XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

DESEMPENHO TÉRMICO DE HIS: UM ESTUDO SOBRE REFORMA EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM MACEIÓ-AL[1]

SILVA, Letícia F. de A. (1); SILVA, Jucelino N. da (2); BATISTA, Juliana O. (3)

(1) Universidade Federal de Alagoas, leticia-almeidasilva@live.com
(2) Universidade Federal de Alagoas, novaesjucelino@gmail.com
(3) Universidade Federal de Alagoas, juliana.batista@fau.ufal.br

RESUMO

Soluções projetuais para habitações unifamiliares de interesse social (HIS) são reproduzidas em todo o país, sem as necessárias adaptações à realidade de cada local. Assim, reformas para adequar a habitação às necessidades dos moradores são recorrentes, por vezes prejudicando seu desempenho térmico. O objetivo deste trabalho é investigar o impacto de reformas (alterações na envoltória) no desempenho térmico de HIS localizadas em Maceió-AL, estimando também o efeito de resfriamento devido ao movimento do ar. Realizaram-se simulações de uma HIS em duas implantações (noroeste e sudeste) e com diferentes absortâncias da envoltória (a= 0,3 e a=0,7) com o software EnergyPlus v. 8.7. Em seguida, propuseram-se melhorias no modelo original, aplicadas à implantação mais favorável para captar ventilação natural (sudeste). As envoltórias mais claras obtiveram melhor desempenho térmico e as melhorias na captação da ventilação natural resultaram em reduções de 2,5 °C até 4,5 °C na temperatura efetiva padrão. Ademais, ressalta-se a importância da flexibilidade espacial e adaptabilidade em HIS, evitando que futuras reformas resultem em problemas de desempenho térmico das residências. (Iniciação Científica/finalizada)

Palavras-chave: *Desempenho Térmico; Habitação de Interesse Social; Ventilação natural.*

ABSTRACT

Design solutions for single-family social housing are reproduced throughout Brazil, ignoring necessary local adaptations. Thus, reforms are recurrent to adapt housing to the resident's needs, and can damage the thermal performance. The aim of this work is to investigate the impact of reforms (changes in the envelope) on the thermal performance of a housing unit located in Maceió-AL, thus estimating cooling effects related to natural ventilation. An housing unit model was simulated in EnergyPlus software v. 8.7, at two orientations (northwest and southeast), with different envelope absorbances (a = 0.3 and a = 0.7). Then, improvements were proposed in the original model, applied to the most favorable orientation to capture natural ventilation (southeast). The light colors envelopes obtained better thermal performance and improvements in natural ventilation resulted in reductions of 2.5 °C to 4.5 °C in the standard effective temperature. In addition, the importance of spatial flexibility and adaptability of social housing is emphasized, thus avoiding that future reforms result in problems of thermal performance of dwellings.

---

[1] SILVA, Letícia F. de A.; SILVA, Jucelino N. da; BATISTA, Juliana O. Desempenho térmico de HIS: um estudo sobre reforma em residência unifamiliar em Maceió-AL. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

***Keywords**: Thermal Performance; Housing of Social Interest; Natural ventilation.*

1 INTRODUÇÃO

Em muitos empreendimentos de habitação de interesse social (HIS) percebe-se que a busca pela produtividade e maiores lucros relegou a qualidade do projeto a um segundo plano (SALGADO, 2010). Consequentemente, tem-se a demanda por posteriores reformas dessas habitações para melhor adequá-las às necessidades dos moradores.

A década de 70 foi marcada pela construção de grandes conjuntos habitacionais, com o impulso do Banco Nacional da Habitação (BNH). Em Maceió, os empreendimentos estimularam o crescimento da cidade para as áreas ao norte, expandindo o território em direção à região mais alta e periférica do Tabuleiro (FERREIRA, 2019). A partir de 2013, com a criação do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), verificou-se o aumento do adensamento populacional em bairros como o Eustáquio Gomes, situado na parte alta da cidade.

De acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), a cidade de Maceió se encontra na zona bioclimática 8, com clima quente e úmido, para a qual recomendam-se soluções projetuais que atenuem as altas temperaturas, tais como uso de cores claras na envoltória, sombreamento das aberturas e ventilação cruzada permanente.

O presente trabalho tem como objetivo principal investigar, através de simulações computacionais, o impacto de alterações nas cores da envoltória e da configuração das aberturas para ventilação e iluminação no desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social, localizadas em Maceió-AL, realizando também estimativas do efeito de resfriamento do corpo devido ao movimento do ar.

O objeto de estudo é o Conjunto Residencial Jardim Royal, localizado no bairro Eustáquio Gomes, em Maceió, Alagoas. O conjunto possui 5 quadras residenciais e uma área central de lazer, composto por aproximadamente 3000 residências, onde identificou-se 6 implantações distintas (Figura 1). Apesar de ter sido entregue em 2017, já é possível observar diversas reformas nas residências, indicando que estas não atendem às necessidades dos moradores (Figura 2).

Figura 1 – Tipos de implantação, Jardim Royal

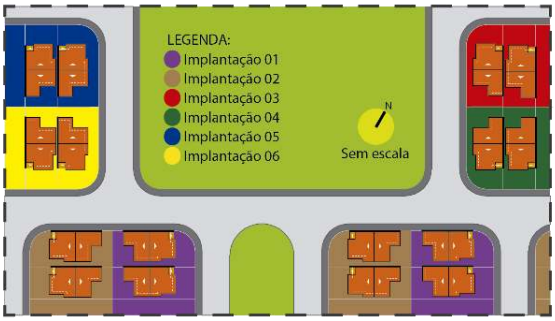


Figura 2- UH reformada



Fonte: Acervo autoral (2020)

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A planta-baixa é composta por uma sala de estar e jantar integradas, cozinha, banheiro e dois quartos (Figura 2). Observando-se a planta de locação do conjunto e com o auxílio de imagens de satélite, foram identificados seis tipos de implantação das habitações (ver Figura 1). Foram confeccionadas as máscaras de sombra das

janelas para todas as implantações, identificando-se aquelas com maior e menor número de aberturas sombreadas no período mais quente do dia, respectivamente, Implantação 3 – fachada principal a Noroeste e Implantação 3 - fachada principal a Sudeste, considerando-se os ambientes de maior permanência (quartos e sala) e os horários entre 12h e 18h.

A envoltória é composta por paredes em tijolos cerâmicos rebocados e pintados, cobertura em telha cerâmica não esmaltada e forro de PVC. As áreas de abertura foram analisadas quanto ao atendimento dos pré-requisitos do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R (INMETRO, 2012). Segundo o RTQ-R, para a Zona Bioclimática 8, as áreas de aberturas para iluminação (I) e ventilação natural (V) devem corresponder no mínimo a 12,5% e 8% da área de piso, respectivamente. Observou-se que nenhum ambiente atende aos parâmetros de ventilação e somente os quartos possuem área de abertura adequada para iluminação natural (Tabela 1).

Figura 2 – Planta-baixa da UH original



Fonte: Acervo autoral (2020)

Tabela 1 – Aberturas para ventilação e iluminação natural: UH original

	Sala				**Cozinha**				**Q. Casal**				**Q. Solteiro**			
Área do Ambiente (m²)	12,7				6,5				8,4				6.6			
Área de Abertura/Área de piso do ambiente (V) (%)	3,7				6,6				6,8				7,1			
Área de Abertura/Área de piso do ambiente (I) (%)	8,7				7,7				15,7				16,6			
Tipo de Abertura	Correr				Basculante				Correr				Correr			
Atende o RTQ-R?	**V**	N	**I**	N	**V**	N	**I**	N	**V**	N	**I**	S	**V**	S	**I**	S

As implantações selecionadas foram simuladas com o Software Energy Plus v. 8.7[2], a fim de propor alterações na envoltória, visando a melhoria do desempenho térmico. Cada implantação foi simulada em cores claras (a = 0,3) e cores escuras (a = 0,7), para paredes e telhado, com o intuito de comparar o efeito das absortâncias das superfícies externas no desempenho térmico das unidades avaliadas.

Selecionou-se para as análises os dias nos quais foram alcançadas as máximas e as mínimas temperaturas do ano, respectivamente: 01/04 e18/07. Foram analisadas as temperaturas operativas internas da sala, quartos e cozinha, verificando-se o seu enquadramento na zona de conforto estabelecida pelo modelo adaptativo da ASHRAE STANDARD 55 (2017). Para tal, a zona de conforto foi delimitada com base

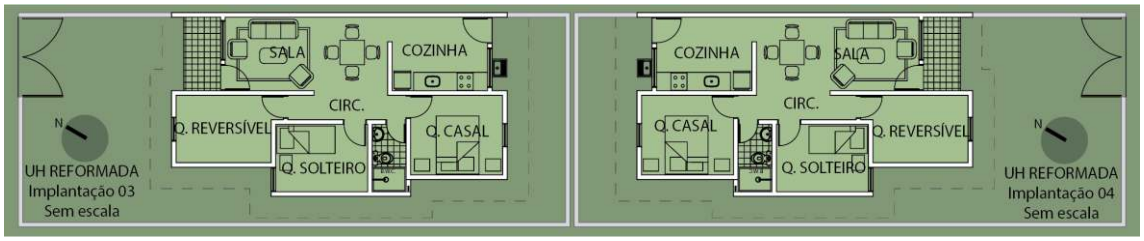
[2] EUA. U.S. Department of Energy. Building Technologies Program. Building Energy Software Tools Directory. Disponível em: https://www.energy.gov/eere/buildings/downloads/energyplus-0 . Acesso em: 07 mai. 2020.

nas temperaturas médias mensais, obtidas a partir do arquivo climático de Maceió[3], adotando-se o limite de aceitabilidade de 80%.

Após avaliados os resultados, foi simulada uma proposta de reforma a partir da modificação da planta original, definida após revisão documental acerca de reformas mais frequentes realizadas por moradores de HIS. Dentre as principais modificações identificadas, destaca-se a adição de quartos, ampliação da cozinha e adição de ponto comercial. Essas alterações na maioria das vezes resultam em obstruções de esquadrias, ou realocação das mesmas para orientações desfavoráveis (SANTOS; CARVALHO; BATISTA, 2019)(SANTOS; SANTOS; BATISTA, 2018).

A Implantação Sudeste apresentou maior potencial para a aplicação das melhorias, visto que a fachada principal estaria exposta às principais incidências do vento em Maceió (Sudeste e Leste), possibilitando dispor nela as aberturas de ambientes de permanência prolongada (quartos e sala). Utilizando a circulação interna já existente e o espaço livre do lote, foi adicionado um terceiro quarto na residência. Inverteu-se a posição do banheiro com o quarto de solteiro original, para que este tivesse sua abertura voltada para o sudeste. Para inserção desta janela, o quarto de casal original foi reduzido(quarto reversível), podendo ser adaptado para funcionar como ponto comercial. Sendo assim, o quarto adicionado na reforma tornou-se o quarto de casal, apresentando maiores dimensões que os outros dois. Além disso, a cozinha foi ampliada e a área de serviço realocada (Figura 3).

Figura 3 – Planta-baixa da UH reformada



Fonte: Acervo autoral (2020)

As janelas de correr foram substituídas por janelas pivotantes verticais, possibilitando uma abertura de 100% para a ventilação, enquanto as anteriores abriam 50% do vão. Com a substituição das janelas, todos os ambientes passam a atender ao pré-requisito de ventilação natural do RTQ-R (INMETRO, 2012).

Além da análise das temperaturas operativas de conforto, na UH reformada, foram realizadas estimativas do efeito de resfriamento do corpo devido ao movimento do ar, a partir do cálculo da temperatura efetiva padrão (Standard Effective Temperature – SET). Neste caso, foi utilizada a ferramenta CBE Comfort Tool (HOYT et. al, 2019)[4], considerando-se o isolamento da vestimenta de 0,5 clo, taxa metabólica de 1,0 met e as temperaturas operativas obtidas por simulação. Admitiu-se 3

[3] Arquivo TRY denominado BRA_AL_Maceio.829940_INMET.epw, elaborado por Mauricio Roriz a partir de dados básicos registrados pelo INMET (2001-2010). Disponível em: http://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/BRA_Brazil/index.html. Acesso em: 14 mai. 2020.

[4] HOYT, T.; SCHIAVON, S.; TARTARINI, F.; CHEUNG, T.; STEINFELD, K.; PICCIOLI, A.; MOON, D. 2019, **CBE Thermal Comfort Tool.** Center for the Built Environment, University of California Berkeley. Disponível em: https://comfort.cbe.berkeley.edu/. Acesso em: 16 mai. 2020.

possibilidades para o cálculo da temperatura SET em função das velocidades do ar interno: 0,15 m/s, 0,6 m/s e 1,2 m/s.

Foram observados os horários nos quais a velocidade do ar indicada no arquivo climático excedia 2,6 m/s, bem como a incidência do vento em relação às aberturas. O valor de 2,6 m/s foi estabelecido após a correção da velocidade do ar externo em função das características do entorno (subúrbio) e contabilizando-se também o coeficiente de descarga das esquadrias (valor médio = 0,65). A partir desta velocidade do ar externa, estimaram-se velocidades internas mínimas de 0,6 m/s.

Tabela 2 – Áreas de abertura - ventilação e iluminação: UH reformada

	Estar/Jantar	**Cozinha**	**Q. Casal**	**Q. Solteiro**	**Q. Revers.**
Área do Ambiente (m²)	12,7	8.4	7,8	6,6	6,8
Área de Abertura/Área de piso do ambiente (V) (%)	8,9	15	11,5	13,6	13,2
Área de Abertura/Área de piso do ambiente (I) (%)	8,9	15	11,5	13,6	13,2
Tipo de Abertura	Pivô Vertical	Correr	Pivô Vertical	Pivô Vertical	Pivô Vertical
Atende o RTQ-R?	**V** S **I** N	**V** S **I** S	**V** S **I** N	**V** S **I** S	**V** S **I** S

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A configuração original do projeto foi simulada nas duas implantações: i) fachada principal voltada a noroeste e ii) fachada principal voltada a sudeste, assim como para a UH reformada, nos dias 01/04 e 18/07. Na UH reformada, buscou-se demonstrar o impacto da ventilação natural nas condições térmicas de um ambiente no período do verão: o quarto reversível, escolhido devido a sua posição em planta, menos afetada pelos muros quanto ao escoamento dos ventos.

3.1 Unidade original

No dia 01/04 foi alcançada a temperatura externa máxima, igual a 34°C. No caso das implantações com cores escuras a temperatura máxima interna (TMI) dos ambientes ultrapassou em até 1°C a temperatura máxima externa (TME), ocorrendo desconforto no intervalo das 10h às 20h (Figuras 4b e 5b). Com cores claras (Figuras 4a e 4b), o amortecimento térmico foi de até 1°C da TMI em relação a TME, para ambas implantações, ocorrendo desconforto no intervalo das 10h às 18h (Figuras 4a e 4b).

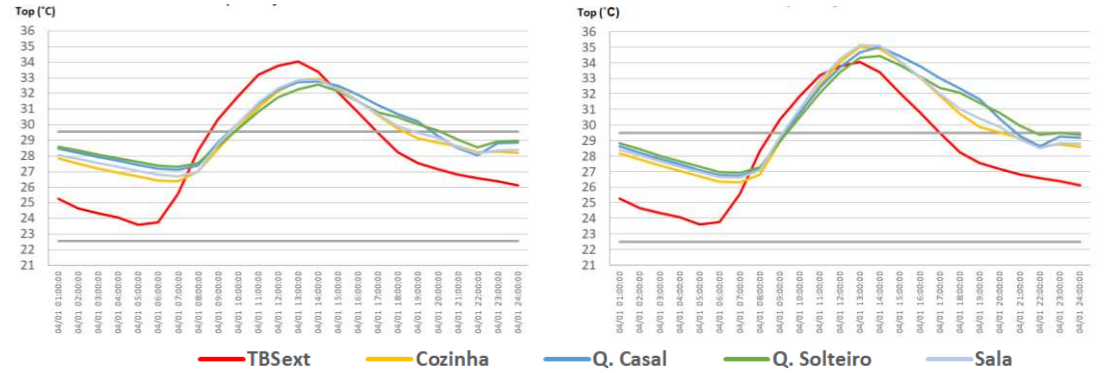
Considerando-se as mesmas refletâncias, os resultados foram semelhantes para ambas as implantações. Nos dois casos os quartos têm suas paredes expostas à insolação durante a tarde, sendo os ambientes mais afetados termicamente, além de possuírem as janelas orientadas a NO: o quarto de casal, na implantação NO (Figura 4) e o quarto de solteiro, na implantação SE (Figura 5). O fato das aberturas não atenderem aos pré-requisitos do RTQ-R (Tabela 1) contribui para o desconforto térmico, já que as janelas apresentam dimensões insuficientes em relação às áreas dos ambientes, dificultando as trocas de ar, assim como a ausência de sombreamento adequado.

No dia mais frio do ano, 18/07, as residências de cor clara mantiveram-se enquadradas na zona de conforto (Figura 6a). Já nas unidades de cores escuras, o limite superior da zona de conforto foi extrapolado em até 1,2ºC no intervalo das 12 às 16 horas (Figura 6b). Entre as diferentes implantações, as diferenças no desempenho térmico foram inferiores a 0,5ºC, assim como aconteceu no dia mais quente. A redução nas temperaturas internas das unidades de cor clara foi de

aproximadamente 2,5ºC em relação às unidades de cor escura, em ambas implantações.

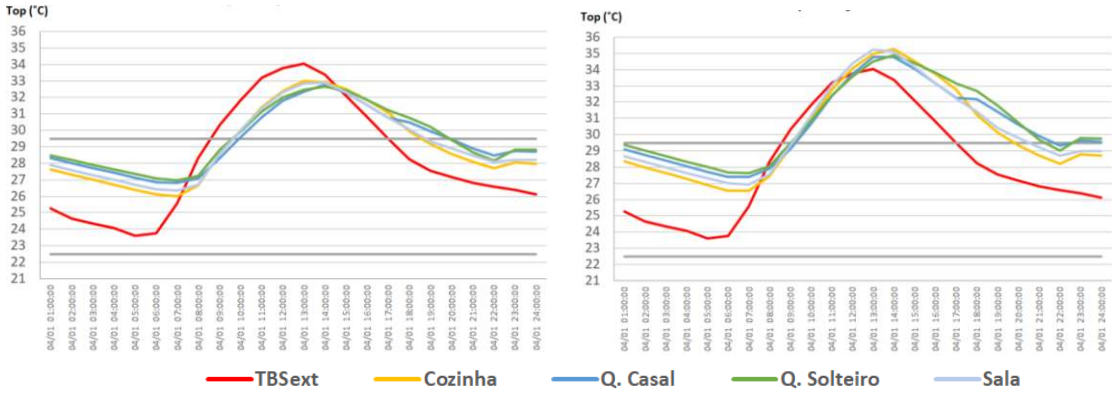
Pode-se correlacionar a disponibilidade de vento com a disposição das aberturas nas fachadas para avaliar o impacto da ventilação nas condições de conforto térmico internas. Esta análise foi desenvolvida com o modelo da unidade reformada, implantada com a fachada principal orientada a SE, adaptando-a para o melhor aproveitamento da ventilação natural, com adequada proteção solar. A mesma planta foi simulada na implantação NO, representando uma condição comum: reformas dissociadas dos condicionantes climáticos locais.

Figura 4 – Temperaturas internas e externas (01/04): Implantação Noroeste



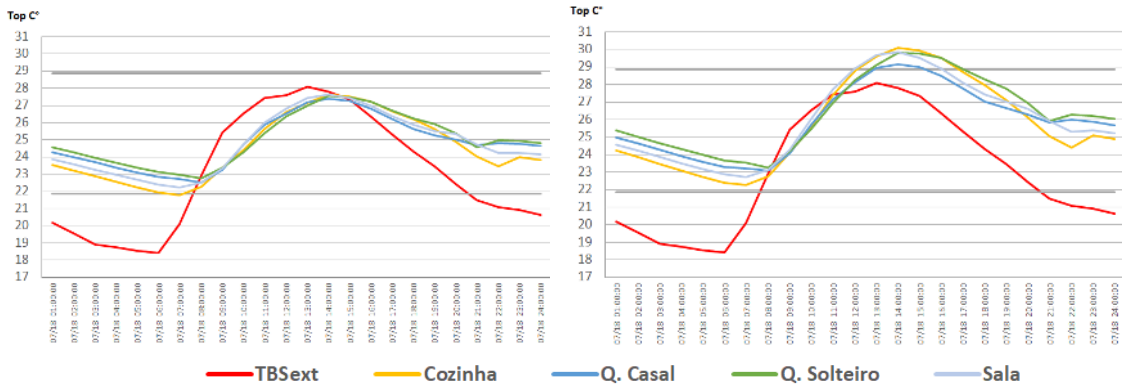
a) Cores claras (a = 0,3) b) Cores escuras (a = 0,7)

Figura 5 – Temperaturas internas e externas (01/04): Implantação Sudeste



c) Cores claras (a = 0,3) d) Cores escuras (a = 0,7)

Figura 6 – Temperaturas internas e externas (18/07): Implantação Sudeste



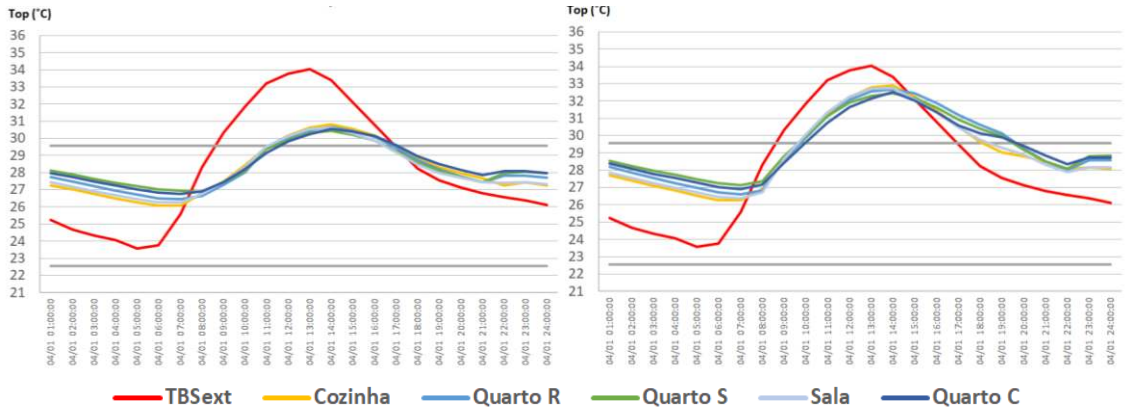
a) Cores claras (a = 0,3) b) Cores escuras (a = 0,7)

3.2 Unidade reformada

Analisando-se os resultados da unidade reformada, simulada na implantação SE com cores claras no dia 01/04, observa-se que a TMI obteve amortecimento térmico de 3,5ºC em relação a TME, melhor resultado que nas unidades originais (Figura 7a). A temperatura máxima alcançada, próxima a 31ºC, foi 2,1ºC menor em relação às implantações sudeste e noroeste nas cores claras e 4,4ºC menor em comparação com o projeto original com cores escuras. Quando simulada no dia 18/07, todas as temperaturas internas mantiveram-se enquadradas na zona de conforto.

A implantação SE favorece a ventilação natural no quarto de solteiro, quarto reversível e sala, o que, juntamente com a adoção das cores claras, resultou no melhor desempenho térmico (Figura 7a). Já na configuração implantada a noroeste (Figura 7b) a temperatura máxima alcançada foi 33ºC, semelhante a unidade original de mesma implantação (ver Figura 4a).

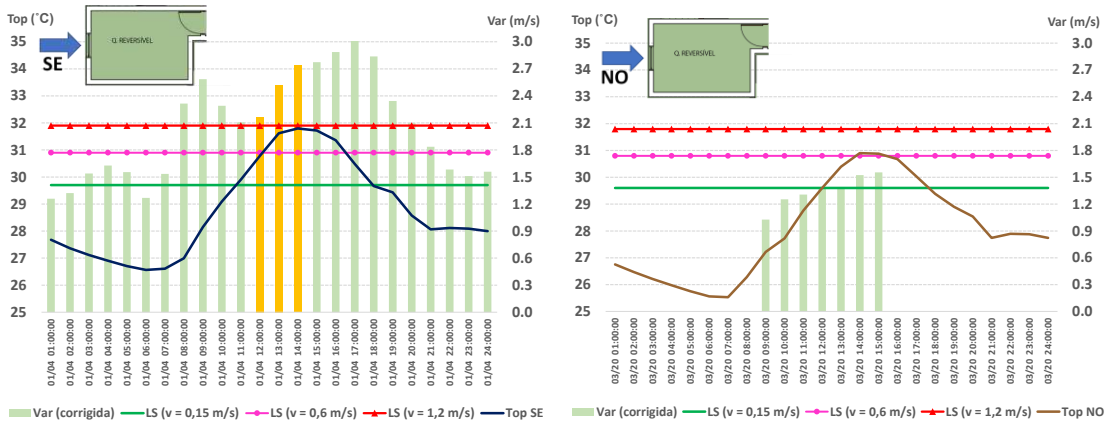
Figura 7 – Temperaturas internas e externas: UH reformada, dia 01/04 (a = 0,3)



a) Implantação SE b) Implantação NO

O efeito da ventilação no quarto reversível foi estimado de acordo com os limites de conforto adaptativo, considerando-se 3 velocidades do ar. De acordo com a Figura 8a, há incidência do vento SE ao longo de todas as horas do dia 01/04 (Text: 24,6ºC a 32,6 ºC). Portanto, haveria possibilidade de redução do número de horas de desconforto, de 7h (var = 0,15 m/s) para 3h (var = 1,2 m/s). Entre 12h e 14h o emprego da ventilação não seria favorável, pois a temperatura externa excede 32ºC.

Figura 8 – Ventilação x conforto térmico: quarto reversível (a = 0,3)



a) Implantação SE, dia 01/04 b) Implantação NO, dia 20/03

As temperaturas SET calculadas para var= 0,15 m/s variaram entre 27,2 °C a 31,5 °C. Para as velocidades hipotéticas de 0,6 m/s e 1,2 m/s, foram obtidas reduções de 2,5 °C até 4,5 °C em relação aquelas calculadas para var = 0,15 m/s. Já na implantação NO, observa-se a pouca disponibilidade de vento no dia 20/03 (Text: 22,6°C a 31,3°C), que ainda assim não apresentaria potencial de aproveitamento devido as velocidades inferiores a 2,6 m/s no exterior da edificação. Ou seja, para uma mesma solução projetual, observam-se resultados distintos a depender da implantação: no ambiente orientado a NO verifica-se uma maior pré-disposição para o desconforto térmico diante das limitações para o aproveitamento da ventilação natural.

5. CONCLUSÕES

Os resultados das simulações destacam a importância da ventilação natural e das características dos componentes construtivos para proporcionar um melhor desempenho térmico da edificação. Como orientações para o usuário ao realizar reformas, destacam-se: escolher esquadrias com maior área efetiva de ventilação, orientadas para captar ventos LE e/ou SE, e adotar cores de envoltórias mais claras. Tais medidas reduziriam tanto a duração dos períodos em desconforto quanto a intensidade destes.

As modificações pensadas para uma orientação específica, visando o aproveitamento dos ventos predominantes, demonstraram um desempenho térmico eficiente. No segundo caso (o mais comum em HIS), onde a reforma era desconexa dos componentes externos, não se obteve melhorias efetivas, apesar da alteração das esquadrias. A proposta de reforma apresenta soluções que deveriam ser aplicadas durante a fase de concepção do projeto, visto que afetaria toda a instalação hidrossanitária da residência, podendo ser considerada inviável pelos moradores . Assim, destaca-se a adaptabilidade e a flexibilidade espacial como um fator essencial para os projetos de habitações de interesse social, assegurando que possíveis reformas não tenham um custo elevado e não resultem em ambientes com problemas de desempenho térmico, privacidade, circulação entre os ambientes e acessibilidade.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220 - Parte 3:** Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BRASIL. INMETRO. **Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012.** Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Brasília, DF, 2012. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial. Acesso em: 07 mai. 2020.

FERREIRA, M. P. T. **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) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

SALGADO, M. S. Arquitetura centrada no usuário ou no cliente? Uma reflexão sobre a qualidade do projeto. In: **Qualidade no Projeto de Edifícios.** FABRÍCIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W. (org.). São Carlos: RiMa Editora, ANTAC, 2010. p. 23-58.

SANTOS, A. H. S; CARVALHO, L. C; BATISTA, J. O; **Análise do Desempenho da Ventilação em uma Habitação de Interesse Social Reformada em Maceió - AL.** XV ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído; XI ELACAC - Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído; 2019.

SANTOS, A. H. S; SANTOS, P. O. C; CARVALHO, L. C; BATISTA, J. O; **Habitação popular e Reformas: Uma investigação Sobre Adequação Ambiental e Desempenho Térmico em Maceió - AL.** 70ª Reunião Anual da SBPC, 2018.