionalidade e medições de conforto térmico, constatou-se que a disposição dos cômodos e a necessidade de ventilação cruzada são os principais fatores que alteram o comportamento termohigrométrico dos ambientes. A sala de estar do apartamento 1002 foi o cômodo mais confortável, apresentando menores temperaturas, devido aos ventos externos constantes desimpedidos de barreiras no entorno que convergem para a cozinha. O ambiente menos confortável foi a cozinha do apartamento 1001, devido sua localização a noroeste, expondo-se à insolação, sobretudo, à tarde, durante todo o ano, e durante todo o dia, no inverno. Também contribuiu a localização a sotavento e as aberturas insuficientes para promover a ventilação cruzada permanente.

Os dormitórios, mesmo voltados para leste, também precisam ter suas janelas permanentemente abertas, no sentido de garantir a ventilação cruzada, pois se verificou que a ventilação cruzada em ambientes não condicionados pode ser prejudicada devido ao fechamento de porta e janela do quarto, e, durante a noite, em conjunto com a suíte, devido ao ar condicionado, não possibilitaram o cruzamento.

As salas apresentam os menores valores de temperatura e valores constantes de umidade, caracterizando-as como os ambientes mais confortáveis de ambas as unidades. Em orientação oposta, para oeste, as cozinhas chegam a ficar 2°C mais quentes. Quando comparados em unidades habitacionais espelhadas, ambos os ambientes do apartamento 1002 apresentaram diferença média de 2°C inferiores se comparados à unidade vizinha. Tal fato se dá devido à melhor orientação do apartamento voltado para o sul, que recebe ventos predominantes de duas direções, permeando os quartos e convergindo na sala e cozinha, como também houve sombreamento provocado pela circulação vertical do edifício sob a cozinha e do septo que separa as varandas sob a sala, medidas que não visaram necessariamente ao sombreamento, mas são capazes de projetar sombras durante toda a tarde e manhã, respectivamente, para os ambientes do 1002, entre março e setembro, época da medição.

Atendendo ao mínimo necessário, a edificação não apresentou plena qualidade ambiental, modelo que, em conjunto com estudos para cada caso constituem uma melhor maneira de pensar e de agir para promover mais conforto, satisfação e a permanência do usuário nos ambientes e, por conseguinte, se tornar uma estratégia de mercado que contribui para o sucesso de empreendimentos, com satisfação do usuário, identidade da edificação e contribuições diversas para a eficiência energética e para a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220/2005** – Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: 2005.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575/2013** – Desempenho térmico de edificações habitacionais. Rio de Janeiro: 2013.
- DUTRA, L; LAMBERTS, R; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS/PROCEL, 2014.
- FERNANDES, Julia. **Inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- FREITAS, Ruskín. **Entre mitos e limites**. As possibilidades do adensamento construtivo, face à qualidade de vida no ambiente urbano. Recife: Editora da UFPE, 2008.
- FROTA, Anésia; SCHIFFER, Sueli. **Manual de conforto térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades - Recife**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>>. Acesso em 01 de abril de 2019.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php>>. Acesso em 2 de junho de 2018.
- MASCARÓ, Lúcia. **Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. 3. ed. Porto Alegre: Projeto, 1991.
- OLGYAY, V.; LYNDON, D.; REYNOLDS, J.; YEANG, K. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism**. Princeton University Press, 1973.
- OLGYAY, Victor. **Arquitetura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. 1. ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2009.
- OLIVEIRA, Bruno. **A atuação dos escritórios de arquitetura no mercado imobiliário de Fortaleza**. Dissertação de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- SPOSITO, E. S. **Geografia e filosofia: contribuição para o ensino do pensamento geográfico**. São Paulo: UNESP, 2004.
- TEIXEIRA, Marcela. **Análise da sustentabilidade no mercado imobiliário residencial brasileiro**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.