



Arquitetura Bioclimática em Edifícios Universitários: Uma Revisão Sistemática de Literatura

Nicolý Gonçalves da Silveira Santos

Mestranda, UFRJ, Brasil
nicoly.silveira@fau.ufrj.br
ORCID iD: 0009-0001-9593-795X

Patrizia Di Trapano

Professora Doutora, UFRJ, Brasil
patrizia.trapano@fau.ufrj.br
ORCID iD: 0000-0002-3269-7282

Virgínia Maria Nogueira de Vasconcellos

Professora Doutora, UFRJ, Brasil
virginia.vasconcellos@fau.ufrj.br
ORCID iD: 0000-0003-0740-8474



Arquitetura Bioclimática em Edifícios Universitários: Uma Revisão Sistemática de Literatura

RESUMO

Objetivo - Analisar como a arquitetura bioclimática vem sendo aplicada em edifícios universitários, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), considerando a relevância desse tipo de edificação como espaços de permanência e formação de valores, bem como sua contribuição frente aos desafios das mudanças climáticas.

Metodologia - O estudo foi estruturado a partir de um protocolo de RSL que incluiu a definição da questão norteadora, a seleção das bases de dados (Scopus, Web of Science, SciELO e Periódicos CAPES), os critérios de inclusão e exclusão, além da análise quali-quantitativa dos estudos selecionados.

Originalidade/relevância - Em um cenário de crescente preocupação com os efeitos das mudanças climáticas sobre a saúde e o bem-estar humano, esse trabalho contribui para a discussão, ao destacar a importância de estratégias projetuais, para ampliação da resiliência climática nos espaços acadêmicos, a fim de promover ambientes mais saudáveis e sustentáveis.

Resultados - Foi identificado que a arquitetura bioclimática é abordada de forma funcional, com ênfase no conforto térmico, eficiência energética e adequação às condições climáticas, com a ocorrência de menções ao retrofit sustentável, ao uso de simulações computacionais, certificações ambientais e estratégias passivas.

Contribuições teóricas/metodológicas - O estudo reforça a relevância do uso da RSL como ferramenta para sistematizar o conhecimento existente e evidenciar tendências, metodologias recorrentes e lacunas de pesquisa relacionadas à arquitetura bioclimática em universidades, integrando dimensões de saúde, resiliência climática e sustentabilidade.

Contribuições sociais e ambientais - Os achados apontam para a necessidade de incorporar soluções bioclimáticas em projetos universitários, ampliando a eficiência energética, a qualidade do ambiente construído e a promoção da saúde e bem-estar dos usuários, fortalecendo a resiliência socioambiental das instituições de ensino superior.

PALAVRAS-CHAVE: Arquitetura Bioclimática. Edifícios Universitários. Revisão Sistemática de Literatura (RSL).

Bioclimatic Architecture in University Buildings: A Systematic Literature Review

ABSTRACT

Objective – To analyze how bioclimatic architecture has been applied in university buildings through a Systematic Literature Review (SLR), considering the relevance of this type of facility as spaces of permanence and value formation, as well as their contribution to addressing the challenges of climate change.

Methodology – The study was structured based on an SLR protocol that included the definition of the guiding question, the selection of databases (Scopus, Web of Science, SciELO, and CAPES Journals), the inclusion and exclusion criteria, and the qualitative-quantitative analysis of the selected studies.

Originality/Relevance – In a context of growing concern about the effects of climate change on human health and well-being, this work contributes to the debate by highlighting the importance of design strategies to enhance climate resilience in academic spaces, fostering healthier and more sustainable environments.

Results – It was found that bioclimatic architecture is generally addressed in a functional way, with emphasis on thermal comfort, energy efficiency, and adaptation to climatic conditions, with recurrent references to sustainable retrofit, computational simulations, environmental certifications, and passive strategies.

Theoretical/Methodological Contributions – The study reinforces the relevance of using SLR as a tool to systematize existing knowledge and to highlight trends, recurring methodologies, and research gaps related to bioclimatic architecture in universities, while integrating dimensions of health, climate resilience, and sustainability.

Social and Environmental Contributions – The findings indicate the need to incorporate bioclimatic solutions in university projects, enhancing energy efficiency, built environment quality, and the promotion of users' health and well-being, while strengthening the socio-environmental resilience of higher education institutions.

KEYWORDS: Bioclimatic Architecture. University Buildings. Systematic Literature Review (SLR).

Arquitetura Bioclimática em Edifícios Universitários: Uma Revisão Sistemática de la Literatura

RESUMEN

Objetivo – Analizar cómo la arquitectura bioclimática ha sido aplicada en los edificios universitarios mediante una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), considerando la relevancia de este tipo de edificaciones como espacios de permanencia y formación de valores, así como su contribución frente a los desafíos del cambio climático.

Metodología – El estudio se estructuró a partir de un protocolo de RSL que incluyó la definición de la pregunta orientadora, la selección de bases de datos (Scopus, Web of Science, SciELO y Periódicos CAPES), los criterios de inclusión y exclusión, además del análisis cualitativo-cuantitativo de los estudios seleccionados.

Originalidad/Relevancia – En un contexto de creciente preocupación por los efectos del cambio climático sobre la salud y el bienestar humano, este trabajo contribuye al debate al resaltar la importancia de las estrategias proyectuales para ampliar la resiliencia climática en los espacios académicos, promoviendo entornos más saludables y sostenibles.

Resultados – Se identificó que la arquitectura bioclimática suele abordarse de manera funcional, con énfasis en el confort térmico, la eficiencia energética y la adecuación a las condiciones climáticas, con menciones recurrentes al *retrofit* sostenible, al uso de simulaciones computacionales, certificaciones ambientales y estrategias pasivas.

Contribuciones Teóricas/Metodológicas – El estudio refuerza la relevancia del uso de la RSL como herramienta para sistematizar el conocimiento existente y evidenciar tendencias, metodologías recurrentes y vacíos de investigación relacionados con la arquitectura bioclimática en universidades, integrando dimensiones de salud, resiliencia climática y sostenibilidad.

Contribuciones Sociales y Ambientales – Los hallazgos señalan la necesidad de incorporar soluciones bioclimáticas en los proyectos universitarios, aumentando la eficiencia energética, la calidad del ambiente construido y la promoción de la salud y el bienestar de los usuarios, fortaleciendo la resiliencia socioambiental de las instituciones de educación superior.

PALABRAS CLAVE: Arquitectura Bioclimática. Edifícios Universitários. Revisión Sistemática de la Literatura (RSL).

RESUMO GRÁFICO

Figura 1 – Resumo Gráfico



Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).



1 INTRODUÇÃO

Os efeitos de décadas de ocupação urbana sem planejamento ambiental são perceptíveis em escala global, impulsionando a adoção de estratégias projetuais mais sustentáveis (UN-Habitat, 2020). Nesse cenário, a arquitetura bioclimática ganha destaque por integrar a edificação ao meio ambiente, priorizando o conforto dos usuários, a eficiência no uso de recursos e a mitigação de impactos ambientais. Por se basear nas características climáticas locais, essa abordagem promove o aproveitamento passivo dos recursos naturais, reduz o consumo energético e as emissões de CO₂, podendo, inclusive, eliminar a necessidade de sistemas artificiais de climatização (Meulam *et al.*, 2020).

No contexto das edificações universitárias, a aplicação dos princípios da arquitetura bioclimática revela-se especialmente relevante, considerando que esses espaços configuram ambientes arquitetônicos complexos, destinados à produção de conhecimento, ao estímulo às interações sociais e ao desenvolvimento cultural. Trata-se de locais que devem atender de forma eficiente às necessidades de seus diversos usuários (discentes, docentes, técnicos e a comunidade em geral), que permanecem nesses ambientes por longos períodos e em diferentes horários. Dessa forma, é fundamental garantir condições adequadas de bem-estar, diretamente associadas ao conforto ambiental, com ênfase nos aspectos térmico e lumínico (Heichard, 2023).

A incorporação de estratégias bioclimáticas em edificações universitárias promove soluções sustentáveis que contribuem para a mitigação dos impactos ambientais e para a otimização do desempenho dessas construções. Além disso, tais estratégias favorecem a qualidade dos espaços acadêmicos, proporcionando ambientes mais saudáveis, confortáveis e acolhedores, adequados às diversas atividades que neles se desenvolvem.

Cabe destacar, que o investimento em soluções bioclimáticas no ambiente universitário, também pode ser uma forma de conscientização da comunidade acadêmica, sobre a importância da sustentabilidade no espaço construído, uma missão de extrema relevância, sobretudo ao se considerar que a universidade transcende a função de espaço físico: trata-se de uma instituição educativa que deve, prioritariamente, liderar pelo exemplo, promovendo práticas que forneçam valores sustentáveis e responsáveis perante a sociedade (Amaral *et al.*, 2015).

Diante desse panorama, este artigo tem como objetivo analisar a produção acadêmica sobre o uso da arquitetura bioclimática aplicada em edifícios universitários, identificando os principais aspectos discutidos, sobre o tema, de 2020 a 2025. A escolha por esse recorte justifica-se pela necessidade de compreender como as estratégias bioclimáticas têm sido integradas a espaços acadêmicos, especialmente aqueles que concentram grande fluxo de indivíduos e desempenham papel central na formação de valores sustentáveis. Busca-se responder à seguinte questão: “De que maneira a literatura científica aborda a aplicação da arquitetura bioclimática aos edifícios universitários e quais aspectos foram mais debatidos nos últimos anos?”

Para alcançar tal propósito, realizou-se uma revisão sistemática da literatura (RSL), método que busca mapear, agregar e avaliar criticamente estudos relevantes, identificando



lacunas a serem preenchidas (Heichard, 2023). Essa abordagem permitiu construir um panorama consistente sobre a temática, baseado em evidências científicas, através da adoção critérios rigorosos de seleção, priorizando estudos recentes, de acesso completo e com foco na aplicação da arquitetura bioclimática em edificações universitárias. Essa escolha visou oferecer uma análise abrangente e atualizada sobre práticas, tendências e oportunidades do campo, contribuindo para pesquisas futuras e projetos mais sustentáveis e eficientes.

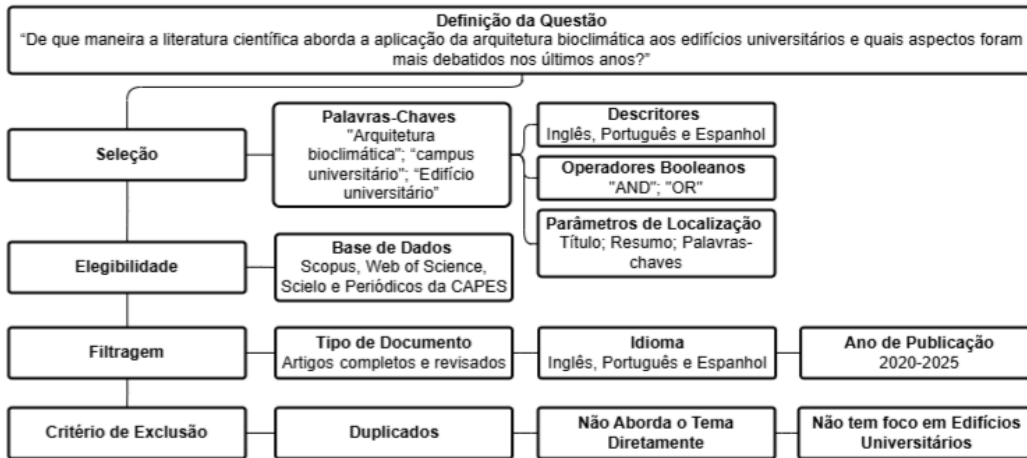
2 METODOLOGIA

Para a condução da pesquisa, foi adotado uma RSL, baseada na técnica aplicada por Carvalho *et al.* (2022), para analisar a abordagem simultânea de mudanças climáticas, cidade, edifício e desempenho termo energético. O roteiro metodológico foi organizado em três etapas principais: [1] Definição do protocolo de pesquisa, com a delimitação de uma questão clara a ser respondida pelo estudo, seguindo para a definição dos termos de seleção dos artigos, escolha das bases conceituais de pesquisa e estabelecimento dos critérios de filtragem e exclusão para definição do acervo; [2] Síntese dos dados e resultados, etapa em que os artigos selecionados foram lidos e analisados, com destaque para os principais achados na literatura; [3] Conclusão, com o objetivo de responder à pergunta de pesquisa e apresentar observações baseadas nas evidências reunidas ao longo da revisão.

2.1 Definição do Protocolo de Pesquisa

Para a definição das diferentes etapas do protocolo da revisão, utilizou-se como referência a adaptação do fluxograma proposto por Carvalho *et al.* (2022), cujo objetivo é organizar e sistematizar de forma clara e objetiva as diversas fases envolvidas no processo de construção da pesquisa que desenvolve. Esse modelo metodológico fornece uma estrutura lógica e sequencial que orienta desde a formulação da pergunta de pesquisa até a fase final de seleção dos artigos. Com base nessa adaptação, foi desenvolvido um protocolo específico para esta pesquisa, considerando suas particularidades temáticas e objetivos analíticos. Esse protocolo orientou a primeira parte da pesquisa, assegurando a transparência, a reprodutibilidade e o rigor metodológico do estudo, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Protocolo metodológico adotado na presente Revisão Sistemática de Literatura.



O ponto de partida da pesquisa foi a formulação clara de uma pergunta norteadora, que orientou todas as decisões metodológicas ao longo do estudo: “De que maneira a literatura científica aborda a aplicação da arquitetura bioclimática aos edifícios universitários e quais aspectos foram mais debatidos nos últimos anos?”. Na fase seguinte, foram definidos os critérios de seleção a partir do uso de palavras-chave específicas diretamente relacionadas ao tema da pesquisa, sendo elas: “arquitetura bioclimática”, “Campus universitário” e “Edifício universitário” com tradução para inglês (“bioclimatic architecture”, “university campus” e “university building”) e para o espanhol (“arquitectura bioclimática”, “campus universitario” e “edificio universitario”), combinadas por meio de operadores booleanos (“AND”, “OR”) e aplicadas aos campos de título, resumo e palavras-chave, garantindo a seleção de estudos mais aderentes ao escopo da pesquisa. Foram utilizadas as plataformas Scopus, Web of Science, Scielo e Periódicos da Capes, como bases de dados, por serem plataformas de busca, reconhecidas por sua relevância e abrangência na indexação de produções científicas de alto impacto no contexto nacional e internacional.

A partir do levantamento inicial foram aplicados filtros específicos com o objetivo de refinar a amostra e garantir a qualidade dos estudos incluídos na revisão, são eles: artigos completos e revisados por pares, assegurando rigor científico e confiabilidade nas informações analisadas; publicações disponíveis em um dos três idiomas previamente estabelecidos (inglês, espanhol ou português); com data de publicação a partir do ano de 2020, no intuito de garantir a atualidade dos dados.

Quanto aos critérios de exclusão adotados, foram desconsiderados artigos duplicados para evitar redundâncias e garantir a originalidade das fontes. Em seguida, excluíram-se os estudos que não abordavam diretamente a temática proposta ou que apresentavam apenas menções superficiais à arquitetura bioclimática, sem aprofundamento teórico ou prático relevante para construir um panorama da temática. Também foram retirados os trabalhos que tratavam da aplicação do bioclimatismo em contextos, como: edificações residenciais, comerciais ou industriais, por não apresentarem relação direta com o ambiente universitário, que constitui o propósito central da análise realizada neste estudo.



A fim de garantir maior imparcialidade no processo de exclusão, todos os títulos e resumos dos artigos foram previamente traduzidos, eliminando possíveis vieses linguísticos. Também foram ocultadas informações sobre o país de origem e o idioma original das publicações, contribuindo para uma análise neutra e focada no conteúdo. Para manter a homogeneidade temporal e equilibrar a análise da produção científica, optou-se por distribuir os artigos selecionados de forma proporcional ao longo dos anos do recorte estabelecido (2020-2025), essa escolha evitou a concentração de estudos em determinados períodos e permitiu observar a evolução da temática ao longo do tempo.

2.2 Síntese dos Dados e Resultados

Após a aplicação da primeira etapa do protocolo de pesquisa, como resultado bruto, foram encontrados 3 artigos na base Scopus, 1.009 artigos na Web of Science, 64 artigos no SciELO e 3.076 artigos na base de Periódicos da CAPES, totalizando 4.152 publicações. Em seguida, após a filtragem dos dados de acordo com os critérios previamente estabelecidos, como artigos completos, revisados por pares, publicados entre os anos de 2020 e 2025, e redigidos em um dos três idiomas especificados (inglês, espanhol ou português), o número de artigos foi reduzido para 1.077. Na etapa seguinte, foram removidos os artigos duplicados, resultantes da sobreposição entre bases, bem como aqueles que, após leitura dos títulos e resumos, não abordavam diretamente o tema da pesquisa, resultando em uma redução do acervo para 38 publicações. A partir desse conjunto, foi realizada uma leitura aprofundada dos resumos e dos objetivos de cada artigo, com o intuito de identificar aqueles que abordavam, de forma clara e direta, a aplicação da arquitetura bioclimática em edificações universitárias. Essa etapa final de triagem resultou na seleção de 15 artigos que atenderam integralmente aos critérios previamente definidos, como exemplificado no Quadro 1.



Quadro 1 - Síntese dos artigos selecionados

Idio.	Autor (Ano)	Local de foco (Clima)	Objetivo
IN	Ahmed <i>et al.</i> (2025)	Universidades do Egito ou de climas semelhantes (Quente)	Propor uma estrutura integrada baseada em revisão, para retrofit sustentável em faculdades.
IN	Belland <i>et al.</i> (2025)	Norwegian University of Science and Technology (NTNU) - Noruega (Frio)	Investigar se a proteção patrimonial limita o processo de modernização para eficiência energética.
ES	Giraldo-Castañeda <i>et al.</i> , (2024)	Universidad del Valle - Colômbia (Quente)	Avaliar o patrimônio construído considerando a relação sol-edifício.
IN	Barbosa <i>et al.</i> (2024)	Universidade Estadual de Campinas - Brasil (Quente)	Análise da eficiência energética e conforto térmico em prédio de ensino superior.
IN	Qahtan (2024)	Najran University - Arábia Saudita (Quente)	Avaliar o equilíbrio entre estética e conforto térmico em espaços que utilizam o vidro duplo low-E e persianas internas.
IN	Arafat <i>et al.</i> (2023)	Universidades do Egito ou de climas semelhantes (Quente)	Customizar o sistema Green Pyramid Rating System (GPRS), para avaliação de sustentabilidade em edifício universitário.
IN	Izzati <i>et al.</i> (2023)	Universiti Teknologi Malaysia (UTM) e Universiti Malaysia Pahang (UMP) - Malásia (Quente)	Estudar o conforto térmico a partir da percepção dos usuários, e propor um modelo adaptativo.
IN	Liu e Wang, (2022)	Universidades no norte da China (Frio)	Propor um método baseado em Green BIM e na norma GB/T 50378-2019 para avaliação de três edifícios universitários.
IN	Duarte e Rosa-Jiménez, (2022)	Universidad de Málaga - Espanha (Quente)	Determinar quais estratégias de reforma nZEB tem melhor custo-benefício para edifícios universitários espanhóis.
ES	Castillo <i>et al.</i> , (2021)	Universidad Tecnológica do Panamá (Quente)	Avaliação e recomendação de estratégias bioclimáticas para edifício universitário.
IN	Galiano-Garrigós <i>et al.</i> (2021)	Universidad de Alicante (UA) - Espanha (Quente)	Análise do desempenho do Cypetherm HE Plus, o aplicando em um estudo de caso.
PT	Santos e Faria, (2021)	Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Brasil (Quente)	Compreender como o comportamento do usuário pode atrapalhar o funcionamento de estratégias bioclimáticas.
PT	Santos (2020)	Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) - Brasil (Quente)	Analisar e propor soluções bioclimáticas que proporcionem maior eficiência energética.
IN	Yehia <i>et al.</i> , (2020)	12 Universidades analisadas	Análise da envoltória de diferentes com intuito de avaliar as novas tecnologias de melhoria do ambiente interno.
IN	Alapati <i>et al.</i> (2020)	KL University (KLEF) - Índia (Quente)	Estudo da obtenção de certificação LEED para o Bloco SDC da KLEF.

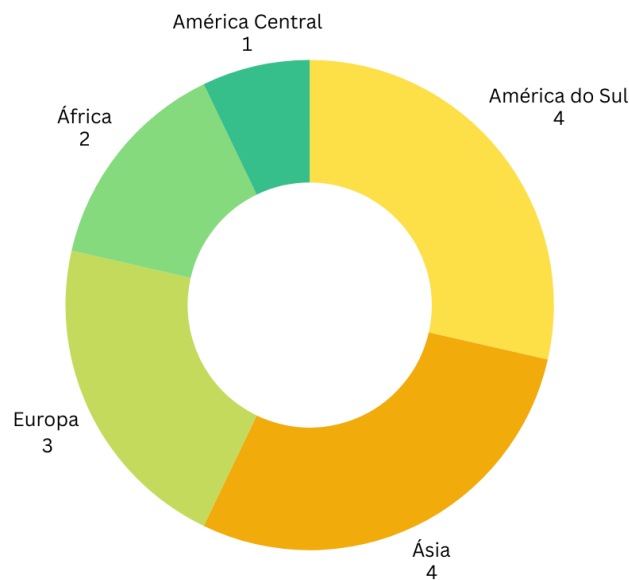
Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

Ressalta-se ainda que para a análise dos conteúdos, foi elaborado um protocolo de leitura estruturado, no qual todos os 15 artigos selecionados, foram lidos completamente e examinados segundo categorias previamente definidas, de modo a garantir a sistematização do processo. Entre as categorias analisadas destacam-se: (I) autor/ano; (II) local de estudo; (III) objetivos; (IV) metodologia empregada; (V) idioma; (VI) clima de referência; (VII) estratégias bioclimáticas identificadas; (VIII) metodologia utilizada; (IX) palavras-chave; (X) comentários

relevantes. A partir dessa matriz de análise, as informações foram organizadas e refinadas para fossem apresentadas em quadros e tabelas sínteses, permitindo a identificação de padrões, convergências e lacunas nos estudos revisados.

A partir da compilação dos dados, foi observado que grande parte dos artigos selecionados foram publicados em inglês (11), número expressivamente superior às publicações de artigos em português (2) e espanhol/ (2). No entanto, esse predomínio do idioma, não implica necessariamente que os estudos tenham sido realizados em países de língua inglesa. Há uma distribuição geográfica diversa, com destaque para artigos sul-americanos (4), asiáticos (4), europeus (3), africanos (2), centro-americanos (1) e um artigo abrangendo múltiplas regiões, como apresentado pela figura 3.

Figura 3 – Separação de artigo por continente de origem



Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

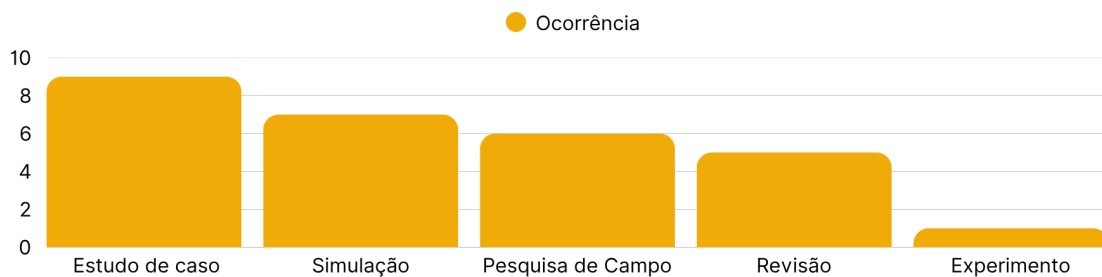
Essa diversidade regional evidencia um interesse global pela temática da arquitetura bioclimática, voltada ao desempenho ambiental e ao conforto em edificações universitárias, embora a predominância de publicações em inglês reflita, sobretudo, a preferência por veículos de divulgação científica internacionais, que adotam esse idioma como padrão de comunicação acadêmica.

Quanto aos climas abordados, predominam os estudos focados em regiões de clima quente, totalizando 12 artigos que tratam do contexto de universidades em clima quente, como árido, tropical, subtropical, equatorial e mediterrâneo, um grande contraste em comparação a apenas 2 artigos em climas frios, especificamente subártico e temperado frio. Essa diferença sugere uma possível maior demanda ou complexidade na formulação de estratégias de conforto térmico e eficiência energética em climas quentes, onde o controle térmico tende a ser desafiador devido às elevadas temperaturas e à intensa radiação solar.

A análise também revelou dois enfoques temáticos mais debatidos entre os autores: o primeiro consiste na aplicação da arquitetura bioclimática voltada à promoção do conforto térmico e da eficiência energética dos edifícios, buscando melhorar o desempenho do ambiente de maneira mensurável. O segundo enfoque mais recorrente trabalha esse tipo de arquitetura com foco no conforto ambiental de forma mais ampla, frequentemente o associando à qualidade dos espaços e à compreensão das percepções subjetivas dos usuários sobre o bem-estar.

Em complemento à investigação, a Figura 4 apresenta as metodologias adotadas nos artigos selecionados, evidenciando a predominância do Estudo de Caso (9), seguido por Simulação (7) e Pesquisa de Campo (6), sendo as abordagens de Revisão Bibliográfica (5) e Experimento (1) menos frequentes dentro desse acervo. É importante destacar que, em muitos estudos, essas metodologias foram aplicadas de forma combinada, o que contribuiu para uma pesquisa sólida e coerente.

Figura 4 – Metodologia utilizada pelos autores dos artigos analisados por número de ocorrência

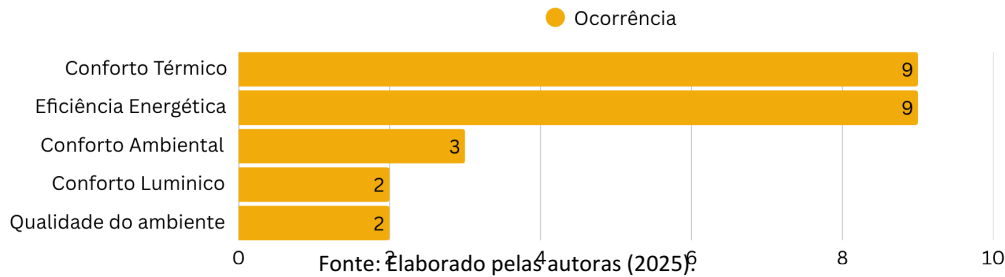


Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

Após a construção desse panorama metodológico, foi possível perceber indícios de uma preferência por pesquisas que adotam análises fundamentadas em cenários próximos à realidade, como o uso combinado de estudo de caso e simulação, uma abordagem que se mostra especialmente útil, para avaliação do desempenho térmico e da eficiência energética de estratégias bioclimáticas em loco.

A partir da análise dos tipos de conforto abordados, observou-se uma predominância de estudos voltados ao conforto térmico (9) e à eficiência energética (9), ambos representando o maior número de ocorrências, o que reflete a relevância dessas dimensões na avaliação do desempenho ambiental de edificações universitárias, por estarem diretamente relacionadas à adaptação climática e à redução do consumo energético, como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Tipo de conforto e Eficiência energética por número de menção nos artigos

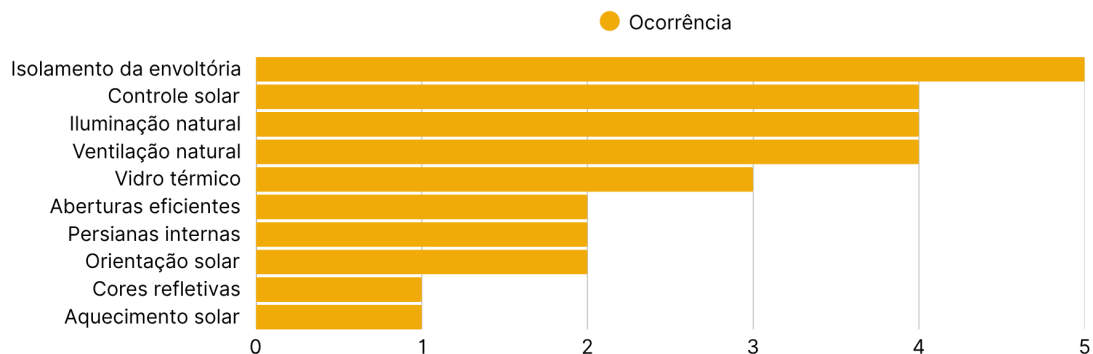


Nota-se, ainda, que diversos artigos exploram simultaneamente mais de um tipo de conforto, o que evidencia uma tendência de integração entre parâmetros de desempenho, especialmente entre conforto térmico e eficiência energética (Ahmed et al., 2025; Bjelland et al., 2025; Barbosa et al., 2024; Castillo et al., 2021; Galiano-Garrigós et al., 2021). Em menor proporção, surgem estudos que tratam o conforto ambiental (3) de forma abrangente, buscando contemplar múltiplos aspectos do ambiente interno, enquanto outros se concentram na qualidade do ambiente (2), cuja abordagem é mais sistêmica, considerando fatores que extrapolam o conforto dos usuários, como qualidade do ar, escolha de materiais e impactos ambientais ao longo do ciclo de vida da edificação, bem como aspectos subjetivos ligados ao bem-estar dos indivíduos. Observa-se também que nenhum dos artigos analisados abordou o conforto acústico como um desdobramento específico da pesquisa, restringindo-se a mencioná-lo apenas dentro da categoria de conforto ambiental.

Essa predominância de estudos voltados ao desempenho térmico e energético está diretamente alinhada aos princípios da arquitetura bioclimática, uma vez que essa vertente parte justamente da busca pelo equilíbrio entre conforto e eficiência como condição fundamental para a sustentabilidade das edificações. Desse modo, observa-se que todos os quinze estudos analisados se debruçam sobre a obtenção de ao menos uma dessas dimensões, evidenciando que o núcleo das investigações em arquitetura bioclimática permanece centrado na otimização do ambiente construído em resposta às condições climáticas locais e ao uso racional dos recursos naturais.

Também foram quantificadas as citações nos artigos às estratégias passivas de arquitetura bioclimática, conforme apresentado na Figura 6. Observa-se maior incidência de soluções como isolamento da envoltória (5); controle solar (4), o que inclui sombreamento, marquises e brises; iluminação natural (4); e ventilação natural (4). Entre as estratégias menos mencionadas encontram-se os vidros térmicos (3); aberturas eficientes (2); persianas internas (2); orientação solar (2); cores refletivas (1); e aquecimento solar passivo (1). Além das soluções passivas, os artigos dessa revisão, mencionam estratégias sustentáveis complementares, como as ativas (fotovoltaicos e eólica), híbridas ou tecnológicas (reuso de água e esgoto) e verdes (telhados e paredes com cobertura vegetal), reforçando a proposta de uma abordagem integrada como forma de potencializar a eficiência ambiental dos casos.

Figura 6 – Estratégia de arquitetura bioclimática passiva por número de ocorrência nos artigos



Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

3 CONCLUSÃO

A literatura científica recente, apresenta a arquitetura bioclimática como uma estratégia essencial, para qualificar o desempenho ambiental de edifícios universitários, em resposta às particularidades climáticas de cada local. As estratégias variam conforme o clima, sendo ele quente ou frio, mas compartilham o mesmo objetivo de aumentar a eficiência energética e melhorar o bem-estar dos usuários, se mostrando eficaz em ambos os climas. Em alguns estudos mais recentes, observa-se também uma ampliação do debate em direção ao conforto higrotérmico (Izzati et al., 2023), indicando uma abordagem mais sensível da arquitetura bioclimática, relacionando as condições internas dos ambientes com a percepção dos usuários, em uma busca por uma arquitetura adaptativa.

Dentro dessa mesma temática, o artigo de Santos e Faria (2021), reforça a relevância da relação entre usuário e desempenho ambiental das edificações, pois o seu comportamento dentro do edifício pode favorecer ou ir contra as estratégias bioclimáticas previstas na fase de projeto. Por exemplo, em um edifício projetado para ventilação cruzada, o hábito dos usuários de manter as janelas constantemente fechadas, ou a preferência por equipamentos de ar condicionado, pode comprometer totalmente a estratégia de resfriamento passivo, reduzindo o conforto ambiental e aumentando a dependência de sistemas artificiais de climatização. Da mesma forma, em ambientes concebidos para aproveitamento da luz natural, o uso excessivo de cortinas, a preferência por iluminação artificial durante o dia, ou o hábito de manter as luzes acesas, podem anular a estratégia de iluminação passiva, elevando o consumo energético e a temperatura do ambiente interno.

Portanto, se faz necessário integrar essas dimensões subjetivas às análises de conforto ambiental em universidades, pois o desempenho técnico, expresso em indicadores de eficiência energética ou de balanço térmico, não é suficiente para garantir ambientes saudáveis e adaptáveis às necessidades dos usuários. A partir dos artigos selecionados, nota-se que a percepção dos ocupantes, o conforto acústico, a qualidade do ar interno e até mesmo aspectos relacionados à sensação de pertencimento aos espaços configuram elementos indispensáveis para ampliar a compreensão da arquitetura bioclimática.



Desta forma, é importante incorporar metodologias participativas à estratégias bioclimáticas, que envolvam estudantes, professores e funcionários na avaliação dos ambientes, possibilitando captar nuances que dificilmente seriam identificadas apenas por meio de simulações computacionais ou medições técnicas, bem como utilizar métodos quantitativos e qualitativos, aliado ao monitoramento ambiental, questionários, entrevistas e observações in loco, para um diagnóstico pós-ocupação, para que assim se possa garantir a integração entre ciência, tecnologia e experiência humana, como um caminho estratégico para que as universidades avancem em direção a modelos arquitetônicos mais sustentáveis, resilientes e centrados no bem-estar coletivo.

Em um cenário de crescentes impactos ambientais e constantes avanços tecnológicos, torna-se indispensável investir em abordagens integradas, capazes de considerar simultaneamente diferentes dimensões do conforto ambiental (térmico, acústico, lumínico e da qualidade do ar), em consonância com as percepções subjetivas dos usuários sobre os espaços, aspecto que se configura como um ponto-chave dentro da arquitetura. Nesse contexto, destaca-se a importância de desenvolver análises que combinam rigor técnico, monitoramento ambiental e avaliação da experiência dos ocupantes, de modo que o projeto arquitetônico somente seja considerado finalizado quando houver evidências de que as soluções bioclimáticas foram efetivamente consolidadas por meio da promoção do bem-estar dos usuários.

Entretanto, dentro do contexto das estratégias aplicadas à edifícios de ensino superior, é fundamental reconhecer também, que a efetiva implementação da arquitetura bioclimática em universidades enfrenta barreiras institucionais e políticas. A escassez de recursos financeiros destinados a reformas sustentáveis, a rigidez de processos burocráticos em instituições públicas e privadas, bem como a ausência de diretrizes normativas claras, reduzem a possibilidade de aplicar soluções inovadoras em larga escala (Santos, 2020). Em muitos contextos, a falta de integração entre os setores de gestão universitária, planejamento urbano e órgãos reguladores torna lenta a incorporação de medidas bioclimáticas, mesmo quando sua viabilidade técnica e ambiental já está consolidada. Além disso, essas intervenções dependem de políticas públicas de incentivo específicas para o setor educacional, e quando esse incentivo não ocorre há uma limitação na adoção de tecnologias e práticas sustentáveis, dando continuidade a dependência de sistemas convencionais de climatização e iluminação que ampliam os impactos ambientais e os custos operacionais.

Apesar dessas barreiras, a literatura evidencia que a arquitetura bioclimática tem se consolidado como um método funcional e adaptativo, cuja aplicação em universidades ao redor do mundo revela soluções passivas e integradas que dialogam com diferentes contextos climáticos e culturais. Em diferentes países, observa-se uma homogeneidade significativa na compreensão atual de que a arquitetura bioclimática constitui um método funcional e contextual, voltado à adaptabilidade de projetos ou de edifícios universitários consolidados às necessidades dos usuários. Essa abordagem valoriza especialmente as particularidades climáticas de cada região, buscando otimizar simultaneamente a eficiência energética e o conforto ambiental.

Para alcançar esses objetivos, os projetos incorporam estratégias passivas de projeto, como isolamento da envoltória, controle solar e ventilação natural, evidenciando que soluções



simples, quando integradas de maneira inteligente, podem gerar impactos ambientais e sociais expressivos. Estudos desenvolvidos na Noruega (Bjelland et al., 2025), no Brasil (Santos, 2020; Barbosa et al., 2024), na Arábia Saudita (Qahtan, 2024) e no Panamá (Castillo et al., 2021) revelam como diferentes contextos culturais, climáticos e regulatórios influenciam as escolhas projetuais, reforçando a necessidade de adaptar as estratégias de arquitetura bioclimática às características locais, ao mesmo tempo em que permite o aprendizado entre experiências internacionais para aprimorar soluções inovadoras e contextualizadas.

Entre os aspectos mais discutidos nos últimos anos, destaca-se o crescimento das pesquisas voltadas ao processo de retrofit sustentável, com ênfase na adaptação de edifícios existentes em vez da construção de novas edificações (Ahmed et al., 2025; Bjelland et al., 2025). Esse movimento reflete a realidade atual de muitas universidades ao redor do mundo, onde há uma clara preferência por qualificar e modernizar edificações já consolidadas, priorizando a requalificação do patrimônio construído no lugar da expansão física por meio de novos campi. Essa abordagem permite, simultaneamente, reduzir impactos ambientais associados à construção de novas estruturas e otimizar recursos já existentes, alinhando-se às estratégias globais de mitigação das mudanças climáticas e à promoção de maior eficiência energética.

Igualmente, observa-se uma valorização crescente das simulações computacionais, como Cypetherm EPlus, EnergyPlus e Green BIM (Castillo et al., 2021; Galiano-Garrigós et al., 2021; Liu e Wang, 2022), que possibilitam prever o desempenho térmico, energético e de conforto ambiental antes da implementação das soluções. O uso dessas ferramentas permite a análise detalhada de diferentes cenários, a comparação entre alternativas de projeto e a tomada de decisões mais embasadas, contribuindo para a criação de edifícios mais adaptáveis às necessidades dos usuários e às particularidades climáticas locais. Dessa forma, o retrofit sustentável, aliado ao suporte das simulações digitais, surge como uma estratégia promissora para modernizar universidades de forma eficiente, econômica e ambientalmente responsável, garantindo benefícios tanto para o desempenho das edificações quanto para o bem-estar dos ocupantes.

Outro ponto de destaque é a crescente adoção de certificações ambientais, como LEED, PBE e GPRS, na qualificação de projetos universitários, além da aplicação de conceitos, normas e regulamentos específicos na avaliação dos estudos de caso, entre eles estão: nZEB, GB/T 50378-2019, RTQ-C e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Alapati et al., 2020; Duarte e Rosa-Jiménez, 2022; Liu e Wang, 2022; Arafat et al., 2023; Barbosa et al., 2024; Ahmed et al., 2025).

Com base nos achados, foi identificado que as estratégias bioclimáticas mais recorrentes em edifícios universitários envolvem o isolamento da envoltória, o controle solar, a iluminação natural e a ventilação natural, frequentemente combinadas com estratégias ativas de sustentabilidade, como o uso de painéis fotovoltaicos (Santos, 2020; Duarte e Rosa-Jiménez, 2022). Essas soluções refletem a busca por ambientes internos mais confortáveis e energeticamente eficientes, promovendo simultaneamente a redução do consumo de energia e a melhoria da qualidade ambiental interna. Porém, observa-se também, uma preferência crescente pela adoção de soluções passivas, que priorizam a redução da demanda energética sem depender de alterações estruturais na matriz de geração de energia ou do uso intensivo de



tecnologias ativas. Nesse contexto, estratégias como o sombreamento, a correta orientação do edifício, o uso de materiais de alto desempenho térmico e a ventilação cruzada, vêm sendo retomadas como alternativas viáveis, após um período de predomínio das tecnologias de climatização artificial, as quais, ao longo dos anos, demonstraram-se insustentáveis frente à intensificação da crise ambiental e energética.

Além disso, a combinação de técnicas passivas e ativas demonstram um movimento em direção a abordagens integradas, que consideram não apenas a eficiência energética, mas também o bem-estar e a percepção dos usuários. Essa tendência evidencia que a arquitetura bioclimática em universidades não se limita à redução de custos ou impactos ambientais, mas também busca criar espaços adaptáveis, saudáveis e resilientes, diante de mudanças climáticas, alinhando-se às demandas contemporâneas de sustentabilidade e qualidade de vida.

Vale destacar que a quantidade de estudos voltados especificamente à aplicação da arquitetura bioclimática em edifícios universitários ainda é relativamente limitada, ao ser comparada à ampla produção acadêmica sobre edificações residenciais, essa lacuna reforça a necessidade de dedicar atenção, a um setor com elevado impacto ambiental e social, pois as universidades concentram grandes fluxos de pessoas, alto consumo de energia e água, além de gerarem resíduos significativos, o que atesta a importância de projetos que promovam eficiência energética, conforto ambiental e redução dos impactos sobre o meio urbano, especificamente nesse tipo de construção.

As instituições de ensino superior desempenham papel estratégico na inovação e na disseminação do conhecimento, pois ao incorporarem princípios de arquitetura bioclimática, esses espaços podem se tornar exemplos de sustentabilidade e referência para outras construções. É importante destacar que, essa abordagem não apenas pode contribuir para reduzir emissões de gases de efeito estufa nas etapas construtivas e de manutenção, mas também aumenta a resiliência das edificações frente a eventos climáticos extremos, como ondas de calor, períodos prolongados de alta umidade e chuvas intensas. Tais condições, se não mitigadas, podem afetar diretamente a saúde e o bem-estar de alunos, professores e funcionários, demonstrando a relação entre projeto arquitetônico, resiliência urbana e qualidade de vida.

Portanto, investir em estudos sobre arquitetura bioclimática em universidades contribui para a resiliência das edificações frente às mudanças climáticas e fortalece impactos positivos na saúde física e mental dos usuários, o avanço nesse campo permite que essas instituições cumpram seu papel social, atuando como laboratórios de inovação, referência em sustentabilidade e exemplos concretos de integração entre construção, meio ambiente e bem-estar humano.

Para estudos futuros, recomenda-se investigar a integração entre estratégias bioclimáticas e o comportamento dos usuários, considerando não apenas eficiência energética e conforto ambiental, mas também aspectos subjetivos, como percepção dos ambientes, bem-estar e saúde mental, dimensões cada vez mais debatidas no campo da arquitetura. Pesquisas comparativas entre contextos climáticos e culturais distintos, aliadas a metodologias participativas e avaliações pós-ocupação, podem gerar diretrizes de projeto mais adaptativas e replicáveis, portanto, recomenda-se também, que as universidades incorporem essas



evidências na fase de projeto e retrofit, consolidando espaços universitários sustentáveis, confortáveis e adaptados às necessidades dos ocupantes.



4 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- AHMED, E. K. A.; DEWIDAR, K. M.; ABD EL-HAKEEM, Y.; GUIRGUIS, M. N. An integrated framework for sustainable retrofitting of existing university buildings. **Discover Sustainability**, v. 6, p. 38, 2025. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00703-7>
- ALAPATI, L. K. S. P.; KAVURI, N. C. Analysis of green building certification attainment through LEED system for SDC block at KLEF, India. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 912, n. 6, 2020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/912/6/062044>
- AMARAL, L.; MARTINS, N.; GOUVEIA, J. B. Quest for a sustainable university: A review. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 16, n. 2, p. 155–172, 2015. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2013-0017>
- ARAFAT, M. Y.; FAGGAL, A. A.; KHODEIR, L.; REFAAT, T. Customizing the green pyramid rating system for assessing university buildings' sustainability: A stakeholder-involved weighting approach. **Alexandria Engineering Journal**, v. 82, p. 446–458, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.10.013>
- BARBOSA, E. F. T.; LABAKI, L. C.; CASTRO, A. P. A. S.; LOPES, F. S. D. Energy efficiency and thermal comfort analysis in a higher education building in Brazil. **Sustainability**, v. 16, n. 1, p. 462, 2024. <https://doi.org/10.3390/su16010462>
- BJELLAND, D.; GULLBREKKEN, L.; HRYNYSZYN, B. D.; KVANDE, T. Is heritage protection a limiting factor for passive deep energy retrofitting? A cold-climate case study of university buildings. **Heritage**, v. 8, n. 3, p. 88, 2025. <https://doi.org/10.3390/heritage8030088>
- CARVALHO, A. R. de; DALTROZO, J. G.; MARTAU, B. T.; TORRES, M. C. A. Análise da abordagem simultânea de mudanças climáticas, cidade, edifício e desempenho termo energético: Revisão sistemática de literatura. In: **ENCONTRO E CONGRESSO DE ESCOLAS E FACULDADES PÚBLICAS DE ARQUITETURA DA AMÉRICA DO SUL (ARQUISUR)**, 40., 2022, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: UFRGS, 2022. Disponível em: https://www.sisgeenco.com.br/anais/arquisur/202/arquivos/GT4_COM_76_262_20220912162936.pdf. Acesso em: 5 jun. 2025.
- CASTILLO, M.; GILBERT, K. A. C.; SILVA, A. C. de M. da. Evaluación del rendimiento térmico y estrategias bioclimáticas de un edificio universitario en clima tropical húmedo. **Revista de Iniciación Científica**, v. 7, n. 1, 2021. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v7.1.3048>
- DUARTE, D. C. da C.; ROSA-JIMÉNEZ, C. Cost-optimal nZEB reform strategies and the influence of building orientation for Mediterranean university buildings: Case study of the University of Málaga. **Heliyon**, v. 8, n. 3, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09020>
- GALIANO-GARRIGÓS, A.; DOMENECH-MATAIX, M.; GONZÁLEZ-AVILÉS, A. B.; RIZO-MAESTRE, C. Evaluation of energy performance and comfort: Case-study of university buildings with design adapted to local climate. **Sustainability**, v. 13, n. 13, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13137155>
- GIRALDO-CASTAÑEDA, W.; GUERRERO-TORRENGERA, A.; RÍOS-ARCE, A. F. de los. Metodología para valoración del patrimonio construido: Una mirada desde la relación sol-edificio. Caso de estudio, Universidad del Valle. **Revista de Arquitectura**, v. 26, n. 2, p. 219–234, 2024. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2024.26.5082>
- HEICHARD, Y. Conforto ambiental em campus universitário: Uma revisão sistemática de literatura nacional. In: **ENCONTRO LATINO-AMERICANO E EUROPEU SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES**



SUSTENTÁVEIS, 2023, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: Euroelecs, 2023. Disponível em: <https://eventos.anac.org.br/index.php/euroelecs/article/view/3552/4428>. Acesso em: 3 jun. 2025.

IZZATI, N.; ZAKI, S. A.; RIJAL, H. B.; REY, J. A. A.; HAGISHIMA, A.; ATIKHA, N. Investigation of thermal adaptation and development of an adaptive model under various cooling temperature settings for students' activity rooms in a university building in Malaysia. **Buildings**, v. 13, n. 1, p. 36, 2023. <https://doi.org/10.3390/buildings13010036>

LIU, Q.; WANG, Z. Green BIM-based study on the green performance of university buildings in northern China. **Energy, Sustainability and Society**, v. 12, n. 1, 2022. <https://doi.org/10.1186/s13705-022-00341-9>

MEULAM, J. C. de O.; TONIETTO, T.; SANTOS, R. F.; SIQUEIRA, J. A. C. Os conceitos da arquitetura bioclimática e sua relação com a eficiência energética nas edificações. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, v. 2, n. 1, 2020. <https://doi.org/10.48075/ijerrs.v2i1.26006>. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/ijerrs/article/view/26006>. Acesso em: 3 jun. 2025.

QAHTAN, A. M. Aesthetic and thermal suitability of highly glazed spaces with interior roller blinds in Najran university buildings, Saudi Arabia. **Sustainability**, v. 16, n. 5, p. 2030, 2024. <https://doi.org/10.3390/su16052030>

SANTOS, A. C. dos; FARIA, J. R. G. de. Estratégias bioclimáticas e conforto ambiental. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 12, 2021. <https://doi.org/10.20396/parc.v12i00.8656664>

SANTOS, C. R. Estratégias bioclimáticas de projetos para melhores desempenhos ambientais em universidades no sul baiano. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 55, n. 1, p. 122–144, 2020. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820200540>

UN-HABITAT. **Relatório mundial das cidades 2020: O valor da urbanização sustentável**. Nairobi: UN-Habitat, 2020. Disponível em: <https://unhabitat.org/world-cities-report-2020-the-value-of-sustainable-urbanization>. Acesso em: 4 jun. 2025.

YEHA, L. M.; ALOBAIDI, M. M.; SAMEER, E. The role of new technologies for envelopes of buildings in improving the internal environment of university buildings. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 757, n. 1, 2020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/757/1/012076>



4 AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – pelo apoio financeiro por meio da concessão de bolsa de estudos para a mestranda (Código de Financiamento 001).

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Ao descrever a participação de cada autor no manuscrito, utilize os seguintes critérios:

- **Concepção e Design do Estudo:** Nicolý Gonçalves da Silveira Santos, Patrícia Di Trapano e Virgínia Maria Nogueira de Vasconcellos.
- **Curadoria de Dados:** Nicolý Gonçalves da Silveira Santos.
- **Análise Formal:** Nicolý Gonçalves da Silveira Santos.
- **Aquisição de Financiamento:** Nicolý Gonçalves da Silveira Santos, com apoio de bolsa concedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (Código de Financiamento 001).
- **Investigação:** Nicolý Gonçalves da Silveira Santos.
- **Metodologia:** Nicolý Gonçalves da Silveira Santos, Patrícia Di Trapano e Virgínia Maria Nogueira de Vasconcellos.
- **Redação - Rascunho Inicial:** Nicolý Gonçalves da Silveira Santos.
- **Redação - Revisão Crítica:** Nicolý Gonçalves da Silveira Santos, Patrícia Di Trapano e Virgínia Maria Nogueira de Vasconcellos.
- **Revisão e Edição Final:** Nicolý Gonçalves da Silveira Santos, Patrícia Di Trapano e Virgínia Maria Nogueira de Vasconcellos.
- **Supervisão:** Nicolý Gonçalves da Silveira Santos, Patrícia Di Trapano e Virgínia Maria Nogueira de Vasconcellos.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, Nicolý Gonçalves da Silveira Santos, Patrícia Di Trapano e Virgínia Maria Nogueira de Vasconcellos, declaramos que o manuscrito intitulado *“Arquitetura Bioclimática em Edifícios Universitários: Uma Revisão Sistemática de Literatura”*:

1. **Vínculos Financeiros:** Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), por meio da concessão de bolsa de estudos à mestranda Nicolý Gonçalves da Silveira Santos (Código de Financiamento 001).
2. **Relações Profissionais:** Nenhuma relação profissional relevante ao conteúdo deste manuscrito foi estabelecida.
3. **Conflitos Pessoais:** Nenhum conflito pessoal relacionado ao conteúdo foi identificado.



Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes
Technical and Scientific Journal Green Cities

ISSN 2317-8604 SuporteOnline / Online Support

Edição em Português e Inglês / *Edition in Portuguese and English* - Vol. 13, N. 45, 2025
