



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO



WESLEY HENRIQUE DE PAULA

**Estratégias construtivas tradicionais voltadas para os princípios
bioclimáticos de conforto ambiental nos climas tropicais**

Ouro Preto
2026

WESLEY HENRIQUE DE PAULA

**Estratégias construtivas tradicionais voltadas para os princípios
bioclimáticos de conforto ambiental nos climas tropicais**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Corpo Docente do
Departamento de Arquitetura e Urbanismo
da Escola de Minas da Universidade
Federal de Ouro Preto, como parte dos
requisitos necessários à obtenção parcial
do título de Arquiteto e Urbanista.

Orientador(a):

Prof(a). Dr(a). Patrícia Thomé Junqueira Schettino

Ouro Preto

2026



FOLHA DE APROVAÇÃO

Wesley Henrique de Paula

Estratégias construtivas tradicionais voltadas para os princípios bioclimáticos de conforto ambiental nos climas tropicais

Monografia apresentada ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de arquiteto e urbanista.

Aprovada em 24 de fevereiro de 2026.

Membros da banca

Doutora Patrícia Thomé Junqueira Schettino - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Mestre Maurício Leonard de Souza - (Universidade Federal de Ouro Preto)
Mestre César Augusto Silvino Figueiredo - (Instituto Federal de Educação e Tecnologia de São Paulo)

Dra Patrícia Thomé Junqueira Schettino, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 24/02/2026



Documento assinado eletronicamente por **Patricia Thome Junqueira Schettino, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 31/03/2026, às 14:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1082958** e o código CRC **514D42BE**.

RESUMO

Esta pesquisa investiga estratégias construtivas tradicionais voltadas ao conforto ambiental e térmico em regiões de clima tropical, com foco na sua aplicabilidade em projetos contemporâneos no Brasil. A partir da análise de soluções passivas desenvolvidas historicamente em distintas culturas e zonas bioclimáticas, com ênfase nas tropicais, busca-se compreender como esses saberes empíricos podem ser reinterpretados à luz das atuais demandas por sustentabilidade e eficiência energética. O estudo parte do conceito de pertinência climática, que preconiza a adequação do projeto às condições ambientais locais, valorizando o uso racional dos recursos naturais e a redução da dependência de sistemas artificiais de climatização, como o ar-condicionado. Considerando o contexto de crise energética global e os impactos ambientais do consumo exacerbado de eletricidade, a pesquisa propõe uma reflexão crítica sobre os modelos arquitetônicos vigentes, frequentemente desvinculados das condições climáticas locais. A investigação abrange tanto os princípios projetuais quanto os materiais construtivos tradicionais, avaliando seu potencial de aplicação em propostas arquitetônicas contemporâneas. Dessa forma, pretende-se contribuir para o desenvolvimento de projetos mais conscientes e adequados ao clima, reafirmando a importância do saber tradicional como ferramenta valiosa para enfrentar os desafios da arquitetura sustentável no século XXI.

Palavras-Chave: Arquitetura Bioclimática. Conforto Ambiental. Eficiência energética. Estratégias construtivas passivas. Sustentabilidade.

ABSTRACT

This research investigates traditional construction strategies aimed at environmental and thermal comfort in tropical climate regions, focusing on their applicability in contemporary architectural projects in Brazil. Based on the analysis of passive solutions historically developed across different cultures and bioclimatic zones—especially tropical ones—the study seeks to understand how this empirical knowledge can be reinterpreted in light of current demands for sustainability and energy efficiency. The research is grounded in the concept of climatic relevance, which advocates for the adaptation of design to local environmental conditions, promoting the rational use of natural resources and reducing dependence on artificial climate control systems such as air conditioning. Considering the context of the global energy crisis and the environmental impacts of excessive electricity consumption, the study proposes a critical reflection on prevailing architectural models, which are often disconnected from local climatic conditions. The investigation encompasses both design principles and traditional building materials, evaluating their potential application in contemporary architectural proposals. Thus, the research aims to contribute to the development of more conscious and climate-responsive projects, reaffirming the importance of traditional knowledge as a valuable tool for addressing the challenges of sustainable architecture in the 21st century.

Keywords: Bioclimatic Architecture. Environmental Comfort. Energy Efficiency. Passive Construction Strategies. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama dos condicionantes climáticos, como sol e chuva, sobre uma residência.....	2
Figura 2. Mapa da classificação climática de Köppen para o Brasil.....	5
Figura 3. Carta bioclimática de Olgyay (1963)	10
Figura 4. Carta bioclimática de Givoni (1967)	11
Figura 5. Condicionantes climáticos globais e locais	13
Figura 6. Zoneamento climático brasileiro do IBGE da NBR 15520-3.....	14
Figuras 7 e 8. Villa Savoye e os “cinco pontos da nova arquitetura”, Le Corbusier (1928).....	17
Figuras 9 e 10. Catedral de Brasília — antes da instalação e pintura dos vitrais (1970).....	18
Figuras 11 e 12. Catedral de Brasília — depois da instalação dos vitrais (1989).....	19
Figuras 13 e 14. Edifício sede do Banco do Brasil, Ary Garcia Rosa (1962)	19
Figura 15. Roteiro para construir no Nordeste, Armando de Holanda (1981)	21
Figuras 16 e 17. Campus da Universidade do Amazonas (UFAM), em Manaus.	22
Figuras 18 e 19. Galpão Tropical, de Laurent Troost, em Manaus (2019)	23
Figura 20. Estratégias construtivas para climas tropicais (úmido e seco)	25
Figura 21. A casa no clima tropical úmido para Van Lengen	26
Figura 22. A ventilação natural na casa no clima tropical úmido.....	27
Figura 23. As janelas altas na casa no clima tropical úmido	28
Figura 24. A proteção das janelas altas na casa no clima tropical úmido	29
Figura 25. O uso de materiais na casa no clima tropical úmido	30
Figura 26. O uso de pátios internos na casa no clima tropical seco.....	31
Figura 27. O uso de vegetação e água nos pátios internos na casa no clima tropical seco.....	32
Figura 28. Pátio como zona de resfriamento na casa no clima tropical seco	32
Figura 29. A torre de vento na casa no clima tropical seco	33
Figura 30. A localização da torre de vento na casa no clima tropical seco	34
Figura 31. A localização da torre de vento na casa no clima tropical seco	34
Figura 32. Uso da terra como isolante térmico em construções.....	35
Figura 33. Barreira térmica de areia, terra ou pedras no clima tropical seco	36

Figura 34. A estratégia da ventilação passiva subterrânea.....	37
Figura 35. Detalhes da ventilação passiva subterrânea.....	38
Figura 36. Formatos de coberturas e aberturas nos tetos das habitações tradicionais iranianas.....	42
Figura 37. Biblioteca Comunitária Flor na Encosta (2023).....	43
Figuras 38 e 39. Interior da Biblioteca Comunitária Flor na Encosta (2023).....	44
Figura 40. Esquema bioclimático da Biblioteca Comunitária Flor na Encosta (2023)	45
Figuras 41 e 42. Escola Vila Ninho, Módulo João de Barro (2017).....	45
Figura 43 e 44. Interior de um módulo da Escola Vila Ninho, “Módulo João de Barro” (2017).....	46
Figuras 45 e 46. Átrio na cobertura para conforto ambiental passivo.....	47
Figura 47. Vista da cidade de Yazd, Irã.....	48
Figuras 48 e 49. Mansão Aghazadeh, Yazd, Irã.....	48
Figura 50. Variações das torres de vento na arquitetura tradicional persa.....	49
Figura 51. Estrutura e funcionamento da torre de vento.....	50
Figura 52. Centro de Visitantes do Parque Nacional de Zion, Utah, EUA.....	51
Figuras 53 e 54. Pátio interno da Casa Abbāsī’ān, em Kashan, Irã.....	52
Figura 55. Pátio de Santa Isabel, Palácio de Aljafería, Zaragoza (Espanha).....	53
Figura 56. Croqui da estratégia de pátio interno como climatização.....	54
Figura 57. A Casa do Silêncio (2022).....	54
Figuras 58 e 59. O pátio e a planta-baixa da Casa do Silêncio.....	55
Figura 60. Hotel Fazenda Villa Forte (antiga Fazenda Boa Vista), Resende - RJ.....	56
Figura 61. Varandas do Hotel Fazenda Villa Forte (antiga Fazenda Boa Vista).....	57
Figura 62. Jardim Casa Blanca, Vietnã (2024).....	58
Figuras 63 e 64. Varanda do projeto Jardim Casa Blanca, Vietnã (2024).....	58
Figura 65. O processo da escolha de materiais.....	60
Figura 66. Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro, Affonso Reidy (1954).....	61
Figura 67. Edificações feitas em adobe na cidade de Shibam, no Iêmen (séculos XVI e XVII).....	62
Figuras 68, 69 e 70. Projeto “Casa Parede”, no Irã, edificado totalmente em adobe (2023).....	63
Figura 71. Ruínas das Termas de Caracala em Roma, Itália (séc. III d.C.).....	64
Figuras 72 e 73. Casa Dezful, no Irã, edificada completamente em tijolo (2024).....	65
Figuras 74, 75 e 76. Detalhes construtivos da Casa Dezful e seu corte transversal.	66

Figuras 77, 78, 79 e 80. Fachada e detalhes construtivos do Edifício Cloacked in Bricks (2015)	67
Figuras 81, 82 e 83. Fachada e detalhes construtivos do Edifício Saadat Abad (2018)	68
Figura 84. Aldeia Watoriki, Yanomami, município de Barcelos, Amazonas	70
Figuras 85, 86, 87 e 88. Casa “Refúgio de pau-a-pique”, São Paulo, José Ricardo de Carvalho (2008).....	72
Figura 89. Capa do manual “Estratégias construtivas tradicionais voltadas para	74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVOS	7
1.2	METODOLOGIA.....	8
2	OS PRINCÍPIOS DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	10
2.1	ZONAS BIOCLIMÁTICAS	12
2.2	OS CLIMAS TROPICAIS – ÚMIDO e SECO	15
2.3	AS ADAPTAÇÕES CLIMÁTICAS BRASILEIRAS	16
2.4	AS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DE CONFORTO AMBIENTAL EM CLIMAS TROPICAIS	24
3	AS ESTRATÉGIAS CONSTRUTIVAS TRADICIONAIS DE CONFORTO	39
3.1	TETOS ADAPTADOS	41
3.2	TORRES DE VENTO	47
3.3	ÁTRIOS E PÁTIOS	52
3.4	VARANDAS	56
3.5	OS MATERIAIS TRADICIONAIS	59
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa tem origem no interesse em investigar as estratégias construtivas tradicionais utilizadas historicamente para promover o conforto ambiental em edificações adaptadas às suas condições climáticas locais. Dessa forma, o estudo parte da análise de soluções construtivas passivas desenvolvidas por diferentes culturas, em distintos períodos e regiões do mundo, priorizando exemplos de arquiteturas pré-industriais que souberam responder com eficiência aos desafios impostos pelo ambiente, mesmo na ausência de sistemas artificiais de climatização. A pergunta que orienta este trabalho é: as estratégias arquitetônicas passivas desenvolvidas em contextos tradicionais podem ser incorporadas de forma eficaz em arquiteturas contemporâneas no Brasil?

Para responder a essa questão, foram investigadas abordagens empíricas e soluções adaptativas observadas em diversas zonas climáticas, com ênfase na identificação de princípios projetuais que possam ser reinterpretados à luz das demandas atuais por conforto ambiental e sustentabilidade. Parte-se da premissa de que as estratégias arquitetônicas tradicionais oferecem um repertório valioso de soluções passivas, capazes de contribuir de forma relevante para os desafios energéticos e ambientais contemporâneos.

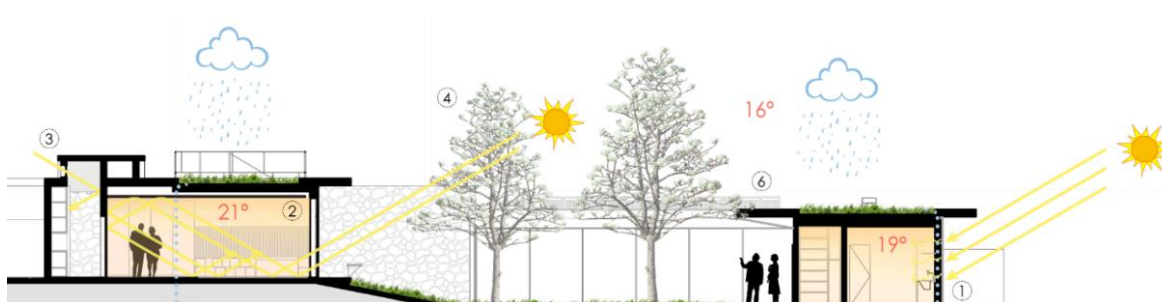
A valorização das estratégias arquitetônicas desenvolvidas em contextos tradicionais encontra fundamento na compreensão do conceito de pertinência climática, que diz respeito à adequação entre as soluções projetuais adotadas e as condições ambientais do local onde a edificação será implantada. Tal conceito é central quando se busca promover o conforto ambiental de forma passiva, aproveitando os recursos naturais disponíveis, como ventilação, insolação e sombreamento, e reduzindo a dependência de sistemas artificiais de climatização (COBERLLA; CORNER, 2011).

No entanto, observa-se que, em grande parte da prática contemporânea, esse aspecto tem sido negligenciado. Corbella e Corner (2011), ao discutirem os impactos da desconsideração das condicionantes climáticas no processo projetual em sua publicação *Manual de Arquitetura Bioclimática Tropical*, criticam a recorrente adoção de uma “arquitetura da forma”, entendida como aquelas arquiteturas que se baseiam exclusivamente no apreço formal, ignorando a potencialidade da forma enquanto estratégia de projeto eficiente e adaptada ao contexto climático.

Tal abordagem prioriza a expressão estética em detrimento do desempenho ambiental e do conforto do usuário, resultando em espaços com qualidade de conforto interno inferior às condições externas, e que apenas podem ser habitados graças ao uso intensivo de sistemas artificiais de climatização (CORBELLA; CORNER, 2011).

De acordo com os dois autores, o acesso facilitado a fontes energéticas abundantes teve como resultado o distanciamento entre o projeto arquitetônico e as condições climáticas. Por essa ótica, entende-se que a reprodução de modelos arquitetônicos generalistas, que muitas vezes, ignoram as reais necessidades dos seus usuários, pode ser vista como preocupante, uma vez que os arquitetos ao preterirem sua responsabilidade ambiental, constroem ambientes que não estão propriamente adaptados ao clima local. Nesse sentido, há uma desconsideração pelos fatores dos condicionantes climáticos, como a orientação solar, regime de chuvas, além de implantação topográfica e outras características físico-ambientais que são essenciais ao projeto bem adaptado ao ambiente (*figura 1*).

Figura 1. Diagrama dos condicionantes climáticos, como sol e chuva, sobre uma residência



Fonte: 24 7 Arquitetura / Vista da Casa Pátio. In: ArchDaily Brasil, 20 abr. 2021.
Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/928982/casa-patio-24-7-arquitetura>.

Acesso em: 28 jul. 2025.

Com o avanço da modernidade, tornou-se evidente um afastamento progressivo das soluções construtivas tradicionalmente ajustadas ao clima, movimento que se intensificou com a chegada da Revolução Industrial. Esse período representou uma ruptura profunda nos modos tradicionais de construir, introduzindo materiais, técnicas e escalas produtivas até então inéditas.

A disponibilidade de novos materiais, como o ferro, o aço e, posteriormente, o concreto armado, aliada ao desenvolvimento de tecnologias de fabricação em série, alterou radicalmente o pensamento arquitetônico, que passou a explorar maiores vãos, estruturas mais leves e a possibilidade de edificações erguidas com rapidez e

padronização. Esse processo deslocou o foco das soluções tradicionais e climaticamente adaptadas, baseadas em saberes locais transmitidos ao longo de gerações, para uma lógica industrial que privilegiava eficiência produtiva, repetição formal e o uso de componentes pré-fabricados (GIEDION, 1995; BANHAM, 1986).

Essa prática projetual equivocada, por sua vez, acarreta diversos desconfortos aos usuários, que se veem obrigados a conviver com edificações de elevado consumo energético, uma vez que dependem fortemente de sistemas de climatização artificial. De acordo com o escritor e jornalista ambiental Jeff Goodell (2023), as sociedades se tornaram excessivamente dependentes do ar-condicionado, com 20% de toda a eletricidade usada em edifícios consumida por esses aparelhos, além de projetar um crescimento expressivo no número de unidades instaladas no mundo, que deve passar de 1 bilhão em 2023 para mais de 4,5 bilhões até 2050.

No tocante a esse problema, dados da Agência Internacional de Energia (IEA)¹ indicam que o crescimento exponencial da população mundial, aliado ao avanço tecnológico, tem sido um dos principais fatores responsáveis pelo aumento significativo no consumo global de energia elétrica nas últimas décadas. Segundo a agência, entre os anos de 2010 e 2023, a demanda global por eletricidade apresentou um crescimento médio anual de 2,7%, impulsionado especialmente pela intensificação dos processos de eletrificação e digitalização das atividades humanas. Ainda nesse assunto, somente em 2024 a demanda mundial por eletricidade cresceu 4,3%, em função da ampliação do uso de sistemas de ar-condicionado, da expansão de centros de dados e da eletrificação dos setores industriais e de transporte (IEA, 2024).

A partir da década de 1970, em decorrência da crise do petróleo, a demanda energética tornou-se um tema amplamente debatido. Esse evento ganhou destaque global quando os países membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) reduziram a produção petrolífera com o objetivo de controlar um mercado volátil, marcado por intensas oscilações financeiras. Essa estratégia resultou em um expressivo aumento no preço do barril e evidenciou a vulnerabilidade das economias fortemente dependentes de combustíveis fósseis. Paralelamente, impulsionou um movimento de conscientização global sobre a urgência de repensar a matriz energética.

¹ Dados de consumo energéticos extraídos da IEA. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Electricity Market Report – January 2024*. Paris: IEA, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/electricity-market-report-january-2024>. Acesso em: 27 jul. 2025.

Conforme destaca a Agência Internacional de Energia (IEA), é essencial reduzir o consumo de energia por meio de práticas mais eficientes no cotidiano, bem como fomentar o uso de fontes renováveis. Essa transição energética visa conservar os recursos naturais, mitigar os impactos ambientais e garantir um futuro mais seguro, resiliente e sustentável para as próximas gerações (IEA, 2025).

No cenário nacional, o Brasil configura um dos países com maior consumo de energia elétrica do mundo, com uso anual estimado de 555 Terawatt-hora (QUEIROZ, 2014). Para avaliar se esse número é expressivo, é fundamental contextualizar: em 2022, o consumo global de eletricidade foi de aproximadamente 25.500 Terawatt-hora, de acordo com a International Energy Agency (IEA), o que coloca o Brasil entre os maiores consumidores de energia elétrica do mundo, embora ainda distante dos níveis de países como China e Estados Unidos.

Segundo Marina Silva, Ministra do Meio Ambiente e da Mudança do Clima do Brasil desde 2023, “nós já temos resposta técnica para produzir energia do vento, produzir energia do sol, produzir energia da biomassa e da água de base sustentável. Nós vamos pelo caminho das energias fósseis aqui no Brasil só e somente se quisermos” (SILVA, 2023).

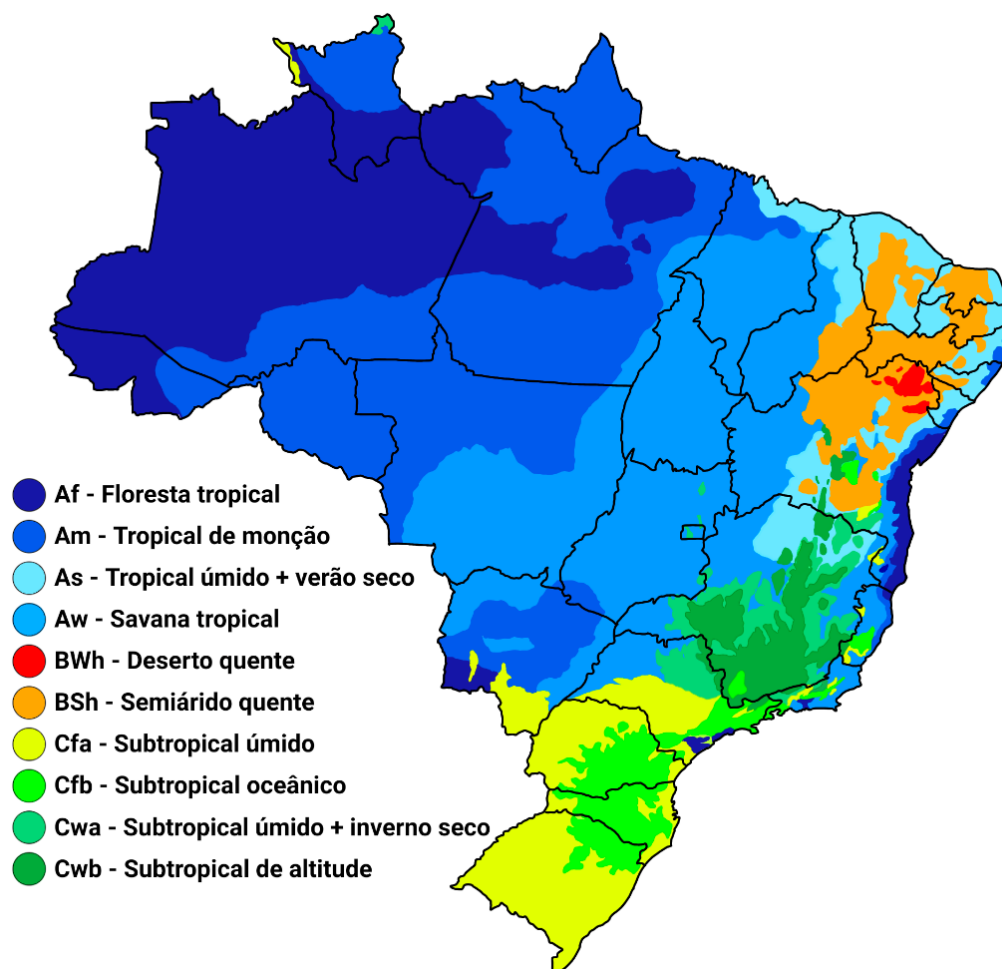
Apesar das energias renováveis representarem alternativas menos danosas e essenciais para a transição energética, sua expansão também acarreta impactos socioambientais que não podem ser ignorados. A instalação de grandes parques eólicos frequentemente envolve a ocupação de extensas áreas antes preservadas, podendo provocar fragmentação de habitats e afetar populações de aves e morcegos devido à colisão com aerogeradores (SOUZA & SILVA, 2020).

De modo semelhante, usinas solares de grande escala demandam vastas superfícies contínuas, levando à supressão de vegetação, à impermeabilização do solo e ao aumento da temperatura local, efeito conhecido como *heat island* fotovoltaica (HERNANDEZ et al., 2014). Além disso, ambos os sistemas podem gerar conflitos territoriais com comunidades tradicionais e atividades agrícolas. Assim, embora fundamentais, as energias renováveis não eliminam integralmente os impactos ambientais do sistema energético.

Ao se considerar que 92% do território brasileiro encontra-se no clima tropical e suas variações, que se estende por uma vasta área que engloba a região centro-oeste, oeste de São Paulo, de Minas Gerais e da Bahia, além dos estados do Maranhão e Piauí (*figura 2*), a adoção de padrões arquitetônicos estrangeiros,

majoritariamente americanos e europeus, muitas vezes incompatíveis com as condições climáticas locais, representa um agravante para a crise energética.

Figura 2. Mapa da classificação climática de Köppen para o Brasil



Fonte: ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Disponível em <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

Acesso em: 28 jul. 2025.

Embora o recorte principal desta pesquisa esteja voltado ao clima tropical brasileiro, optou-se por incluir na análise técnicas construtivas tradicionais provenientes de outras zonas climáticas quentes, como o clima equatorial, semiárido e subtropical úmido. Tal ampliação se justifica pelo fato de que esses contextos, apesar de suas particularidades regionais, impõem condições ambientais semelhantes à arquitetura, permitindo que suas estratégias adaptativas sejam consideradas análogas e passíveis de comparação.

Nesse sentido, o estudo parte da premissa de que climas quentes compartilham desafios comuns, como altas temperaturas, elevada incidência solar e a necessidade de ventilação natural eficiente e sombreamento adequado. Assim, ao analisar soluções empregadas em distintas realidades climáticas, torna-se possível ampliar o repertório técnico e conceitual da arquitetura bioclimática, destacando estratégias tradicionais que podem ser reinterpretadas e aplicadas em projetos contemporâneos.

Em contraste a esse panorama apresentado por Corbella e Corner (2011), edificações adaptadas ao clima sempre existiram ao longo da história em várias partes do mundo, muitas vezes produzidas a partir de conhecimentos construtivos tradicionais. Fathy, arquiteto egípcio renomado por seus estudos sobre habitação popular e uso do clima como regulador térmico em climas áridos, em sua publicação *Energia natural e arquitetura vernacular: princípios e exemplos com referência a climas quentes e áridos* afirma que (FATHY, 1986, p.27),:

Antes do advento das tecnologias modernas de climatização, como o ar-condicionado, as construções tradicionais eram obrigatoriamente adaptadas ao clima local. A arquitetura vernacular desenvolveu-se com base na observação e experimentação, resultando em edificações que utilizavam estratégias passivas para garantir o conforto térmico dos ocupantes.

Assim, é certo afirmar que a prática de estratégias passivas imperava no tempo pré-industrial, uma vez que a arquitetura se configurava como a única ferramenta de conforto ambiental. Em vista disso, aspectos como a implantação estratégica, a orientação solar adequada, o aproveitamento da iluminação natural, técnicas de sombreamento, métodos de ventilação cruzada e a utilização de materiais tradicionais e de boa eficiência térmica eram princípios irrevogáveis.

A respeito dessa temática, o arquiteto e teórico espanhol Iñaki Ábalos, em seu livro *A Boa Vida: visita guiada às casas da modernidade* (2010), propõe uma releitura crítica da modernidade arquitetônica a partir de uma perspectiva sensível ao clima, à materialidade e à experiência cotidiana. Ábalos destaca como, ao longo da história, sociedades de diferentes regiões desenvolveram soluções construtivas profundamente enraizadas em saberes empíricos, transmitidos de geração em geração, que garantiam conforto ambiental de forma passiva e eficiente.

No contexto brasileiro, por exemplo, ele ressalta a inteligência térmica presente na arquitetura tradicional, como o uso de beirais generosos, sombreamento natural por vegetação, materiais porosos e ventilação cruzada, elementos que demonstram um domínio intuitivo das condições climáticas locais.

Para Ábalos, essas práticas tradicionais e vernaculares oferecem uma lição importante à arquitetura contemporânea, ao mostrarem que o conforto e a sustentabilidade podem ser alcançados não apenas por meio da tecnologia, mas também pela valorização da cultura construtiva popular e pela integração harmônica com o meio ambiente.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa é investigar estratégias de adequação climática presentes em arquiteturas tradicionais de zonas climáticas quentes — como climas tropical, equatorial, semiárido e subtropical úmido — com ênfase em soluções passivas e materiais construtivos tradicionais, de modo a avaliar seu potencial de aplicação no clima tropical brasileiro. São objetivos específicos:

- Mapear as principais soluções passivas de conforto ambiental utilizadas em arquiteturas tradicionais inseridas em diferentes contextos de climas quentes;
- Identificar os materiais construtivos tradicionais empregados nessas construções, destacando suas propriedades térmicas e seu comportamento diante de condições ambientais semelhantes;
- Analisar o potencial de adaptação e aplicação dessas estratégias e materiais tradicionais ao clima tropical brasileiro, visando práticas projetuais mais conscientes, eficientes e climaticamente adequadas;

Como desdobramento prático desta pesquisa, foi produzido um manual pedagógico de arquitetura bioclimática, estruturado e ilustrado, destinado a estudantes da área de Arquitetura e Urbanismo. O material tem como finalidade atuar como instrumento de consulta e orientação projetual, traduzindo conceitos técnicos em linguagem didática e acessível ao público em formação, sem prejuízo do rigor conceitual, apoiando-se em uma contextualização histórica para a assimilação dos fundamentos da arquitetura bioclimática, da crise energética e do desempenho ambiental.

O manual apresenta estratégias passivas adequadas ao clima tropical brasileiro, além de reunir e detalhar materiais construtivos tradicionais empregados em diferentes contextos climáticos quentes e evidenciará seu potencial de adaptação a práticas projetuais contemporâneas, organizando diretrizes, sequências e esquemas gráficos que auxiliem a tomada de decisão no processo de projeto, incentivando soluções arquitetônicas coerentes com o contexto climático, energeticamente eficientes e sustentáveis.

1.2 METODOLOGIA

A pesquisa adota como metodologia uma revisão crítica da historiografia construtiva, com abordagem qualitativa, voltada à compreensão de soluções arquitetônicas alinhadas à adequação climática no contexto do clima tropical brasileiro. O estudo fundamenta-se na análise de obras teóricas e técnicas que articulam saberes da arquitetura bioclimática, da arquitetura vernacular e das práticas construtivas tradicionais, compreendidas como base para a formulação de estratégias contemporâneas de projeto.

Dessa forma, o corpus teórico foi definido a partir de obras consideradas referenciais por sua abordagem didática, analítica e aplicada, capazes de conectar princípios climáticos a soluções arquitetônicas concretas, especialmente no contexto tropical. Nesse sentido, destacam-se como referências fundamentais:

- Manual do Arquiteto Descalço (2002), de Johan Van Lengen, escolhido por sua abordagem integrada entre arquitetura, clima, recursos locais e técnicas construtivas de baixo impacto. A obra contribui para o entendimento da arquitetura enquanto prática adaptativa.
- Manual de Arquitetura Bioclimática Tropical para Redução de Consumo Energético (2011), de Oscar Corbella e Viviane Kohn, selecionado por seu caráter técnico-científico e por sistematizar estratégias bioclimáticas específicas para regiões tropicais.
- Introdução à Ventilação Natural (2006), de Christina Bittencourt e Leonardo Cândido, incorporada por aprofundar a temática da ventilação natural. O livro contribui para a compreensão dos mecanismos físicos e projetuais que orientam a circulação do ar nos edifícios, permitindo relacionar forma, orientação, aberturas e materiais ao conforto ambiental.

- Roteiro para Construir no Nordeste: Arquitetura como Lugar Ameno nos Trópicos Ensolarados (1976), de Armando de Holanda, incluído por seu caráter pioneiro e contextualizado. A obra estabelece diretrizes projetuais diretamente associadas às condições climáticas do Nordeste brasileiro, articulando arquitetura, cultura e ambiente.

A estrutura metodológica organiza-se conforme os seguintes eixos, que articulam a fundamentação teórica à construção do manual pedagógico, compreendido simultaneamente como objetivo e como instrumento metodológico da pesquisa:

Capítulo 2 – Os princípios da Arquitetura Bioclimática: apresenta os conceitos climáticos fundamentais, as zonas climáticas brasileiras, com foco no clima tropical, e o bioclimatismo enquanto abordagem arquitetônica. Este capítulo estabelece a base conceitual necessária para a compreensão das estratégias passivas de conforto ambiental, como sombreamento natural, ventilação cruzada e controle da insolação, a partir de revisão bibliográfica especializada, servindo como referencial teórico introdutório para a organização didática do manual.

Capítulo 3 – As estratégias construtivas tradicionais de conforto: examina soluções passivas tradicionais identificadas por meio de revisão bibliográfica e análise de referências históricas e técnicas da arquitetura tradicional e bioclimática, com recorte em contextos de clima quente. São abordadas adaptações construtivas como coberturas, torres de vento, átrios, pátios e varandas, bem como o uso de materiais tradicionais — como adobe, tijolos cerâmicos e pau-a-pique — destacando seus saberes construtivos, desempenho ambiental e eficiência térmica.

As estratégias analisadas constituem o conteúdo-base para a sistematização do manual, sendo reorganizadas em diretrizes, sequências e esquemas gráficos voltados ao público discente de Arquitetura e Urbanismo, como instrumento de consulta e apoio à prática projetual.

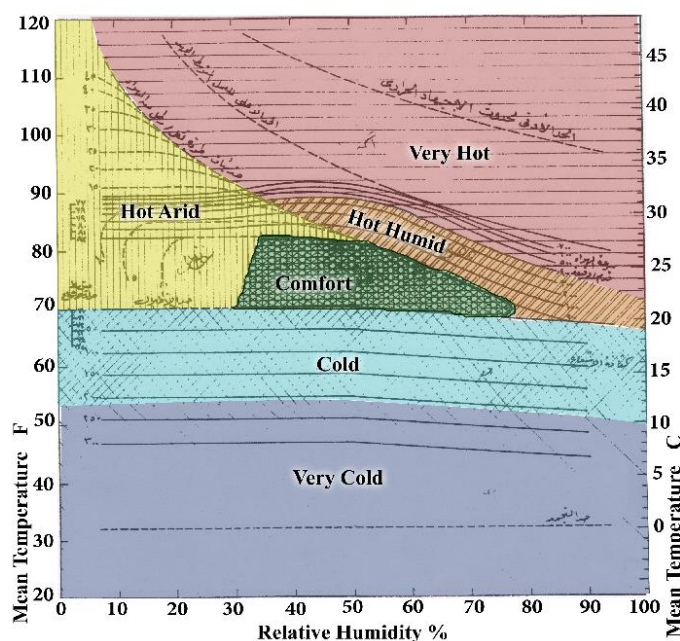
2 OS PRINCÍPIOS DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

O campo de estudo da arquitetura bioclimática foi consolidado na década de 1960 pelos irmãos húngaros Victor e Aladar Olgay. Para esses pesquisadores, a arquitetura bioclimática é aquela em que *o projeto se adapta* às condições climáticas locais, priorizando soluções construtivas passivas com o objetivo de promover o conforto térmico dos usuários (OLGYAY, 2015, p. 11).

A base teórica do estudo parte do campo da biologia, mais especificamente do conceito de homeotermia humana, a manutenção constante da temperatura interna do corpo. A partir dessa compreensão, os Olgay desenvolveram a Carta Bioclimática, um instrumento gráfico utilizado para identificar zonas de conforto térmico e orientar decisões no projeto arquitetônico de acordo com variáveis como temperatura e umidade relativa do ar (OLGYAY, 2015, p. 28).

A Carta Bioclimática de Olgay (*figura 3*) representa graficamente essa relação entre temperatura e umidade, indicando uma zona onde a maioria das pessoas se sente termicamente confortável sem depender de climatização artificial. Essa ferramenta, ainda hoje amplamente utilizada em estudos da arquitetura bioclimática, continua sendo fundamental para projetos alinhados ao clima local (CORBELLA; YANNAS, 2003, p. 33).

Figura 3. Carta bioclimática de Olgay (1963)



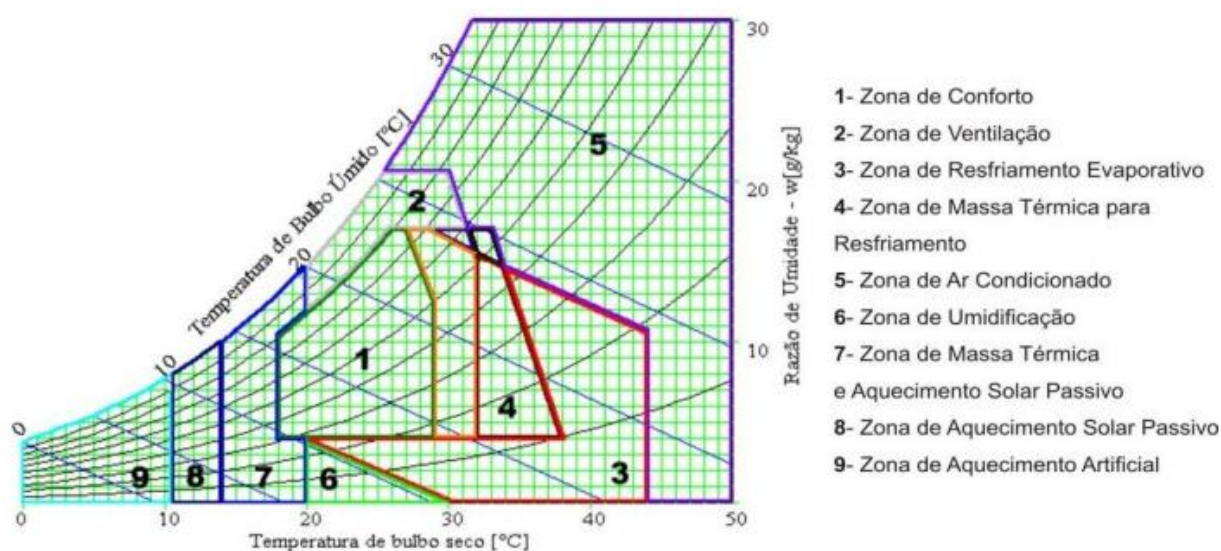
Fonte: OLGAY, Victor. Princeton University Press, 1963, p. 22.

Acesso em: 28 jul. 2025.

Para utilizar o gráfico, os dados climáticos locais, como temperatura média e umidade relativa de cada mês, são representados no diagrama; a posição desses pontos em relação à zona de conforto permite identificar estratégias bioclimáticas ideais: por exemplo, se os dados estiverem fora da zona para cima e à direita, recomenda-se sombreamento e ventilação; se estiverem abaixo, indicam necessidade de aquecimento ou ganho solar. Assim, a carta permite uma análise visual rápida e eficaz de quais soluções arquitetônicas passivas são mais adequadas ao clima de determinada região.

Em sequência aos estudos de Olgay, o arquiteto e pesquisador israelense Baruch Givoni deu continuidade a temática, sendo amplamente reconhecido por suas contribuições na área da arquitetura bioclimática e desempenho ambiental das edificações. Ainda na década de 60, mais especificamente em 1967, Givoni elaborou sua versão da carta bioclimática (*figura 4*), representando uma evolução dos estudos de Olgay ao aprofundar a relação entre o clima externo e o conforto térmico interno nas edificações, considerando variáveis mais complexas. Sua carta ilustra essas zonas numeradas de 1 a 9, indicando para cada faixa de temperatura e umidade qual estratégia arquitetônica deve ser aplicada para alcançar conforto térmico sem depender de sistemas ativos.

Figura 4. Carta bioclimática de Givoni (1967)



Fonte: GIVONI, Baruch. *Man, Climate and Architecture*. Amsterdam / London / New York: Elsevier, 1969, capítulo 16. Acesso em: 28 jul. 2025.

Diferente da versão anterior, que se foca na relação entre temperatura e umidade relativa, a de Givoni avança ao incorporar a carta psicrométrica² e propor zonas específicas de atuação com recomendações técnicas claras, como uso de ventilação natural, resfriamento evaporativo, massa térmica e aquecimento passivo.

2.1 ZONAS BIOCLIMÁTICAS

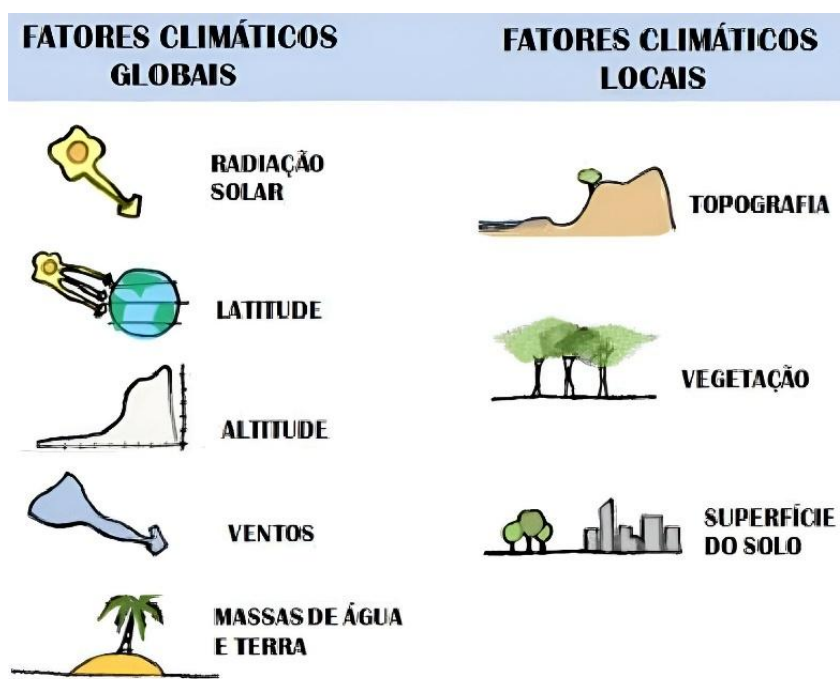
O clima pode ser definido como o conjunto de condições atmosféricas que predominam em uma determinada região ao longo do tempo, sendo resultado da interação entre diversos fatores globais e locais, como radiação solar, latitude, altitude, ventos, massas de ar e água, topografia, vegetação e características do solo (ROMERO, 2001). De acordo com Maria Bustos Romero, arquiteta e escritora de *Arquitetura bioclimática do espaço público* (2011, p.18):

O estudo do clima compreende tanto o resultado da formação de diversos fatores geomorfológicos e espaciais como: sol, latitude, altitude, ventos, massas de terra e água, topografia, vegetação e solo, quanto sua caracterização definida por seus elementos (temperatura do ar, umidade do ar, movimentos das massas de ar e precipitações).

A partir dessa compreensão, cabe ao arquiteto conceber edificações que minimizem as tensões térmicas e promovam o equilíbrio fisiológico dos ocupantes. Para isso, torna-se fundamental o entendimento dos fatores bioclimáticos, tanto em escala global quanto local (*figura 5*). O macroclima (ou clima regional) refere-se ao conjunto de condições climáticas que atuam em grandes áreas geográficas, sendo influenciado por fatores globais como radiação solar, latitude, altitude, regimes de ventos e a distribuição entre massas de água e terra. Esses elementos moldam o clima em escala ampla, afetando regiões inteiras. Já o microclima diz respeito ao clima local, ou seja, às condições atmosféricas específicas de um espaço mais restrito, como um bairro, uma rua ou mesmo o entorno de uma edificação (ROMERO, 2001).

² A carta psicrométrica é um gráfico que representa as propriedades termodinâmicas do ar úmido — como temperatura do bulbo seco, umidade relativa, temperatura de bulbo úmido, entalpia, volume específico e ponto de orvalho — permitindo visualizar o comportamento do ar e definir estratégias de conforto térmico. No contexto bioclimático, é utilizada para identificar soluções arquitetônicas passivas adequadas e passíveis de aplicação frente às condições climáticas de um determinado local. Fonte: GIVONI, Baruch. *Man, Climate and Architecture*. Amsterdam: Elsevier, 1969.

Figura 5. Condicionantes climáticos globais e locais



Fonte: ROMERO, Maria Bustos. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. 2. ed. São Paulo: Annablume, 2001. (p. 16). Acesso em: 28 jul. 2025.

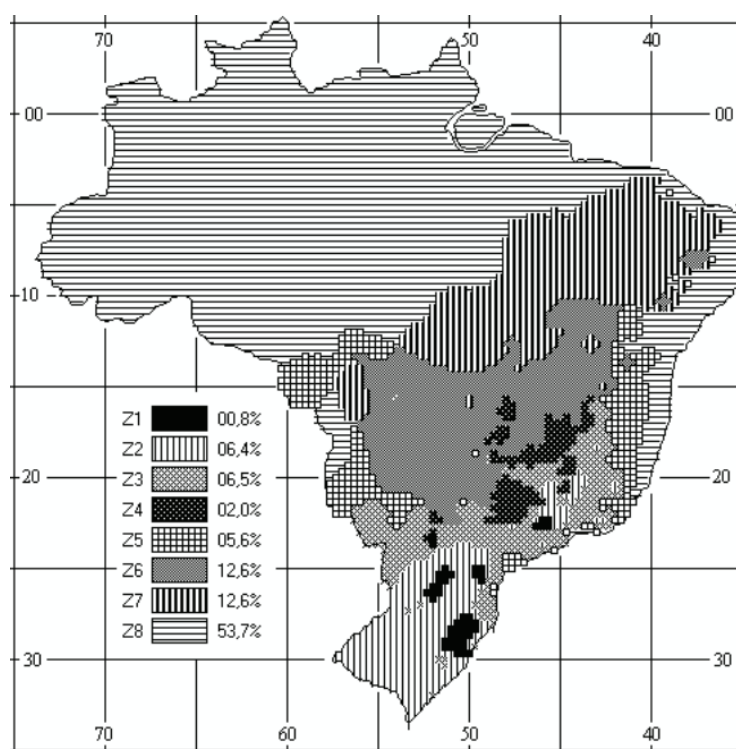
O microclima é influenciado pelos fatores locais, que incluem a topografia, a cobertura vegetal, as características do solo e as intervenções humanas, como construções e pavimentações. Esses fatores podem modificar sensivelmente as condições térmicas e de umidade percebidas naquele espaço (ROMERO, 2001).

A necessidade de compreender e organizar os diferentes comportamentos climáticos ao redor do mundo levou ao desenvolvimento de diversos sistemas de classificação, sendo um dos mais amplamente reconhecidos o proposto por Wladimir Köppen no início do século XX. Publicado pela primeira vez em 1900, o modelo de Köppen baseia-se na relação entre o clima e a vegetação natural das regiões, utilizando dados quantitativos de temperatura e precipitação para delimitar zonas climáticas (ALVARES et al., 2013, p. 183).

A classificação passou por aprimoramentos ao longo dos anos, dando origem ao sistema Köppen-Geiger, que se tornou referência internacional pela objetividade e aplicabilidade em estudos geográficos, ambientais e urbanos. No Brasil, a vasta extensão territorial e a localização entre os trópicos contribuem para uma diversidade climática significativa, tornando especialmente relevante a adoção de um modelo confiável de classificação (ALVARES et al., 2013, p. 185).

Assim, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) incorporou a metodologia de Köppen para mapear os principais tipos de clima do país. As zonas bioclimáticas brasileiras foram definidas pela ABNT NBR 15220-3 (2005) como uma forma de orientar o projeto térmico de edificações de acordo com as condições climáticas regionais (*figura 6*).

Figura 6. Zoneamento climático brasileiro do IBGE da NBR 15520-3



Fonte: ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático por desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2005 (p. 24).

Acesso em: 28 jul. 2025.

Considerando a predominância do clima tropical no território brasileiro, esta pesquisa adota esse recorte bioclimático como foco dos estudos, dada sua influência direta nas estratégias arquitetônicas voltadas ao conforto térmico. De acordo com o zoneamento climático baseado na classificação de Köppen e adaptado pelo IBGE (2006), o clima tropical está relacionado às zonas bioclimáticas 7 (Z7) e 8 (Z8), definidas respectivamente como de clima quente e seco (Z7) e clima quente e úmido (Z8). Essas duas zonas abrangem, juntas, aproximadamente 66,3% do território nacional, sendo a Z8 a mais representativa, com 53,7% da área total do Brasil, abrangendo grande parte da região amazônica e do litoral nordestino.

Ambas as zonas são caracterizadas por altas temperaturas médias ao longo do ano, mas apresentam diferenças relevantes em termos de umidade, o que demanda abordagens construtivas pontualmente distintas. A Z7, por ser mais seca, exige estratégias que priorizem sombreamento e proteção contra a radiação direta, enquanto a Z8 demanda soluções voltadas ao controle da umidade e à ventilação natural. A classificação bioclimática, portanto, é uma ferramenta essencial para a definição de estratégias arquitetônicas passivas adequadas a cada contexto climático, como o dimensionamento eficiente de aberturas, uso de ventilação cruzada, sombreamento eficaz e isolamento térmico.

2.2 OS CLIMAS TROPICAIS – ÚMIDO e SECO

O arquiteto Johan van Lengen, em sua obra *O Arquiteto Descalço* (1986), contribui para a compreensão das diferentes realidades climáticas ao destacar a importância da leitura atenta dos fatores ambientais como base para o conforto térmico. Sua abordagem enfatiza a análise do clima a partir de variáveis como ventilação, insolação, umidade e temperatura, oferecendo subsídios conceituais para a compreensão das condições climáticas que influenciam o ambiente construído.

O clima tropical caracteriza-se, de modo geral, por elevadas temperaturas médias ao longo do ano e baixa amplitude térmica sazonal, sendo subdividido em diferentes tipologias conforme o regime de chuvas, a umidade relativa do ar e a variação térmica diária. No contexto brasileiro, destacam-se, entre outras, as ocorrências dos climas tropical úmido e tropical seco, que apresentam características ambientais distintas e demandam leituras específicas.

O clima tropical úmido, predominante em áreas como o litoral brasileiro e partes da região amazônica, apresenta altos índices de umidade relativa do ar, temperaturas médias elevadas e baixa variação térmica ao longo do ano. A presença frequente de nebulosidade resulta em maior incidência de radiação solar difusa, associada a elevados índices pluviométricos. Essas condições climáticas influenciam diretamente a sensação térmica e o comportamento higrotérmico dos ambientes.

Já o clima tropical seco, predominante no interior do Nordeste e em porções do Centro-Oeste brasileiro, caracteriza-se por baixos índices de umidade relativa do ar, maior amplitude térmica diária e regimes de precipitação irregulares e escassos.

Nessas regiões, observa-se uma alternância mais acentuada entre períodos de calor intenso durante o dia e temperaturas mais amenas ou frias à noite, configurando um comportamento climático distinto do observado nas áreas úmidas.

A compreensão dessas diferenças climáticas é fundamental para o entendimento das condicionantes ambientais que incidem sobre a arquitetura em regiões tropicais, constituindo a base teórica para a análise das estratégias construtivas e soluções passivas que serão abordadas nos capítulos subsequentes.

2.3 AS ADAPTAÇÕES CLIMÁTICAS BRASILEIRAS

Em regiões de clima tropical, como grande parte do território brasileiro, a adoção de soluções arquitetônicas padronizadas, inspiradas em modelos internacionais, mostrou-se amplamente inadequada ao contexto climático local. No contexto da arquitetura moderna, especialmente a partir dos anos 1950, consolidou-se um viés universalizante, associado ao processo de modernidade e globalização, que pretendia atender a um “consumidor universal”, sem levar em conta as demandas específicas das realidades regionais, sobretudo climáticas (FRAMPTON, 1983, p. 45).

O Estilo Internacional, surgido como desdobramento da Revolução Industrial e do novo acesso a tecnologias construtivas pré-fabricadas, marcou uma virada de chave na construção ao introduzir materiais industrializados, sistemas racionalizados e uma estética baseada na geometrização da forma e na ausência de ornamentos. Esse modelo, considerado neutro e universal, foi exportado para contextos tropicais sem adaptação, ignorando elementos fundamentais como ventilação, sombreamento e orientação solar (FRAMPTON, 1983, p. 47–48).

Como destacam Gonçalves e Duarte (2006, p. 11), essa padronização resultou na repetição de estratégias inadequadas às condições climáticas brasileiras, principalmente em clima tropical, com fachadas envidraçadas e lajes planas que comprometeram o conforto térmico dos usuários. Embora o modernismo tenha surgido como uma reação ao historicismo e à ornamentação, acabou por negligenciar a adequação ao clima, especialmente em países tropicais, onde a arquitetura exige respostas projetuais sensíveis ao meio ambiente.

Segundo Lamberts (2014), a disseminação desses modelos, com uso excessivo das chamadas "caixas de vidro" sem reflexão sobre sua adaptação climática, resultou na construção de "edifícios estufa": coberturas e fachadas inteiramente envidraçadas, com desempenho térmico insatisfatório. Isso evidencia que o modernismo, ao priorizar formas puras e soluções industrializadas, negligenciou princípios essenciais de conforto ambiental.

Embora a *Villa Savoye* (figuras 7 e 8), projetada por Le Corbusier entre 1928 e 1929, esteja localizada em Poissy, França, uma região que não apresenta clima tropical, sua análise é pertinente por se tratar de uma edificação modernista célebre que simboliza o início da internacionalização dos métodos construtivos, representando um marco problemático para a adequação climática em regiões tropicais.

Figuras 7 e 8. Villa Savoye e os "cinco pontos da nova arquitetura", Le Corbusier (1928)



Fonte: FONDATION LE CORBUSIER. Villa Savoye, Le Corbusier (1928).

Disponível em: <https://www.fondationlecorbusier.fr>. Acesso em: 28 jul. 2025.

Nesse sentido, Le Corbusier enfrentou contradições significativas entre seus ideais formais e os resultados práticos, especialmente quanto ao conforto térmico. Em *Le Corbusier: uma análise da forma*, Geoffrey Baker evidencia que o próprio arquiteto reconheceu falhas em suas obras, como o superaquecimento no verão e as baixas temperaturas no inverno (BAKER, 1998, p. 11):

Le Corbusier percebeu alguns problemas em edificações de sua autoria, inclusive em seu próprio apartamento, que apresentavam superaquecimento durante o verão e temperaturas muito baixas no inverno. Diagnósticos posteriores identificaram que essas dificuldades se intensificavam em países de clima quente e que sua principal causa estava relacionada ao uso extensivo de grandes áreas envidraçadas e de membranas finas nas fachadas — uma característica recorrente nos edifícios do movimento moderno.

Essas queixas evidenciam como o projeto, embora esteticamente inovador, negligenciava aspectos fundamentais de habitabilidade, mostrando-se inadequado não apenas para climas tropicais, mas até mesmo para as condições do clima temperado francês. Nesse sentido de adequação climática, a busca pela modernidade no Brasil trouxe à tona uma série de soluções formais inovadoras que, muitas vezes, também negligenciaram aspectos fundamentais do conforto ambiental. Um exemplo emblemático dessa tensão entre forma e função é a Catedral de Brasília, projetada por Oscar Niemeyer (*figuras 9 e 10*).

Figuras 9 e 10. Catedral de Brasília — antes da instalação e pintura dos vitrais (1970)



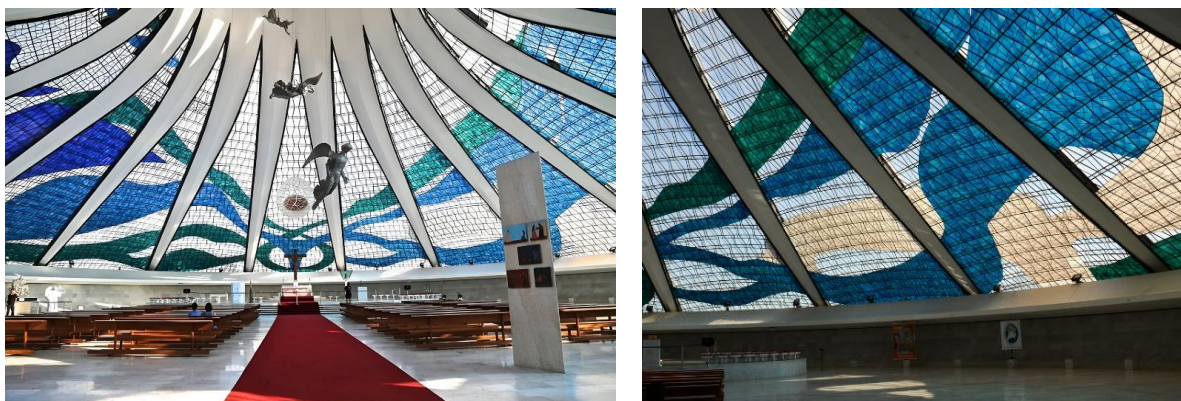
Fonte: NIEMEYER INSTITUTO. *Obra 078 – Catedral de Brasília*.

Disponível em: <https://niemeyerinstituto.com.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

Quando inaugurada em 1970, a Catedral apresentava apenas uma cobertura de vidro transparente entre seus dezesseis pilares em forma de hipérbole. A estrutura, apesar de impactante do ponto de vista estético, revelou rapidamente falhas em termos de conforto térmico e visual. A intensa luminosidade natural que penetrava o interior da edificação provocava ofuscamento tanto nos celebrantes quanto nos fiéis, enquanto o acúmulo de calor tornava os eventos diurnos desconfortáveis. O problema refletia um embate recorrente na arquitetura moderna brasileira: o compromisso com a expressão plástica da estrutura frequentemente se sobrepunha às necessidades climáticas do usuário (SCHMID, 2005).

Reconhecendo essas limitações, Niemeyer buscou uma solução que pudesse manter a integridade formal de sua obra ao mesmo tempo em que garantisse melhor desempenho ambiental. A resposta veio por meio da colaboração com a artista Marianne Peretti, responsável pela pintura dos vitrais, instalados entre 1987 e 1989 (*figuras 11 e 12*).

Figuras 11 e 12. Catedral de Brasília — depois da instalação dos vitrais (1989)



Fonte: NIEMEYER INSTITUTO. *Obra 078 – Catedral de Brasília*.

Disponível em: <https://niemeyerinstituto.com.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

Segundo texto exposto na própria Catedral, Marianne teve o desafio de resolver os problemas de calor e de excessiva luminosidade e, ao mesmo tempo, criar uma obra em harmonia com o espírito religioso e a linguagem moderna. A pintura dos vitrais não representa uma ruptura com o modernismo, mas uma atualização sensível ao bem-estar do usuário.

Outro exemplo que ilustra esse tipo de contradição é o edifício do Banco do Brasil, localizada na Asa Sul, em Brasília, na qual o projeto apresenta fachada envidraçada em grande parte de sua extensão, o que compromete seu desempenho térmico (*figuras 13 e 14*).

Figuras 13 e 14. Edifício sede do Banco do Brasil, Ary Garcia Rosa (1962)



Fonte: BIZERRA, Fernando. *Fachada do edifício-sede do Banco do Brasil em Brasília*. 2015.

Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/bizerra/18314264589>. Acesso em: 28 jul. 2025.

Importante também é considerar que, conforme relatório do Sistema de Gestão Ambiental do Banco do Brasil, aproximadamente 60 % do consumo de energia do banco é destinado aos sistemas de ar-condicionado, que operam de forma intensiva nas sedes e agências em função da predominância de fachadas envidraçadas e pouca proteção solar efetiva. Isso confirma a dependência de climatização artificial em projetos que privilegiam a estética moderna em vez de soluções adaptativas ao clima, gerando alto consumo energético e fragilidade térmica.

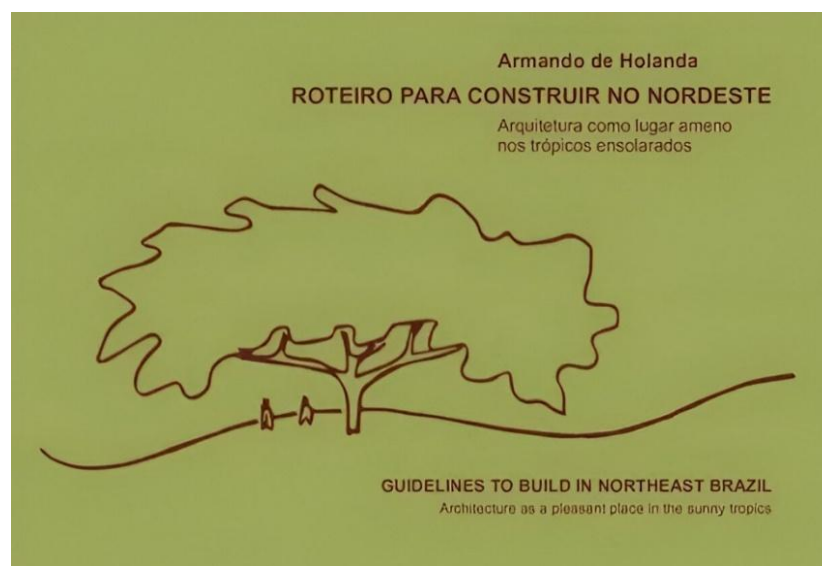
Como aponta Lamberts et al. (2006), o modernismo tropicalizou-se de maneira superficial, sem incorporar integralmente os princípios do conforto térmico e do desempenho energético, aspectos centrais do bioclimatismo contemporâneo. Assim, ainda que tenha sido uma expressão autêntica do modernismo em clima tropical, a arquitetura moderna brasileira careceu de uma abordagem mais crítica e técnica frente às demandas ambientais reais.

No Brasil, devido à diversidade climática e cultural, surgiram diferentes movimentos e práticas arquitetônicas voltadas para o desenvolvimento de soluções mais contextualizadas, especialmente fora do eixo Rio-São Paulo. Enquanto a Escola Carioca e a Escola Paulista consolidavam o estilo moderno no país, arquitetos de outras regiões buscavam adaptar os princípios do modernismo às condições ambientais e sociais locais (MELO, 2010, p. 45).

Assim, ao mesmo tempo em que a modernidade ganhava força, outros profissionais adotaram uma postura sensível ao clima, à paisagem e às necessidades da população local. Entre eles, um destaque importante voltado às especificidades regionais é o arquiteto e professor Armando de Holanda. Reconhecido por sua contribuição teórica e prática no campo da arquitetura bioclimática e vernacular, Holanda dedica grande parte de sua produção ao estudo das condições ambientais do semiárido nordestino. Sua obra *Roteiro para Construir no Nordeste*, publicada originalmente em 1981, é considerada uma referência fundamental para arquitetos interessados em soluções adaptadas ao clima quente e seco da região.

No livro, o autor propõe diretrizes arquitetônicas fundamentadas na orientação solar adequada, na promoção da ventilação cruzada natural e no uso consciente de materiais locais, com forte ênfase em práticas construtivas sustentáveis, econômicas e adaptadas ao contexto socioambiental. Sua obra valoriza o saber popular e as técnicas construtivas tradicionais, articulando-as com os princípios do modernismo tropical (*figura 15*).

Figura 15. Roteiro para construir no Nordeste, Armando de Holanda (1981)



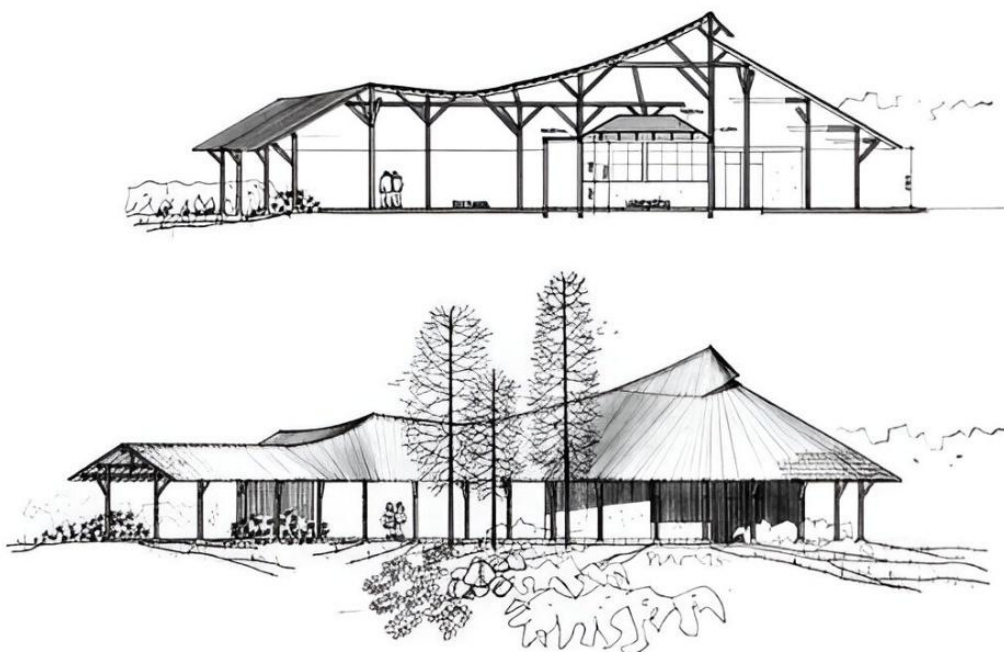
Fonte: HOLANDA, 1981.

Sua abordagem não apenas contribui para a eficiência térmica das edificações, mas também fortalece a identidade cultural nordestina no campo da arquitetura. Seus lemas — "criar uma sombra, recuar as paredes da fachada, vaziar os muros, proteger as janelas da insolação, abrir as portas, dar continuidade entre os espaços, construir com pouco e conviver com a natureza" — expressam uma filosofia de projeto sensível ao clima, ao território e às relações humanas com o ambiente construído.

Nesse mesmo campo de arquitetura adaptada ao clima brasileiro, destaca-se Severiano Porto, conhecido como "o arquiteto da Amazônia", cuja produção arquitetônica, marcada pelo respeito às condições ambientais e culturais locais, foi especialmente significativa no Amazonas entre as décadas de 1960 e 1990. Em um período em que muitos arquitetos modernistas brasileiros ainda seguiam uma linguagem racionalista influenciada por Le Corbusier e pela arquitetura internacional, Porto adotou uma postura oposta (MENDES, 2019, p. 23).

Seus projetos, como o Campus da Universidade do Amazonas (UFAM), em Manaus (*figuras 16 e 17*), são exemplos notáveis de uma arquitetura bioclimática, que alia conhecimento tradicional e racionalidade moderna. Ao mesmo tempo em que nomes como Oscar Niemeyer exploravam monumentalidade em concreto e grandes gestos formais, Severiano Porto apostava na leveza estrutural, na adaptação climática e na integração com a paisagem natural.

Figuras 16 e 17. Campus da Universidade do Amazonas (UFAM), em Manaus.
Obra representada em cortes esquemáticos e perspectiva arquitetônica.



Fonte: MENDES, 2019. p. 22–24.

Sua obra foi marcada por uma profunda sensibilidade ao ambiente amazônico, valorizando o uso de materiais regionais como madeira, soluções de ventilação natural, coberturas inclinadas com beirais generosos e estruturas elevadas do solo, respeitando o clima quente e úmido e os modos de vida locais. Porto compreendia que a arquitetura amazônica precisava dialogar com sua geografia, flora e cultura — não impor um modelo externo (MENDES, 2019, p. 25).

No contexto contemporâneo, destaca-se o arquiteto Laurent Troost, nascido na Bélgica e naturalizado no Brasil, cuja produção mais significativa se concentra na cidade de Manaus, capital do Amazonas. Formado na Bélgica e com experiências internacionais em escritórios como o de Rem Koolhaas (OMA), Troost atua no Brasil desde 2008, desenvolvendo uma arquitetura que conjuga princípios da sustentabilidade, soluções bioclimáticas e uma linguagem formal contemporânea. Um exemplo emblemático dessa abordagem é o Galpão Tropical (*figuras 18 e 19*), projeto de 2019 situado na zona urbana de Manaus.

Pensado como um espaço multifuncional voltado ao trabalho e à criação, o projeto apresenta uma estrutura metálica leve, cobertura em duas águas e painéis laterais móveis, que favorecem a ventilação cruzada e o sombreamento natural. O projeto incorpora ainda um espelho d'água ao redor da edificação, que contribui para a umidificação do ar e reforça a estratégia de resfriamento passivo. A elevação do piso, o uso racional de materiais locais e a cuidadosa concepção da iluminação e ventilação naturais evidenciam o compromisso do projeto com o conforto térmico em um ambiente equatorial marcado por altas temperaturas e umidade intensa.

Figuras 18 e 19. Galpão Tropical, de Laurent Troost, em Manaus (2019)



Fonte: TROOST, Laurent. Galpão Tropical, em Manaus. Fotografias de Joana França, 2019.
Disponível em: <https://www.laurenttroost.com/pt/projects/galpao-tropical>. Acesso em: 28 jul. 2025.

Nesse contexto, torna-se evidente a limitação da aplicação acrítica dos princípios do modernismo internacional no território brasileiro, frequentemente concebidos a partir de realidades climáticas, culturais e socioeconômicas distintas. Assim, a necessidade de adaptação da arquitetura ao clima local revela-se não apenas como

uma questão técnica, mas também como uma postura ética e ambiental, que reconhece o território, o saber construtivo tradicional e as estratégias passivas como fundamentos essenciais para a produção de espaços mais eficientes, confortáveis e sustentáveis no contexto brasileiro.

2.4 AS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DE CONFORTO AMBIENTAL EM CLIMAS TROPICAIS

As técnicas construtivas propostas por Johan van Lengen, apresentadas no *Manual do Arquiteto Descalço* (1986; 2002), constituem um referencial fundamental para a promoção do conforto ambiental em diferentes zonas climáticas, com especial atenção aos climas tropicais. A partir de uma abordagem prática e acessível, Van Lengen enfatiza a adoção de soluções arquitetônicas simples, adaptadas ao ambiente local, que valorizam o uso de materiais disponíveis na região e incorporam saberes construtivos tradicionais.

O termo *descalço*, presente no título da obra, simboliza a escolha consciente por um caminho de simplicidade e essencialidade na arquitetura. Trata-se de uma postura projetual que prioriza soluções eficientes e de baixo impacto ambiental, alinhadas aos princípios da sustentabilidade e às condições socioeconômicas dos contextos locais. Sua proposta busca desenvolver edificações capazes de responder diretamente às condições climáticas adversas, reduzindo a dependência de sistemas artificiais de climatização e promovendo o conforto térmico de forma passiva.

Nesse sentido, Van Lengen apresenta diretrizes específicas para os climas tropicais úmido e seco, considerando fatores como ventilação, insolação, umidade e inércia térmica. No **clima tropical úmido**, comum em regiões como o litoral brasileiro e áreas da Amazônia, predominam temperaturas elevadas, alta umidade relativa do ar e grande incidência de radiação difusa devido à nebulosidade frequente. Para essas condições, recomenda-se a adoção de grandes aberturas que favoreçam a ventilação cruzada, paredes delgadas que não acumulem calor e umidade, coberturas inclinadas para o rápido escoamento das chuvas e pisos elevados para evitar a umidade proveniente do solo. Elementos como varandas abertas ao redor da edificação e o afastamento entre as construções também contribuem para a circulação do ar e para o resfriamento natural dos ambientes internos (GOULART et al., 1997; BAKER, 1987).

Já no **clima tropical seco**, característico do interior do Nordeste e de partes do Centro-Oeste brasileiro, observa-se baixa umidade do ar, elevada amplitude térmica diária e escassez de precipitações. Nessas regiões, as estratégias construtivas devem priorizar a inércia térmica, por meio do uso de paredes espessas e materiais como adobe, pedra, tijolos ou blocos, capazes de retardar a transferência de calor entre o exterior e o interior da edificação. A utilização de aberturas menores reduz a incidência solar direta e a entrada de poeira, enquanto o agrupamento das edificações diminui a exposição das superfícies ao sol intenso. Além disso, o emprego de pátios internos favorece a ventilação e o resfriamento natural dos ambientes, especialmente durante o período noturno, quando ocorre a liberação do calor acumulado ao longo do dia.

Essas estratégias são sintetizadas de forma didática por Van Lengen na *Figura 20*, que apresenta recomendações construtivas específicas para os climas tropicais úmido e seco, evidenciando como a forma arquitetônica, a disposição dos espaços, os materiais empregados e a relação com o entorno podem atuar como agentes ativos na promoção do conforto ambiental de maneira sustentável (VAN LENGEN, 1986, p. 39–41).

Figura 20. Estratégias construtivas para climas tropicais (úmido e seco)

CLIMA TROPICAL ÚMIDO

- ☛ Construir as casas perto de morros ou elevações onde há mais movimento do ar.
- ☛ Paredes delgadas, para que não conservem umidade.
- ☛ Tetos bem inclinados, para que a chuva escorra.
- ☛ Materiais: madeira, taquara e capim.
- ☛ Janelas grandes, para melhorar a ventilação.
- ☛ Casas separadas, para que a brisa circule refrescando.
- ☛ Varandas abertas em volta da casa, para protegê-la da chuva.
- ☛ Piso elevado para evitar a umidade do solo.



CLIMA TROPICAL SECO

- ☛ Em regiões de morros, construir as casas nas partes altas, onde há mais movimento de ar.
- ☛ Paredes grossas, que retardam a penetração do calor do dia e do frio da noite.
- ☛ Materiais: pedra, adobe, tijolos e blocos.
- ☛ Janelas pequenas, para evitar a poeira e o sol.
- ☛ Casas bem juntas, com menos paredes expostas ao sol. Uma dá sombra à outra.
- ☛ Uso de pátios internos, para ventilar os quartos.
- ☛ Piso apoiado sobre a terra para captar o frescor do solo.



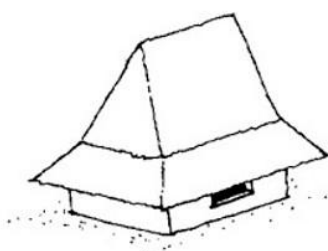
No caso do clima tropical úmido, marcado por altas temperaturas, umidade elevada e chuvas frequentes, as técnicas construtivas precisam priorizar a ventilação cruzada, o sombreamento e a rápida drenagem da água. Para isso, são indicadas coberturas com grande inclinação, que facilitam o escoamento das chuvas, e beirais largos, que protegem as fachadas da incidência solar direta e da água. A forma da cobertura, como o telhado em quatro águas, também contribui para o controle térmico e a durabilidade da edificação (*figura 21*).

Figura 21. A casa no clima tropical úmido para Van Lengen

OS BEIRAIS

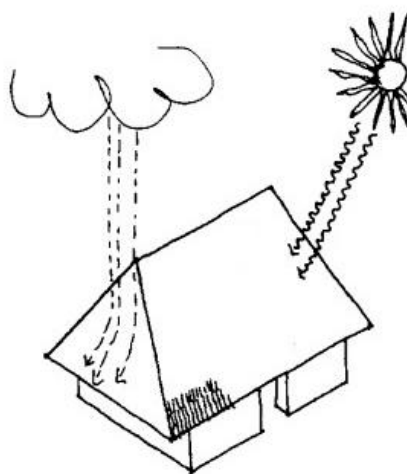
Os beirais protegem as paredes do desgaste causado pelo sol e pelas chuvas.

Como os beirais são salientes, podemos fazer uma inclinação menor na parte inferior do teto:



OS TETOS DAS MORADIAS

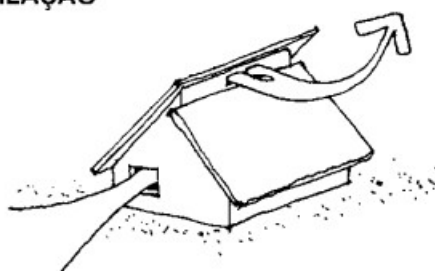
Os tetos das casas na zona e clima tropical úmido são mais inclinados que os das casas de outras regiões climáticas, pelos seguintes motivos:



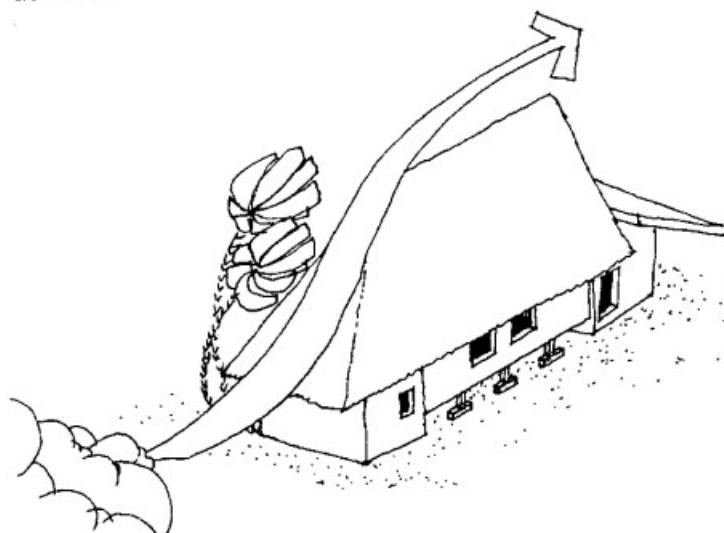
A ventilação natural é um dos pilares das estratégias propostas por Johan van Lengen para garantir o conforto térmico nas construções em climas tropicais. Uma das soluções é a separação entre o forro e o telhado, criando uma câmara de ar que permite que o ar quente suba e escape pela parte superior da edificação. Simultaneamente, o ar mais fresco pode entrar pelas aberturas inferiores, promovendo a renovação contínua do ar interno e reduzindo a sensação térmica nos ambientes (*figura 22*).

Figura 22. A ventilação natural na casa no clima tropical úmido

UMA BOA VENTILAÇÃO



Separando as duas águas do teto, conseguimos boa ventilação. O ar quente sai pela janela de cima, e o ar fresco entra pela janela de baixo.

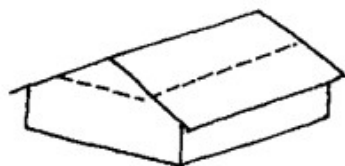


Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 147.

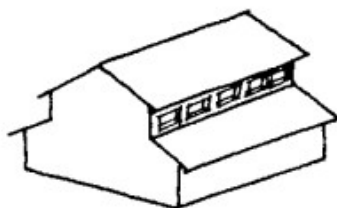
Além disso, a forma do telhado pode ser adaptada para favorecer essa circulação. A inclusão de aberturas triangulares ou basculantes próximas à cumeeira, assim como o uso de janelas altas nas áreas elevadas da cobertura, potencializa a saída do ar quente acumulado. Essas estratégias, combinadas, criam um sistema de ventilação cruzada eficiente, que reduz a necessidade de climatização artificial e proporciona maior conforto aos ocupantes da edificação (*figura 23*).

Figura 23. As janelas altas na casa no clima tropical úmido

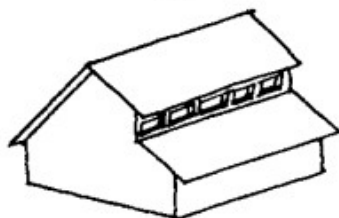
Para utilizar melhor o espaço entre o teto e o forro, podemos subir uma parte do teto:



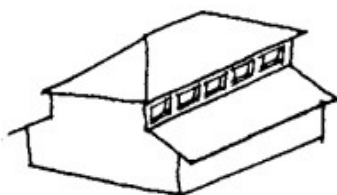
levantamos a parte central do teto.



colocamos janelas nos dois lados, entre os dois tetos.



podemos colocar as janelas de um só lado.



esta forma serve também para tetos de quatro águas.

Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 148.

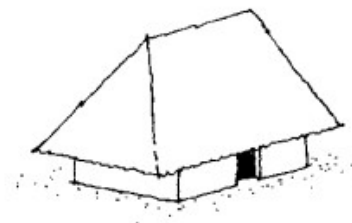
A abertura de janelas em um alçamento central do telhado, distribuídas ao longo das laterais dessa parte elevada, como mostrado nas ilustrações, é uma estratégia eficaz para melhorar a ventilação natural nas moradias. Ao deixar livre essa seção mais alta da cobertura, cria-se um ponto de escape para o ar quente que se acumula no interior da edificação, facilitando a circulação vertical do ar.

Essa técnica, muitas vezes associada a telhados do tipo quatro águas, permite que o ar mais fresco entre pelas aberturas inferiores enquanto o ar quente é expelido pelas superiores, promovendo um ambiente interno mais fresco. Para evitar a entrada de chuva, essas aberturas podem ser protegidas com cumeeiras ampliadas ou com ripas de madeira dispostas de forma inclinada, permitindo a ventilação contínua sem comprometer a impermeabilidade da cobertura (*figura 24*).

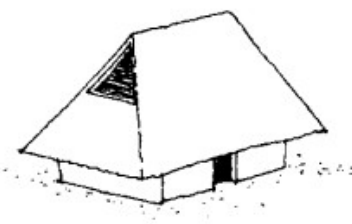
Figura 24. A proteção das janelas altas na casa no clima tropical úmido

Com alguns detalhes, conseguimos que as pessoas sintam menos calor no interior da sua moradia.

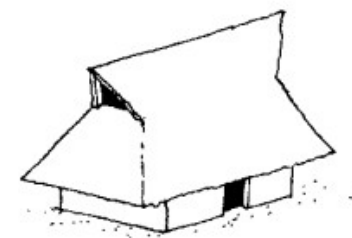
A forma básica é de 4 águas, e os beirais sobressaem bastante.



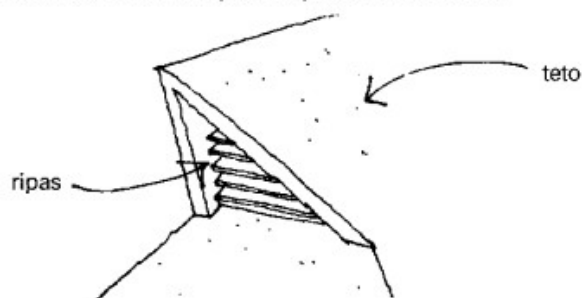
Para obter melhor ventilação, deixamos aberta a parte mais alta das seções menores dos tetos.



Para evitar que a chuva entre, deve-se ampliar as cumeeiras das seções maiores.



A abertura de ventilação pode ser fechada com ripas de madeira e colocada de maneira a impedir que entre chuva.



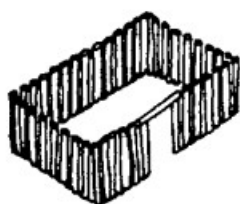
Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 145.

No que diz respeito aos materiais construtivos, Johan van Lengen valoriza o uso de recursos disponíveis localmente, como a madeira e o barro, tanto isoladamente quanto em combinações. A escolha entre esses materiais depende das condições ambientais, da cultura construtiva regional e da disponibilidade na área. A madeira é amplamente utilizada por sua leveza e facilidade de manuseio, mas requer cuidados específicos devido à sua sensibilidade à umidade.

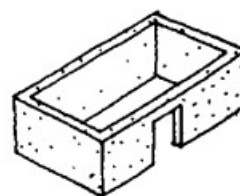
Para garantir sua durabilidade, Van Lengen recomenda práticas como a aplicação de piche nas extremidades em contato com o solo e a elevação das paredes sobre fundações de pedra ou concreto, evitando o apodrecimento precoce. Já o barro, material abundante e de excelente desempenho térmico, contribui para o conforto dos ambientes, mantendo temperaturas internas mais estáveis. Quando combinados, esses materiais permitem construções mais eficientes e adaptadas às necessidades locais (*figura 25*).

Figura 25. O uso de materiais na casa no clima tropical úmido

Um exemplo disto é o uso da madeira ou do barro nas paredes. Se estes materiais estiverem disponíveis, as casas podem ser de vários tipos:

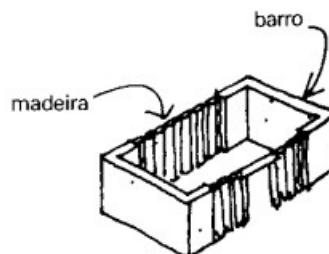
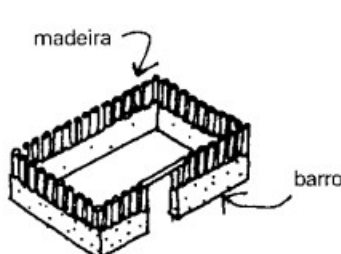


toda de madeira



toda de barro

Ou estes materiais podem ser combinados:



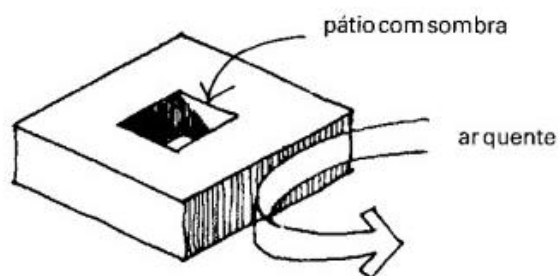
Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 142.

Já no clima tropical seco, onde predominam altas temperaturas durante o dia e noites mais frias, as estratégias construtivas devem buscar o equilíbrio térmico entre esses extremos. Johan van Lengen propõe soluções que priorizam o controle da ventilação e o uso inteligente das massas de ar para manter a temperatura interna agradável ao longo do dia. A criação de pátios internos sombreados é uma dessas soluções: eles atuam como reguladores térmicos naturais, resfriando o ar que circula pelos ambientes ao redor. O ar fresco gerado no pátio, ao passar por áreas sombreadas e vegetadas, tende a esfriar e entrar nos cômodos, promovendo um microclima mais confortável (*figura 26*).

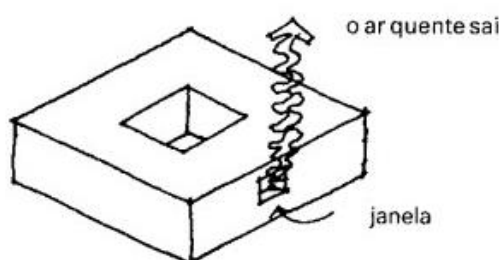
Figura 26. O uso de pátios internos na casa no clima tropical seco

O ar quente é mais leve que o ar frio. Quando os dois encontram-se, o ar quente sobe, deixando espaço para a entrada do ar frio. Assim funciona a ventilação.

Numa zona com pouca vegetação, a casa deve ter um pátio com uma área de sombra, para refrescar o ar.



Fora da casa há outra área de sombra com ar fresco, mas ele se perde rapidamente, ao entrar em contato com o ar circundante.



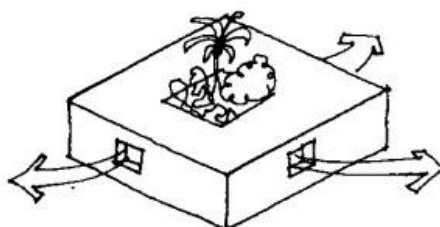
Quando fazemos uma abertura ou janela numa das paredes, o ar quente do quarto sai da casa.

Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 224.

A ventilação cruzada desempenha papel central nesse processo. Ao posicionar estrategicamente janelas e aberturas em diferentes alturas, cria-se um fluxo contínuo de ar: o ar quente, mais leve, sobe e escapa pelas partes superiores, enquanto o ar fresco entra pelas aberturas inferiores, principalmente voltadas para áreas sombreadas. Essa circulação constante evita o acúmulo de calor nos ambientes internos. A presença de vegetação e até pequenos espelhos d'água nos pátios potencializa esse efeito refrescante, contribuindo para a umidade e a qualidade do ar. (figura 27).

Figura 27. O uso de vegetação e água nos pátios internos na casa no clima tropical seco

Assim, o ar fresco do pátio pode entrar no quarto. Desta forma, criamos correntes de ar fresco em todos os cantos da casa. O ar no pátio esfria sob a sombra e passa pelos quartos. O melhor é ter um pátio com muitas plantas e um pouco de água.



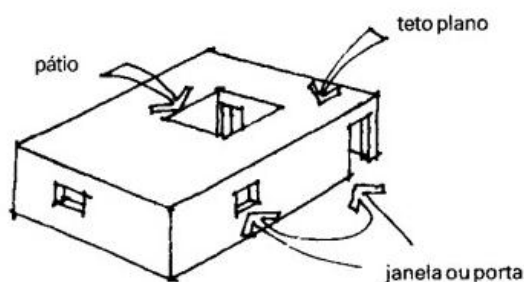
as plantas refrescam ainda mais.

Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 225.

As estratégias construtivas de ventilação passiva apresentadas por Johan van Lengen são fundamentais para garantir o conforto térmico em regiões de clima tropical seco, onde o ar além de quente, é carregado de poeira. Para o autor, a ventilação eficiente é alcançada ao captar o ar fresco que circula em camadas mais altas da atmosfera, evitando a entrada de poeira comum nas camadas mais próximas do solo.

Para isso, a arquitetura adota tetos quase planos e pátios internos abertos, que permitem a entrada de brisas limpas e a circulação do ar pelos ambientes internos. As aberturas, como janelas e portas, são mantidas pequenas para evitar a entrada direta de poeira, enquanto o pátio atua como uma zona de resfriamento, favorecendo a ventilação cruzada (*figura 28*). Esse modelo de organização espacial com pátios centrais não é exclusivo da arquitetura em climas áridos ou tropicais. Ele remonta às civilizações do Oriente Médio, como na Mesopotâmia, onde já era empregado como estratégia de controle térmico e organização do espaço (OLIVEIRA, 2015, p. 47).

Figura 28. Pátio como zona de resfriamento na casa no clima tropical seco



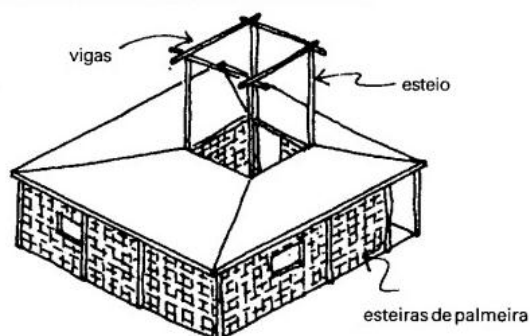
As portas e janelas devem ser pequenas, e a casa deve ter uma área descoberta, formando um pátio para ventilar melhor os espaços interiores.

Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 228.

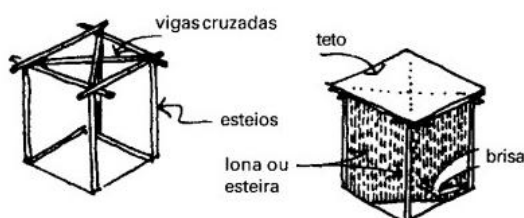
Dentre as estratégias construtivas de ventilação passiva propostas por Johan van Lengen, destacam-se as torres de vento — estruturas verticais que captam o ar mais fresco das camadas superiores e o conduzem para o interior das edificações, especialmente em regiões secas e litorâneas (*figura 29*). Como ilustrado na série de diagramas, a torre pode ser construída elevando esteios acima do telhado do pátio central, unindo-os com vigas cruzadas e cobrindo com esteiras ou lonas leves. Essa estrutura simples cria um pequeno teto elevado, onde o ar fresco é captado e direcionado para os cômodos por convecção natural.

Figura 29. A torre de vento na casa no clima tropical seco

- 1** Para que entre mais ar na casa, os esteios do pátio interno elevam-se uns dois metros acima do teto.

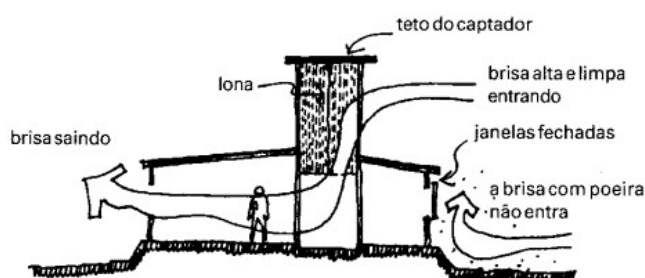


- 2** Depois, colocam-se 4 vigas unindo os esteios e 2 vigas cruzadas no centro:



- 3** Com uma cobertura formamos um pequeno teto. Nas vigas cruzadas colocamos 4 esteiras ou pedaços de lona, unidos no centro. Assim, o ar fica preso ali e só pode descer para os quartos.

Assim podemos captar a brisa, independente de onde venha. Abrindo umas janelas e fechando outras, podemos guiar a brisa pela casa, ao mesmo tempo que a protegemos da poeira.

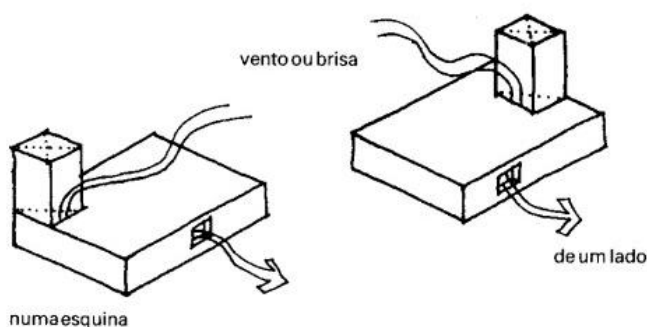


Além disso, Van Lengen apresenta variações dessas torres, chamadas de captadores de ar, que podem ser posicionadas em pontos estratégicos da cobertura. Elas podem ser abertas em diferentes direções ou apenas na principal, dependendo da constância dos ventos locais (*figura 30*).

Figura 30. A localização da torre de vento na casa no clima tropical seco

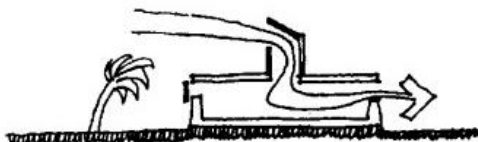
LOCALIZAÇÃO DO CAPTADOR

Um captador aberto nos quatro lados, com o centro cruzado e a cobertura horizontal, capta brisas vindas de qualquer direção.



Nas regiões onde o vento vem sempre do mesmo lado, o captador é aberto na direção da brisa fresca do verão.

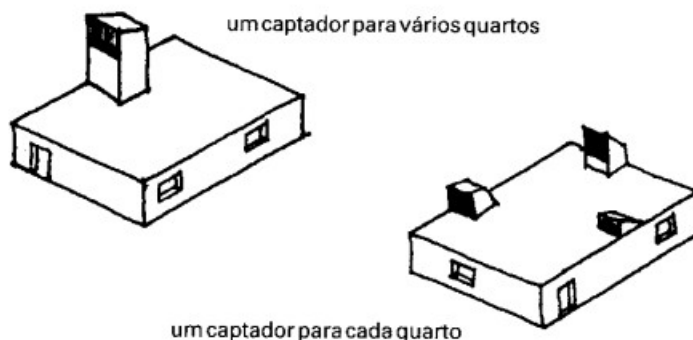
direção principal do vento



Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 230-231.

Os captadores podem atender a um único cômodo ou serem compartilhados por vários ambientes (*figura 31*). Essas soluções demonstram como a ventilação pode ser inteligentemente conduzida pela forma arquitetônica, reduzindo o calor interno e a necessidade de climatização artificial.

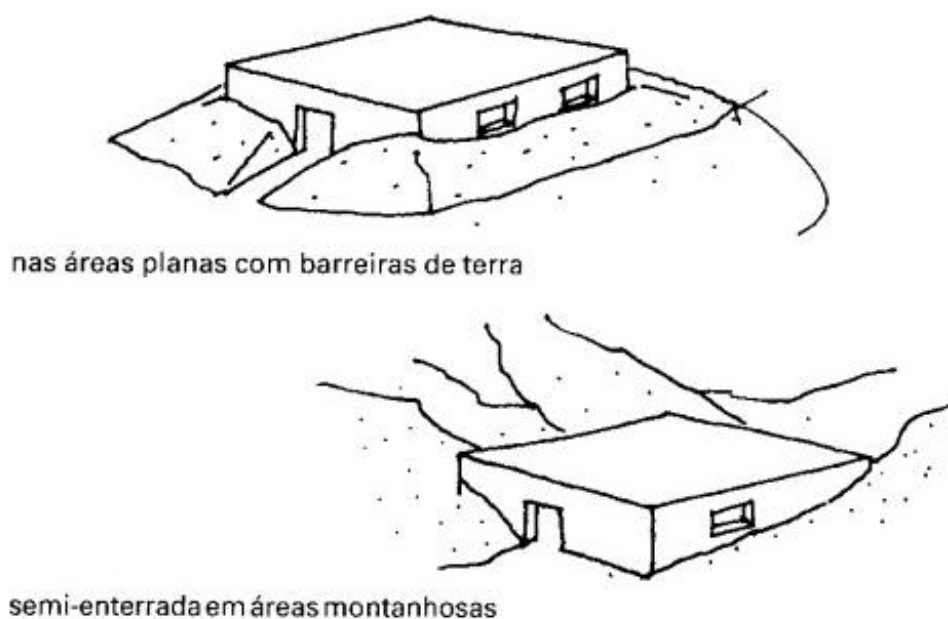
Figura 31. A localização da torre de vento na casa no clima tropical seco



Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 231.

Uma outra técnica eficiente destacada por Johan van Lengen para regiões de clima extremo, especialmente em áreas secas e com grande amplitude térmica, é o uso da terra como isolante natural. Construções parcialmente enterradas ou protegidas lateralmente com barreiras de terra aproveitam a inércia térmica do solo para manter a temperatura interna mais constante ao longo do dia. A terra absorve lentamente o calor do ambiente externo durante o dia e o libera à noite, o que contribui para um conforto térmico passivo e eficiente. Esse tipo de solução é especialmente útil em áreas planas, onde é possível criar barreiras de contenção, ou em terrenos inclinados e montanhosos, onde a casa pode ser encaixada de forma semienterrada (*figura 32*).

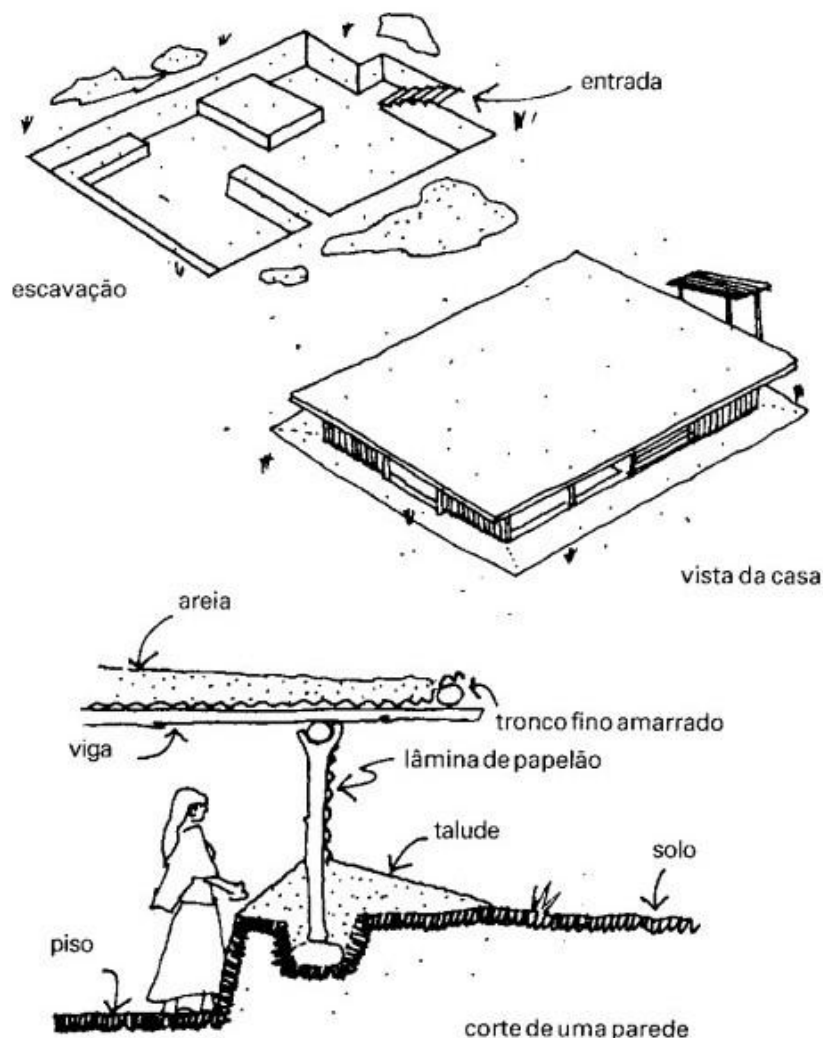
Figura 32. Uso da terra como isolante térmico em construções semienterradas no clima tropical seco



Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 226.

Além disso, as coberturas dessas construções devem ser pensadas para evitar o acúmulo excessivo de calor. Materiais leves e de fácil acesso, como papelão asfaltado, sapé ou folhas vegetais, podem ser utilizados, desde que protegidos com uma camada de areia, terra ou pedras, que age como barreira térmica adicional (*figura 33*).

Figura 33. Barreira térmica de areia, terra ou pedras no clima tropical seco



Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 227.

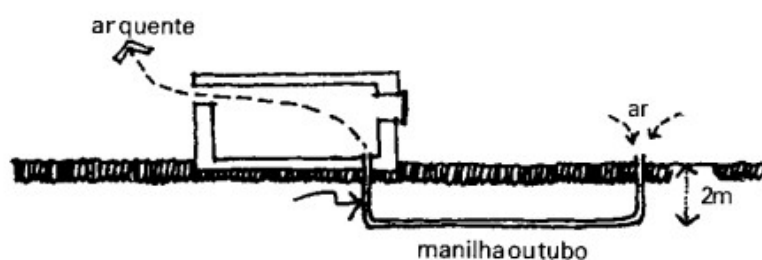
Essa camada impede que o calor do sol aqueça diretamente a estrutura da cobertura, reforçando o isolamento térmico da edificação. A simplicidade construtiva dessas técnicas não apenas facilita sua execução com mão de obra local, como também representa uma solução de baixo custo, acessível a comunidades com recursos financeiros limitados, sem abrir mão do conforto ambiental.

Aliada a estratégia de semienterrar a edificação, a adição de ventilação passiva por meio de dutos subterrâneos é uma estratégia construtiva eficiente para resfriar os ambientes internos utilizando a diferença de temperatura entre o ar e o subsolo, como ilustrado por Johan van Lengen. Nas regiões de clima quente, o solo abaixo de cerca de dois metros da superfície mantém uma temperatura mais amena, mesmo nos dias mais quentes.

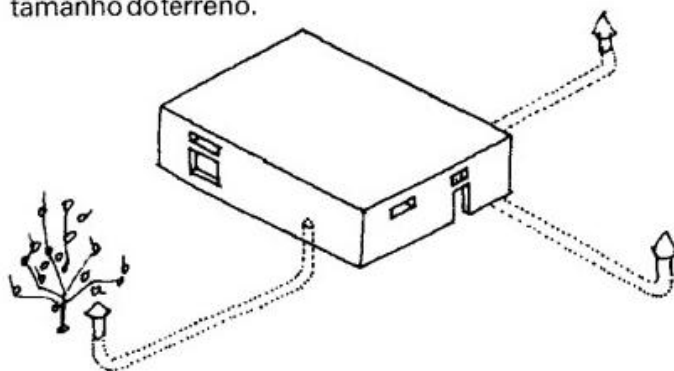
Essa característica é aproveitada através da instalação de manilhas de drenagem enterradas, feitas de barro ou cimento, com cerca de 10 cm de diâmetro, por onde o ar externo percorre antes de adentrar os ambientes. Para evitar a entrada de chuva e insetos, o sistema conta com proteções como chapéus de lata (uma espécie de tampa para o cano), telas de mosquiteiro e gradis (*figura 34*).

Figura 34. A estratégia da ventilação passiva subterrânea

Para esfriar o ar, usamos manilhas de drenagem, de barro ou cimento, com diâmetro de 10 cm.



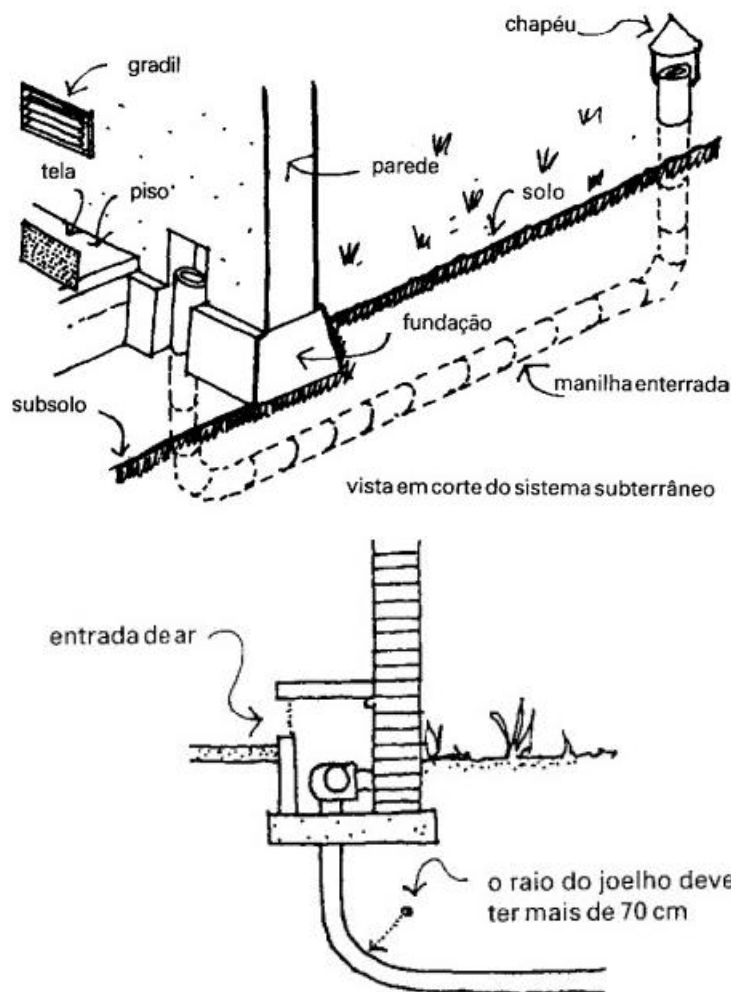
Não há regras para a longitude da canalização com manilhas. Isto depende de algumas variáveis, como a temperatura e umidade do subsolo, o tamanho dos quartos, a vegetação e o tamanho do terreno.



Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 241-242.

Ao entrar mais frio, esse ar substitui o ar quente, que sai pelas aberturas superiores, promovendo a circulação natural. Além disso, recomenda-se que a entrada de ar esteja em locais sombreados por vegetação ou próximos a plantas aromáticas, o que melhora ainda mais a qualidade do ar (*figura 35*). Trata-se de uma técnica simples, acessível e de baixo consumo energético, ideal para regiões de alta incidência solar e para construções que buscam maior autonomia climática com soluções naturais.

Figura 35. Detalhes da ventilação passiva subterrânea



Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 241-242

As ilustrações e orientações contidas no *Manual do Arquiteto Descalço* evidenciam uma variedade de soluções construtivas adaptadas a diferentes realidades climáticas, com destaque para os contextos tropicais, tanto úmidos quanto secos. Essas estratégias, que vão desde sistemas de ventilação natural até coberturas e paredes com isolamento térmico adequado, demonstram como é possível aliar funcionalidade, baixo custo e sustentabilidade.

Por sua clareza e aplicabilidade, essas soluções se consolidaram como referência didática fundamental na formação de arquitetos e urbanistas por diversas décadas, especialmente naqueles voltados a práticas projetuais mais conscientes, adaptadas e comprometidas com o conforto ambiental e a eficiência térmica em diferentes territórios.

3 AS ESTRATÉGIAS CONSTRUTIVAS TRADICIONAIS DE CONFORTO

A arquitetura pré-industrial pode ser compreendida como um conjunto de saberes construtivos desenvolvidos de forma empírica ao longo do tempo, moldados por fatores climáticos, culturais e materiais específicos de cada região. Trata-se de uma produção arquitetônica tradicional e vernacular, não acadêmica, resultado da experiência prática acumulada por diversas gerações.

Bernard Rudofsky, em sua obra *Arquitetura sem arquitetos: uma introdução à arquitetura não-erudita* (1987), destaca que essas construções são soluções espontâneas e funcionais, criadas por povos sem formação técnica formal, mas profundamente conectadas às necessidades do cotidiano, ao ambiente natural e à cultura local. Essa arquitetura se caracteriza por sua diversidade formal e construtiva, pela eficiência ambiental e pelo uso consciente de recursos disponíveis no entorno imediato.

Desenvolvidas antes do advento das tecnologias modernas de climatização, como o ar-condicionado e a mecanização dos edifícios, as arquiteturas pré-industriais precisavam, necessariamente, incorporar estratégias bioclimáticas para garantir conforto térmico e habitabilidade. Essas construções, surgidas muito antes da industrialização do mundo, são fruto de um conhecimento empírico acumulado por gerações e transmitido oralmente ou pela prática, profundamente enraizado no entendimento do clima local, da geografia, da cultura e dos materiais disponíveis no entorno.

Ainda nesse viés, o autor Amos Rapoport, em *A casa e a cultura: introdução à arquitetura tradicional* (2002), afirma que as construções tradicionais não apenas oferecem abrigo, mas refletem os valores, modos de vida e práticas culturais das comunidades que as desenvolvem. Para o autor, essas formas arquitetônicas são fruto de um processo contínuo de adaptação às condições ambientais e sociais, o que as torna altamente eficazes em termos de conforto ambiental.

Elementos como coberturas ventiladas, paredes espessas, sombreamentos naturais, pátios internos e o uso criterioso das aberturas refletiam um entendimento preciso sobre ventilação, insolação e temperatura. Sem depender de sistemas mecânicos, essas soluções garantiam ambientes mais confortáveis, mesmo em climas extremos.

Esse tipo de arquitetura se baseava em práticas adaptadas ao ambiente, moldadas por observação direta e por experiências regionais. No artigo *Arquitetura bioclimática: a importância da análise ambiental no desenvolvimento do projeto arquitetônico*, os pesquisadores destacam a relevância dessas práticas tradicionais no contexto da arquitetura bioclimática contemporânea, ao afirmar (TREICHEL; SILVA; OLIVEIRA, 2019, p. 2):

A arquitetura bioclimática resgata as técnicas tradicionais por meio da busca por novas soluções, sempre utilizando das características particulares de cada ambiente, pois as modificações físicas e morfológicas de determinado local ao longo do tempo são importantes na compreensão das condições de conforto existentes nas edificações.

É possível observar que parte da produção contemporânea ainda mantém influências do movimento moderno, especialmente na valorização do aspecto plástico e da forma, por vezes em detrimento de uma abordagem mais integrada ao ambiente. Segundo Abreu e Faria (2018, p. 42), “a persistência de paradigmas modernos, mesmo em contextos atuais, evidencia uma herança projetual que nem sempre considera de forma efetiva as especificidades climáticas e culturais locais”.

Diante da relevância e da eficácia das estratégias arquitetônicas tradicionais frente às condições ambientais e culturais de suas origens, torna-se pertinente observar como tais soluções atravessaram o tempo, permanecendo não apenas como referência histórica, mas também como fundamento técnico e conceitual para práticas contemporâneas (FATHY, 2005, p. 16).

A partir deste ponto, serão apresentados exemplos que evidenciam a aplicação bem-sucedida de princípios construtivos tradicionais em duas frentes: (1) edificações originais de caráter tradicional e pré-industrial, e (2) projetos contemporâneos que reinterpretam essas estratégias de maneira adaptativa. O objetivo é demonstrar que determinadas técnicas, consolidadas ao longo de séculos por meio da experimentação empírica, seguem sendo válidas e eficazes frente aos desafios climáticos atuais. Dessa forma, evidencia-se a perenidade e a pertinência das arquiteturas tradicionais como base conceitual e técnica para soluções contemporâneas comprometidas com o conforto ambiental e a sustentabilidade.

3.1 TETOS ADAPTADOS

As coberturas desempenham papel fundamental na mediação entre o ambiente construído e o clima, especialmente nas arquiteturas tradicionais. Em diversas partes do mundo, populações desenvolveram soluções específicas nos tetos das edificações para responder às exigências térmicas, aos ventos predominantes e à disponibilidade de luz natural. O domínio técnico sobre as formas de cobertura possibilitou não apenas a proteção contra intempéries, mas também a promoção de ambientes internos mais confortáveis e energeticamente eficientes.

Em alguns contextos, as adaptações nos tetos não requereram estruturas complexas, mas apenas modificações na geometria da cobertura. Telhados inclinados assimétricos, cortes longitudinais ou deslocamentos de planos superiores foram usados para criar correntes de ar, orientar o sombreamento ou modular a entrada de luz. Essas alterações simples, porém eficazes, demonstram como o saber popular pré-industrial é capaz de responder às exigências climáticas locais, mesmo com recursos técnicos limitados. O uso reiterado dessas soluções ao longo do tempo e em diferentes regiões do globo atesta sua efetividade (FRESNEDO, 2018, p. 77).

Dentre os dispositivos desenvolvidos, destaca-se o uso intencional do efeito chaminé, mecanismo de ventilação natural que se baseia na tendência do ar quente em ascender. Ao ser aquecido no interior da edificação, o ar sobe e, ao encontrar aberturas no topo do ambiente — como lanternins, claraboias ou perfurações nas cúpulas — é expelido, promovendo a entrada de ar mais fresco pelas partes inferiores da construção.

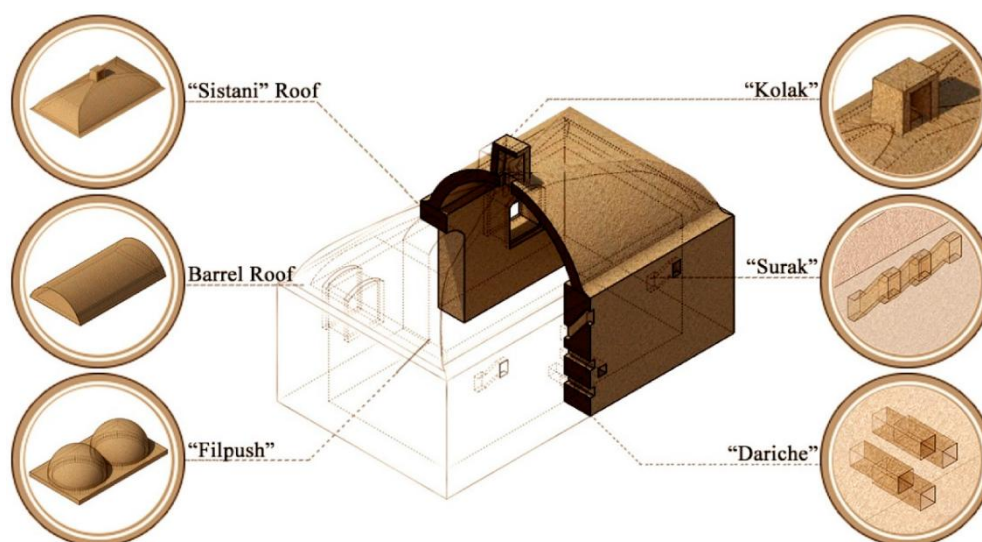
Este fluxo contínuo de ar melhora a qualidade do ambiente interno e reduz a sensação térmica em climas quentes, além de contribuir para o controle de umidade em zonas tropicais. Segundo Givoni (1994), esse tipo de ventilação natural, quando bem projetado, pode dispensar totalmente o uso de equipamentos artificiais de resfriamento em diversas condições climáticas.

Além do resfriamento passivo, as coberturas adaptadas também atuam na captação e difusão da luz natural. Soluções como claraboias, cúpulas translúcidas e aberturas zenitais foram utilizadas em diversas culturas para introduzir iluminação indireta nos interiores, diminuindo o consumo energético e aumentando o conforto visual. Johan van Lengen (2008) ressalta que a correta orientação das aberturas

zenitais e o cuidado na geometria das coberturas são fundamentais para garantir conforto térmico e luminoso, especialmente em regiões equatoriais e tropicais.

Essas estratégias encontram um exemplo particularmente expressivo nas habitações tradicionais da cidade de Sistan, no Irã (*figura 36*). Situada em uma região de clima árido e marcada por ventos sazonais intensos, essa técnica tradicional desenvolveu soluções engenhosas para o resfriamento passivo e a iluminação natural, integrando cúpulas ventiladas, cortes superiores nas coberturas e a presença recorrente das torres de vento (*badgirs*), como será analisado no tópico seguinte. (BARATI; HASHEMI; FALLAHI, 2022, p. 15).

Figura 36. Formatos de coberturas e aberturas nos tetos das habitações tradicionais iranianas



Fonte: BARATI, Mehdi; HASHEMI, Arman; FALLAHI, Ali. In: Iran Buildings 2022. p. 15.

Acesso em: 28 jul. 2025.

Nessas construções, diferentes formas de coberturas e aberturas no teto foram desenvolvidas com o objetivo de favorecer a ventilação natural e o conforto térmico. As aberturas denominadas *kolak*, *surak* e *dariche* são elementos recorrentes nos tetos dessas habitações, atuando em conjunto com as coberturas para intensificar o fluxo de ar, aproveitar o efeito chaminé e permitir iluminação natural difusa sem exposição direta ao sol.

O *kolak*, geralmente posicionado no ponto mais alto do teto, funciona como uma saída vertical para o ar quente, favorecendo sua exaustão por convecção. Já o *surak*, uma abertura horizontal disposta na parte superior das paredes, permite a entrada de ar fresco e atua como elemento de ventilação cruzada. O *dariche*, por sua vez, são pequenas janelas elevadas que, além de ventilarem o espaço interno,

contribuem para a iluminação natural controlada (BARATI; HASHEMI; FALLAHI, 2022, p. 12). Essas aberturas estão sempre integradas ao sistema de coberturas, cuja variação de forma não é apenas estrutural, mas também funcional. A cobertura conhecida como “*Sistani Roof*” apresenta geometria curva com uma abertura superior para intensificar o efeito chaminé; o modelo “*Barrel Roof*”, semicilíndrico, auxilia na condução do ar aquecido até o topo; já o tipo *Filpush*, com cúpulas duplas, combina ventilação por convecção com difusão luminosa suave.

A assimilação de princípios construtivos da arquitetura tradicional em projetos contemporâneos tem se consolidado como estratégia eficaz para responder às demandas de conforto ambiental e sustentabilidade. A análise da tipologia local demonstra como o conhecimento acumulado por gerações pode ser incorporado a propostas arquitetônicas atuais, mantendo a lógica ambiental da tradição, mesmo quando reconfigurada por novas demandas e tecnologias. Dentre os diversos exemplos bem-sucedidos da estratégia de incorporar o efeito chaminé, destacam-se edificações localizadas em contextos rurais da China, que ainda utilizam técnicas construtivas tradicionais adaptadas às condições locais. Na vila de Qiunatong, sudoeste da China, encontra-se a Biblioteca Comunitária “Flor na Encosta” (ZHANG, 2023), projetada pelo escritório chinês STEPS Architecture (*figura 37*).

Figura 37. Biblioteca Comunitária Flor na Encosta (2023)



Fonte: ZHANG, Ji. STEPS Architecture, 2023. Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/1027449/biblioteca-comunitaria-flor-na-encosta-steps-architecture>.

Acesso em: 28 jul. 2025.

A intervenção parte da reabilitação de uma construção tradicional da etnia Nu, preservando a estrutura de madeira original e incorporando elementos que favorecem a ventilação cruzada e o controle térmico passivo. O projeto introduz uma cobertura em duas águas com cumeeira aberta, além de janelas superiores que operam segundo o princípio do efeito chaminé, permitindo a liberação do ar quente e a entrada de luz difusa. Essa abordagem preserva a identidade cultural local, ao mesmo tempo em que requalifica o edifício para seu novo uso como espaço comunitário e educacional (*figuras 38 e 39*).

Figuras 38 e 39. Interior da Biblioteca Comunitária Flor na Encosta (2023)



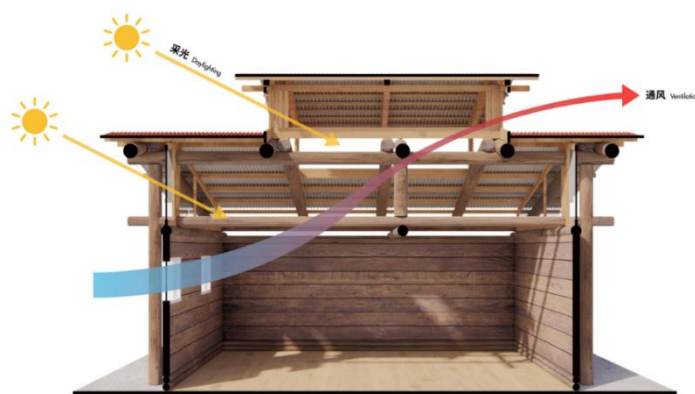
Fonte: ZHANG, Ji. STEPS Architecture, 2023. Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/1027449/biblioteca-comunitaria-flor-na-encosta-steps-architecture>.

Acesso em: 28 jul. 2025.

Em estudo recente, Barati, Hashemi e Fallahi (2022) analisam a performance desses sistemas e propõem adaptações contemporâneas que mantêm a essência da técnica tradicional, aprimorando sua eficiência para as condições urbanas atuais. O sistema passivo integrado às coberturas dessas residências canaliza o vento para o interior dos espaços e promove sua exaustão pelas partes superiores, gerando ventilação constante e melhoria da qualidade do ar interno (*figura 40*).

Figura 40. Esquema bioclimático da Biblioteca Comunitária Flor na Encosta (2023)



Fonte: ZHANG, Ji. STEPS Architecture, 2023. Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/1027449/biblioteca-comunitaria-flor-na-encosta-steps-architecture>.

Acesso em: 28 jul. 2025.

No Brasil, a Escola Vila Ninho (*figuras 41 e 42*), situada em Lagoa Santa, Minas Gerais, exemplifica a aplicação de estratégias construtivas sustentáveis em ambientes educacionais. Projetada pelos escritórios BIRI Arquiteturas e MACH Arquitetos, a escola adota uma estrutura modular de 2x2 metros, com unidades de 36 m², permitindo flexibilidade e adaptação dos espaços ao longo do tempo (BIRI ARQUITETURAS; MACH ARQUITETOS, 2023, p. 1).

Figuras 41 e 42. Escola Vila Ninho, Módulo João de Barro (2017)



Fonte: BIRI ARQUITETURAS; MACH ARQUITETOS. ArchDaily Brasil, 2023.

Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/1029909/modulo-joao-de-barro-mach-arquitetos-plus-biri>. Acesso em: 28 jul. 2025.

Nomeadas de *Módulos João de Barro*, a proposta utiliza materiais como madeira, vidro e policarbonato, aliados a sistemas industrializados leves (*figuras 43 e 44*), promovendo uma racionalização da obra, economia e participação comunitária. Além disso, a escola foi concebida para ser construída de forma colaborativa com pais e estudantes, reforçando o envolvimento da comunidade com o espaço escolar (BIRI ARQUITETURAS; MACH ARQUITETOS, 2023, p. 1).

Figura 43 e 44. Interior de um módulo da Escola Vila Ninho, “Módulo João de Barro” (2017)



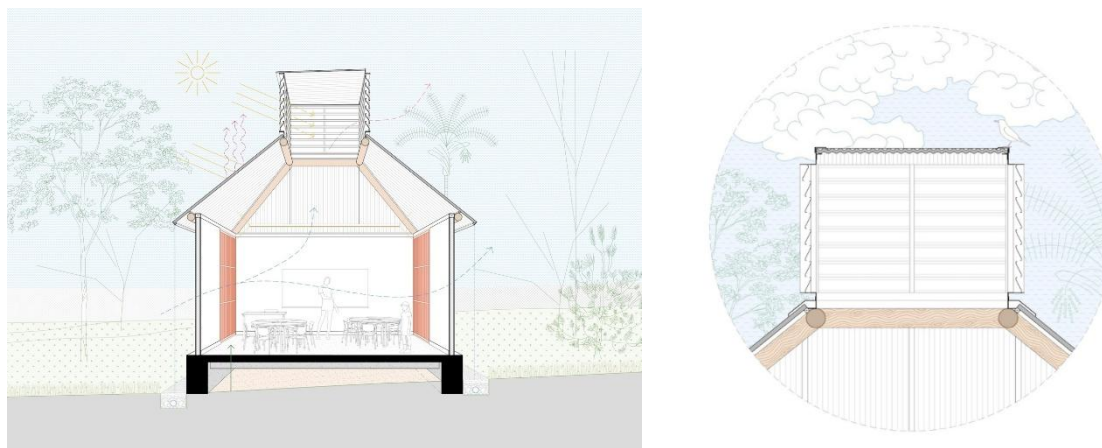
Fonte: BIRI ARQUITETURAS; MACH ARQUITETOS. ArchDaily Brasil, 2023.

Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/1029909/modulo-joao-de-barro-mach-arquitetos-plus-biri>. Acesso em: 28 jul. 2025.

No que tange ao conforto ambiental, a arquitetura da escola prioriza a iluminação natural, potencializada por claraboias e aberturas zenitais, e sistemas de iluminação artificial com tecnologia LED, atendendo aos critérios de eficiência energética estabelecidos pelo INMETRO (BRAGANÇA, 2025). A integração com o meio ambiente é evidenciada pela implantação em uma Área de Preservação Permanente e pela proposta de reconstituição da flora nativa da Mata de Galeria, envolvendo alunos, pais e professores no processo de plantio (BIRI ARQUITETURAS; MACH ARQUITETOS, 2023, p. 1).

Além disso, o projeto incorpora estratégias de conforto ambiental passivo, como o aproveitamento da ventilação cruzada, claraboias e zenitais (*figuras 45 e 46*), reforçando a eficiência energética e a qualidade do ambiente escolar. Ao valorizar práticas construtivas tradicionais, adaptadas ao bioma do Cerrado mineiro, e articulá-las com soluções contemporâneas, o projeto se alinha a uma perspectiva de sustentabilidade crítica.

Figuras 45 e 46. Átrio na cobertura para conforto ambiental passivo



Fonte: BIRI ARQUITETURAS; MACH ARQUITETOS. ArchDaily Brasil, 2023.

Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/1029909/modulo-joao-de-barro-mach-arquitetos-plus-biri>. Acesso em: 28 jul. 2025.

3.2 TORRES DE VENTO

As torres de vento, também conhecidas como *bâdgirs*, são captadores e extratores de ar que constituem uma tecnologia milenar de ventilação natural associada à arquitetura tradicional persa. Seu funcionamento baseia-se no aproveitamento passivo dos ventos predominantes para promover a renovação do ar interior, contribuindo de forma eficiente para o conforto térmico dos ambientes. Essas soluções são reconhecidas como elementos de ar-condicionado natural por sua capacidade de captar, canalizar o ar fresco e expulsar o ar quente por meio de convecção, sem depender de energia elétrica (HEJAZI; HEJAZI, 2014).

Historicamente, o uso das torres de vento ganhou projeção com o Império Persa, sendo amplamente disseminado em áreas de clima quente e seco, onde a necessidade de resfriamento passivo se fazia essencial. Embora não se possa determinar com exatidão a origem dessa tecnologia, registros arqueológicos apontam para sua existência desde 4000 a.C., com a primeira evidência documentada no sítio de *Tappeh Chackmaq*, nas proximidades da cidade de Shahrood, no Irã (JOMEHZADEH et al., 2016).

No contexto da cidade de *Yazd* (figura 47), localizada no centro do Irã, as torres de vento configuram-se como elementos arquitetônicos emblemáticos, moldando a paisagem urbana com suas formas verticais características. Fundada há mais de dois

mil anos, Yazd é uma das cidades mais antigas do mundo continuamente habitadas. Construída majoritariamente com tijolos de barro e técnicas construtivas tradicionais, a cidade desenvolveu uma organização labiríntica de becos estreitos e pátios internos, projetada para proteger seus habitantes das duras condições climáticas do deserto.

Figura 47. Vista da cidade de Yazd, Irã, na qual é possível perceber no horizonte da cidade a recorrência da adoção da torre de vento nas construções da época



Fonte: MURAT4ART. iStock, 2023. Disponível em:

<https://www.istockphoto.com/photo/historic-city-of-yazd-with-famous-wind-towers-yazd-iran-gm1600601904-519171086>. Acesso em: 07 ago. 2025.

Um exemplo notável dessa estratégia arquitetônica é a Mansão Aghazadeh, localizada na cidade de Abarkuh, na província de Yazd, Irã (*figuras 48 e 49*). Construída no final do século XIX, a edificação representa um ápice no desenvolvimento técnico e estético das torres de vento na arquitetura tradicional persa. Sua torre principal, com cerca de 18 metros de altura e 19 entradas de ar, é considerada um dos mais sofisticados do país, evidenciando o domínio construtivo e a compreensão empírica das dinâmicas climáticas locais (BAHADORI, 1978).

Figuras 48 e 49. Mansão Aghazadeh, Yazd, Irã



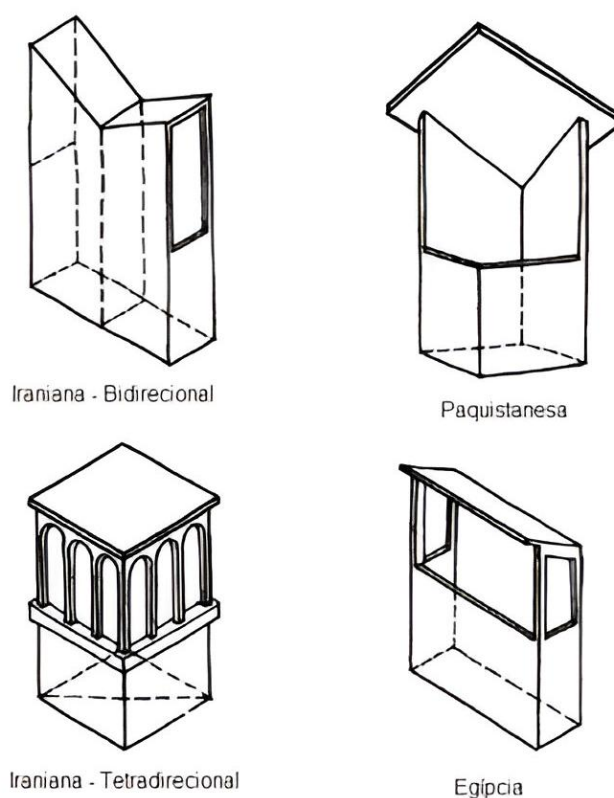
Fonte: Iranian Cultural Heritage Organization. Disponível em:

https://www.iranchamber.com/architecture/articles/aghazadeh_house_abarkuh.php.

Acesso em: 28 jul. 2025.

Essa estratégia bioclimática evoluiu ao longo do tempo e passou a incorporar diferentes configurações arquitetônicas em resposta às particularidades climáticas e culturais de diversas regiões do Oriente Médio e do Norte da África. Países como Irã, Paquistão, Egito e os localizados ao redor do Golfo desenvolveram adaptações específicas das torres de vento, resultando em distintas tipologias funcionais e formais. A *figura 50*, adaptada de Al-Shaali (2002), ilustra essa diversidade, apresentando quatro principais variações de torres de vento: a iraniana bidirecional, a iraniana tetradirecional, a paquistanesa e a egípcia.

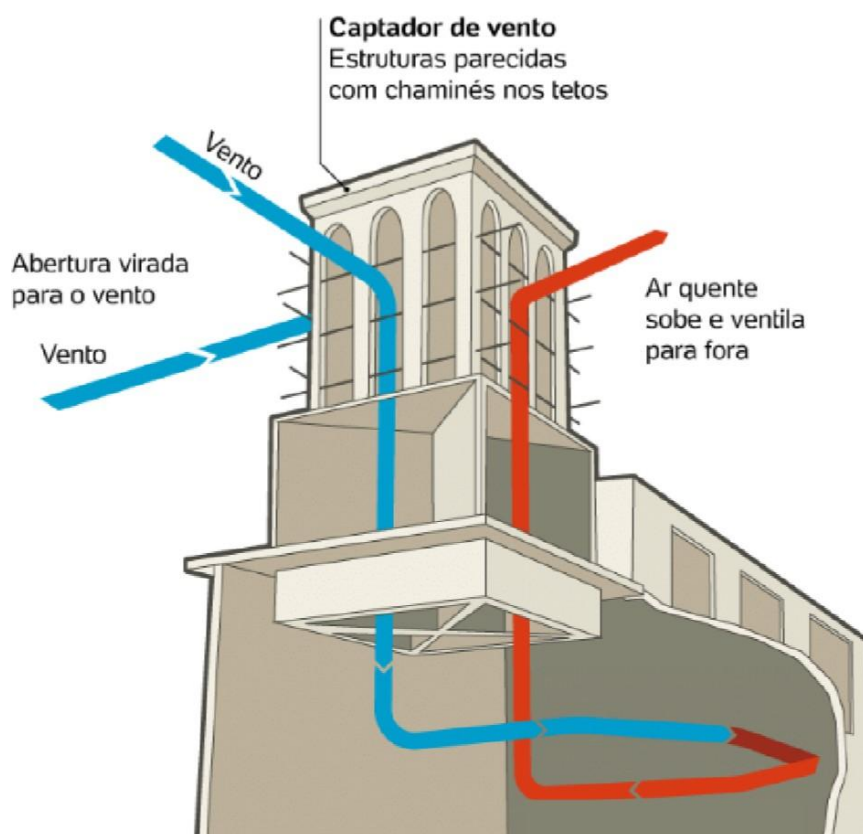
Figura 50. Variações das torres de vento na arquitetura tradicional persa



Fonte: AL-SHAALI, 2002, p.42.

Essas tipologias diferem não apenas no número de aberturas e na direção dos fluxos de ar, mas também na forma como se integram aos edifícios, refletindo estratégias adaptativas refinadas ao longo de séculos. O funcionamento das torres de vento baseia-se em princípios físicos simples, porém altamente eficientes. Elas são posicionadas acima do nível da cobertura das edificações e podem atuar como coletoras ou extratoras de ar, conforme sua configuração (*figura 51*).

Figura 51. Estrutura e funcionamento da torre de vento



Fonte: UOL Ecoa (AFP/Getty Images), 15 dez. 2023. Adaptado pelo autor. Disponível em: <https://www.uol.com.br/ecoa/noticias/afp/2023/12/15/a-solucao-de-2500-anos-que-ajuda-o-ira-a-esfriar-seu-calor-de-40c.htm>. Acesso em: 28 jul. 2025.

Quando há vento, as aberturas captam o fluxo e o direcionam para o interior da construção, promovendo ventilação cruzada e remoção de ar quente acumulado. Mesmo na ausência de ventos significativos, variações de temperatura entre o topo da torre e os ambientes internos geram convecção natural, permitindo a movimentação do ar. Estudos demonstram que, se posicionadas corretamente em relação aos ventos predominantes, essas estruturas podem dobrar a velocidade do fluxo de ar interno, otimizando as trocas de calor e reduzindo a temperatura interna de forma eficaz (LECHNER, 1991).

Dessa forma, é certo afirmar que a incorporação das torres de vento na arquitetura contemporânea demonstra uma revalorização das soluções passivas e tradicionais como alternativa sustentável ao uso intensivo de sistemas mecânicos de climatização. Estudos como o de Bahadori (1994) apontam que as torres de vento são capazes de reduzir em até 40% a temperatura interna das edificações em climas áridos, proporcionando significativa melhoria no conforto térmico.

No contexto do Centro de Visitantes do Parque Nacional de Zion, localizado em Springdale, Utah, EUA, as torres de vento foram reinterpretadas pela equipe do Rocky Mountain Institute em parceria com o arquiteto William McDonough, visando otimizar a ventilação natural e reduzir o consumo energético. O projeto, concluído em 2000, foi concebido com base em estratégias bioclimáticas e contou com a instalação de dispositivos evaporativos acoplados às torres de vento, além de painéis fotovoltaicos, otimizando ainda mais o desempenho energético (*figura 52*).

Figura 52. Centro de Visitantes do Parque Nacional de Zion, Utah, EUA



Fonte: ZION NATIONAL PARK SERVICE. Utah, EUA. Washington, DC: U.S., 2023.

Disponível em: <https://www.nps.gov/zion/planyourvisit/visitorcenters.htm>. Acesso em: 28 jul. 2025.

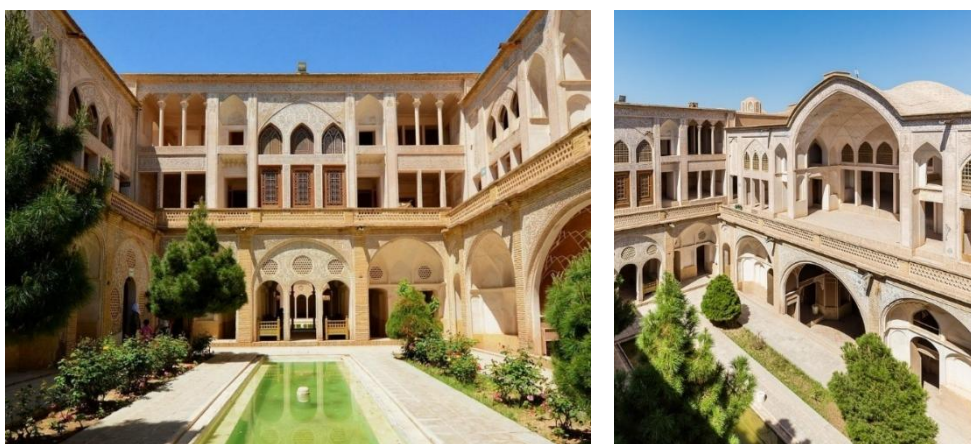
O autor Ali M. El-Shorbagy (2010), professor de Arquitetura na Universidade de Alexandria, no Egito, analisa como conceitos tradicionais do mundo árabe e islâmico podem ser adaptados a soluções sustentáveis contemporâneas. Em seus estudos, destaca o Centro de Visitantes do Parque Nacional de Zion como exemplo de edificação que alia saberes tradicionais à alta performance ambiental. Essa abordagem evidencia como os princípios tradicionais podem ser reinterpretados com tecnologias contemporâneas, sem que isso implique a descaracterização dos saberes originais — ao contrário, promovendo sua valorização e aplicação inovadora em contextos atuais.

3.3 ÁTRIOS E PÁTIOS

A incorporação de pátios internos e átrios nas edificações representa uma estratégia arquitetônica tradicional amplamente utilizada ao longo da história em diferentes contextos climáticos, inclusive no clima tropical. Em regiões tropicais, caracterizadas por altas temperaturas e elevada umidade relativa do ar, a presença de pátios favorece a movimentação do ar e a dissipação do calor acumulado nas superfícies construtivas, funcionando como zonas de transição térmica entre o exterior e os ambientes internos (GIVONI, 1994).

Ao contrário do que ocorre em climas áridos, onde a umidificação do ar é prioritária, em climas tropicais os pátios auxiliam na criação de microclimas internos mais frescos e ventilados, amenizando o impacto térmico da insolação intensa e contínua. O exemplo da *Casa Abbāsī'ān*, localizada em Kashan, no Irã, e construída ao final do século XVIII, oferece uma referência valiosa sobre a aplicação desses dispositivos, possuindo 6 deles (*figuras 53 e 54*) (EL-SHORBAGY, 2010, p. 225).

Figuras 53 e 54. Pátio interno da Casa Abbāsī'ān, em Kashan, Irã



Fonte: DELSO, Diego. *Fotografia*, 2016. Disponível em:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Casa_Aghazadeh,_Kashan,_Ir%C3%A3,_2016.jpg.

Acesso em: 28 jul. 2025.

Composta por fontes, espelhos d'água e vegetação, essa tipologia arquitetônica se baseia na integração de mecanismos passivos de climatização, como sombreamento natural, ventilação cruzada e resfriamento evaporativo (SABERI et al., 2005). Embora pertença a um contexto árido, os princípios aplicados são transferíveis a climas tropicais, especialmente quando considerados aspectos como a ventilação ascendente, a umidificação natural por evaporação e a proteção contra a radiação direta (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2006).

Outro exemplo marcante dos pátios como elementos arquitetônicos multifuncionais encontra-se no Palácio de Aljafería, localizado em Zaragoza, na Espanha. Construído no século XI durante o período taifa da arquitetura islâmica na Península Ibérica, o edifício é um exemplar marcante do estilo hispano-muçulmano, também conhecido como *mudéjar* (figura 55). O pátio central da Aljafería, conhecido como Pátio de Santa Isabel, configura-se como o núcleo organizador do conjunto, conectando galerias, salões cerimoniais e áreas privadas, além de promover a ventilação cruzada e a criação de áreas sombreadas de descanso e contemplação (NAVARRO, 2002).

Figura 55. Pátio de Santa Isabel, Palácio de Aljafería, Zaragoza (Espanha)



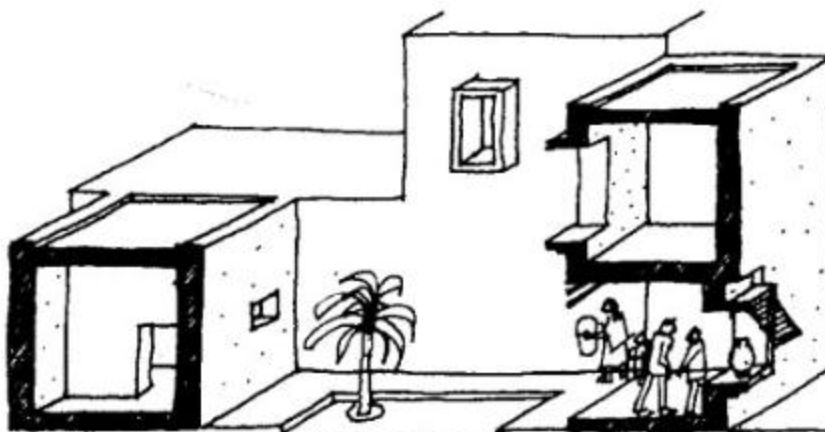
Fonte: BLANC, Bernard. Flickr, s.d. Disponível em:

<https://www.flickr.com/photos/tags/patiodesantaisabel/>. Acesso em: 28 jul. 2025.

Inspirado nos conceitos da arquitetura persa, o pátio da Aljafería segue uma composição em eixos ortogonais com vegetação ordenada e espelhos d'água, estruturando um espaço simétrico, introspectivo e termicamente eficiente. A presença de duas bacias de água (albercas) dispostas axialmente reforça tanto a função climática do resfriamento evaporativo quanto a simbologia da água como representação do paraíso, típica da cultura islâmica (GRABAR, 1987).

Retomando Johan van Lengen, o pátio central atua como elemento regulador do conforto térmico em climas quentes e secos. A disposição dos ambientes ao redor do pátio favorece o sombreamento, a ventilação cruzada e a formação de um microclima mais ameno por meio da evaporação da água e da vegetação (figura 56).

Figura 56. Croqui da estratégia de pátio interno como climatização



Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 267.

Em vista disso, é certo que a arquitetura contemporânea pode resgatar esses dispositivos não apenas como citação formal, mas como técnica climática eficaz, especialmente quando aliada a uma leitura contextual e afetiva do lugar e dos modos de habitar. Um exemplo paradigmático dessa abordagem é A Casa do Silêncio, projetada pelo escritório *Natura Futura Architectura* em 2022, localizada em Quevedo, Equador (*figura 57*).

Figura 57. A Casa do Silêncio (2022)

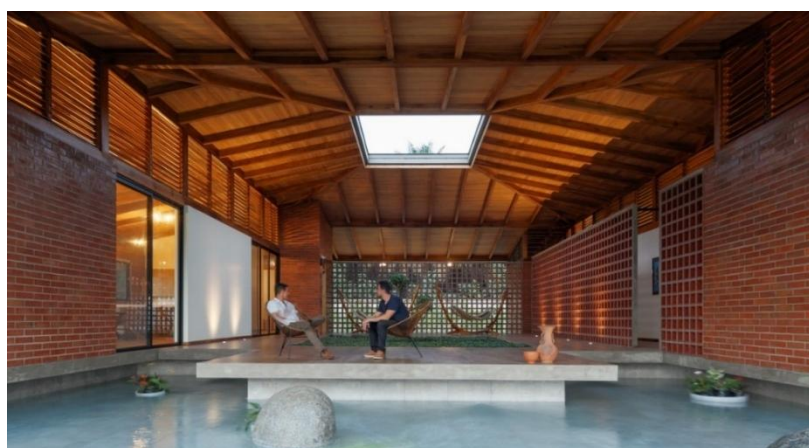


Fonte: NATURA Futura Architectura. ArchDaily, 2022. Disponível em: <https://www.archdaily.com/981601/casa-del-silencio-natura-futura-arquitectura>.

Acesso em: 28 jul. 2025.

A materialidade em tijolo cerâmico e a permeabilidade das alvenarias vazadas favorecem a ventilação cruzada e reforçam o desempenho bioclimático da edificação. A residência foi concebida em torno de um pátio central, que funciona como área de convívio, lazer e, sobretudo, mediação ambiental (*figura 58*). Essa organização espacial remete à tipologia das casas romanas, especialmente ao átrio, espaço interno ajardinado em torno do qual se distribuem os ambientes, evidenciando a permanência de soluções históricas no desenho arquitetônico contemporâneo (GRIMAL, 1999, p. 224). A planta do projeto revela como os dois volumes principais — destinados aos dormitórios e às áreas sociais — se organizam ao redor desse pátio central, atravessado por uma abertura zenital que potencializa a entrada de luz natural (*figura 59*).

Figuras 58 e 59. O pátio e a planta-baixa da Casa do Silêncio



Fonte: NATURA Futura Arquitectura. ArchDaily, 2022. Disponível em: <https://www.archdaily.com/981601/casa-del-silencio-natura-futura-arquitectura>.

Acesso em: 28 jul. 2025.

3.4 VARANDAS

Segundo Bittencourt e Cândido (2006), as varandas anteriores e posteriores são estratégias passivas de sombreamento amplamente reconhecidas por sua capacidade de reduzir a incidência direta da radiação solar sobre aberturas e fachadas, contribuindo para o controle do ganho térmico em edificações residenciais e para a promoção do conforto ambiental sem uso intensivo de sistemas mecânicos. Ao funcionar como um elemento de transição entre o interior e o exterior, a varanda cria zonas de sombra e ventilação natural que diminuem a temperatura das superfícies externas e influenciam positivamente o desempenho térmico dos ambientes internos (LOCHE; NEVES, 2025).

No caso brasileiro, esse dispositivo arquitetônico transcende seu papel funcional e assume caráter histórico-cultural, consolidando-se desde os primórdios da colonização como uma solução adaptativa às condições climáticas do país. Estudos de teoria vernacular mostram que as varandas foram incorporadas como elemento recorrente na arquitetura das casas-grandes dos engenhos açucareiros do Nordeste, onde atuavam como ferramenta climática essencial para amenizar altas temperaturas e proporcionar conforto térmico às habitações (SILVA; PEREIRA, 2018). Exemplos dessa tradição arquitetônica adaptada ao clima podem ser observados na antiga Fazenda Boa Vista, atual Hotel Fazenda Villa Forte, em Resende (RJ), cuja composição formal de varandas evidencia a continuidade dessa prática histórica de proteção solar no contexto construtivo brasileiro (*figura 60*).

Figura 60. Hotel Fazenda Villa Forte (antiga Fazenda Boa Vista), Resende - RJ



Fonte: COTTA FILHO, Fernando Portella (Org.). Cultural do Vale do Café.
Rio de Janeiro: Cidade Viva, 2013. p. 28. Fotografia.

Construído originalmente no final do século XVIII, o casarão principal servia como sede da fazenda, composta por estruturas típicas do ciclo do café, como senzalas, tulhas, engenho e grandes terreiros. O alpendre frontal da casa, elevado em relação ao terreno e protegido por beiral cerâmico, revela um claro exemplo da aplicação de sombreamento para mitigar a insolação direta e permitir maior ventilação natural (*figura 61*).

Figura 61. Varandas do Hotel Fazenda Villa Forte (antiga Fazenda Boa Vista)



Fonte: COTTA FILHO, Fernando Portella (Org.). Cultural do Vale do Café.
Rio de Janeiro: Cidade Viva, 2013. p. 28. Fotografia. Acesso em: 28 jul. 2025.

O projeto arquitetônico, com inspiração luso-brasileira, traduz a adaptação da arquitetura à paisagem e ao clima do Vale do Paraíba. Mesmo com adaptações para o uso turístico, mantém preservadas muitas das características construtivas originais, incluindo a varanda, que é parte autêntica da edificação. Assim, funciona hoje como exemplar relevante da permanência e reutilização de estratégias tradicionais de conforto térmico no ambiente rural.

Já no contexto contemporâneo, as varandas têm sido reinterpretadas pela arquitetura como elementos essenciais para o conforto ambiental e a integração social, ultrapassando a função tradicional de simples áreas de transição ou proteção climática. No projeto Jardim Casa Blanca, desenvolvido pelo escritório H2 Arquitetos,

em 2024, no Vietnã, esses espaços assumem papel central tanto na organização espacial quanto na vivência cotidiana da residência, favorecendo a ventilação cruzada, ampliando a entrada de luz natural e proporcionando ambientes destinados a atividades coletivas (*figura 62*).

Figura 62. Jardim Casa Blanca, Vietnã (2024)



Fonte: H2 ARQUITECTOS. 2024. Disponível em: <https://www.archdaily.com/1028385/casa-blanca-garden-h2>. Acesso em: 28 jul. 2025.

A proposta evidencia como estratégias tradicionais de sombreamento e ventilação podem ser incorporadas de maneira eficiente em soluções arquitetônicas atuais, conciliando desempenho ambiental, estética e qualidade de vida. Destaca-se ainda o uso de um telhado inclinado, que integra aberturas destinadas à presença de árvores no interior do volume construído, reforçando a conexão com o entorno e contribuindo para o sombreamento e o conforto térmico, especialmente no contexto climático quente e úmido do Delta do Mekong (*figuras 63 e 64*).

Figuras 63 e 64. Varanda do projeto Jardim Casa Blanca, Vietnã (2024)



Fonte: H2 ARQUITECTOS. 2024. Disponível em: <https://www.archdaily.com/1028385/casa-blanca-garden-h2>. Acesso em: 28 jul. 2025.

3.5 OS MATERIAIS TRADICIONAIS

O uso inteligente de materiais nas arquiteturas tradicionais revela um profundo entendimento empírico das dinâmicas térmicas do ambiente. Materiais como adobe, tijolo cerâmico, taipa de pilão, cobertura vegetal e pedra natural são frequentemente escolhidos não apenas por sua disponibilidade local, mas por suas propriedades físicas que favorecem o conforto térmico.

Uma dessas propriedades é a inércia térmica, ou seja, a capacidade de um material de absorver, armazenar e liberar calor lentamente ao longo do tempo. De acordo com PROJETEE (2023), essa característica resulta em “uma diminuição das amplitudes térmicas internas e um atraso térmico no fluxo de calor devido à sua alta capacidade de armazenar calor”. Isso significa que ambientes construídos com materiais de alta inércia térmica permanecem mais frescos durante o dia e mais aquecidos durante a noite, contribuindo para a estabilidade do microclima interno sem a necessidade de sistemas artificiais de climatização. Essa escolha consciente se reflete nos saberes tradicionais transmitidos por gerações, nos quais o uso dos materiais e das técnicas construtivas está profundamente conectado às condições ambientais locais.

As arquiteturas tradicionais são, nesse sentido, uma resposta direta às necessidades impostas pelo clima e pelos recursos naturais disponíveis, expressando uma inteligência prática e acumulada ao longo do tempo. Como destaca o arquiteto e pesquisador André Teixeira, a forma da edificação, a orientação solar, os materiais usados e as aberturas para ventilação e iluminação são, quase sempre, reflexo de uma busca intuitiva e eficaz pelo conforto térmico (TEIXEIRA, 2017, p. 74):

Esse tipo de arquitetura é quase sempre uma amostra, na forma de abrigos, dos recursos naturais disponíveis em dada região, entre eles o clima, que molda as vegetações. [...] o clima sempre representa parte fundamental das soluções vernaculares.

Entre os critérios mais relevantes estão a durabilidade dos materiais ao longo do tempo, sua capacidade de responder adequadamente ao calor — contribuindo para o conforto térmico —, a disponibilidade local desses insumos e a existência de mão de obra capacitada para utilizá-los de forma eficiente. Johan van Lengen (2008), ao abordar esses aspectos em seu manual de construção bioclimática, destaca como tais

fatores são essenciais para a autonomia das comunidades e para a valorização do saber popular (*figura 65*).

Figura 65. O processo da escolha de materiais

Antes de escolher os materiais para construir casas ou edifícios deve-se pensar em:

- ✿ Como é sua manutenção. Será necessário gastar muito dinheiro e esforço para manter suas condições ao longo do tempo?
- ✿ Como o material responde ao frio e ao calor, isto é, se o material ajuda a manter sua casa confortável.
- ✿ Se há materiais em abundância na região, para não depender de outras pessoas ou de condições de fabricação e transporte. Isto se refere aos materiais básicos da obra. É claro que algumas coisas novas vêm de fora da região.
- ✿ Se na região há a possibilidade de converter matérias-primas em materiais de construção, como por exemplo o barro para a fabricação de tijolos.
- ✿ Se existe na comunidade suficiente mão-de-obra para trabalhar o material escolhido. Por exemplo, não se instalam janelas de ferro sem um ferreiro; neste caso, o carpinteiro faz as janelas em madeira.
- ✿ Quando não existe suficiente material local, pensar em como trazê-lo de fora sem quebrá-lo no transporte e como armazená-lo sem que se deteriore.
- ✿ Qual é o tempo de duração dos materiais e se são adequados para o clima da região. Alguns materiais desgastam-se muito rápido e duram mais em alguns climas do que em outros.

Fonte: VAN LENGEN, 1986, p. 296.

Em contraste com essas soluções ancestrais, o uso moderno de materiais como o concreto e o vidro, pilares do Estilo Internacional, frequentemente desconsidera os princípios da inércia térmica. O concreto, como explica Bezerra (2003), tem alta densidade e, portanto, uma elevada capacidade de condução térmica, o que significa que ele transfere calor rapidamente. Esse comportamento térmico gera ambientes mais quentes no verão e mais frios no inverno, pois o concreto aquece e resfria com facilidade, diferentemente do adobe ou da cerâmica.

Por sua vez, o vidro permite uma transferência ainda mais veloz de calor, tanto para dentro quanto para fora da edificação, o que intensifica a variação térmica interna, especialmente em regiões de clima tropical. Assim, embora o uso desses materiais modernos tenha se popularizado, as soluções mais eficientes em regiões quentes continuam sendo aquelas que compreendem e respeitam as propriedades térmicas dos materiais e as condicionantes climáticas locais.

Um caso emblemático que ilustra os desafios do uso do concreto e do vidro em climas tropicais é o projeto do Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro (MAM-RJ), concebido por Affonso Eduardo Reidy na década de 1950 (*figura 66*). A obra é amplamente reconhecida por sua qualidade plástica e racionalidade estrutural, mas enfrenta problemas significativos relacionados ao conforto térmico.

Figura 66. Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro, Affonso Reidy (1954)



Fonte: MUSEU DE ARTE MODERNA DO RIO DE JANEIRO. Vista externa do edifício-sede. [fotografia]. Disponível em: <https://mam.rio/pt-br/>. Acesso em: 28 jul. 2025.

A excessiva utilização de superfícies envidraçadas e de concreto exposto, sem proteção solar eficaz, favorece a rápida entrada da radiação solar direta, elevando a temperatura interna durante o dia e provocando perdas térmicas à noite (PEREIRA; RITZEL, 2018, p. 120). Apesar dessas limitações, estudos como os realizados por Corbella e Yannas (2009) demonstraram que, com o uso de estratégias naturais, como ventilação cruzada e sombreamento, os efeitos térmicos podem ser parcialmente atenuados.

Diante dessas considerações, a discussão pode ser direcionada agora para materiais específicos que ilustram diferentes formas de aplicação desses princípios construtivos tradicionais. Entre eles, destacam-se o adobe, a taipa e o pau a pique, os tijolos cerâmicos e os azulejos — exemplos que permitem compreender de modo mais preciso como a escolha e o emprego de determinados materiais refletem a adaptação das técnicas às condições ambientais e culturais de cada contexto.

O adobe é uma das técnicas construtivas em terra mais antigas e difundidas, caracterizada pela produção manual de blocos de barro cru moldados e secos naturalmente ao sol, sem processo de queima. Essa simplicidade produtiva resulta em baixo impacto ambiental e possibilita o uso de recursos locais, como terra, palha e água. Amplamente empregado em regiões de clima quente e seco, subtropical e temperado, o adobe demonstra elevada capacidade de adaptação a diferentes contextos geográficos, além de apresentar bom desempenho térmico e versatilidade construtiva, permitindo a execução de edificações de pequeno e médio porte e, em alguns casos, de múltiplos pavimentos (MINKE, 2006).

Um dos exemplos mais expressivos da arquitetura em adobe é a cidade de Shibam, no Iêmen (*figura 67*), cujas edificações chegam a alcançar até onze pavimentos, configurando um raro processo de verticalização com esse material. Conhecida como a “Manhattan do deserto”, a cidade apresenta um conjunto urbano murado, de malha ortogonal, que evidencia o domínio técnico do barro como material construtivo principal, explorando sua plasticidade e inércia térmica em um contexto de clima árido.

Figura 67. Edificações feitas em adobe na cidade de Shibam, no Iêmen (séculos XVI e XVII)



Fonte: Young Pioneers Tours. 2025. Disponível em:

<https://www.youngpioneertours.com/a-complete-guide-to-shibam-the-manhattan-of-the-desert>

A manutenção periódica das fachadas com argamassa de barro garante a durabilidade das construções, evidenciando um sistema de conservação tradicional que se mantém eficaz há séculos. O modelo urbano de Shibam, reconhecido pela UNESCO como Patrimônio Mundial, ilustra a complexa relação entre técnica construtiva e adaptação ambiental em contextos de escassez de recursos (FRANGIPANI, 2015).

No contexto contemporâneo iraniano, observa-se uma retomada do adobe como material de interesse arquitetônico, associado tanto à sustentabilidade quanto à valorização das técnicas construtivas locais. Em cidades como Esfahan, a aplicação do barro compactado e estabilizado tem sido reinterpretada por escritórios contemporâneos, como o EZ Studio, que exploram a plasticidade e o desempenho térmico do material em composições formais minimalistas, como no projeto “Casa Parede”, de 2023 (*figuras 68 a 70*).

Figuras 68, 69 e 70. Projeto “Casa Parede”, no Irã, edificado totalmente em adobe (2023)



Fonte: EZ Studio. Casa Parede. ArchDaily, 2024. Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/1022805/casa-parede-ez-studio>. Acesso em: 24 nov. 2025.

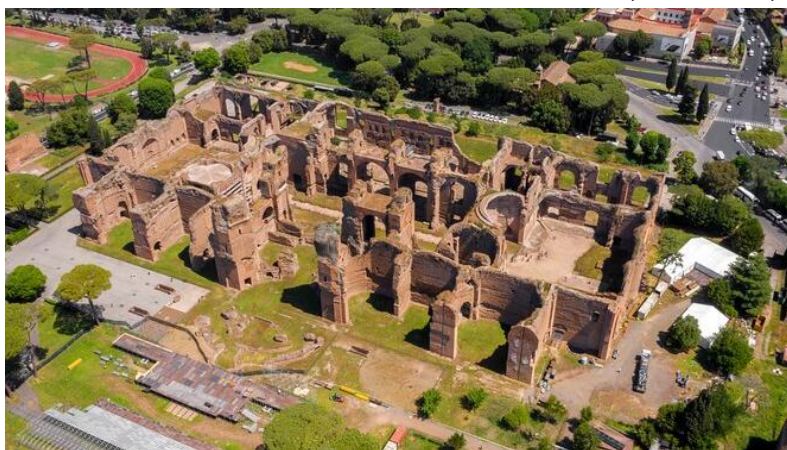
Essa reaproximação entre tradição e tecnologia reflete uma busca por eficiência energética e por uma identidade material coerente com o ambiente desértico, preservando o equilíbrio entre conforto ambiental e expressão estética (MORADI; SHIRAZI, 2021).

Da mesma forma, o tijolo cerâmico constitui um dos materiais mais antigos e amplamente utilizados nas construções tradicionais em diversas regiões do mundo. Sua origem remonta às primeiras civilizações da Mesopotâmia e do Crescente Fértil, onde a abundância de argila favoreceu o desenvolvimento de técnicas de moldagem e queima em fogueiras e fornos rudimentares (MINKE, 2006). Com o passar dos séculos, o uso do tijolo cozido se expandiu para regiões da Ásia, Norte da África e Europa, consolidando-se como um elemento fundamental na arquitetura vernacular devido à sua durabilidade, inércia térmica e versatilidade morfológica (HOUBEN; GUILAUD, 1994).

Em muitas dessas tradições construtivas, o tijolo cerâmico foi explorado não apenas pela facilidade de produção, mas também pelo seu desempenho bioclimático, já que sua massa térmica permite amortecer variações bruscas de temperatura e reduzir a necessidade de climatização artificial (FATHY, 1986). Fachadas espessas, elementos vazados, padrões texturais e sistemas de abóbadas ou cúpulas em tijolos permitiram que diversas sociedades modulassem a transferência de calor e controlassem a iluminação natural dos espaços (FERNANDES, BRAGANÇA 2011).

Em diferentes contextos históricos, o tijolo cerâmico foi amplamente empregado em arquiteturas monumentais devido à sua resistência, durabilidade e capacidade de contribuir para o conforto térmico passivo. Esse desempenho pode ser claramente observado nas Termas de Caracala (*figura 71*), construídas em Roma no início do século III d.C., onde o uso extensivo do tijolo cerâmico cozido esteve associado a paredes espessas, abóbadas e sistemas construtivos que favoreciam a o controle ambiental dos espaços. (ADAM, 1994; FERNANDES; BRAGANÇA, 2011).

Figura 71. Ruínas das Termas de Caracala em Roma, Itália (séc. III d.C.)



Fonte: TripAdvisor – Baths of Caracalla. Disponível em: <https://www.tripadvisor.es>.

Acesso em: 25 nov. 2025.

Construídas durante o reinado do imperador Caracala, entre os anos de 212 e 216 d.C., as Termas de Caracala constituem um dos exemplos mais expressivos da arquitetura romana em tijolo cerâmico. As espessas paredes de alvenaria cerâmica, combinadas a abóbadas e grandes volumes internos, contribuíam para a estabilidade estrutural e para a elevada inércia térmica do edifício, reduzindo as variações de temperatura e favorecendo o conforto ambiental nos espaços de banho e circulação (ADAM, 1994; FOGEL, 2015).

Nos dias atuais, o tijolo cerâmico permanece como material de alto desempenho técnico e expressivo, sendo apropriado tanto por abordagens sustentáveis quanto por experimentações formais e construtivas. Seu uso atual está associado ao resgate de técnicas tradicionais reinterpretadas por meio de soluções modernas de projeto, integrando desempenho ambiental, identidade cultural e racionalidade construtiva em diferentes contextos climáticos e urbanos (MORADI; KAZEMIANFARD, 2023).

Um exemplo emblemático dessa permanência e atualização do uso do tijolo é a Casa Dezful, localizada na cidade de Dezful, no Irã, projetada por Mohsen Kazemianfard, do escritório Fundamental Approach Architects, e concluída em 2024. A edificação, com aproximadamente 420 m², é construída integralmente em tijolo cerâmico, empregado como elemento estrutural, de vedação e de expressão arquitetônica (*figuras 72 e 73*).

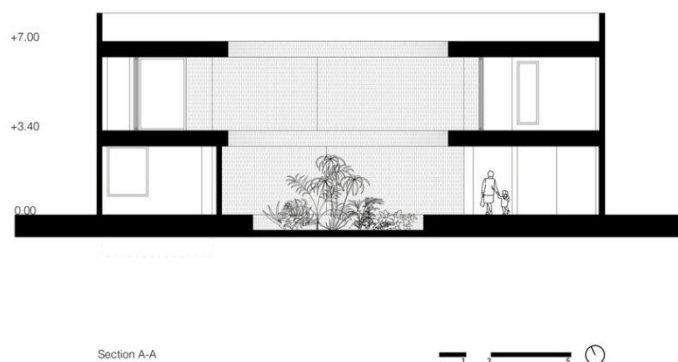
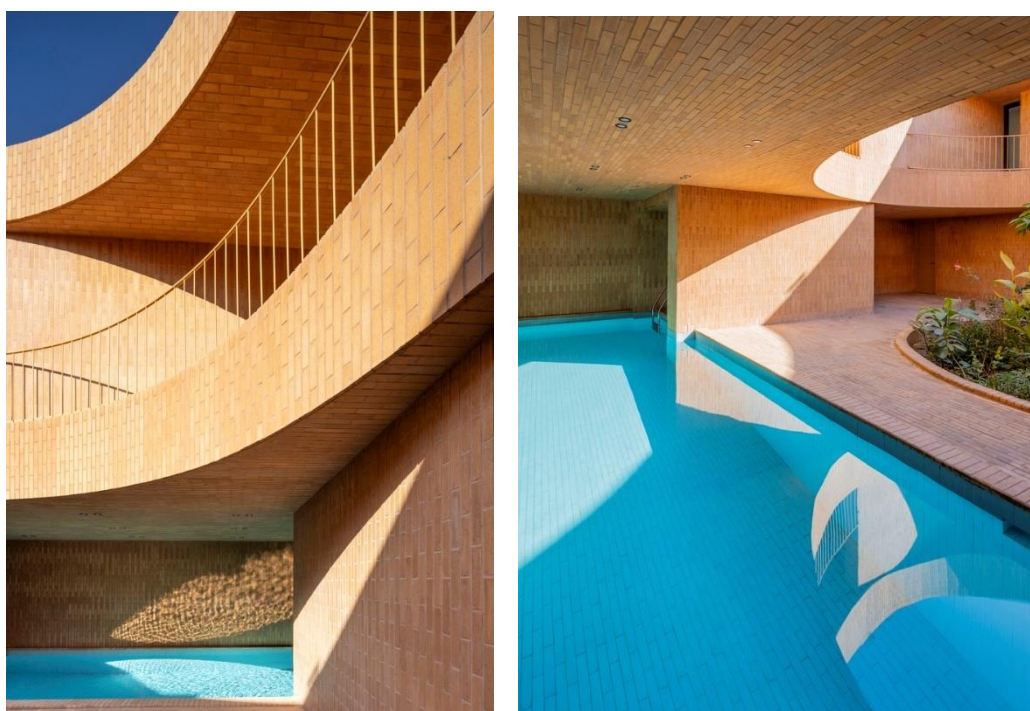
Figuras 72 e 73. Casa Dezful, no Irã, edificada completamente em tijolo (2024)



Fonte: ARCHDAILY. *Fundamental approach architects*. ArchDaily Brasil, 07 jan. 2025. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/1024920/casa-dezful-fundamental-approach-architects>. Acesso em: 25 nov. 2025.

O projeto dialoga diretamente com a tradição construtiva local, marcada pelo uso extensivo do tijolo em resposta ao clima quente e seco da região, reinterpretando esse legado sob uma linguagem contemporânea e minimalista (KAZEMIANFARD, 2024). Na Casa Dezful, o tijolo assume papel ativo no desempenho ambiental da edificação, por meio de paredes espessas, elementos perfurados, uma volumetria compacta que favorece o sombreamento e a redução da incidência solar direta, além de umidificação pela piscina (figuras 74, 75 e 76).

Figuras 74, 75 e 76. Detalhes construtivos da Casa Dezful e seu corte transversal



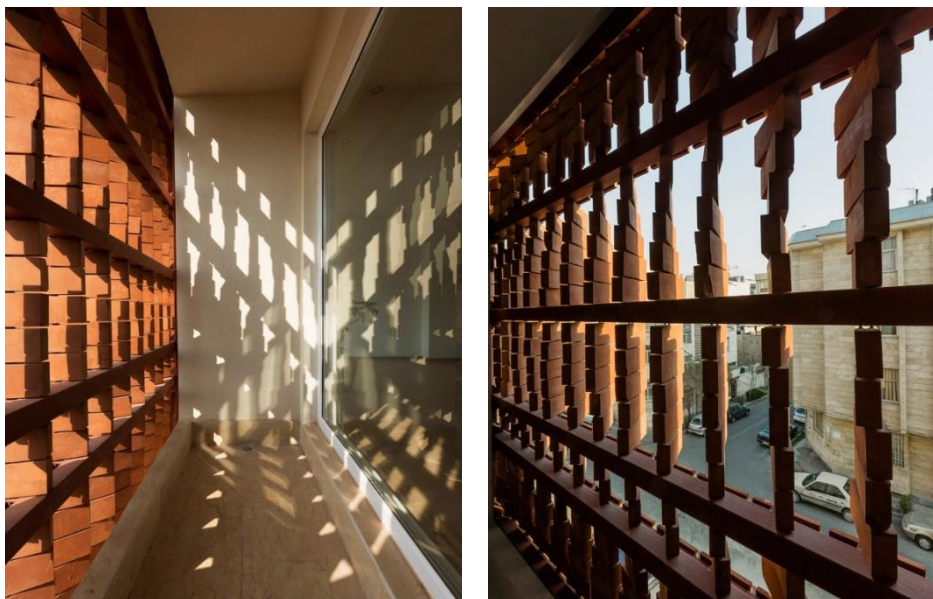
Fonte: ARCHDAILY. *Fundamental approach architects*. ArchDaily Brasil, 07 jan. 2025. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/1024920/casa-dezful-fundamental-approach-architects>. Acesso em: 25 nov. 2025.

A permanência do tijolo na arquitetura contemporânea não se restringe às edificações unifamiliares, estendendo-se também às construções de maior escala, como os edifícios multifamiliares e conjuntos habitacionais urbanos. Nesses contextos, o material passa a atuar não apenas como elemento de desempenho ambiental, mas também como componente de mediação entre o edifício e a cidade, qualificando a paisagem urbana por meio de textura, ritmo e profundidade das fachadas. A utilização do tijolo em larga escala tem sido associada à criação de envoltórias arquitetônicas capazes de conciliar controle solar, ventilação, privacidade e identidade visual, especialmente em tecidos urbanos densos (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014; YANNAS, 2001).

Exemplos internacionais reforçam esse recente reposicionamento do tijolo na arquitetura residencial de alta densidade. O edifício Cloaked in Bricks, no Irã, constitui uma referência notável ao utilizar uma pele contínua de tijolos parametrizados que conforma um “manto” poroso envolvendo os apartamentos (*figuras 77, 78, 79 e 80*). Tal solução permite equilibrar ventilação cruzada, iluminação natural e privacidade, evidenciando como a modulação e o distanciamento das peças podem operar simultaneamente como dispositivos ambientais e elementos de expressão formal.

Figuras 77, 78, 79 e 80. Fachada e detalhes construtivos do Edifício Cloaked in Bricks (2015)

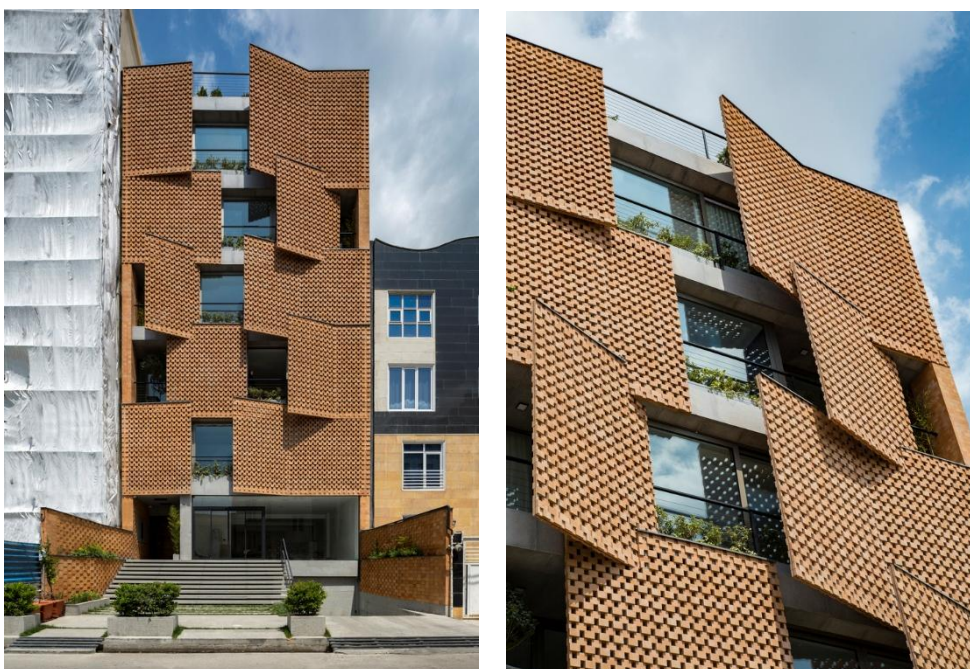




Fonte: Admun Design & Construction Studio, 2015. Fotografias: Mostafa Karbasi; Parham Taghioff. ArchDaily. Disponível em: <https://www.archdaily.com/775030/cloaked-in-bricks-admun-design-and-construction-studio>. Acesso em: 10 de dezembro de 2025.

De forma complementar, o edifício Saadat Abad (*figuras 81, 82 e 83*), também localizado em Teerã, adota uma lógica distinta ao fragmentar a superfície de tijolos em planos quebrados e volumes projetados. Essa estratégia cria profundidade e múltiplos graus de permeabilidade visual, ajustando a fachada às necessidades de privacidade, sombreamento e orientação solar próprias do tecido urbano denso.

Figuras 81, 82 e 83. Fachada e detalhes construtivos do Edifício Saadat Abad (2018)





Fonte: Fundamental Approach Architects. Fotografias: Mohsen Kazemianfard. ArchDaily.
Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/907659/edificio-residencial-saadat-abad-mohsen-kazemianfard-fundamental-approach-architects>. Acesso em: 10 de dezembro de 2025.

Embora nos edifícios residenciais contemporâneos o tijolo frequentemente deixe de cumprir apenas a função de vedação para configurar sistemas de pele arquitetônica, esse protagonismo material não é exclusivo da produção recente. Ao longo do movimento modernista, o tijolo já havia sido amplamente explorado como elemento estrutural, expressivo e ambiental, especialmente em obras que conciliavam racionalidade construtiva, economia de meios e adaptação climática. Arquitetos como Eladio Dieste, no Uruguai, e Rogelio Salmona, na Colômbia, demonstraram o potencial do tijolo cerâmico por meio de soluções que integravam estrutura, forma e desempenho ambiental, explorando abóbadas, superfícies curvas, espessuras murárias e jogos de luz e sombra como estratégias passivas de conforto térmico e ventilação natural (FRAMPTON, 1999; ANDERSON, 2004).

Nos edifícios residenciais contemporâneos, essa herança modernista é reinterpretada quando o tijolo passa a configurar sistemas de pele arquitetônica, brises, filtros visuais e dispositivos de controle ambiental. A rotação, o afastamento e a modulação das peças permitem múltiplos graus de abertura, regulando a entrada de luz, a ventilação natural e a relação entre espaço interno e exterior. Dessa forma, o material opera como um mecanismo passivo de conforto ambiental, ao mesmo tempo em que constrói uma linguagem formal marcada por jogos de luz, sombra e textura nas fachadas (CORBELLÀ; YANNAS, 2003; OLGAYAY, 2015).

De forma similar, no Brasil o pau-a-pique consolidou-se como um dos sistemas mais difundidos da arquitetura tradicional, sendo amplamente utilizado desde o período colonial em diferentes regiões do país. Trata-se de um método que combina uma estrutura leve de madeira com o preenchimento em terra crua, resultando em paredes que atuam predominantemente como vedação. Sua ampla disseminação está diretamente relacionada à adaptabilidade às condições climáticas locais, à abundância de materiais naturais e à transmissão empírica dos saberes construtivos, tanto em contextos rurais quanto urbanos (WEIMER, 2005).

Do ponto de vista construtivo, o pau-a-pique consiste na fixação de elementos verticais de madeira, cravados no solo ou apoiados sobre baldrames, entrelaçados por varas horizontais ou tramas vegetais, formando uma malha que recebe o preenchimento com barro misturado a fibras naturais, como palha ou capim. Esse sistema confere às paredes certa flexibilidade estrutural e desempenho térmico satisfatório, uma vez que a terra crua apresenta elevada inércia térmica, contribuindo para a atenuação das variações de temperatura ao longo do dia — característica particularmente relevante em regiões de clima quente ou com grande amplitude térmica (OLENDER, 2006).

Cabe destacar que o emprego de sistemas construtivos baseados na associação entre madeira e terra crua também se manifesta nas práticas arquitetônicas de povos originários, como exemplifica a casa construída por indígenas da etnia Yanomami na Aldeia Watoriki, localizada na Terra Indígena Yanomami, no estado do Amazonas (*figura 84*), evidenciando a ancestralidade desse material.

Figura 84. Aldeia Watoriki, Yanomami, município de Barcelos, Amazonas



Fonte: Pulsar Imagens. Fotografia: Marcos Amend, 2019.

Disponível em: <https://www.pulsarimagens.com.br>. Acesso em: 1 dez. 2025.

Historicamente, o uso do pau-a-pique esteve fortemente associado às habitações populares e à arquitetura vernacular, o que contribuiu para sua estigmatização como técnica precária ou insalubre, sobretudo a partir da consolidação dos sistemas construtivos industrializados. No entanto, conforme aponta Lúcio Costa, grande parte da arquitetura colonial brasileira baseou-se em sistemas construtivos mistos, nos quais estruturas de madeira e vedações em terra crua eram amplamente empregadas, inclusive em edificações de maior porte e relevância simbólica. Dessa forma, o pau-a-pique deve ser compreendido não como solução provisória, mas como expressão de um conhecimento construtivo ajustado às condições ambientais, econômicas e culturais do território brasileiro (COSTA, 2003).

No que se refere ao desempenho ambiental, estudos indicam que edificações em pau-a-pique, quando corretamente executadas e protegidas da umidade do solo, apresentam comportamento higrotérmico adequado, permitindo a troca de vapor com o ambiente e favorecendo a formação de microambientes internos mais estáveis. A permeabilidade das paredes, aliada à ventilação natural e à adequada proteção da cobertura, contribui para o conforto térmico dos usuários e reduz a dependência de sistemas artificiais de climatização, aspecto que reforça a pertinência da técnica nos debates contemporâneos sobre sustentabilidade e uso racional dos recursos naturais (OLENDER, 2006).

No contexto contemporâneo, a técnica do pau-a-pique tem sido retomada por arquitetos brasileiros como estratégia construtiva alinhada a princípios de sustentabilidade, baixo impacto ambiental e valorização dos saberes tradicionais. Diferentemente de seu uso histórico associado à necessidade e à escassez de recursos, essas experiências atuais revelam uma escolha consciente, fundamentada em critérios técnicos, ambientais e culturais.

Um exemplo representativo dessa abordagem é a residência conhecida como “Um refúgio de pau-a-pique” (*figuras 85, 86, 87 e 88*), divulgada pela revista *CASA*, na qual a técnica tradicional é reinterpretada em um projeto residencial de caráter contemporâneo. A opção pelo pau-a-pique esteve diretamente relacionada às condições do terreno, de acesso restrito, o que inviabilizava o transporte de materiais industrializados pesados. Dessa forma, a adoção da terra crua e da madeira local constituiu uma solução racional, integrada ao sítio e às possibilidades construtivas disponíveis (CASA, 2008).

Figuras 85, 86, 87 e 88. Casa “Refúgio de pau-a-pique”, São Paulo, José Ricardo de Carvalho (2008)



Fonte: CASA.COM.BR. Fotografia de Carlos Piratininga. *Um refúgio de pau-a-pique*.

Disponível em: <https://casa.abril.com.br/casas-apartamentos/um-refugio-de-pau-a-pique/>.

Acesso em: 1 dez. 2025.

Além dos aspectos logísticos, o projeto evidencia o potencial do pau-a-pique enquanto sistema capaz de atender às exigências contemporâneas de conforto ambiental. As paredes em terra crua contribuem para a estabilidade térmica dos ambientes internos, enquanto a articulação com aberturas generosas e cobertura adequada favorece a ventilação natural. O arquiteto destaca a importância do acompanhamento da execução e da capacitação da mão de obra, evidenciando que a reintrodução dessa técnica no cenário atual não implica improvisação, mas sim uma prática projetual consciente, que articula tradição, técnica e inovação (CASA, 2008).

Diante das estratégias construtivas tradicionais analisadas ao longo deste capítulo — adaptações nos tetos, torres de vento, átrios e pátios, varandas e o uso consciente dos materiais construtivos — evidencia-se a existência de um repertório técnico e cultural consolidado, desenvolvido historicamente como resposta direta às condições climáticas locais. Tais soluções demonstram que o conforto ambiental pode ser alcançado por meio de estratégias passivas, fundamentadas na observação do clima, no domínio da ventilação natural, no controle da radiação solar e no aproveitamento da inércia térmica dos materiais, reduzindo a dependência de sistemas mecânicos e o consumo energético.

Assim, o conhecimento das qualidades físicas, térmicas e construtivas dos elementos tradicionais apresentados, aliado à compreensão de seu desempenho ambiental, constitui base fundamental para a formulação de estratégias projetuais mais adequadas ao clima tropical. A sistematização desse saber, historicamente construído e muitas vezes negligenciado na prática contemporânea, reforça a importância de sua aplicação consciente no processo de projeto arquitetônico.

Como produto final deste Trabalho de Conclusão de Curso, foi desenvolvido um **manual pedagógico de estratégias bioclimáticas**, estruturado de forma ilustrada e sintética, destinado prioritariamente a estudantes de Arquitetura e Urbanismo. O manual tem como objetivo atuar como instrumento de apoio ao processo projetual, reunindo e organizando as estratégias construtivas tradicionais de conforto ambiental discutidas ao longo da pesquisa, de modo a facilitar sua consulta e aplicação em etapas futuras de concepção arquitetônica. Além disso, o material busca ampliar o acesso a esse conteúdo para um público mais amplo, ao ser disponibilizado gratuitamente em formato digital, por meio de link online, possibilitando que o conhecimento sistematizado neste trabalho alcance o maior número possível de estudantes.

A metodologia adotada para a elaboração do manual baseia-se na síntese dos referenciais teóricos estudados — com destaque para *Manual do Arquiteto Descalço*, de Johan van Lengen —, na sistematização das estratégias bioclimáticas segundo seus princípios de funcionamento e na utilização de recursos gráficos, como esquemas, diagramas e ilustrações explicativas. Grande parte dessas ilustrações consiste em exemplificações diretas dos conceitos abordados no texto teórico, por meio da análise visual de arquiteturas existentes, referências históricas e exemplos consagrados da teoria e da história da arquitetura.

Dessa forma, o manual propõe uma leitura integrada entre texto e imagem, na qual o conteúdo gráfico não apenas complementa, mas interpreta e traduz visualmente o arcabouço teórico, facilitando a assimilação dos conteúdos e estimulando sua aplicação prática no desenvolvimento de projetos arquitetônicos. A *Figura 89* apresenta a capa do manual proposto, concebida como elemento de identificação visual do material, reforçando seu caráter didático e sua função como ferramenta de apoio ao ensino e à prática projetual.

Figura 89. Capa do manual “Estratégias construtivas tradicionais voltadas para os princípios bioclimáticos de conforto ambiental nos climas tropicais”



Fonte: Arte autoral.

A consulta à versão digital do manual poderá ser realizada por meio do Heyzine, uma plataforma online gratuita, o que possibilita o acesso remoto, contínuo e democrático ao material.

Disponível em: <https://heyzine.com/flip-book/a9042d2515.html>

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou a relevância da arquitetura bioclimática como campo fundamental para a compreensão crítica das transformações ocorridas na relação entre arquitetura, clima e conforto ambiental, sobretudo a partir da Revolução Industrial. Com o avanço dos processos de industrialização e da mecanização do conforto, observou-se uma ruptura progressiva entre a arquitetura e o meio ambiente, marcada pela dependência de sistemas artificiais de climatização, frequentemente aplicados de forma padronizada e desvinculada das condições climáticas locais. Esse modelo, amplamente difundido ao longo do século XX, contribuiu para o aumento do consumo energético e para o agravamento da atual crise ambiental.

Nesse contexto, a pesquisa demonstrou que as estratégias bioclimáticas pré-industriais, desenvolvidas antes da consolidação dos sistemas mecânicos de condicionamento ambiental, constituem respostas arquitetônicas eficientes, duráveis e ecologicamente viáveis. Soluções como tetos adaptados, torres de vento, átrios e pátios internos, varandas e dispositivos de sombreamento revelam um profundo conhecimento empírico acumulado ao longo do tempo, baseado na observação do clima e na adaptação às condições ambientais específicas. A análise dessas estratégias permitiu evidenciar que o conforto ambiental pode ser alcançado prioritariamente por meios passivos, reduzindo a dependência de sistemas mecanizados e o consumo energético associado a eles.

No que se refere aos materiais tradicionais, o trabalho ressaltou seu papel central na arquitetura bioclimática e na regulação térmica das edificações. Materiais como terra, madeira, pedra e tijolos cerâmicos, amplamente utilizados em contextos pré-industriais, apresentam elevada inércia térmica, porosidade e compatibilidade climática, contribuindo para a estabilidade térmica dos ambientes internos. Além de seu desempenho ambiental, esses materiais reforçam uma lógica construtiva baseada na disponibilidade local, na redução de impactos ambientais e na valorização dos saberes construtivos tradicionais, configurando-se como alternativas coerentes frente às demandas contemporâneas por sustentabilidade.

A revisão teórica possibilitou aprofundar os fundamentos da arquitetura bioclimática, com destaque para as contribuições de Johan van Lengen, cuja obra se mostrou essencial para a estruturação conceitual da pesquisa. Sua abordagem crítica à mecanização do conforto e sua valorização das soluções tradicionais e dos

princípios naturais de adaptação climática forneceram um arcabouço teórico consistente para a compreensão da arquitetura como um sistema integrado ao ambiente. As reflexões de van Lengen permitiram estabelecer um contraponto direto ao modelo industrializado de climatização, reforçando a importância de uma arquitetura orientada pelo clima, pelos materiais e pelos fluxos naturais.

Por fim, destaca-se que a sistematização desses conhecimentos em um manual constitui um desdobramento fundamental desta pesquisa, ao traduzir o conteúdo teórico e histórico da monografia em uma linguagem visual didática. Mais do que um produto complementar, o manual assume um papel pedagógico central, ao possibilitar a difusão dos princípios da arquitetura bioclimática para além do meio acadêmico, contribuindo para a formação de estudantes, profissionais e demais interessados. Nesse sentido, a pesquisa cumpre não apenas uma função analítica e crítica, mas também educativa, ao transformar o conhecimento acumulado em uma ferramenta de sensibilização e orientação prática para uma arquitetura mais consciente, adaptada ao clima e comprometida com o conforto ambiental.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁBALOS, Iñaki. *A boa vida: visita guiada às casas da modernidade*. Tradução de Pedro Maia Soares. São Paulo: Gustavo Gili, 2010.

ABREU, Mário; FARIA, Cristina. *Arquitetura e sustentabilidade: rupturas e permanências no ensino de projeto*. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2018.

ADAM, J.-P. *Construção romana: materiais e técnicas*. Londres: Routledge, 1994.

BAKER, Geoffrey. *Le Corbusier: uma análise da forma*. São Paulo: M. Fontes, 1998.

BAKER, Nick. *Projeto de edifícios com energia solar passiva: princípios e prática*. Londres: Architectural Press, 1987.

BAHADORI, M. N. *Sistemas de resfriamento passivo na arquitetura iraniana*. Scientific American, v. 238, n. 2, p. 144–154, 1978.

BANHAM, R. *A Arquitetura do Ambiente Bem Temperado*. Chicago: University of Chicago Press, 1969.

BEZERRA, Marília. *Conforto térmico e materiais construtivos*. São Paulo: Ed. Universidade, 2003.

BITTENCOURT, Christina; CÂNDIDO, Leonardo. *Introdução à ventilação natural*. Rio de Janeiro: PROURB/UFRJ, 2006.

COCH, Helena. *Planejamento urbano bioclimático na região do Mediterrâneo*. In: PLEA Conference, 1998, Lisboa.

CORBELLA, Ofélia; YANNAS, Simos. *Arquitetura e conforto térmico*. São Paulo: EdUSP, 2003.

CORBELLA, Oscar; CORNER, Viviane. *Manual de arquitetura bioclimática tropical para a redução de consumo energético*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2011.

COSTA, Lúcio. *Arquitetura*. Rio de Janeiro: José Olympio, 2003.

EL-SHORBAGY, A. M. *Casa Árabe-Islâmica Tradicional: Vocabulário e Sintaxe*. (ASCAAD). Fez, Marrocos, 2010.

FATHY, Hassan. *Energia natural e arquitetura vernacular: princípios e exemplos com referência a climas quentes e áridos*. 1. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo (Edusp), 1986.

FERNANDES, R.; BRAGANÇA, L. *Arquitetura e clima: estratégias bioclimáticas*. Lisboa: IST Press, 2011.

FERNANDES, J.; BRAGANÇA, L. *Materiais naturais e estratégias passivas: desempenho térmico em climas quentes*. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, v. 5, n. 2, p. 67–78, 2011.

FIGUEIRA, Jorge. *Crítica da razão arquitetónica*. Coimbra: editora da faculdade de arquitetura da Universidade de Coimbra, 2012.

FOGEL, G. *Arquitetura da Mesopotâmia Antiga: Forma, Função e Significado*. London: Routledge, 2015.

FOGEL, R. *Arquitetura antiga em tijolo*. Cambridge: Cambridge University Press, 2015.

FRAMPTON, Kenneth. *História crítica da arquitetura moderna*. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

FRANGIPANI, S. *Shibam: a arquitetura dos arranha-céus de tijolo de barro no Iêmen*. Paris: UNESCO Publishing, 2015.

FRESNEDO, Ana Paula. *Arquitetura e clima: uma abordagem bioclimática para o conforto térmico em edificações*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2018.

GHAFOURI, M.; DEGHANI, A. *Estratégias de resfriamento passivo na arquitetura residencial contemporânea em climas quentes e áridos*. Energy and Buildings, 2022.

GIEDION, S. *Espaço, Tempo e Arquitetura*. Cambridge: Harvard University, 1995.

GONÇALVES, José Fernandes; DUARTE, Cristiane Rose de Siqueira. *Arquitetura, conforto e sustentabilidade: uma correlação necessária*. Rio de Janeiro: E-papers, 2006.

GOODELL, Jeff. *O calor vai matar você primeiro: vida e morte em um planeta escaldante*. New York: Little, Brown and Company, 2023.

GOULART, S. M.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. M. A. *Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras*. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção – NORIE/UFRGS e LABEEE/UFSC, 1997.

GIVONI, Baruch. *Conforto térmico passivo: projetos em climas quentes*. New York: John Wiley & Sons, 1994.

GIVONI, Baruch. *Homem, clima e arquitetura*. Amsterdam: Elsevier, 1969.

GRABAR, Oleg. *A formação da arte islâmica*. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1987.

HEJAZI, B.; HEJAZI, M. *Torres de vento persas e badgirs*. International Journal of Design & Nature and Ecodynamics, v. 9, n. 1, p. 56–70, 2014.

HERNANDEZ, R. R. et al. *Impactos ambientais da energia solar em larga escala*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 29, p. 766–779, 2014.

HOLANDA, Armando de. *Roteiro para construir no Nordeste: arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados*. Recife: Editora Massangana, 1976.

Houben, H.; Guillaud, H. *Construção com terra: um guia abrangente*. London: Intermediate Technology Publications, 1994.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. Brasília: INMET, 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Global Energy Review*. Paris, 2025.

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. *Arquitetura tradicional brasileira*. Brasília: IPHAN, 2014.

Jomehzaheh, F. et al. *Uma revisão abrangente sobre sistemas de resfriamento passivo para edificações sustentáveis: o estado da arte*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 62, p. 1470–1495, 2016.

Lamberts, Roberto; Dutra, Luciano; Pereira, Fernando. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: Ouro Verde, 2006.

Lechner, N. *Aquecimento, Resfriamento, Iluminação: Métodos de Projeto para Arquitetos*. Nova York: John Wiley & Sons, 1991.

Lengen, Johan Van. *Manual do arquiteto descalço*. São Paulo: Ed. Ground, 2002.

Lopes, Vanessa. *Museu de Arte Moderna do Rio aposta em sistema de climatização para preservar obras*. *O Globo*, Rio de Janeiro, 10 fev. 2020.

Melo, Luiz Fernando de. *Arquitetura moderna e identidade regional no Brasil*. São Paulo: Editora Unesp, 2010.

Mendes, Ariele Luckwu. *Arquitetura bioclimática na Amazônia: um estudo da obra de Severiano Mário Porto no Setor Norte do Campus UFAM*. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *ProjetEEE – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes*. Brasília, 2023. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee>.

MINKE, Gernot. *Manual de Construção com Terra: a terra como material de construção e sua aplicação na arquitetura atual*. 3. ed. São Paulo, 2006.

MORADI, N.; KAZEMIANFARD, M. *Arquitetura em tijolo no Irã contemporâneo: continuidade material e desempenho ambiental*. Teerã: IUST Press, 2023.

MORADI, N.; SHIRAZI, M. R. *Arquitetura contemporânea de terra no Irã: tradição, sustentabilidade e inovação*. Tehran: Iran University of Science and Technology Press, 2021.

OLENDER, Mônica Cristina Henriques Leite. *A técnica do pau-a-pique: subsídios para a sua preservação*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

OLGYAY, Victor. *Projetar com o clima: uma abordagem bioclimática para o regionalismo arquitetônico*. Princeton: Princeton University Press, 1963.

PORTO, Severiano Mário Vieira. *Arquitetura no Norte do Brasil: a contribuição da cultura amazônica na obra de Severiano Porto*. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2002.

RAPOPORT, Amos. *A casa e a cultura: introdução à arquitetura tradicional*. São Paulo: Editora Perspectiva, 2002.

ROMERO, Maria Bustos. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. São Paulo: Editora Projeto, 2001.

RUDOLFSKY, Bernard. *Arquitetura sem arquitetos: uma introdução à arquitetura não-erudita*. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

SABERI, M. et al. *Arquitetura Vernacular em Regiões de Clima Seco: A Casa Tradicional de Kashan, Irã*. Teerã: Universidade de Teerã, 2005.

SCHMID, Aloísio. *A ideia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído*. São Paulo: Annablume, 2005.

SILVA, Marina. *Entrevista à GloboNews sobre transição energética*. Brasília, 24 jan. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2023/01/24/marina-silva-fala-sobre-politica-ambiental.ghtml>.

SOBREIRA, Fabiano. *Arquitetura e sustentabilidade: a busca por uma síntese entre desempenho ambiental e valores culturais*. São Paulo: Annablume, 2015.

SOUZA, T.; SILVA, M. *Impactos ambientais de parques eólicos no Brasil: uma revisão*. Revista Brasileira de Energia, v. 26, n. 2, p. 45–61, 2020.

TEIXEIRA, Fabiana. *Arquitetura vernacular e sustentabilidade: reflexões sobre técnicas tradicionais e adaptação climática*. Revista Arquitectos, 2017.

TREICHEL, Karine; SILVA, Adriana; OLIVEIRA, Fabrício. *Arquitetura bioclimática: a importância da análise ambiental no desenvolvimento do projeto arquitetônico*. Revista Brasileira de Energias Renováveis, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 1–16, jul./set. 2019.

WASSOUF, M. *Arquitetura e clima: princípios de projeto passivo em climas quentes*. 2. ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

WEIMER, Günter. *Arquitetura popular brasileira*. São Paulo: Martins Fontes, 2005.