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.v21i1.8396

Estratégias para condicionamento térmico passivo de uma residência unifamiliar no município de Canela/RS

Strategies for passive thermal conditioning of a single-family residence in the municipality of Canela/RS

Cleyton Cristiano Crovador
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | cleytoncrovador@ufpr.br
Ana Paula Almeida
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | paula.almeida@ufpr.br
Luiza Coutinho Bernardes
Pontifícia Universidade Católica do Paraná | Curitiba | Brasil | luizacber@gmail.com
Kimberly Gabriela Angelo Dias
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | kimberly.ufpr@gmail.com
Giovanna Schiwinski Verussa
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | giovanna.verussa@ufpr.br
Marcio Jose Sorgato
Univ. Tec. Fed. do Paraná | Curitiba | Brasil | sorgato@professores.utfpr.edu.br
Leandro Carlos Fernandes
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | leandrofernandes@ufpr.br

Resumo

A arquitetura surgiu como resposta às necessidades humanas por abrigo. Para isso, ao edificar, altera-se o ambiente, gerando impactos relacionadas ao consumo de energia para o condicionamento térmico. Por essa razão, é cada vez mais relevante o emprego de métodos passivos para o condicionamento térmico e lumínico. Diante disso, esta pesquisa objetivou avaliar estratégias para condicionamento térmico passivo de uma residência unifamiliar hipotética no município de Canela/RS. Neste sentido, realizou-se uma revisão bibliográfica e utilizou-se uma ferramenta para análise do clima, simulação do comportamento térmico e prescrição de estratégias para o condicionamento térmico. Como resultado, obteve-se as seguintes diretrizes para projeto: compacidade volumétrica, envelope isolante, paredes internas pesadas e aquecimento solar passivo.
Palavras-chave: Condicionamento térmico passivo. Diretrizes de projeto. Processo de projeto.

Abstract

Architecture emerged as a response to human needs for shelter. In doing so, construction alters the environment, generating harmful impacts related to energy consumption for thermal conditioning. For this reason, the use of passive methods for thermal and lighting conditioning is relevant. Given the above, this research aimed to validate strategies for passive thermal conditioning of a single-family residence in the municipality of Canela/RS. A literature review was conducted and a tool was used to analyze the climate, simulate thermal behavior, and prescribe strategies for thermal conditioning. As a result, some guidelines were obtained: volumetric compactness, an insulated envelope, heavy internal walls, and passive solar heating.

Keywords: Passive thermal conditioning. Design guidelines. Design process.

CROVADOR, C. C.; ALMEIDA, A. P.; BERNARDES, L. C.; FERNANDES, L. C. Definição de estratégias para condicionamento térmico passivo de uma residência unifamiliar no Município de Canela/RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8396

INTRODUÇÃO

O comportamento térmico das edificações é determinante para o conforto ambiental dos usuários, especialmente em climas frios, como o de Canela (RS). A busca por melhor desempenho térmico e pela redução do consumo energético em aquecimento e resfriamento reforça a importância de decisões de projeto mais eficientes, capazes de garantir condições ambientais adequadas com menor demanda energética [1].

Um projeto de edificação que não busca a adequação ao clima leva a um maior consumo de energia. Com as mudanças climáticas, esse problema é potencializado. Os estudos de Casagrande e Álvarez [2], que investigaram os impactos das mudanças climáticas no desempenho termo energético de edificações, indicaram um aumento médio no consumo progressivo anual de energia, de 10,7% para 2020, de 17,3% para 2050 e de 26,5% para 2080. Diante disso, é cada vez mais urgente a adequação dos projetos aos respectivos contextos climáticos.

Em se tratando do Clima Temperado (Cfb), estudos abordaram desde a ventilação natural das edificações até a análise crítica de normas técnicas para a adequação ao clima [3][4].

Scherer e Grigoletti [3] desenvolveram uma avaliação de estratégias de ventilação natural em salas de aula do ensino fundamental na cidade de Santa Maria/RS, de clima Cfb, a partir de modelos computacionais para a simulação de desempenho térmico. A avaliação mostrou que a aplicação de sistemas passivos com altas taxas de ventilação pode promover ganhos relevantes no conforto térmico e eficiência energética em ambientes escolares, especialmente no período de verão.

Spagnuolo [4] simulou o comportamento térmico de um projeto padrão de edificação pública em Canela/RS, considerando diferentes estratégias passivas. O estudo seguiu recomendações da NBR-15.220-3 [5], como a exposição solar nos meses frios e o aumento da absortância das superfícies externas para promover o aquecimento solar. Essas medidas contribuíram para o aumento do número de horas em conforto térmico. Entretanto, o autor concluiu que devido ao clima frio do local, estratégias adicionais de aquecimento são necessárias para alcançar resultados mais expressivos [4].

Embora existam estudos sobre a adequação dos projetos de edificações ao clima Cfb, a literatura indica que ainda existem aspectos a serem explorados para o aprimoramento das práticas de projeto a ela relacionados.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivos avaliar estratégias para condicionamento térmico passivo para uma residência unifamiliar hipotética no município de Canela/RS.

MÉTODO

O método contempla o levantamento de dados sobre o clima e a análise utilizando uma ferramenta específica a fim de se obter diretrizes para o projeto. A etapa de análise e obtenção de diretrizes é constituída de três etapas principais. Na primeira etapa, os dados brutos referentes ao clima são processados a fim de se obter informações agregadas e úteis. Na segunda etapa, são fornecidas as primeiras diretrizes de projeto e, posteriormente, na última etapa, as diretrizes finais.

LOCALIDADE E CLIMA

A cidade de Canela está localizada na Serra Gaúcha, no estado do Rio Grande do Sul (29° 21’ 42” Sul, 50° 48’ 46” Oeste), a aproximadamente 837 metros do nível do mar. De acordo com a classificação de Köppen, a cidade apresenta o clima Cfb, caracterizado como temperado. Apresenta verão ameno, chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca [6].

FONTE DOS DADOS CLIMÁTICOS E TIPO DE ARQUITO UTILIZADO

Os dados climáticos foram obtidos no site Climate.Onebuilding.Org [7]. O arquivo utilizado é de formato EPW (Formato Meteorológico EnergyPlus) e nomeado como “BRA_RS_Canela.AP.869800_INMET”. Os dados observados estão compreendidos entre o ano de 2001 e 2010, tendo seu ano típico datado de 2009.

PROCEDIMENTO PARA IDENTIFICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS PARA CONDICIONAMENTO TÉRMICO PASSIVO

Para a prescrição das estratégias para condicionamento passivo para a habitação unifamiliar, foi utilizada o método desenvolvido por Fernandes [14] e a ferramenta Antropo (1.05). A ferramenta considera o modelo adaptativo de conforto. O processo para obtenção das diretrizes de projeto ocorre em três etapas: a) compreensão do regime climático; b) análise considerando o ambiente hipotético 1 (com condições internas semelhantes às condições externas), e; c) análise considerando o ambiente hipotético 2 (com condições internas resultantes das estratégias definidas na etapa b).
No que se refere à compreensão do regime climático, o Antropo apresenta dados sintéticos ao usuário, visando a familiarização com o clima. Para isso, são utilizados diagramas como os gráficos das temperaturas externas horárias, das médias diárias, das amplitudes térmicas diárias e a rosa dos ventos.
Na análise considerando o ambiente hipotético 1, a ferramenta Antropo adota a ideia de protomodelo. Toma, como ponto de partida um ambiente interno hipotético cujas condições ambientais sejam semelhantes às condições ambientais externas. Os dados climáticos são plotados sobre o diagrama antropoclimático 1 (DA1). Neste processo, as temperaturas do ar e as amplitudes térmicas diárias são analisadas frente ao modelo adaptativo de conforto térmico para ambientes internos. Em função dos resultados, a ferramenta sugere diretrizes quanto à forma (compacidade), e quanto às características termo físicas do envelope e das paredes internas.
Na última análise, considerando o ambiente hipotético 2, as diretrizes projetuais obtidas na etapa anterior são aplicadas ao protomodelo e são simuladas temperaturas internas para uma nova rodada de análise. Nesta, as temperaturas operativas para o ambiente interno são plotadas sobre o diagrama antropoclimático 2 (DA2). Desta plotagem, são obtidas novas diretrizes, voltadas para o posicionamento da temperatura interna dentro do patamar adequado segundo o modelo adaptativo. Nesta etapa, as diretrizes são voltadas principalmente para aquecimento (passivo e/ou ativo) e/ou para resfriamento (passivo e/ou ativo).

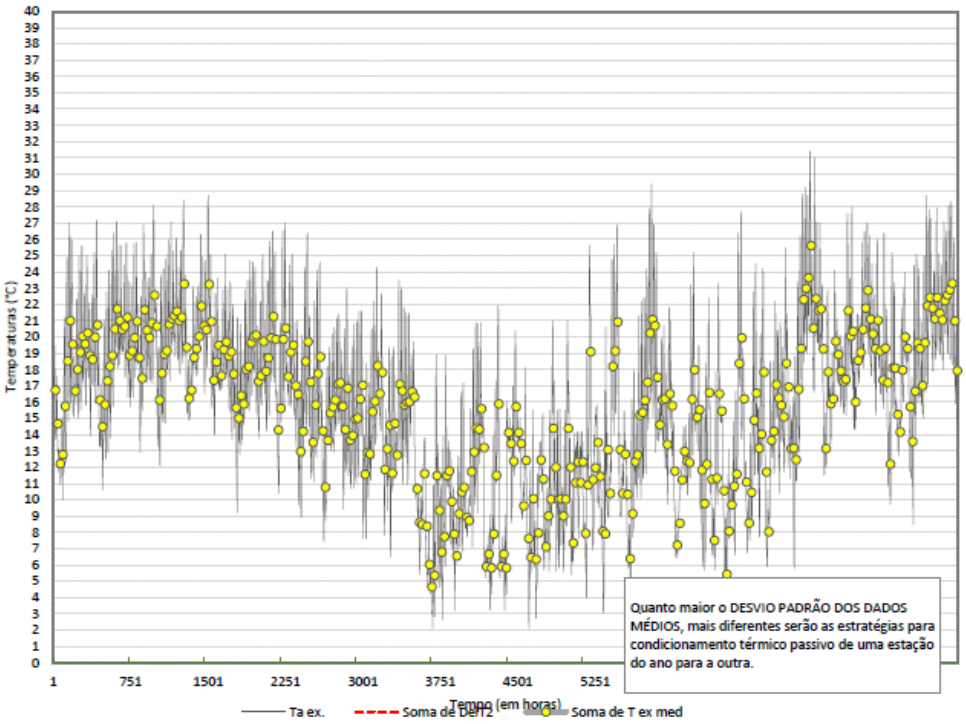
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8396

RESULTADOS

CONTEXTO CLIMÁTICO

A Figura 01 evidencia a predominância do contexto de frio, com temperaturas mínimas atingindo 1,7°C. O verão é menos rigoroso, com temperatura máxima de 31,4°C e média anual de temperatura de 15,8°C.

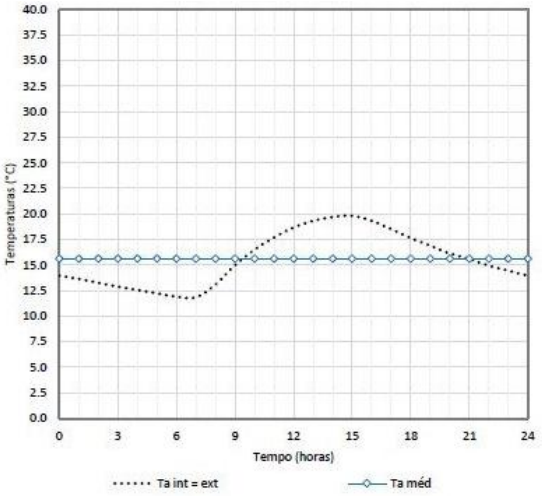
Figura 1 - Temperaturas externas horárias e médias diárias de Canela/RS.



Fonte: Antropo v. 1.05 (2026).

Para um dia médio, as temperaturas externas mostraram uma mínima de 11,8°C pela manhã, caracterizando as manhãs como frias. No período da tarde, a temperatura máxima é de 19,8°C, indicando uma condição térmica amena (**Figura 2**).

Figura 2 - Temperaturas externas do ar no dia médio para Canela/RS.



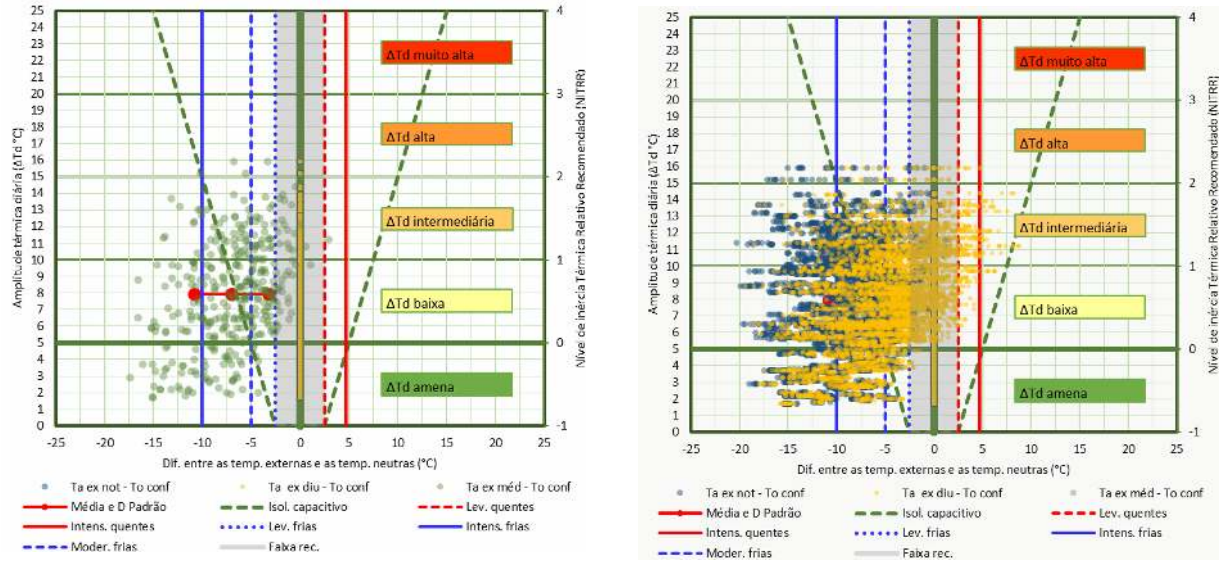
Fonte: Antropo v. 1.05 (2026).

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8396

ANÁLISE CONSIDERANDO O AMBIENTE HIPOTÉTICO 1

Nesta etapa (b), os dados do ambiente externo são tomados como um ambiente interno hipotético. A plotagem desses dados sobre o diagrama antropoclimático 1 (DA1) (Figura 3) evidenciou diferenças entre as temperaturas neutras (faixa cinza no centro) e as temperaturas médias diárias (Figura 3 à esquerda) indicam que estabilizar a flutuação térmica resulta em temperaturas classificadas como inadequadas, por frio. A Figura 3 à direita, com dados horários, indica que há sobreposição entre o conjunto das temperaturas noturnas e diurnas. As diferenças em relação à temperatura neutra também se concentram à esquerda do intervalo recomendado. Ou seja, o frio é um problema tanto no período noturno quanto no diurno.

Figura 3 - Ambiente hipotético 1: a) Diferença entre temperaturas médias diárias e a temperatura neutra. b) Diferenças entre as temperaturas horárias e a temperatura neutra



a b

Fonte: Antropo v. 1.05 (2026).

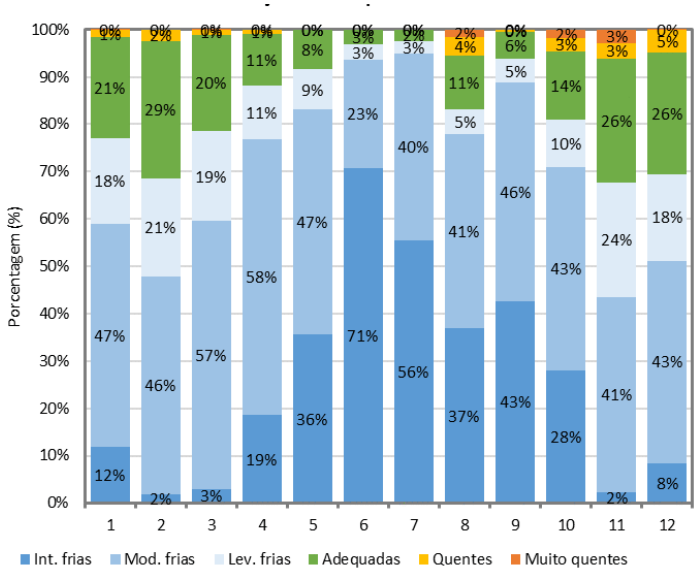
Considerando a amplitude térmica diárias (Δtd), onde em 81% dos dias as Δtd excedem os 5°C, a ferramenta Antropo indicou um NITRR de 1,94, classificado como intermediário, resultando na recomendação de inércia térmica intermediária. Quanto ao sistema construtivo, orienta adotar o arranjo construtivo caracterizado pela adoção de paredes internas com alta capacidade térmica e paredes externas com isolamento capacitivo intermediário, além de isolamento resistivo com foco no período frio.

Em relação à compacidade volumétrica da edificação, foi indicada compacidade intermediária. Essa indicação está relacionada com a necessidade de reduzir as perdas térmicas e reduzir a flutuação térmica via redução da área de superfície do envelope em relação ao volume da edificação.

A Figura 4 mostra que na maior parte do ano ocorrem temperaturas baixas: 26% intensamente frias, 44% moderadamente fria e 12,2% levemente frias. Apenas 14,9% das horas do ano apresentam temperaturas consideradas adequadas para o interior das edificações. A ocorrência de temperaturas classificadas como quentes (3%) é

quase insignificante, indicando que na maior parte das horas o usuário estará em desconforto para o frio.

Figura 4. Ambiente hipotético 1: porcentagens de conforto por mês e ano.

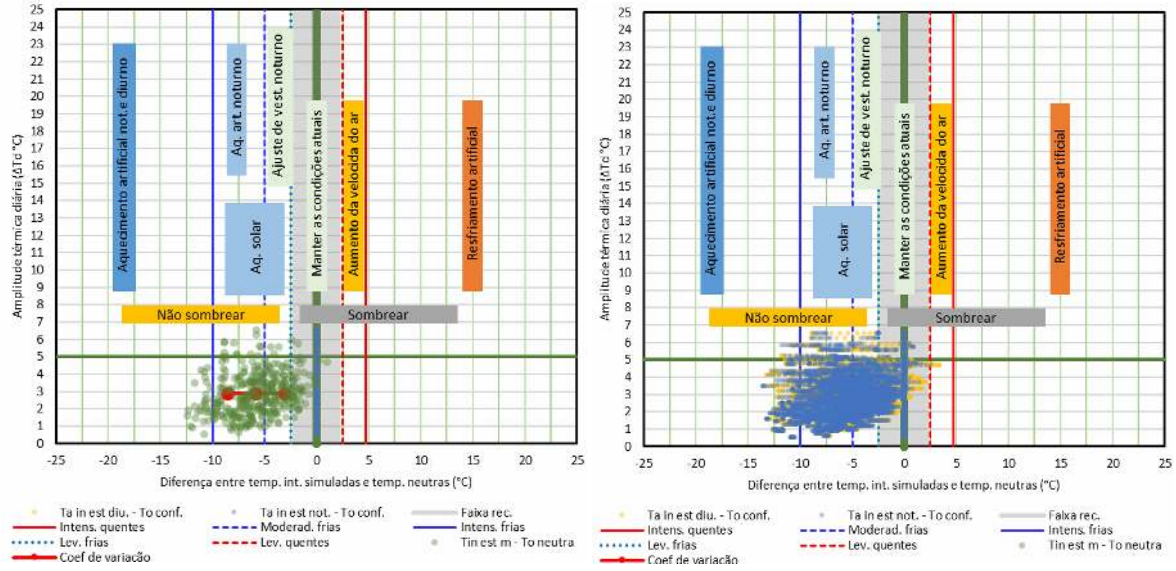


Fonte: Antropo v. 1.05 (2026).

ANÁLISE CONSIDERANDO O AMBIENTE HIPOTÉTICO 2

Nessa etapa, foram analisados dados simulados para o ambiente interno hipotético, conforme diagrama DA2 (Figura 5). Esse diagrama foi plotado considerando as diretrizes obtidas na etapa anterior (DA1). Os resultados apontaram para a ocorrência de estabilização das temperaturas internas. Porém, em um intervalo considerado inadequado, devido ao frio. O DA2 indica a necessidade de aquecimento da edificação, recomendando expor ao sol em 87% das horas diurnas.

Figura 5. Diagrama Ambiente hipotético 2: a) Diferença entre temperaturas médias diárias e a temperatura neutra. b) Diferenças entre as temperaturas horárias e a temperatura neutra.



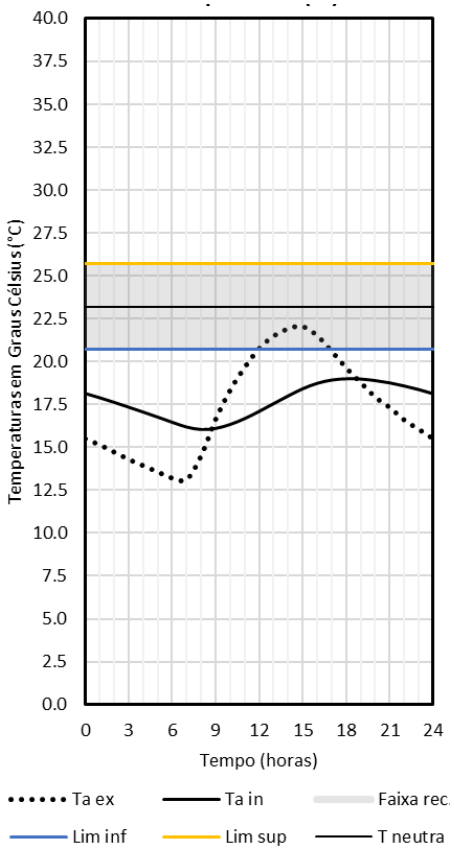
Fonte: Antropo v. 1.05 (2026).

A simulação resultou em amplitudes térmicas diárias internas reduzidas, comparativamente às observadas para o ambiente externo.

Com a adequação do Nível de Inércia Térmica (NIT), em 87% do tempo as amplitudes térmicas diárias passaram a estar dentro do intervalo recomendado para o interior da edificação. A amplitude térmica diária máxima foi de 4,5°C.

No dia médio, representado na Figura 5, observou-se maior constância nas temperaturas. No entanto, elas se mantiveram abaixo do intervalo recomendado. Ou seja, aumentar a inércia da edificação teve como ganho a adequação das amplitudes térmicas diárias, mas reforçou a necessidade de aquecimento.

Figura 5. Ambiente hipotético 2, dia médio.

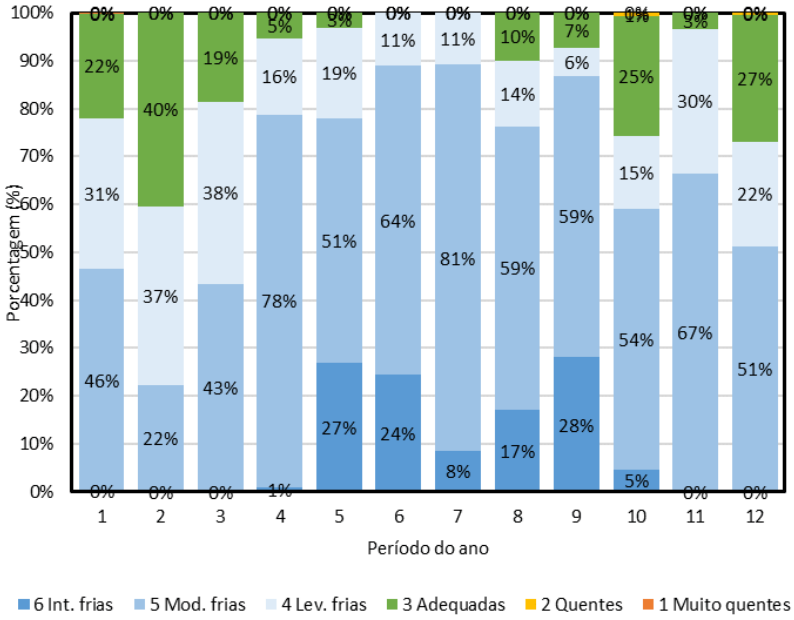


Fonte: Antropo v. 1.05 (2026).

Em se tratando da classificação das temperaturas operativas internas, conforme a Figura 6, houve redução na porcentagem de temperaturas classificadas como quentes e adequadas e leve aumento nas temperaturas classificas como frias. Ocorreu predominância de temperaturas frias, em 89% do tempo, sendo 9% de intensamente frias, 56% de moderadamente frias e 21% de levemente frias. Esses resultados levaram à recomendação de aquecimento solar (em 33% das horas diurnas), de aquecimento ativo noturno (25,2%), de aquecimento ativo diurno (22,7%) (Figura 7).

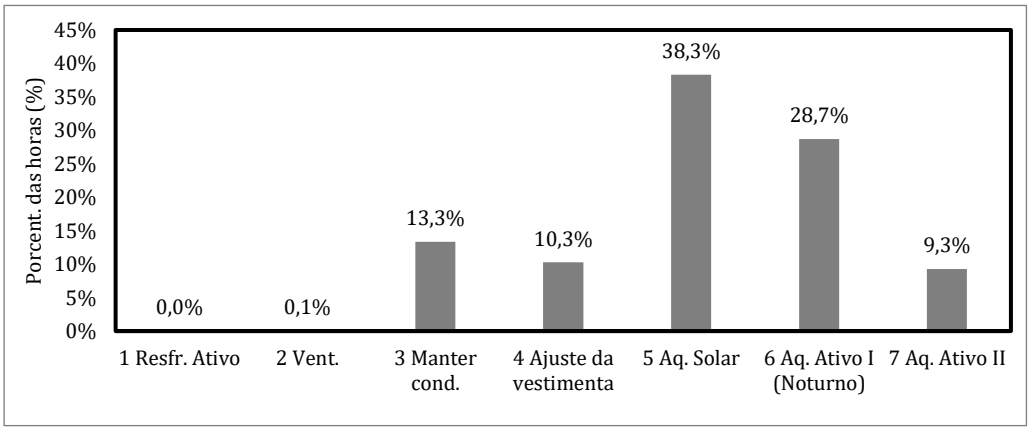
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8396

Figura 6. Ambiente hipotético 2: porcentagens de conforto por mês e ano.



Fonte: Antropo v. 1.05 (2026).

Figura 7. Ambiente hipotético 2: recomendações para projeto.



Fonte: Antropo v. 1.05 (2026).

RESUMO DAS DIRETRIZES PRESCRITAS

A partir da análise dos dados, visando estratégias para condicionamento térmico passivo de uma residência unifamiliar hipotética no município de Canela/RS, a ferramenta sugeriu: a) compacidade volumétrica intermediária, no intuito de reduzir as amplitudes térmicas diárias e as perdas térmicas; b) arranjo construtivo caracterizado por paredes internas com uma alta capacidade térmica e envelope com o uso de isolamento capacitivo intermediário e isolamento resistivo para o frio.

A ferramenta também sugere exposição da edificação ao Sol na maior parte das horas diurnas e aquecimento ativo para as horas noturnas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar estratégias de condicionamento térmico passivo aplicáveis a uma edificação hipotética localizada no município de Canela/RS (Cfb).

Os resultados obtidos indicaram para o contexto climático da zona Cfb as seguintes estratégias para condicionamento térmico passivo: a) compacidade volumétrica; b) isolamento térmico para redução das perdas térmicas no período frio; c) alta capacidade térmica interna, e; d) aproveitamento controlado da radiação solar, de modo a potencializar o aquecimento passivo dos ambientes.

O estudo contribui ao reforçar diretrizes de projeto para edificações residenciais inseridas em contextos climáticos semelhantes, ao mesmo tempo em que indica a necessidade de investigações futuras que aprofundem a avaliação do desempenho térmico a partir da integração dessas estratégias com outras soluções passivas e análises mais detalhadas.

DECLARAÇÃO

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

REFERÊNCIAS

[1] LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014. 382 p.

[2] CASAGRANDE, B. G.; ALVAREZ, C. E. Preparação de arquivos climáticos futuros para avaliação dos impactos das mudanças climáticas no desempenho termoenergético de edificações. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 4, p. 173-187, dez. 2013.

[3] SCHERER, P.; GRIGOLETTI, G. C. Avaliação de estratégias de ventilação natural para salas de aula em clima subtropical úmido. **Ambiente Construído,** v. 23, n. 1, p. 23-57, jan. 2023.

[4] SPAGNUOLO, A. Y. N. **Projeto padrão e conforto térmico**: Estudo de caso nas creches Pro infância Tipo B. 2019. 93 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15220-3**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático por desempenho. 2 ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2024a. 21 p.

[6] EMBRAPA. Embrapa pesquisa: climas, 1988. Disponível em: https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm. Acesso em: 25 abr. 2025.

[7] CLIMATE.ONEBUILDING.ORG. 2025. Disponível em: https://climate.onebuilding.org/. Acesso em: 30 set. 2025.

[8] FERNANDES, L. C. Diagramas de apoio ao projeto baseados na ideia do conforto térmico adaptativo. **Parc Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 11, p. 1-20, 2020.