AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE CONFORTO POR MEDIÇÃO IN LOCO EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES SEGUNDO A ASHRAE 55/2017

Keke Rosberg Guimarães da Silva (1); Juliana Oliveira Batista (2); Alexandre Márcio Toledo (3)
(1) mestre em recursos hídricos e saneamento, eng. civil, doutorando PPGAU/UFAL, rosberg41@gmail.com ,
(2) doutora em eng. civil, arquiteta e urbanista, docente FAU/UFAL, juliana.batista@fau.ufal.br,
(3) doutor em eng. civil, arquiteto e urbanista, docente FAU/UFAL, alexandre.toledol@fau.ufal.br,
Av. Lourival Melo Mota, s/n, Cidade Universitária, Maceió - AL, CEP 57072-900, (82) 99983-6248

RESUMO
As grandes mudanças ambientais do planeta nos últimos anos trazem para o mercado da construção civil o desafio de construir edificações de alto desempenho termo energético, associado à necessidade de conforto térmico dos usuários no ambiente construído. O objetivo deste trabalho foi avaliar o conforto térmico de residências térreas unifamiliares, por meio da medição das variáveis ambientais envolvidas, em função dos requisitos de conforto térmico do usuário do método adaptativo da ASHRAE Standard 55 de 2017. Os resultados da análise das condições de conforto de quatro edificações com diferentes implantações e condições de obstrução do entorno evidenciaram a necessidade de se dar mais relevância à ventilação natural na concepção de projetos de edificações residenciais, sobretudo na zona bioclimática 8, sendo necessário em alguns casos o alcance de velocidades do ar superiores a 0,6 m/s para adequar a temperatura operativa às necessidades de conforto térmico. Dada a importância desta estratégia, cabe dar continuidade ao aprimoramento de métodos de avaliação de desempenho que considerem a ventilação natural. Uma vez que a nova versão da NBR 15575-1 passou a incluir a simulação da ventilação natural, convém desenvolver novos estudos acerca da sensibilidade dos resultados das avaliaçõs diante do aproveitamento desta estratégia, visando o melhor desempenho térmico e também o favorecimento do conforto do usuário.

Palavras-chave: desempenho térmico, medição de temperatura, residências unifamiliares.

ABSTRACT
The major environmental changes on the planet in recent years, bring the challenge of building high-performance thermo-energy buildings to the civil construction market, associated the need for thermal comfort for users in the built environment. The objective is to evaluate the thermal performance of single-family homes, by measuring the variables involved according to the thermal comfort requirements of the user by the adaptive method established in ASHRAE Standard 55 of 2017. The results of the analysis of the comfort conditions of four buildings with different orientations and surrounding conditions highlighted the relevance of natural ventilation for the design of dwellings, especially in the bioclimatic zone 8, where it was necessary in some cases an air speeds above 0.6 m/s to adapt the operative temperature to thermal comfort. Given the importance of this strategy, it is worth continuing to improve thermal performance methods that consider natural ventilation. Since the new version of NBR 15575-1 now includes the simulation of natural ventilation, it is convenient to develop new studies on the sensitivity of the results of the evaluations in view of the use of this strategy, aiming at better thermal performance and also favoring user comfort .

Keywords: thermal performance, temperature measurement, single-family homes.

1. INTRODUÇÃO

As grandes mudanças ambientais do planeta nos últimos anos, trazem para o mercado da construção civil o desafio de construir edificações de alto desempenho termo energético, associada à necessidade cada vez maior de conforto térmico dos usuários no ambiente construído. Nesse horizonte, diversas normas, ferramentas computacionais, equipamentos de medição, entre outros instrumentos têm auxiliado os projetistas na concepção de projetos de edificações que atendam a requisitos mínimos de desempenho e conforto térmico do usuário.

No Brasil, passou a vigorar em 2013 a NBR 15575, que dispõe sobre os requisitos mínimos de desempenho das edificações e dedica um tópico específico para o desempenho térmico e estabelecia três métodos para avaliação do desempenho térmico da edificação: método simplificado, simulação e medição, esse último não obrigatório. Desde sua primeira versão, publicada em 2008, a NBR 15575 recebeu contribuições de diversas pesquisas (LOURA et al., 2011; BRITO et al., 2012; SORGATO et. al., 2012; SORGATO et al., 2014; BRITO et al., 2017; BRITO et al., 2018) que buscam o aprimoramento dos critérios de desempenho. Como resultado, deu-se início ao processo de revisão dos requisitos de desempenho térmico da NBR 15575, sendo publicada em 2021 uma emenda para a parte 1 da norma, que excluiu o procedimento de medição baseado no dia típico e acrescentou novos parâmetros e procedimentos aos métodos simplificado e de simulação. Este último passou a considerar a base de dados anual, um modelo real e um modelo de referência para a edificação analisada, considerando cargas internas de ocupação, iluminação e equipamentos e também o uso de ventilação natural (ABNT, 2021). Entretanto, é importante destacar que a NBR 15575-1 não se destina à avaliação do conforto do usuário, cabendo ao projetista usar de outros métodos para tal.

Por outro lado, as principais normas de conforto térmico orientada aos usuários das edificações foram desenvolvidas em outros países, os quais possuem em sua maioria clima diferente do nosso. Isso torna muitas vezes sua aplicação ao clima quente úmido limitada. Nesse sentido alguns estudos desenvolvidos para o clima tropical (ARAÚJO, 2008; RUPP et al., 2019; FERREIRA, 2019; FRANDOLOSO et. al., 2019) têm utilizado a ASHRAE Standard 55 como regulamento para definir as zonas de conforto térmico dos usuários. O modelo de conforto adaptativo da ASHRAE é fruto de uma pesquisa em edifícios de escritórios e sua elaboração considerou as exigências de conforto térmico para os usuários desta tipologia (SANTO et al., 2013).

2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o conforto térmico de residências térreas unifamiliares, por meio da medição das variáveis ambientais envolvidas, em função dos requisitos de conforto térmico do usuário do método adaptativo da ASHRAE Standard 55 de 2017.

3. MÉTODO

3.1 Delimitação da área de estudo

Para o estudo proposto foram selecionadas quatro edificações residenciais térreas com as mesmas características construtivas (área, tipologia, material de construção, aberturas), localizadas em dois condomínios situados no município de Satuba, região metropolitana de Maceió-AL. Há uma estação meteorológica mantida pelo INMET distante cerca de 8 km das unidades habitacionais estudadas (Figura 1).

O clima local é definido como quente e úmido, apresenta uma alta taxa de radiação solar e pequenas variações térmicas diárias, sendo o período mais quente os meses que vão de outubro a janeiro (MAIA, 2016) e umidades relativas elevadas, com médias diárias superiores a 70% ao longo do ano (Figura 1). Os ventos nessa região sofrem influência dos alísios, havendo uma predominância dos ventos Leste, Sudeste e em menor intensidade do Nordeste, com velocidades que variam de 3 a 5 m/s, com 32% de ocorrência durante o ano (MAIA, 2016).

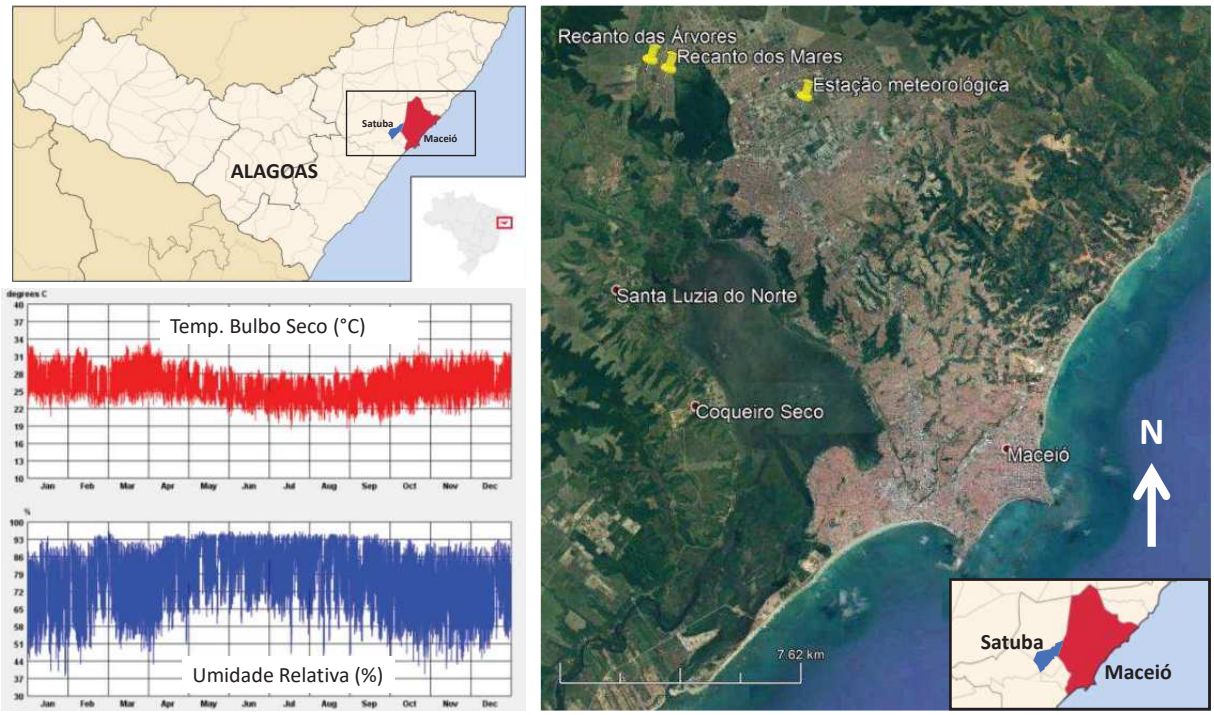

Figura 1 – Localização dos conjuntos habitacionais monitorados, estacao meteorólogica e dados horários anuais de temperatura de bulbo seco e umidade relativa de Maceió – AL.

Fonte: Adaptado de Google (2021) e Climate Consultant (2020).

3.2 Materiais e métodos

Para a avaliação do conforto térmico das unidades habitacionais optou-se por utilizar o procedimento de medição O monitoramento dos dados de temperatura de bulbo seco foi realizado com o auxílio de termo-higrômetros digitais, da marca Onset, modelo HOBO UX100-003 (Figura 2).



Figura 2 – Termo-higrômetro – HOBO UX100-003

Fonte: Onetemp (2020)

A avaliação das condições de conforto térmico seguiu o método adaptativo, descrito na norma internacional ASHRAE Standard 55 de 2017. A aplicação desse método requer como dados de entrada variáveis como temperatura operativa, temperatura prevalente e velocidade do vento no ambiente interno, e retorna como resultado uma zona de conforto que mostra as faixas de probabilidade em que 80% e 90% dos indivíduos se sentiriam confortáveis. O método considera ainda: que não há sistema de refrigeração mecânico instalado e nenhum sistema de aquecimento está em operação; equivalente metabólico variando de 1,0 a 1,3 met e os ocupantes são livres para adaptar suas roupas às condições térmicas internas e/ou externas de uma faixa de pelo menos 0,5 a 1,0 clo (ASHRAE, 2017). O cálculo da temperatura externa prevalente foi efetuado com base nos dados da estação meteorológica automática mantida pelo INMET no município de Maceió-AL, coletados no mesmo período de monitoramento da temperatura interna.

A avaliação das condições de conforto térmico foi realizada com o auxílio da ferramenta on line Thermal Comfort Tool, disponível no sítio: https://comfort.cbe.berkeley.edu/. Essa ferramenta gera as zonas de conforto do usuário, conforme estabelece a norma internacional ASHRAE Standard 55 de 2017.

Foram selecionadas quatro residências unifamiliares, térreas, distantes menos de 2 Km uma da outra (Figura 3). O programa compõe-se de três dormitórios, sala, cozinha e banheiro social (Figura 4), construídas com o mesmo sistema construtivo (alvenaria em bloco de concreto, cobertura em madeira e telha cerâmica e forro de pvc). A norma recomenda ainda que essas medições sejam realizadas em um ambiente com pelo menos uma janela orientada a Oeste e uma parede exposta orientada a Norte. No entanto, dadas as condições de implantação das unidades habitacionais, as unidades selecionadas apresentam uma das fachadas orientadas para Oeste ou Leste, com aberturas voltadas para o Norte, diferenciando-se também pela cor das fachadas (Quadro 1). As medições da temperatura de bulbo seco do ar foram realizadas em intervalos horários no centro do dormitório 1, ambiente de permanência prolongada, a 1,20 m do piso, utilizando-se os dados do terceiro dia de medição.



Figura 3 – Implantações das unidades habitacionais monitoradas

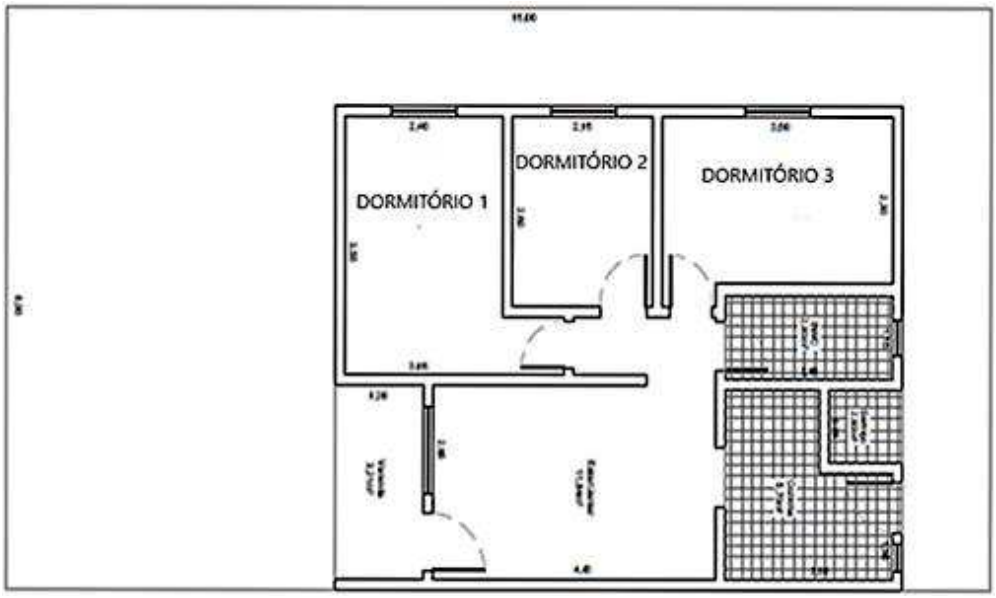

Figura 4 – Planta baixa da unidade habitacional

Quadro 1 – Identificação das edificações, orientação solar do ambiente avaliado e obstruções identificadas

Casa	Orientação da fachada	Orientação da janela	Obstruções/ janela	Cor/absortância das fachadas (α)	Exposição à ventilação
187	L	S	Não possui	Bege (0,5)	Barlavento (LE e SE)
159	O	N	Lote vizinho	Bege (0,5)	Sotavento
185	O	N	Não possui	Vermelha (0,7)	Sotavento
203	O	N	Lote vizinho	Bege (0,5)	Sotavento

A escolha dessas quatro unidades possibilitou investigar a influência da absortância das fachadas e das condições de exposição à ventilação natural no desempenho térmico, conforme as características descritas no Quadro 1. Os usuários foram orientados a manterem a porta e a janela do ambiente abertas sempre que não estivesse chovendo. O equipamento foi programado para registrar dados de temperatura e umidade, tendo sido aferidos previamente conforme procedimento adotado por Ferreira (2019). O monitoramento iniciou-se nas quatro residências às 19:00 do dia 12 de dezembro de 2019 e encerrou-se às 18:00 do dia 15 de dezembro de 2019.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Comportamento das variáveis climáticas

Ao longo do ano, o município de Maceió apresenta uma quantidade de horas significativas de conforto térmico, considerando apenas o método adaptativo da ASHRAE Standard 55 de 2017, utilizando a ventilação natural como única estratégia bioclimática, sendo essa estratégia eficiente durante 37,5% do tempo (Figura 5). Dessa forma, para que se tenha um ambiente confortável por mais tempo é necessário o emprego de outras estratégias associadas à ventilação natural. A Figura 6, a seguir, ilustra o comportamento da temperatura de bulbo seco ao longo do ano para a cidade de Maceió.

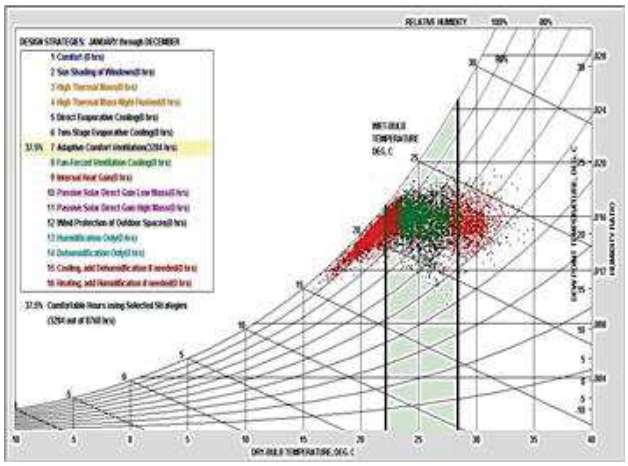

Figura 5 – Carta psicométrica de Maceió pelo Climate Consultant

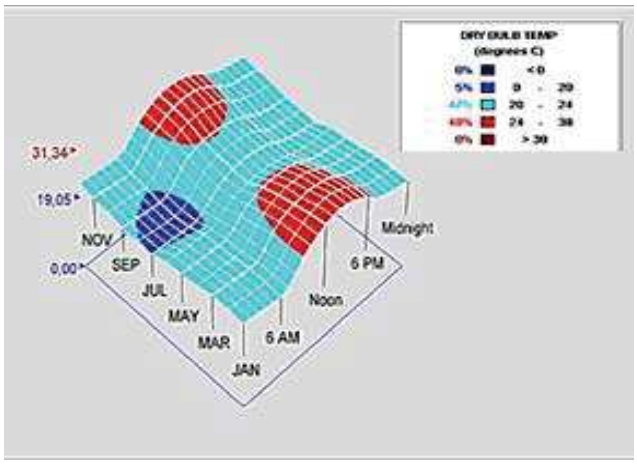

Figura 6 – comportamento da temperatura de bulbo seco ao longo do ano em Maceió

Verifica-se que o período de temperaturas mais elevadas na região ocorre entre os meses de setembro e maio, com destaque para os meses de dezembro e janeiro, nos quais a temperatura atinge seu pico. Sendo que em 48% do tempo a temperatura está no intervalo de 24 a 38 ºC. O período mais frio por sua vez ocorre entre os meses de julho e setembro, com destaque para o mês de junho em que geralmente são registradas as temperaturas mínimas anuais. Apenas em 5% do tempo a temperatura registrada está abaixo dos 20 ºC.

As direções predominantes em que ocorrem ventos com velocidades mais significativas são Leste e Sudeste, que registram ocorrência de ventos em pelo menos 10% das horas. Por outro lado, a direção Nordeste,

apesar de registrar velocidades que ultrapassam os 8 m/s, tem uma frequência de ocorrência menor, em torno de 5% das horas (Figuras 7 e 8).

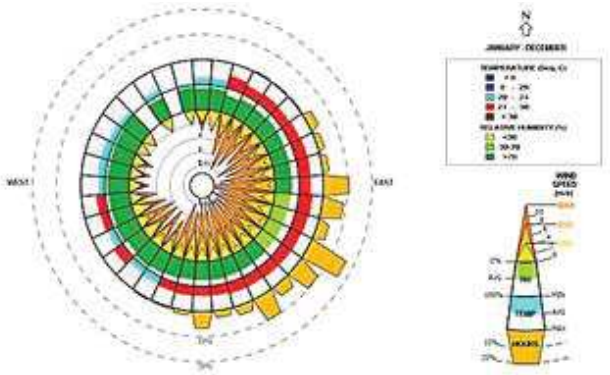

Figura 7 – Comportamento da velocidade do vento em Maceió

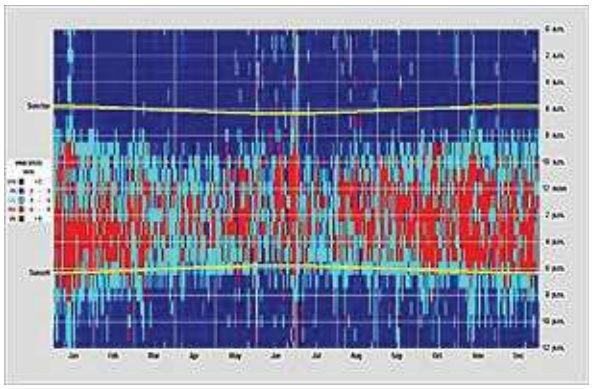

Figura 8 – Comportamento da velocidade do vento ao longo dos meses e horas em Maceió

O período com ocorrência de velocidades de vento mais significativas são os meses mais quentes, compreendidos entre setembro e março, além disso os horários que mais ventam também são também os que registram frequentemente as maiores temperaturas, entre as 10:00 horas da manhã e às 18:00 horas. Todos esses fatores corroboram para a viabilidade da ventilação natural como estratégia bioclimática principal da região.

4.2. Caracterização do comportamento térmico das edificações

O Gráfico 1 mostra a variação das temperaturas internas e externas das quatro residências ao longo de quatro dias de monitoramento, totalizando 95 horas.

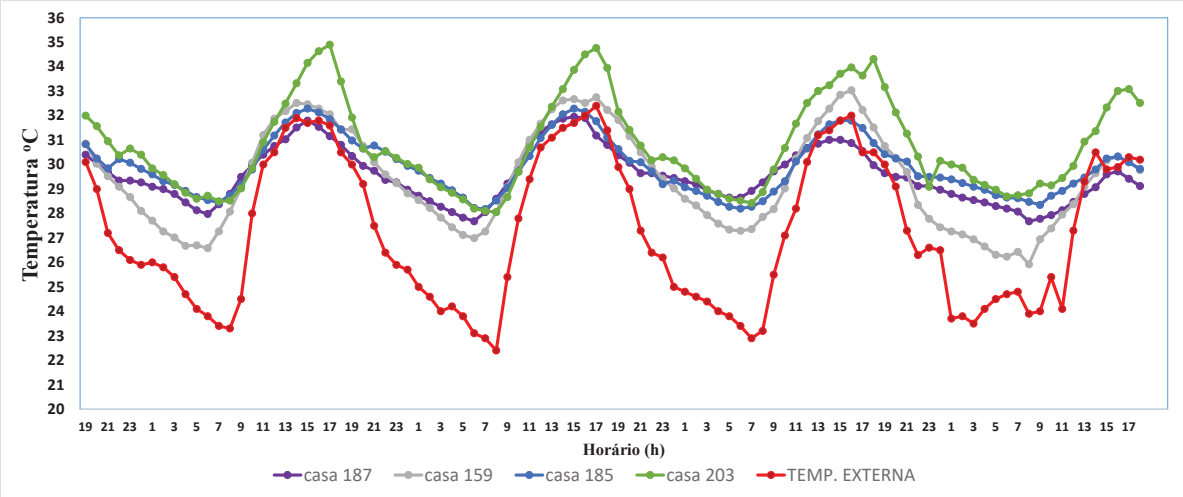

Gráfico 1 – Temperaturas interna e externa durante todo o período de monitoramento

Durante o período de monitoramento, a temperatura externa variou entre 22,4°C e 32,4°C. Observa-se que as temperaturas internas ultrapassaram a temperatura externa nas quatro edificações, praticamente durante todo o período de monitoramento. Destacou-se o comportamento da casa 203 (ambiente à sotavento, $\alpha = 0,5$), a qual atingiu as maiores temperaturas máximas, ultrapassando em até 3°C a temperatura máxima externa no dia 13/12. A casa 159, cujo dormitório 1 apresentava condições de exposição solar e absortância semelhantes à casa 203 obteve menor amplitude térmica, o que pode ser explicado por possíveis diferenças no padrão de

abertura das janelas e seus efeitos na admissão e perda de calor por radiação.

Já na casa 185, cujo ambiente também está localizado à sotavento, mas que possui absortância mais elevada (α = 0,7), observou-se o menor resfriamento do ambiente durante o período noturno, alcançando a maior temperatura mínima: 28,2 °C. Por fim, a casa 187 apresentou a menor amplitude térmica (4,2°C) e a menor temperatura máxima diurna: 31,9 °C, correspondendo às expectativas de melhor desempenho pelo fato da abertura estar localizada à barlavento, sem obstruções à passagem do vento e exposta à insolação direta no período da manhã.

Avaliando o comportamento térmico no último dia de medição, observa-se que as casas 187 e 185 apresentaram temperatura interna máxima inferior à temperatura máxima externa. As casas 159 e 203 apresentam condições mais desfavoráveis do ponto de vista da orientação solar, pois ambas têm fachada orientada a Oeste e janela a Norte. Além disso, a casa 203 não possui nenhuma obstrução que reduza a incidência da radiação solar direta nas fachadas e a 159 tem obstrução apenas nas laterais.

Por outro lado, a casa 187 tem sua fachada orientada a Leste e a janela a Sul. Isso favoreceu seu desempenho, além disso a casa também tinha obstruções nas laterais. Por fim, a casa 185, que também possui uma orientação solar desfavorável, apresenta obstruções nas laterais, frente e fundo. Dessa forma, a incidência da luz solar diretamente na fachada era minimizada e isso beneficiou o desempenho térmico da edificação.

4.3. Conforto térmico segundo a ASHRAE Standard 55 (2017)

Nesta seção são apresentados os resultados relacionados às possíveis zonas de conforto geradas, admitindo-se a existência de velocidades mínimas do ar dentro do ambiente, pois não foram realizadas medições in loco da velocidade do ar.

As Figuras 9 e 10, trazem a zona de conforto gerada a partir das condições encontradas no último dia de medição nas casas 187 e 185, respectivamente, considerando as velocidades mínimas do vento dentro do ambiente de 0,3 m/s e 0,6 m/s nessa mesma ordem.

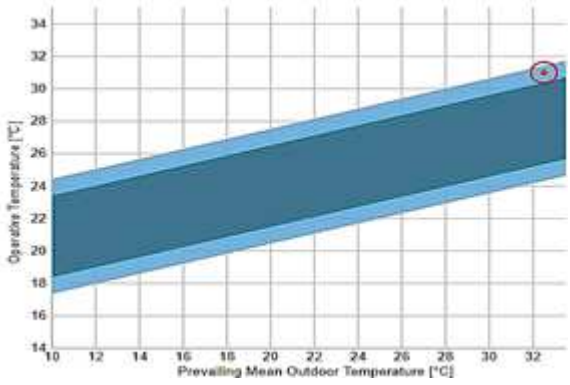

Figura 9 – Zona de conforto gerada para a casa 187

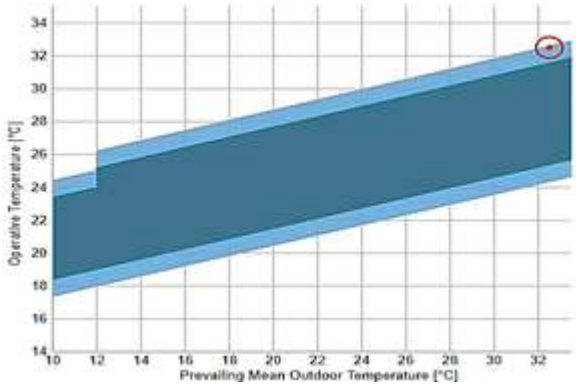

Figura 10 – Zona de conforto gerada para a casa 185

As casas 187 e 185, apesar de terem apresentado um melhor desempenho térmico quando comparadas às demais edificações, só atendem as condições de conforto do usuário quando o ambiente está ventilado com uma velocidade do ar de pelo menos 0,3 m/s, para a casa 187 e 0,6 m/s para a casa 185. Nessas circunstâncias pelo menos 80% dos usuários se sentiriam confortáveis.

As Figuras 11 e 12, trazem a zona de conforto gerada a partir das condições na mesma data para as casas 159 e 203, respectivamente, considerando as velocidades mínimas do vento dentro do ambiente de 0,6 m/s e 1,2 m/s nessa mesma ordem.

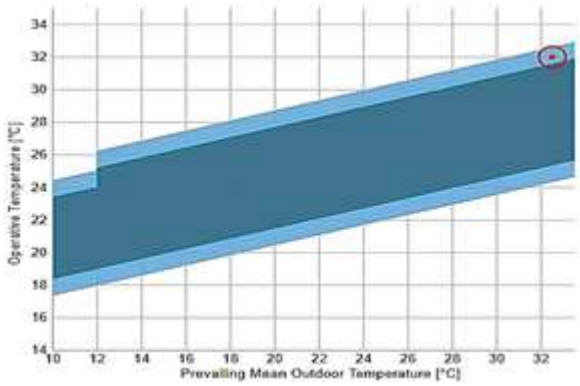

Figura 11 – Zona de conforto gerada para a casa 159

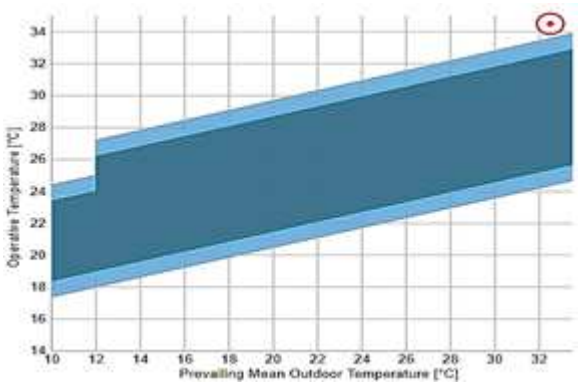

Figura 12 – Zona de conforto gerada para a casa 203

A casa 159 atinge as condições de conforto térmico com velocidade do ar de 0,6 m/s, semelhante ao que ocorreu com a casa 185. Por outro lado, a casa 203 não alcança o nível de conforto mesmo quando considerada velocidade do ar de 1,2 m/s, valor considerado alto para o ambiente interno da edificação.

A análise das condições de conforto das quatro edificações evidencia a necessidade de se dar mais relevância à ventilação natural na concepção de projetos de edificações residenciais, sobretudo, na zona bioclimática 8.

5. CONCLUSÕES

De modo geral, nota-se que o comportamento das variáveis bioclimáticas: temperatura, velocidade do ar e umidade favorecem a utilização da ventilação natural como estratégia bioclimática predominante na região. No entanto, ficou claro a necessidade dessa estratégia ser associada a outras estratégias de maneira a assegurar uma quantidade maior de horas de conforto.

As recentes alterações da NBR 15575-1, com a incorporação ao método da simulação a ventilação natural e as cargas térmicas internas representam um avanço na busca pela melhor qualidade térmica das habitacoes no país. Entretanto, verifica-se que a análise do impacto da ventilação natural ainda é realizada de modo simplificado, a despeito da importancia dessa estrategia para a obtenção do conforto térmico. Cabe destacar que a utilização de obstruções como muros e outros elementos capazes de reduzir a incidência da luz solar direta na fachada e dentro do ambiente, através das janelas, contribui para minimizar os efeitos da temperatura dentro do ambiente interno, como visto nas edificações estudadas. Por outro lado, tais obstruções podem afetar de maneira negativa a ventilação natural dentro dos ambientes. Sendo assim, a utilização de muros mais permeáveis, especificamente compostos por elementos laminados vazados podem ser uma alternativa viável para a melhora do desempenho da ventilação natural, conforme destaca Costa (2018).

Por fim, ficou claro a possibilidade de melhoria das condições de conforto térmico do usuário nas residências, sendo necessário implementação de estratégias bioclimáticas como a ventilação natural, capaz de reduzir a sensação de desconforto. Dada a importância desta estratégia, cabe dar continuidade ao aprimoramento de métodos de avaliação de desempenho que considerem a ventilação natural. Uma vez que a nova versão da NBR 15575-1 passou a incluir a simulação da ventilação natural, convém desenvolver novos estudos acerca da sensibilidade dos resultados das avaliaçõs diante do aproveitamento desta estratégia, visando o melhor desempenho térmico e também o favorecimento do conforto do usuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ARAUJO, Mara Rubia de Oliveira. **Conforto térmico em salas de aula localizados em clima quente e úmido: uma avaliação do limite inferior da zona de conforto**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

BRITO, Adriana Camargo de et al. Avaliação de desempenho térmico de habitações segundo a Norma ABNT NBR 15575: proposta para aprimoramento do método detalhado. **Revista IPT: Tecnologia e Inovação**, v. 1, n. 6, 2017.

BRITO, Adriana Camargo de; PIRES, Henrique Lima; AKUTSU, Maria. Contribuições para o aprimoramento do método simplificado de avaliação do desempenho térmico de coberturas previsto na norma NBR 15575. **Revista IPT: Tecnologia e Inovação**, v. 2, n. 9, 2018.

COSTA, Isabely Penina Cavalcanti da. **Influência de muros vazados laminados no desempenho da ventilação natural em habitações de interesse social.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

FERREIRA, Miryan Patricia Tenorio. **Avaliação do conforto térmico com base em critérios normativos em apartamentos representativos do Programa Minha Casa Minha Vida em Maceió–AL**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

FRANDOLOSO, Marcos Antonio Leite et al. Avaliação do conforto térmico no edifício v2 da Universidade de Passo Fundo-Brasil/Evaluation of thermal comfort on the building v2 of Univeristy of Passo Fundo-Brazil. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 14215-14225, 2019.

LOURA, Rejage Magiag; ASSIS, Eleonora Sad de; BASTOS, Leopoldo EG. Análise comparativa entre resultados de desempenho térmico de envoltórias de edifício residencial gerados por diferentes normas brasileiras. Encac/Elacac: Búzios, 2011.

RUPP, Ricardo Forgiarini; GHISI, Enedir. Avaliação de modelos preditivos de conforto térmico em escritórios no clima subtropical brasileiro. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 2, p. 91-107, 2019.

SANTO, A. D.; ALVAREZ, CE de; NICO-RODRIGUES, E. A. Conforto e desempenho térmico em contradição na NBR 15575. **Cadernos PROARQ**, v. 20, p. 116-136, 2013.

SANTOS, Juliana Barros dos et al. **Uso do PMV para avaliação do conforto térmico em edifício de escritório tipo plano aberto e sua viabilidade de aplicação em clima quente e úmido**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Alagoas, 2018.

SORGATO, Marcio José et al. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 83-101, 2014.