XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8683

Desempenho térmico de edificação residencial como evidência das limitações do zoneamento bioclimático em áreas de transição

Thermal performance of a residential building as evidence of the limitations of bioclimatic zoning in transition areas

Graziele Silva Souza
Universidade Estadual de Campinas| Campinas| Brasil | g282482@dac.unicamp.br
Eduarda Gonçalves Chaga
Universidade Estadual de Campinas| Campinas| Brasil | e197770@dac.unicamp.br
Leticia de Oliveira Neves
Universidade Estadual de Campinas| Campinas| Brasil | lneves@unicamp.br

Resumo

O zoneamento bioclimático brasileiro estabelece seis subdivisões de zonas bioclimáticas (ZB), mas pode subestimar variações climáticas locais em áreas de transição. Esta pesquisa compara o desempenho térmico de uma residência em Ituaçu (BA), Belo Horizonte (MG) e Ponta Porã (MS), da mesma ZB (3B), simuladas no EnergyPlus. Avaliou-se o Percentual de Horas na Faixa de Temperatura (PHFT), cargas térmicas de aquecimento/resfriamento e temperatura operativa máxima e mínima. Belo Horizonte apresentou melhor desempenho, com PHFT 118% superior ao de Ituaçu no dormitório e 286,6% superior na sala/cozinha, além de carga de resfriamento 80,7% inferior. Ituaçu apresentou o pior cenário, com 103,3 kWh/m².ano de carga de resfriamento e 96% de desconforto por calor na sala/cozinha. Ponta Porã teve desempenho intermediário, com PHFT 2,2% superior ao de Ituaçu no dormitório e 122,5% superior na sala/cozinha, e maior Tomáx entre as localidades. Os resultados indicam limitações em diretrizes normativas padronizadas para áreas de transição bioclimática.

Palavras-chave: Zoneamento bioclimático brasileiro. Desempenho térmico. Zonas de transição. Variabilidade climática.

Abstract

Brazilian bioclimatic zoning establishes six bioclimatic zone (BZ) subdivisions, but it may underestimate local climatic variations, particularly in transitional areas. This study compares the thermal performance of a residential unit in Ituaçu (BA), Belo Horizonte (MG), and Ponta Porã (MS), all in the same BZ (3B), simulated using EnergyPlus. The Percentage of Hours within the Temperature Range (PHFT), heating/cooling thermal loads, and maximum/minimum operative temperatures were assessed. Belo Horizonte showed the best performance, with a PHFT 118% higher than Ituaçu's in the bedroom and 286.6% higher in the living/kitchen area, plus an 80.7% lower cooling load. Ituaçu presented the worst scenario, with a cooling load of 103.3 kWh/m².year and 96% heat discomfort in the living/kitchen area. Ponta Porã showed intermediate performance, with a PHFT 2.2% higher than Ituaçu's in the bedroom and 122.5% higher in the living/kitchen area, and the highest Tomáx among locations. The results indicate limitations in standardized normative guidelines for bioclimatic transition areas.

Keywords: Brazilian bioclimatic zoning. Thermal performance. Transition zones. Climate variability.

Como citar:
SOUZA, G. S.; CHAGA, E. G.; NEVES, L. O. Desempenho térmico de edificação residencial como evidência das limitações do zoneamento bioclimático em áreas de transição. **In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. Anais... Goiânia: ANTAC, 2026.**

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8683

INTRODUÇÃO

Enquanto a classificação de Köppen-Geiger [1] orienta as zonas climáticas em escala global, a ABNT NBR 15220-3 [2] adapta essa lógica ao território brasileiro, estabelecendo seis subdivisões de zonas bioclimáticas (ZB) com base em temperatura do ar, radiação solar, umidade e vento. Assim, a definição da materialidade construtiva de edificações por ZB pode consolidar-se como estratégia para garantir seu desempenho térmico e eficiência energética. Contudo, essa abordagem ainda não caracteriza especificamente as áreas de transição bioclimática, marcadas por maior complexidade. Essas áreas correspondem a regiões situadas próximas aos limites entre diferentes ZBs, nas quais as condições climáticas apresentam variações constantes e graduais, podendo se enquadrar nos parâmetros de mais de uma zona bioclimática em determinado período de análise [3].

No contexto habitacional, a mitigação dos impactos advindos das mudanças climáticas e do aquecimento global está atrelada ao desempenho térmico das edificações, o qual depende da resposta do edifício ao clima local [4]. Em vista disso, soluções arquitetônicas habitacionais têm sido orientadas por documentos como o Guia de Boas Práticas de Eficiência Energética de Habitações [5], que faz referência à ABNT NBR 15575 [6]. Contudo, a delimitação territorial de orientações desse tipo frequentemente subestima a complexidade climática do território brasileiro, em especial das áreas de transição bioclimática [7].

A análise de locais situados em áreas de transição bioclimática, com condições climáticas que se enquadram nos parâmetros de mais de uma ZB, possibilita a indicação mais precisa de estratégias bioclimáticas que adaptem as edificações e as tornem mais resilientes às flutuações das variáveis higrotérmicas, criando uma classificação regional mais precisa [3]. Em vista disso, este trabalho tem como objetivo comparar o desempenho térmico de uma unidade residencial inserida em três localidades caracterizadas como áreas de transição bioclimática, mas que foram classificadas pela norma [2] como pertencentes a uma mesma zona bioclimática.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizada uma abordagem quantitativa e comparativa, desenvolvida em três etapas: (i) definição e modelagem da edificação de referência, (ii) simulação computacional sob diferentes condições climáticas, e (iii) análise comparativa dos resultados de desempenho térmico.

EDIFICAÇÃO REFERÊNCIA

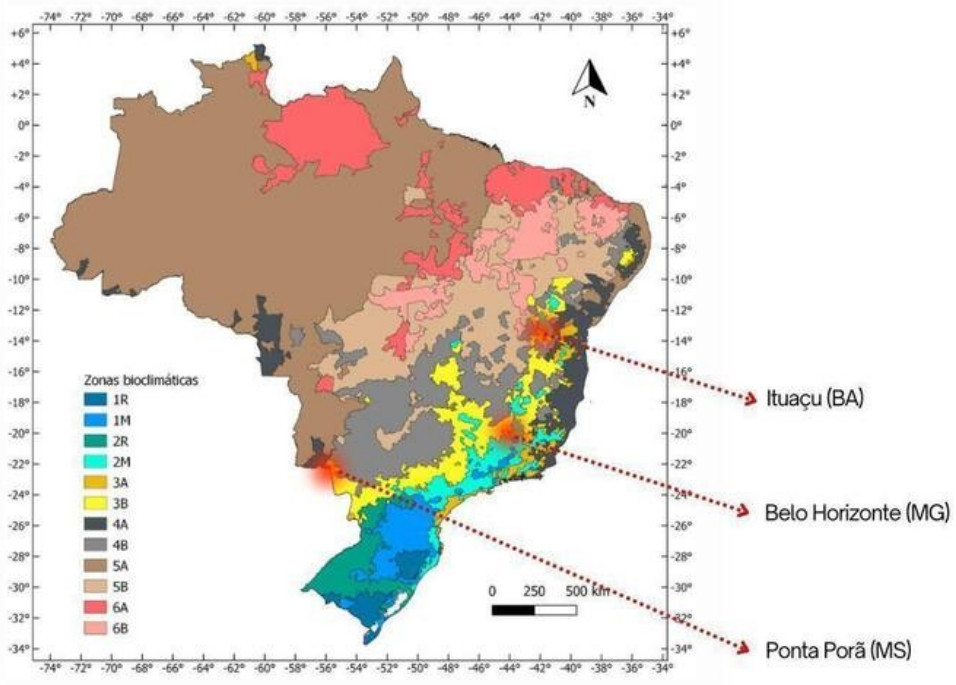
A edificação analisada foi a residência unifamiliar “Casa do Bomba” [8], localizada no Vale do Capão, Chapada Diamantina, Bahia. Com 320 m² de área construída em um terreno de 12.000 m², a casa é composta por corpo principal e anexo, com sala de estar/jantar, dormitórios, banheiros, cozinha, lavanderia, jardim e varandas (Figura 2). Os principais materiais construtivos da residência são concreto armado moldado *in loco* e madeira. A escolha do estudo de caso justifica-se por essa materialidade, indicada pelo Guia de Boas Práticas de Eficiência Energética de Habitações como uma

das mais eficazes para a zona bioclimática 3 [5]. O Guia recomenda o uso de paredes com U (transmitância térmica) ≤ 2,5 W/m².K para α (absortância à radiação solar) > 0,6, fatores que coincidem com as características térmicas do concreto armado moldado *in loco*, utilizado na residência. As recomendações de transmitância térmica da cobertura segundo o guia são U ≤ 1,5kJ/m²K para um α > 0,6, atendidas pelo projeto, que tem para a cobertura um α=0,7 e um U=0.9 W/m².K. Contudo, em relação ao percentual de área envidraçada na fachada (PAEF ≤ 20% da área de piso pelo guia) o projeto tem porcentagem acima do recomendado, de 37,13%.

CLIMA E ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO

Foram analisadas três localidades da zona bioclimática 3B, classificada como mista, seca e quente pela ABNT NBR 15220-3:2025 [2]. Além da localização original da residência, em Palmeiras (BA), consideraram-se Belo Horizonte (MG) e Ponta Porã (MS). O clima do Vale do Capão, em Palmeiras (BA), é tropical de altitude, classificado como Aw por Köppen [1]. Pela disponibilidade de dados, adotou-se Ituaçu (BA) como localidade representativa. Belo Horizonte (MG) apresenta clima Cwb, subtropical de altitude com inverno seco e verão ameno, enquanto Ponta Porã (MS) é classificada como Cfa, subtropical úmido com verão quente. Essas três cidades estão localizadas em áreas de transição bioclimática (Figura 1), indicando alterações periódicas em suas ZBs devido à variabilidade climática [3]. Foi realizada, na seção de resultados, uma análise comparativa a partir de dados climáticos, a fim de caracterizar as particularidades de cada localidade.

Figura 1: Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: Adaptado de NBR 15.220-3:2025, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8683

MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL TERMOENERGÉTICA

A residência foi modelada no SketchUp 2017 com o plugin Euclid 0.9.4.4, a partir do projeto arquitetônico [8]. A análise termoenergética foi realizada no EnergyPlus [9] 25.1.0, utilizando os arquivos climáticos TMYx de Ituaçu-BA, Belo Horizonte-MG e Ponta Porã-MS, referentes ao período 2009–2023 [10 (Figura 2).

Figura 2: Planta baixa, modelo e representação das zonas térmicas da Casa do Bomba



Fonte: Planta adaptada de Archello/Sotero Arquitetos e modelagem elaborada pelas autoras, 2026.

O anexo ao corpo principal da residência, a lavanderia e o teto verde previstos no projeto não foram simulados, constituindo limitações decorrentes da simplificação do modelo. Conforme a subdivisão interna, foram definidas quatro zonas térmicas: Z1, referente ao dormitório; Z2, aos banheiros; Z3 ao hall e Z4, à sala/cozinha. Os dados construtivos foram aplicados ao modelo conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Dados construtivos

Elemento construtivo	Transmitância Térmica (U) [W/m²K]	Capacidade Térmica (Ct) [kJ/m²K]	Absortância Solar (α)	Fator solar
Parede externa	3,6	575	0,70	-
Cobertura	4,8	240	0,70	-
Janela	5,7	-	-	0,87

Fonte: As autoras, 2026.

Para as especificações de materialidade, foram utilizados como dados de entrada os parâmetros da ABNT NBR ISO 10456:2022 [11] para concreto e madeira (Tabela 2).

Tabela 2: Valores adotados para concreto e madeira

Grupo ou aplicação do material	Descrição	Densidade (kg/m³)	Condutividade térmica de projeto W/(m.K)	Calor específico J/(kg.K)
Concreto	Densidade média	1 800	1,15	1 000
	Armado (com 1 % de aço)	2 300	2,3	1 000
	Armado (com 2 % de aço)	2 400	2,5	1 000
Madeira	-	450	0,12	1 600

Fonte: Adaptado da ABNT NBR ISO 10456:2022, 2026.

Para considerar as trocas de calor com o solo, adotou-se o modelo Site:GroundTemperature:Undisturbed:KusudaAchenbach na simulação [9]. Para gasto metabólico e ocupação, adotaram-se os dados da ABNT NBR 15575-1:2025 [6], considerando ocupação máxima de 4 pessoas, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Valores de taxa metabólica adotados

Ambiente	Descrição	Taxa metabólica (W/m²)	Calor por pessoa (W)
Dormitório	Dormindo/descansando	45	81
Sala	Sentado ou assistindo TV	60	108

Fonte: Adaptado da ABNT 15575-1:2025, 2026.

As cargas internas de iluminação elétrica e equipamentos foram definidas por zona térmica, conforme a NBR 15575-1:2025 [6]. Para equipamentos, adotou-se potência de 120 W na sala/cozinha (Z4), associada aos padrões de uso. No dormitório, considerou-se ocupação noturna, das 22 h às 8 h. Na sala, fração de 0,5 entre 14 h e 17 h e ocupação total entre 18 h e 21 h. Para iluminação, adotaram-se fração radiante de 0,32, fração visível de 0,23 e DPI de 5 W/m² para sala e dormitório. Para representar a ventilação natural, utilizou-se o módulo AirFlow Network, baseado no balanço de massas e nas relações de pressão entre zonas. As aberturas foram configuradas conforme a Tabela 4, representando as trocas de ar entre os ambientes internos e o meio externo.

Tabela 4: Parâmetros das portas e janelas considerados na ventilação natural

Abertura	Condição	Coeficiente de descarga	Proporção da abertura na largura	Proporção da abertura na altura
Porta de giro	Totalmente aberta	0,6	1,0	1,0
Porta de correr	Parcialmente aberta	0,6	0,45	1,0
Janela de correr	Parcialmente aberta	0,6	0,45	1,0
Janela basculante	Parcialmente aberta	0,6	0,50	1,0

Fonte: As autoras, 2026.

Para o sistema de ar-condicionado, utilizou-se o módulo Ideal Loads do EnergyPlus, voltado ao cálculo da carga térmica. Adotaram-se setpoints de 23 °C para resfriamento e 21 °C para aquecimento, conforme a ABNT NBR 15575-1:2025 [6].

PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

Três parâmetros foram considerados para a análise de desempenho térmico: localidade (três cidades), estratégia de condicionamento (ventilação natural, para cálculo de horas de conforto; ou ar-condicionado, para cálculo de carga térmica) e zona térmica (dormitório ou sala/cozinha). Como dados de saída, utilizaram-se a temperatura do ar externa, a temperatura operativa interna e a carga térmica de resfriamento e aquecimento das zonas selecionadas. Os critérios de conforto seguiram a ABNT NBR 15575:2025 [6], com cálculo do Percentual de Horas na Faixa de Temperatura (PHFT). As três localidades enquadram-se no intervalo 1 da ABNT NBR 15575 [6], caracterizado por média anual da temperatura externa de bulbo seco (TBSm) inferior a 25 °C. Nesse intervalo, a faixa de conforto para ambientes de permanência prolongada corresponde à temperatura operativa entre 18 °C e 26 °C. Para calcular a carga térmica de aquecimento e resfriamento, utilizaram-se os dados de atendimento ao intervalo de conforto. A carga foi calculada com base nos horários fora da faixa de conforto, indicando a necessidade de aquecimento ou resfriamento.

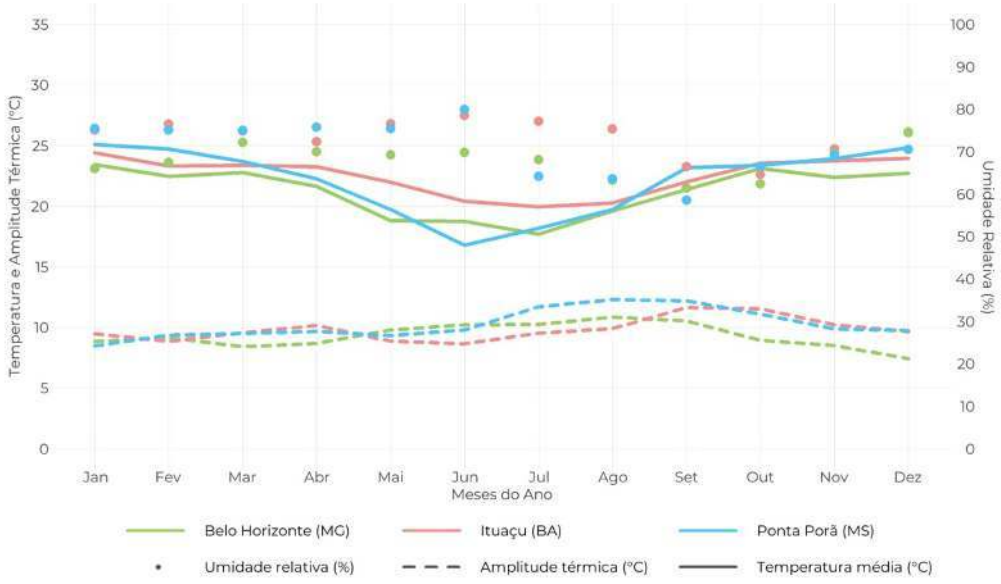
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 ilustra o comportamento climático das três localidades. Em Belo Horizonte (MG) (Cwb), observam-se condições amenas e baixa redução da umidade relativa durante o inverno. Em Ponta Porã (MS) (Cfa), verifica-se maior sazonalidade térmica, marcada pela acentuada queda das temperaturas médias nos meses centrais do ano, em oposição ao verão quente e úmido. Ituaçu (BA) (Aw) apresenta baixa variação nas temperaturas médias ao longo do ano, contudo, destaca-se por manter uma elevada amplitude térmica, associada a um declínio da umidade relativa entre o final do inverno e o início da primavera.

As três localidades situam-se na zona bioclimática 3B, conforme a ABNT NBR 15220-3 [2], que categoriza essa zona como mista e seca, com parâmetros de temperatura de bulbo seco no intervalo de 20,9 °C a 22,9 °C. As cidades de Ituaçu e Ponta Porã situam-se, respectivamente, próximas às ZBs 4B e 4A, que apresentam padrões de temperatura de bulbo seco mais altos, dentro do intervalo de 22,9 °C a 25 °C. Belo

Horizonte (MG) se situa próxima à ZB 2M, com referências de temperatura mais baixas, de 18,8 °C a 20,9 °C, variação coerente com a altitude de cada município. Belo Horizonte apresenta a maior altitude (915,47 m), seguida por Ponta Porã (668 m) e por Ituaçu, com a menor altitude (534,44 m).

Figura 3: Relação entre temperatura, amplitude térmica e umidade relativa entre localidades

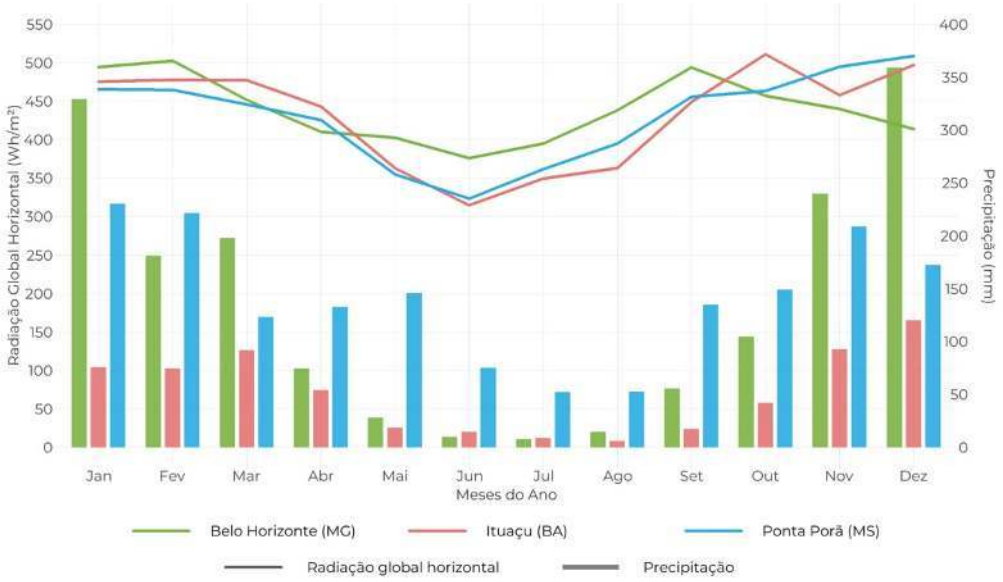


Fonte: Adaptado de Climate One Building, 2026.

A Figura 4 evidencia que, apesar do padrão sazonal médio de radiação solar apresentar proximidade, Ituaçu apresenta os menores índices de precipitação, reforçando sua condição mais seca e quente.

Figura 4: Relação entre radiação direta global horizontal e precipitação acumulada mensal

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8683



Fonte: Adaptado de Climate One Building e INMET, 2026.

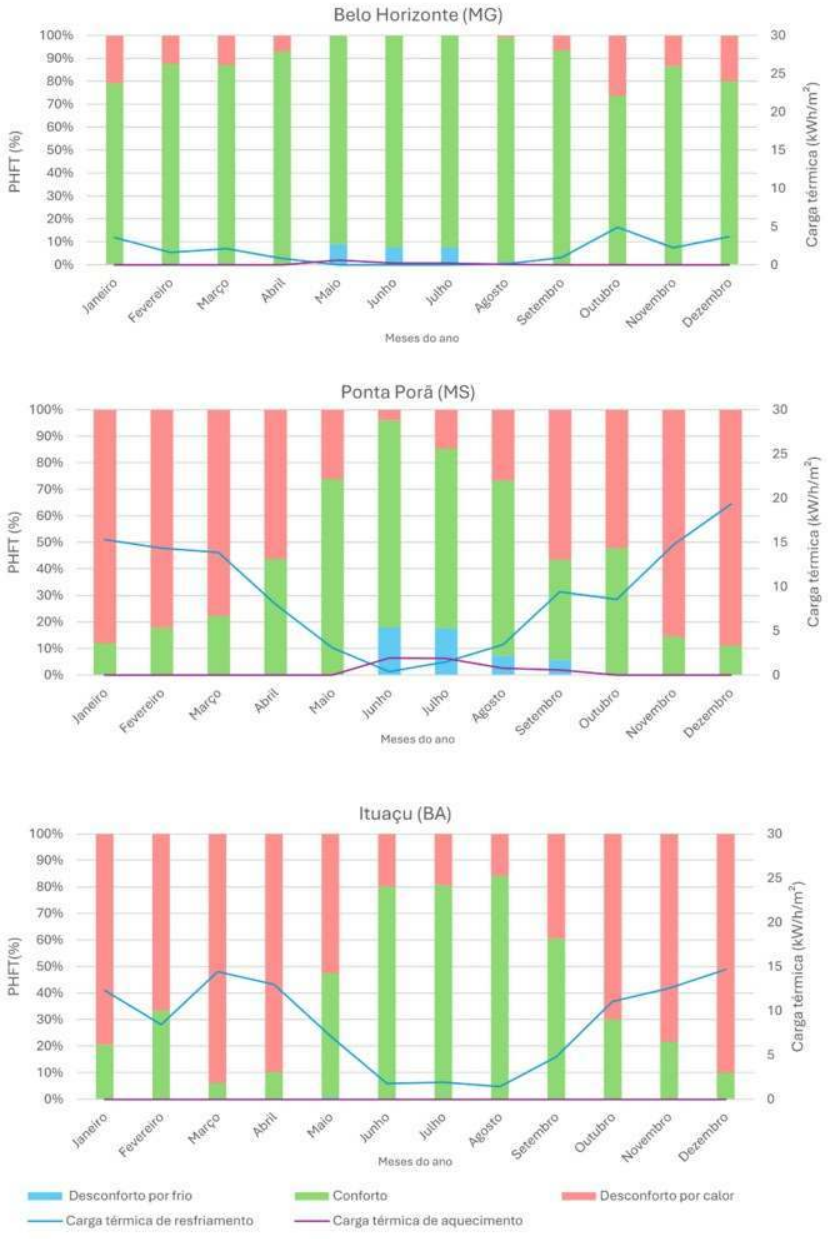
Esses resultados evidenciam que, embora inseridas na mesma zona bioclimática, as três localidades apresentam comportamentos climáticos distintos ao longo do ano. Diante disso, os resultados das simulações são apresentados a seguir, subdivididos por zonas térmicas, considerando as diferenças climáticas e as especificidades das áreas de transição bioclimática.

ZONA 1 - DORMITÓRIO

Os resultados para o dormitório são apresentados na Figura 5. Foram registrados altos índices de desconforto por calor, principalmente em Ituaçu e Ponta Porã, enquanto observa-se um aumento do PHFT nos meses de inverno. Para as cidades de Ponta Porã e Belo Horizonte, observa-se uma parcela de horas de desconforto por frio, sobretudo nos meses de inverno, representando 4% e 2% das horas ocupadas ao longo do ano, respectivamente. O PHFT em Ituaçu foi de 40,3%, Ponta Porã apresentou percentual de diferença de 2,2% em relação a Ituaçu, enquanto Belo Horizonte apresentou 118%.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8683

Figura 5: Percentual de Horas na Faixa de Temperatura (PHFT) e carga térmica do dormitório



Fonte: As autoras, 2026.

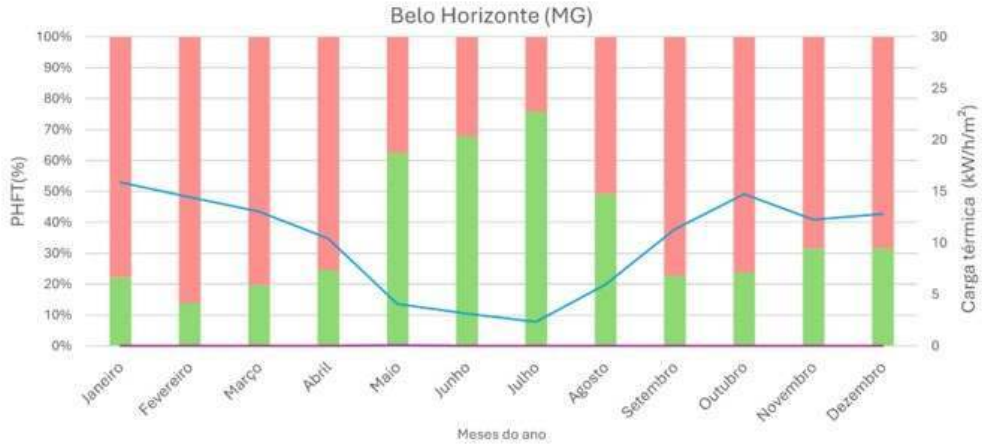
A carga térmica de aquecimento e resfriamento acompanha a variação da temperatura operativa interna, com maiores demandas nos meses de maior desconforto. Belo Horizonte apresentou o melhor desempenho térmico, com a menor carga de resfriamento (20 kWh/m²·ano), 80,7% menor que Ituaçu e 82,2% menor que Ponta Porã. Não houve desconforto por calor em maio, junho e julho, mas 115 horas fora da faixa adequada no trimestre seguinte (PHFT de 22%). O desconforto por frio representou cerca de 4% das horas ocupadas no inverno. Ituaçu apresentou o maior número de horas de desconforto por calor e a maior carga de resfriamento (103,3 kWh/m²·ano), com oito meses de PHFT abaixo de 50%, o desconforto predomina no verão, atenuando-se no outono e inverno, devido ao clima mais seco nessas estações. Ponta Porã apresentou distribuição mais equilibrada, 28% das horas ocupadas entre dezembro e março corresponderam a desconforto por calor, enquanto no inverno,

mais ameno e seco, o desconforto por frio atingiu 12% das horas. A carga de resfriamento atingiu 19,3 kWh/m²·ano em dezembro, mês de menor permanência em conforto.

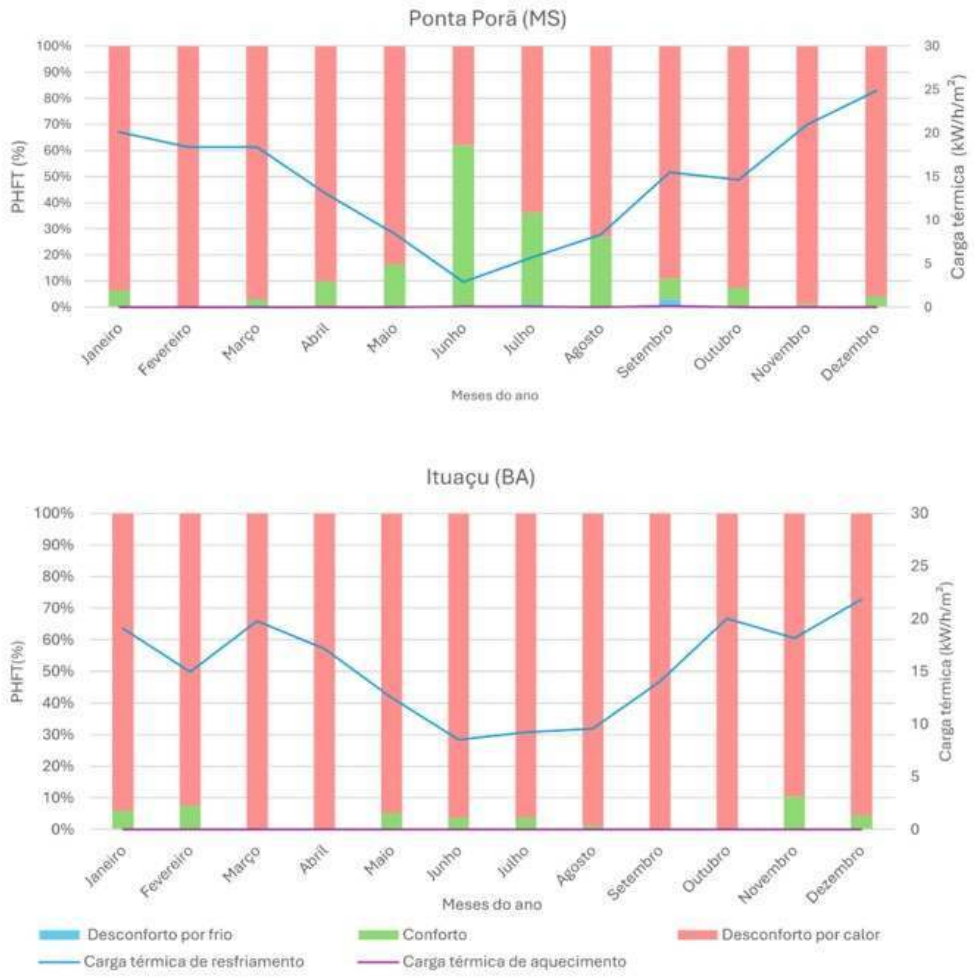
ZONA 4 - SALA/COZINHA

Os resultados para a sala/cozinha são apresentados na Figura 6. O desconforto por calor representa ao menos 70% das horas em mais de dois terços dos meses do ano nas três localidades. Ituaçu é a mais crítica, com 96,5% das horas em desconforto por calor, enquanto Belo Horizonte apresenta o maior PHFT (54,9%). O comportamento acompanha as condições sazonais de inverno e verão, com aumento do conforto no inverno, e a carga térmica de aquecimento e resfriamento segue os intervalos de maior desconforto.

Figura 6: Percentual de Horas na Faixa de Temperatura (PHFT) e carga térmica da sala/cozinha



DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8683

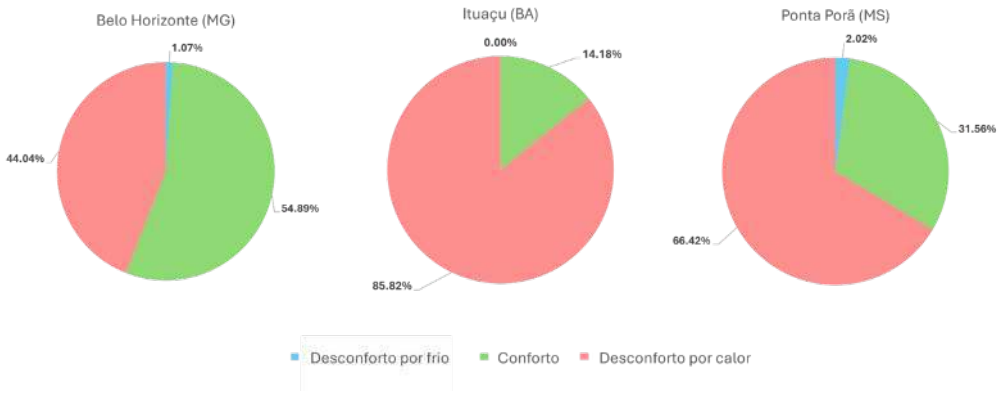


Fonte: As autoras, 2026.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS TRÊS LOCALIDADES

A Figura 7 compara as horas de conforto e desconforto térmico nas três localidades. Belo Horizonte apresentou os maiores valores de PHFT em ambas as zonas (1 e 4), com aumentos de 118% e 286,6% em relação a Ituaçu (40,3% e 14,2%), reafirmando suas condições climáticas amenas e menor demanda de carga térmica. Ponta Porã teve comportamento intermediário: diferença de apenas 2,2% frente a Belo Horizonte na zona 1, mas 122,5% acima de Ituaçu na zona 4, indicando maior permanência em conforto que Ituaçu apesar do desconforto por calor considerável. A maior demanda de carga de resfriamento coincide com a menor PHFT (Ituaçu), totalizando 288,1 kWh/m².ano — 105,35% acima de Belo Horizonte, a menor demanda registrada.

Figura 7: Distribuição do percentual de horas em conforto e desconforto térmico

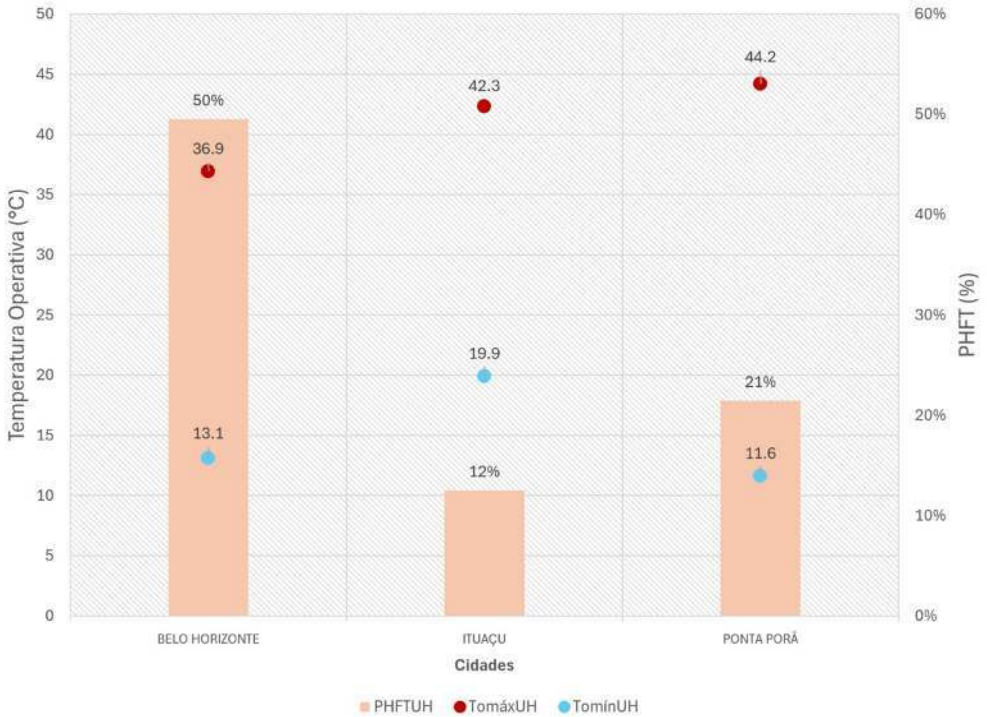


Fonte: As autoras, 2026.

As simulações mostraram que, embora pertencentes à mesma zona (3B), Belo Horizonte, Ponta Porã e Ituaçu apresentam comportamentos divergentes quanto às horas de conforto térmico. Belo Horizonte registrou o maior número de horas em conforto, Ituaçu o menor, e Ponta Porã, embora com PHFT maior, aproximou-se de Ituaçu. No dormitório, Ituaçu registrou cerca de 49,7% a mais de horas de desconforto por calor do que Belo Horizonte.

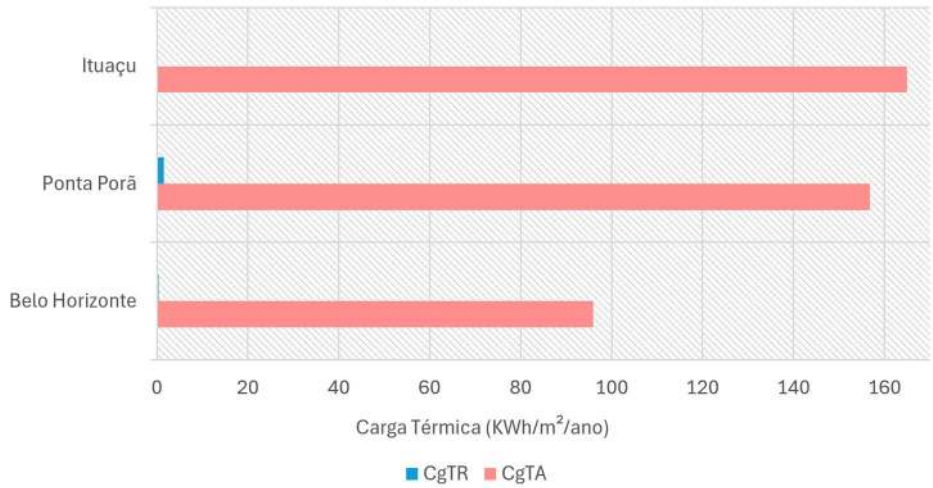
A partir dos parâmetros da INI-R [12], obtiveram-se resultados que consolidam os ambientes da unidade habitacional, com análise do desempenho térmico (Figuras 8 e 9).

Figura 8: Percentual de Horas na Faixa de Temperatura da Unidade Habitacional (PHFTUH) e temperaturas operativas máximas e mínimas da unidade habitacional por localidade



Fonte: As autoras, 2026.

Figura 9: Cargas térmicas de resfriamento e aquecimento da unidade habitacional por localidade.



Fonte: As autoras, 2026.

Os resultados reiteram a discrepância entre o PHFT das localidades (Figura 7), Belo Horizonte apresenta o maior percentual, mais que o dobro de Ponta Porã e cerca de quatro vezes o de Ituaçu, a menor entre as três. A maior Tomín de Ituaçu, superior à de Belo Horizonte e Ponta Porã, explica seu menor PHFT mesmo com a menor Tomáx. Ponta Porã apresenta a maior amplitude térmica, indicando maior instabilidade ao longo do ano. Quanto às cargas térmicas (Figura 8), Ituaçu não apresenta CgTA, por calor constante, Belo Horizonte tem a menor CgTR e Ponta Porã concentra a maior carga combinada (Figura 9).

CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo comparar o desempenho térmico de uma residência situadas em três localidades com mesma classificação dentro do zoneamento bioclimático brasileiro, que caracterizam-se como áreas de transição bioclimática.

Inicialmente, verificou-se que, embora as localidades estejam inseridas na mesma classificação normativa, elas apresentam diferenças climáticas relevantes. Ituaçu e Ponta Porã registraram os maiores percentuais de desconforto por calor, situando-se, respectivamente, próximas às ZBs 4B e 4A. Belo Horizonte, por sua vez, apresentou maior ocorrência de desconforto por frio, estando próxima à ZB 2M. Esses resultados evidenciam a heterogeneidade das áreas de transição bioclimática, marcadas pela simultaneidade de características de mais de uma zona bioclimática em um mesmo local.

Essas diferenças climáticas influenciaram diretamente o comportamento térmico da unidade habitacional analisada, levando a variações nos percentuais de conforto e desconforto térmico entre as cidades. Assim, a variabilidade climática e outros fatores

inerentes a cada localidade contribuíram para desempenhos distintos, mesmo classificadas na mesma zona bioclimática. Esse comportamento reafirma a peculiaridade das áreas de transição, nas quais a dispersão dos valores climáticos em torno das médias pode comprometer a representatividade da classificação normativa. No estudo de caso, Ponta Porã apresentou maior oscilação térmica, Ituaçu predominância de calor, e Belo Horizonte o melhor desempenho térmico, com maior permanência em conforto.

O estudo de caso apresentado é, portanto, um indicativo de que a padronização normativa não contempla a totalidade das características climáticas das áreas de transição bioclimática. A materialidade indicada como mais eficiente para cada zona bioclimática [5], com base em valores médios, pode não apresentar eficácia adequada em áreas de transição, comprometendo o desempenho térmico das edificações e ampliando a demanda por resfriamento.

Como limitações, destacam-se o recorte de uma única tipologia residencial, suas características construtivas e a análise de apenas uma zona bioclimática. Estudos futuros podem ampliar a investigação, contemplando outras tipologias e diferentes zonas bioclimáticas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo nº 307879/2022-4.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] LIMA, R. F. et al. Climate change assessment in Brazil: utilizing the Köppen-Geiger (1936) climate classification. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 38, n. 3, p. 22, 2023.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações — Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

[3] FARIA, João Roberto Gomes de. Zonas bioclimáticas, variabilidade climática e áreas de transição bioclimática. In: **ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 17., 2023. Anais [...]. *[S. l.]*, p. 1–10, 2023.

[4] TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Should we consider climate change for Brazilian social housing? Assessment of energy efficiency adaptation measures. **Energy and Buildings**, v. 158, p. 1379-1392, 2018.

[5] INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Guia de boas práticas de eficiência energética de habitações.** São Paulo: IPT, 2021.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1:2024 Emenda 1:2025.** Edificações habitacionais — Desempenho — Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

[7] MACHADO, R. M. S. *et al.* Bioclimatic zoning for building performance using tailored clustering method and high-resolution climate data. **Energy and Buildings**, v. 311, p. 114157, 2024.

[8] SOTERO ARQUITETOS. **Casa do Bomba: House in Bomba's Hill.** Archello, s.d. Disponível em: https://archello.com/project/casa-do-bomba-house-in-bombas-hill.

[9] **U.S. DEPARTMENT OF ENERGY.** *EnergyPlus™ Version 23.2.0 Documentation: Input Output Reference*. Washington, DC: U.S. Department of Energy, 2023.

[10] CLIMATE ONE BUILDING. **Climate.OneBuilding.org**: Repository of Building Simulation Climate Data. 2026. Disponível em: https://climate.onebuilding.org/

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 10456: materiais e produtos de construção: propriedades higrotérmicas: valores tabelados de projeto e procedimentos para determinação de valores térmicos declarados e de projeto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

[12] BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). **Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R)**. Anexo da Portaria nº 309. 2021.

[13] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais climatológicas do Brasil.** Brasília, DF: INMET, [s.d.]. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/normais. Acesso em: 5 jul. 2026.