

Impacto na avaliação térmica de edifícios após a revisão dos requisitos da NBR 15575

Mozzara Oliveira da Fonseca ¹ 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Deivis Luis Marinoski ² 

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil

Fernando Simon Westphal ³ 

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil

Resumo

A recente revisão da Norma de Desempenho para edificações habitacionais, ABNT NBR 15575, que ocorreu em 2021, inseriu novos indicadores de desempenho para a avaliação térmica. Esse tema tem sido amplamente debatido por pesquisadores da área. O objetivo geral deste estudo é comparar os requisitos dos procedimentos normativos das versões 2013 e 2021 da NBR 15575, a fim de verificar o impacto que a atualização proporcionou ao desempenho térmico de edificações. Para isso, o trabalho é conduzido por meio de um estudo de caso que examina a influência das diferenças entre os métodos simplificado, simulação computacional e informativo em uma Habitação de Interesse Social (HIS) localizada em Pelotas/RS. Os resultados apontaram desempenho térmico insatisfatório para a HIS em questão. O método simplificado não classificou a edificação, exigindo simulação computacional em ambas as versões da NBR 15575. Para o procedimento de simulação computacional, a avaliação pela norma de 2013 alcançou nível mínimo de desempenho térmico, porém a versão de 2021 diagnosticou inadequação térmica no térreo, impedindo a classificação. O método informativo não classificou a edificação para a versão 2013 da norma. A pesquisa contribuiu para identificar as principais diferenças nos procedimentos normativos e evidenciar quais melhorias devem ser inseridas em uma futura revisão da norma.

Keywords: NBR 15575, desempenho Térmico, habitação de interesse social.

Impact on thermal performance assessment of buildings after the revision of NBR 15575 requirements

Abstract

The recent revision of the Performance Standard for residential buildings, ABNT NBR 15575, which took place in 2021, introduced new performance indicators for thermal evaluation. This topic has been widely debated by researchers in the field. The overall objective of this study is to compare the requirements of the normative procedures of the 2013 and 2021 versions of NBR 15575 in order to assess the impact that the update had on the thermal performance of buildings. To achieve this, the study is conducted through a case study that examines the influence of the differences between the simplified, computational simulation, and informative methods in a Social Housing (SH) unit. The results indicated unsatisfactory thermal performance for the SH in question located in Pelotas/RS. The simplified method did not classify the building, requiring computational simulation in both versions of NBR 15575. For the computational simulation procedure, the evaluation based on the 2013 standard achieved the minimum level of thermal performance, but the 2021 version diagnosed thermal inadequacy on the ground floor, preventing classification. The informative method did not classify the building under the 2013 version of the standard. The research contributed to identifying the main differences in the normative procedures and highlighting which improvements should be included in a future revision of the standard.

Keywords: NBR 15575, thermal Performance, social housing.

Financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Conflitos de interesse: Os autores certificam que não têm interesse comercial ou associativo que represente um conflito de interesses em relação ao manuscrito.

Aprovação ética: Não aplicável.

Disponibilidade de dados e material: Não aplicável.

Histórico: submetido em 05/04/2024, aprovado em 06/11/2024, publicado em 22/09/2025

Editores Responsáveis: Maria Fernanda de Oliveira , Michele Marta , Felipe Corres Melachos 

1. Introdução

A necessidade de moradia digna é um direito social previsto na Constituição Federal do Brasil (Brasil, 1988). A habitação deve proporcionar um ambiente confortável e seguro, servindo como uma barreira

eficaz contra fatores externos resultantes das intempéries, ao mesmo tempo em que deve assegurar condições ambientais adequadas para os seus ocupantes (Oliveira; Omena; Brito, 2022).

O Brasil enfrenta um déficit habitacional estimado em 5,8 milhões de moradias (FJP, 2019). Esse problema está diretamente relacionado à desigualdade econômica e social, associado à formação do país e à concentração de renda em um pequeno grupo de pessoas (Trovão; Araújo, 2021). A falta de recursos leva a construções adaptadas às necessidades imediatas dos indivíduos. Como resultado, muitas famílias ficam expostas a situações de risco devido às condições precárias dessas construções (Sebben *et al.*, 2022).

Para superar esse desafio, o Governo Federal criou em 2009 o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), em parceria com estados e municípios (Ferreira, 2012). O programa tem como objetivo facilitar o acesso à moradia para a população de baixa renda e contribuir para redução do déficit habitacional (Lima *et al.*, 2021).

Após a criação do programa, constatou-se uma melhoria no atendimento às camadas mais pobres da população, mas a padronização dos sistemas construtivos adotados pelos empreendimentos que seguiam esse modelo resultou em soluções únicas para um problema complexo (Gallo; Logsdon; Costa, 2022). Essa abordagem não considerou as particularidades de cada cidade brasileira, o que afetou diretamente o desempenho das edificações. Ferreira (2012) fortalece essa perspectiva ao afirmar que a habitação popular se tornou sinônimo de baixa qualidade e elevado impacto ambiental, caracterizada pela repetição de casas idênticas e edifícios com plantas em formato de H, resultando em monótonas cidades-dormitórios. De acordo com Santos, Gomes e Rovadavia (2021), nas avaliações pós-ocupação realizadas em Habitações de Interesse Social (HIS), mais de 25% dos moradores relataram insatisfação com as condições térmicas de pelo menos um ambiente de suas casas.

D'Avila e Graff (2020); Santos, Porto e Silva (2020) e Guarda *et al.* (2018) salientam a problemática de que no Brasil, as HIS são planejadas para atender produções em larga escala, efetuando reaproveitamento do método construtivo para diversas construções com o intuito de aumento de produtividade, não considerando as condições climáticas da região de cada projeto. Gouveia e Sposto (2016) destacam que é de suma relevância avaliar o desempenho térmico das edificações nas HIS, para oportunizar não somente a qualidade de vida do usuário, mas também reduzir os custos com energia devido ao uso de ventiladores ou qualquer tipo de condicionamento artificial. Ferreira (2012) destaca a construção de HIS de forma quantitativa no Brasil, onde aspectos como qualidade arquitetônica e impactos urbanos foram colocados em segundo plano.

As normativas brasileiras têm incentivado o aprimoramento dos métodos de construção, assim como das características internas do ambiente construído, visando a diminuição do consumo de energia para o condicionamento ambiental (Linczuk; Bastos, 2020). Com isso, as diretrizes para a construção de HIS estão sendo atualizadas para melhorar a habitabilidade e conforto dessas edificações. A NBR 15575 (Norma de Desempenho) é uma importante referência para avaliar o desempenho térmico das edificações com o objetivo de alcançar valores aceitáveis para o conforto dos usuários. Em 2021, a norma foi atualizada, incorporando novos indicadores desempenho térmico que impactaram diretamente no alcance dos resultados.

Diante do exposto, o objetivo geral desta pesquisa é comparar os requisitos dos procedimentos normativos das versões 2013 e 2021 da NBR 15575, a fim de verificar o impacto que a atualização proporcionou ao desempenho térmico de edificações. Para isso, o trabalho é conduzido por meio de um estudo de caso que examina a influência das diferenças entre os métodos simplificado e de simulação computacional nas versões da norma aplicadas a uma HIS. Além disso, a pesquisa inclui a análise de medições *in loco* das temperaturas de bulbo seco internas da HIS, com o intuito de verificar os preceitos do método informativo existente no Anexo A da NBR 15575:2013 e aplicar esses dados à edificação já construída.

Para desenvolver esta pesquisa, foi selecionado uma região do país cuja zona bioclimática representasse os climas bem definidos, sendo possível observar todas as estações do ano. Desse modo, o empreendimento está localizado na cidade de Pelotas, no Rio Grande do Sul, possui 5 pavimentos em cada edifício, pertence a zona bioclimática 2 (ABNT, 2005) e é construído em alvenaria estrutural

de blocos cerâmicos. A justificativa para escolha desta cidade são as oscilações de temperatura ao longo do ano, haja vista que Pelotas possui um clima subtropical úmido, com verões quentes e invernos frios.

2. Fundamentação teórica

Diversos autores afirmaram em seus estudos que os métodos indicados na NBR 15575 (ABNT, 2013) apresentam imprecisões para análise térmica das edificações (Bogo, 2016; Brito; Pires; Akutsu, 2018; Brito *et al.*, 2017; Chvatal, 2014; Marques; Chvatal, 2013; Silva *et al.*, 2014; Soares; Silva, 2017; Sorgato; Marinovski; Melo, 2012). Segundo Krelling e Hackenberg (2015), é notório aumento da demanda por projetos de edifícios que compreendem não somente às exigências fundamentais dos indivíduos, mas que salientam a relevância de oportunizar eficiência aos ambientes, bem como colaborar com a economia dos recursos naturais.

Sacht e Rossignolo (2009) ressaltam a demanda da população por melhor desempenho térmico, destacando que muitas habitações de baixa renda, construídas no século passado, não atenderiam aos requisitos mínimos da norma de desempenho, caso fossem testadas atualmente. Os autores enfatizam a importância de adaptar os projetos de HIS ao clima e às características locais da região.

Brito, Pires e Akutsu (2018) apresentam em sua pesquisa contribuições para o aprimoramento do método simplificado de avaliação de desempenho térmico de coberturas previsto na NBR 15575:2013 e destacam a necessidade de revisar os critérios para sistemas de cobertura, especialmente relativo ao isolamento térmico em função da ventilação.

Brito *et al.* (2017) sugerem uma proposta para aprimoramento do método detalhado de avaliação térmica de habitações presente na NBR 15575:2013. Os autores afirmam que vários fatores precisam ser revisados para tornar a norma mais completa, sendo necessário preencher lacunas nos dados climáticos, como a temperatura do solo sob edificações térreas, e incluir os dados climáticos para as zonas bioclimáticas 2 e 5 que não estão presentes.

Soares e Silva (2017) evidenciam importantes constatações para a zona bioclimática 2, expondo que os critérios para atender aos níveis de desempenho necessários para essa zona brasileira eram muito abrangentes, não considerando realmente as características necessárias para atingir um bom desempenho efetivo para a região.

Bogo (2016) expõe reflexões críticas sobre as limitações do texto da NBR 15575:2013, declarando que a norma é limitada nas recomendações sobre desempenho térmico, restringindo-se à transmitância térmica e capacidade térmica das paredes, à transmitância térmica de coberturas e a exigências limitadas de ventilação natural.

Chvatal (2014) aponta incoerências entre o procedimento simplificado e o procedimento de simulação computacional propostos pela NBR 15575:2013. A autora investiga as possíveis contradições entre os métodos, com foco em HIS. Sua pesquisa revelou que o procedimento simplificado da norma não representou corretamente os impactos da transmitância térmica e da absorptância térmica da edificação, avaliados pelo método de simulação, podendo levar a uma classificação de desempenho equivocada. Por outro lado, o procedimento de simulação computacional teve melhor representatividade quando modelado por simulações anuais ao invés de dias típicos. Contudo, a autora ressalta a importância do método simplificado por possibilitar uma rápida análise de habitações com baixa complexidade, como as HIS.

Silva *et al.* (2014) destacam a incerteza do método de simulação computacional da NBR 15575:2013 para avaliação do desempenho térmico de habitações. Os autores revelam que algumas variáveis, desconsideradas no procedimento, afetam os resultados de maneira distinta para o alcance dos níveis de desempenho. Ao substituir certas variáveis por outras mais adequadas, os níveis de desempenho térmico variaram entre o mínimo e superior, comprovando a flexibilidade que o responsável pela simulação tem na escolha das variáveis da norma para alcançar uma melhor classificação, dado o caráter permissivo do método.

Marques e Chvatal (2013) identificaram as limitações da norma de desempenho em seu estudo, salientando a necessidade de incluir a avaliação da área envidraçada no procedimento simplificado. Elas observaram que os indicadores de desempenho da norma não abrangem o ano todo, comprometendo a precisão de avaliação.

Sorgato, Marinoski e Melo (2012) comprovam em seu estudo os impactos negativos da NBR 15575 (ABNT, 2013). Entre os efeitos desfavoráveis, destacam-se a área de aberturas para ventilação, o sombreamento e o método de simulação. Os autores apontam que o método de simulação proposto pela norma não permite a adequada verificação anual do desempenho térmico das edificações, pois não considera o uso real da edificação, como as condições de verão, cargas internas, ventilação e outras estratégias bioclimáticas. Além disso, o método se baseia no dia de projeto, com temperaturas extremas que ocorrem, em média, a cada 30 anos, não representando a condição normal de temperatura.

Santos e Gouveia (2018) analisaram o desempenho térmico de uma HIS em um estudo de caso em Tucuruí – PA, utilizando os métodos simplificado, simulação computacional e informativo da NBR 15575:2013. Os autores reiteraram que o método informativo fornece dados próximos do desempenho térmico real da edificação, sendo, portanto, considerado relevante para análises de edifícios já finalizados. Esse método é útil para verificar os dados obtidos pelos métodos simplificado e de simulação computacional. No entanto, o método informativo não substitui o procedimento simplificado nem o de simulação computacional.

Nesse cenário, a norma de desempenho foi alterada em 2021, apontando novos indicadores para avaliação térmica das edificações. A emenda inclui a obrigatoriedade da inserção das cargas térmicas de ocupação, iluminação artificial e equipamentos, a incorporação do uso de ventilação natural baseado nas características das janelas para cada empreendimento, e o mais importante, a realização de simulação computacional com arquivos climáticos, para avaliar os requisitos de desempenho durante o ano todo.

É indiscutível a importância da aplicação da NBR 15575 frente ao mercado da construção civil habitacional no Brasil, pois o país esteve por muitos anos produzindo edifícios que negligenciavam às exigências dos usuários relacionados a habitabilidade e segurança, especialmente no que diz respeito a parte de desempenho térmico das edificações (Donato; Braga, 2018).

3. Método

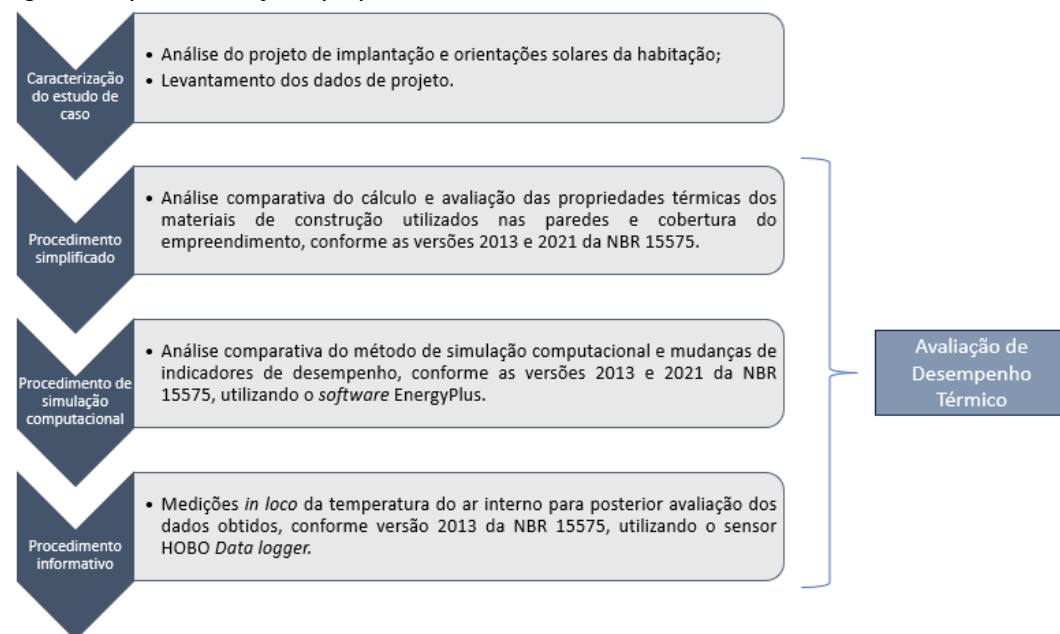
Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi realizada uma análise por comparação entre as versões 2013 e 2021 da NBR 15575, a fim de verificar os impactos gerados pela revisão dos requisitos de desempenho térmico. Foram avaliados o procedimento simplificado, o procedimento de simulação computacional e o procedimento informativo da norma em uma HIS localizada na zona bioclimática 2. A Figura 1 apresenta as etapas de realização do estudo.

O objeto de estudo desta pesquisa é composto por um empreendimento multifamiliar, localizado no município de Pelotas (Figura 2), na região sul do estado do Rio Grande do Sul, possuindo como coordenadas geográficas a latitude 31° 46' 34" Sul, longitude 52° 21' 34" Oeste e altitude de 9 metros. O clima de Pelotas apresenta períodos de chuva durante todos os meses do ano e verões mais moderados, sendo classificado como Cfa de clima subtropical úmido, conforme a classificação de Köppen (Nörnberg; Rehbein, 2021).

O empreendimento deste trabalho é um condomínio residencial de interesse social faixa 2 e faixa 3 financiado pelo Programa Minha Casa, Minha Vida (Figura 3). O local onde o objeto de estudo está inserido é constituído por 7 blocos, possui 5 pavimentos com 4 apartamentos por andar, totalizando 140 unidades que variam de 33,65m² até 61,21m².

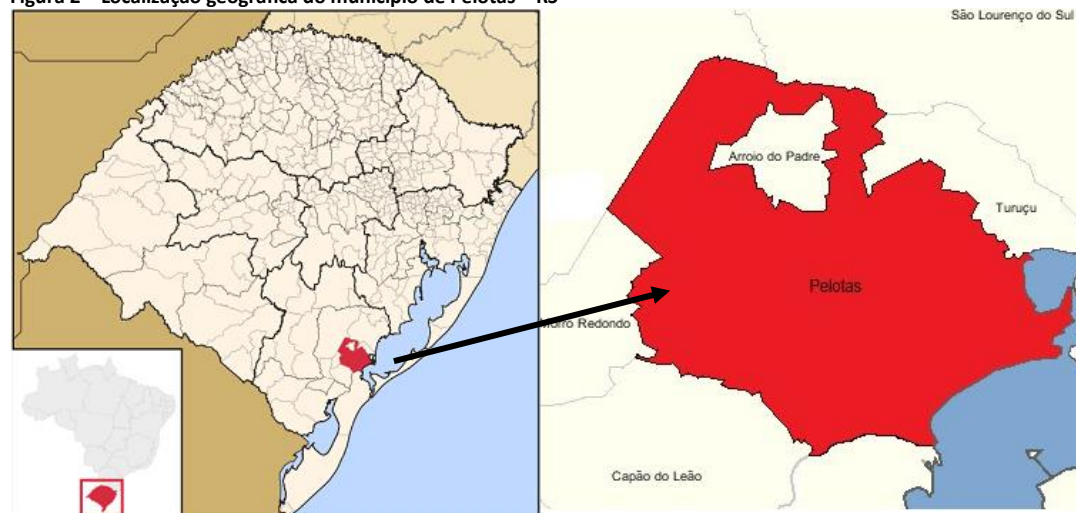
A tipologia arquitetônica é composta por um edifício residencial multifamiliar, com características construtivas compostas por alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, revestimento argamassado externamente, revestimento de gesso internamente, laje de concreto maciço moldada *in loco* de espessura de 10 cm entre pavimentos e sistema de cobertura composto por telha de fibrocimento, com laje de concreto maciço moldada *in loco* de espessura de 10 cm.

Figura 1 – Etapas de elaboração da pesquisa



Fonte: adaptado de Santos e Gouveia (2018).

Figura 2 – Localização geográfica do município de Pelotas – RS



Fonte: adaptado de Abreu (2006).

Figura 3 – Visão geral do empreendimento (à esquerda); Fachada do objeto de estudo (à direita)



Fonte: Fonseca (2023).

3.1. Procedimento simplificado

O procedimento simplificado avalia as propriedades térmicas dos materiais componentes da edificação e compara com os valores de referência expostos da norma. A versão 2013 da NBR 15575 apresenta valores mínimos para classificar a edificação em desempenho mínimo, levando-se em consideração os itens: transmitância térmica (U) para paredes e cobertura, capacitância térmica das paredes (CT) e o percentual de abertura efetiva para ventilação (A) para os ambientes de permanência prolongada (APP). Na revisão de 2021, a principal alteração no item supracitado foi a inclusão do item que considera o Percentual de Elementos Transparentes ($P_{t,APP}$) e área da superfície dos elementos transparentes ($A_{t,APP}$) nos Ambientes de Permanência Prolongada (APP).

O percentual de abertura efetiva para ventilação é calculado a partir da área efetiva de ventilação nas aberturas pela área útil interna dos ambientes de permanência prolongada. Identifica-se os valores de projeto das áreas das janelas para verificar a área de ventilação, bem como análise da área útil do ambiente para averiguar se o percentual de abertura efetiva está conforme os valores de referência datados na NBR 15575 (ABNT, 2013). Para o cálculo, considerou-se o valor total da área de cada janela. Como os ambientes possuem janelas de duas folhas de correr, a abertura máxima é obtida quando uma folha está sobre a outra. Descontando-se as áreas dos perfis, tem-se uma área de ventilação de 40% do valor total de área de janela para sala de estar / sala de jantar e cozinha, sendo nos dormitórios esse valor reduzido para 35% por conta de existência da caixa da persiana.

A tabela 1 apresenta o item referente à área de elementos transparentes para ser possível verificar o nível de desempenho da edificação, conforme a versão 2021 da norma. A partir dessa nova versão, há um limite máximo de área transparente nas aberturas que utilizam vidro incolor comum, sem controle solar. Nesse caso, o limite é de 20% de área transparente em relação a área de piso. Caso o cômodo tenha maiores áreas de janelas, vidros mais eficientes deverão ser utilizados.

Tabela 1 – Avaliação dos elementos transparentes dos ambientes de permanência prolongada

Apartamentos Final 01 e 04			
APP	$A_{t,APP}$ (m ²)	$A_{p,APP}$ (m ²)	$P_{t,APP}$ (≤20%)
Dormitório 1 (10,04 m ²)	1,13	10,04	11,25
Dormitório 2 (8,00 m ²)	0,84	8,00	10,50
Estar/Jantar – Cozinha	3,15	18,28	17,23
Apartamentos Final 02 e 03			
APP	$A_{t,APP}$ (m ²)	$A_{p,APP}$ (m ²)	$P_{t,APP}$ (≤20%)
Dormitório 1 (10,04 m ²)	1,13	10,04	11,25
Dormitório 2 (8,00 m ²)	0,84	8,00	10,50
Estar/Jantar – Cozinha	2,44	18,28	13,34

Fonte: Fonseca (2023).

O procedimento simplificado pode ser utilizado somente quando se deseja avaliar o nível mínimo de desempenho da NBR 15575. Caso o avaliador deseje outros níveis de desempenho, deve-se partir para o método de simulação computacional.

3.2. Procedimento de Simulação Computacional

Foi modelada a planta baixa do empreendimento, empregando o software SketchUp Pro (versão 2021) e posteriormente efetuado a simulação com o plug-in OpenStudio 3.4.0, que é uma funcionalidade utilizada para auxiliar na modelagem para realizar a interligação entre o modelo 3D com o software EnergyPlus (versão 22.1.0).

A determinação dos dados de entrada consistiu em identificar os materiais de construção aplicados para execução do empreendimento e verificar as características térmicas relativas a cada material. Foram coletados os dados construtivos com a empresa responsável pela execução do empreendimento analisado, os sistemas de paredes e cobertura do prédio. Foi necessário identificar os parâmetros relativos as propriedades térmicas de cada material, os quais são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Características dos materiais aplicados para simulação

Material	(espessura)	Condutividade Térmica (W/m.K)	Densidade (kg/m ³)	Calor específico (kJ/kg.K)
Argamassa reboco (2,5 cm)		1,150	2000	1,000
Gesso interno (0,5 cm)		0,300	900	0,840
Bloco cerâmico (14 cm)		0,900	1600	0,920
Concreto – laje (10 cm)		1,750	2200	1,000
Telha de fibrocimento (0,8 cm)		0,950	1900	0,840
Piso de Madeira (0,7 cm)		0,150	600	1,340
Madeira – porta (3,5 cm)		0,150	550	2,300

Fonte: Baseado no estudo de Weber *et al.* (2017).

O procedimento mais modificado na revisão foi a simulação computacional. Antes, a norma baseava os padrões de modelagem apenas nos dias típicos de verão e inverno. Atualmente, esses itens foram ajustados, considerando a simulação ao longo de todo o ano. Dessa forma, foram avaliadas as influências geradas por essa substituição.

Com relação ao contato do solo, para a versão 2013, a norma não especifica a necessidade de considerar as trocas térmicas da edificação com o solo existente, bem como não apresenta qual relação deve ser considerada para realizar a simulação computacional. Desse modo, como não há exigência explícita de que deve ser realizado a modelagem do solo em contato com a edificação, o sistema foi considerado adiabático, considerando assim que não há troca de calor entre o piso da edificação e o solo. Contudo, para a versão 2021, a simulação computacional do pavimento térreo do objeto de estudo, foi considerado o contato com o solo através do método *FiniteDifference* do objeto *GroundDomain*, conforme o manual de uso do *GroundDomain* desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE/UFSC (Eli *et al.*, 2019).

Para o padrão de uso e ocupação da edificação, assim como comportamento do usuário, a versão 2013 da norma de desempenho não considera a inserção das cargas térmicas internas, as quais representam o padrão de uso e ocupação do usuário – abrir e fechar as janelas para auxiliar na ventilação natural ou fazer uso de sistemas condicionadores de ar – e como o indivíduo utiliza os ambientes de permanência prolongada (iluminação e equipamentos). Em contrapartida, esse item sofreu importantes alterações, onde a norma apresenta um padrão para utilização da edificação. Nesse sentido, ao realizar a simulação computacional para a versão 2021, foram considerados todos os padrões apresentados na norma.

Assim, anteriormente eram adotados os índices de infiltração de ar para a edificação. Dessa forma, o valor constante utilizado para a simulação da versão 2013 é de 1 ren/h, o que significa que é efetuada uma renovação de ar por hora. Caso não atinja ao desempenho térmico mínimo para o período de verão, a norma permite que seja substituído o valor de 1 ren/h para 5 ren/h, simulando uma condição de ventilação natural constante.

Na versão 2013, foram considerados dois dias típicos, um verão e um de inverno, para análise térmica. Já na versão de 2021, a simulação computacional utilizou um arquivo climático da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A norma destaca que caso a cidade onde a edificação esteja situada não possua arquivo climático, deve ser utilizado o arquivo climático de uma cidade próxima que disponha de clima semelhante. Dessa forma, como a cidade de Pelotas – RS não tem arquivo climático relativo a base-padrão, os autores Freitas, Leitzke e Cunha (2020), Porto (2019) e Dalbem *et al.* (2016) propõem a utilização da cidade de Camaquã – RS, que fica localizada a aproximadamente 135km de distância de Pelotas – RS e possui características climáticas semelhantes, e também situada na zona bioclimática 2.

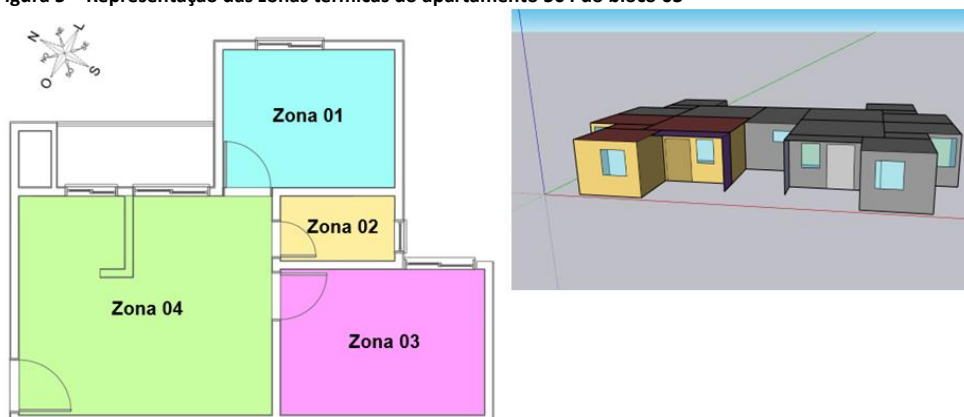
Conforme o método da NBR15575:2013, devem ser consideradas as condições críticas do ponto de vista térmico. Com base na análise da posição solar do condomínio em estudo, identificaram-se as condições térmicas críticas de cada estação do ano (verão e inverno), o que permitiu a seleção dos apartamentos para as simulações. No dia típico de verão, foi selecionado um apartamento com janela voltada para a fachada oeste e, pelo menos, uma parede voltada para o norte. No dia típico de inverno, a janela deve estar voltada para o sul e uma parede orientada para o leste. Assim, o apartamento 502 do Bloco 01 (Figura 4) foi escolhido para a análise de verão, e o apartamento 504 do Bloco 03 (Figura 5) para a de inverno.

Figura 4 – Representação das zonas térmicas do apartamento 502 do bloco 01



Fonte: Fonseca (2023).

Figura 5 – Representação das zonas térmicas do apartamento 504 do bloco 03



Fonte: Fonseca (2023).

A simulação computacional para o período de verão e de inverno, foi realizada considerando os sombreamentos existentes na janela do dormitório, sendo representado cada cômodo como uma zona térmica.

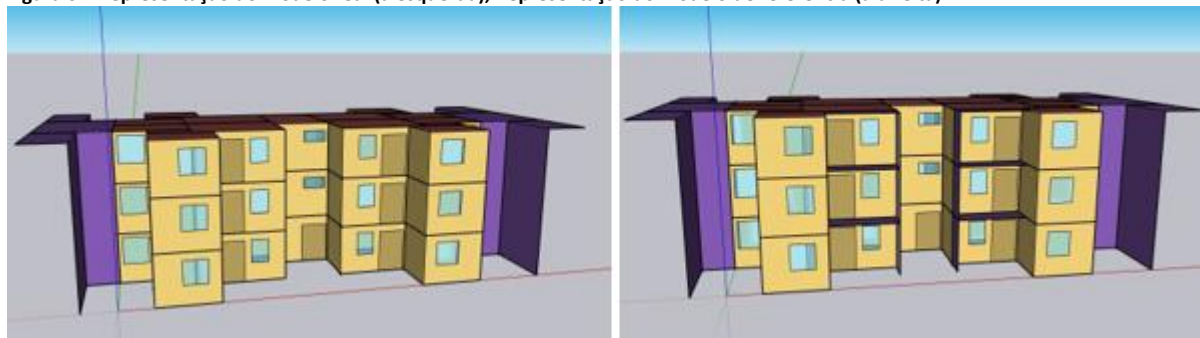
Para a análise do dia típico de verão, o critério estabelece que a temperatura interna máxima diária deve ser menor ou igual à externa para atingir o nível de desempenho mínimo. Se a temperatura interna for 2°C inferior à externa, o nível de desempenho será intermediário. Já quando a temperatura interna for 4°C menor que a externa, o nível de desempenho será superior.

Para a análise do dia típico de inverno, o critério define que a temperatura interna mínima diária deve ser, no mínimo, 3°C maior que a temperatura externa para atingir o nível de desempenho mínimo. Se a temperatura interna for 5°C superior à externa, o desempenho será intermediário. Quando a temperatura interna for 7°C maior que a externa, o desempenho será considerado superior.

Conforme o método da NBR 15575:2021, a avaliação de desempenho térmico considerando o comportamento térmico anual para análise da envoltória da edificação, deve ser elaborada realizando a modelagem computacional de dois modelos diferentes, sendo eles: modelo real e modelo de referência. O modelo real conserva todas as características da edificação, enquanto o modelo de referência utiliza o mesmo modelo geométrico do edifício, mas considera as propriedades térmicas de referência que estão incluídas na NBR 15575 (ABNT, 2021).

A NBR 15575:2021 exige a avaliação da edificação como um todo, não mais apenas da Unidade Habitacional (UH) para verificar o desempenho térmico. No entanto, é possível simplificar, considerando o pavimento térreo (para avaliar o contato com o solo) e o pavimento de cobertura (para as trocas de calor devido à radiação solar no telhado). Assim, optou-se por simplificar o modelo e otimizar a simulação, analisando 3 pavimentos. A Figura 6 mostra o modelo de referência e o modelo real da edificação analisada, considerando sua posição entre blocos do mesmo condomínio.

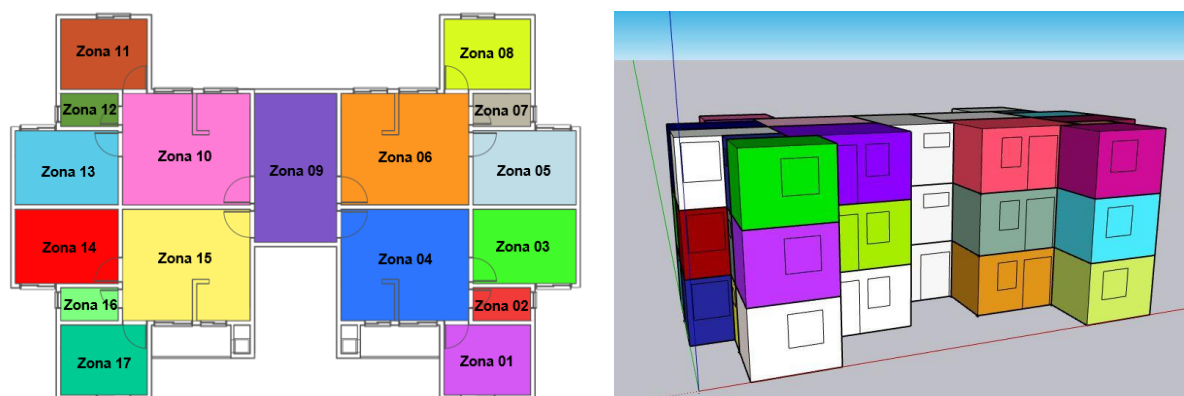
Figura 6 – Representação do modelo real (à esquerda); Representação do modelo de referência (à direita)



Fonte: Fonseca (2023).

Cada modelo conta com 16 zonas térmicas por pavimento, sendo a zona 09 (Figura 7) comum a todos os pavimentos e representada pela área de circulação vertical do prédio (escadaria e *hall* de acesso aos apartamentos). Esta zona é caracterizada como um Ambiente de Permanência Transitória (APT). A modelagem computacional incluiu um total de 49 zonas térmicas para cada modelo simulado.

Figura 7 – Zonas térmicas da simulação em planta baixa (à esquerda); Zonas térmicas em 3D do modelo (à direita)



Fonte: Fonseca (2023).

Foram avaliados os resultados do modelo de referência e do modelo real quanto ao Percentual de Horas de Ocupação na Faixa de Temperatura Operativa (PHFT), à Temperatura Operativa Anual Máxima ($Tomáx$), à Temperatura Operativa Anual Mínima ($Tomín$) – necessária devido à localização da UH na zona bioclimática 2 – e à Carga Térmica Total ($CgTT$) de cada APP, para diagnóstico global da UH. No total, 12 APP foram analisados por pavimento, somando 36 APP, para avaliar o desempenho térmico da edificação.

Na avaliação global da edificação, os valores de $PHFT_{UH}$ e $CgTT_{UH}$ foram calculados pela soma dos resultados de cada pavimento, divididos pelo número de pavimentos (média aritmética simples). Para determinar a $Tomáx_{UH}$, considera-se o maior valor obtido, conforme a norma, e para $Tomín_{UH}$, adota-se o menor valor alcançado na simulação.

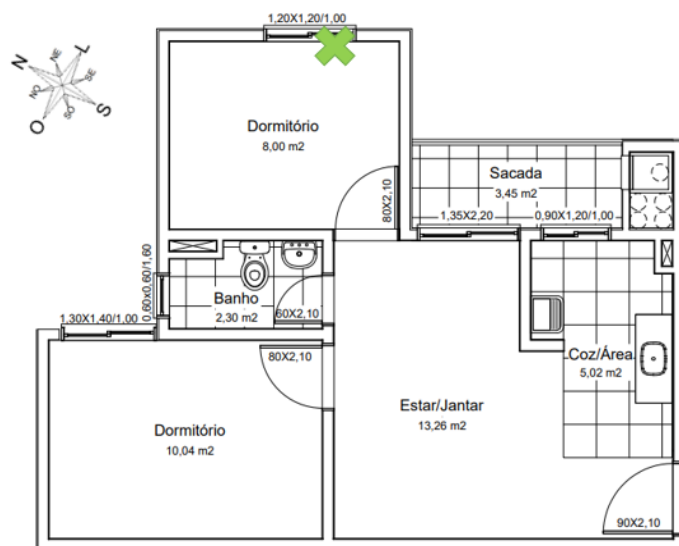
3.3. Procedimento informativo

Foram definidos três pontos de monitoramento analisar a temperatura bulbo seco nos ambientes internos das UH, onde sensores de temperatura foram instalados para verificar o comportamento térmico real da edificação. Os dados coletados foram analisados para avaliar a classificação de desempenho alcançada e comparar possíveis semelhanças com outros procedimentos da norma.

Os pontos de monitoramento foram selecionados com o intuito de abordar a mesma posição solar, compreendendo uma unidade em contato com o solo (térreo), uma unidade de pavimento tipo e uma unidade do pavimento de cobertura, totalizando assim a verificação em três apartamentos correspondentes ao condomínio em questão. Foram selecionados apartamentos não habitados que estavam em posse da construtora responsável pela execução do condomínio.

As verificações de temperatura do ar foram consideradas em dias representativos que demonstrem períodos de inverno e de verão nos apartamentos, devendo-se analisar uma estimativa da média das temperaturas com o intuito de observar o comportamento térmico da unidade habitacional, bem como do edifício como um todo. Assim, é possível notar a posição dos sensores de temperatura conforme determinação, no dormitório 2 de cada apartamento, representado na Figura 8. A avaliação da temperatura de bulbo seco dos ambientes internos é por meio de *HOBO Data Loggers* da fabricante Onset, modelo U12-001.

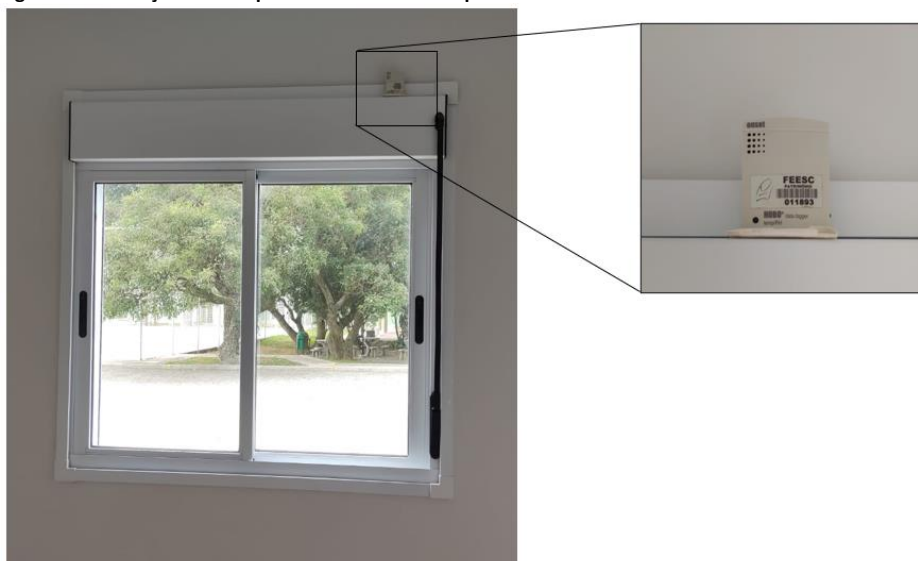
Figura 8 – Representação do ponto de medição em campo (sem escala)



Fonte: Fonseca (2023).

Os aparelhos foram instalados em um lugar estratégico, a fim de evitar a exposição direta à luz solar. Nesse sentido, cada sensor foi posicionado a uma altura de aproximadamente 2,15 metros em relação à laje de piso de cada pavimento avaliado, na parte superior da caixa da persiana da janela. Para impedir o contato direto do equipamento com os perfis de alumínio que compõem o conjunto de janela, foi colocada fita dupla face envolta em fita crepe na parte de trás e na parte inferior de cada HOBO (Figura 9). Este cuidado foi tomado para evitar as possíveis influências do contato dos componentes de alumínio da janela com os sensores de temperatura. Todos os aparelhos foram testados anteriormente para evitar incertezas de medição.

Figura 9 – Instalação em campo dos sensores de temperatura



Fonte: Fonseca (2023).

A verificação da temperatura interna do ar ou Temperatura de Bulbo Seco (TBS) foi executada em dois períodos, pretendendo abordar dados do intervalo correspondente à estação de verão e outro ao período de inverno. Dessa forma, foram efetuadas leituras a cada 15 minutos, durante um intervalo de 40 dias para cada estação do ano.

Com a finalidade de preservação de patrimônio e visando evitar extravios ou danos aos aparelhos, a temperatura do ar no lado externo da edificação não foi coletada, então foi utilizado o Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023). Nesse sentido, foram aplicados os dados de monitoramento de coleta histórica do período de janeiro de 2023 até o final de julho de 2023 da estação meteorológica do Capão do Leão (Pelotas) – Rio Grande do Sul, código A887. A seleção dessa estação deu-se pelo motivo de proximidade com relação ao objeto de estudo, já que é o monitoramento de leitura mais próximo para a cidade de Pelotas.

A NBR 15575 (ABNT, 2013) apresenta como método informativo, a possibilidade da realização de medições *in loco* e recomenda que para análise térmica, deve-se considerar uma sequência de três dias que possuam características semelhantes sendo considerado para análise as informações do terceiro dia de medição para apontar o dia típico.

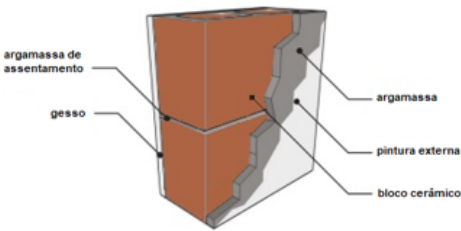
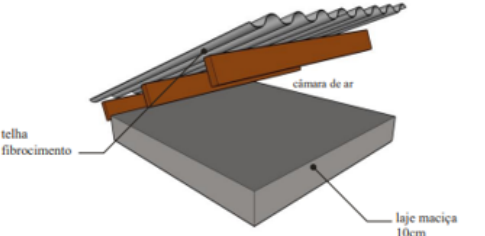
4. Resultados e discussão

Os resultados obtidos estão subdivididos conforme cada critério de avaliação utilizado neste trabalho, sendo consideradas as particularidades constantes nas versões distintas da NBR 15575.

4.1. Procedimento simplificado

Para análise do procedimento simplificado segundo a versão 2013, foram verificadas as propriedades térmicas do modelo segundo os valores de referência que a NBR 15575 apresenta, onde deve ser considerado a zona bioclimática em que a edificação está inserida para assim ser possível avaliar o nível de desempenho térmico (Figura 10). A tabela 3 apresenta os critérios necessários para atender os parâmetros de CT_{par} , U_{par} e U_{cob} da norma de desempenho, para a Zona Bioclimática 2 (ZB2) e também apresenta, como resultado, as propriedades térmicas dos sistemas construtivos adotados no projeto.

Figura 10 – Propriedades térmicas das paredes e cobertura

PAREDES INTERNAS E EXTERNAS	COBERTURA
 Bloco cerâmico (14 x 19 x 29 cm) Argamassa externa (2,5 cm) Gesso interno (0,5 cm) $U = 1,96 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ $CT = 245 \text{ (kJ/m}^2 \cdot \text{K)}$	Telha Fibrocimento (8 mm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Laje maciça de concreto (10 cm) $U = 2,06 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ $CT = 233 \text{ (kJ/m}^2 \cdot \text{K)}$ 

Fonte: Adaptado de Morishita *et al.* (2011).

Tabela 3 – Avaliação das propriedades térmicas da parede e cobertura para ZB2, segundo a NBR 15575, versão 2013 e versão 2021

Componente	Transmitância Térmica - U (W/m².K)		Capacidade Térmica - CT (kJ/m².K)	
	Critério	Resultado	Critério	Resultado
Parede	≤ 2,50 (versão 2013) ≤ 2,70 (versão 2021)	1,96	≥ 130	245
Cobertura	≤ 2,30	2,06	-	-

Fonte: Fonseca (2023).

Dessa forma, a tabela 3 aponta que as propriedades térmicas dos sistemas construtivos avaliados atendem aos critérios de U e CT necessários a ZB2. Outro critério necessário para avaliação pelo método simplificado é a verificação das áreas efetivas de ventilação natural das Unidades Habitacionais (UH). Desse modo, caso as janelas possuam dispositivos de sombreamento (persianas ou venezianas) e possuam caixa de recolhimento para cortina, essa área necessariamente deve ser descontada para fins de cálculo efetivo. A tabela 4 apresenta os valores calculados para cada Ambiente de Permanência Prolongada (APP), bem como os critérios de referência da norma de desempenho para a ZB2.

Tabela 4 – Avaliação do percentual de abertura para ventilação das unidades habitacionais, versão 2013 e versão 2021

Apartamentos Final 01 e 04				
APP	Área de Janela (m²)	Área de Ventilação (m²)	Área Útil do Ambiente (m²)	% Ventilação (>7%)
Dormitório 1 (10,04 m²)	1,82	0,637	10,04	6,34
Dormitório 2 (8,00 m²)	1,44	0,504	8,00	6,30
Estar/Jantar – Cozinha	4,02	1,608	18,28	8,79
Apartamentos Final 02 e 03				
APP	Área de Janela (m²)	Área de Ventilação (m²)	Área Útil do Ambiente (m²)	% Ventilação (>7%)
Dormitório 1 (10,04 m²)	1,82	0,637	10,04	6,34
Dormitório 2 (8,00 m²)	1,44	0,504	8,00	6,30
Estar/Jantar – Cozinha	3,06	1,224	18,28	6,69

Fonte: Fonseca (2023).

Ao analisar a Tabela 4 para os apartamentos com final 01 e 04, nota-se que a porcentagem de ventilação natural para os dois dormitórios da UH não é o suficiente (não atende ao critério >7% para a ZB2). Apenas o conjunto porta-janela na sala de estar/jantar e a janela da cozinha resultaram em condição de atendimento da norma de desempenho para este cômodo. Já nos apartamentos com final 02 e 03, a situação é ainda mais crítica, tendo em vista que nenhum APP atendeu ao critério da NBR 15575.

A análise do método simplificado da NBR 15575 na versão 2021 (ABNT, 2021), de modo geral, avalia os mesmos critérios da versão de 2013, onde são verificadas as propriedades térmicas dos materiais. Compete evidenciar que os valores representativos para avaliação de cada item não foram alterados para a ZB2. Dessa forma, a principal modificação verificada na revisão de 2021 foi a inclusão da avaliação dos elementos transparentes dos APP. Neste contexto, a tabela 5 apresenta a avaliação do percentual de elementos transparentes para o empreendimento em análise.

Tabela 5 – Avaliação do percentual de abertura para ventilação das unidades habitacionais, versão 2021

Apartamentos Final 01 e 04			
APP	A _{t,APP} (m²)	A _{d,APP} (m²)	P _{t,APP} (≤20%)
Dormitório 1 (10,04 m²)	1,13	10,04	11,25
Dormitório 2 (8,00 m²)	0,84	8,00	10,50
Estar/Jantar – Cozinha	3,15	18,28	17,23
Apartamentos Final 02 e 03			
APP	A _{t,APP} (m²)	A _{d,APP} (m²)	P _{t,APP} (≤20%)
Dormitório 1 (10,04 m²)	1,13	10,04	11,25
Dormitório 2 (8,00 m²)	0,84	8,00	10,50
Estar/Jantar – Cozinha	2,44	18,28	13,34

Fonte: Fonseca (2023).

Segundo a versão 2021 da norma, o percentual de elementos transparentes, quando utilizado vidro incolor, deve ser ≤20% para os APP e conforme a Tabela 5, todos os ambientes atenderam ao requisito necessário. Entretanto, o requisito relativo ao Percentual de Abertura para Ventilação (PV_{APP}) não atendeu ao valor correspondente para as duas versões, não sendo possível classificar a edificação por

esse procedimento. Dessa forma, as duas versões orientam que deve ser realizado o procedimento de simulação computacional para verificar se a edificação atende nível de desempenho adequado.

4.2. Procedimento de simulação computacional

A tabela 6 apresenta os valores obtidos conforme a análise térmica realizada no período de verão, segundo a NBR 15575:2013. No contexto mais crítico, a diferença de temperatura observada entre o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação com relação ao valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação foi de 0,1°C. Assim, a simulação computacional do dia típico de verão indica que a edificação apresentou nível de desempenho mínimo, já que a temperatura interna de verão foi praticamente igual a temperatura externa de referência.

Tabela 6 – Simulação térmica do apartamento 502, bloco 01 para o período de verão

APP	Temperatura Externa de Referência Verão (°C)	Temperatura Interna no Verão (°C)	Classificação de Desempenho
Dormitório	35,5	35,3	Mínimo
Estar/Jantar – Cozinha	35,5	35,4	Mínimo

Fonte: Fonseca (2023).

A Tabela 7 apresenta os valores obtidos conforme a análise térmica realizada no período de inverno, segundo a NBR 15575:2013. A diferença entre a temperatura mínima diária externa e a interna foi de 4,9°C. Por isso, a simulação computacional para o dia típico de inverno indicou nível de desempenho mínimo.

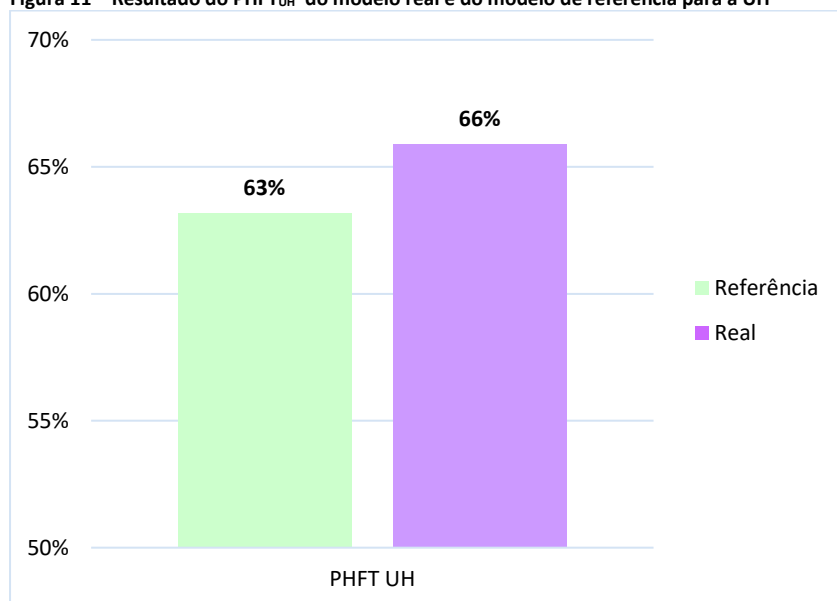
Tabela 7 – Simulação térmica do apartamento 504, bloco 03 para o período de inverno

APP	Temperatura Externa de Referência Inverno (°C)	Temperatura Interna no Inverno (°C)	Classificação de Desempenho
Dormitório 01	1,2	7,5	Intermediário
Dormitório 02	1,2	6,1	Mínimo
Estar/Jantar – Cozinha	1,2	7,6	Intermediário

Fonte: Fonseca (2023).

Já para a NBR 15575:2021, a Figura 11 apresenta o PHFT_{UH} da edificação para o modelo de referência e o modelo real, demonstrando que o valor alcançado para o indicador de desempenho atende ao nível mínimo, pois o percentual de horas dentro da faixa de temperatura aceitável no modelo real foi superior ao modelo de referência.

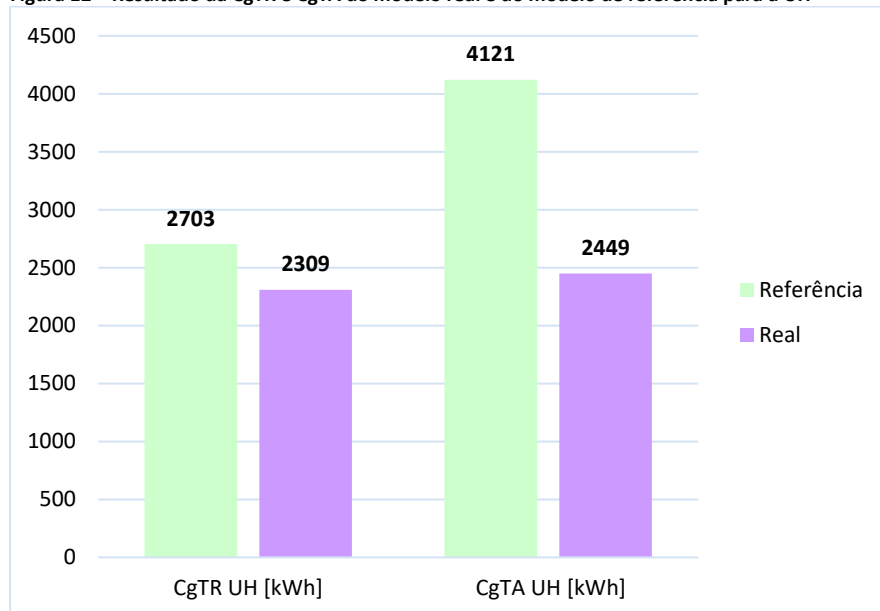
Figura 11 – Resultado do PHFT_{UH} do modelo real e do modelo de referência para a UH



Fonte: Fonseca (2023).

Os resultados obtidos para o modelo de referência e o modelo real da edificação para o indicador de desempenho de CgTR e CgTA estão discriminados na Figura 12. Assim, os valores obtidos atendem ao nível intermediário da NBR 15575:2021, tendo em vista que houve redução mínima de carga térmica (RedCgTTmín) total necessária para tal análise.

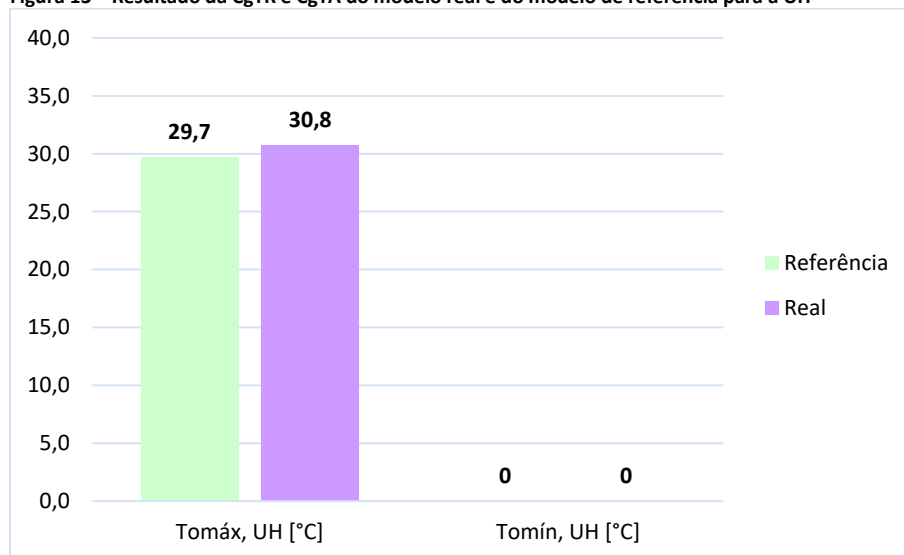
Figura 12 – Resultado da CgTR e CgTA do modelo real e do modelo de referência para a UH



Fonte: Fonseca (2023).

Os resultados obtidos para o modelo de referência e o modelo real da edificação para o indicador de desempenho de Tomáx e Tomín estão apresentados na Figura 13.

Figura 13 – Resultado da CgTR e CgTA do modelo real e do modelo de referência para a UH



Fonte: Fonseca (2023).

Embora o indicador Tomín tenha alcançado o critério ($\text{Tomín}_{\text{UH,real}} \geq \text{Tomín}_{\text{UH,ref}} - \Delta\text{Tomín}$) para atendimento ao nível mínimo da norma, os valores apresentados nos modelos real e de referência não condizem com situações de conforto térmico para os seus usuários, levando em consideração que a temperatura de 0°C é um valor de extremo frio, sendo necessário estratégias de aquecimento para o ambiente não causar tanto desconforto térmico.

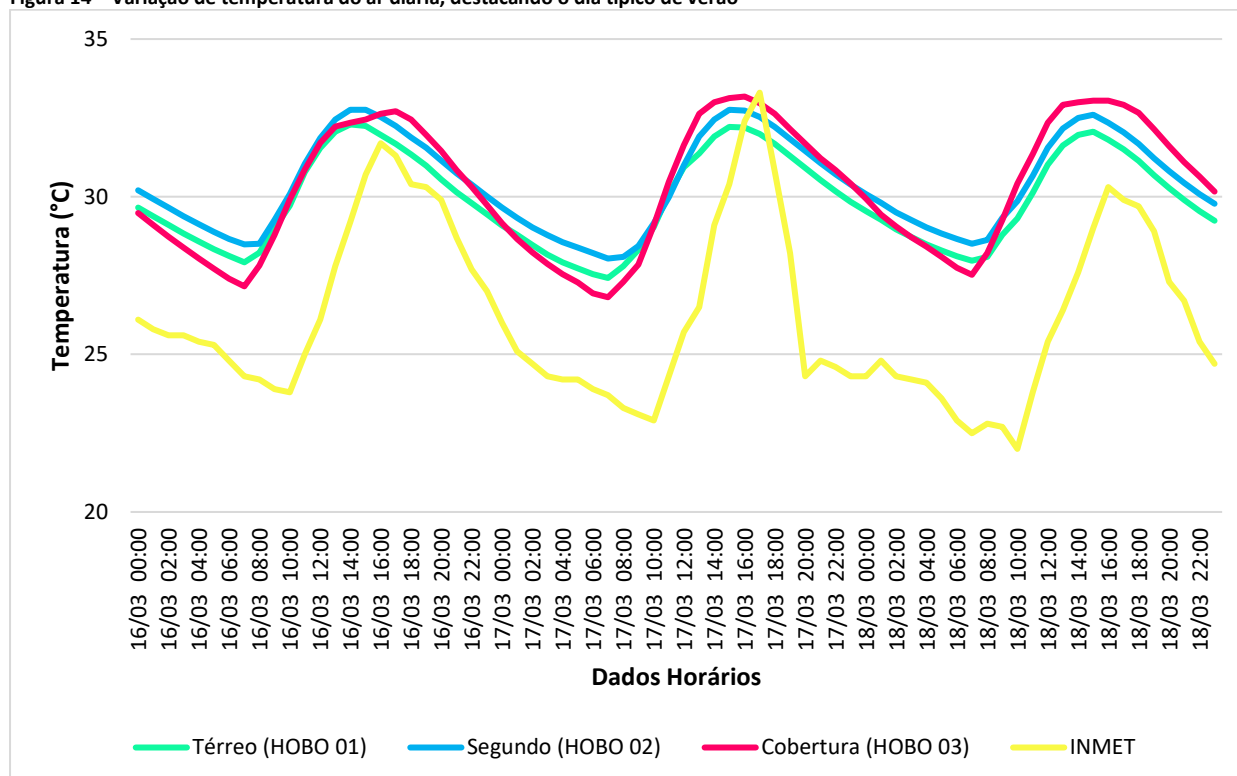
Pôde-se constatar que embora a edificação tenha alcançado resultado de nível mínimo segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), na versão 2021, a edificação não atendeu os critérios necessários para alcance

dessa mesma classificação por somente $0,1^{\circ}\text{C}$ relativo ao valor de Tomax para o pavimento térreo, sendo todos os outros indicadores devidamente alcançados para todos os pavimentos.

4.3. Procedimento Informativo

Durante o período de avaliação, houve a ocorrência de uma frente fria, a qual resultou na queda considerável das temperaturas do período. As maiores variações de temperatura durante o período de análise ocorreram no pavimento de cobertura – representadas pelo HOBO 03 – enquanto as variações correspondentes ao primeiro (térreo) e segundo pavimento, HOBO 01 e HOBO 02, respectivamente, mantiveram-se semelhantes, sendo as variações de temperatura do pavimento térreo, menores que as apresentadas no segundo pavimento (Figura 14).

Figura 14 – Variação de temperatura do ar diária, destacando o dia típico de verão



Fonte: Fonseca (2023).

Neste contexto, o dia típico de verão foi identificado no dia 18/03/2023. Ao analisar as curvas de temperaturas, é notório que os valores obtidos pelo aparelho instalado no pavimento de cobertura apresentaram valores superiores com relação aos outros. No dia 18/03/2023 às 03h00min e às 04h00min foram observadas lacunas nas leituras da estação meteorológica, não apresentando dados para esses horários.

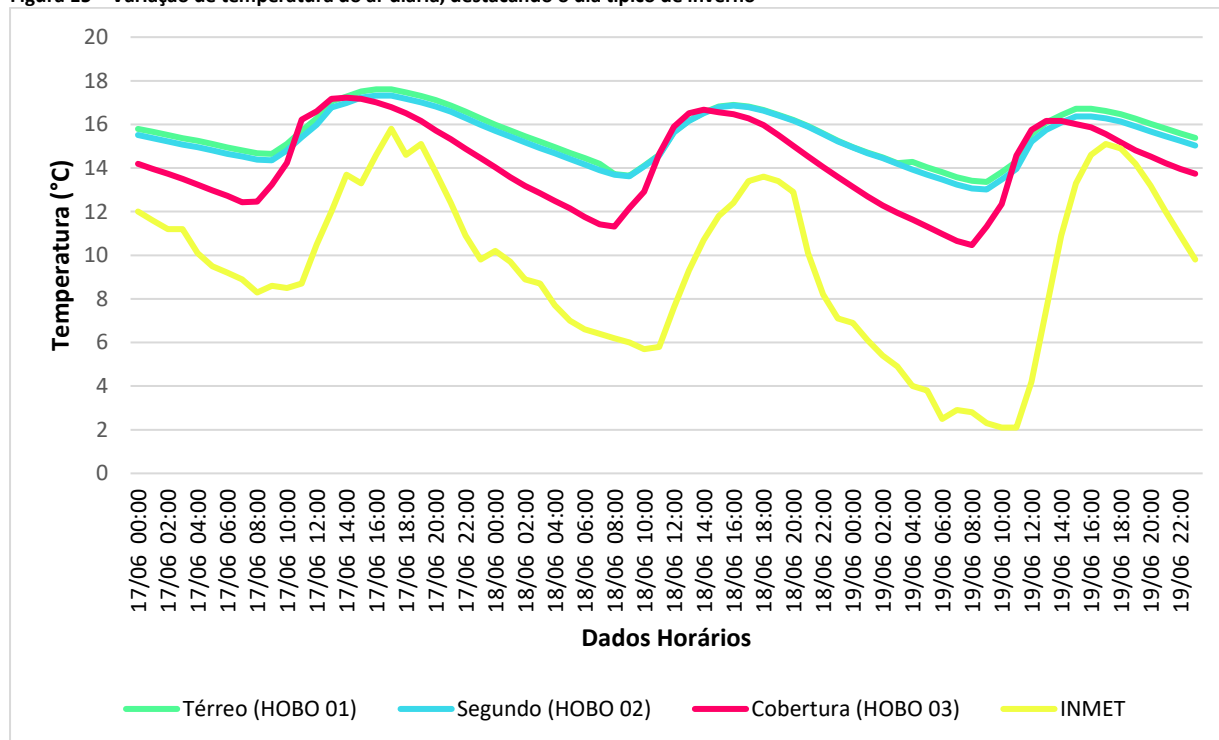
Para determinar se a edificação atende ao critério de classificação de desempenho, segundo a versão 2013 da norma, foram consideradas as medições realizadas no pavimento de cobertura – seguindo as recomendações da norma – para o dia típico de verão, onde a temperatura interna máxima ($T_{i,máx.}$) deve ser menor ou igual a temperatura externa máxima ($T_{e,máx.}$) para atender ao nível mínimo de desempenho. Dessa forma, o valor da $T_{i,máx.}$ foi de 33°C e o valor de $T_{e,máx.}$ foi de $30,3^{\circ}\text{C}$, não atendendo as condições necessárias para atingir classificação.

Para a estação de inverno, o período de análise foi de 17/06/2023 a 19/06/2023, sendo assinalado o dia 19/06/2023 como o dia típico de inverno, onde as menores temperaturas observadas foram verificadas no pavimento de cobertura (Figura 15).

Foram consideradas as medições realizadas no pavimento de cobertura para o dia típico de inverno, onde a temperatura interna mínima ($T_{i,mín}$) deve ser maior do que a temperatura externa mínima ($T_{e,mín}$) acrescida de 7°C para atender ao nível superior de desempenho. Dessa forma, o valor da

$T_{i,min}$ foi de 10,5°C e o valor de $T_{e,min}$ foi de 2,1°C, obtendo-se nível superior para o período de inverno.

Figura 15 – Variação de temperatura do ar diária, destacando o dia típico de inverno



Fonte: Fonseca (2023).

4.4. Discussão

Realizadas as análises, foram levantadas as semelhanças nos procedimentos de cada versão da norma de desempenho. O objetivo foi verificar, por meio da avaliação comparativa, as principais modificações relacionadas ao desempenho térmico. Observou-se mudanças significativas nos procedimentos que influenciaram diretamente o alcance de classificações e os métodos de avaliação. O quadro 1 apresenta os resultados obtidos para cada procedimento estipulado na norma brasileira, em suas duas versões.

Quadro 1 – Resultados obtidos para edificação em estudo, com cada versão da NBR

Critério	NBR 15575:2013	NBR 15575:2021
Procedimento Simplificado	Sem classificação	Sem classificação
Simulação Computacional	Mínimo	Sem classificação
Procedimento Informativo	Sem classificação	-

Fonte: Fonseca (2023).

O procedimento simplificado introduziu um importante indicador na análise: o percentual de elementos transparentes. Esse requisito já havia sido considerado fundamental pelas autoras Marques e Chvatal (2013). A quantidade de área envidraçada influencia diretamente nas condições de conforto térmico. Isso se deve ao fato de que, na ausência de sombreamento, a radiação solar incide diretamente sobre o ambiente, o que pode resultar em perdas consideráveis de desempenho térmico.

No caso analisado, a edificação atingiu um valor aceitável para o novo indicador, no entanto, isso não impactou o resultado, uma vez que o percentual de abertura necessário para ventilação não foi alcançado na avaliação de ambas as normas. O método para a obtenção desse indicador permaneceu o mesmo. Embora ambos os valores de CT_{par} , U_{par} e U_{cob} tenham atingido o mínimo necessário, a edificação não alcançou classificação devido à não conformidade com os percentuais mínimos exigidos para ventilação.

O método simplificado deve ser mantido nas revisões futuras da norma, pois apresenta uma abordagem simples e de baixa complexidade, demandando pouco esforço para alcançar o desempenho mínimo, especialmente em HIS. Contudo, o procedimento requer uma revisão para identificar inconsistência no método e incluir novos requisitos que o tornem mais robusto, considerando que pouco foi alterado entre as versões de 2013 e 2021 da norma, apenas um novo requisito foi adicionado e alguns parâmetros foram reajustados.

A principal alteração identificada na revisão da norma manifesta-se no procedimento de simulação computacional. Os indicadores de desempenho foram significativamente modificados, dificultando a comparação entre os procedimentos das versões de 2013 e 2021. Praticamente não há vestígios da estrutura de simulação avaliada em 2013 na nova versão, pois todos os parâmetros foram alterados. Atualmente, a abordagem não considera mais a temperatura interna e externa, mas sim os parâmetros PHFT, Tomáx, Tomín e CgTT.

Na versão de 2013, a edificação avaliada neste estudo foi classificada em nível mínimo, utilizando um método relativamente rápido para análise. Já na versão de 2021, a edificação avaliada não apresenta características térmicas suficientes para obter qualquer classificação. A falta de classificação deveu-se a uma diferença de apenas 0,1°C no valor de Tomáx para o pavimento térreo, sendo que todos os outros indicadores foram atendidos para todos os pavimentos. Esse problema ocorreu devido ao arredondamento de valores na planilha de cálculo, que poderia ser corrigido facilmente com a aplicação de métodos de truncamento.

Chvatal (2014) já havia destacado a necessidade de modelar a edificação considerando uma análise anual, em vez de apenas dias típicos. A nova versão da norma trouxe um avanço significativo nesse aspecto, abrangendo todo o período para simulação. No entanto, o método tornou-se mais complexo, com um aumento no número de variáveis analisadas e a necessidade de múltiplas simulações para a obtenção dos resultados, o que o tornou confuso.

Embora o método de simulação computacional da NBR 15575:2021 ofereça uma avaliação mais precisa da edificação, a norma deve incluir anexos que facilitem sua compreensão, além de fornecer exemplos ilustrativos para orientar a aplicação do método.

O procedimento informativo é apresentado apenas na NBR 15575:2013. Esse método não classificou a edificação em análise. No dia típico de verão, a edificação não apresentou características suficientes para classificação, enquanto no dia típico de inverno, alcançou nível superior. Cabe destacar que o ponto de instalação do sensor de temperatura adotado neste estudo (2,15 metros em relação ao piso do cômodo) pode influenciar os dados, se comparado à posição no ponto médio central do ambiente, devido a fatores relacionados ao movimento convectivo do ar. Como o ar quente tende a subir e o ar frio a descer, ocorre uma concentração de ar mais quente próximo ao teto, o que favorece o desempenho da coleta de dados no inverno, mas impacta negativamente no verão.

A versão de 2021 retirou a menção ao método informativo, uma vez que os indicadores de desempenho foram modificados e não fazem mais referência direta à temperatura do ar interno. No entanto, é importante considerar uma possível reintegração desse método em revisões futuras da norma de desempenho, dado que ele pode auxiliar na comprovação dos dados obtidos pelos métodos de cálculo e de simulação computacional. Além disso, o método avalia a edificação construída, sendo útil para validar os resultados de outros métodos, especialmente para pessoas sem conhecimento técnico, como em casos de ações judiciais em que seja necessária a comprovação de desempenho. Esse procedimento deve ser mais explorado, considerando o potencial que possui.

5. Conclusão

A NBR 15575 tem sido amplamente adotada para melhorar as condições das edificações habitacionais, após diversos relatos de construções replicadas em várias regiões do país sem considerar as características locais. Neste trabalho, discutiu-se como a revisão da norma de desempenho contribui para o avanço do tema, por meio de uma análise comparativa entre os procedimentos das versões de 2013 e 2021 da norma.

Com base nas análises realizadas, notou-se que houve poucas modificações no procedimento simplificado, e a edificação estudada não atendeu aos níveis de desempenho devido a um requisito já

presente na versão de 2013: o percentual mínimo de abertura para ventilação. O método é relevante para a avaliação de empreendimentos de baixa complexidade, mas necessita de revisão para corrigir inconsistências e incluir novos requisitos que o tornem mais eficiente.

O procedimento de simulação computacional classificou a edificação no nível mínimo de desempenho pela versão de 2013, mas não houve classificação na versão de 2021. Esse procedimento foi o mais afetado pela revisão, com a inclusão de novos indicadores de desempenho. O novo método de modelagem tornou-se mais complexo, no entanto, as mudanças nos indicadores foram essenciais, destacando a necessidade de uma avaliação mais abrangente da edificação, sem limitar-se apenas ao pavimento de cobertura, como previsto anteriormente. A norma deveria incluir anexos que facilitem sua compreensão e fornecer exemplos ilustrativos para orientar a aplicação do método.

Já o procedimento informativo não classificou a edificação. A versão de 2021 retirou a menção a esse método, visto que os indicadores de desempenho foram modificados, não mais fazendo referência direta à temperatura do ar interno. Contudo, é importante considerar uma possível reintegração desse método em futuras revisões da norma, dado que ele pode auxiliar na comprovação dos dados obtidos pelos métodos de cálculo e simulação computacional. Além disso, o método avalia a edificação construída, sendo útil para validar resultados de outros métodos, especialmente em casos onde é necessário fornecer comprovações técnicas, como em ações judiciais. Este procedimento deve ser mais explorado, dado o seu potencial.

Como limitações deste trabalho, destaca-se que o estudo foi realizado considerando apenas uma zona bioclimática e um único empreendimento. Para uma análise mais ampla, é fundamental avaliar outras zonas bioclimáticas. Além disso, a escolha da posição e altura (2,15 m) para a instalação do sensor de temperatura pode ter gerado variações nos resultados, se comparada à coleta no centro do ambiente, em uma altura mais baixa.

Recomenda-se como sugestões para trabalhos futuros, aumentar o número de empreendimentos avaliados, de modo a obter uma amostragem mais representativa, bem como analisar as edificações quanto ao conforto térmico e sua influência nos resultados.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico) e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro que viabilizou a realização deste estudo.

Referências

- ABREU, Raphael Lorenzeto. **Locator map of Pelotas in Rio Grande do Sul**. 2006. Disponível em: https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Locator_map_of_Pelotas_in_Rio_Grande_do_Sul.svg. Acesso em: 5 jun. 2025.
- 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, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- BOGO, Alexandre José. Reflexões críticas quanto as limitações do texto das normas brasileiras de desempenho NBR 15220-3 e NBR 15575. **Holos**, Natal, v. 7, p. 290-298, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2016.4389>.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Organização do texto: Juarez de Oliveira. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990.

BRITO, Adriana Camargo; PIRES, Henrique Lima; AKUTSU, Maria. Contribuições para o aprimoramento do método simplificado de avaliação do desempenho térmico de coberturas previsto na norma NBR 15575. **Revista IPT Tecnologia e Inovação**, São Paulo, v. 2, n. 9, p. 6-13, dez. 2018. Disponível em: <https://revista.ipt.br/index.php/revistaIPT/article/view/64>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRITO, Adriana Camargo; SALLES, Elisa Morande; VITTORINO, Fulvio; AQUILINO, Marcelo de Mello; AKUTSU, Maria. Avaliação de desempenho térmico de habitações segundo a Norma ABNT NBR 15575: proposta para aprimoramento do método detalhado. **Revista IPT: Tecnologia e Inovação**, São Paulo, v. 1, n. 6, p. 34-59, 2017. Disponível em: <https://revista.ipt.br/index.php/revistaIPT/article/view/53>. Acesso em: 10 jun. 2025.

CHVATAL, Karin Maria Soares. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 119-134, out./dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000400009>.

D'AVILA, Márcio Rosa; GRAFF, Eduarda Selle. Desempenho térmico no Ambiente Construído: estudo de caso com tecnologia inovadora para habitação social na região metropolitana de Porto Alegre (RMPA). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 38848-38861, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-431>.

DALBEM, Renata; CUNHA, Eduardo Grala da; VICENTE, Romeu; FIGUEIREDO, Antônio José; SILVA, Antônio César Silveira Baptista da. Discussão do desempenho da envoltória de uma passive house adaptada à zona bioclimática 2 em acordo com o RTQ-R. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 201-222, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000100132>.

DONATO, Nayana Daniela; BRAGA, Darja Kos. Análise do desempenho térmico (NBR 15.575) de três empreendimentos residenciais em Rondonópolis-MT. **Paranoá**, Brasília, DF, v. 11, n. 22, p. 72-87, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n22.2018.05>.

ELI, Letícia Gabriela; KRELLING, Amanda Fraga; MENDES, Lorrany Silva; MAURÍCIO E SILVA, Rayner; MAZZAFERRO, Leonardo; MELO, Ana Paula; LAMBERTS, Roberto. **Manual de simulação computacional de edifícios com o uso do Objeto Ground Domain no Programa EnergyPlus - Versão 9.0.1**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2019.

FERREIRA, João Sette Whitaker. **Construir casas ou produzir cidades?** Desafios para um novo Brasil urbano. São Paulo: Laboratório de Habitação e Assentamentos Humanos (LABHAB); Fundação para a Pesquisa em Arquitetura e Ambiente (FUPAM), 2012. Disponível em: https://www.labhab.fau.usp.br/wp-content/uploads/2012/02/ferreira_2012_produzirhab_cidades.pdf. Acesso em: 20 set. 2024.

FONSECA, Mozzara Oliveira da. **Impacto da revisão do item de desempenho térmico da ABNT NBR 15575**: estudo de caso em Pelotas/RS. 2023. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/252178>. Acesso em: 5 jun. 2025.

FREITAS, Julye Ramalho de; LEITZKE, Rodrigo Karini; CUNHA, Eduardo Grala da. Modelagem de pontes térmicas na zona bioclimática 2: cinco diferentes abordagens. **Arquitetura Revista**, São Leopoldo, v. 16, n. 2, p. 315-343, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4013/arq.2020.162.08>.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **FJP - Déficit habitacional no Brasil**: 2016 - 2019. Belo Horizonte: FJP, 2019.

GALLO, Douglas; LOGSDON, Louise; COSTA, Heliara Aparecida. **Habitação de interesse social no Brasil**: diálogos e perspectivas. Jundiaí: Paco e Littera, 2022.

GOUVEIA, Hugo Leonardo; SPOSTO, Rosa Maria. Indicadores de desempenho térmico de vedações verticais externas relacionados com o custo de habitação de interesse social com base na norma de desempenho no Brasil. **Revista de Ciência e Tecnologia**, Boa Vista, v. 2, n. 3, p. 1-27, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18227/rct.v2i3.2515>.

GUARDA, Emeli Lalesca Aparecida da; DURANTE, Luciane Cleonice; CALLEJAS, Ivan Julio Apolonio; JORGE, Stefany Hoffmann Martins; BRANDÃO, Raphael Pinto. Estratégias construtivas para adequação da envoltória de uma Habitação de Interesse Social às Zonas Bioclimáticas Mato-Grossenses. **E&S Engineering And Science**, Cuiabá, v. 7, n. 1, p. 45-57, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18607/ES201876138>.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **INMET - Dados históricos anuais**. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 5 jun. 2025.

KRELLING, Amanda Fraga; HACKENBERG, Ana Mirthes. Influência de parâmetros construtivos na eficiência energética de uma edificação-análise através de simulação computacional. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 4, p. 211-232, 2015. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v4e02015211-232>.

LIMA, Isadora Veloso; BRAGA NETO, Gerardo Alves Nogueira; QUIXABA, Gabriel Soares; MELO, Gustavo da Silva Vieira de; MESQUITA, Alexandre Luiz Amarante. Melhoria de desempenho acústico de vedação interna de habitação de interesse social usando simulação numérica. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 157-177, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000400564>.

LINCZUK, Vinícius Cesar Cadena; BASTOS, Leopoldo Eurico Gonçalves. Otimização multiobjetivo orientada ao desempenho térmico para o projeto de edificações de baixo consumo de energia na Região Sul do Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 509-529, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000400485>.

MARQUES, Tassia; CHVATAL, Karin. A review of the Brazilian NBR 15575 standard: applying the simulation and simplified methods for evaluating a social house thermal performance. In: SYMPOSIUM ON SIMULATION FOR ARCHITECTURE & URBAN DESIGN, 4., 2013 San Diego. **Proceedings [...]**. San Diego: IV Symposium on Simulation for Architecture & Urban Design, 2013. p. 1-8.

MORISHITA, Claudia; SORGATO, Marcio José; VERSAGE, Rogério; TRIANA, Maria Andrea; MARINOSKI, Deivis Luis; LAMBERTS, Roberto. **Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas**. Florianópolis: LabEEE/UFSC, 2011.

NÖRNBERG, Solange Otte; REHBEIN, Moisés Ortemar. Fragilidade ambiental e vulnerabilidade à perda de solos no município de Pelotas/RS: aplicação e comparação de modelos. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 81, p. 42-59, jun. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/RCG228155365>.

OLIVEIRA, Mariela Cristina Ayres de; OMENA, Thiago Henrique; BRITO, Daniel Rodrigues. Análise de desempenho térmico de paredes em concreto armado em uma habitação social em Palmas -TO. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 10, p. 65002-65015, 2022. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n10-002>.

PORTO, Joseane da Silva. **Desempenho termoenergético e ótico da janela inteligente por simulação computacional**. 2019. 95 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFPL_f58aeefd04fcf4f4c0a0efb66b24c808. Acesso em: 5 jun. 2025.

SACHT, Helenice Maria; ROSSIGNOLO, João Adriano. Habitações térreas e multipavimentos de interesse social: avaliação de desempenho térmico para tipologias com vedações em alvenaria de blocos cerâmicos e de concreto. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 1, n. 4, p. 2-19, 2009. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v1i4.8634498>.

SANTOS, Livia Lane Ferreira.; GOMES, Adriano Pinto; ROVADÁVIA, 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**, [S. l.], v. 11, n. 6, p. 47831-47838, 2021. DOI: <https://doi.org/10.37118/ijdr.22054.06.2021>.

SANTOS, M. B.; GOUVEIA, F. P. Análise do desempenho térmico de habitações de interesse social construídas em paredes de concreto: Um estudo de caso em Tucuruí-PA. **Revista de Engenharia Civil**, Braga, n. 55, p. 5-18, 2018. Disponível em: <https://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n55/Pag.5-18.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2025.

SANTOS, Tássio Luiz dos; PORTO, Fernando Henrique Fiirst dos Santos; SILVA, Arthur Santos. Análise da correlação entre conforto e desempenho térmico em habitações de interesse social por simulação computacional. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 211-229, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000200396>.

SEBBEN, Thaíse; LEITZKE, Rodrigo Karine; MACIEL, Thalita dos Santos; SILVA, Thaísa Leal da; CUNHA, Eduardo Grala da; RIBEIRO, Lauro André. Desempenho térmico de habitação emergencial por simulação evolutiva. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 13, n. 00, p. e022015, 2022. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v13i00.8665539>.

SILVA, Arthur Santos; SORGATO, Marcio José; MAZZAFERRO, Leonardo; MELO, Ana Paula; GHISI, Enedir. Incerteza do método de simulação da NBR 15575-1 para a avaliação do desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 103-117, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000400008>.

SOARES, Maicon Motta; SILVA, Antônio César Silveira Baptista da. Análise e compatibilização dos métodos simplificado e por simulação da NBR 15575: zona bioclimática 2. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 305-327, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000100137>.

SORGATO, Márcio José; MARINOSKI, Deivis Luis; MELO, Ana Paula. **Avaliação de desempenho térmico pela norma NBR15575 em consulta pública em 2012**: nota técnica do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - UFSC. Florianópolis: LabEEE/UFSC, 2012. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/node/397>. Acesso em: 5 jun. 2025.

TROVÃO, Cassiano José Bezerra Marques; ARAÚJO, Juliana Bacelar de. Desigualdade multidimensional, insuficiência socioeconômica e concentração de renda no Brasil a partir de um olhar macrorregional. **Desenvolvimento em Debate**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 121-157, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.51861/ded.dmvu.1.011>.

WEBER, Fernando da Silva; MELO, Ana Paula; MARINOSKI, Deivis Luis; GUTHS, Saulo; LAMBERTS, Roberto. **Desenvolvimento de um modelo equivalente de avaliação de propriedades térmicas para a elaboração de uma biblioteca de componentes construtivos brasileiros para o uso no programa EnergyPlus**. Florianópolis: LabEEE, ago. 2017.

1 Mozzara Oliveira da Fonseca: conceituação, curadoria dos dados, análise formal, investigação, metodologia, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição. Endereço: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil. E-mail: mozzarafonseca@gmail.com

2 Deivis Luis Marinoski: conceituação, administração de projeto, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição. E-mail: deivis.marinoski@ufsc.br

3 Fernando Simon Westphal: supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição. E-mail: fernando.sw@ufsc.br