



Impacto das Mudanças Climáticas sobre Edificações de Interesse Histórico-Cultural na Cidade de Erechim

Impact of Climate Change on Buildings of Historical-Cultural Interest in the City of Erechim

Laura Beatriz Fin, arquiteta, Universidade Federal da Fronteira Sul.

fin.laurabeatriz@gmail.com

Naahman Lima Pereira, arquiteto, Universidade Federal da Fronteira Sul.

naahman01@gmail.com

Clarissa Sartori Ziebell, doutora em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

clarissa.ziebell@ufrgs.br

Natália Biscaglia Pereira, doutora em Arquitetura, Universidade Federal da Fronteira Sul.

natalia.pereira@uffs.edu.br

Pedro Henrique Gonçalves, doutor em Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás.

pedrogoncalves@ufg.br

Número da sessão temática da submissão – [3]

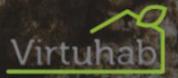
Resumo

Atualmente, há uma carência de políticas públicas urbanas para a proteção do patrimônio cultural edificado, afetado pelo adensamento urbano. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é comparar o clima atual de Erechim com o previsto pelo IPCC para 2050 e verificar como as mudanças climáticas (por meio da alteração do microclima urbano) podem afetar o Patrimônio Cultural edificado em madeira. Para tanto, foi utilizado um arquivo climático formado por dados provenientes de uma estação afastada do centro urbano (arquivo original) e um segundo, adaptado para o contexto de uma quadra da cidade. Ambos os arquivos foram convertidos para o ano de 2050. Observou-se que, independentemente do arquivo climático avaliado (original ou futuro), há uma diferença de pouco mais de 2°C entre as temperaturas urbanas e rurais. Visto que as mudanças climáticas podem favorecer a proliferação de patologias nas edificações de interesse Histórico-Cultural em madeira até 2050, recomenda-se a manutenção preventiva.

Palavras-chave: Simulação de microclima urbano; Arquitetura em Madeira; Patrimônio cultural.

Abstract

Currently, there is a lack of urban public policies for the protection of built cultural heritage, which is affected by urban densification. In this context, the objective of this study is to compare the current climate of Erechim with that predicted by the IPCC for 2050 and to verify how climate change (through changes in the urban microclimate) can affect wooden built cultural heritage. To this end, a climate file



consisting of data from a station far from the urban center (original file) and a second file adapted to the context of a city block were used. Both files were converted to the year 2050. It was observed that, regardless of the climate file evaluated (original or future), there is a difference of just over 2°C between urban and rural temperatures. Since climate change can favor the proliferation of pathologies in wooden buildings of historical-cultural interest by 2050, preventive maintenance is recommended.

Keywords: Urban microclimate simulation; Wooden Architecture; Cultural Heritage.



1. Introdução

O aumento da temperatura global tem sido significativo. Segundo o IPCC (2021): Entre 1850-1900 e 1995-2014, a temperatura média global da superfície aumentou 0,85°C. Entre 2011 e 2020, o aumento foi de 1,09°C. Além disso, o relatório destaca um crescimento sucessivo nas temperaturas nas últimas quatro décadas (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC, 2021). Esse aumento afeta o microclima urbano, comprometendo o conforto térmico e acelerando a deterioração de edificações. A verticalização das cidades intensifica esses efeitos, ao reduzir as horas de insolação e modificar o comportamento dos ventos. Essas mudanças dificultam a eliminação da umidade em partes específicas das construções. A verticalização das cidades, somada à alteração na cobertura do solo, contribui para o fenômeno da ilha de calor. Esse fenômeno é descrito como uma cúpula de ar quente que cobre áreas urbanas ou partes do tecido urbano (Gonçalves e Cardoso, 2017; Gartland, 2010), ocorrendo principalmente em áreas urbanas e suburbanas (Gartland, 2010).

Este artigo se volta para o impacto das mudanças climáticas no processo de conservação de edificações históricas em madeira. As mudanças climáticas geram uma ameaça potencial adicional nessas edificações, podendo contribuir para o aparecimento de novos fenômenos patológicos (Bertolin, 2019). No que tange ao patrimônio construído em madeira, os impactos das mudanças climáticas podem ser agravados, tendo em vista, por exemplo, que este material é suscetível à biodeterioração. O aumento da umidade, por exemplo, pode levar ao apodrecimento da madeira e surgimento de limo e mofo (Silva, Torres, Salamoni, 2018; Torres et al., 2018). A umidade é, portanto, a principal causadora de patologias nas construções, e leva também à presença de infiltrações, manchas, fungos e fissuras, que por sua vez podem levar ao acometimento das estruturas e materialidade, podendo ser intensificadas dependendo do clima do local (Stolz e Wasem, 2020; Lersch, 2022; Pinto e Devitte, 2022).

Para além, como a radiação solar pode contribuir para alterações de cor nos materiais, como a madeira (Castro e Guimarães, 2022), e o seu aquecimento faz com que ela se dilate, há a possibilidade de provocar deformações ou rupturas (Stolz e Wasem, 2020). Ainda que a diminuição da intensidade da radiação solar sobre uma edificação histórica não necessariamente seja prejudicial, a análise do entorno construído e suas mudanças frente a alterações e renovações urbanas deve ser considerada e planejada, prezando pela preservação destas edificações de valor cultural. Na contemporaneidade, o patrimônio cultural sofre com o adensamento de seu entorno e a falta de políticas de preservação. Defende-se a importância do planejamento urbano para proteger esses bens edificados e impedir novas construções prejudiciais à sua conservação ou habitabilidade. Utilizando o centro de Erechim como estudo de caso, o objetivo deste trabalho é comparar o clima atual da cidade com as projeções do IPCC para 2050, a fim de verificar como as mudanças climáticas poderão afetar as edificações de valor cultural. Além disso, pretende-se avaliar os efeitos das mudanças climáticas (relacionados à temperatura e umidade) sobre a formação de ilhas de calor, bem como caracterizar potenciais patologias futuras nas edificações de valor cultural estudadas.

2. Contextualização

A seguir, é apresentado o conjunto de quadras selecionado para ser utilizado como objeto de estudo. Em seguida é apresentada a área de estudo e o clima de Erechim.

2.1 Objeto de Estudo

O objeto de análise deste estudo é um conjunto de quadras localizado na área central de Erechim, no Rio Grande do Sul (Figura 1). O recorte de 420x420 metros (Figura 2) tem como centro a Praça da Bandeira. Como fatores para seleção deste recorte pode-se citar a sua ligação

com o eixo viário principal da cidade, Avenida Sete de Setembro e Avenida Maurício Cardoso, e o adensamento populacional devido ao grau de verticalização da área.

Trata-se de uma região onde são encontradas edificações de interesse histórico-cultural em madeira mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas. Hoje, já é possível perceber nestas edificações efeitos nocivos do tempo e influências do ambiente de seu entorno. Em outubro de 2024, após uma forte chuva, a antiga escola Professor Mantovani, a primeira da cidade, desabou. Os principais exemplares de arquitetura em madeira conservados estão na área de estudo, sendo o Castelinho (Figura 2), como é popularmente conhecido, o de maior relevância na história da cidade, e o único tombado a nível estadual. As demais edificações são inventariadas pelo município (Prefeitura Municipal de Erechim, 2019) (Figura 2).

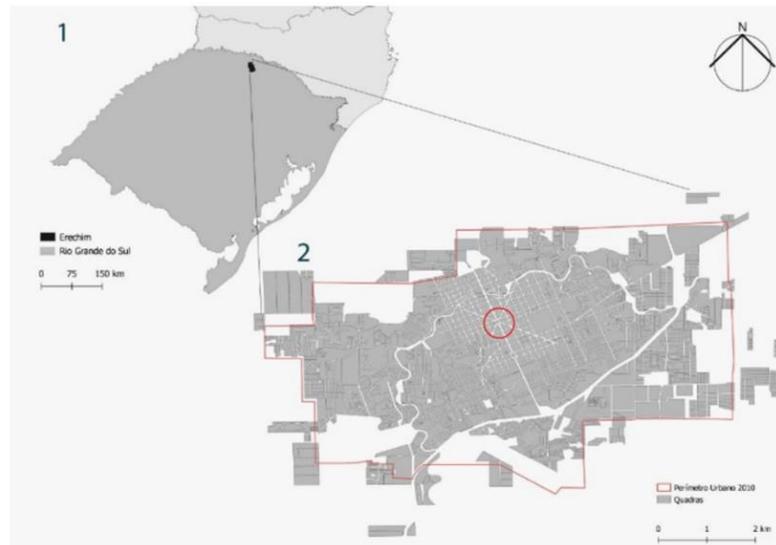


Figura 1: Localização (1) e mapa da cidade de Erechim (2) com a delimitação da região central.
Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 2: Área de estudo e bens culturais em madeira. Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

A área delimitada para o estudo faz parte da Unidade Mista 1 (UM1) classificada pelo zoneamento do Plano Diretor da cidade, estabelecido pela Lei nº10 de 2019, (Prefeitura Municipal de Erechim, 2019). Este novo plano marca o início das transformações na paisagem urbana, resultando em maior densidade e negligência das leis municipais em relação às edificações históricas.

Como consequência da urbanização, os espaços livres, especialmente os com vegetação, tornaram-se raros. Além disso, o aumento das áreas sombreadas pelas edificações altas, devido à diminuição dos recuos laterais, pode alterar a direção das massas de ar e, possivelmente, a qualidade do microclima da região.

2.2 Caracterização do Clima de Erechim/RS

A cidade de Erechim, localizada no estado do Rio Grande do Sul (RS), região Sul do Brasil, possui as estações climáticas bem definidas e precipitações bem distribuídas ao longo do ano (Figura 3). O clima da cidade é classificado como Clima Subtropical IV - Muito Úmido (Rossato, 2011). Climas inseridos nesta classificação apresentam verões bem quentes, com altas temperaturas e umidade elevada, ocasionando verões abafados. No inverno, com maior atuação das massas de ar frio, intensifica-se as frentes frias e a umidade, baixando as temperaturas. O mês de janeiro é o mais quente, e o de julho é o mais frio, apresentando respectivamente as temperaturas médias mensais máximas de 27,9°C e 18,2°C, e as mínimas de 17,3°C e 8,9°C (Embrapa, 2012).

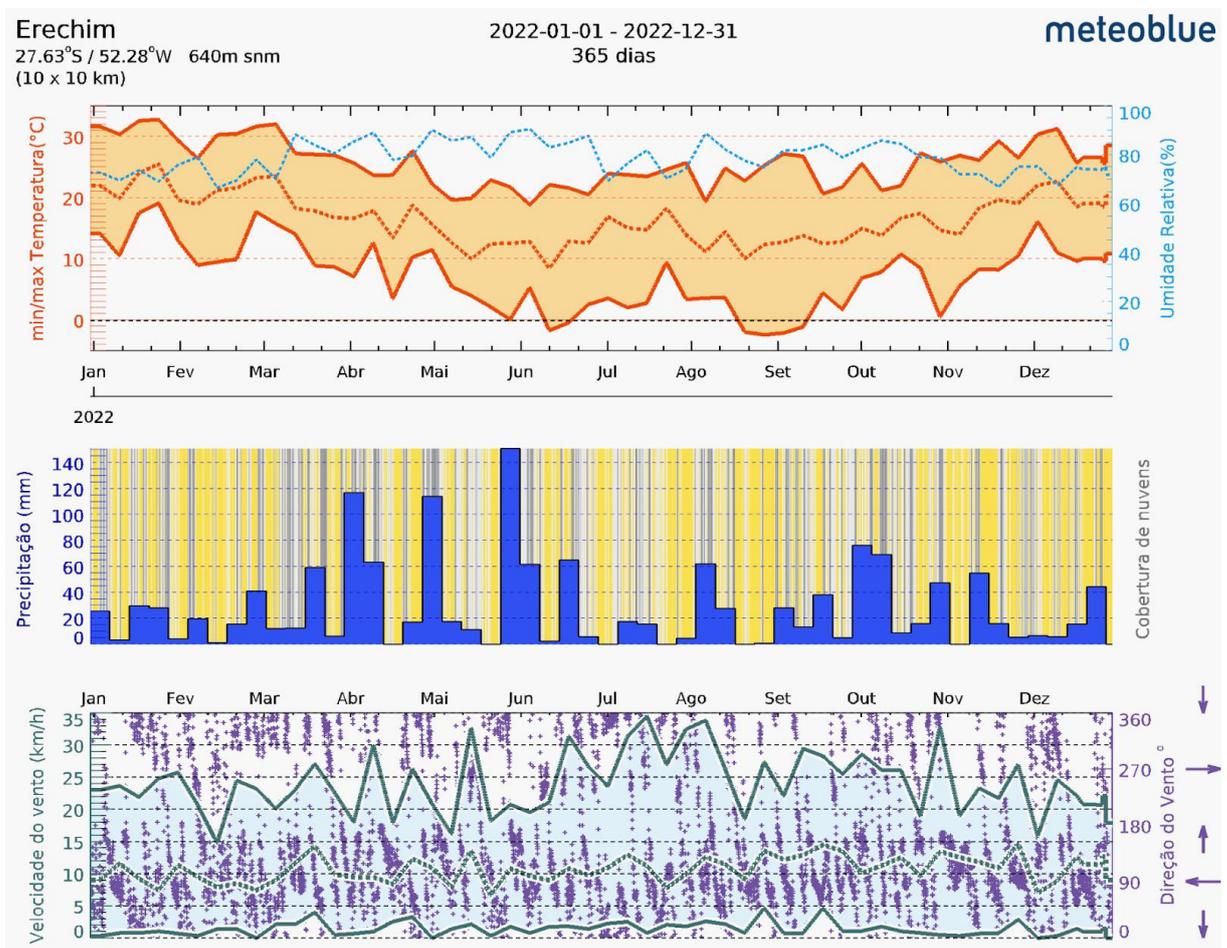


Figura 3: Gráfico das temperaturas, precipitações e ventos de 2022. Fonte: MeteoBlue, 2023.

3. Procedimentos Metodológicos

A metodologia deste trabalho consiste em avaliar, por meio do *plugin DragonFly*, o microclima da cidade de Erechim (atual e para o ano de 2050). Esta avaliação é voltada para o efeito das mudanças climáticas sobre o microclima onde se inserem as edificações em madeira de valor patrimonial. A pesquisa foi iniciada pela escolha da área de abrangência, mostrada no item 2.1. Em seguida, a área selecionada foi modelada tridimensionalmente no software *Rhinoceros*. Simultaneamente, foi selecionado um arquivo climático para servir de ponto inicial para o estudo, arquivo esse chamado neste presente artigo de “arquivo climático original”. O arquivo escolhido foi o “BRA_RS_Erechim.869540_INMET.epw”, obtido em EnergyPlus (2022). Após, através do *plugin DragonFly* - por meio da ferramenta *Urban Weather Generator* (UWG) e tendo como base o arquivo climático original -, foi gerado um segundo arquivo climático, representando o microclima da área urbana selecionada. Uma vez mais, com base no arquivo climático original, um terceiro foi gerado, mas agora para o ano climático de 2050, ainda sem considerar o microclima. Para tanto, foi utilizada a ferramenta *CCWorldWeatherGen*. A seguir, um quarto arquivo climático foi gerado, novamente através da ferramenta UWG, porém agora com base no arquivo de 2050. A Figura 4-A ilustra o procedimento e destaca os quatro cenários climáticos obtidos com esse procedimento. Ao final do trabalho, foram avaliadas as temperaturas do ar e as umidades relativas encontradas em cada um deles, com o objetivo de verificar como cada um desses cenários pode afetar a potencialidade de deterioração das edificações históricas em madeira presentes na região.

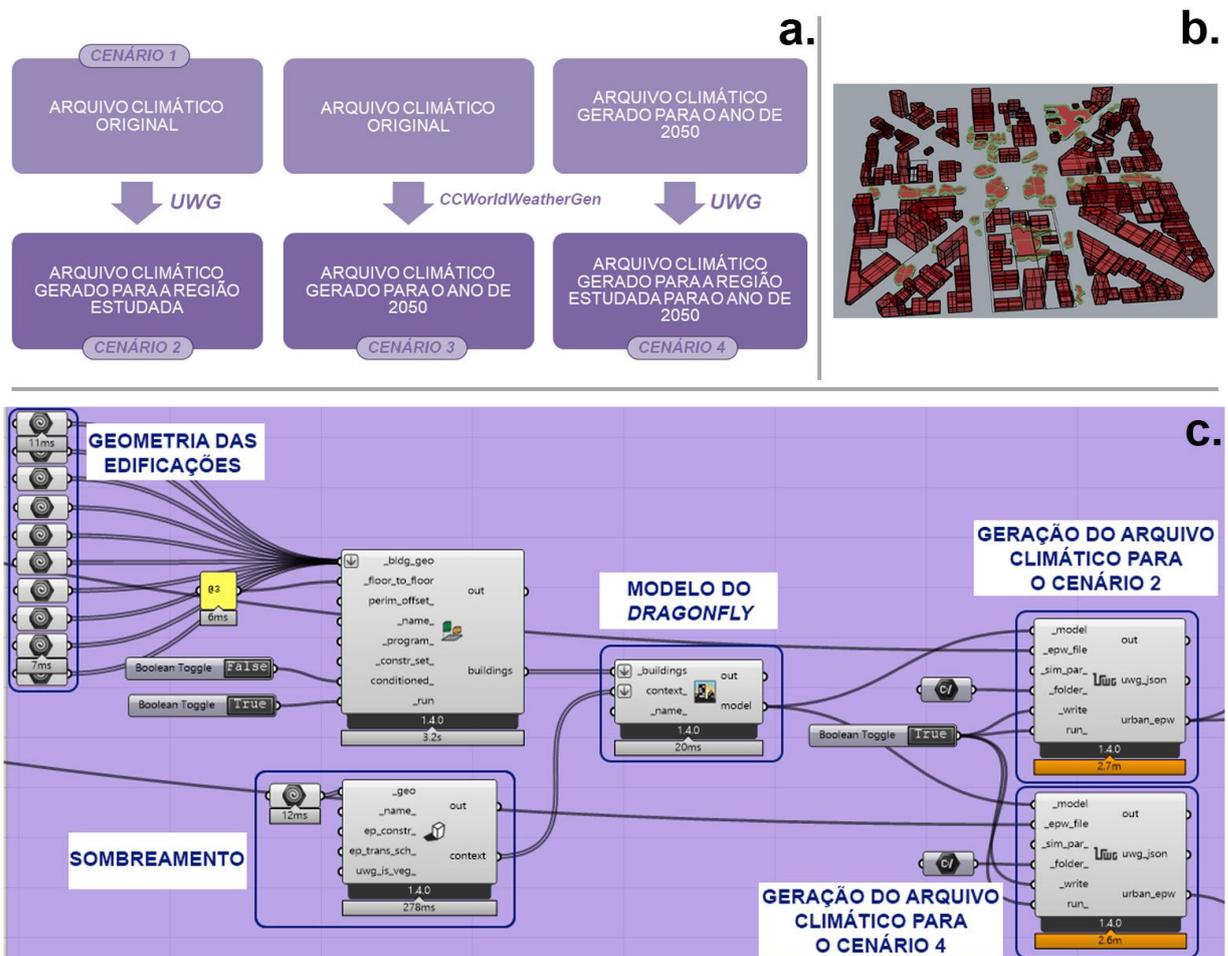


Figura 4: Processo Metodológico. a. Geração dos quatro diferentes cenários; b. Modelo tridimensional gerado no *Rhinoceros*; c. Algoritmo gerado no *Grasshopper*. Fonte: elaborado pelos autores.



O *Urban Weather Generator* (UWG) é uma ferramenta criada para calcular a temperatura do ar urbano com base em dados climáticos obtidos de uma estação meteorológica e contabilizando interações que ocorrem de forma recíproca entre o edifício e o clima urbano (Bueno et al., 2012). Com base nos dados considerados, o UWG calcula os fluxos de calor sensível urbano e a temperatura e a umidade do ar do cânion urbano (Bueno et al., 2012). A ferramenta UWG pode ser encontrada no *plugin DragonFly*, que por sua vez pode ser instalado no *plugin do software Rhinoceros* chamado de “*Grasshopper*”. A vantagem do uso desta ferramenta consiste em minimizar as divergências que podem ocorrer entre os dados encontrados em uma estação meteorológica - geralmente localizada distante dos centros urbanos - e uma área urbanizada.

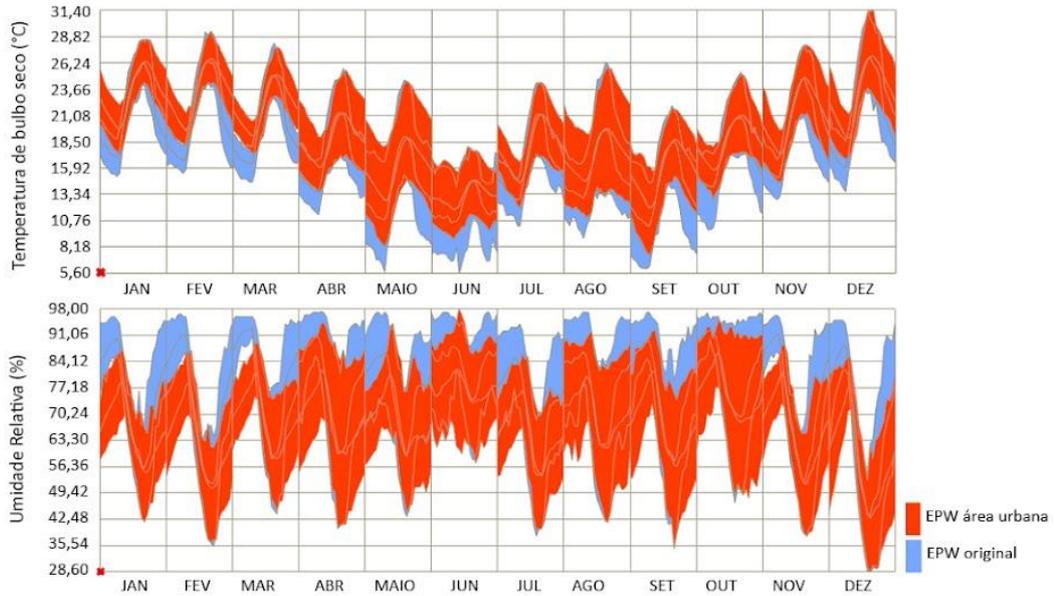
A geometria criada para este trabalho incluiu as edificações e a massa de vegetação. Além disso, foi definido no UWG que as edificações não são climatizadas artificialmente. Como limitação, ainda não foi considerada a materialidade das ruas e a densidade de tráfego de veículos, que necessitam de um levantamento prévio. Logo, esses dados foram mantidos conforme o definido como padrão pelo programa. A geometria da área estudada e o algoritmo desenvolvido no *Grasshopper* são apresentados na Figura 4-B e na Figura 4-C, respectivamente.

Conforme descrito anteriormente, o arquivo climático do ano 2050 foi gerado através da ferramenta chamada de “*Climate Change World Weather File Generator*” (*CCWorldWeatherGen*), desenvolvida na Universidade de Southampton. A ferramenta utiliza dados oriundos do modelo HadCM3 A2, utilizado no Terceiro Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021; University of Southampton Energy & Climate Change, 2020). O procedimento para gerar o arquivo climático constituiu-se em quatro etapas. Na primeira etapa deve ser selecionado um arquivo climático, que no caso deste presente trabalho foi o “*BRA_RS_Erechim.869540_INMET.epw*”, disponível no site no EnergyPlus (2022). Na segunda etapa deve-se selecionar o ano do cenário desejado: 2020, 2050 ou 2080. Em seguida pode ser iniciado o processo de transformação. Por fim, na quarta etapa, deve-se gerar o arquivo no formato “.epw”. Seguindo os passos recém descritos, foi gerado o arquivo climático para o ano de 2050.

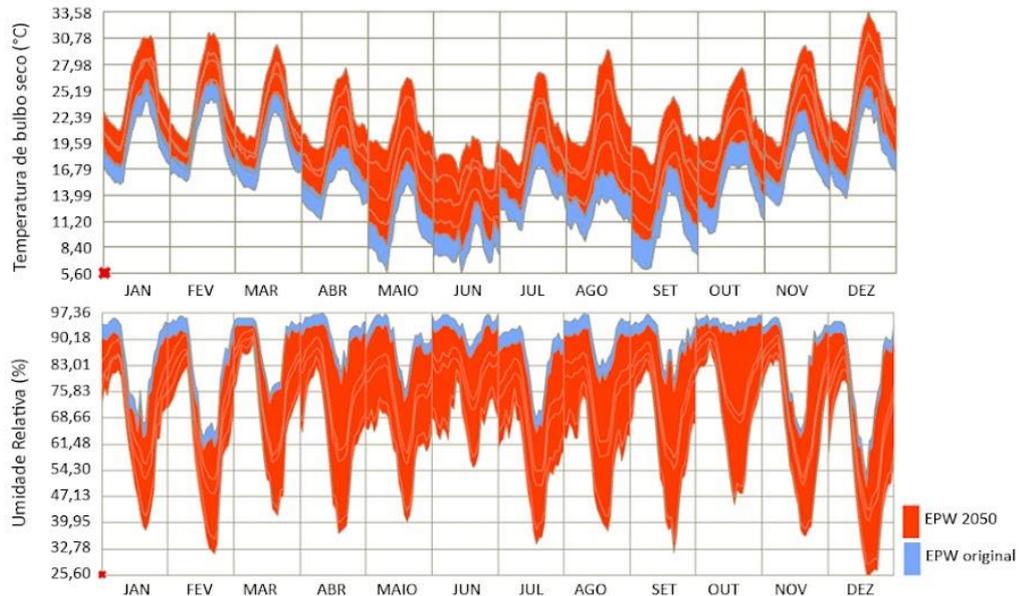
4. Resultados

Os gráficos a seguir (Figura 5) retratam a temperatura e a umidade relativa do ar em quatro diferentes cenários climáticos. Inicialmente, foram agrupados os dados do cenário 1 (original) e do cenário 2 (região estudada). O gráfico revela a diferença entre o microclima próximo à estação meteorológica e a região em estudo. Em seguida, são comparados os dados do cenário 1 com o cenário 3 (ano 2050), avaliando a evolução do clima sem levar em consideração peculiaridades urbanas. Por fim, compara-se o cenário 2 com o cenário 4 (região estudada em 2050), considerando o contexto urbano. Ao observar os dados dos cenários 1 e 2, nota-se um aumento médio da temperatura em 1,6°C e uma redução da umidade em 7,5%. No inverno, agosto registra a maior elevação da temperatura média mensal em 1,7°C. Isso evidencia a importância de utilizar dados climáticos obtidos na área urbana para compreender a influência do clima sobre edificações de valor histórico-cultural em madeira.

CENÁRIO 1 (EPW original) X CENÁRIO 2 (EPW área urbana)



CENÁRIO 1 (EPW original) X CENÁRIO 3 (EPW 2050)



CENÁRIO 2 (EPW área urbana) X CENÁRIO 4 (EPW área urbana 2050)

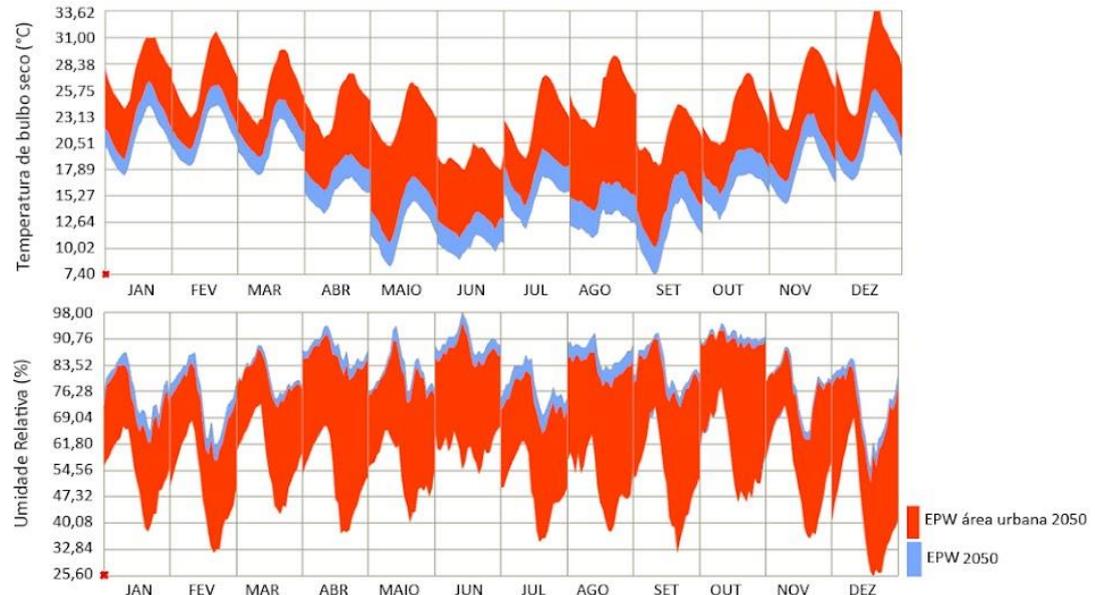


Figura 5: Comparação dos resultados. Fonte: elaborado pelos autores.



Na comparação do cenário 1 com o cenário 3, pode-se perceber um aumento médio de 2,3°C nas temperaturas médias mensais. Ademais, temperaturas médias acima de 20°C foram encontradas para o ano de 2050 em 5 dos 12 meses do ano, o que no arquivo original ocorreu em 4 meses. Novamente há uma redução da umidade relativa do ar durante todo o ano, apesar de ela ser menor (em média 3%). Esse já era um resultado esperado, contudo, a avaliação deste gráfico permite verificar a confiabilidade dos resultados. Na última análise, o objetivo era comparar os dados climáticos encontrados no microclima urbano tendo como base o arquivo climático original e o arquivo climático de 2050 (cenário 2 e 4, respectivamente). Os dados encontrados demonstraram que no cenário onde foi simulado o arquivo climático para o ano de 2050 as temperaturas são em média 2,3°C maiores. Ainda, foram observadas temperaturas médias acima de 20°C para o ano de 2050 em 9 dos 12 meses do ano, o que no arquivo climático anterior ocorreu em apenas 5 meses. A umidade, por outro lado, não sofrerá tanta redução (em média 2,5%).

5. Discussões

Quando usada em contato direto com o solo ou em locais com alta umidade, a madeira fica mais propensa ao ataque de fungos e térmitas. A madeira em geral tem suscetibilidade aos xilófagos e em função das condições ambientais a que é exposta, terá uma deterioração maior ou menor (Barillari, 2002). Segundo Ritter e Morrell (1990) a condição ideal para sobrevivência e desenvolvimento da maioria dos organismos biodeterioradores estão compreendidas em uma faixa de temperatura entre 21°C a 29°C. Em 2050, o aumento da temperatura mostrado na Figura 5 elevará as horas dentro dessa faixa, favorecendo a proliferação de agentes biodeterioradores. Nos 12 meses do ano, a umidade relativa deve ultrapassar 80%, acelerando a deterioração da madeira. A variação do teor de umidade afeta as dimensões e a resistência da madeira, aumentando sua suscetibilidade a fungos, especialmente em alta temperatura e umidade (>95% e entre 20°C e 40°C), situação simulada para 2050.

A madeira sob ataque de fungos apresenta alterações na sua composição química, redução da resistência mecânica, diminuição de massa, modificação da cor natural, aumento da permeabilidade, redução da capacidade acústica, aumento da inflamabilidade, diminuição do poder calorífico e maior propensão ao ataque de insetos, comprometendo, dessa forma, a sua qualidade e inviabilizando a sua utilização para fins tecnológicos (Santos, 1992). De acordo com Cruz (2001), uma habitual fonte de manifestações patológicas na madeira reside no contato com a água ou teor de umidade ambiente elevado. Embora a umidade, por si só, não degrade a madeira, ela potencializa o risco de deterioração deste material por determinados agentes biológicos, pois estes só atacam a madeira quando o seu teor de umidade atinge determinados valores. Em condições de umidade elevada na madeira por períodos longos, há o favorecimento de ataque por fungos ou por térmitas subterrâneas que dela se alimentam.

No caso simulado a variação da umidade relativa é perceptível em inúmeros picos ao longo dos meses do ano, que variam pelo menos entre 25% a 95 % (Figura 5). De acordo com Brito (2014), a variação no teor de umidade na madeira além de favorecer ao ataque de agentes bióticos no processo de biodeterioração, também pode influenciar na deterioração da madeira por agentes abióticos. Machado et al (2009) citam que a anisotropia do material lenhoso, aliado às tensões de secagem (consequência do diferencial entre a taxa de evaporação de água à superfície e a taxa de circulação de água no interior do elemento), provoca o desenvolvimento de empenamentos, rachas e fendas.



Conforme já é de conhecimento da comunidade acadêmica, as mudanças climáticas afetam o microclima urbano já que elas tendem a elevar a temperatura do ar nas cidades, com consequente redução da umidade relativa do ar. Embora a redução da umidade possa conservar a madeira, a alta umidade combinada com altas temperaturas favorece fungos. Atualmente, o risco de fungos ocorre em 5 dos 12 meses do ano, mas em 2050 será em 9 meses. Isso exige manutenção preventiva contínua. Analisar o clima urbano é crucial, pois mostra um aumento significativo na temperatura do ar.

6. Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo verificar de que forma as mudanças climáticas podem afetar as edificações de valor cultural. Do ponto de vista da sustentabilidade no ambiente construído, estudos que permitem prever impactos das mudanças climáticas no processo de degradação da madeira, podem auxiliar na definição de ações a serem tomadas como manutenção preventiva, minimizando a necessidade de restauros, o que por sua vez, reduz o consumo de materiais. Ainda, se for incluído o estudo de diferentes cenários urbanos, podem ser obtidos dados mais concretos sobre como o crescimento das cidades, somadas às mudanças climáticas, podem vir a impactar a preservação de edificações históricas.

Ao longo deste trabalho buscou-se ilustrar o procedimento adotado para gerar quatro diferentes cenários climáticos com vista a utilizá-los para avaliar as condições climáticas para a conservação de edificações em madeira de valor patrimonial. A partir dos dados gerados pôde-se observar que:

- Em média, o aumento de temperatura entre o arquivo climático original e o de 2050 será em torno de 2,3°C tanto na estação climática quanto no microclima urbano. Ou seja, apesar de que no microclima urbano as temperaturas tendem a ser mais altas, o aumento será equivalente. A mesma observação pode ser aplicada à diminuição da umidade relativa do ar.
- Utilizar a ferramenta *DragonFly* para gerar dados compatíveis com o microclima urbano irá afetar os resultados de uma análise das condições climáticas para a preservação das edificações históricas, tanto com relação à temperatura, quanto com relação à umidade relativa.

Visto que a combinação de altas temperaturas com alta umidade relativa do ar é prejudicial para a conservação das edificações em madeira, essa diferença entre os arquivos climáticos deve ser considerada conforme o objetivo da avaliação.

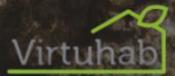
Como limitações do presente trabalho, pode-se destacar a necessidade de considerar as ruas e o tráfego de veículos, o que necessitaria de um levantamento prévio. Além disso, a configuração dos aspectos construtivos das edificações foi mantida conforme o padrão estabelecido pelo *DragonFly*. Logo, o algoritmo ainda não está totalmente adaptado para a localização real. Contudo, visto que o mesmo padrão construtivo foi mantido em todas as simulações acredita-se que as conclusões não devem ser alteradas de forma significativa. No desenvolvimento do trabalho serão realizados esses ajustes e os resultados serão revisados.

Por fim, é necessário ressaltar que a ferramenta *CCWorldWeatherGen* não utiliza dados do relatório mais recente do IPCC (*Sixth Assessment Report - IPCC*). Contudo ela possui a vantagem de ser gratuita, tornando o seu acesso mais democrático.



Referências

- BARILLARI, C. T. Durabilidade da madeira do gênero *Pinus* tratada com preservantes: avaliação em campo de apodrecimento. 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- BERTOLIN, Chiara. Preservation of Cultural Heritage and Resources Threatened by Climate Change. *Geosciences*, [S.L.], v. 9, n. 6, p. 250, 3 jun. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/geosciences9060250>.
- BRITO, L. D. Patologia em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação. 2014. Tese (Departamento de Engenharia de Estruturas) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
- CASTRO, Vinícius Gomes de; GUIMARÃES, Pompeu Paes. Agentes Deterioradores Abióticos. In: CASTRO, Vinícius Gomes de; GUIMARÃES, Pompeu Paes. Deterioração e Preservação da Madeira. Mossoró: Edufersa, 2018. Cap. 1. p. 7-20. Disponível em: <https://livraria.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/165/2019/02/deterioracao-e-preservacao-da-madeira002.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2022.
- CRUZ, H. (2001). Patologia, avaliação e conservação de estruturas de madeira. II Curso Livre Internacional de Patrimônio. Associação Portuguesa dos Municípios com centro histórico; Fórum UNESCO Portugal. Santarém, Fevereiro/Março de 2001.
- EMBRAPA, Brasil. Atlas climático da região sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. DF, Brasília: Editora técnicos, Marcos Silveira Wrege, Silvio Steinmetz, Carlos Reisser Júnior, Ivan Rodrigues de Almeida, 2012. Disponível em: <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202005/13110041-atlas-climatico-da-regiao-sul-do-brasil.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2023.
- ENERGYPLUS. Weather Data. Disponível em: < <https://energyplus.net/weather> >. Acesso em maio de 2022.
- GARTLAND, Lisa. Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. Tradução de Silvia Helena Gonçalves.
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.
- LERSCH, Inês Martina. Contribuições para a identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em Edificações do Patrimônio Cultural de Porto Alegre. 2003. 185 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/3674>. Acesso em: 12 ago. 2022.
- MACHADO, J. S.; DIAS, A.; CRUZ, H.; CUSTÓDIO, J.; PALMA, P. (2009). Avaliação, Conservação e Reforço de Estruturas de Madeira. 1ª edição, ISBN: 9789896420659. Editora Verlag Dashöfer. Portugal.



- METEOBLUE. Disponível em: <https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/weatherarchive/erechim_brasil_3464073?fcstlength=1y&year=2022&month=1>. Acesso em: 28 jan. 2023.
- PINTO, Thayná Frutuoso Moreira; DEVITTE, Alessandra. Plano diretor versus preservação: sua relação com o surgimento de patologias em edificações históricas de itajaí/sc. In: POISSON, Editora (org.). Estudos Brasileiros sobre Patrimônio. Belo Horizonte: Poisson, 2020. Cap. 1. p. 6-15. Disponível em: <https://www.poisson.com.br/livros/patrimonio/volume4/>. Acesso em: 12 ago. 2022.
- PREFEITURA DE ERECHIM. Leis do Plano Diretor (Principais). Disponível em: <https://www.pmerechim.rs.gov.br/pagina/810/leis-do-plano-diretor-principais/>. Acesso em: 31 maio 2022.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM (Erechim). Inventário de Bens Culturais Municipais. Bens Edificados. Erechim: [s. n.], 2019.
- RITTER, M. A.; MORRELL, J. J. (1990). Timber Bridges: Design, Construction, Inspection, and Maintenance. Chapter 13: Bridge Inspection for Decay and Other Deterioration. United States Department of Agriculture, USDA. Forest Service. United States.
- ROSSATO, M.S. Os Climas do Rio Grande do Sul: variabilidade tendências e tipologia. Porto Alegre: PPGEA/ UFRGS, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/32620>>. Acesso em: 28 jan. 2023.
- SANTOS, Z. M. Avaliação da durabilidade natural da madeira de Eucalyptus grandis W. Hill Maiden em ensaios de laboratório. 1992. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.
- SILVA, Mariana Estima; TORRES, Ariela da Silva; SALAMONI, Isabel Tourinho. Análise da influência de porões ventilados no estado de conservação de edificações históricas com novos usos na cidade de Pelotas/RS. Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 204-215, 7 nov. 2017. Universidade Federal de Goiás. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v14i1.45982>.
- STOLZ, Carina Mariane; WASEM, Karen Schardong. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÃO HISTÓRICA NO VALE DOS SINOS/RS. Revista Tecnologia e Tendências, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 37-52, 15 set. 2020. Associação Pró-Ensino Superior em Novo Hamburgo. <http://dx.doi.org/10.25112/rtt.v11i1.2189>.
- UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON ENERGY & CLIMATE CHANGE. Climate Change World Weather File Generator for World-Wide Weather Data – CCWorldWeatherGen, 2020. Disponível em: < <https://energy.soton.ac.uk/climate-change-world-weather-file-generator-for-world-wide-weather-data-ccworldweathergen/> >. Acesso em maio de 2022.