XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Normas de Desempenho e Conforto Térmico em Habitações de Interesse Social: Análise Comparativa nas Zonas Bioclimáticas de Minas Gerais, Brasil

Normas de Desempeño y Confort Térmico en Viviendas de Interés Social: Análisis Comparativo en las Zonas Bioclimáticas de Minas Gerais, Brasil

Performance Standards and Thermal Comfort in Social Housing: Comparative Analysis in the Bioclimatic Zones of Minas Gerais, Brazil

Conforto Térmico

Guarnieri, Sophia
Arquiteta e Urbanista, UFMG, Belo Horizonte, Brasil, sophiaguarnie19@gmail.com

Carvalho Ferreira, Camila
Arquiteta e Urbanista e Doutora em Engenharia Civil, UFMG, Belo Horizonte, Brasil, camilaccferreira@yahoo.com.br

Resumo

A avaliação do conforto térmico dos usuários é essencial para estabelecer padrões mínimos de desempenho térmico e eficiência energética em construções. Nesse contexto, as normas de desempenho térmico, como a NBR 15220 (2005) e a NBR 15575 (2021), buscam garantir requisitos mínimos para a envoltória das edificações residenciais. O presente artigo analisa a conformidade entre os parâmetros estabelecidos por essas normas e as condições de conforto térmico em habitações de interesse social, por meio de simulações computacionais. Foram definidos três sistemas de envoltórias e cinco municípios do estado de Minas Gerais localizados em zonas bioclimáticas distintas, conforme o Novo Zoneamento Bioclimático Brasileiro. As simulações indicaram que, apesar dos índices de conforto superiores a 50% em todos os cenários, há a necessidade de ajustes nas diretrizes das normas para cada zona bioclimática, visando aprimorar o conforto térmico em contextos climáticos distintos.

Palavras-chave: Conforto Térmico. Normas de Desempenho Térmico. Simulação Computacional. Habitação de Interesse Social.

Resumen

La evaluación del confort térmico de los usuarios es esencial para establecer estándares mínimos de desempeño térmico y eficiencia energética en los edificios. En este contexto, las normas de desempeño térmico, como la NBR 15220 (2005) y la NBR 15575 (2021), buscan garantizar requisitos mínimos para la envolvente del edificio. Este artículo analiza el cumplimiento de los parámetros establecidos por estas normas y las condiciones de confort térmico en viviendas de interés social mediante simulaciones computacionales. Se definieron tres tipos de sistemas de envolvente del edificio y cinco municipios en el estado de Minas Gerais, ubicados en distintas zonas bioclimáticas según el Nuevo Zonificación Bioclimática Brasileña. Las simulaciones indicaron que, a pesar de que los índices de confort superan el 50% en todos los escenarios, es necesario realizar ajustes en las directrices de las normas para cada zona bioclimática, con el fin de mejorar el confort térmico en diferentes contextos climáticos.

Palabras clave: Confort térmico. Normas de desempeño térmico. Simulación computacional. Vivienda de interés social.

Abstract

The evaluation of users' thermal comfort is essential for establishing minimum standards for thermal performance and energy efficiency in buildings. In this context, thermal performance standards, such as NBR 15220 (2005) and NBR 15575 (2021), aim to ensure minimum requirements for the building envelope. This article analyzes the compliance between the parameters established by these standards and the thermal comfort conditions in social housing through computational simulations. Three types of building envelope systems and five municipalities in the state of Minas Gerais, located in distinct bioclimatic zones according to the New Brazilian Bioclimatic Zoning, were defined. The simulations indicated that, despite comfort indices exceeding 50% in all scenarios, adjustments in the standards for each bioclimatic zone are necessary to enhance thermal comfort in different climatic contexts.

Keywords: Thermal Comfort. Thermal Performance Standards. Computational Simulation. Social Housing.

INTRODUÇÃO

A avaliação do conforto térmico dos usuários é essencial para estabelecer padrões mínimos de desempenho térmico e eficiência energética em edificações. A correlação entre a faixa de temperatura interna considerada confortável e as variações da temperatura externa em diferentes climas pode orientar a definição de estratégias construtivas adequadas, visando proporcionar conforto, melhorar o desempenho térmico da edificação e otimizar o consumo de energia.

Diante desse contexto, as normas de desempenho térmico das edificações têm como um de seus principais objetivos avaliar a envoltória das edificações, identificando aquelas que atendem aos requisitos mínimos necessários para proporcionar um melhor desempenho térmico aos seus ocupantes. No Brasil, duas normas vigentes tratam do desempenho das edificações: a ABNT NBR 15220 (2005), revisada em 2024, e a ABNT NBR 15575 (2021).

De forma a garantir níveis mínimos de desempenho térmico, as normas de desempenho regulam ganhos por meio das superfícies externas opacas, estabelecendo valores limites para as características termofísicas de transmitância, absortância e capacidade térmica. Tais valores visam impedir a adoção de paredes e coberturas não adequadas ao clima de determinado local (FERREIRA et al., 2015).

No Brasil, a primeira norma de desempenho elaborada foi a ABNT NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações (2005), que definiu três categorias de paredes (leve, leve refletora e pesada) e três tipos de coberturas (leve isolada, leve refletora e pesada), que devem ser escolhidos conforme a zona bioclimática. Para cada tipo de parede e cobertura, foram estabelecidos limites para a transmitância térmica, o atraso térmico e o fator solar. Em 2024, a ABNT NBR 15220 passou por uma atualização que resultou na definição do Novo Zoneamento Bioclimático Brasileiro (ABNT, 2024), visando melhorar a caracterização das zonas bioclimáticas.

Com o objetivo de expandir a abrangência da avaliação de desempenho térmico das edificações, foi publicada, em 2008, a ABNT NBR 15575 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho, que no item de desempenho térmico estabelece um método prescritivo para a verificação da envoltória, verificando o cumprimento de critérios mínimos relacionados às características termofísicas de transmitância e capacidade térmica para os sistemas de fechamento e cobertura (FERREIRA et al., 2015).

Diante do exposto, este artigo busca verificar se os parâmetros mínimos definidos pelas normas de desempenho em vigor no Brasil são compatíveis com as condições de conforto térmico em uma moradia padrão de interesse social em diferentes zonas bioclimáticas.

OBJETIVO

O presente artigo tem como objetivo principal analisar a conformidade entre os parâmetros mínimos estabelecidos pelas normas de desempenho vigentes no Brasil e as condições de conforto térmico resultantes em uma tipologia padrão de habitação de interesse social, através de simulações computacionais para as diferentes zonas bioclimáticas do estado de Minas Gerais.

METODOLOGIA

Para analisar a conformidade entre as diretrizes de desempenho térmico estabelecidas nas normativas brasileiras e o conforto térmico dos usuários, foram realizadas simulações computacionais no programa *EnergyPlus*, cujas etapas serão descritas a seguir.

DEFINIÇÃO DAS CIDADES

Para as simulações, foram escolhidas cidades do estado de Minas Gerais localizadas em diferentes zonas conforme o Novo Zoneamento Bioclimático Brasileiro (ABNT, 2024), possibilitando a análise e comparação do desempenho térmico das aberturas e envoltórias em diferentes condições climáticas, ainda que inseridas na mesma região do país. As cidades são apresentadas no Quadro 1 a seguir, juntamente com as respectivas Zonas Bioclimáticas conforme as normas ABNT NBR 15220 de 2024 e de 2005 nas quais estão inseridas.

Quadro 1: Cidades Escolhidas para as Simulações.

Cidade	Zona Bioclimática - NBR 15220/2024	Zona Bioclimática - NBR 15220/2005	Principais Características Climáticas
Aimorés/MG	4A	5	Quente e Úmido
Belo Horizonte/MG	3B	3	Inverno Ameno e Verão Moderado a Quente
Januária/MG	5B	6	Quente e Seco
Maria da Fé/MG	1M	2	Frio Moderado
Viçosa/MG	2M	3	Inverno Frio e Verão Moderado

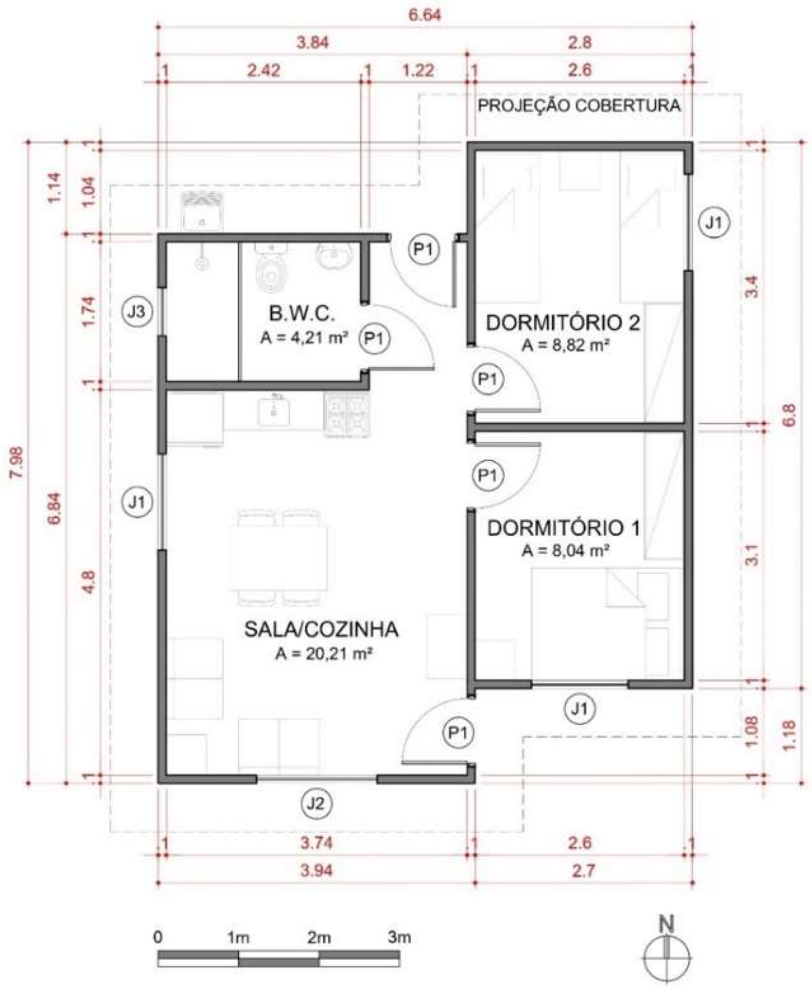
Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

TIPOLOGIA DE REFERÊNCIA

A edificação escolhida para análise é uma residência unifamiliar semelhante ao padrão amplamente empregado em empreendimentos de interesse social no Brasil e que atende aos requisitos para conjuntos habitacionais estabelecidos pelo Ministério das Cidades através da Portaria MCID Nº 725, de 15 de junho de 2023 (LABEEE, 2024).

A edificação, representada na Figura 1 a seguir, é térrea e composta por dois dormitórios, uma sala integrada à cozinha e um banheiro, totalizando uma área de 41,29 m², com pé-direito de 2,50 metros. A janela do banheiro é do tipo "basculante", e as demais são do tipo "correr". As dimensões foram definidas com base nas áreas mínimas de aberturas estabelecidas pela ABNT NBR 15220 (2005). Cada cômodo representa uma zona térmica.

Figura 1: Modelo de Referência de Habitação de Interesse Social Unifamiliar.



Fonte: Adaptado pelas autoras a partir do modelo de referência do LabEEE (2024), 2025.

PADRÃO DE ENVOLTÓRIAS

Como padrão de envoltórias, foram considerados dois sistemas construtivos comumente empregados em habitação de interesse social no Brasil: i) paredes em bloco cerâmico com telhado em fibrocimento e ii) paredes em bloco de concreto com telhado metálico. Além disso, optou-se por considerar a parede de concreto e EPS, com acabamento em argamassa em ambas as faces. Os três sistemas de envoltórias são apresentados no Quadro 2 abaixo. Todos os elementos atendem aos valores mínimos de transmitância e capacidade térmica definidos pela ABNT NBR 15575 (2021) e pela ABNT NBR 15220 (2005).

Quadro 2: Sistemas de Envoltórias para Simulação.

Elemento	Envoltória 1	Envoltória 2	Envoltória 3
Paredes Externas e Internas	Argamassa (2,5 cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm); Argamassa (2,5 cm); Pintura externa (α). U = 2,46 (W/m²·K); CT = 150 J/K; ϕ = 2,4 h.	Argamassa (2,5 cm); Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm); Argamassa (2,5 cm); Poliestireno (8 cm); Placa de alumínio composto (0,03 cm). U = 0,40 (W/m²·K); CT = 262,9 J/K; ϕ = 14,2 h.	Argamassa (2,5 cm); EPS (5,0 cm); Concreto (4,0 cm); EPS (5,0 cm); Argamassa (2,5 cm). U = 0,40 (W/m²·K); CT = 200,9 J/K; ϕ = 12,9 h.
Cobertura	Forro gesso (3,0 cm); Câmara de ar (>5,0 cm); Telha fibrocimento (0,8 cm). U = 1,95 (W/m²·K); CT = 32 J/K.	Laje maciça 10,0cm; Câmara de ar (> 5,0 cm); Telha metálica 0,1cm; Poliuretano 4,0cm; Telha metálica 0,1cm. U = 0,55 (W/m²·K); CT = 230 J/K.	Laje maciça 10,0cm; Câmara de ar (> 5,0 cm); Telha metálica 0,1cm; Poliuretano 4,0cm; Telha metálica 0,1cm. U = 0,55 (W/m²·K); CT = 230 J/K.
Piso	Laje de Concreto 10 cm.	Laje de Concreto 10 cm.	Laje de Concreto 10 cm.

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

SIMULAÇÕES NO *ENERGYPLUS*

As simulações foram realizadas no programa *EnergyPlus 8.7.0*. A modelagem da edificação seguiu as características e dimensões especificadas no projeto arquitetônico. A orientação da edificação modelada foi voltada para o Norte, conforme Figura 1. Cada ambiente foi considerado como uma zona térmica individual. Para avaliar a ventilação natural, foi utilizado

o *Airflow Network* com controle de ventilação baseado no modelo ASHRAE 55 (ASHRAE, 2017), permitindo a abertura das portas e janelas apenas quando as temperaturas internas estivessem acima dos níveis de conforto. Os parâmetros de ocupação e de cargas internas de pessoas e de iluminação seguiram o padrão estabelecido na Parte 1: Requisitos Gerais da ABNT NBR 15575 (2021), considerando duas pessoas por dormitório e quatro pessoas no total.

DADOS DE SAÍDA

Para viabilizar as análises das horas de conforto térmico da edificação, as variáveis de saída solicitadas ao *software EnergyPlus* foram: a Temperatura Operativa da Zona (*Zone Operative Temperature*), a Temperatura Externa de Bulbo Seco da Zona (*Zone Outdoor Air Drybulb Temperature*) e a Temperatura de Conforto do Modelo Adaptativo da ASHRAE 55 da Zona (*Zone Thermal Comfort ASHRAE 55 Adaptative Model Temperature*) (ASHRAE, 2017).

TRATAMENTO DOS DADOS

Para a avaliação do conforto térmico nos ambientes, adotou-se o modelo de conforto adaptativo da ASHRAE 55 (ASHRAE, 2017), considerando uma aceitabilidade de 80% das horas em que os ocupantes estão em conforto (Tn ± 3,5°C). O cálculo da temperatura operativa e da temperatura de conforto, conforme o modelo adaptativo, foi realizado pelo *software* de simulação.

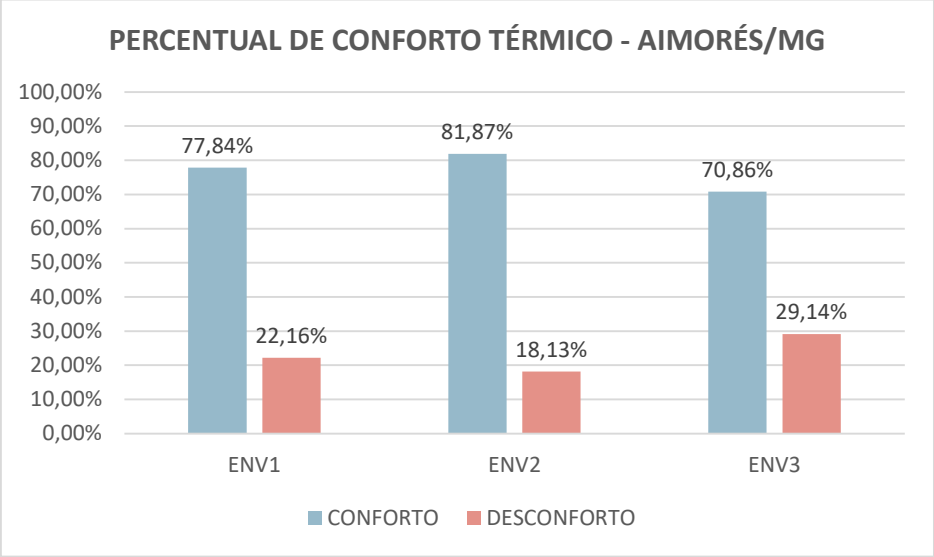
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico, serão apresentados, em formato de gráficos, os resultados referentes aos percentuais de conforto e desconforto térmico obtidos para as três envoltórias em cada um dos municípios estudados – Aimorés, Belo Horizonte, Januária, Maria da Fé e Viçosa.

O gráfico a seguir (Figura 2) ilustra os percentuais médios de conforto e desconforto das zonas referentes aos Ambientes de Permanência Prolongada para as três envoltórias analisadas em Aimorés/MG. A análise dos resultados revela que a Envoltória 2, composta por paredes de blocos de concreto com camada de poliestireno e placa de alumínio composto, além de cobertura em telha metálica e poliuretano, obteve o maior índice de conforto térmico (81,87%). A Envoltória 1, com paredes de blocos cerâmicos, apresentou um índice de 77,84%. Já a Envoltória 3, com paredes em EPS (Bloco AV40), obteve o menor índice (70,86%). Relacionando os resultados com o clima de Aimorés, localizada na Zona 4A do Novo Zoneamento Bioclimático (ABNT, 2024) e que apresenta clima quente e úmido, observa-se

que a inércia térmica é um fator decisivo para os altos percentuais de conforto. A Envoltória 2, com maior inércia térmica, proporcionou os melhores índices de conforto. Por outro lado, embora a Envoltória 3 também tenha paredes isolantes, ela obteve os menores índices, o que pode ser atribuído ao clima quente de Aimorés, que não se beneficia do isolamento térmico das paredes. Assim, os resultados indicam que as condições climáticas de Aimorés são favorecidas pela inércia térmica, mas não pelo isolamento das paredes.

Figura 2: Percentuais Médios de Horas Anuais de Conforto e Desconforto Térmico para Aimorés/MG

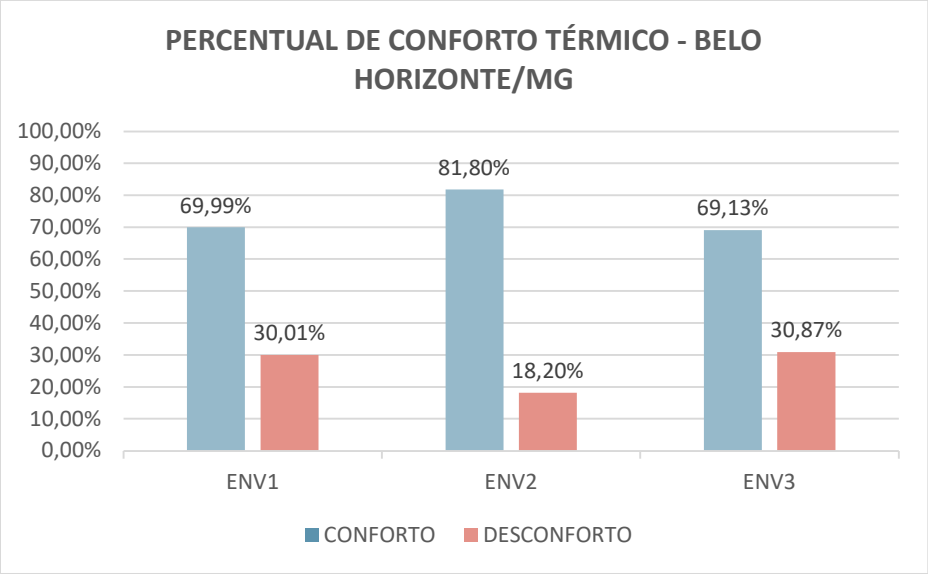


Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

O gráfico a seguir (Figura 3) ilustra os percentuais médios de conforto e desconforto das zonas referentes aos Ambientes de Permanência Prolongada para as três envoltórias analisadas em Belo Horizonte/MG. Os dados ilustrados no gráfico indicam que a Envoltória 2 obteve o maior índice de conforto térmico, alcançando 81,80%, semelhante ao cenário de Aimorés. A Envoltória 1 apresentou 69,99% de conforto, enquanto a Envoltória 3 obteve 69,13%. Comparando-se os resultados atingidos com os aspectos climáticos de Belo Horizonte, que está inserida na Zona 3B do Novo Zoneamento Bioclimático (ABNT, 2024) e é caracterizada por um clima de inverno ameno e verão moderado a quente, observa-se que, assim como em Aimorés, a inércia térmica é um fator determinante para maiores índices de conforto. A Envoltória 2, com maior inércia térmica, é a que garante mais horas de conforto, enquanto a Envoltória 3, apesar de isolante, obteve os menores índices de conforto. Portanto, constata-se que, assim como ocorre em Aimorés, o clima de Belo Horizonte é beneficiado pela inércia

térmica, capaz de aumentar consideravelmente as horas de conforto na edificação. O isolamento térmico, por sua vez, não se mostra efetivo.

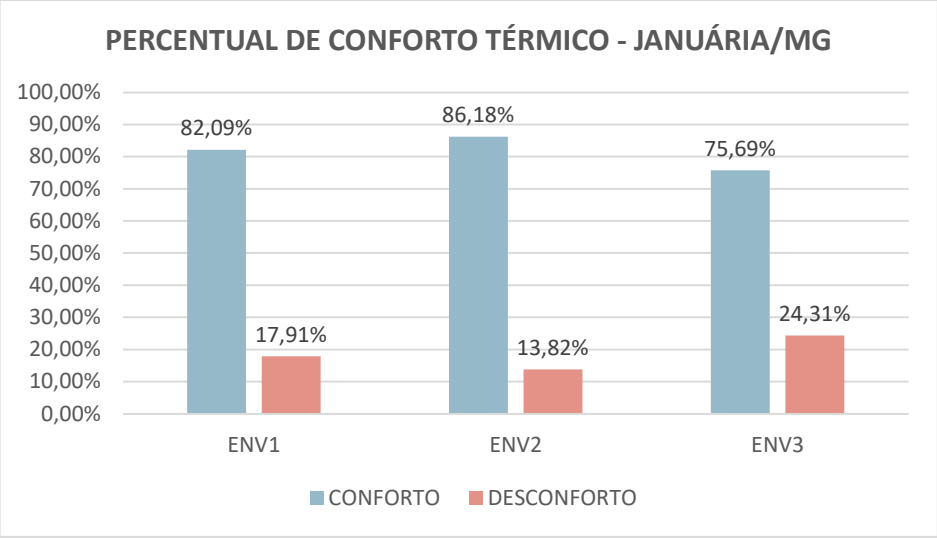
Figura 3: Percentuais Médios de Horas Anuais de Conforto e Desconforto Térmico para Belo Horizonte/MG



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

O gráfico a seguir (Figura 4) ilustra os percentuais médios de conforto e desconforto das zonas térmicas simuladas para as três envoltórias analisadas em Januária/MG.

Figura 4: Percentuais Médios de Horas Anuais de Conforto e Desconforto Térmico para Januária/MG

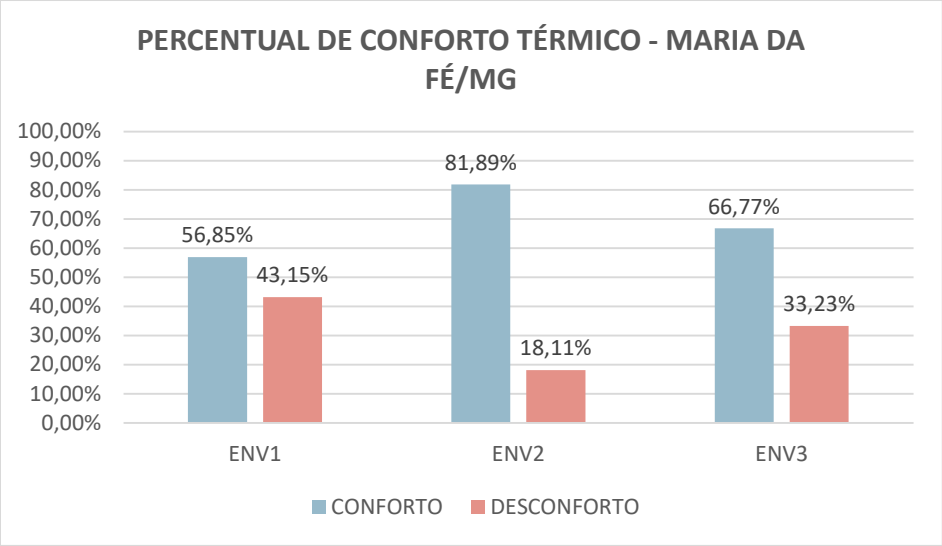


Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Os dados apresentados indicam que a Envoltória 2 obteve o maior índice de horas anuais de conforto térmico, atingindo 82,09%. A Envoltória 1 apresentou desempenho semelhante (82,09%), enquanto a Envoltória 3 obteve 75,69% de horas de conforto. Comparando-se os resultados com as condições climáticas de Januária, localizada na Zona 5B do Novo Zoneamento Bioclimático (ABNT, 2024) e caracterizada por clima quente e seco, observa-se uma semelhança com o clima de Aimorés. Em Januária, a inércia térmica garante maiores índices de conforto, enquanto o isolamento das paredes não contribui significativamente devido ao clima quente e seco. A Envoltória 2, com maior inércia térmica, proporcionou os melhores índices de conforto, enquanto a Envoltória 3, apesar de ser isolante, obteve maiores índices de desconforto. Esses resultados reforçam a eficácia da inércia térmica em climas quentes e a baixa eficiência do isolamento das paredes.

O gráfico a seguir (Figura 5) ilustra os percentuais médios de conforto e desconforto das zonas referentes aos Ambientes de Permanência Prolongada para as três envoltórias analisadas em Maria da Fé/MG.

Figura 5: Percentuais Médios de Horas Anuais de Conforto e Desconforto Térmico para Maria da Fé/MG



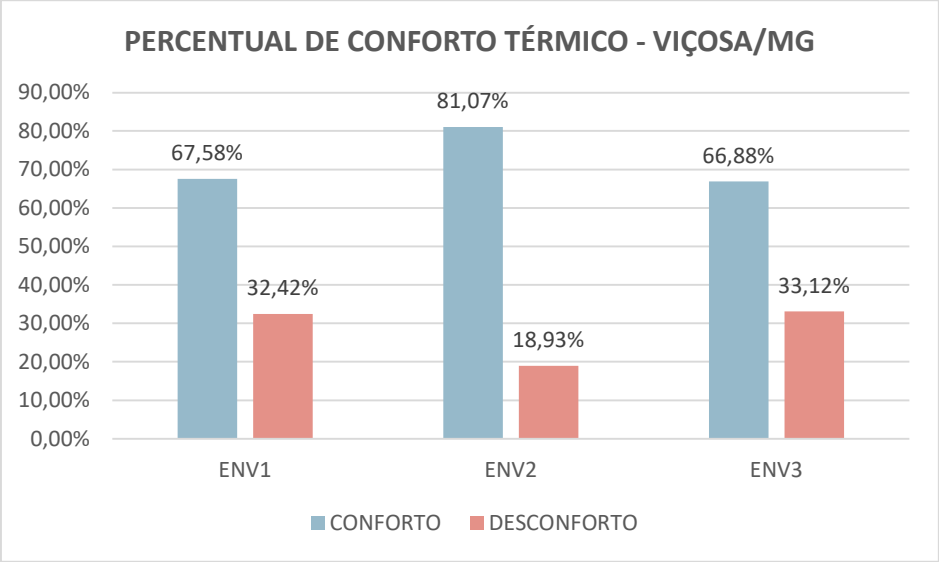
Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Os dados ilustrados no gráfico indicam que a Envoltória 2 também obteve o maior índice de conforto térmico em Maria da Fé, atingindo 81,89% de horas de conforto, percentual semelhante aos municípios anteriores. A Envoltória 3 apresentou 66,77% e a Envoltória 1 obteve 56,85%. Observa-se uma variação em relação aos resultados anteriores, com a Envoltória 1 apresentando os maiores índices de desconforto em Maria da Fé. Ao relacionar-

se os resultados obtidos com as condições climáticas de Maria da Fé, inserida na Zona 1M do Novo Zoneamento Bioclimático (ABNT, 2024) e caracterizada por um clima frio moderado, constata-se que tanto o isolamento das paredes quanto a maior inércia térmica são fatores importantes na garantia de maiores horas de conforto na cidade. Isso pode ser verificado através dos maiores percentuais de conforto obtidos para a Envoltória 2, que é isolante e possui maior inércia térmica. Na sequência, com menos horas de conforto, tem-se a Envoltória 3, que é isolante e apresenta inércia térmica intermediária, seguida pela Envoltória 1, que não é isolante e possui baixa inércia térmica, apresentando os maiores percentuais de desconforto para o município. Portanto, nota-se que o clima frio de Maria da Fé se benefiacia do isolamento das paredes e da maior inércia térmica.

O gráfico a seguir (Figura 6) ilustra os percentuais médios de conforto e desconforto das zonas referentes aos Ambientes de Permanência Prolongada para as três envoltórias analisadas em Viçosa/MG.

Figura 6: Percentuais Médios de Horas Anuais de Conforto e Desconforto Térmico para Viçosa/MG



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Os dados ilustrados no gráfico indicam que a Envoltória 2 obteve o maior índice de conforto térmico, atingindo 81,07% de horas de conforto, valor semelhante ao observado em todos os municípios analisados. A Envoltória 1 apresentou 67,58%, e a Envoltória 3 obteve 69,88%, um cenário similar ao de Belo Horizonte. Viçosa, inserida na Zona 2M e com clima de inverno frio e verão moderado, apresentou resultados semelhantes aos de Belo Horizonte, com a Envoltória 2 garantindo os maiores percentuais de conforto devido à sua maior inércia

térmica. A Envoltória 3 resultou nos menores índices de conforto, seguida pela Envoltória 1, com diferença inferior a 1%. Esses resultados reforçam que o clima de Viçosa, assim como em Belo Horizonte, se beneficia da inércia térmica, enquanto o isolamento das paredes não se mostra eficaz. Este padrão também foi observado em outros municípios com climas moderados a quentes, como Aimorés e Januária.

CONCLUSÃO

Partindo das diretrizes da NBR 15220 (2005) e da NBR 15575 (2021), o presente trabalho objetivou avaliar se os parâmetros mínimos estabelecidos pelas normativas vigentes resultam em conforto térmico em cinco municípios mineiros, tomando-se como base o estudo de uma residência padrão, enquadrada como habitação de interesse social.

Os resultados das simulações indicaram que as paredes de blocos de concreto com camada de poliestireno e placa de alumínio composto (Envoltória 2) proporcionaram o maior número de horas de conforto térmico em todas as simulações realizadas, fator que pode ser associado à sua capacidade de garantir inércia térmica.

Embora os percentuais de conforto térmico nas três envoltórias analisadas sejam mais elevados, com algumas simulações superando 80%, todas as simulações apresentaram mais de 50% de conforto térmico. Ainda que todas as envoltórias estudadas atendam aos requisitos mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 15575 (2021) e pela ABNT NBR 15220 (2005), a análise das características climáticas das cinco cidades revelou uma relação entre o clima local e as propriedades termofísicas dos sistemas construtivos. A Envoltória 2, isolante e com maior inércia térmica, se destacou em todas as cidades, enquanto a Envoltória 3, com inércia térmica intermediária, não gerou o mesmo número de horas de conforto em cidades com altas temperaturas, apesar de sua característica isolante, como Aimorés e Januária, indicando que o isolamento das paredes não é suficiente. Em Maria da Fé, de temperaturas mais baixas, o isolamento das paredes foi eficaz, aumentando o conforto térmico. Nos climas de Belo Horizonte e Viçosa, a inércia térmica teve um impacto positivo, mesmo com a menor eficácia do isolamento.

Conclui-se que há a necessidade de uma maior diferenciação nas diretrizes da ABNT NBR 15575 (2021) e ABNT NBR 15220 (2005) para cidades com climas distintos. Embora os índices de conforto térmico sejam elevados, há possibilidade de melhoria das recomendações para contextos climáticos específicos. A revisão da ABNT NBR 15220 (2024) e o Novo Zoneamento

Bioclimático (ABNT, 2024) oferecem uma oportunidade para refinar as diretrizes, incluindo parâmetros mais detalhados para as novas zonas bioclimáticas.

REFERÊNCIAS

ASHRAE. **Standard 55:** Thermal environment conditions for human occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15.220:** Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15.220:** Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15.575:** Edifícios Habitacionais: Desempenho. Rio de Janeiro, 2021.

FERREIRA, Camila Carvalho; SOUZA, Henor Artur; ASSIS, Eleonora Sad de. Comparação de Desempenho de Envoltórias Recomendadas por Normas de Desempenho e Mahoney. In: Encontro Nacional e Latinoamericano de Conforto do Ambiente Construído, v. 13, Campinas, 2015. **Anais [...]**. Campinas: ANTAC, 2015.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LabEEE. **Avaliação do impacto dos requisitos obrigatórios da Portaria 725 no desempenho térmico de habitações de interesse social**. Florianópolis: LabEEE, 2024. Disponível em: <https://hablabeee.ufsc.br/static/resultados/relatorios/HB-RT-10-01.pdf>. Acesso em 05 de fevereiro de 2025.