



Diretrizes bioclimáticas para habitações de interesse social

Bioclimatic guidelines for social interest housing

Directrices bioclimáticas para habitaciones de interés social

Carolina Mendonça Zina

Pesquisadora colaboradora LATECA, UFMT, Brasil.
carolinamzina@gmail.com

Karyna de Andrade Carvalho Rosseti

Professora Doutora, UFMT, Brasil.
karyna.rosseti@gmail.com

Luciane Cleonice Durante

Professora Doutora, UFMT, Brasil.
luciane.durante@hotmail.com



RESUMO

Cada vez mais tem sido construídas habitações de interesse social para suprir o déficit habitacional brasileiro. Contudo, essas casas são construídas geralmente longe do centro da cidade e a partir de um projeto padrão para o Brasil todo. Dessa forma, é construída uma tipologia genérica que não leva em consideração as condicionantes climáticas, gerando assim, casas que não respondem bem ao clima dos locais em que se inserem. O objetivo deste estudo é analisar qual a estratégia bioclimática que mais impacta no conforto térmico de habitações de interesse social na cidade de Cuiabá-MT. A metodologia se baseia em análises empíricas e simulações, considerando os requisitos normativos de desempenho térmico brasileiros. Os resultados evidenciam que a estratégia de sombreamento é a que apresenta os melhores resultados na diminuição da temperatura interna. A partir disso, se pode generalizar que, a minimização da exposição à radiação solar direta das paredes e aberturas deve ser uma condicionante prioritária de projeto das habitações de interesse social e, também, as destinadas a outros fins.

PALAVRAS-CHAVE: Conforto ambiental. Sombreamento. Projeto bioclimático.

ABSTRACT

Increasingly, social housing has been built to reduce the Brazilian housing deficit. However, these homes are usually built far from the city center and from a standard design for the whole of Brazil. In this way, a generic typology is constructed that does not consider the climatic conditions, generating, therefore, houses that do not respond well to the climate of the places where they are inserted. The objective of this study is to analyze the bioclimatic strategy that most impacts on the thermal comfort of social housing in the city of Cuiabá-MT. The methodology is based on empirical analysis and simulations, considering Brazilian thermal performance standards. The results show that the shading strategy is the one that presents the best results in the reduction of internal temperature. From this, it can be generalized that, minimizing exposure to direct solar radiation from walls and openings should be a priority condition for the design of social housing, and also for other purposes.

KEYWORDS: Environmental comfort. Shading. Bioclimatic Design.

RESUMEN

Cada vez más se han construido viviendas de interés social para suplir el déficit habitacional brasileño. Sin embargo, estas casas se construyen generalmente lejos del centro de la ciudad y de un diseño estándar para todo el Brasil. De esta forma, se construye una tipología genérica que no toma en consideración los condicionantes climáticos, generando así, casas que no responden bien al clima de los lugares en que se insertan. El objetivo de este estudio es analizar cuál es la estrategia bioclimática que más impacta en el confort térmico de las viviendas de interés social en la ciudad de Cuiabá-MT. La metodología se basa en análisis empíricos y simulaciones, considerando los requisitos normativos de desempeño térmico brasileños. Los resultados evidencian que la estrategia de sombreado es la que presenta los mejores resultados en la disminución de la temperatura interna. A partir de eso, se puede generalizar que, la minimización de la exposición a la radiación solar directa de las paredes y aberturas debe ser una condicionante prioritaria de proyecto de las viviendas de interés social y, también, las destinadas a otros fines.

PALABRAS CLAVE: Confort ambiental. Sombreado. Proyecto bioclimático.



INTRODUÇÃO

O déficit quantitativo habitacional no Brasil e em Mato Grosso é de 6.068.061 e 72.399 unidades, respectivamente, segundo estudos realizados com base no ano de 2014 considerando índices de habitação precária, coabitação familiar, ônus excessivo de aluguel e adensamento excessivo (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2016).

O déficit qualitativo, por sua vez, está relacionado à qualidade do projeto, não sendo objeto de estudo e detalhamento a orientação da casa no lote e, tampouco, a distribuição interna do programa mínimo (sala, cozinha, área de serviço, dois quartos e banheiro). Assim, são construídas milhares de casas idênticas, sem uma preocupação com a paisagem ou diferenciação do local, muito menos com a família que a habitará.

Por outro lado, muito distante dessas práticas, constata-se que existem normas brasileiras relativas ao tema de desempenho e diretrizes para atendimento ao clima, sendo elas a NBR 15575 (ABNT, 2013) e NBR 15220 (ABNT, 2003), que vem sendo negligenciadas ou tratadas de forma superficial nesses projetos, que não atendem aos requisitos normativos.

A NBR 15220 divide o Brasil em oito Zonas Bioclimáticas e apresenta para cada uma delas diretrizes construtivas e detalhamento das estratégias de condicionamento térmico passivo, tendo como base parâmetros de conforto já estabelecidos. Assim, propõe-se otimizar o desempenho térmico das edificações, adequando-as ao clima da onde serão implantadas.

Já a NBR 15575 define o desempenho que cada sistema construtivo deve atender durante o seu uso, traduzindo assim os critérios dos usuários. Para isso, traz os parâmetros que cada sistema construtivo deve apresentar para se encaixar em determinada Zona, permitindo que a construção seja adequada ao clima.

Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos acerca da adequação dos projetos das habitações de interesse aos climas, podendo-se citar KRÜGER e LAMBERTS (2000), SANCHES e DURANTE (2005), LEÃO (2006), SPANNENBERG (2006), CARVALHO (2012), RIOS (2015).

OBJETIVO

Diante do acima exposto, o objetivo deste estudo é analisar qual a estratégia bioclimática que mais impacta no conforto térmico de habitações de interesse social na cidade de Cuiabá-MT.

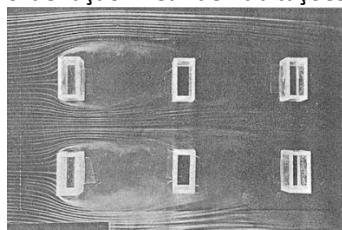
METODOLOGIA

O caminho metodológico consistiu de estudos analíticos e de simulações computacionais da temperatura interna considerando-se alterações no projeto da habitação padrão, de forma a adequar sua tipologia às recomendações normativas da NBR 15220 (ABNT, 2003) e NBR 15575 (ABNT, 2013), sendo o caminho metodológico a seguir descrito.

A primeira etapa consistiu de um levantamento bibliográfico acerca dos trabalhos que abordavam habitações de interesse social implantadas na cidade de Cuiabá, tomando-se como referência Barcelos (2011), para a tomada da informação acerca da configuração urbanística dos empreendimentos e das tipologias de plantas baixas recorrentes. Com isso, foi possível notar uma repetição urbanística nos projetos divididos em dois grupos: padrão ortogonal, dividido em quadras estreitas e quadras longas; e padrão não ortogonal.

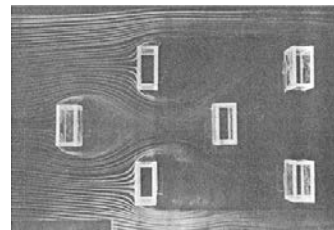
Na segunda etapa, realizou-se estudo analítico da ventilação urbana, considerando uma tipologia de cada grupo. Dessa forma, foi possível perceber que, nas tipologias urbanísticas estudadas, a ventilação não se dá de forma satisfatória, visto que, os próprios muros e as habitações agem como barreiras para os ventos, com o que também corrobora OLGAY (1999). Assim, foi perceptível que, a configuração das casas nos lotes como na Figura 1, já barra a ventilação. Mesmo alterando-se a posição das casas no lote como na Figura 2, a ventilação também perde força ao passar pelas barreiras, não chegando nas demais casas e comprometendo também a ventilação dentro da quadra. Além disso, os ventos na cidade de Cuiabá são de baixa velocidade e o ar tem temperatura elevada, do que não se recomenda a construção de diretrizes a partir da ventilação.

Figura 1 – Proteção do vento com uma ordenação linear de habitações



Fonte: OLGAY, 1999

Figura 2 – Aproveitamento dos ventos de verão

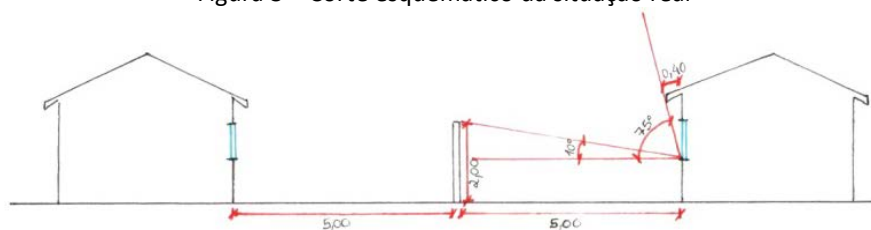


Fonte: OLGAY, 1999

Na terceira etapa, partiu-se para o estudo da insolação. Uma vez que o sol está presente o dia inteiro, o ideal é tratar de um projeto que utilize bem essa insolação ou que garanta a proteção na maioria das fachadas. Em um corte esquemático entre casas implantadas em uma quadra tipo, foram traçadas as angulações encontradas dentro do transferidor solar e na carta solar da cidade de Cuiabá-MT. Analisando-se o sombreamento do muro e do beiral em três situações (uma real e duas hipotéticas, com intervenções) em duas orientações distintas: orientação da fachada para o norte e para o oeste.

Na situação real, em que o recuo dos fundos é 5,0m, a altura do muro é de 2,0m e o beiral possui 0,4m, ilustrada na Figura 3, constatou-se que as fachadas norte e oeste estariam sombreadas em 29,50 e 32,75% das horas durante o ano, respectivamente.

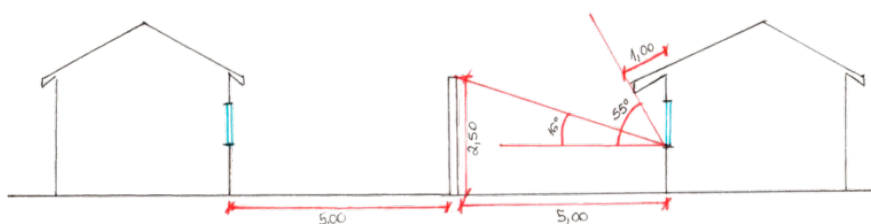
Figura 3 – Corte esquemático da situação real



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Na primeira situação hipotética, com a fachada voltada para o norte, a altura do muro foi alterada para 2,50m e a do beiral, para 1,00m, ilustrado na Figura 4. A porcentagem de horas sombreadas subiu para 65,35%, um aumento de 35,85% em relação à situação real. Já ao posicionar a fachada para o oeste, o sombreamento foi de 55,54% das horas sombreadas. Isto também demonstra uma melhora de 22,79% em comparação com a situação real considerada anteriormente.

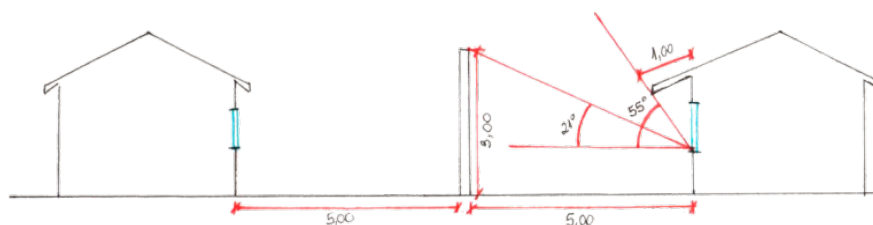
Figura 4 – Corte esquemático da situação hipotética 1



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Na segunda situação hipotética, considerou-se o mesmo tamanho do beiral do caso anterior, mas aumentando o muro para 3,00m de altura, ilustrado na Figura 5. O sombreamento na fachada na orientação norte, foi de 67,87% das horas, 2,52% a mais que no caso anterior. Já ao posicionar a fachada para o oeste, foi constatado que 63,45% das horas esta fachada estaria sombreada, um aumento de 7,91% em relação ao segundo caso. Contudo, por conta do aumento mínimo das horas sombreadas em relação a primeira situação hipotética, e de gastos de obra, não seria viável aumentar em um metro o muro.

Figura 5 – Corte esquemático da situação hipotética 2



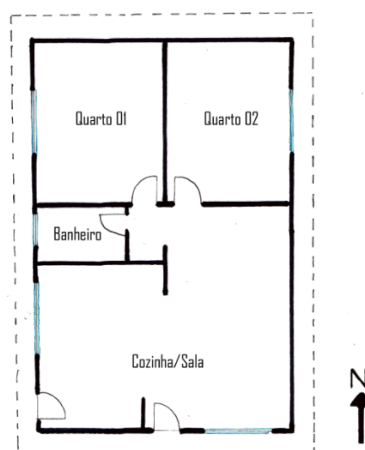
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

A partir destes três estudos, foi possível concluir que o segundo caso, aumentando o muro para dois metros e meio e o beiral para um metro, se tornaria mais viável, tanto pelo aumento das horas de sombreamento quanto pelo baixo impacto nos gastos da obra

A validação dessas soluções empíricas foi realizada por meio da simulação computacional, com o objetivo de se verificar qual das estratégias é a mais indicada. Para isso, foi adotada uma habitação de interesse social padrão como objeto de estudo e foram propostas intervenções para adequação da mesma às NBR 15575 (ABNT, 2013) e NBR 15220 (ABNT, 2003), com o objetivo foi verificar as estratégias que pudessem minimizar a temperatura interna da casa.

Assim, foi feita a modelagem de uma habitação de interesse social estudada por Rios (2015), utilizando-se o software Design Builder, apresentada sua planta na Figura 6. As propriedades termofísicas dos materiais construtivos da tipologia foram considerados conforme o Quadro 1.

Figura 6 – Planta HIS



Fonte: Adaptado de RIOS, 2015

Quadro 1 – Especificações materiais utilizados

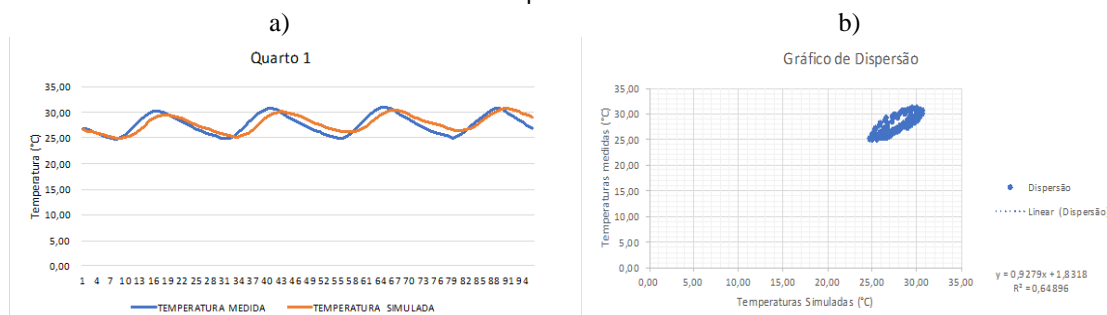
Tijolo Seis Furos		Telhado	
Transmitância	3,28 W/m ² .K	Transmitância	6,62 W/m ² .K
Resistência	0,305	Resistência	0,151

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Rios (2015) realizou medições de temperatura interna no centro de cada ambiente nesta habitação, com as janelas fechadas, que foram utilizadas para validação do modelo. O modelo, para fins de validação, foi simulado com a fachada principal voltada ao sul, em um lote no meio de uma quadra e com muro no entorno com dois metros de altura, repetindo a orientação da casa real. Vale ressaltar que não foi simulado nenhum modelo com trocas de ar entre o ambiente interno e o externo.

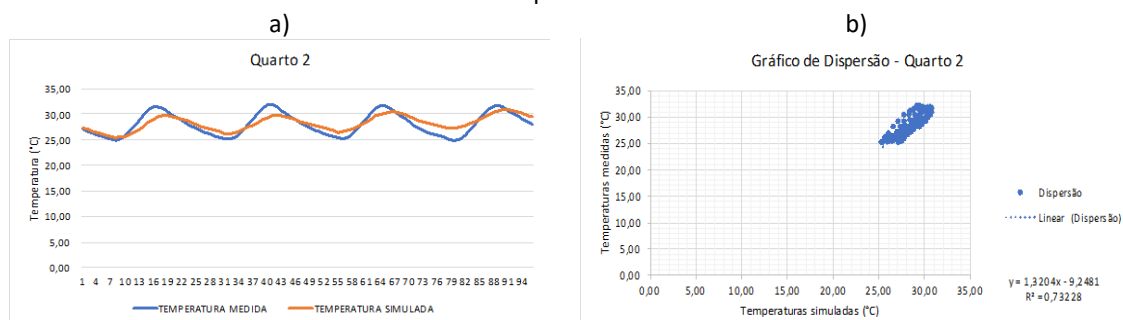
Com a inserção dos dados no Design Builder, foi realizada a simulação das temperaturas para um ano inteiro e utilizado o período de medição in loco de 14/06 até 17/06 para a validação do modelo. Para cada ambiente foi feita a comparação entre as temperaturas internas medidas e simuladas, considerando-se validado o modelo, uma vez que o gráfico de dispersão resultou em coeficiente de correlação linear (R^2) igual ou maior que 0,7, conforme as Figuras 7, 8 e 9.

Figura 7 – a) Relação entre temperatura simulada e temperatura medida e b) Gráfico de dispersão do quarto 1



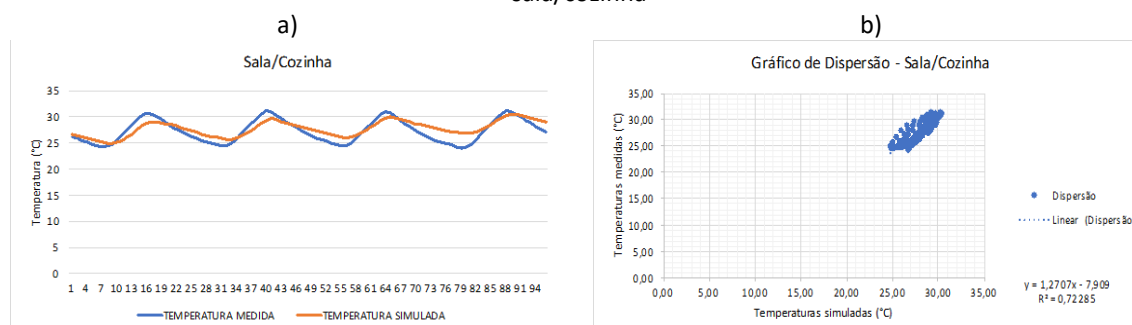
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Figura 8 – a) Relação entre temperatura simulada e temperatura medida e b) Gráfico de dispersão do quarto 2



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Figura 9 – a) Relação entre temperatura simulada e temperatura medida e b) Gráfico de dispersão da sala/cozinha



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

A quarta etapa metodológica foi, então, a simulação computacional do modelo padrão, a saber: casas de esquina e casas de meio de quadra nas quatro orientações de implantação possíveis, totalizando 24 resultados de temperatura interna no centro de cada ambiente apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Simulações realizadas

SIMULAÇÕES	CASA DE ESQUINA	CASA DE MEIO
NORTE	Quarto 1	Quarto 1
	Quarto 2	Quarto 2
	Sala/Cozinha	Sala/Cozinha
SUL	Quarto 1	Quarto 1
	Quarto 2	Quarto 2
	Sala/Cozinha	Sala/Cozinha
LESTE	Quarto 1	Quarto 1
	Quarto 2	Quarto 2
	Sala/Cozinha	Sala/Cozinha
OESTE	Quarto 1	Quarto 1
	Quarto 2	Quarto 2
	Sala/Cozinha	Sala/Cozinha

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Em seguida, foi realizada a simulação alterando apenas a altura do muro para dois metros e meio de altura, conforme definido anteriormente no trabalho, gerando 24 resultados. Após isso, alterou-se a altura do muro para três metros, com o mesmo objetivo da simulação anterior, comprovar ou não a análise empírica feita anteriormente, gerando mais 24 novos resultados. Ao finalizar as simulações com alteração no muro, foram realizadas simulações com alteração no tamanho do beiral. Uma vez que o beiral do projeto é de 40cm, a proposta nas análises empíricas foi de aumentar para um metro, gerando mais 24 resultados.

Como a NBR 15220 indica que para a Zona Bioclimática 7 (Cuiabá) as vedações externas devem ser do tipo pesadas, ou seja, com transmitância térmica menor ou igual a $2,20W/m^2.K$, foram realizadas simulações trocando os tijolos da fachada voltada a oeste, sendo esta a fachada que recebe o calor mais intenso. Assim, para cada orientação uma parede externa de um ambiente

diferente foi trocada e, se necessário, houve reposicionamento de janela, conforme mostra a Figura 10.

Figura 10 – Alteração do material das paredes



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

No primeiro caso, o tipo de vedação escolhida foi o mesmo tijolo do projeto padrão (seis furos), contudo agora assentado em uma vez. Nessa posição o valor da transmitância cai de $2,59\text{W/m}^2.\text{K}$ para $1,92\text{W/m}^2.\text{K}$, atendendo a recomendação da NBR 15220 (ABNT, 2013). Dessa forma, foram realizadas as mudanças e feita a simulação com os materiais apresentados na Tabela 3. No segundo caso, o tipo de tijolo escolhido foi um de nove furos em pé, o qual possui um valor de transmitância igual a $1,85\text{W/m}^2.\text{K}$. Contudo, para ambos os casos foi necessário calcular o valor de resistência do tijolo, conforme especificações demandadas pelo software.

Tabela 3 – Especificações tijolo seis furos deitado

Tijolo Seis Furos		Tijolo Nove Furos	
Transmitância	$1,92\text{ W/m}^2.\text{K}$	Transmitância	$1,85\text{ W/m}^2.\text{K}$
Resistência	0,31	Resistência	0,38

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Ao final das simulações (padrão, aumento do beiral, aumento da altura do muro e alteração do material das paredes) foi gerado um gráfico com as diferenças de temperatura proporcionada por cada interferência em relação ao projeto padrão, para realização de análise comparativa entre as habitações de mesma posição na quadra (esquina ou meio de quadra) com as diferentes orientações; e outra comparando para cada orientação as diferentes posições dentro da quadra. Os resultados foram consolidados para cada habitação fazendo-se a média ponderada das temperaturas internas dos ambientes pela área.

RESULTADOS

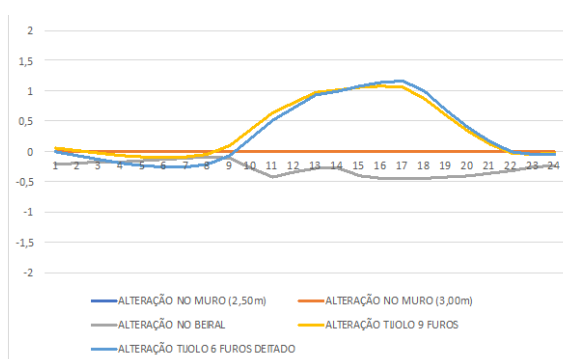
Os resultados das simulações da habitação evidenciaram que, com a mesma orientação, não há uma diferença de comportamento da temperatura interna ao se comparar uma casa de esquina com uma casa de meio de quadra. A partir disso, não houve necessidade de se traçar diretrizes diferentes levando em consideração a posição da casa dentro da quadra, mas sim a orientação, pois ao comparar as diferentes orientações notam-se diferenças no comportamento da temperatura interna dos ambientes.

As casas com as fachadas principais orientadas a Norte, Leste e Oeste obtiveram os piores desempenhos, como é apresentado nas Figuras 11, 12, 13 e 14. É possível perceber que as curvas apresentam um aumento da temperatura interna da casa ao trocar os materiais das paredes (ganho de cerca de 1 °C) alterando-se o material das paredes.

Destaca-se que, este comportamento ocorreu mesmo utilizando-se materiais que atendem aos requisitos da Zona Bioclimática 7, o que dá abertura para um questionamento das orientações feitas na NBR 15220, uma vez que demonstraram redução no desempenho térmico da edificação no modelo simulado.

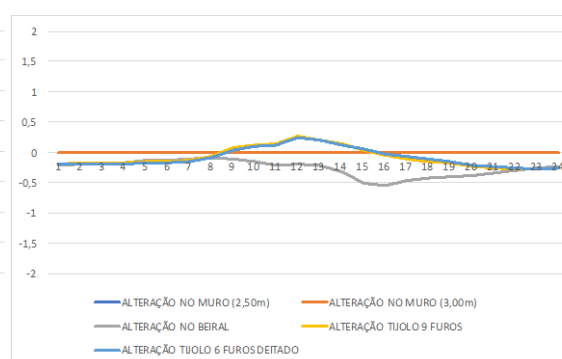
Uma vez que estes materiais indicados possuem alta inércia, eles dificultam a passagem do calor para o interior da casa. Contudo, a mesma dificuldade foi observada para a retirada deste calor do ambiente após aquecido. Isto é possível perceber pelos gráficos, já que a diferença de temperatura entre o projeto padrão e o com a alteração do material de vedação apresenta-se negativa durante a madrugada e início da manhã (01:00h – 09:00h), em todas as casas, exceto na Oeste que inicia positiva, decresce um pouco e vai subindo até se tornar positiva novamente, ou seja, aumentando a temperatura do ar por volta das nove horas da manhã.

Figura 11 – Fachada principal orientada a Norte



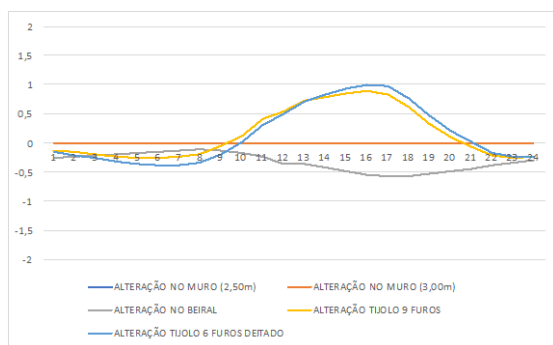
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Figura 12 – Fachada principal orientada a Sul



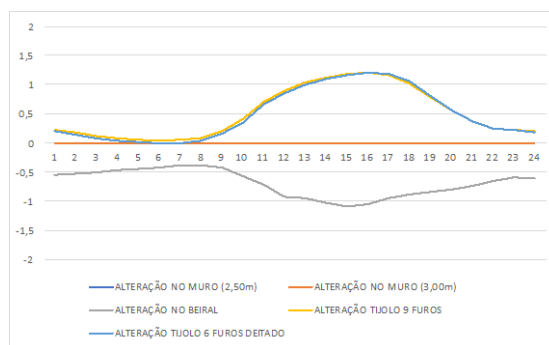
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Figura 13 – Fachada principal orientada a Leste



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Figura 14 – Fachada principal orientada a Oeste



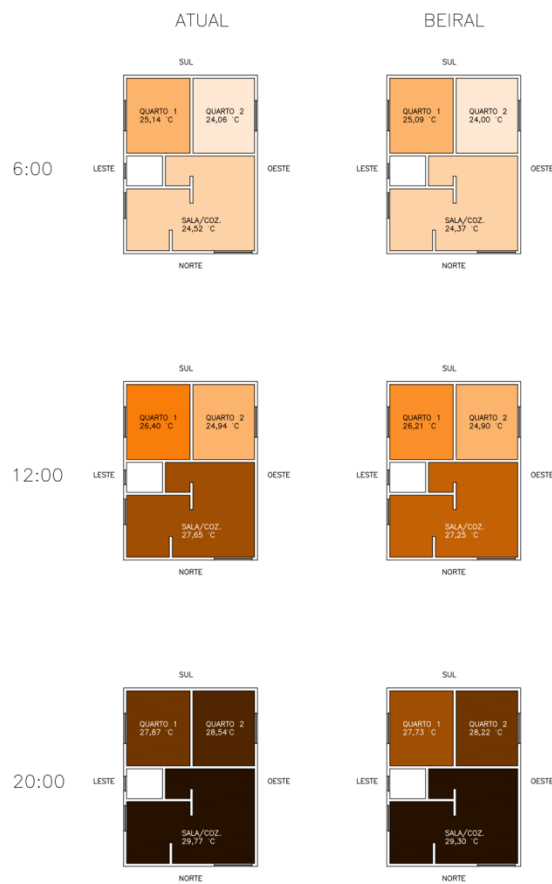
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Já a casa cuja fachada principal é orientada ao Sul apresentou menores diferenças de temperatura, o que se justifica pelo fato de que, nesta orientação, a parede orientada a Norte não possui aberturas, minimizando os ganhos térmicos.

A alteração que proporcionou maior diminuição de temperatura no interior da HIS foi o aumento do beiral, comparando-se com a troca dos materiais das paredes externas e alteração na altura do muro. A orientação que mais obteve ganho com essa estratégia foi a da fachada principal voltada para Oeste. No entanto, tal conclusão não possibilitou a qualificação desta orientação como a que apresentou menores temperaturas internas, pelo fato de que a análise foi feita pelas diferenças e não pelas temperaturas absolutas.

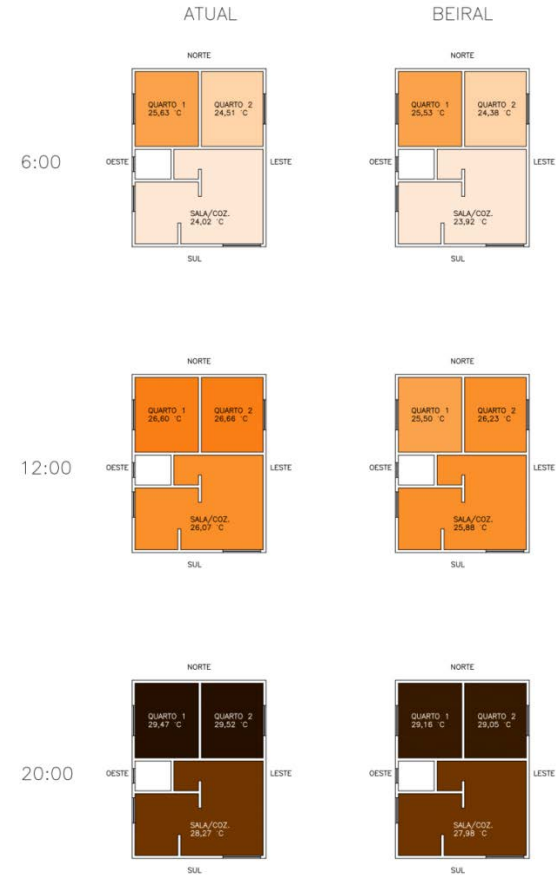
As Figuras 15, 16, 17 e 18 apresentam as análises das temperaturas internas em três horários diferentes, em todas as quatro orientações, comparando a situação do projeto original com a incorporação do beiral maior em cada uma das orientações.

Figura 15 – Temperaturas internas simuladas na HIS com a fachada principal orientada a Norte



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Figura 16 – Temperaturas internas simuladas na HIS com a fachada principal orientada a Sul



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Figura 17 – Temperaturas internas simuladas na HIS com a fachada principal orientada a Leste



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Figura 18 – Temperaturas internas simuladas na HIS com a fachada principal orientada a Oeste



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Ao realizar esta análise, foi perceptível que não houve uma única orientação que pudesse ser considerada ideal, pois cada ambiente precisava estar com bom desempenho em horários distintos, como: quartos no período da noite e da manhã e a sala/cozinha ao meio dia. Os três ambientes só apresentaram melhor desempenho quando estavam voltados para as fachadas leste e sul, o que não ocorre simultaneamente no projeto analisado.

CONCLUSÃO

Em todas as orientações houve diminuição da temperatura com o aumento do beiral. Dessa forma, pode-se concluir que a estratégia passiva mais adequada para a atenuação da temperatura é o sombreamento. Assim, nas HIS cujas fachadas principais são orientadas a Norte e Oeste ainda se fazem necessárias a implantação de outras estratégias para diminuição das temperaturas internas e, conseqüente, melhoria das condições internas de habitabilidade.



6 AGRADECIMENTOS

Agradeço às minhas professoras orientadoras, que foram fundamentais durante o desenvolvimento do meu Trabalho Final de Graduação, que gerou este artigo.

7 CITAÇÕES E REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BARCELOS, K. A. **Método para avaliação de projetos de habitação social: mobiliamento, espaciosidade e funcionalidade**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

CARVALHO, P. P. **Desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social com paredes de concreto armado na zona bioclimática 2 brasileira**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informações. **Déficit habitacional no Brasil 2013-2014**. Belo Horizonte, 2016.

KRÜGER, E. L., LAMBERTS, R. Avaliação de Desempenho Térmico de Casas Populares. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador, 2000.

LEÃO, M. **Desempenho térmico em habitações populares para regiões de clima tropical – Estudo de caso em Cuiabá-MT**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2006.

OLGYAY, V. **Arquitectura y Clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: G. Gili, 1998.

RIOS, G. A. A. **Desempenho termoenergético de habitação de interesse social**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2015.

SANCHES, J. C., DURANTE, L.C. Estudo comparativo de conforto térmico, lumínico e de eficiência energética para projeto residencial em Cuiabá-MT, In: Seminário Matogrossense de Habitações de Interesse Social, I, 2005, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2005.

SPANNENBERG, M. G. **Análise de desempenho térmico, acústico e lumínico em habitação de interesse social: estudos de caso em Marau-RS**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.