



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 11, Issue, 06, pp. 47831-47838, June, 2021

<https://doi.org/10.37118/ijdr.22054.06.2021>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO E ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL COM SISTEMA DE CONSTRUÇÃO EM CONCRETO MOLDADO IN LOCO

Lívia Lane Ferreira dos Santos*¹, Adriano Pinto Gomes² and Rovadávía Aline de Jesus Ribas³

¹Engenheira Civil, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia das Construções da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP

²Doutor, Professor do IFMG Campus Ouro Preto e professor colaborador do Mestrado Profissional em Engenharia das Construções da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP

³Doutora, Professora do Mestrado Profissional em Engenharia das Construções da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

ARTICLE INFO

Article History:

Received 08th March, 2021

Received in revised form

06th April, 2021

Accepted 03rd May, 2021

Published online 26th June, 2021

Key Words:

Avaliação pós-ocupação, Apreciação do ambiente construído, Paredes de concreto moldado *in loco*, Desempenho térmico.

*Corresponding author:

Lívia Lane Ferreira dos Santos

ABSTRACT

A construção civil tem buscado inserir técnicas de construção que aumentem a produtividade, diminuam custos e que atendam aos quesitos de desempenho. Neste contexto, a metodologia de construção em paredes de concreto moldadas *in loco* vem sendo empregada em construções de larga escala, como aquelas custeadas por programas governamentais. Diante dessa utilização, neste trabalho realizou-se uma Avaliação Pós-Ocupação (APO) em um conjunto habitacional de interesse social constituído de paredes de concreto moldadas *in loco*, localizado em Ouro Branco, MG. Além disso, fez-se uma avaliação do desempenho térmico por meio de simulação computacional. A avaliação pós-ocupação foi realizada por meio da aplicação de um questionário junto aos moradores, e com essa metodologia percebeu-se que grande parte das moradias apresentavam problemas, como infiltrações e trincas, em menos de 18 meses de uso. Desse modo, foi obtido acentuados indicadores de insatisfação com a técnica de construção. No âmbito do conforto térmico, a APO obteve números aceitáveis. Os resultados obtidos por meio da simulação computacional no *EnergyPlus* expuseram que a construção atendeu aos critérios da norma de desempenho NBR 15575. Em síntese, por meio deste estudo, constata-se que, para adequada construção, é necessário analisar fatores individuais da localidade e atentar-se a concepção do sistema.

Copyright © 2021, Lívia Lane Ferreira dos Santos et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Lívia Lane Ferreira dos Santos, Adriano Pinto Gomes and Rovadávía Aline de Jesus Ribas. "Avaliação pós-ocupação e análise do desempenho térmico em habitação de interesse social com sistema de construção em concreto moldado in loco", *International Journal of Development Research*, 11, (06), 47831-47838.

INTRODUCTION

Os conjuntos Habitacionais de Interesse Social (HIS) são construções que têm o objetivo de fornecer uma moradia digna às famílias de baixa renda. A produção desses conjuntos tem crescido em decorrência do expressivo déficit habitacional do Brasil e da maior disponibilidade de incentivos públicos nesse setor. A vista disso, vê-se a construção em grande escala. Porém, é fundamental observar que, além da quantidade, deve-se investir na qualidade dessas construções.

Um ambiente confortável é essencial para o bem-estar e saúde do indivíduo. Uma edificação deve proporcionar boas condições térmicas, acústicas e de luminosidade para garantir a sensação de bem-estar ao usuário, de acordo com o uso (PIMENTA, 2013). Para se fazer a averiguação e estabelecer parâmetros de conforto nos ambientes construídos existem vários métodos avaliativos, dentre eles a avaliação pós-ocupação e a simulação computacional do ambiente construído. A APO intenciona a partir do ponto de vista dos usuários, sendo eles leigos ou técnicos, na fase de uso, fazer um levantamento da construção nos aspectos positivos e negativos, avaliando fatores técnicos, funcionais, estéticos e comportamentais do ambiente construído.

E a simulação computacional pode propor soluções aceitavelmente precisas para problemas do sistema de construção, sendo uma ferramenta valiosa no auxílio da compreensão do comportamento da edificação. O município de Ouro Branco, MG, recebeu pela primeira vez em 2019 dois conjuntos habitacionais de interesse social multipavimentos, do Programa “Minha Casa Minha Vida”. Esses conjuntos denominados de Jardim Panorama I e Jardim Panorama II acolhem ao todo 176 famílias. Assim sendo, fez-se indispensável uma pesquisa para apreciação do processo de construção e fornecimento de um parecer para proposição de melhorias e adequações da construção de conjuntos habitacionais futuros. O sistema de construção adotado nesses conjuntos de Habitações de Interesse Social (HIS) é constituído por paredes de concreto moldado *in loco*. Apesar dessa técnica ser utilizada no Brasil desde a década de 1970, estudos sobre a resposta de sua aplicação são escassos, principalmente referentes ao desempenho térmico. Tendo em vista esses aspectos, o objetivo deste trabalho é realizar uma avaliação pós-ocupação em um conjunto habitacional multipavimentos de interesse social constituído de paredes de concreto moldado *in loco*, localizado na cidade de Ouro Branco, MG. E, além disso, fazer a avaliação do desempenho térmico de uma edificação do conjunto habitacional por meio da simulação computacional, com utilização do programa *EnergyPlus*. Na ótica do estudo do desempenho térmico das edificações, nesta pesquisa analisa-se por meio da APO o nível de satisfação dos usuários com o comportamento térmico da edificação e o sistema de construção adotado. E, a partir desses levantamentos, juntamente com os dados da avaliação do desempenho térmico por meio das simulações computacionais, pretende-se subsidiar diretrizes para o aperfeiçoamento contínuo das construções.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos da pesquisa, a metodologia empregada baseou-se em duas abordagens distintas: avaliação pós-ocupação e simulação computacional. A avaliação pós-ocupação, de caráter qualitativo, foi realizada por meio de três fases: observação, percepções e medições. E a avaliação do desempenho térmico foi obtida por meio de simulações computacionais no programa *EnergyPlus* (versão 9.4.0), considerando a edificação naturalmente ventilada e as condições climáticas similares ao local de sua implantação (Ouro Branco, MG).

Caracterização do objeto de estudo: Os conjuntos habitacionais Jardim Panorama I e II estão situados na zona central da cidade e abrigam um total de 176 habitações de interesse social. O Jardim Panorama I é constituído de 96 unidades habitacionais, divididos em seis blocos de prédios multipavimentados, e o Jardim Panorama II, com 80 unidades habitacionais, é dividido em cinco blocos (Figura 1).



Fonte: própria autora

Figura 1. Conjunto Habitacional Jardim Panorama I e Jardim Panorama II

Os blocos de ambos os conjuntos habitacionais são idênticos, possuem quatro pavimentos com quatro unidades habitacionais iguais por pavimento.

Cada unidade de habitação possui área total construída de 42,83 m², distribuídos em uma sala, dois quartos, banheiro e cozinha/área de serviço, conforme ilustra-se na Figura 2. Algumas características de construção dos conjuntos habitacionais são: Paredes de concreto moldadas in loco com espessura de 10 cm, sem chapisco ou reboco; Coberturas das unidades habitacionais em lajes e telha de fibrocimento; Janelas com esquadrias metálicas; Portas de madeira compostas de material reciclável de 0,80 m de largura; e Pintura externa dos blocos em tinta acrílica látex.

Método de avaliação pós-ocupação: A avaliação pós-ocupação, de caráter qualitativo, foi realizada por meio de três fases: observação, percepções e medições. No período das observações foi executada a coleta de dados, quando se buscaram informações e aquisição de materiais e elementos com órgãos responsáveis, além da observação dos ambientes por meio de visitas ao ambiente construído. No procedimento das percepções, foram levantadas as opiniões dos usuários por meio de um questionário, que foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto. Esse questionário impresso foi aplicado aos moradores, sendo composto de 7 perguntas relativas aos perfis dos moradores e 26 perguntas relacionadas aos aspectos das residências. Todos os participantes receberam um Termo de Consentimento, onde explicitou-se o que a pesquisa pretendia abranger e o intuito do trabalho. Na etapa de medições foram realizadas medidas de desempenho funcional e processamento, bem como, análise dos resultados das percepções dos usuários, de forma gráfica.

De acordo com os níveis de avaliação definido por Ornstein e Romero (1992), este trabalho contempla uma APO investigativa. Na avaliação pós-ocupação deste trabalho adotou-se a metodologia específica para programas de HIS de Villa, Saramago e Garcia (2016).

Método das simulações computacionais

A simulação computacional abrangeu duas análises:

- Análise do desempenho térmico da edificação considerando o método de construção empregado - Caso Base; onde foi modelado a construção e verificado o atendimento da norma NBR 15575 (ABNT, 2013); e,
- Análise de estratégias de projeto considerando futuras HIS com o mesmo padrão (dimensões horizontais e verticais dos ambientes).
- As simulações computacionais foram realizadas no programa *EnergyPlus* versão 9.4.0., sendo considerado os dias típicos de projeto de verão e inverno de Belo Horizonte, MG. A cidade de Ouro Branco, MG, não possui dados climáticos tratados disponíveis, então, optou-se por considerar os dados de outra cidade contida na mesma Zona Bioclimática (ZB3), conforme recomendação contida na norma NBR 15575 (ABNT, 2013).

Dentre as diretrizes contidas na norma NBR 15575 (ABNT, 2013) para realizar a avaliação de desempenho por meio de simulação computacional, é recomendado que as avaliações sejam realizadas sem a presença de fontes internas de calor. Assim, não foram considerados ocupantes, lâmpadas e equipamentos. A análise foi realizada considerando o Apartamento 401 do Bloco 06 (Figura 2 e Figura 3). A escolha desse apartamento para a análise se deu em função das diretrizes normativas. Além disso, optou-se por considerar um apartamento com condição mais crítica em relação à orientação solar. Cada ambiente do Apartamento 401 do Bloco 06 foi modelado como uma zona térmica (Figura 4). Os outros apartamentos da edificação foram considerados sem divisões internas para facilitar a modelagem da geometria da edificação. A platibanda, que mascara parcialmente a cobertura, e a edificação vizinha, que mascara os apartamentos ao lado, foram modelados como placas de sombreamento no *EnergyPlus* com transmitância igual a zero (Figura 5). As propriedades termofísicas dos materiais utilizados e a composição dos fechamentos considerandos na análise são apresentadas na Tabela 1.



Figura 2. Planta baixa do Apartamento Tipo



Figura 3. Indicação do apartamento analisado

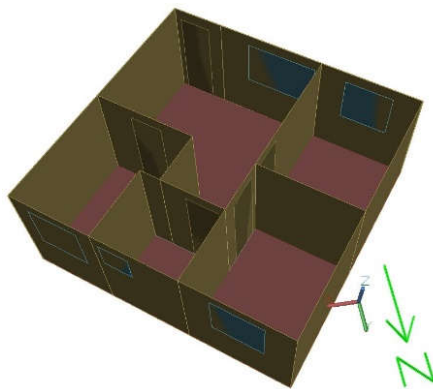


Figura 4. Zonas térmicas no apartamento analisado

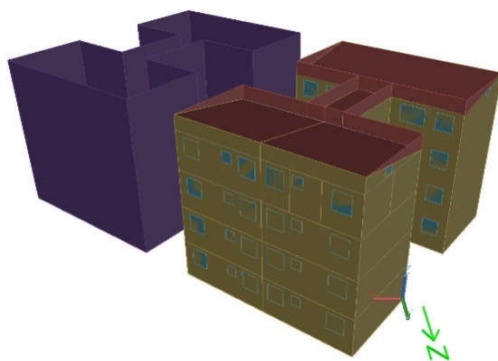


Figura 5. Simplificação da obstrução do entorno

Na análise de estratégias de projeto considerando futuras HIS são considerados diferentes materiais de construção, os quais apresentam as propriedades termofísicas constantes na Tabela 2. Os dados de entrada para representar os vidros foram retirados do banco de dados do programa (*DataSets*), gerado com a instalação do programa *EnergyPlus*.

RESULTADOS

Resultados da Avaliação Pós-Ocupação: Na aplicação dos questionários obteve-se ao todo 59 questionários respondidos, que correspondem à 33% do total de moradias. Além das questões levantadas por Villa (2008), esse índice de respostas se deu devido a fatores, como: o desconhecimento normal das pessoas da importância de estudos relacionados ao ambiente construído; a aplicação da pesquisa acontecer em tempo de pandemia mundial da COVID-19; e questões culturais e de convivência entre os moradores. Após analisar os dados obtidos por meio da aplicação dos questionários, os resultados foram organizados de forma gráfica para sua apresentação e discussão.

Caracterização do universo dos usuários: O gênero predominante dos participantes da entrevista foi o feminino, compreendendo 81% do total. Sobre a faixa etária das pessoas que aceitaram participar, 52% delas possuíam de 26 a 45 anos. Relativo ao grau de instrução dos entrevistados, os níveis foram diversos, desde nenhuma escolaridade a pós-graduação completa. Entretanto, somou-se 69% os participantes que possuíam grau de escolaridade de até o ensino médio completo. No que diz respeito à quantidade de ocupantes por moradia, 53% das famílias têm de 2 a 3 pessoas por moradia. Referente aos indicadores da ocupação dos entrevistados, as profissões listadas foram diversas. Contudo, das amostras, 22 pessoas eram estudantes, aposentadas, do lar ou estavam desempregas. Ou seja, 37% dos entrevistados são pessoas que permanecem em suas residências a maior parte do tempo. Quando se trata da renda familiar, verificou-se que 58% das famílias possuem rendimento familiar de até 1 salário mínimo. Esses índices salariais estão em conformidade com as diretrizes do programa *Minha Casa Minha Vida*, em que as condições de enquadramento e critérios para adquirir a moradia era possuir renda bruta familiar de até R\$1.800,00 na época da aquisição (MCMV, 2020).

Percepção dos usuários em relação ao sistema de construção: Dentre os aspectos avaliados pelos moradores, destaca-se as respostas relativas à qualidade do sistema de construção em geral e à privacidade em relação aos vizinhos. Somando-se aqueles que consideram regular, boa e ótima, têm-se 69% no quesito qualidade da construção, conforme apresenta-se na Figura 6. No que tange aos indicadores de privacidade da moradia em relação aos vizinhos, têm-se 61% somados os moradores que consideram a privacidade ótima, boa e regular (Figura 7). Quando perguntadas como avaliam a qualidade das paredes em relação à resistência, 17% dos entrevistados consideram pouco resistente ou muito frágil, conforme ilustra-se na Figura 8. Quando questionados se sentiam segurança na estrutura do edifício, 52% dos entrevistados não confiam na segurança estrutural da construção (Figura 9). Além disso, perguntou-se a respeito de problemas nas instalações, e se houve/há problema de umidade nas paredes e se houve trincas na moradia. Sobre a pergunta relacionada aos problemas nas instalações, 58% dos entrevistados disseram que havia problemas, sendo listados: destacamento e desnível de piso, problemas na parte elétrica, nos telefones, problemas nas esquadrias, e muitos relataram trincas, infiltrações e mofo nas paredes. Quando questionados se haviam problemas de umidade nas paredes, 75% dos moradores disseram que sim (Figura 10). Concernente as interpelações relacionadas à fissuras nas paredes ou tetos, 53% das famílias disseram ter ocorrido em suas residências fissuras nas paredes ou tetos (Figura 11).

Percepção dos usuários em relação ao conforto ambiental: Neste tópico, as interpelações foram sobre como os usuários avaliam as temperaturas nas condições de verão e inverno, assim como avaliam a ventilação e iluminação natural dos ambientes; além da satisfação

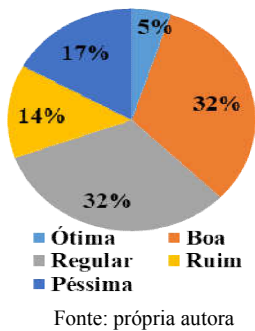


Figura 6. Sobre a qualidade da construção

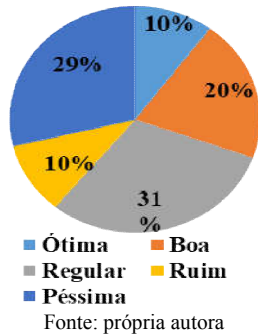


Figura 7. Privacidade da moradia

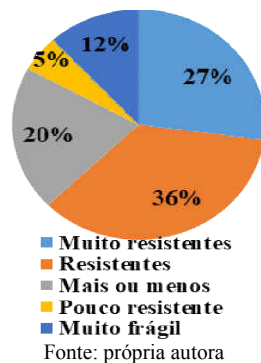


Figura 8. Qualidade das paredes

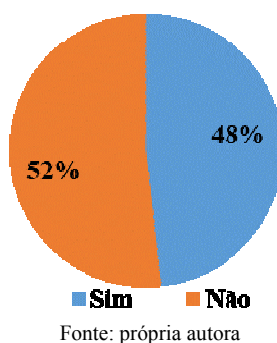


Figura 9. Sobre a segurança na estrutura do edifício

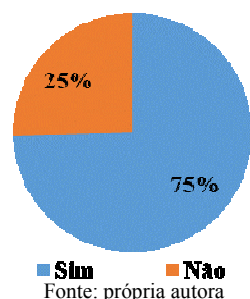


Figura 10. Problemas de umidade nas paredes

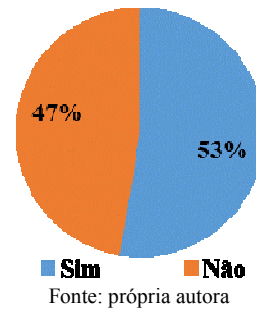


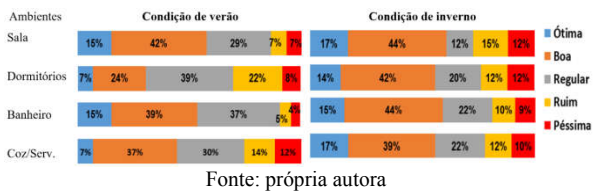
Figura 11. Indicadores de trincas nas paredes ou tetos

com a acústica no interior e no exterior do apartamento (hall de acesso). Conforme apresenta-se na Figura 12, Percebe-se que os moradores consideram a temperatura do ar favorável em ambas as condições climáticas (verão e inverno), sendo em prevalência os entrevistados que consideram a temperatura dos ambientes como regular, boa e ótima. Nas perguntas referentes às condições de ventilação natural dos ambientes, as respostas foram em geral positivas, demonstrando boa aceitação com as aberturas e condições de ventilação e iluminação da moradia. No entanto, considerando a acústica dentro de cada apartamento, entre os ambientes, 61% dos moradores consideram a acústica péssima ou ruim. Similarmente, quando foram questionados sobre a acústica da moradia em relação aos ruídos vindo do exterior e hall, a resposta foi que 68% das pessoas estavam insatisfeitas, considerando ruim ou péssima (Figura 13).

Desempenho global com a unidade: No sentido de levantar as questões sobre o desempenho global da moradia, os entrevistados foram perguntados se a edificação atende as necessidades dos usuários e se garante a sua privacidade. Sobre o atendimento das necessidades dos usuários, 63% dos entrevistados disseram atender, 29% disseram não atender às suas necessidades e 8% dos entrevistados não responderam. Quando indagados sobre a privacidade dos usuários, 63% dos moradores disseram não aprovar, relatando que a acústica da moradia é ruim, sendo possível ouvir conversas das habitações ao lado (Figura 14). Sobre a aceitação relacionada ao sistema de construção dos edifícios, 59% dos entrevistados disseram sentir diferença entre o sistema de construção em concreto moldado *in loco* para alvenaria convencional. Após essa pergunta foi-lhes perguntado quais as diferenças percebidas na construção. Dentre as respostas, 54% relataram diferenças desfavoráveis no modelo de construção em concreto moldado *in loco*. Ainda na linha de aceitação com o sistema de construção em paredes de concreto moldado *in loco*, 46% dos entrevistados disseram que não recomendariam a seus familiares e amigos a compra ou aluguel de moradias com essa metodologia de construção. Justificaram a resposta dizendo que consideraram o sistema ruim, sem privacidade, conforto e segurança, e relataram que nas suas habitações possui muito mofo, preferindo-se, assim, o sistema convencional de alvenaria. Quando perguntados como avaliam a satisfação da unidade habitacional como um todo, 20% dos entrevistados consideraram-se totalmente insatisfeitos (Figura 15).

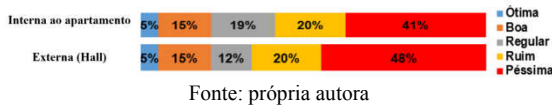
RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Análise do desempenho térmico da edificação com o método de construção empregado - Caso Base: Os resultados das simulações computacionais realizadas no programa *EnergyPlus* do Apartamento 401 do Bloco 06, do condomínio Jardim Panorama I, aqui denominado *Caso Base*, são apresentados nas tabelas 3 e 4. Na Tabela 3, indicam-se as temperaturas internas máximas dos ambientes sala, quarto 1 e quarto 2, obtidas para condição padrão, estratégias de sombreamento, ventilação e as estratégias de sombreamento e ventilação conjuntas dos ambientes para condições de verão. De acordo com os critérios da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), nas condições de verão, o valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário de temperatura do ar exterior, para todas as zonas bioclimáticas.



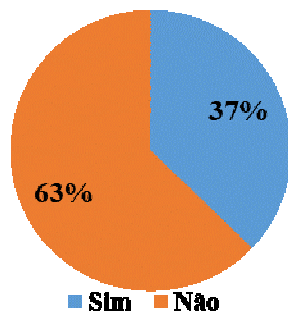
Fonte: própria autora

Figura 12. Indicadores de satisfação da temperatura dos ambientes



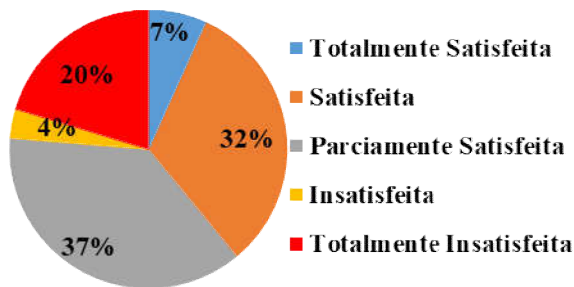
Fonte: própria autora

Figura 13. Indicadores de satisfação relacionados a acústica da habitação



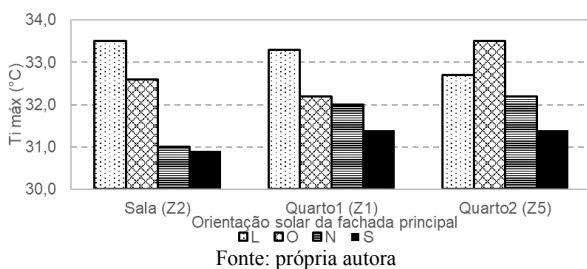
Fonte: própria autora

Figura 14. Privacidade dos usuários na unidade



Fonte: própria autora

Figura 15. Satisfação da unidade como um todo



Fonte: própria autora

Figura 16. Temperaturas internas máximas dos ambientes de longa permanência

Considerando a condição padrão, em que há apenas infiltração de ar, a edificação não atingiu desempenho satisfatório, não alcançando o desempenho térmico mínimo na condição de verão. Entretanto, ao promover o sombreamento das aberturas, a edificação atinge o nível mínimo de desempenho, mas apenas considerando a cor clara nas paredes. Com os resultados, percebeu-se que a absorvância das paredes externas teve um grande impacto no desempenho térmico.

Quando simulada com a cor média e escura nos quartos para condição de verão, em nenhuma circunstância, atingiu-se o nível mínimo de desempenho, e a temperatura máxima interna do Quarto 1 chegou a variar em até 1,6 °C na condição padrão de cor clara ($\alpha = 0,3$) para

cor média ($\alpha = 0,5$). Verifica-se ainda, que somente a ventilação natural não é capaz de melhorar o desempenho térmico da edificação no verão. Mas, ao conjugar a ventilação ao sombreamento das aberturas, obtêm-se as menores temperaturas internas máximas e o nível mínimo de desempenho para cores de tons claros. Na Tabela 4, apresenta-se os resultados da simulação computacional do *Caso Base* para condição padrão no inverno, demonstrando as temperaturas internas mínimas na sala e nos quartos, em °C, para condição padrão. Os resultados da avaliação do desempenho térmico na condição de inverno foram satisfatórios.

Para o dia típico de inverno, na norma, recomenda-se que os valores mínimos diários de temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada devem ser sempre maiores ou iguais à temperatura do ar exterior acrescida de 3°C, para as zonas bioclimáticas 1 a 5, e, para as zonas bioclimáticas 6, 7 e 8, este critério não precisa ser verificado. Considerando a condição padrão, onde o ambiente tem ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, com uma taxa de 1 ren/h (uma renovação de ar por hora), sem sombreamento das janelas, independentemente das cores da face exterior da construção, o nível de desempenho “superior” foi atingido para todos os ambientes de longa permanência.

Análise de estratégias de projetos considerando futuras habitações com mesmo padrão: Neste item são apresentados os resultados das simulações computacionais, no programa *EnergyPlus*, para a condição de verão de estratégias de projetos para melhoria de conforto ambiental de habitações com o mesmo padrão de construção.

Orientação solar da edificação: Neste tópico é analisada a influência da orientação solar da edificação nas temperaturas internas dos ambientes de longa permanência do apartamento em estudo. Nas análises, a fachada principal, que está voltada para a via de acesso, é considerada nas simulações computacionais em quatro orientações solares distintas: leste (L), oeste (O), norte (N) e sul (S). Na Figura 16, apresentam-se respectivamente as temperaturas internas máximas dos ambientes de longa permanência conforme orientação solar da fachada principal no período de verão. Considerou-se a condição padrão (CP) e a cor clara nas paredes ($\alpha = 0,3$) para se obterem os resultados. Conforme Álvares (2018) concluiu em seu trabalho, nos conjuntos habitacionais construídos em parede de concreto moldado *in loco*, a direção do sol pode resultar em edifícios mais confortáveis termicamente aos usuários. Ao analisar os resultados, observa-se que as aberturas da fachada principal voltadas para o norte ou sul proporcionam um desempenho térmico mais adequado, com temperaturas máximas menores no verão.

Diferentes espessuras de fechamento vertical: Para avaliar a influência da espessura dos fechamentos de concreto moldado *in loco* nas temperaturas internas dos ambientes, foram realizadas simulações no programa *EnergyPlus* com três valores de espessuras: 8, 10 e 12 cm, considerando uma massa específica de 2400 kg/m³ em todos os casos. Na simulação computacional foram consideradas a condição padrão, cor clara nas paredes ($\alpha = 0,3$) e orientação da fachada principal para o leste (condição mais crítica).

Na Tabela 5, ilustra-se os resultados da simulação computacional para a condição de verão. Nos resultados obtidos da análise da espessura dos fechamentos verticais de concreto moldado *in loco*, observa-se que a maior temperatura máxima para verão aconteceu com a espessura de concreto de 8 cm. Por outro lado, os fechamentos verticais em concreto moldado *in loco* com 12 cm de espessura apresentam-se mais adequados em relação desempenho térmico da edificação. Esse mesmo resultado foi obtido no trabalho de Sacht (2008), em que a autora realizou simulações computacionais para avaliar o desempenho térmico de edificações multipavimentos com painéis monolíticos moldados *in loco* e concluiu que, para a cidade de São Paulo tipologias multipavimentos com painel de espessura de 12 cm e massa específica de 2400 kg/m³ apresentaram melhor desempenho.

Tabela 1. Propriedades termofísicas dos materiais utilizados nos fechamentos do Caso Base

Fechamento	Material	Espessura (m)	Propriedades termofísicas		
			ρ [kg/m ³]	λ [W/m.K]	c [J/kg.K]
Parede	Concreto paredes	0,10	2400	1,75	1000
Cobertura	Concreto lajes	0,10	2400	1,75	1000
	Telha Fibrocimento	0,006	2200	0,95	840
Piso	Concreto lajes	0,10	2400	1,75	1000
	Piso cerâmico	0,012	1900	0,85	837
Portas	Compensado	0,005	550	0,15	2300
Janelas	Vidro comum	0,003	2500	1,00	840

Fonte: ABNT (2005); CLARKE (1985)

Tabela 2. Propriedades termofísicas dos materiais utilizados nas análises paramétricas

Material	Espessura (m)	Propriedades termofísicas		
		ρ	λ W/m.K]	c [J/kg.K]
Telha cerâmica	0,01	2000	1,05	920
Zinco - Telha sanduiche	0,001	7100	112	380
Poliuretano - Telha sanduiche	0,04	40	0,03	1670

Fonte: ABNT (2005)

Tabela 3. Resultados da avaliação do desempenho térmico da edificação para condições de VERÃO

ZB	$T_{e,max}$	COR	Temperaturas internas máximas (°C)								
			Sala				Quarto 1				Quart
			CP	S	V	SV	CP	S	V	SV	CP
3	32,0	Clara	32,8	30,7	31,5	30,2	33,3	31,9	32,2	31,3	32,9
		Média	33,4	31,5	31,9	30,6	34,9	33,5	33,4	32,5	34,3
		Escura	34,1	32,3	32,4	31,1	36,3	35,1	34,6	33,7	35,8

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

 $T_{e,max}$ = valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °CCOR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$; cor média: $\alpha = 0,5$; cor escura: $\alpha = 0,7$)

CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas)

S = com sombreamento (com proteção solar externa ou interna, como cortinas, venezianas, ou outros elementos que impeçam a entrada da radiação solar direta ou reduzam em 50%)

V = com ventilação (ambiente ventilado com 5 ren/h no período de verão)

SV = com sombreamento e ventilação (com as duas opções anteriores)

Fonte: própria autora

Tabela 4. Resultados da avaliação do desempenho térmico da edificação no INVERNO para condição padrão

ZB	$T_{e,min}$	COR	Temperaturas internas mínimas (°C)		
			Sala (Z2)	Quarto1 (Z1)	Quarto2 (Z5)
			CP	CP	CP
3	8,7	Clara	17,8	16,4	16,8
		Média	18,4	17,1	17,7
		Escura	19,1	17,8	18,6

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

 $T_{e,min}$ = valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °CCOR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$; cor média: $\alpha = 0,5$; cor escura: $\alpha = 0,7$)

CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas)

Fonte: própria autora

Tabela 5. Resultados da avaliação da espessura do fechamento vertical no VERÃO

ZB	$T_{e,max}$	Condição	COR	Espessura	Temperaturas internas máximas (°C)		
					Quarto1 (Z1)	Quarto2 (Z5)	Sala (Z2)
3	32,0	CP	Clara	E08	33,8	32,9	33,7
				E10	33,3	32,7	33,5
				E12	33,0	32,5	33,3

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005) $T_{e,max}$ = valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas) COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$)

Fonte: própria autora

Tabela 6. Resultados da avaliação das coberturas no VERÃO

ZB	T _{e,máx.}	Condição	COR	Cobertura	Temperaturas internas máximas (°C)		
					Quarto1 (Z1)	Quarto2 (Z5)	Sala (Z2)
3	32,0	CP	Clara	Cob1	33,3	32,9	32,8
				Cob2	33,1	32,7	32,5
				Cob3	32,4	32,0	31,7

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

T_{e,máx.} = valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C

CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas) COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$)

Fonte: própria autora

Tipo de telha empregada: Nesta análise, os resultados obtidos da cobertura em telha de fibrocimento do Caso Base (Cob1) são comparados com outras duas alternativas de telhas: cerâmica (Cob2) e sanduiche (Cob3). Os resultados da simulação computacional no *EnergyPlus*, considerando a condição padrão CP e cor clara ($\alpha = 0,3$), para os três tipos de telhas (Cob1, Cob2 e Cob3) são apresentados na Tabela 6, considerando-se o dia típico de verão e a mesma orientação solar da implantação do projeto. A cobertura isolada apresenta-se como uma estratégia de projeto promissora, uma vez que pode levar a temperatura interna dos ambientes a ficar dentro dos requisitos de desempenho da norma NBR 15575 (ABNT, 2013). Neste estudo de caso, ao utilizar a cobertura com telha sanduiche (Cob3), no verão as temperaturas internas se aproximaram do limite para o desempenho mínimo.

DISCUSSÃO

A avaliação pós-ocupação realizada nos conjuntos habitacionais Jardim Panorama I e II, em Ouro Branco, MG, constituídos por paredes de concreto moldado *in loco*, apontou uma série de inconvenientes enfrentadas pelos moradores. Os dois maiores relatos de insatisfação foram quanto a privacidade da moradia e concernente a problemas da construção, como infiltrações e trincas. Com relação a adoção da metodologia de construção em paredes de concreto moldado *in loco*, entende-se que nos condomínios Jardim Panorama I e II essa técnica não foi bem aceita pelos usuários. Percebeu-se a preferência das famílias pela alvenaria convencional de tijolos cerâmicos, em que quase a metade dos entrevistados não sentem segurança na estrutura do edifício e 46% não recomendam esse sistema de construção. Assim, no que tange à avaliação da unidade habitacional como um todo, 20% dos entrevistados responderam estar totalmente insatisfeitos; o que representa um número significativo para a pesquisa. Os condomínios Jardim Panorama I e II são os primeiros conjuntos habitacionais de interesse social multipavimentos da cidade.

Até 2019, a cidade de Ouro Branco não tinha recebido nenhuma HIS multipiso e a verticalização da cidade ainda é baixa. Então, as famílias estão se adaptando a dividirem o espaço comum. Outro aspecto levantado por Villa, Saramago e Garcia (2015), que também ocorre nesta APO, é que as HIS formadas por prédios tendem a ter maior índice de insatisfação, por serem proibidas modificações internas e externas e a padronização da moradia não conseguir atender eficientemente todas as famílias. Como estudado por autores como Carvalho (2012), Oliveira (2015), e Fonseca (2019), as paredes de concreto moldado *in loco* têm grande ganho de custos em relação aos outros sistemas de construção quando produzidos em larga escala, entretanto, para diminuição dos problemas de construção, faz-se necessário o cumprimento atento da norma NBR 16055: “*Parede de concreto moldada in loco para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos*” (ABNT, 2012), um planejamento da execução dos serviços e monitoramento rigoroso da produção e da qualidade dos materiais, para diminuição dos inconvenientes observados em edificações após a construção. No que tange à avaliação do desempenho térmico dos condomínios por meio da simulação computacional no *Energy Plus*, percebeu-se que a edificação obteve o nível mínimo de desempenho térmico no verão

quando as aberturas foram sombreadas, e nível superior de desempenho na condição de inverno, de acordo com os níveis normatizados pela NBR 15575 (ABNT, 2013). Este resultado está em conformidade com os levantamentos realizados na APO, em que foi baixa a insatisfação dos moradores perante o desempenho térmico da habitação. Percebe-se inclusive, que os resultados da simulação computacional mostraram a temperatura dos quartos superior a temperatura da sala. Resposta semelhante àquela obtida pelos questionários, onde a maior insatisfação dos usuários na condição verão foi em relação aos quartos, atingindo 30%, e, para a sala, o descontentamento relacionado ao conforto térmico foi de somente 14%.

Os resultados da avaliação de desempenho por simulação computacional corroboram com o trabalho de Lorenzi e Silva Filho (2015). Os autores realizaram um ensaio por medição para obter o desempenho térmico de um protótipo com o sistema de construção em paredes de concreto armado moldadas *in loco* situado na zona bioclimática 3 – Porto Alegre (RS). E concluíram que os resultados foram compatíveis com os limites estabelecidos na norma NBR 15575 (ABNT, 2013), para o verão e para o inverno. Após a realização das simulações computacionais do condomínio Jardim Panorama I e Jardim Panorama II e das simulações de estratégias para projetos futuros, considerando habitações com o mesmo padrão, ou seja, construções de dimensões horizontais e verticais iguais ao objeto de estudo, percebeu-se que apesar destas edificações atenderem ao nível mínimo de desempenho, quando sombreadas as aberturas, há modificações que podem ser realizadas nas próximas construções para melhorar seu desempenho térmico. Sempre que possível, as aberturas da fachada principal devem ser posicionadas para orientação norte ou sul; ao se utilizar fechamento vertical de concreto moldado *in loco*, priorizar a espessura de 12 cm; e preferir o uso de telha sanduiche para cobertura das edificações, promovendo ventilação do ático quando possível. Essas alternativas se mostraram eficientes na diminuição das temperaturas internas dos ambientes no período de verão. Mediante este estudo, foi possível identificar, ainda, que para construções de boas habitações de interesse social é necessário analisar fatores individuais a cada região. Deve-se considerar não somente a construção em si e aspectos de construção, como dimensões da habitação, escolhas da técnica de construção, materiais utilizados, questões projetuais como climáticas e de incidência solar, mas também questões culturais da localidade e aspectos da microrregião onde será inserida.

REFERÊNCIAS

- Abnt – Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 15575: Edifícios habitacionais: Desempenho. Rio de Janeiro, 2013. 381 p.
- _____. NBR 16055: Parede de concreto moldada “in loco” para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos. Rio de Janeiro, 2012. 35 p.
- Ávares, S. M. Desempenho térmico de habitações do PMCMV em paredes de concreto: estudo de caso em São Carlos-SP e diretrizes de projeto para a Zona Bioclimática 4. 2018. 210 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos.

- Carvalho, L. F. Sistema construtivo em paredes de concreto para edifícios: dimensionamento da estrutura e aspectos construtivos. 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- Clarke, J. A. Energy Simulation in Building Design. Bristol, USA, Adam Hilger Ltda, 1985. 388 p.
- Fonseca, A. F. T. Estudo de caso sobre o método construtivo de paredes de concreto moldadas "in loco" em casas populares no Município de Mossoró – RN. 2019. 67 f. Trabalho de conclusão de curso Superior em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-árido. Mossoró/RN. 2019
- Lorenzi, L. S., Silva Filho, L. C. P. Análise de desempenho de paredes de concreto armado frente a ABNT NBR 15575. In: Congresso Brasileiro DO Concreto, 57., 2015, Bonito. Anais [...]. São Paulo: Ibracon, 2015.
- Mcmv. Prefeitura de Ouro Branco: Minha Casa, Minha Vida: inscrições, condições de enquadramento e critérios de classificação. Disponível em: <https://www.ourobranco.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/minha-casa-minha-vida-inscricoes-condicoes-de-enquadramento-e-criterios-de-classificacao/70051>. Acesso: 16 jun. 2020.
- Oliveira, R. D. Classificação Do Desempenho Térmico Da Envoltória De Habitação Popular Em Concreto Armado. 2015. 278 f. Tese (Doutorado em Engenharia das Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.
- Ornstein, S. W; Romero, M. (Ed. e Coord.). Avaliação Pós-Ocupação (APO) do ambiente construído. São Paulo: Studio Nobel, Editora da Universidade de São Paulo, 1992.
- Pimenta, I. G. D. Avaliação de desempenho na Escola de Ciências Biológicas do Unileste/ MG. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2013.
- Sacht, H. M. Painéis de vedação de concreto moldado in loco: Avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos. 2008. 229 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade de São Paulo, São Carlos/SP. 2008.
- Villa, S. B., Saramago, R. C. P., Garcia, L. C. Avaliação pós ocupação no Programa Minha Casa Minha Vida: uma experiência metodológica. 2015. 150 f. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia – PROEX, 2015.
- Villa, S. B., Saramago, R. C. P., Garcia, L. C. Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação Pós-ocupação do Programa Minha Casa Minha Vida: Aspectos Funcionais, Comportamentais e Ambientais. 2016. 64 f. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2016.
- Villa, S. B. Morar em Apartamentos: a produção dos espaços privados e semi-privados nos apartamentos ofertados pelo mercado imobiliário no século XXI - São Paulo e Ribeirão Preto - Critérios para Avaliação Pós-Ocupação. 2008. 360 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
