ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO EM HABITAÇÃO UNIFAMILIAR DE INTERESSE SOCIAL EM CURITIBA[1]

SANTOS, J. M., Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), email: jessicamara2005@yahoo.com.br; FREITAS, L. F., CEFET-MG, email: ludfreittas@gmail.com; OLIVEIRA, R. D., CEFET-MG, email: raqueldo@gmail.com

ABSTRACT

In Brazil, dwelling programs adopt standardized building solutions, disregarding the climatic singularity of each region of the country. The objective proposed for this paper was the building envelope thermal performance evaluation of a single family social housing located in Curitiba, Brazil. The building evaluation was carried out through two methods: simplified and computational simulation, according to parameters established by NBR 15,575 (2013). The simplified method results indicated noncompliance with the standard criterion of thermal transmittance for the external walls of the case study. Through Design Builder® simulation, it was verified that the building complies with the standard criteria for a typical summer and winter day in Curitiba, Brazil. In sum, It was observed that an insulation improvement could enhance the human thermal comfort conditions for the case study in Curitiba, Brazil. On the other hand, the building simulation method established in NBR 15.575 was not enough to define a thermal performance level tied to human thermal comfort conditions. In addition, the thermal comfort further analysis proved to be relevant to quantify the thermal comfort hours provided by the different construction systems as well as to foster the building thermal performance analysis.

***Keywords**: Concrete block. Thermal performance. Social housing. NBR 15.575. ASHRAE 55*

1 INTRODUÇÃO

A eficiência energética em edificações corresponde ao potencial edilício em proporcionar conforto térmico com baixo consumo energético (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Fatores condicionantes do clima, tais como temperatura do ar, radiação, umidade e propriedades termofísicas do sistema construtivo influenciam nas condições de conforto térmico do usuário bem como no desempenho térmico da edificação. As Habitações de Interesse Social (HIS) são planejadas, muitas vezes, ancoradas à produção em larga escala, racionalização construtiva e contenção de recursos, adotando soluções construtivas padronizadas, desconsiderando as peculiaridades regionais climáticas, fato que pode ocasionar aumento do desconforto dos usuários no ambiente interno bem como desempenho térmico inadequado da edificação acarretando na elevação do consumo de energia elétrica para condicionamento de ar (DUMKE, 2002; OLIVEIRA, 2015; JAUDY et al, 2015).

Neste contexto, as normas de desempenho térmico de edificações, que regulam os requisitos mínimos para garantir condições de conforto térmico dos usuários se mostram relevantes para garantir moradias com condições adequadas. No Brasil a NBR 15.575 (2013) que trata do assunto não aborda

[1] SANTOS, Jéssica Mara, Ludmylla Faria de; LIMA; OLIVEIRA, Raquel Diniz. Análise do desempenho térmico em habitação unifamiliar de interesse social em Curitiba. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

índices de conforto térmico dos usuários. Tal referencial normativo apresenta método simplificado e de simulação computacional com critérios para avaliação do desempenho térmico das edificações habitacionais de acordo com o seu comportamento em uso (ABNT, 2013). Estudos da NBR 15.575 apontaram que o seu método de simulação possibilita a produção de resultados que podem mascarar as condições de desconforto térmico dos usuários (FERREIRA; PEREIRA, 2012; D'ELL SANTO; ALVAREZ; NICO-RODRIGUES, 2013; SORGATO, et al, 2014).

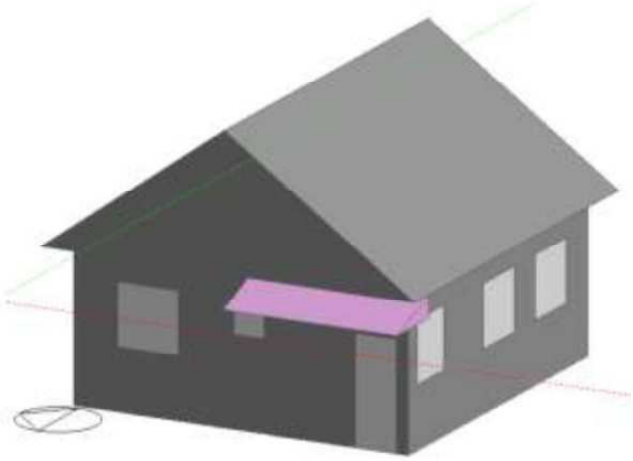
Dada a importância do tema, o presente trabalho avaliou o desempenho térmico de uma HIS considerando o seu sistema construtivo original bem como proposições para se alcançar desempenho térmico otimizado e melhores condições de conforto térmico para o usuário, na cidade de Curitiba para testar este estudo de caso.

2 MÉTODOS

Definiu-se um estudo de caso, a partir da escolha de um projeto arquitetônico de uma HIS, adotada pela Caixa Econômica Federal pelo programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), com área útil de 37,91m². A envoltória da habitação é composta por parede de concreto bloco 9cm, cobertura com manta polietileno (6mm) e telha cerâmica (1cm). O estudo de caso foi submetido a avaliação de desempenho térmico pelo método simplificado da NBR 15.575 conforme os critérios limites de transmitância (U) e capacidade térmica (CT) das paredes externas e cobertura. Em seguida, aplicou-se o método de simulação computacional por meio do programa Design Builder®, versão 3.0.0.105, de acordo com os parâmetros de simulação estabelecidos pela NBR 15.575 (2013), utilizando os dados climáticos da cidade de Curitiba.

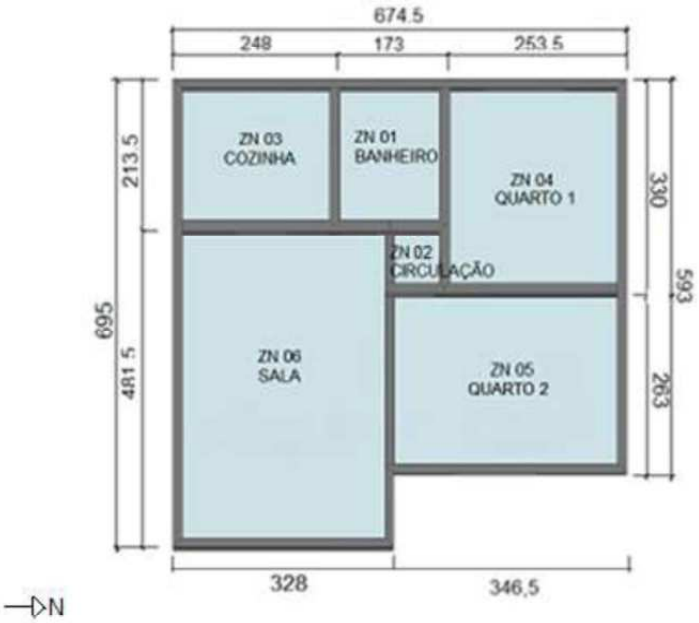
Conforme informações dos projetos arquitetônicos fornecidos, definiu-se um modelo computacional da HIS estudada por meio do simulador Design Builder®, validado pela ASHRAE Standard 140 (2004). Foi desenvolvido modelo tridimensional, demonstrado na Figura 1, que serviu como base para o estudo de caso. Cada ambiente foi definido como uma zona térmica, conforme Figura 2.

Figura 1 – Perspectiva do modelo tridimensional.



Fonte: Os autores

Figura 2 – Planta da UH dividida em zonas térmicas



Fonte: Os autores

Foram fornecidos ao programa dados de entrada relacionados ao sistema construtivo para a simulação de verificação de atendimento à norma. Os valores de temperatura do ar máxima e mínima interna obtidas de cada um dos ambientes foram comparadas com as temperaturas do ar externas dos dias típicos de verão e inverno, conforme exigência da norma.

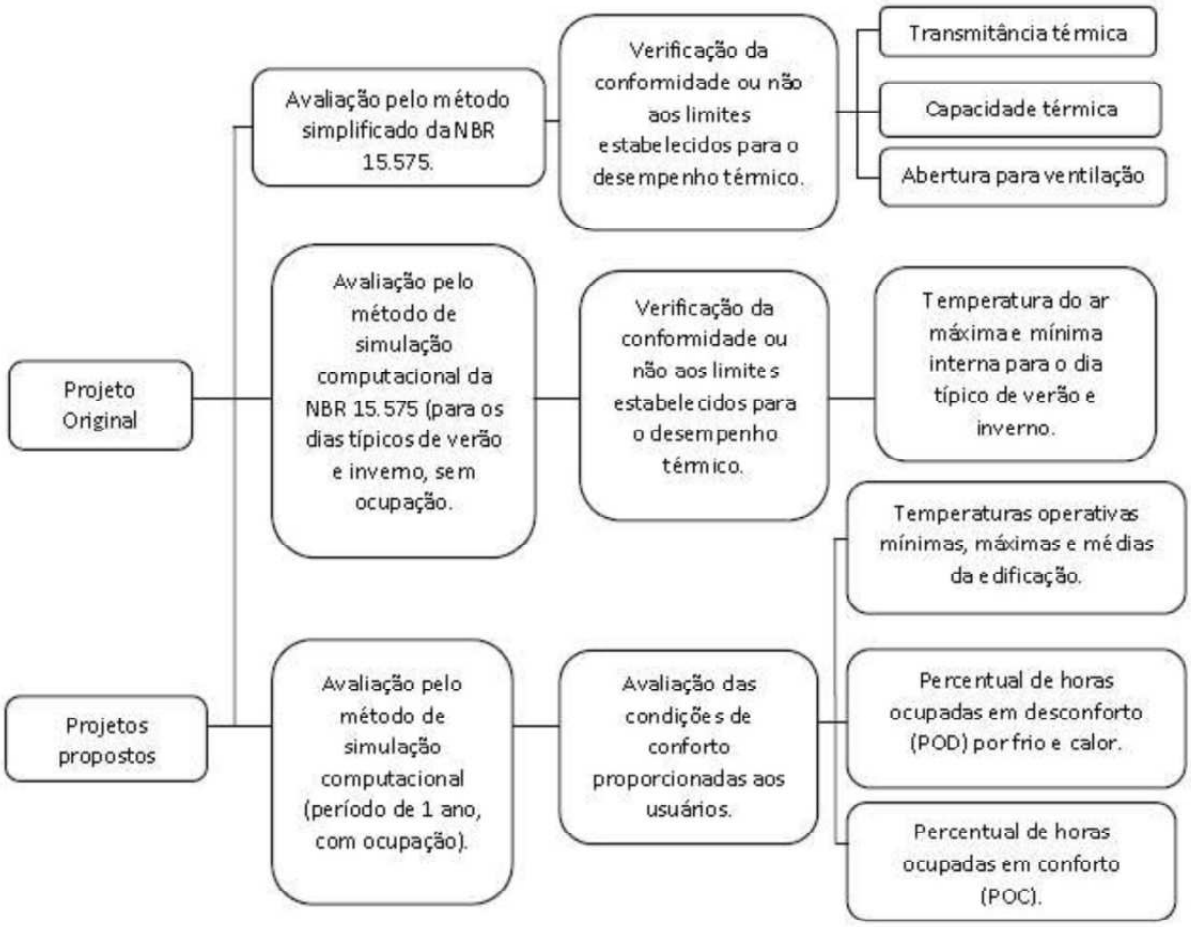
Posteriormente, foram testadas as variações no isolamento do sistema construtivo original para verificação complementar das condições de conforto dos usuários, adotando-se quatro opções de sistema de vedação vertical, conforme resultados apontados por Dumke (2002) para o clima de Curitiba.

Por fim, foram feitas análises complementares do estudo de caso para verificação das condições de conforto dos usuários nos ambientes de permanência prolongada, considerando as fontes internas de calor e rotina

de ocupação, conforme rotinas apresentadas para os ambientes de permanência prolongada no regulamento RTQ-R (BRASIL, 2012). Neste contexto, quantificou-se as horas confortáveis e desconfortáveis com base em uma simulação anual do estudo de caso adotando-se como referência a definição da zona de conforto adaptativa estabelecida na ASHRAE 55/2010.

Na Figura 3 apresenta-se de forma sintetizada as etapas de desenvolvidas nesta pesquisa.

Figura 3 – Fluxograma das etapas desenvolvidas



Fonte: Os autores

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico serão apresentados os resultados da avaliação deste estudo de caso.

3.1 Resultado do método prescritivo

Na avaliação do sistema construtivo originalmente proposto, verificou-se transmitância térmica das paredes externas igual a 2,92 W/m².K, não atendendo ao requisito de transmitância térmica máxima de 2,5 W/m².K para o clima de Curitiba, inserida na zona bioclimática 1(ABNT, 2005). Apesar do

sistema atender ao limite máximo de transmitância térmica da cobertura, menor ou igual a 2,5 W/m².K, e ao limite mínimo de capacidade térmica, maior ou igual a 130 kJ/m².K, de acordo com a NBR 15.575, caso algum requisito estabelecido pelo método simplificado resulte em desempenho térmico insatisfatório, o projeto deve ser reavaliado pelo método de simulação computacional. Assim, o estudo de caso foi reavaliado conforme tal recomendação normativa.

3.2 Resultados da simulação computacional

As simulações do modelo original foram realizadas segundo os parâmetros da NBR 15.575 (2013), sem ocupação ou presença de equipamentos elétricos e iluminação para ambientes de permanência prolongada, para o dia típico de verão e inverno, utilizando-se os arquivos climáticos de Curitiba do ano típico de referência (TRY) de 1969. As temperaturas internas obtidas podem ser verificadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Médias das temperaturas internas (Ti) aferidas para o dia típico de verão e inverno de Curitiba.

Ambiente	Verão		Inverno	
	Ti mínima	Ti máxima	Ti mínima	Ti máxima
Quarto 1	20,3	23,6	15,3	19,7
Quarto 2	20,3	23,5	15,3	18,3
Sala	20,1	25,9	13,9	16,9

Fonte: Os autores

O resultado da simulação computacional para a edificação pelo método normativo indicou conformidade com as exigências de temperatura máxima interna inferior a 27,4°C para o dia típico de verão e temperatura mínima interna de 7,8°C para o dia típico de inverno. Entretanto, segundo análise complementar embasada nos parâmetros da zona de conforto adaptativa estabelecidas na ASHRAE 55/2010 com 80% de aceitação dos usuários, as temperaturas internas mínimas proporcionadas pelo modelo originalmente proposto para o dia típico de inverno encontram-se fora da zona de conforto térmico para a cidade de Curitiba.

Neste contexto, cabe salientar que os resultados obtidos pelo método de simulação computacional proposto pela NBR 15.575 podem camuflar a real situação de desempenho térmico no qual a edificação se encontra uma vez que o método se baseia em apenas dois períodos do ano (dias típico de verão e inverno) em sua análise. Ademais, o método da norma desconsidera as condições de conforto térmico geradas pela edificação ao usuário.

3.3 Análise das condições de conforto térmico dos usuários

O método de simulação computacional da NBR 15.575 realiza simulação apenas para um dia típico de verão e inverno, podendo não apresentar a

real situação de conforto térmico em uma edificação. Desse modo, em busca de resultados mais condizentes com a situação real da edificação, foram realizadas novas simulações para as 24 horas em um período de 365 dias, considerando a contribuição de fontes de calor oriundas dos ocupantes, lâmpadas e equipamentos elétricos, associados a uma análise de conforto térmico por meio de indicadores da zona de conforto adaptativa estabelecida ASHRAE 55/2010.

Ao analisar os resultados da simulação, com as novas condições horárias e de contribuição de fontes de calor, foi possível observar que o sistema construtivo original apresenta desconforto térmico por frio em grande parte do ano, induzindo o usuário a utilizar aparelhos de aquecimento artificial para minimizar o desconforto.

Diante do resultado insatisfatório obtido pelo modelo original, foram propostos quatro modelos com alterações nos parâmetros construtivos da envoltória. Com base nas simulações, foi desenvolvida uma análise comparativa entre o modelo original e os quatro modelos modificados considerando o percentual de horas ocupadas em corforto e desconforto, conforme demonstrado na tabela 2.

Tabela 2 – Síntese do percentual de horas ocupadas em conforto (POC) e desconforto (POD) por frio ou calor

Tipologia/Ambiente	POD calor	POD frio	POC
Projeto Original (parede de concreto bloco 9cm + cobertura com manta polietileno)	40h (0,46%)	3740h (42,7%)	4980h (56,8%)
Projeto Modificado (parede de concreto bloco 14cm + cobertura com manta polietileno)	28h (0,32%)	3607h (41,2%)	5123h (58,5%)
Projeto Modificado (parede de concreto com Poliestireno Expandido (EPS) + cobertura com manta polietileno)	97h (1,1%)	2914h (33,3%)	5748h (65,5%)
Projeto Modificado (parede de EPS + cobertura com manta polietileno)	384h (4,4%)	1809h (20,7%)	6565h (74,9%)
Projeto Modificado (parede de EPS + cobertura EPS)	364h (4,2%)	1785h (20,4%)	6610h (75,5%)

Fonte: Adaptado de Oliveira (2015)

Nota-se que todos os quatro modelos modificados apresentam maiores horas de conforto quando comparados ao sistema originalmente proposto. Todavia, o projeto modificado com blocos de concreto de maior dimensão (14cm) não apresenta melhoras significativas, em comparação com o projeto original, para o desconforto por frio uma vez que esta opção não apresenta isolamento no sistema de vedação vertical. O melhor sistema construtivo foi aquele composto por parede quase totalmente de EPS e cobertura com manta polietileno.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia aplicada no presente estudo permitiu identificar a

desconformidade do desempenho térmico do projeto originalmente proposto com o método prescritivo da NBR 15.575. Após modificações no sistema de paredes e cobertura, os parâmetros normativos de transmitância térmica foram atendidos.

Posteriormente, realizou-se a simulação complementar para verificação das horas em conforto e desconforto térmico da edificação baseada nos parâmetros da ASHRAE 55/2010. O sistema originalmente proposto apresentou um número maior de horas de desconforto comparado aos modelos modificados, sendo que, a presença de isolamento por EPS nas paredes dos modelos modificados foi evidenciada como principal elemento para redução do número de horas de desconforto por frio.

Considerando-se a cidade de Curitiba apresenta condições climáticas extremas de frio, as estratégias de aquecimento passivo não dispensam a edificação da utilização de aquecimento artificial em situações extremas de temperaturas baixas. Entretanto, a adoção de estratégias construtivas como material isolante de EPS nas paredes interna podem minimizar a demanda por esses equipamentos de climatização artificial, contribuindo efetivamente na redução do consumo de energia de HIS do programa MCMV. Tais resultados corroboram com àqueles encontrados por Dumke (2002).

Cabe ressaltar que o método de simulação proposto pela norma se mostrou insuficiente para determinar o nível de desempenho térmico que seja condizente com a realidade curitibana. Tal resultado foi compatível com àqueles obtidos por estudos prévios (FERREIRA; PEREIRA, 2012; D'ELL SANTO; ALVAREZ; NICO-RODRIGUES, 2013; SORGATO, et al, 2014). Em suma, verifica-se, que a associação de um índice de conforto térmico nas análises de desempenho de edificações possibilitou melhoria das condições de conforto térmico dos usuários, se mostrando, portanto uma análise relevante.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575**: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, INC. **ANSI/ASHRAE Standard 55-2010.** Thermal environmental for human occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers Inc., Atlanta, 2010.

_____. ANSI/ASHRAE. **ASHRAE Standard 140-2004**. Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs. Atlanta, 2004.

BRASIL. INMETRO – Instituto Nacional de Metodologia. Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética - RTQ-R. Rio de Janeiro, 2012.

D'ELL SANTO, Amabelli; ALVAREZ, Cristina Engel; NICO-RODRIGUES, Edna Aparecida. Conforto e desempenho térmico em contradição na NBR 15575. **Cadernos do**

PROARQ. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura – N.20, dezembro 2013.

DUMKE, E.M.S. Avaliação do desempenho térmico em sistemas construtivos da vila tecnológica de Curitiba como subsídio para a escolha de tecnologias apropriadas em habitação de interesse social.2002.Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, 2002.

FERREIRA, Camila Carvalho; PEREIRA, Iraci Miranda. Avaliação de desempenho térmico de habitação de interesse social de acordo com a NBR 15.575, para as diversas zonas bioclimáticas. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), 14, 2012. Juiz de Fora. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2012.

JAUDY, Luiz Fernando Rachid; DURANTE, Luciane C.; CALLEJAS, Ivan J. A.; ROSSETI, Karyna de Andrade C.; BUTTNER, Simone Berigo; NOGUEIRA, Marta C. de J. A.; PORTO, Augusto Hiroki Hamaguchi. Desempenho Térmico e Conservação de Energia de Habitação de Interesse Social em Cuiabá - MT. In: Encontro Nacional e Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, ENCAC 13/ELACAC 9, 2015. Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**.3.ed. Rio de Janeiro, 2014.

OLIVEIRA, R.D. **Classificação do desempenho térmico da envoltória de habitação popular em concreto armado.** 2015. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.

SORGATO, Marcio José; MELO, Ana Paula; MARINOSKI, Deivis Luís; LAMBERTS, Roberto. Análise do procedimento de simulação da NBR 15.575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. Ambiente construído, Porto Alegre, v.14, n.4, p.83-101, out./dez.2014.