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

Desempenho higrotérmico e proliferação de fungos Filamentosos em uma HIS em Pelotas - RS (ZB2R)

Comportamiento higrotérmico y proliferación de Filamentos de hongos en un HIS in Balls - RS (ZB2R)

Hygrothermal performance and Filamentous Fungi Proliferation in a HIS in Pelotas – RS (BZ2R)

Desempenho Térmico do Ambiente Construído / Rendimiento térmico del entorno construido

/ Thermal Performance of the Built Environment

Andreola Beber, Luciane
Doutoranda, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, luandreolabeber@gmail.com

de Mesquita Duarte, Carolina
Doutoranda, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, carolinademesquitaduarte@hotmail.com

Coutinho Bernardes, Luiza
Doutoranda, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasil, luizacber@gmail.com

Pucinelli Lourenço, Nátalin
Graduanda, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, natalinpucinelli@gmail.com

Franz, Luis Antonio
Docente, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, luisfranz@gmail.com

Silveira Baptista da Silva, Antônio César
Docente, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, antoniocesar.sbs@gmail.com

Grala da Cunha, Eduardo
Docente, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, eduardogralacunha@yahoo.com

Resumo

O estudo avalia a qualidade do ar interior em habitações de interesse social (HIS) em Pelotas-RS, considerando a proliferação de fungos filamentosos em paredes de concreto moldadas *in loco*. O objetivo é analisar o desempenho higrotérmico dessas edificações e o risco de formação de fungos. A pesquisa foi conduzida por meio de simulações computacionais, utilizando os programas EnergyPlus, WUFI-Pro e WUFI-Bio, com dados térmicos do concreto obtidos em ensaios laboratoriais. A fachada Leste apresentou melhor desempenho, enquanto a Oeste mostrou maior risco de condensação e degradação. O gráfico de isopletas indicou instabilidade nos níveis de umidade, reforçando a necessidade de intervenções, como ventilação adequada e escolha de materiais e revestimentos mais eficientes.

Palavras-chave: Fungos filamentosos. Desempenho higrotérmico. Edificação residencial. Parede de concreto moldado "*in loco*".

Resumen

El estudio evalúa la calidad del aire interior en viviendas de interés social (HIS) en Pelotas-RS, considerando la proliferación de hongos filamentosos en paredes de hormigón moldeadas in situ. El objetivo es analizar el desempeño higrotérmico de estas edificaciones y el riesgo de formación de hongos. La investigación se llevó a cabo mediante simulaciones computacionales, utilizando los programas EnergyPlus, WUFI-Pro y WUFI-Bio, con datos térmicos del hormigón obtenidos a partir de ensayos de laboratorio. La fachada este presentó un mejor desempeño, mientras que la Oeste mostró un mayor riesgo de condensación y degradación. El gráfico de isopletas indicó inestabilidad en los niveles de humedad, resaltando la necesidad de intervenciones como una ventilación adecuada y la elección de materiales y revestimientos más eficientes.

Palabras clave: Hongos filamentosos. Desempeño higrotérmico. Edificación residencial. Pared de hormigón moldeado in situ.

Abstract

The study assesses indoor air quality in social housing (HIS) in Pelotas-RS, considering the proliferation of filamentous fungi on in-situ cast concrete walls. The objective is to analyze the hygrothermal performance of these buildings and the risk of fungal growth. The research was conducted through computational simulations using the programs EnergyPlus, WUFI-Pro, and WUFI-Bio, with thermal data of the concrete obtained from laboratory tests. The east façade showed better performance, while the west façade presented a higher risk of condensation and degradation. The isopleth graph indicated instability in humidity levels, reinforcing the need for interventions such as adequate ventilation and the selection of more efficient materials and coatings.

Palabras clave: Filamentous fungi. Hygrothermal performance. Residential building. Cast-in-place concrete wall.

Introdução

A qualidade do ar interior (QAI) é crucial para o conforto e saúde dos moradores de habitações de interesse social (HIS), que frequentemente enfrentam problemas de umidade e falta de ventilação, especialmente em construções com paredes de concreto moldadas *in loco* (Duarte, 2023). Embora essa técnica seja comum devido à sua viabilidade econômica e rapidez, ela pode propiciar condições para o desenvolvimento de fungos filamentosos, que impactam negativamente no ambiente interno (Guerra *et al*., 2012). A proliferação desses micro-organismos degrada as superfícies dos materiais e compromete a qualidade do ar, resultando em problemas respiratórios e alergias, especialmente entre populações vulneráveis (Beber *et. al*, 2024).

Além disso, a limitação de recursos para manutenção dessas habitações torna essencial a adoção de estratégias construtivas que combinem controle de umidade, ventilação eficaz e revestimentos protetores, visando ambientes internos mais saudáveis e duráveis (Duarte, 2023). O comportamento higrotérmico, que analisa o transporte de calor e umidade nos elementos construtivos, conforme destacado pela CIB W040 (2012), é fundamental para avaliar os impactos das propriedades dos materiais no desempenho das edificações (Zanoni, 2015).

Conforme Bernardes (2024), pesquisas sobre o desempenho higrotérmico no Brasil abordam medições em campo (Dantas *et al*., 2020; Zanoni *et al*., 2020), análise de condensação superficial (Buligo, 2021; Pires, 2020) e o estudo da formação de bolores (Afonso, 2018), destacando a influência do clima na degradação de fachadas (Zanoni, 2015; Nascimento, 2016; Von Eye *et al*., 2017) e nos riscos de umidade (Morishita *et al*., 2016; Morishita, 2020). Simulações computacionais auxiliam essas análises, mas a falta de dados específicos para o contexto brasileiro reforça a necessidade de ensaios laboratoriais que adaptem as soluções construtivas às zonas bioclimáticas do país (Pinheiro, 2013).

Neste contexto, este trabalho investigará a qualidade do ar interior em habitações de interesse social (HIS) em Pelotas-RS, com foco na proliferação de fungos filamentosos e nos impactos no desempenho higrotérmico em edificações com paredes de concreto moldadas *in loco*. A pesquisa busca contribuir para a compreensão dos desafios relacionados à umidade nesses ambientes,

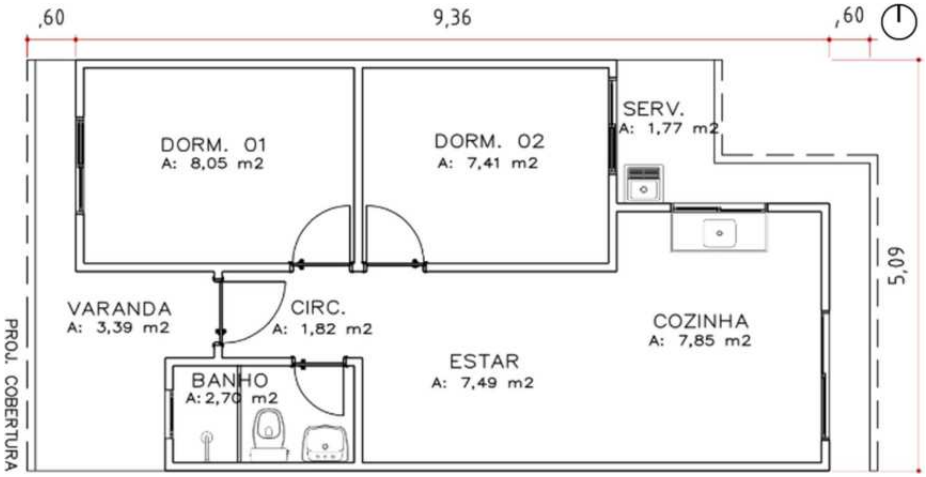
estimulando novos estudos e incentivando o aprimoramento de estratégias construtivas que promovam o controle da umidade e a melhoria da qualidade do ar interior.

Método

Para atingir o objetivo proposto, a metodologia abrange os seguintes passos: definição do objeto de estudo, caracterização da envoltória da edificação, análise das propriedades higrotérmicas da parede de concreto, simulação do ambiente interno utilizando o software *EnergyPlus*, modelagem da umidade com o *WUFI-Pro* e apresentação das variáveis analisadas, como a probabilidade de formação de fungos filamentosos e o risco de condensação na parede.

O objeto de estudo é uma residência unifamiliar de interesse social real, construída em Pelotas/RS (ZB2). A edificação térrea geminada tem uma área construída de 40,48 m², composta por sala de estar/jantar, cozinha integrada, dois quartos, banheiro e área de serviço externa (Figura 1).

Figura 1: Planta baixa da habitação unifamiliar



Fonte: Beber et al. (2023).

O edifício foi construído utilizando o sistema de concreto moldado "*in loco*", com massa acrílica externa e interna. A cobertura possui telha cerâmica, camada de ar, e gesso acartonado. O piso é cerâmico com contrapiso, e as esquadrias de alumínio com vidro simples 3mm. As propriedades dos materiais que formam a envoltória foram definidas conforme os valores estabelecidos pela

NBR ISO 10456 (ABNT, 2022), e NBR 15220-2 (ABNT, 2005), e utilizados igualmente nos dois programas de simulação, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Materiais utilizados nas simulações.

Elemento construtivo	Materiais	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade (kg/m³)	Calor específico (J/kg.K)
Parede concreto	Concreto	1,75	2400	1000
	Massa acrílica	1,15	2000	1000
Cobertura	Telha cerâmica	0,90	1600	920
	Forro gesso	0,35	1000	840
Piso	Piso cerâmico	0,90	1300	920
Esquadrias	Alumínio	230	270	880
	Vidro simples	0,90	-	-

Fonte: Beber (2023).

Já em relação às propriedades higrotérmicas do concreto, o fator de resistência ao vapor de água, o coeficiente de absorção de água líquida e as isotermas de equilíbrio, são cruciais para o desempenho de sistemas construtivos. Os valores utilizados neste estudo foram os valores obtidos nos ensaios em laboratório de Beber (2023), conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Propriedades obtidas nos ensaios.

Propriedade	Unidade	Valor obtido nos ensaios
Fator de resistência ao vapor (μ)	-	120
Coeficiente de absorção por capilaridade	$Kg/m^2.s^{1/2}$	0,25
Densidade	Kg/m^3	2400
Condutividade térmica específica	W/m.K	1,80
Capacidade térmica específica	J/kg.K	900

Fonte: Beber (2023).

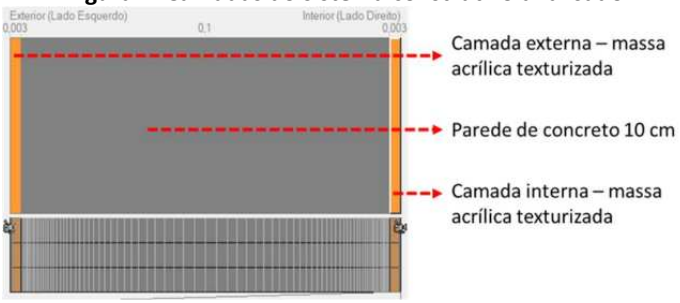
Para a avaliação da proposta, foram utilizados dois métodos de simulação com programas distintos. O primeiro foi o *EnergyPlus 9.6*, para determinar as condições climáticas internas de temperatura e umidade da residência, cujos dados foram então inseridos no *WUFI Pro 6.7*. A residência foi modelada no *SketchUp 2017*, com o plugin *Euclid 0.9.4.4*.

O modelo foi orientado Leste/Oeste, devido à maior suscetibilidade ao desenvolvimento de fungos nessa orientação, conforme Duarte (2023). As fachadas Leste e Oeste podem apresentar maior ocorrência de fungos filamentosos devido a maior exposição à radiação solar direta em horários mais críticos, o que provoca oscilações térmicas ao longo do dia. E, essas variações favorecem a formação de condensação nas paredes, aumentando o risco de atingir o ponto de orvalho e, consequentemente, propiciando a proliferação de fungos.

As simulações consideraram a Zona Bioclimática 2R de acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2024), utilizando o arquivo climático de Pelotas (Leitzke *et al*., 2018). A ventilação natural foi adotada, com *setpoint* de temperatura de 19°C, conforme preconiza a NBR 15575-1 (ABNT, 2021). As fontes internas de calor e umidade foram configuradas conforme o *Rascunho inicial do Projeto de Norma ABNT "Simulação Computacional do Comportamento Higrotérmico de Paredes – Procedimento"* (ABNT, 2023; Bernardes, 2024).

A segunda simulação, realizada no *WUFI Pro* 6.7, analisou o comportamento higrotérmico das fachadas Leste e Oeste da edificação, com o objetivo de avaliar a probabilidade de condensação superficial e o risco de fungos filamentosos. O sistema construtivo foi configurado conforme a Figura 2.

Figura 2: Camadas do sistema construtivo analisado



Fonte: Extraído da simulação do programa Wufi-Pro 6.7. e adaptado pelos autores (2025).

A simulação abrangeu um período de três anos, considerando os dados do último ano, quando o equilíbrio da umidade foi atingido. Utilizando o mesmo arquivo climático e as condições internas obtidas no EnergyPlus 9.6, foi configurado o transporte simultâneo de calor e umidade. A análise considerou as fachadas Leste e Oeste, pois correspondem às fachadas com exposição solar –

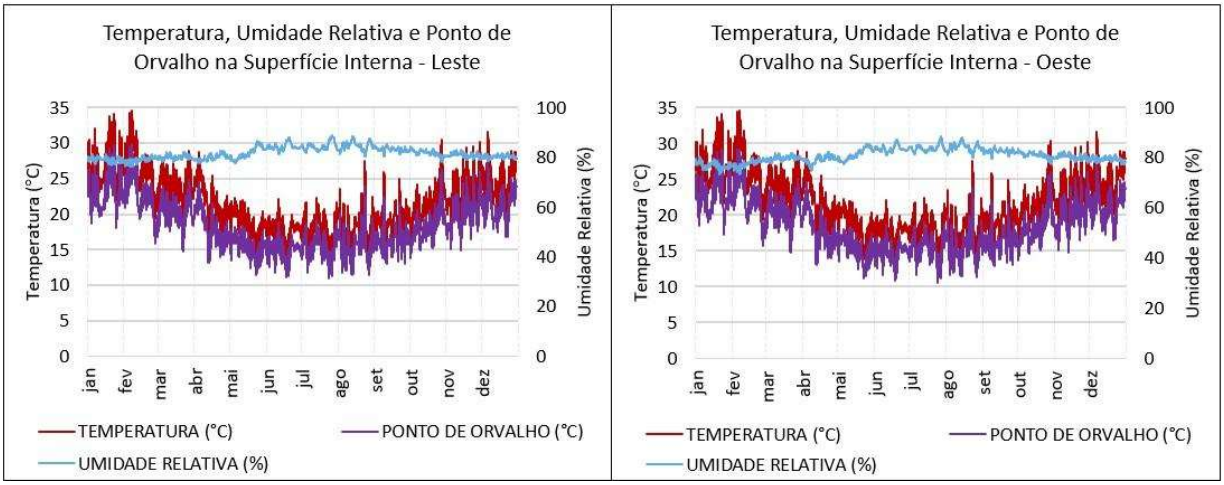
frente e fundos da edificação. Essa configuração foi importante para refletir as condições reais de exposição solar e de desempenho térmico.

No *WUFI Pro* 6.7, foi configurada a incidência de chuva dirigida, conforme a ASHRAE Standard 160 (2021), e as simulações ocorreram a cada hora, permitindo uma adaptação precisa às condições climáticas locais.

Resultados

A seguir, os resultados, apresentados em gráficos, mostram a probabilidade de condensação superficial e formação de fungos filamentosos para a tipologia e sistema construtivo selecionados. Na Figura 3, são apresentados os resultados dos gráficos que demonstram a probabilidade de condensação superficial no interior da parede, na fachada Leste (fundos da habitação), e também na fachada Oeste (frente da habitação).

Figura 3: Comportamento higrotérmico no interior da parede – Fachadas Leste e Oeste.



Fonte: Autores (2025).

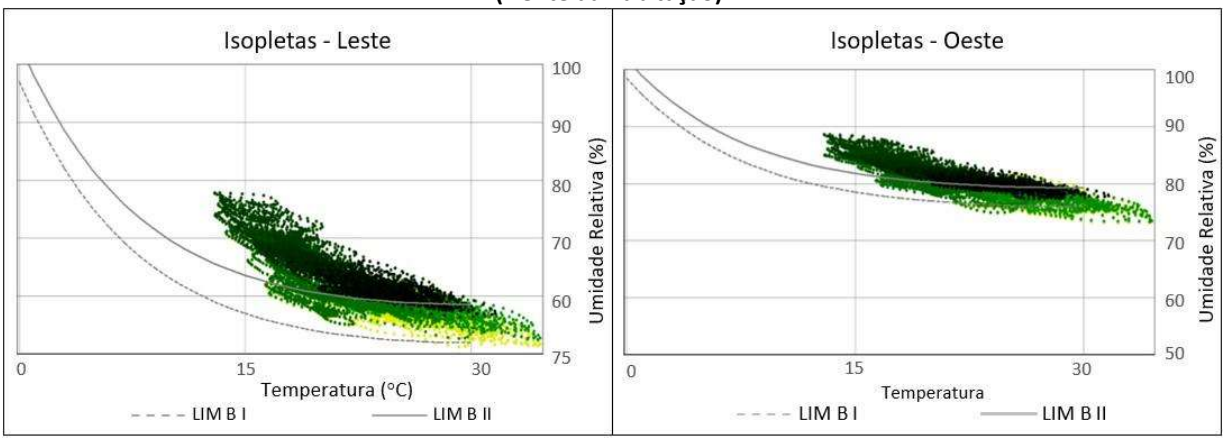
A temperatura do ponto de orvalho quando ultrapassa a temperatura da superfície, combinada com umidade relativa acima de 80%, demonstra um risco de condensação superficial. Os gráficos das paredes Leste (fundos da habitação) e Oeste (frente da habitação), permitem analisar o comportamento geral da temperatura, umidade relativa e temperatura de ponto de orvalho na

superfície interna das paredes da habitação. Durante o inverno, a temperatura (linha vermelha) apresenta uma queda significativa, oscilando frequentemente entre 13°C e 22°C. Esse período de baixas temperaturas coincide com o aumento da umidade relativa (linha azul), que se comporta de forma inversamente proporcional à temperatura, frequentemente atingindo valores elevados, chegando a 90%. A temperatura do ponto de orvalho (linha roxa) se manteve abaixo da temperatura da superfície durante o ano, com exceção apenas dos meses do final do inverno e da primavera. A temperatura do ponto de orvalho ao ultrapassar a temperatura da superfície demonstrou um risco de condensação superficial, particularmente em superfícies mais frias durante o período de inverno e com a umidade relativa acima de 80%, como mostrado nos gráficos.

Para diminuir esses riscos, é essencial implementar melhorias construtivas e de ventilação. O uso de materiais com alta resistência térmica na envoltória, barreiras de vapor em paredes e tetos, e sistemas de ventilação naturais ou mecânicos ajudam a controlar os níveis de umidade interna. Além disso, projetos arquitetônicos que favoreçam o aproveitamento da radiação solar e o dimensionamento adequado das aberturas contribuem significativamente para minimizar as oscilações térmicas e reduzir os riscos de condensação. Por fim, os gráficos apresentados demonstram que a edificação possui risco de condensação superficial no inverno e destacam a necessidade de intervenções como melhorar o isolamento térmico e a ventilação interna, diminuindo os problemas estruturais e de saúde nas habitações.

Na Figura 4, são apresentados os gráficos que demonstram a formação de fungos filamentosos no interior da parede da fachada Leste (fundos da habitação) e Oeste (frente da habitação). Segundo Schmidt (2019), as curvas limitantes (LIM B I e LIM B II) indicam os limites aceitáveis de temperatura e umidade para diferentes tipos de materiais de construção. Valores que ultrapassam esses limites podem indicar condições que aumentam o risco de problemas, como condensação superficial ou interna, comprometendo o desempenho térmico e a durabilidade dos materiais. As nuvens de pontos visualizam a distribuição desses valores ao longo do tempo, em que cada ponto representa uma condição específica registrada em uma hora da simulação na superfície interna. As cores indicam a evolução temporal das condições: os pontos amarelos correspondem ao início do cálculo; os pontos em verde indicam as condições intermediárias, e os pontos pretos representam o final do cálculo.

Figura 4: Isopletas - formação de Fungos Filamentosos – Fachada Leste (fundos da habitação) e Fachada Oeste (frente da habitação).



Fonte: Autores (2025).

Na fachada Leste (fundos da habitação) pode-se observar que os pontos tendem a se aproximar ou ultrapassar a linha LIM B I e LIM B II, indicando risco de formação de fungos filamentosos. O risco de formação de fungos filamentosos é mais crítico nas regiões onde os pontos ultrapassam a linha LIM B II. Na fachada Oeste (frente da habitação), os pontos tendem a se aproximar da linha LIM B I e ultrapassar a linha LIM B II, combinada com uma concentração de pontos a 80% e 90% de umidade relativa, indicando risco de formação de fungos filamentosos.

Portanto, em ambas as orientações, Leste e Oeste, há um alto risco de formação de fungos filamentosos, o que torna essencial melhorar o comportamento higrotérmico do sistema da fachada, seja por meio de uma melhor ventilação ou pelo uso de materiais com menor capacidade de absorção de umidade.

Conclusão

Este estudo avaliou o desempenho higrotérmico de uma habitação de interesse social (HIS) em Pelotas-RS, com paredes de concreto moldadas *in loco*. Portanto, conclui-se que as duas fachadas apresentaram um comportamento semelhante relacionado à condensação superficial e ao risco de formação de fungos filamentosos, exigindo soluções específicas para reduzir esses riscos. A utilização de materiais com maior resistência à absorção de umidade, a implementação de

estratégias como ventilação adequada, revestimentos com baixa permeabilidade ao vapor de água e o monitoramento constante de áreas críticas são essenciais. Resultados como estes podem orientar a escolha de sistemas construtivos e materiais em regiões com alta umidade e variações climáticas, como a Zona Bioclimática 2R, ajudando na redução de patologias relacionadas à umidade.

Referências

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Standard 160: Criterie for Moisture - Control Design Analysis in Buildings**. Atlanta, USA, 2021.

ISO - INTERNATIONAL STANDARD. **ISO 19208:2016 – Framework for specifying performance in buildings**. International Standard - ISO, 2016.

_____. **NBR 10456:2022 – Materiais e produtos de construção – Propriedades higrotérmicas – Valores e procedimentos de projeto tabulados para determinar valores térmicos declarados e de projeto.** Rio de Janeiro, 2022

_____. **NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Componentes e elementos construtivos das edificações – Resistência e transmitância térmica**. Rio de Janeiro, 2022.

_____. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento Bioclimático por Desempenho**. Rio de Janeiro, 2024.

_____. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **Rascunho do Projeto de Norma ABNT – Simulação computacional do comportamento higrotérmico de paredes – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2023.

AFONSO, T. M. **Desempenho higrotérmico de edificações e procedimentos para previsão de ocorrência de bolores em ambientes internos: estudo de caso em habitações construídas com paredes de concreto.** Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia). Departamento de Tecnologia em Construção de Edifícios do Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. São Paulo. 2018.

BEBER, LUCIANE ANDREOLA; DUARTE, CAROLINA DE MESQUITA; BERNARDES, LUIZA COUTINHO; LUCAS, BIANCA PEREIRA; MACARTHY, MARITZA DA ROCHA; BRANDELLI, TALITA MARINI; CUNHA, EDUARDO GRALA DA; SILVA, ANTONIO CESAR SILVEIRA BAPTISTA DA. Desempenho térmico de uma HIS no sul do país: analisando a transferência de calor e o transporte de umidade. **VII Congresso Latino-Americano de Simulação de Edifícios: IBPSA Latam 2023**, e 7. p 178-182. Florianópolis, SC. 2023.

BEBER, L.A. **Viabilidade do uso de dados normatizados na simulação de desempenho higrotérmico de paredes.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2024.

BEBER, L. A.; CUNHA, E. G. da; BERNARDES, L. C.; BERSCH, J. D.; MASUERO, A. G.; BULIGNON, L. B.; MENDES, N. Hydrothermal behavior of hollow ceramic bricks from Southern Brazil brickyard. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 24, e138174, jan./dez. 2024.178-182. Florianópolis, SC. 2023.

BERGER, J.; GUERNOUTI, S.; WOLOSZYN, M.; BUHE, C. Factors governing the development of moisture disorders for integration into building performance simulation. **Journal of Building Engineering**, v. 3, p. 1-15, 2015.

BERNARDES, L. C. **Impacto da variação das condições de contorno no projeto de norma ABNT de simulação de transporte de umidade.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2024.

CIB W040. **Heat, air and moisture transfer terminology: Parameters and concepts**. CIB - W040, p. 50, 2012.

BULIGON, LILIANE BONADIMAN. **Comportamento higrotérmico e energético de painéis de vedação vertical externa em madeira para a Zona Bioclimática 2**. 2021. 145 p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2021.

DANTAS, A. L. DE F.; ZANONI, V. A. G. Simulação Computacional e Medições in loco: um Estudo do Desempenho Higrotérmico em um Edifício Alto em Brasília**. CBPAT - Congresso Brasileiro de Patologia das Construções**, p. 3143–3150, 2020.

DUARTE, Carolina de Mesquita. **Simulação do comportamento higrotérmico de habitações de interesse social: análise do risco de fungos filamentosos**. 2023. 194 f. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, 2023.

GUERRA, F. L.; CUNHA, E. G.; SILVA, A. C. S. B.; KNOP, S. Análise das condições favoráveis à formação de bolor em edificação histórica de Pelotas, RS, Brasil. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 4, p. 7–23, 2012.

HENS, H. L. S. C. Combined heat, air, moisture modelling: A look back, how, of help? **Building and Environment**, v. 91, p. 138-151, 2015.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 3. ed. São Paulo: PW Editores, 2014.

LEITZKE, R. K.; BELTRAME, C.; FREITAS, J.; SEIXAS, J.; MACIEL, T.; CUNHA, E.; RHEINGANTZ, P. **Optimization of the Traditional Method for Creating a Weather Simulation File: The Pelotas.epw Case**. Journal of Civil Engineering and Architecture, v. 12, n. 10, 2018.

MERTEN H. O.; SILVA, M. B.; CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M. Compostos Orgânicos Voláteis de Tintas imobiliárias e certificações ambientais: estudo de caso para subsolos. REEC - **Revista Eletrônica de Engenharia Civil.** Goiânia, GO, vol. 13, n. 1, p. 128-139, jan 2017.

MORISHITA, C.; BERGER, J.; CARNEIRO, A.; MENDES, N. **Issues about moisture in residential buildings of Brazil**. CIB World Building Congress 2016, n. September, 2016.

MORISHITA, C. **On the assessment of potential moisture risks in residential buildings across Brazil**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Escola Politécnica, Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2020.

NASCIMENTO, Matheus Leoni Martins. **Aplicação da simulação higrotérmica na investigação da degradação de fachadas de edifícios.** 2016. xxi, 173 f., il. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil)—Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

PINHEIRO, J. A. **Importância Do Clima Exterior E Interior Na Quantificação Do Desempenho Higrotérmico Dos Edifícios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Porto, 2013.

PIRES, J. R. **Estimativa da condensação em edificações unifamiliares em território brasileiro: Simulação higrotérmica computacional.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS. 2020.

RECART, CAROLINA; DOSSICK, CARRIE STURTS. Hygrothermal behavior of post-retrofit housing: A review of the impacts of the energy efficiency upgrade strategies. **Energy and Buildings.** v 262, 2022.

SEDLBAUER, K. **Prediction of mould fungus formation on the surface of and inside building components.** Tese (Doutorado em física das construções) Fraunhofer Institute for Building Physics - Universität Stuttgart. Stuttgart, Germany 2001.

ZANONI, V. A. G. **Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento higrotérmico de fachadas em Brasília**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, 2015.

ZANONI, V. A. G.; DANTAS, A.; NUNES, L. S.; RIOS, R. B. **Estudo higrotérmico na autoconstrução: simulação computacional e medições em campo**. Ambiente Construído, v. 20, p. 109–120, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000300420.

VON EYE, F.; BRAGA, N.; ZANONI, V. A. G.; BAUER, E. **Quantificação da ação do clima na degradação de fachadas em argamassa empregando a simulação higrotérmica**. SBTA - XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2017.