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

Arquivos climáticos para planejamento de edificações resilientes no contexto do aquecimento global

Datos climáticos para diseño de edificaciones resilientes en relación con el calentamiento global

Climate data for resilient building design in the global warming scenario

Clima e Planejamento Urbano / *Clima y planificación urbana / Climate and Urban Planning*

Oliveira, Raquel Diniz
Doutorado, Professora no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, raqueldiniz@cefetmg.br.

Guimarães, Ítalo Bruno Baleeiro
Magíster, Profesor en el Instituto Federal Goiano, Trindade, Brasil, italo.bruno@ifgoiano.edu.br.

Lopes, Izabele Lovaglio
Architect and Urban Planner, studying Civil Engineering at the Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, zabelelovaglio@gmail.com

Resumo

A frequência e crescente gravidade dos extremos climáticos evidenciam a necessidade de avaliar edifícios além de seu desempenho térmico e energético típico operacional. Assim, o uso de projeções que consideram o efeito das mudanças climáticas a médio e longo prazo, se mostram de suma importância para auxiliar a concepção e análises de edificações resilientes. Neste contexto, no presente trabalho investigou-se a aplicação do método morphing para a geração de modelos climáticos para o estado de Minas Gerais, Brasil. Os resultados indicaram coerência nos dados futuros transformados, ainda que contenham limitações. Conclui-se que a geração dos arquivos futuros pode propiciar avanços nas análises térmicas de edificações resilientes.

Palavras-chave: Arquivos futuros. Mudanças climáticas. Transformação de variáveis meteorológicas.

Resumen

La frecuencia y la creciente gravedad de los fenómenos climáticos extremos resaltan la necesidad de evaluar los edificios más allá de su desempeño térmico y energético operativo típico. Así, el uso de proyecciones relacionadas con el cambio climático de mediano y largo plazo, resulta relevante como ayuda en el diseño y análisis de edificios resilientes. En este contexto, el presente trabajo investigó la aplicación del método morphing para la generación de modelos climáticos para el estado de Minas Gerais, Brasil. Los archivos meteorológicos futuros obtenidos mediante morphing revelan su consistencia, aunque presentan algunas limitaciones. Esta generación de datos puede proporcionar avances en el análisis térmico de edificios resilientes.

Palabras clave: Archivos futuros. Cambio climático. Transformación de variables meteorológicas.

Abstract

The increased frequency and severity of extreme weather events highlight the building's assessment call beyond its typical operational and thermal energy performance. Thus, the medium- and long-term climate change projections play an important role in the design aiding, and resilient buildings analysis. Herein, these authors investigated the future climate models generation through morphing for Minas Gerais, Brazil. Future weather files by morphing reveal their consistency, although they have some limitations. This data generation can provide advances in the thermal analysis of resilient buildings.

Keywords: Future weather data. Climate change. Morphing of meteorological variables.

1 Introdução

O aquecimento global se mostra relevante na construção civil, visto que afeta o desempenho térmico das edificações. Neste contexto, estudos de projeções climáticas objetiva identificar e quantificar o potencial aumento da necessidade de resfriamento e/ou aquecimento das edificações para garantir o conforto térmico aos ocupantes a longo prazo, tendo em vista um

cenário futuro de agravamento das variáveis ambientais. As previsões climáticas indicam expressivo o aumento da necessidade de resfriamento nas edificações em até cinquenta anos, o que demandará maior consumo energético (Rodrigues, Fernandes; Carvalho, 2023).

Segundo o relatório da ONU a emissão global de gases de efeito estufa atingiram recorde com aumento de 1,3% em 2023, comparado com o ano anterior. O gás carbônico é um dos principais gases responsáveis pelo aumento da temperatura global. Segundo relatório da United Nations Environment Programme (UNEP, 2024) de 2023, a principal contribuição de atividades econômicas na emissão de gases de efeito estufa foi o setor elétrico (15%), transportes (8,4%), agricultura (6,5%), indústria (6,5%) e edificações (6%). No Brasil a demanda por eletricidade das residências corresponde ao segundo maior, 27% do total, atrás apenas das indústrias, conforme o BEN 2023. A redução do gasto energético em edificações é, portanto, uma das alternativas para diminuir a emissão de gases estufa. Ademais, a necessidade condicionamento artificial para garantir conforto térmico aos ocupantes se mostra relevante no cenário nacional (D'amico, 2014). Isso ocorre, pois, a necessidade de resfriamento é muito mais intensa nas regiões equatoriais e tropicais, o que demanda maior consumo elétrico com condicionadores de ar, ventiladores, entre outros (Bracht, 2024).

Estudos correlacionados à geração de energia no mundo e no Brasil, indicou tendência de queda da produção nacional de energia sustentável considerando as fontes eólica, solar e/ou hidráulica. Isso ocorre devido à instabilidade gerada pelas mudanças climáticas, como os longos períodos de seca que afetaram diretamente os reservatórios de hidrelétricas em 2023 e, também, a oferta e a procura de energia (UNEP, 2024).

Segundo Bracht (2024), estima-se aumento significativo da demanda brasileira por resfriamento ativo, mesmo no cenário futuro otimista. Contudo, as tecnologias disponíveis podem superestimar o consumo energético de resfriamento a longo prazo pois o desenvolvimento tecnológico pode possibilitar maior eficiência nas próximas décadas (Rodrigues, Fernandes; Carvalho, 2023). Casagrande (2013) estimou aumento anual médio no consumo energético de 17,3% em 2050 e, 26,5% em 2080. Rodrigues, Fernandes e Carvalho (2023) pontuaram que tal acréscimo seria de 24% em 2050 e, 53% em 2080, principalmente para garantir condições de conforto térmico dos ocupantes. Todavia, tem-se uma limitação de suprimento de 14% em 2050 e, 15% em 2080, para o melhor cenário (Ibidem, 2023).

Desta forma, se mostra imperativo fomentar o referencial climático futuro para auxiliar a tomada de decisão no que tange à concepção e/ou proposição de retrofitting de projetos. Tal

acervo poderá assessorar escolhas construtivas (materiais e tecnologias) que garantam, sempre que possível, o resfriamento passivo e minimização do uso de ar-condicionado durante a vida útil da edificação. Este trabalho visa, portanto, contribuir com esta temática. Espera-se que a metodologia ora empregada possa ser replicada em outros contextos.

1.1 Fundamentação Teórica

O IPCC prevê mudanças significativas no clima global ao longo do restante deste século, incluindo aumentos médios de temperatura de 2 a 5°C e, também, da frequência de tempestades severas, entre outros eventos. No entanto, os principais conjuntos de dados climáticos costumam ter mais de 15 anos. Cabe destacar que dez dos últimos 15 anos figuraram entre os mais quentes já registrados (Crawley; Lawrie, 2021).

Krelling *et al.* (2023) reforçam a necessidade de avaliar a resiliência térmica das edificações para proteger a saúde dos ocupantes, seja na escala urbana quanto do edifício. Este tipo de análise possibilita identificar sistemas construtivos/edificações com alta/baixa resiliência térmica e menor/maior dependência de ar-condicionado para garantir a capacidade de sobrevivência dos ocupantes durante condições extremas ou quedas de energia.

Medidas de resiliência climática são, portanto, importantes para evitar impactos socioeconômicos do aquecimento global, principalmente para a parcela da população mais vulnerável (UNEP, 2024). No Brasil, destaca-se a NBR 15.220 (2024) apresenta-se recomendações e características construtivas para os zoneamentos bioclimáticos nela definidos a partir de dados de medições meteorológicas, contribuindo, portanto, para uma concepção projetual mais personalizada em relação às condicionantes locais. A NBR 15.575 (2021) também se mostra como um instrumento essencial para a determinação do desempenho térmico habitacional. Assim, a adoção de materiais e decisões projetuais visando o atendimento das condições de conforto térmico dos ocupantes, especialmente em cenário futuro, pode favorecer a resiliência climática e diminuição do desperdício energético durante o ciclo de vida planejado para as edificações (Casagrande; Alvarez, 2013).

Neste contexto, o uso de conjuntos de dados meteorológicos em edifícios pode apresentar diversas implicações em termos de consumo de energia, medidas de eficiência (envelope, aparelhos, sistemas), custos e produção renovável. Devido às constantes mudanças climáticas, basear simulações de energia e otimização de projeto em dados meteorológicos obsoletos pode produzir resultados imprecisos e acarretar aumento do consumo de

eletricidade nas próximas décadas. A eficiência energética se tornará ainda mais crucial no futuro, quando o resfriamento tiver maior ênfase (D'agostino *et al*. 2022).

O setor da construção é estratégico para a transição de energia limpa e descarbonização do estoque até meados deste século (D'agostino *et al*. 2022). Contudo, o aquecimento global afeta diversas áreas da economia. Casagrande (2013) ressalta que o desempenho das edificações está diretamente relacionado ao clima. Como a vida útil das edificações é estimada em 50 anos pela NBR 15.575 (2021), a análise de cenários climáticos futuros é essencial para as diretrizes de projeto e avaliação do desempenho termoenergético em pelo menos cinco décadas. O método amplamente utilizado para essa análise é o desenvolvimento de arquivos climáticos futuros, que contém dados sobre o clima, como temperatura, precipitação, umidade, vento e outros para a caracterização meteorológica (Casagrande; Alvarez, 2013).

Os modelos ou arquivos futuros, são representações matemáticas do sistema climático projetado. Segundo Rodrigues (2023), o método "*morphing*" mais utilizado transforma matematicamente os dados climáticos atuais em projetados, de acordo com estatísticas. Esse método é utilizado pelos principais softwares de pesquisa climática: WeatheShift, Weather Morph, CCWorldWeatherGen e Future Weather Generator, este último gratuito desenvolvido por Rodrigues, Fernandes e Carvalho (2023), mostrou melhores resultados em comparação com os anteriores. Na Tabela 1 apresenta-se o tratamento dos dados originários do EnergyPlus Weather Data Format - EPW contendo 35 variáveis na geração de arquivo futuro (2050/2080).

Tabela 1: Tratamento dos campos de dados presentes em arquivos EPW pelo Future Weather Generator.

Tratamento dos dados	Campo de dados
Transformado via morphing	Temperaturas de bulbo seco e úmido, Umidade relativa, Pressão atmosférica, Radiação horizontal global, velocidade do vento, Cobertura total do céu, Profundidade da neve e Profundidade de precipitação líquida
Calculado	Radiação horizontal extraterrestre, Radiação normal direta extraterrestre, Radiação infravermelha horizontal do céu, Radiação Normal Direta, Radiação Horizontal Difusa, Iluminância Horizontal Global, Iluminância Normal Direta, Iluminância Horizontal Difusa, Luminância Zenital, Cobertura de céu opaco, Temperaturas do solo, Períodos típicos/extremos
Mantido como o original	Direção do vento, Observação dos dados meteorológicos atuais, Códigos meteorológicos atuais, Quantidade de precipitação líquida
Definido como ausente	Visibilidade, Altura do teto da nuvem, Água precipitável, Profundidade óptica do aerossol, Dias desde a última queda de neve, Albedo

Fonte: Adaptado de ADAI-UC e CESAM-UA (2021), Tradução nossa.

Em suma, a resposta climática dos edifícios poderia ser melhor compreendida quando avaliada sob uma gama variada de condições climáticas, em vez de apenas focar em um ano médio. Além disso, os arquivos meteorológicos disponíveis, geralmente do tipo *Test Reference Year* - TRY e/ou *Typical Meteorological Year* - TMY não representarem o microclima urbano das cidades, dado que muitas estações meteorológicas localizam-se em áreas distantes e/ou rurais, como aeroportos (Crawley; Lawrie, 2021; Crawley; Lawrie, 2019). Assim, arquivos meteorológicos abrangendo: microclima urbano, condições climáticas extremas, ondas de calor, períodos de frio e projeções para condições climáticas futuras com base em vários cenários de mudanças climáticas (Gasparella *et al*., 2021; D'agostino *et al*. 2022) beneficiaria a concepção e simulação de edifícios resilientes. A presente pesquisa visa, portanto, contribuir com a atualização da base de dados climáticos disponíveis, bem como validar a metodologia morphing para a geração de arquivos climáticos futuros que possibilitem gerar análises mais apuradas das condicionantes meteorológicas locais.

2 Metodologia

O método de procedimentos deste trabalho divide-se em três etapas, a saber: 1) Definição de cidades representativas mineiras; 2) Elaboração de arquivos climáticos futuros e 3) Análise e discussão dos resultados.

2.1 Definição de cidades representativas Mineiras

A escolha do estado para o presente estudo tem por objetivo dar suporte ao Projeto CNPq 408037/2023-7 - ClimAtiva - Ações para adaptação em municípios de pequeno e médio porte, com atuação em Minas Gerais. Assim, as cidades representativas mineiras foram definidas considerando a disponibilidade de arquivo climático, suas características climáticas priorizando aquelas mais extremas e/ou com relevância em relação ao estado ou a sua região. Neste contexto, utilizou-se os arquivos *Typical Meteorological Years* - TMY da base Climate Onebuilding Organization (2024), derivados de dados meteorológicos até 2023.

Para a caracterização climática considerou-se nove dados do Relatório Técnico ABNT TR 15220-3-1 (2024) para a Região Sudeste, a saber: 1) Zoneamento bioclimático; 2) Latitude; 3) Longitude; 4) Altitude; 5) Temperatura de Bulbo Seco (ºC); 6) Umidade Relativa (%), 7) Média anual da Radiação Horizontal Global diária (W/m²); 8) Média anual da Velocidade do Vento (m/s) e 9) Média anual da Amplitude Térmica (ºC). Na sequência, analisou-se as condicionantes climáticas mais extremas em relação à exposição ao frio ou calor dentro de

cada zoneamento bioclimático representativo do estado de Minas Gerais. Quanto à relevância das cidades, analisar-se-á os dados populacionais, econômicos, entre outros que se mostrarem necessários para fundamentar tal escolha. Nesta etapa serão utilizados os dados do censo realizado em 2022 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, [202-]). Maiores informações podem ser consultadas na Tabela 3 do Apêndice A (CEFET MG, 2024).

2.2 Elaboração de arquivos climáticos futuros

As projeções foram auxiliadas pelo Future Weather Generator, para quatro cenários (otimista - *Shared Socioeconomic Pathways* - SSP1-2.6, realista - SSP2-4.5, ruim - SSP3-7.0 e pessimista - SSP5-8.5) para o ano de 2050 a partir da criação de base climática média do ano 2000. No otimista, após 2050 não haveria emissão de CO2 e o aumento da temperatura – T estabilizaria em 1,8°C. No realista a emissão de CO2 seria reduzida sem chegar a zero e aumento da T seria de 2,7°C até 2100. Nos outros dois a emissão de CO2 irá dobrar, até 2100 / 2050, e a T aumentaria 3,6 e 4,4°C, respectivamente (ADAI-UC; CESAM-UA, 2021).

Para a transformação dos dados selecionou-se o modelo EC-Earth3, grid Bilinear de interpolação, com método de cálculo de irradiação difusa de Engerer (2015), com ajuste de hora solar ByMonth. Na transição de dados entre os meses adicionou-se dois dias antes e depois do mês. O arquivo climático de entrada foi extraído da base Climate Onebuilding Organization (2024), conforme seleção de cidades. Adicionalmente, pode definir as horas para uma transição suave no final e no início de cada mês (não aplicável ao início de janeiro e ao final de dezembro). O aplicativo é executado em multithread por padrão (ADAI-UC; CESAM-UA, 2021). Os arquivos climáticos futuros gerados encontram-se disponíveis na plataforma Google Drive do grupo de pesquisa do CEFET MG (2024), para livre acesso.

2.3 Análise e discussão dos resultados

Os dados futuros obtidos foram comparados estatisticamente com aqueles de entrada, para uma cidade. Neste contexto, analisou-se a divergência entre os valores das variáveis relevantes para o contexto brasileiro (à exceção da Profundidade da neve), transformadas pelo método morphing, conforme indicado no Tabela 1 para os quatro cenários.

3 Resultados e Discussão

A NBR 15.220 parte 3 (2024) atualizou a classificação do zoneamento bioclimático brasileiro para 12 variações (ABNT TR, 2024) sendo que Minas Gerais abrange oito dessas (Tabela 2) à

exceção das zonas 1R (Muito fria c/ inverno rigoroso), 2R (Fria c/ inverno rigoroso), 6A (Muito quente e úmida) e 6B (Muito quente e seca) não tiveram representantes mineiras.

Tabela 2: Classificação bioclimática das cidades mineiras com arquivos climáticos disponíveis (TMY).

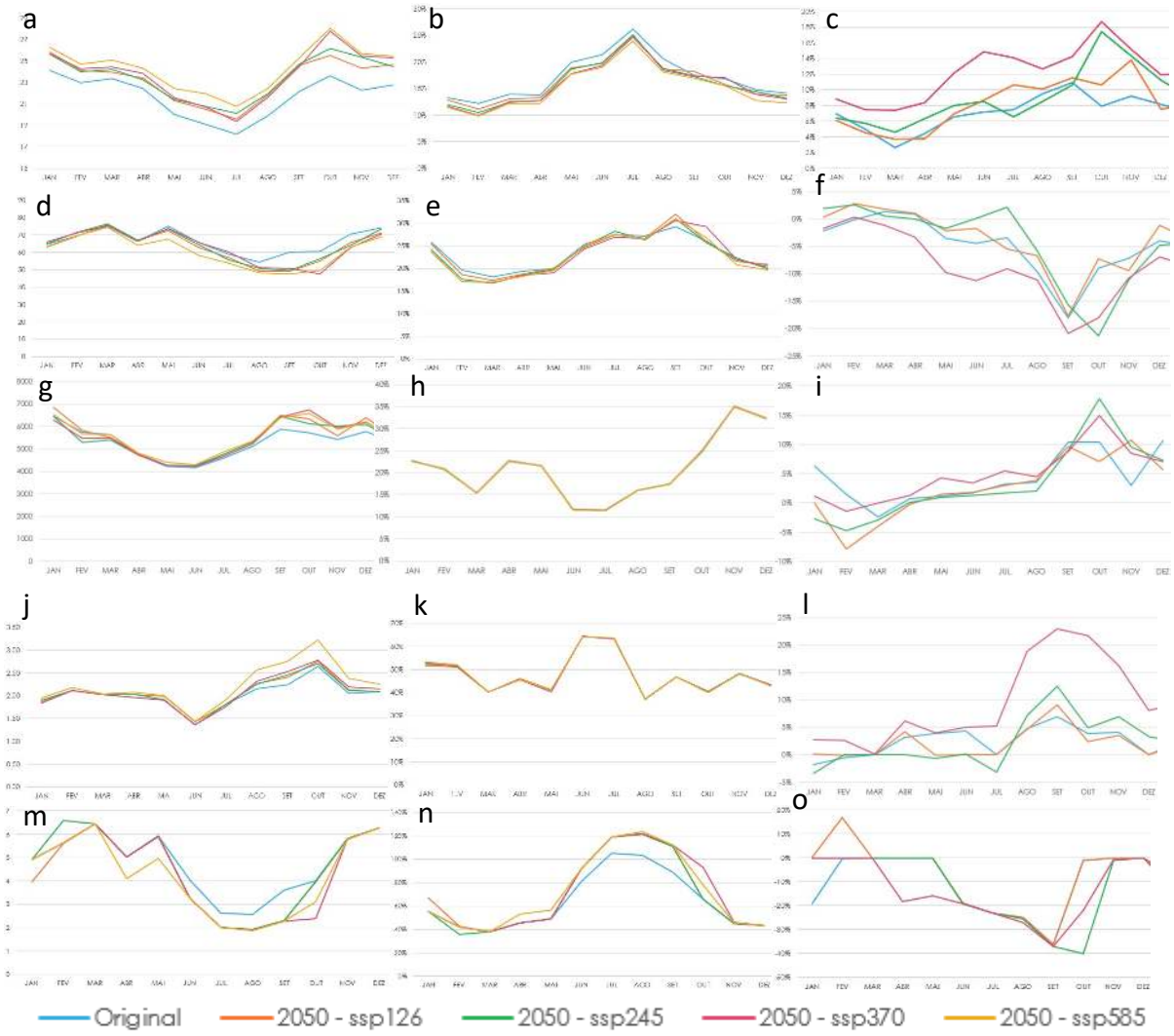
Clima	Nº Selecionado/Total	Cidades mineiras selecionadas
1M	02/03	Maria da Fé e Ouro Branco
2M	05/15	Barbacena, Ibirité, Juiz de Fora, São João Del Rei e Viçosa
3A	01/01	Florestal
3B	06/15	Águas Vermelhas, Araxá, BH (Pampulha), BH (Carlos Prates), Lagoa Santa e Uberlândia
4A	02/04	Aimorés e Teófilo Otoni
4B	04/21	Curvelo, Governador Valadares, Montes Claros e São Romão
5A	01/01	Almenara
5B	01/04	Januária
Total:	22/64	-

Fonte: Adaptado de ABNT (2024) e Climate OneBuilding Organization (2024).

Para efeito de comparação da variação dos dados transformados via morphing para 2050, fez-se um recorte para a cidade de Belo Horizonte (Pampulha). Neste contexto, as Temperaturas de Bulbo Seco - TBS apresentaram uma tendência de aumento proporcional entre os quatro cenários com maior coeficiente de variação - CV nos meses com as TBS mais baixas, junho a agosto e, maiores percentuais de variação - PV em outubro, quando as temperaturas atingiram os valores médios mais elevados (Figura 1a-c). A Umidade Relativa - UR reduziu proporcionalmente entre os quatro cenários apresentando maior CV nos meses de junho a outubro sendo seu ápice de queda nos meses em que a TBS média se mostrou mais elevada (setembro/outubro), quando o PV evidenciou o maior pico de queda (Figura 1d-f). No que tange a Radiação Horizontal Global - RHG, o cenário SSP2-4.5 apresentou uma queda maior durante os meses mais quentes (janeiro a março) atingindo o maior decréscimo de PV em fevereiro ao passo que o SSP3-7.0 atingiu os maiores valores nos meses de setembro e outubro, alcançando o maior acréscimo de PV em outubro. O CV, por outro lado, se mostrou semelhante em todos os cenários (Figura 1g-i). Quanto à Velocidade do Vento - VV, a os valores foram aumentando gradualmente entre os quatro cenários apresentando maior CV entre os meses mais frios (maio a agosto), porém com menores PVs. O maior PV ocorreu em setembro no SSP5-8.5 (Figura 1j-l), acompanhando a tendência de aumento nas TBSs. Em relação à Cobertura Total do Céu - CTC, verifica-se um aumento desta condição no período de verão e uma redução no inverno (Figura 1 m-o), conforme tendência da profundidade da precipitação líquida. O cenário de 2080, bem como os resultados obtidos para as

Temperaturas de bulbo úmido, Pressão atmosférica e Profundidade de precipitação líquida serão apresentadas apenas no Apêndice A (CEFET MG, 2024).

Figura 1: Média mensal - MM (a) Coeficiente de variação - CV (b) e percentual de variação - PV (c) da TBS; MM (d), CV (e) e PV (f) da UR; MM (g), CV (h) e PV (i) da RHG, MM (j), CV (k) e PV (l) da VV; MM (m), CV (n) e PV (o) da CTC.



Fonte: Autor (2025, p. 10).

Desta forma, verifica-se um potencial aumento do desconforto térmico por calor e stress térmico em virtude do decréscimo da UR (exceto nos meses de janeiro e fevereiro do cenário SSP2-4.5 e 3-7.0) e aumento na média de TBS até mesmo no inverno, porém com maior

intensidade na primavera na qual verifica-se, também, maior incidência de RHG e VV. O aumento da cobertura total de céu no verão, outono e inverno propiciou menor incidência da RHG, mas não evitou o aumento de temperatura ao longo de todo o ano.

A limitação do arquivo climático original, ao desconsiderar os eventos extremos, pode comprometer a previsão futura na qual estes eventos tendem a ser mais frequentes. Adicionalmente, os dados meteorológicos de entrada haviam sido atualizados até o ano de 2023, contudo, no processo de transformação dos dados, a atualização posterior a 2018 não foi considerada na projeção o que se mostra como uma limitação significativa, considerando que as temperaturas nos últimos anos têm se mostrado cada vez mais elevadas, podendo, portanto, subestimar as tendências mais recentes de alterações e mudanças climáticas (Rodrigues, Fernandes; Carvalho, 2023). Assim, apesar das médias horárias de temperaturas máximas e mínimas diárias do ar no verão e no inverno serem calculadas entre 2004 e 2018 (ADAI-UC; CESAM-UA, 2021), ainda sim as projeções climáticas futuras se mostram relevantes para estudos de aumento da necessidade de resfriamento e/ou aquecimento, consumo de energia, medidas de eficiência (envelope, aparelhos, sistemas), geração de energia renovável ou mesmo auxiliar diretrizes de projeto considerando a vida útil de 50 anos das edificações (D'agostino *et al*. 2022; Casagrande; Alvarez, 2013). Contudo, a aplicação deste método de geração de arquivo futuro para análises e previsão de consumo de energia para climatização e/ou condições de conforto ambiental deve ser cautelosa uma vez que a desconsideração dos dados mais recentes e extremos pode ocasionar distorções nos valores transformados via morphing, já que a previsão e a ocorrência de eventos extremos (TBS e precipitação) não seriam objeto dos seus resultados. Ademais, em centros urbanos mais adensados, as aproximações calculadas nestes arquivos podem ser difíceis de validar uma vez que o fenômeno das ilhas de calor se faz ainda mais presente nestes casos.

4 Conclusões

O método morphing se mostrou coerente ao longo do processo conforme relação entre as variáveis climáticas atuais e projetadas. A possibilidade de analisar os quatro cenários (otimista, realista, ruim e pessimista) e dois anos futuros (2050 e 2080) possibilita atualização da base de dados climáticos e análises mais apuradas das condicionantes meteorológicas locais. Porém, a representação de especificidades urbanas mais recentes se mostra limitada, além da base de dados destes arquivos ser proveniente de estações meteorológicas localizadas em aeroportos. Assim, diante da limitação temporal e espacial do método de

transformação destes dados via morphing, a consideração de ilhas de calor conforme a densidade e o potencial amortecimento do entorno pode complementar a geração de arquivos futuros. Trabalhos futuros direcionados podem auxiliar na melhoria da representatividade e precisão das variáveis climáticas urbanas projetadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET MG, à CAPES e à FAPEMIG pelo apoio durante a realização dessa pesquisa.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15220** – Desempenho térmico de edificações - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ABNT. Relatório Técnico: **TR 15220-3-1** – Região Sudeste. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL AERODYNAMICS OF THE UNIVERSITY OF COIMBRA - ADAI-UC; CENTRE FOR ENVIRONMENTAL AND MARINE STUDIES AT THE UNIVERSITY OF AVEIRO - CESAM-UA. Future Weather Generator developed under the CLING Project, supported by the Portuguese Foundation for Science and Technology with grant number PTDC/EME-REN/3460/2021, 2021. Disponível em: https://future-weather-generator.adai.pt/. Acesso em: 10 jan. 2025.

BRACHT, Matheus K. *et al*. Multiple regional climate model projections to assess building thermal performance in Brazil: Understanding the uncertainty. **Journal of Building Engineering**. Amsterdam: Elsevier, v. 88, p. 109248, 2024.

CASAGRANDE, B. G.; ALVAREZ, C. E. Preparação de arquivos climáticos futuros para avaliação dos impactos das mudanças climáticas no desempenho termoenergético de edificações. **Ambiente Construído**. Porto Alegre: ANTAC, v. 13, p. 173-187, 2013.

CEFET MG - Departamento de Engenharia Civil e Mecânica: Projeto PVC00199-2023. Arquivos climáticos futuros e de ilha de calor urbanas para Minas Gerais. Belo Horizonte: DEC/DEM CEFET MG, 2024. Disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1HUX4V4WF9jx4UAIg2mN2vAR_pXB5X5HZ.

CLIMATE ONEBUILDING ORGANIZATION. USA, 2024. Disponível em: https://climate.onebuilding.org/. Acesso em: 10 jan. 2025.

CRAWLEY, D. B.; LAWRIE, L. K. Our climate conditions are already changing – Should we care? Building Services Engineering Research and Technology. New York: SAGE, v. 42(5):507-516, 2021.

CRAWLEY, D; LAWRIE, L. Should We Be Using Just 'Typical' Weather Data in Building Performance Simulation? In: 16th Conference of IBPSA, Rome, 2019. **Proceedings of Building Simulation 2019…** Rome: IBPSA, 2019, pp. 4801–4808.

D'AGOSTINO, D.; PARKER, D.; EPIFANI, I.; CRAWLEY, D.; LAWRIE, L. Datasets on Energy Simulations of Standard and Optimized Buildings under Current and Future Weather Conditions across Europe. **Data**. Basel: MDPI, v. 7(5) 66, 2022.

D'AMICO, F. C. Arquitectura bioclimática, conceptos básicos y panorama actual. **Boletín CF+ S**. Madrid: PoliRED, n. 14, 2014.

GASPARELLA, A.; CRAWLEY, D. B.; PERNIGOTTO, G.; Prada, A.; LAWRIE, L. K. Extreme Weather Data in Building Performance Simulation. In: 17th Conference of IBPSA, Bruges, 2021. **Proceedings of Building Simulation 2021…** Bruges: IBPSA, 2021, pp. 894-901.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Buscar - Cidades e estados – Minas Gerais. Rio de Janeiro, [202-]. Disponível em: https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg.html. Acesso em: 10 jan. 2025.

KRELLING, A. F.; LAMBERTS, R.; MALIK, J.; HONG, T. A simulation framework for assessing thermally resilient buildings and communities. **Building and Environment**. Amsterdam: Elsevier, v. 245, 2023, p. 110887.

RODRIGUES, Eugénio; FERNANDES, Marco S.; CARVALHO, David. Future weather generator for building performance research: An open-source morphing tool and an application. **Building and Environment**. Amsterdam: Elsevier, v. 233, p. 110104, 2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP (2024). **UNEP's Emissions Gap Report 2024**: No more hot air … please! With a massive gap between rhetoric and reality, countries draft new climate commitments. Nairobi: UNEP, 2024. 15th ed.