

# estratégias construtivas tradicionais

voltadas para os  
princípios bioclimáticos  
de conforto ambiental  
nos climas tropicais

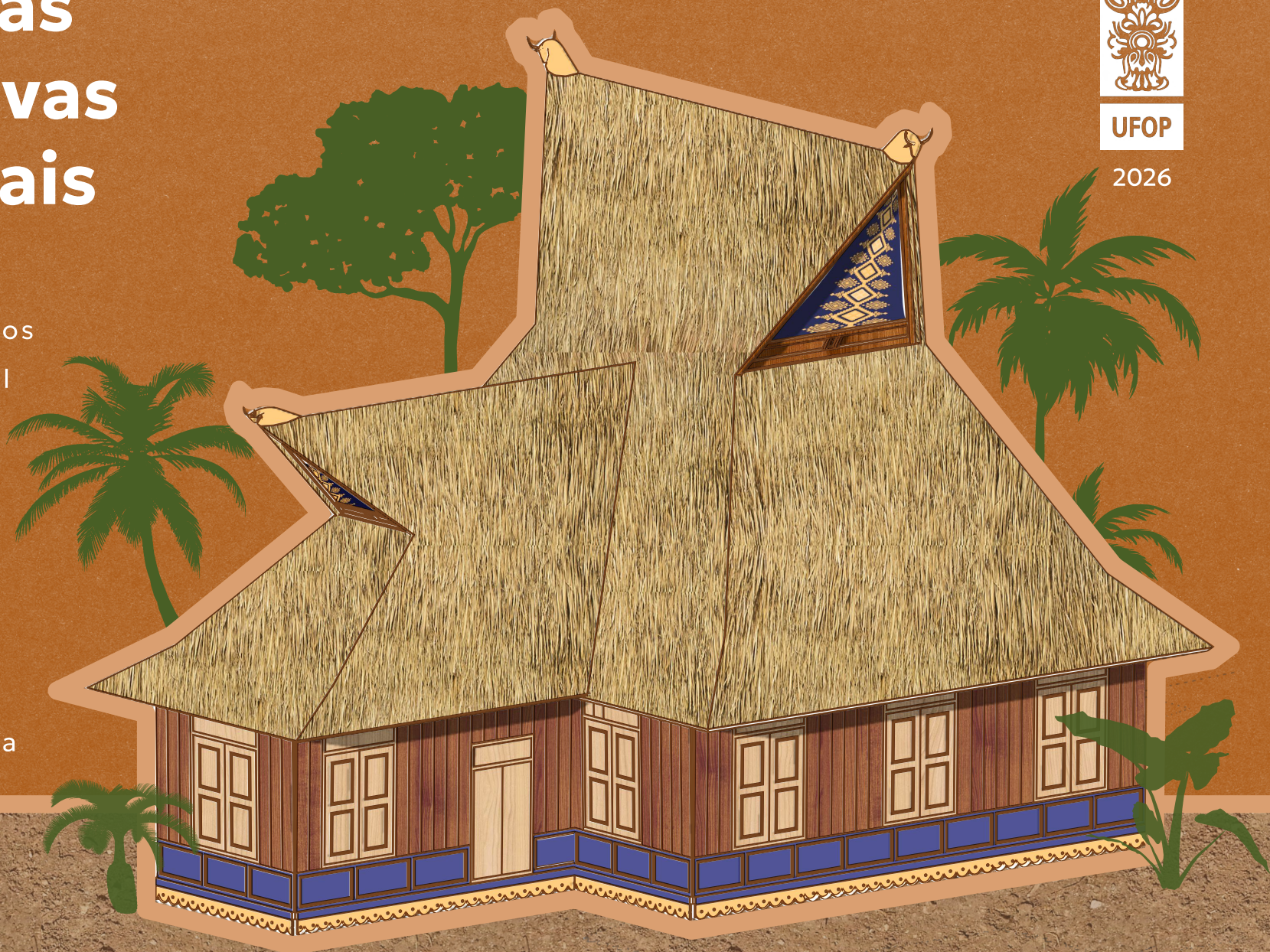
Orientação de  
dra. Patrícia Junqueira

wesley de paula



UFOP

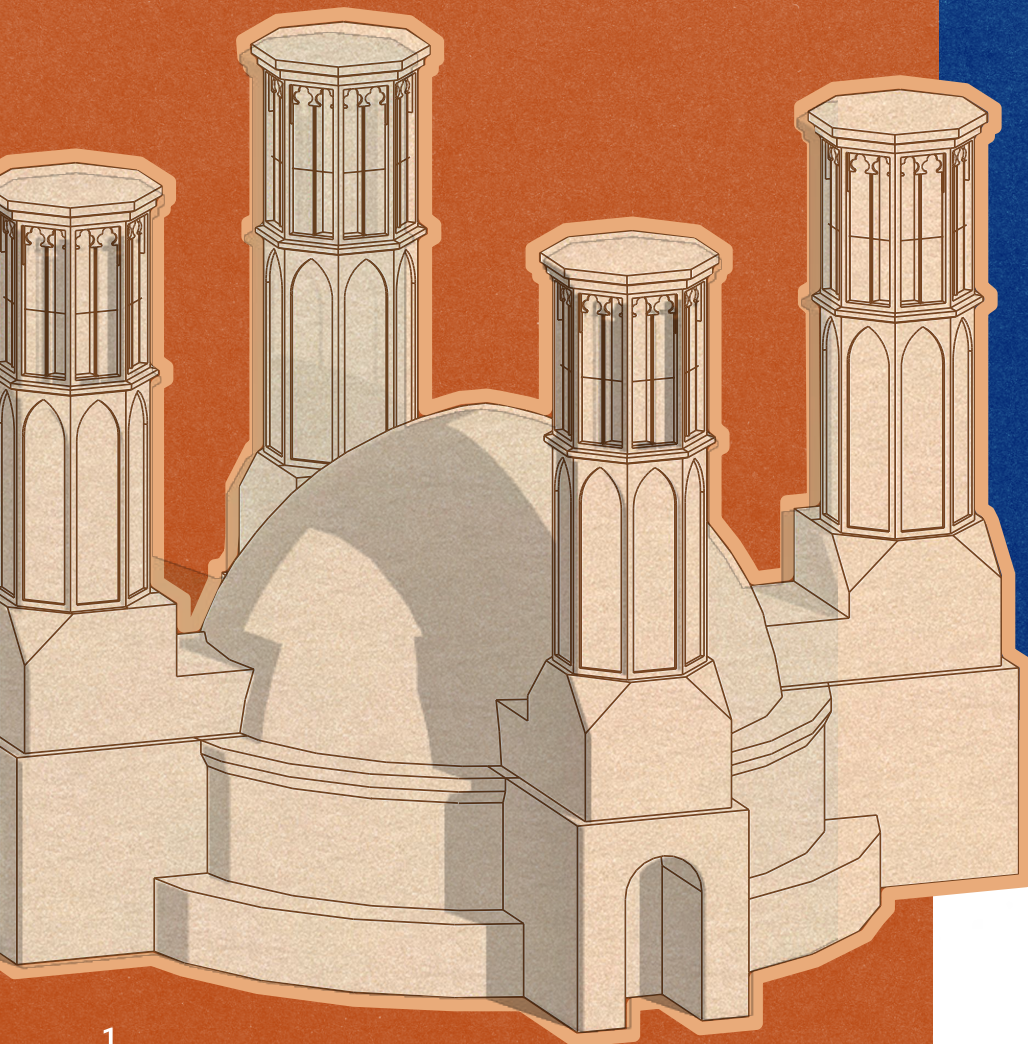
2026



## TFG - Arquitetura e Urbanismo

Discente: Wesley Henrique de Paula

Orientação: dra. Patrícia Junqueira



## 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 diferentes culturas e zonas climáticas, busca-se compreender como esses saberes construtivos empíricos podem ser reinterpretados à luz das atuais demandas por sustentabilidade e eficiência energética.

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.

*(Para uma leitura mais completa sobre o tema, consulte a Monografia disponível no diretório da UFOP).*



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE  
OURO PRETO

# Objetivos

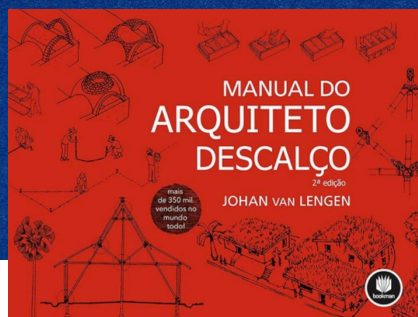
Mapear as principais soluções passivas de conforto ambiental utilizadas em arquiteturas tradicionais inseridas em diferentes contextos de climas quentes;

Identificar os materiais construtivos tradicionais empregados nessas construções, destacando suas propriedades térmicas e seu comportamento diante de condições ambientais semelhantes;

# Metodologia

A pesquisa adota como metodologia uma revisão crítica da historiografia construtiva, com abordagem qualitativa, para compreender as soluções arquitetônicas alinhadas à adequação climática no clima tropical brasileiro.

A análise parte de obras e manuais fundamentais para os estudos da arquitetura bioclimática e tradicionais, como:



**MANUAL DO ARQUITETO DESCALÇO (2002)**

*Johan Van Lengen*



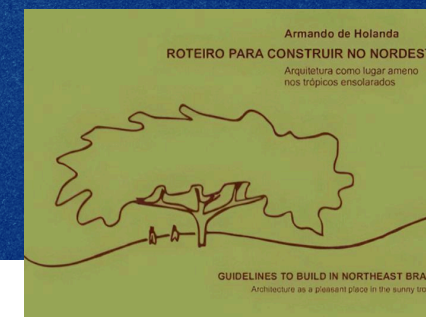
**MANUAL DE ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA TROPICAL (2011)**

*Oscar Corbella  
e Viviane Corner*



**INTRODUÇÃO À VENTILAÇÃO NATURAL (2006)**

*Leonardo Bittencourt  
e Christina Cândido*



**ROTEIRO PARA CONSTRUIR NO NORDESTE (1976)**

*Armando de Holanda*

# sumário

**1** Introdução  
PÁGINA 5

**2** A inadequação do Modernismo  
PÁGINA 12

**3** A arquitetura bioclimática  
PÁGINA 16

**4** As estratégias construtivas  
tradicionais de conforto ambiental  
PÁGINA 21

**5** Referências bibliográficas  
PÁGINA 35

# 1 Introdução: a arquitetura pré-industrial



As edificações adaptadas ao clima sempre existiram ao longo da história em várias partes do mundo. Fathy, arquiteto egípcio renomado por seus estudos sobre habitação popular, afirma:

“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 dos ocupantes” (FATHY, 1986, p.27).

Aspectos como a implantação estratégica, a orientação solar adequada, o aproveitamento da iluminação natural, o sombreamento, a ventilação cruzada e o uso de materiais tradicionais de boa eficiência térmica eram princípios irrevogáveis.

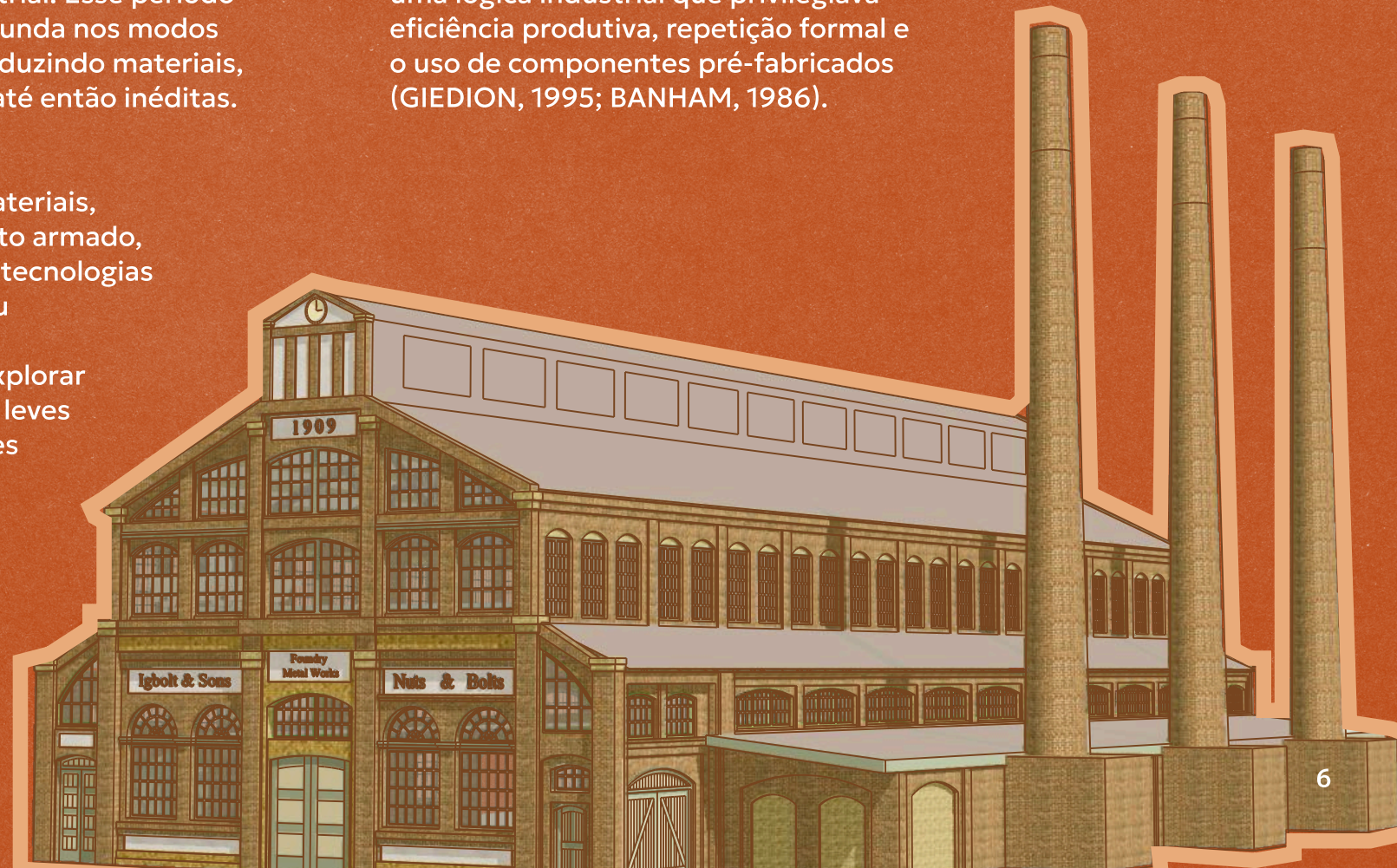
Já para Ábalos (2000), essas práticas oferecem lições relevantes à arquitetura contemporânea ao demonstrar que conforto e sustentabilidade podem ser alcançados não por meio da tecnologia, mas pela valorização do saber construtivo popular e da integração sensível com o meio ambiente.

# A industrialização do pensamento arquitetônico

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.

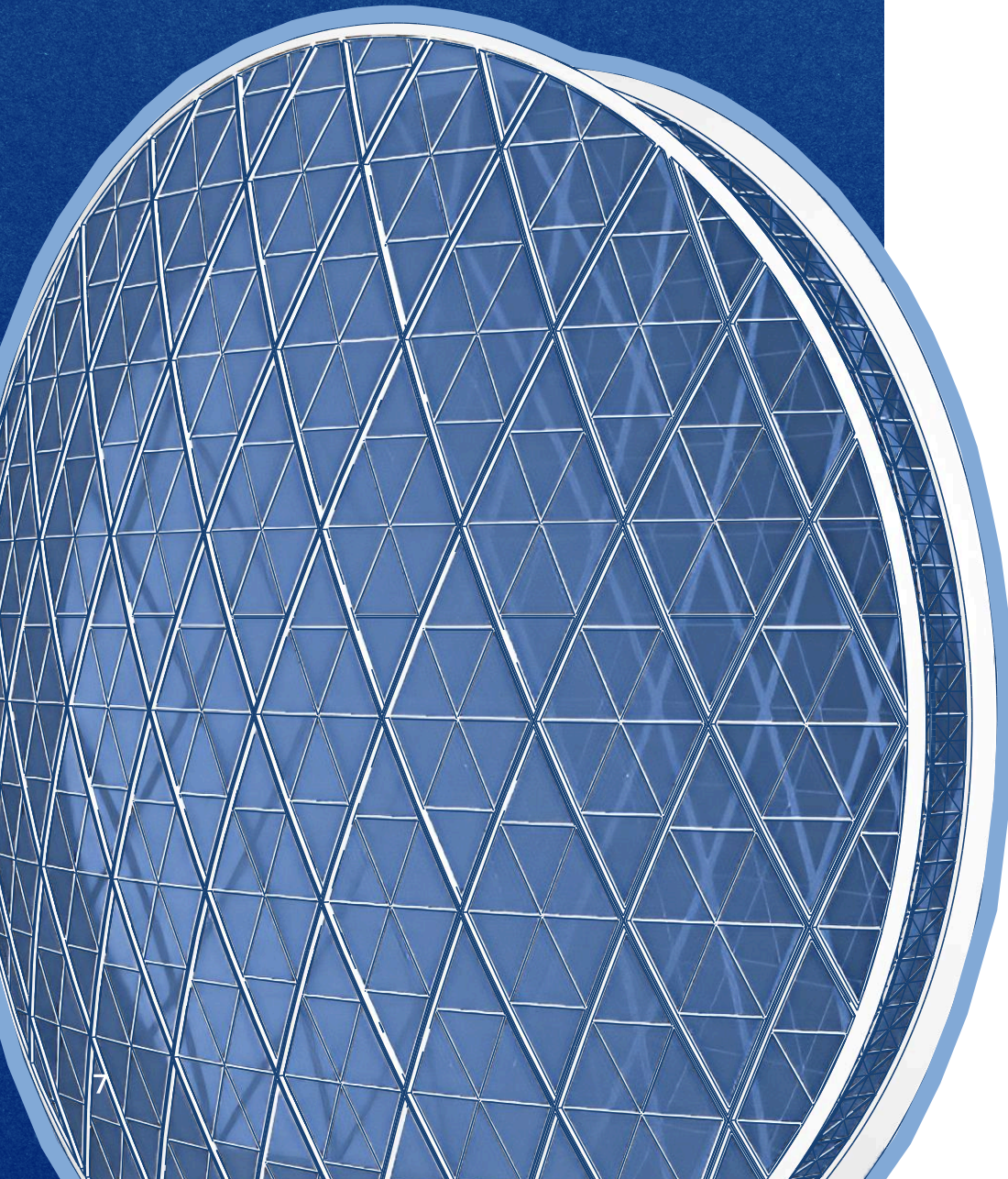
A disponibilidade de novos materiais, como o ferro, o aço e o concreto armado, aliada ao desenvolvimento de tecnologias de fabricação em série, alterou radicalmente o pensamento arquitetônico, que passou a explorar maiores vãos, estruturas mais leves e a possibilidade de edificações erguidas com rapidez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



**ALDAR HQ (2010)**  
Marwan Zgheib

*Abu Dhabi,  
Emirados Árabes Unidos*



A forma arquitetônica e a imagem passaram a assumir papel central, muitas vezes desvinculadas do desempenho ambiental da edificação.

Nesse novo paradigma, o conforto térmico deixou de ser prioritariamente resolvido por soluções passivas e passou a depender de sistemas mecânicos de climatização. (FRAMPTON, 1995; CORBELLA; CORNER, 2011).

O edifício Aldar HQ, em Abu Dhabi, ilustra essa lógica contemporânea ao adotar uma forma icônica e fortemente orientada pela expressão formal — um edifício circular de vidro.

Inserido em um clima desértico, seu desempenho térmico depende significativamente do uso de sistemas artificiais de climatização, evidenciando como a arquitetura pós-industrial, ao priorizar a forma e a tecnologia, intensifica a dependência energética (GEHL, 2013).

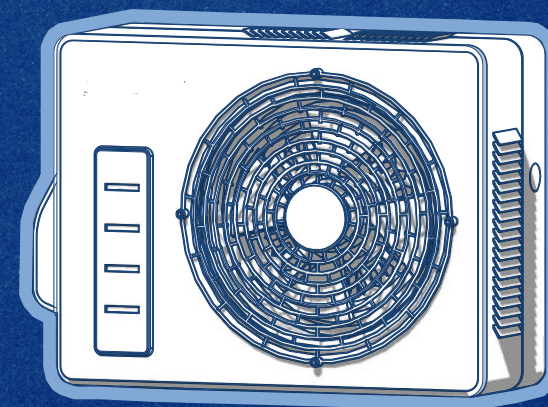
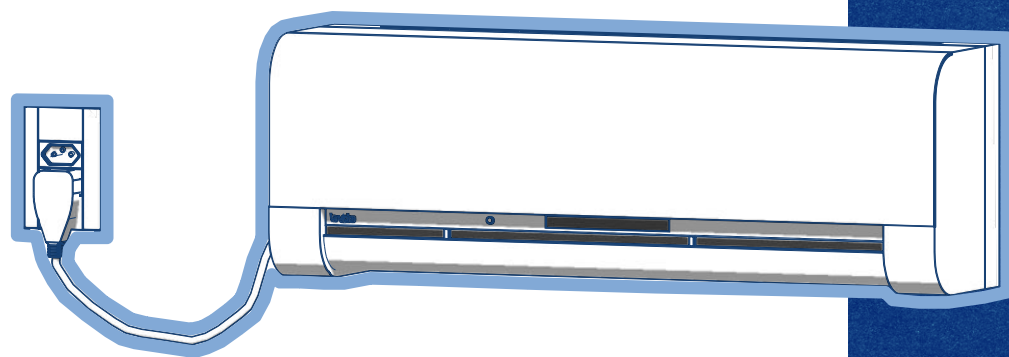
## A crise energética

Em consequência dessa mudança, observa-se que, em grande parte das edificações contemporâneas, a busca por conforto térmico tem se apoiado quase exclusivamente em sistemas artificiais de climatização. Essa dependência reforça práticas projetuais pouco sensíveis às condições ambientais, resultando em ambientes que exigem alto consumo energético para se tornarem habitáveis.

Segundo Corbella e Corner (2011), exemplos arquitetônicos pré-industriais demonstram que é possível alcançar conforto térmico sem recorrer integralmente a soluções mecânicas. Diante disso, este trabalho questiona: as estratégias passivas presentes em contextos tradicionais podem ser incorporadas de forma eficaz na arquitetura contemporânea brasileira?

De acordo com Jeff Goodell (2023), a sociedade tornou-se excessivamente dependente do ar-condicionado, a ponto de esses equipamentos serem responsáveis por cerca de 20% de toda a eletricidade consumida em edifícios. O autor também destaca que o número global de aparelhos deve crescer de 1 bilhão em 2023 para mais de 4,5 bilhões em 2050, indicando um aumento significativo no impacto energético associado à climatização artificial.

Esse cenário é confirmado pela IEA — Agência Internacional de Energia, entidade que monitora e projeta tendências do setor energético mundial. Apenas em 2024, a IEA registrou um aumento de 4,3% na demanda global por eletricidade, impulsionado principalmente pela expansão dos sistemas de climatização artificial e centrais de dados.



# A transição para as energias renováveis

A crise do petróleo da década de 1970 marcou um ponto de inflexão no debate energético global. Quando os países membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) reduziram a produção para controlar um mercado instável, o preço do barril disparou, evidenciando a vulnerabilidade das economias dependentes de combustíveis fósseis.

Esse cenário impulsionou uma intensa reflexão sobre a necessidade de reformular a matriz energética mundial. Segundo a IEA, reduzir o consumo por meio de práticas mais eficientes e ampliar o uso de fontes renováveis são medidas essenciais para mitigar impactos ambientais e garantir um futuro energético mais seguro e sustentável (IEA, 2025).

Como afirma Marina Silva, Ministra do Meio Ambiente e da Mudança do Clima desde 2023, o Brasil já possui “resposta técnica para produzir energia do vento, do sol, da biomassa e da água de base sustentável”, adotando combustíveis fósseis apenas “se quisermos” (SILVA, 2023).

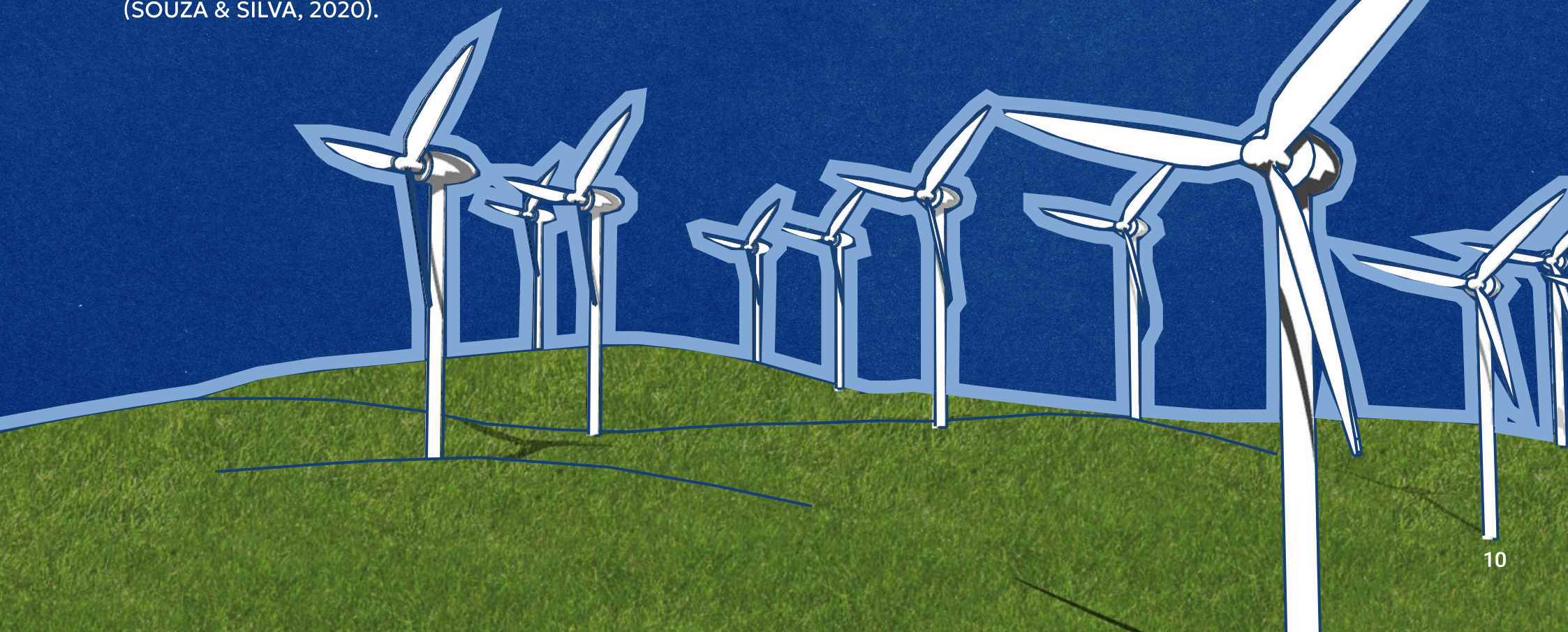


## O dilema ambiental

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.



# A pertinência climática

A valorização das estratégias arquitetônicas tradicionais fundamenta-se no conceito de pertinência climática, que diz respeito à adequação entre as soluções projetuais e as condições ambientais do local.

Esse princípio é central para o conforto ambiental passivo, pois orienta o uso de ventilação, insolação e sombreamento de maneira eficiente. Apesar disso, grande parte da prática contemporânea negligencia essas condicionantes. (CORBELLA; CORNER, 2011).

Corbella e Corner (2011) criticam a predominância de uma “**arquitetura da forma**”, na qual as condicionantes ambientais e as necessidades reais dos usuários são frequentemente ignoradas. Como resultado, muitos edifícios apresentam desempenho térmico inferior ao ambiente externo, tornando-se dependentes de climatização mecânica.

Segundo os autores, o acesso facilitado a energia elétrica contribuiu para ampliar o distanciamento entre projeto e clima. Esse afastamento se agrava com a reprodução de modelos projetuais generalistas, pouco atentos às especificidades locais, o que compromete a eficiência ambiental das edificações e gera espaços desconfortáveis.

Para que o arquiteto possa conceber edificações capazes de minimizar tensões térmicas e promover o equilíbrio fisiológico dos usuários, é essencial compreender as condicionantes climáticas.

Segundo Romero (2001), é fundamental o entendimento dos fatores climáticos, tanto em escala global quanto local:



**ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA DO ESPAÇO PÚBLICO (2001)**

*Maria Bustos Romero*

*(Adaptado pelo autor)*

## 2 A inadequação do modernismo

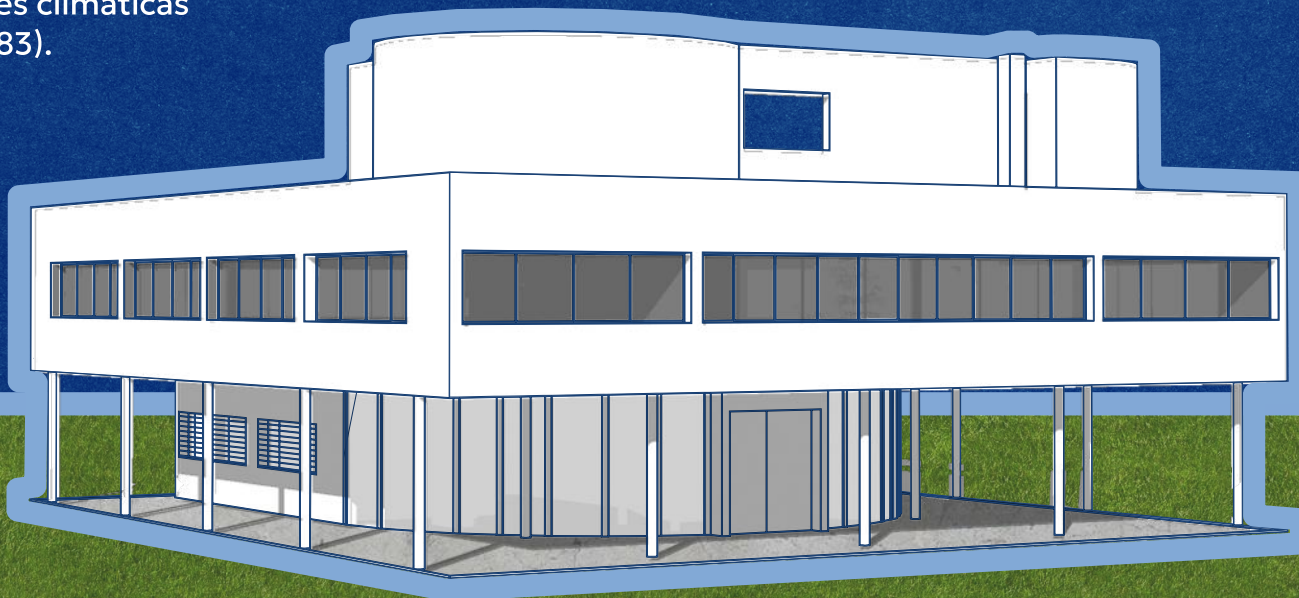
Segundo Frampton, O Estilo Internacional, difundido nas décadas de 1920 e 1930, consolidou uma estética geométrica, industrializada e sem ornamentos, considerada neutra e global.

Na arquitetura moderna do pós-1950, esse viés universalizante se intensificou, reforçando a busca por um “consumidor universal”, o que negligenciava as particularidades regionais, sobretudo as condicionantes climáticas (FRAMPTON, 1983).

Como destacam Gonçalves e Duarte (2006, p.11), a repetição de estratégias inadequadas, como fachadas envidraçadas e lajes planas, comprometeu o conforto térmico dos usuários. Já para Lamberts, a disseminação das “caixas de vidro” resultou na construção de edifícios estufa com desempenho térmico insatisfatório (LAMBERTS, 2014).

Isso mostra que o modernismo, apesar da inovação estética, frequentemente negligenciava aspectos de **habitabilidade**, sendo problemático tanto em climas tropicais quanto temperados.

Mesmo obras icônicas como a Villa Savoye, projetada por Le Corbusier, evidenciam contradições entre ideais formais e resultados práticos, incluindo relatos do próprio arquiteto de superaquecimento no verão e frio no inverno, conforme documenta Geoffrey Baker (1998).



**VILLA SAVOYE (1928)**  
Le Corbusier

*Paris, França*

## O modernismo nos trópicos

Em regiões de clima tropical, como grande parte do território brasileiro, a adoção de soluções arquitetônicas padronizadas mostrou-se muito inadequada ao contexto local.

Um exemplo é a Catedral de Brasília, de Niemeyer, inaugurada em 1970 com sua cobertura de vidro transparente entre dezesseis pilares hiperbólicos.

Apesar do impacto estético e formal, a intensa luminosidade e o acúmulo de calor tornavam o interior desconfortável durante o dia, revelando a tensão recorrente na arquitetura moderna brasileira entre expressão plástica e necessidades climáticas (SCHMID, 2005).

Para resolver essas questões sem comprometer a integridade formal, Niemeyer contou com a colaboração da artista Marianne Peretti, que em 1989 instalou vitrais capazes de reduzir o calor e o ofuscamento, mantendo a harmonia com a religiosidade e a linguagem moderna.

Como destaca Lamberts et al. (2006), o modernismo tropicalizou-se de forma **superficial**, sem integrar plenamente princípios de desempenho energético e conforto ambiental.

CATEDRAL DE BRASÍLIA (1970)  
Oscar Niemeyer

*Brasília, Brasil*

Em contraste com as soluções construtivas tradicionais, o uso moderno de materiais como concreto e vidro, típicos do Estilo Internacional, muitas vezes ignora os princípios da **inércia térmica**.

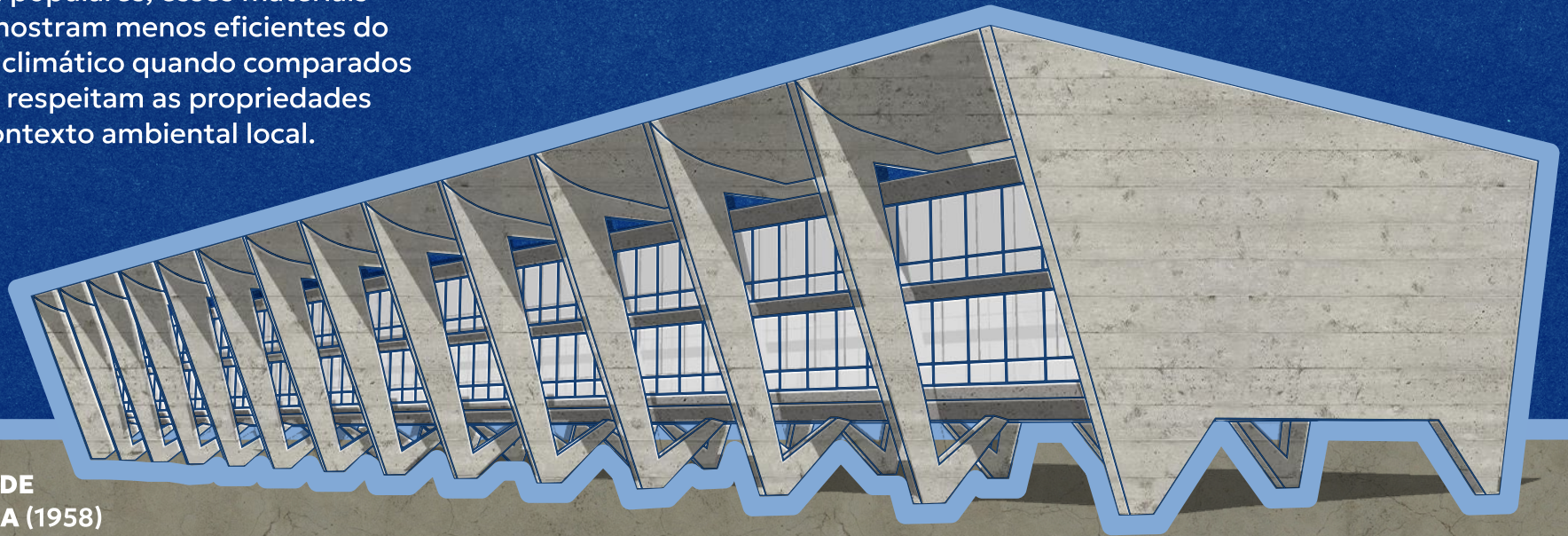
O concreto, devido à sua alta densidade, conduz calor rapidamente, tornando os ambientes mais quentes no verão e mais frios no inverno, diferentemente de materiais como adobe ou cerâmica (BEZERRA, 2003).

O vidro, por sua vez, permite transferência ainda mais rápida de calor, intensificando a variação térmica interna, especialmente em regiões tropicais.

Assim, embora populares, esses materiais modernos se mostram menos eficientes do ponto de vista climático quando comparados a soluções que respeitam as propriedades térmicas e o contexto ambiental local.

Um caso emblemático que evidencia os desafios do uso de concreto e vidro em climas tropicais é o Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro (MAM-RJ), projetado por Affonso Eduardo Reidy na década de 1950.

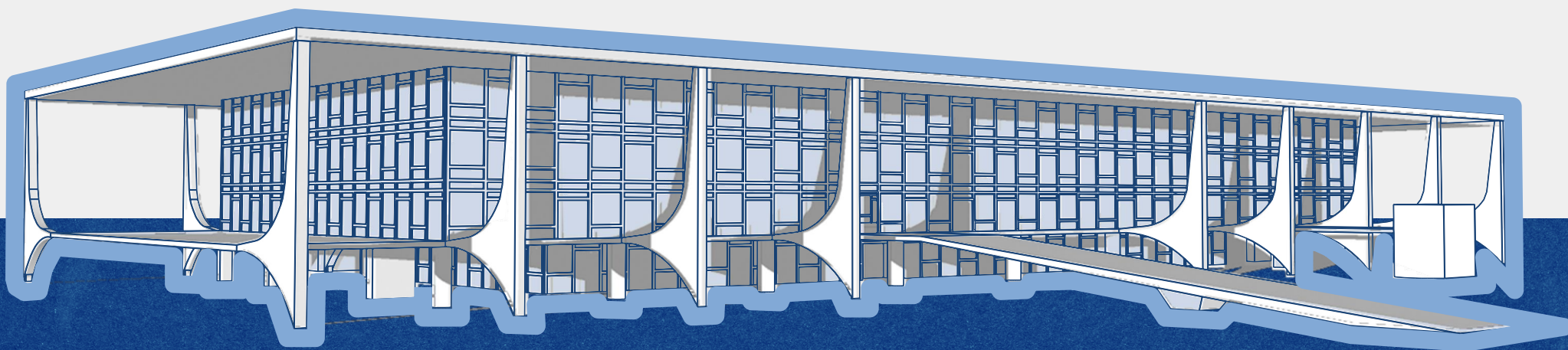
Reconhecida por sua qualidade plástica e racionalidade estrutural, a obra enfrenta problemas significativos de conforto térmico. A grande quantidade de superfícies envidraçadas e concreto exposto, sem proteção solar adequada, favorece a entrada intensa de radiação solar durante o dia, elevando a temperatura interna, e provoca perdas térmicas à noite (PEREIRA; RITZEL, 2018, p. 120).



**MAM - MUSEU DE ARTE MODERNA (1958)**  
Affonso Eduardo Reidy

*Rio de Janeiro, Brasil*

Os casos estudados evidenciam que a adoção acrítica de materiais modernos, sem considerar o clima local, compromete o desempenho ambiental, ao contrário das soluções tradicionais, que integravam **materialidade e clima** de forma equilibrada.



Embora o foco principal desta pesquisa seja o clima tropical brasileiro, optou-se por analisar técnicas construtivas tradicionais de outras zonas quentes, como o equatorial, semiárido e subtropical.

Apesar das diferenças regionais, esses contextos apresentam desafios ambientais semelhantes, como altas temperaturas e intensa radiação solar, permitindo que suas estratégias adaptativas sejam comparadas. Essa abordagem amplia o repertório da arquitetura bioclimática, destacando soluções tradicionais que podem ser reinterpretadas em projetos contemporâneos.

# 3 A arquitetura bioclimática

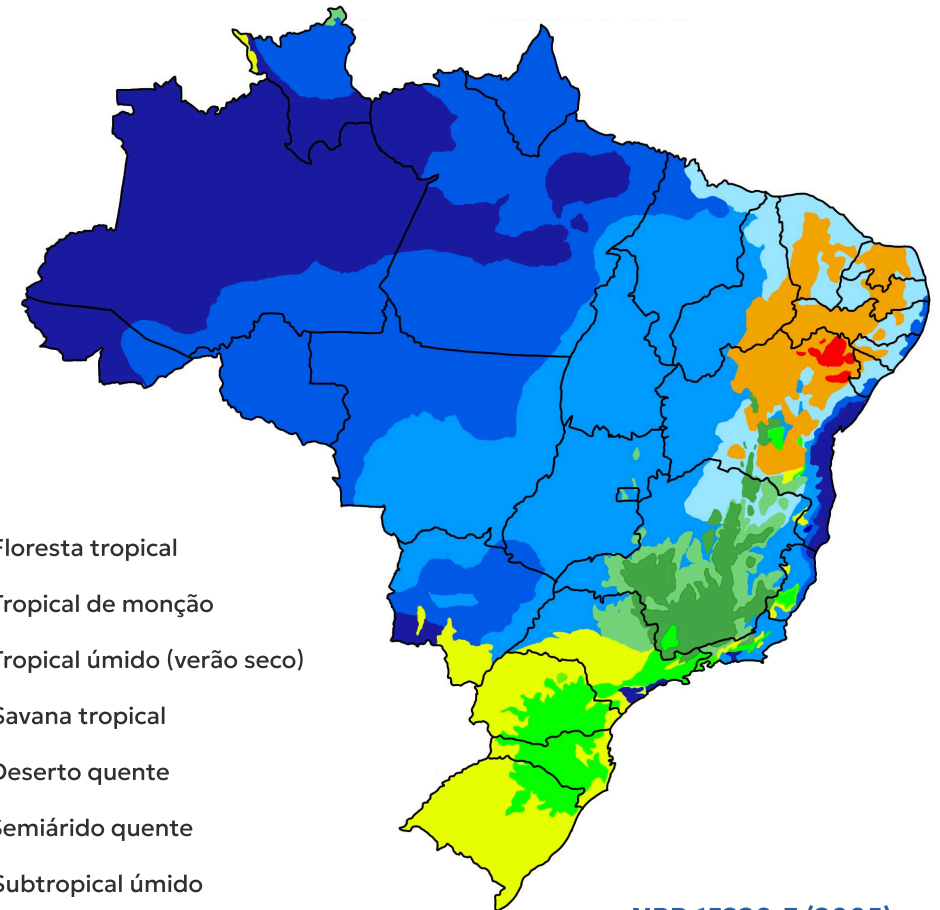
O modelo de Köppen, publicado em 1900, relaciona clima e vegetação usando temperatura e precipitação, dando origem ao **sistema Köppen-Geiger**, referência internacional em estudos climáticos (ALVARES et al., 2013).

No Brasil, sua aplicação pelo IBGE e a definição de zonas bioclimáticas pela ABNT NBR 15220-3 (2005) orientam o projeto térmico de edificações segundo as condições regionais.

Considerando a predominância do **clima tropical** no Brasil, esta pesquisa foca nas zonas bioclimáticas 7 (quente e seca) e 8 (quente e úmida), que juntas ocupam cerca de **66,3% do território**, sendo a Z8 a mais representativa (53,7%), abrangendo a Amazônia e o litoral nordestino (IBGE, 2006).

Ambas apresentam altas temperaturas, mas diferem na umidade, exigindo estratégias construtivas distintas: a Z7 demanda proteção solar e sombreamento, enquanto a Z8 requer controle da umidade e ventilação natural.

## ZONEAMENTO CLIMÁTICO BRASILEIRO IBGE (MODELO KÖPPEN-GEIGER)



- Floresta tropical
- Tropical de monção
- Tropical úmido (verão seco)
- Savana tropical
- Deserto quente
- Semiárido quente
- Subtropical úmido
- Subtropical oceânico
- Subtropical úmido (inverno seco)
- Subtropical de altitude

**NBR 15220-3 (2005)**  
*Associação Brasileira  
de Normas Técnicas*

*(Adaptado pelo autor)*

# 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;
- Regimes de precipitação irregulares e escassos;
- Alternância mais acentuada entre períodos de calor intenso durante o dia e temperaturas mais amenas ou frias à noite.

São estratégias construtivas específicas:

- Construir as casas nas partes altas, onde há mais movimento de ar. Casas bem juntas, com menos paredes expostas ao sol. Uma dá sombra à outra.
- 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;
- Uso de pátios internos para ventilar os quartos, além de fontes de água para umidificar o ar;
- Piso apoiado sobre a terra para captar o frescor do solo.



# 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;
- Elevados índices pluviométricos.

São estratégias construtivas específicas:

- Construir as casas nas partes altas, onde há mais movimento de ar. Casas separadas, para que a brisa circule refrescando;
- Paredes delgadas, para que não conservem umidade;
- Tetos bem inclinados, para que a chuva escorra. Além de varandas em volta da casa, para proteção do tempo;
- Materiais: madeira, taquara e capim;
- Janelas grandes para melhorar a ventilação;
- Piso elevado para evitar a umidade do solo.

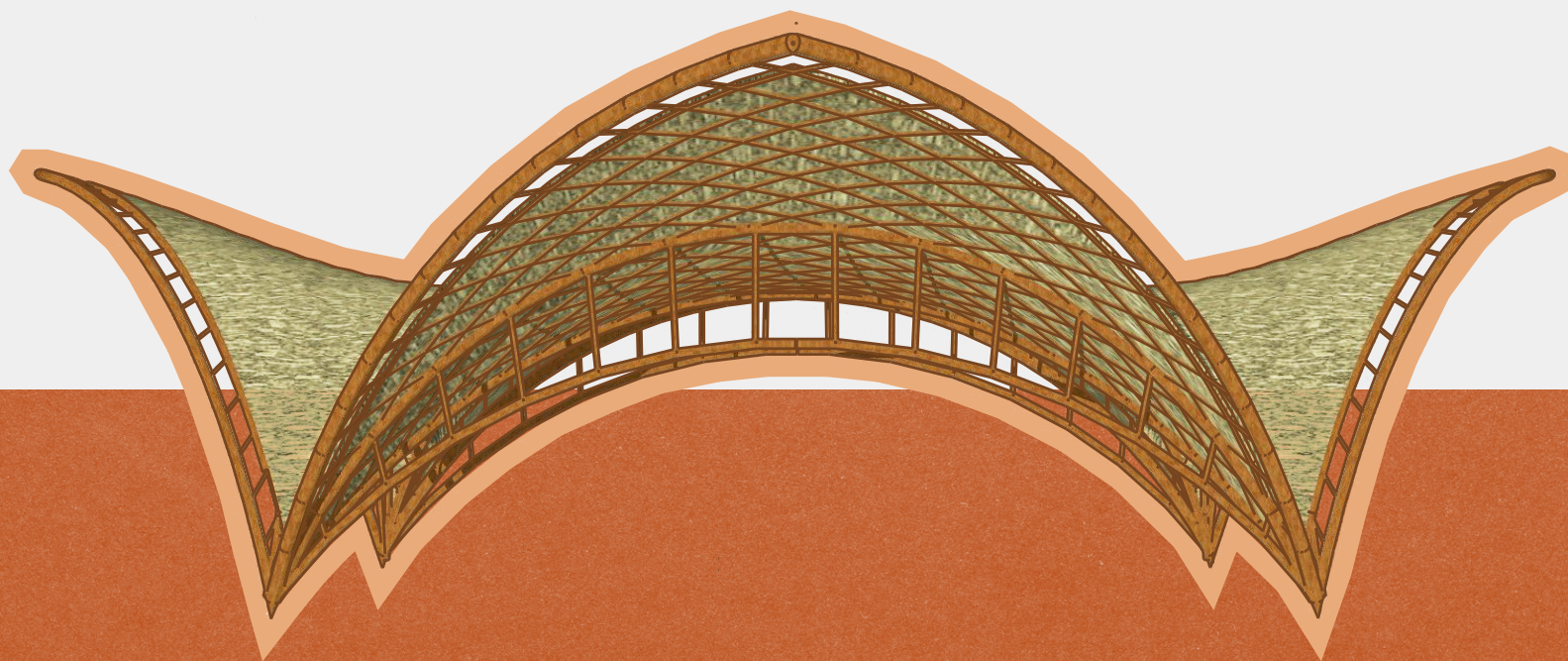


**MANUAL DO ARQUITETO  
DESCALÇO (1986)**  
*Johan Van Lengen*

*(Adaptado pelo autor)*

O campo de estudo da arquitetura bioclimática foi consolidado na década de 1960 pelos irmãos húngaros Victor e Aladar Olgay. 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.

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 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).

Em sequência aos estudos de Olgay, o arquiteto e pesquisador israelense Givoni elaborou sua versão da carta bioclimática, representando uma evolução dos estudos de Olgay ao aprofundar a relação entre o clima externo e o conforto térmico interno.

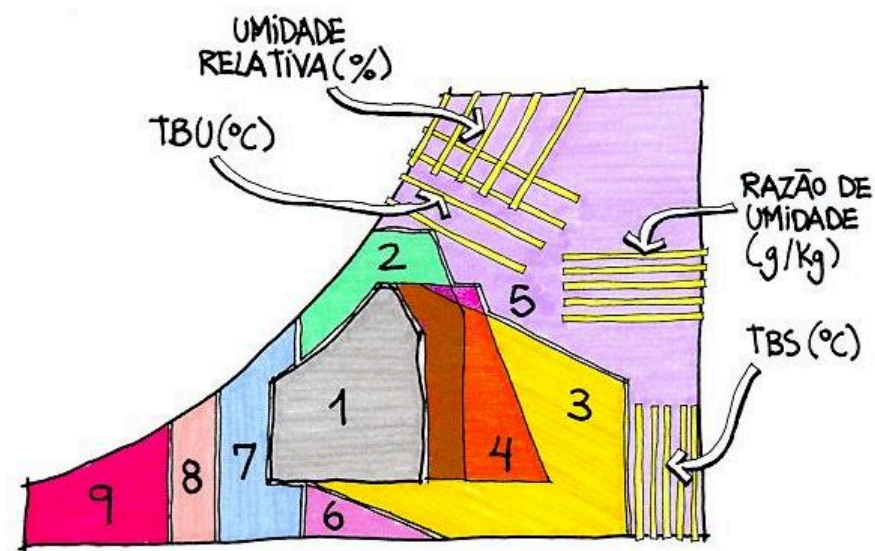
Diferentemente das cartas anteriores, baseadas apenas na relação entre temperatura e umidade relativa, a proposta de Givoni incorpora os princípios da **carta psicrométrica**, ampliando a análise para parâmetros como temperatura de bulbo seco e razão de umidade.

Essa abordagem se materializa na definição de zonas numeradas, que indicam soluções técnicas adequadas às condições climáticas predominantes, como ventilação natural, resfriamento evaporativo, uso de massa térmica para amortecimento térmico, aquecimento solar passivo e, em situações extremas, o emprego de sistemas artificiais.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2006), a carta de Givoni representa um avanço significativo ao traduzir dados climáticos complexos em recomendações projetuais claras e operacionais, permitindo que o arquiteto compreenda quais estratégias construtivas são mais eficientes para cada contexto climático.

Assim, a carta não se restringe a uma leitura diagnóstica do clima, mas assume um caráter propositivo, orientando diretamente as decisões de projeto desde as etapas iniciais, em consonância com os princípios da arquitetura bioclimática.

## CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI (1969)



- 1 - Zona de conforto
- 2 - Ventilação
- 3 - Resfriamento evaporativo
- 4 - Massa térmica para resfriamento
- 5 - Ar condicionado
- 6 - Umificação
- 7 - Massa térmica para aquecimento
- 8 - Aquecimento solar passivo
- 9 - Aquecimento artificial

### EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ARQUITETURA (2006)

Roberto Lamberts,  
Luciano Dutra  
e Fernando Pereira

(Adaptado pelo autor)

# 4

## 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 *Arquitetura sem arquitetos: uma introdução à arquitetura não-erudita* (1987), destaca que essas construções resultam de soluções espontâneas e funcionais, desenvolvidas por povos sem formação técnica formal, mas profundamente vinculadas ao cotidiano, ao ambiente natural e à cultura local.

Esse tipo de arquitetura se baseava em práticas adaptadas ao ambiente, moldadas por observação direta e por experiências regionais.

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.

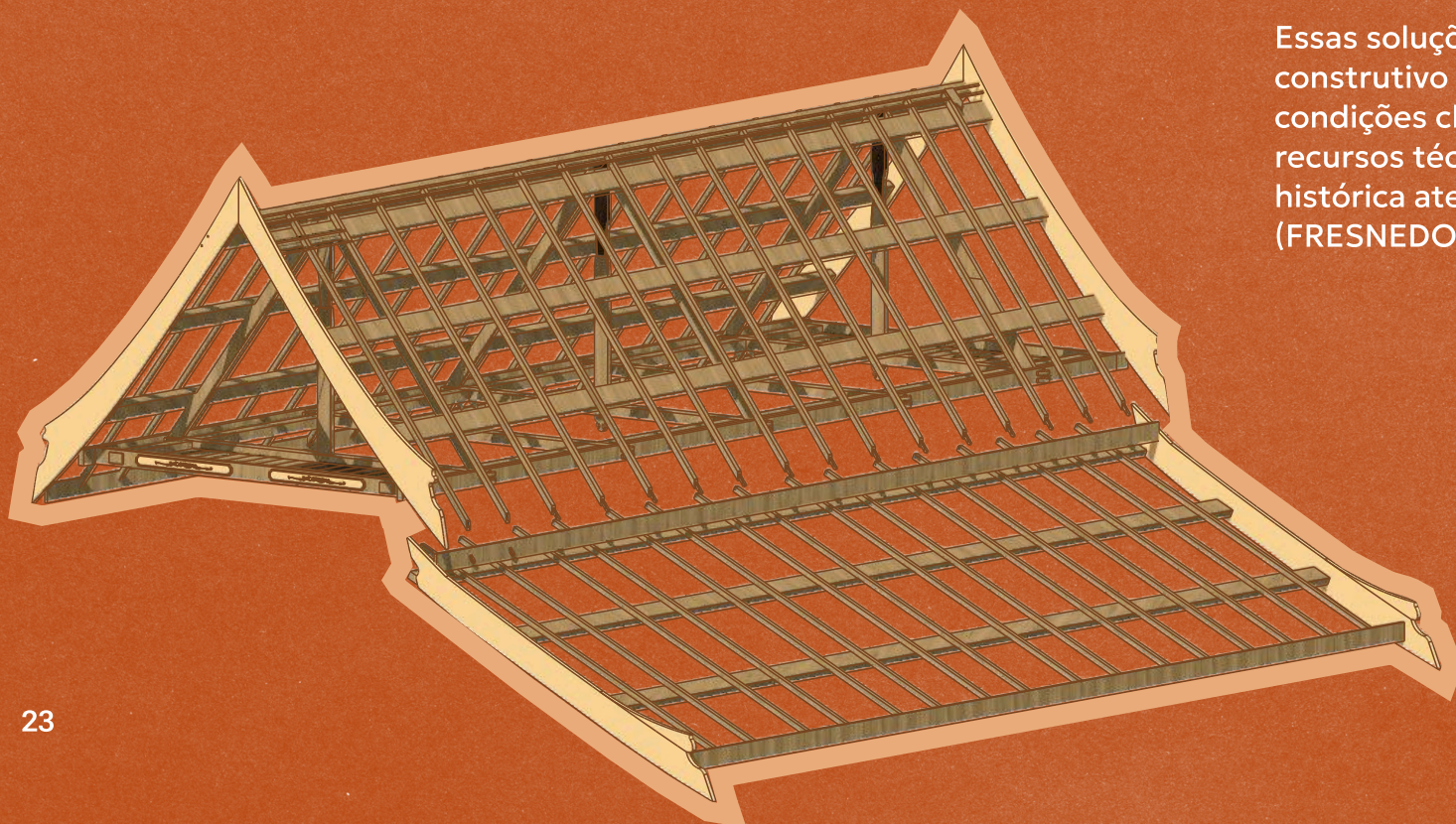
Sem depender de sistemas mecânicos, essas soluções garantiam ambientes mais confortáveis, mesmo em climas extremos.



# 4.1 Tetos adaptados

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.



As adaptações nas coberturas ocorreram por meio de modificações simples na geometria dos telhados, como inclinações assimétricas, aberturas longitudinais e deslocamentos de planos superiores, utilizadas para favorecer a ventilação natural, orientar o sombreamento e modular a entrada de luz.

Claraboias, cúpulas translúcidas e aberturas zenitais foram utilizadas em diversas culturas para introduzir iluminação indireta nos interiores.

Essas soluções evidenciam a eficácia do saber construtivo pré-industrial na resposta às condições climáticas locais, mesmo com recursos técnicos limitados, cuja recorrência histórica atesta sua funcionalidade (FRESNEDO, 2018, p. 77).

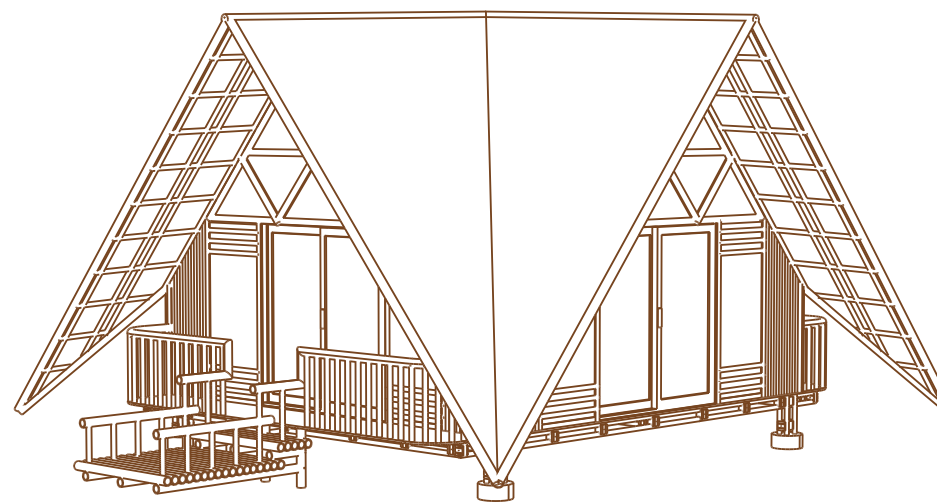
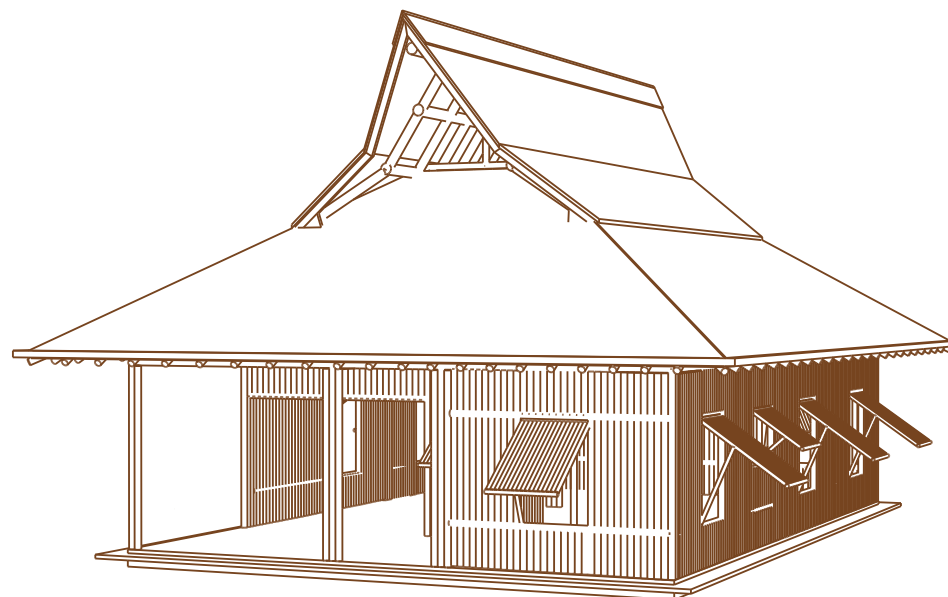
Entre as estratégias específicas de ventilação, destaca-se o uso intencional do **efeito chaminé**, potencializado por aberturas localizadas nas partes mais elevadas da cobertura.

A inclusão de frestas contínuas junto à cumeeira, janelas altas, aberturas triangulares ou basculantes cria pontos eficientes de exaustão do ar quente, explorando a diferença de densidade entre o ar aquecido e o ar frio.

Ao propor a separação entre telhado e forro, Van Lengen introduz a criação de uma câmara de ar ventilada que atua como zona de amortecimento térmico, reduzindo a transferência direta de calor para os ambientes.

Outra estratégia recorrente é a elevação parcial do telhado, formando um alçamento central ventilado, frequentemente associado a coberturas do tipo quatro águas.

Simultaneamente, aberturas inferiores, como portas, janelas ou elementos vazados, permitem a entrada de ar mais fresco, estabelecendo uma ventilação cruzada contínua e eficiente (VAN LENGEN, 2002).



## 4.2 Torre de vento

As torres de vento, ou *bâdgirs*, são dispositivos milenares de ventilação natural da arquitetura tradicional persa, que funcionam a partir do aproveitamento passivo dos ventos predominantes para renovar o ar interno e melhorar o conforto térmico.

Atuando como sistemas de ar-condicionado natural, essas torres captam e canalizam o ar fresco, ao mesmo tempo em que expulsam o ar quente por convecção, sem consumo de energia elétrica (HEJAZI; HEJAZI, 2014).

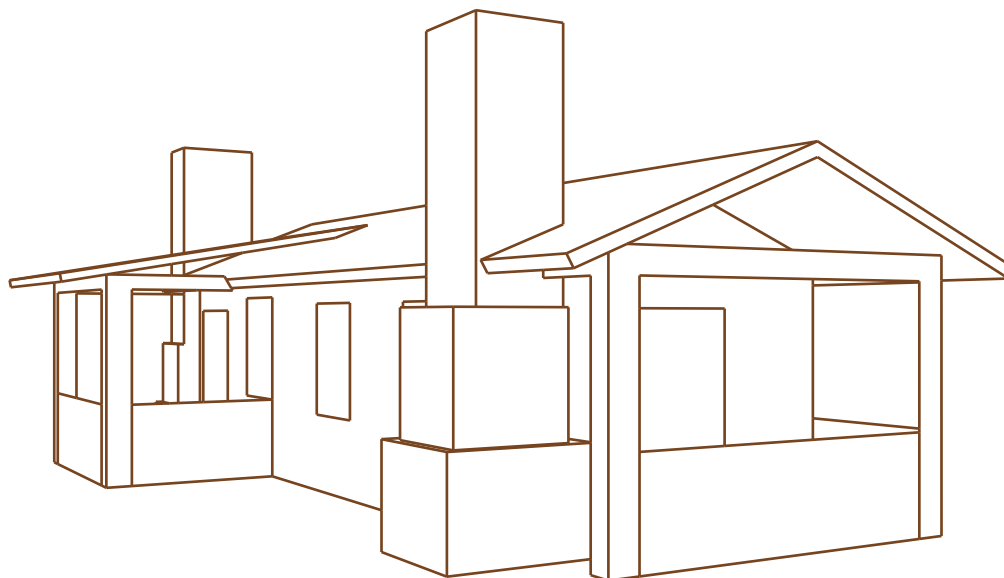
Seu uso ganhou destaque no Império Persa, difundindo-se em regiões de clima quente e seco, onde o resfriamento passivo era fundamental. Embora sua origem exata seja incerta, evidências arqueológicas indicam a presença dessa tecnologia desde cerca de 4000 a.C., com registros no sítio de Tappeh Chackmaq, próximo à cidade de Shahrood, no Irã (JOMEHZADEH et al., 2016).

Van Lengen propõe diferentes configurações de torres de vento, que podem ser posicionadas em pontos estratégicos da cobertura conforme a constância e a direção dos ventos locais. Em regiões onde os ventos são variáveis, o captador pode ser aberto em múltiplas direções, permitindo a entrada de brisas provenientes de qualquer orientação.

Já em áreas onde o vento sopra predominantemente de um único lado, a torre pode ser direcionada especificamente para essa face, aumentando a eficiência da captação e reduzindo perdas aerodinâmicas.

Do ponto de vista construtivo, a tecnologia da torre de vento se destaca pela simplicidade e baixo custo. Como ilustrado nos diagramas, a estrutura pode ser executada a partir da elevação de esteios acima do telhado, conectados por vigas cruzadas e protegidos por coberturas leves, como esteiras ou palhas.

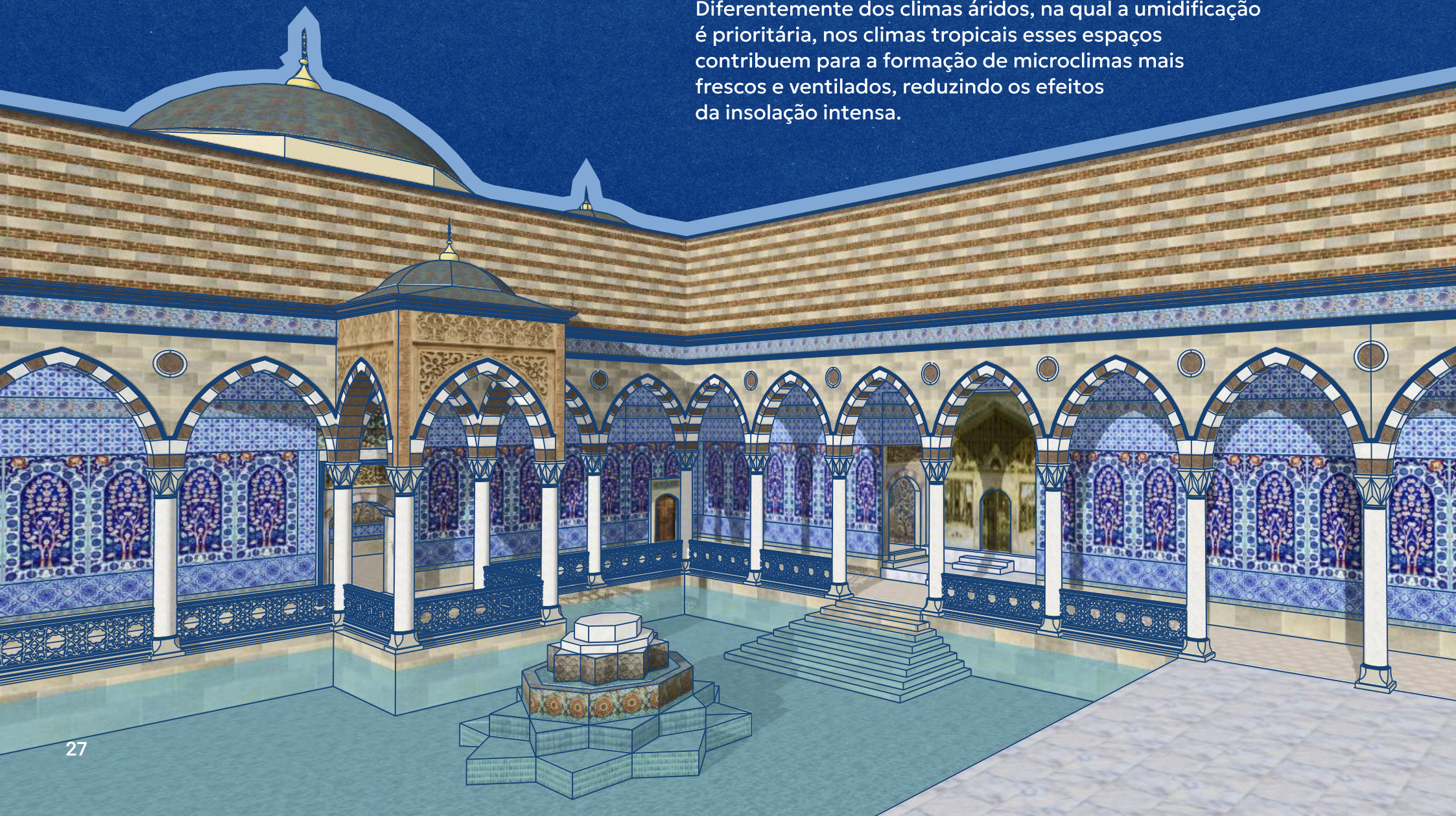
Dependendo do arranjo arquitetônico, um único captador pode atender a vários ambientes ou ser distribuído de forma modular, com uma torre dedicada a cada cômodo, ampliando o controle microclimático da edificação (VAN LENGEN, 2002).



## 4.3 Átrios e Pátios

Os pátios favorecem a circulação do ar e a dissipação do calor acumulado, atuando como zonas de transição térmica entre o exterior e os ambientes internos (GIVONI, 1994).

Diferentemente dos climas áridos, na qual a umidificação é prioritária, nos climas tropicais esses espaços contribuem para a formação de microclimas mais frescos e ventilados, reduzindo os efeitos da insolação intensa.



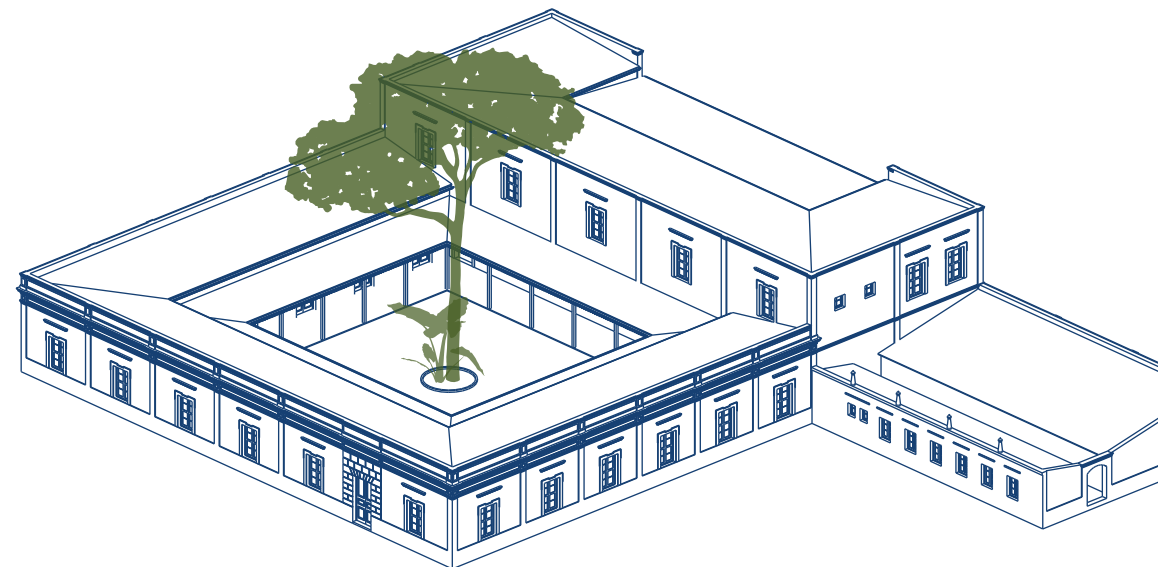
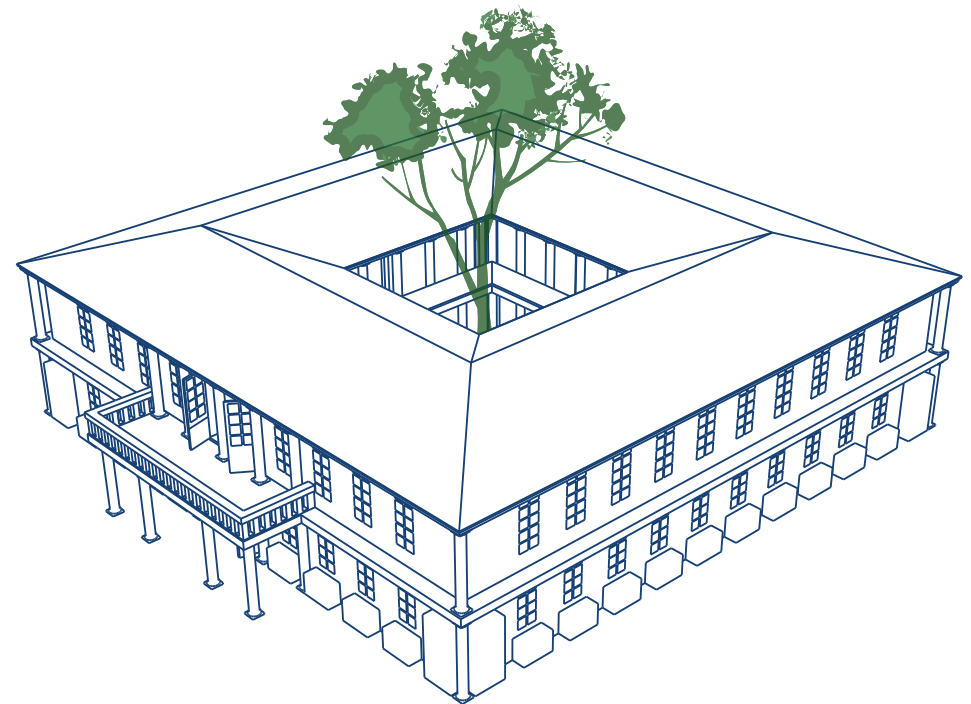
No clima tropical seco, caracterizado por grande amplitude térmica diária, Johan van Lengen destaca o pátio interno como elemento central das estratégias de ventilação passiva e controle térmico.

O pátio atua como uma zona intermediária de resfriamento, onde o ar aquecido perde calor ao atravessar áreas sombreadas, vegetadas e, em alguns casos, associadas à água.

Esse ar, mais fresco e denso, é então conduzido para os ambientes internos, enquanto o ar quente, mais leve, ascende e é expelido por aberturas superiores.

Van Lengen ressalta que, nesse contexto climático, as aberturas externas tendem a ser menores, reduzindo a entrada de poeira comum nas camadas mais baixas do ar, enquanto o pátio garante a renovação contínua e mais limpa do ar interno.

A adoção de coberturas quase planas e pátios centrais abertos reforça essa dinâmica, organizando o espaço arquitetônico em torno de um núcleo climático ativo (VAN LENGEN, 2002).



An architectural illustration of a classical balcony. The balcony features a series of tall, fluted columns with decorative capitals, supporting a balustrade with ornate balusters. The floor is paved with large, square tiles. The background is a solid dark blue color. The text is overlaid on the right side of the image.

## 4.4 Varandas

Segundo Bittencourt e Cândido (2006), as varandas constituem estratégias passivas de sombreamento eficazes, pois reduzem a incidência direta da radiação solar sobre aberturas e fachadas.

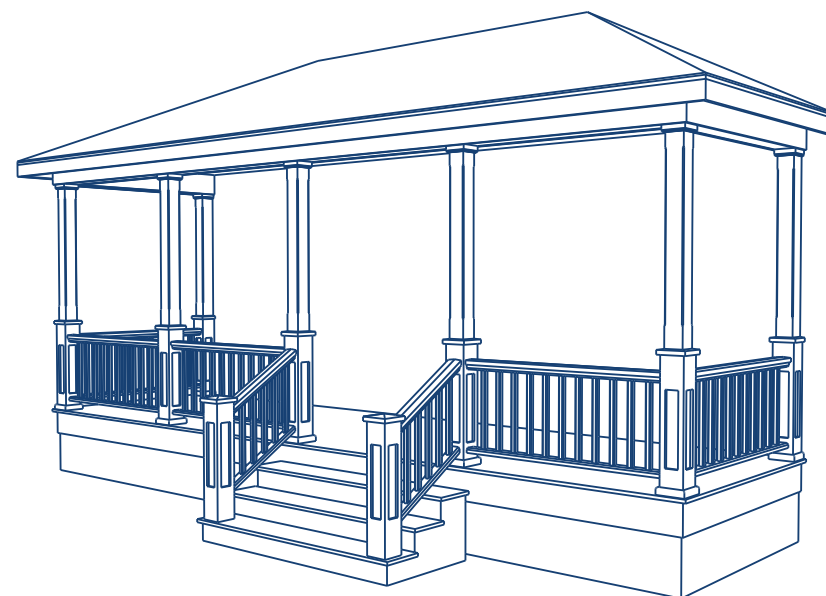
Como elemento de transição entre interior e exterior, a varanda cria áreas sombreadas e favorece a ventilação natural, influenciando positivamente o desempenho térmico dos ambientes internos (LOCHE; NEVES, 2025).

No Brasil, as varandas configuram-se como um dispositivo arquitetônico de grande relevância bioclimática e simbólica, ultrapassando a função de simples elemento de circulação.

Desde o período colonial, esse componente foi amplamente incorporado à arquitetura tradicional como resposta direta às condições climáticas tropicais, caracterizadas por altas temperaturas e intensa radiação solar.

Nas casas-grandes dos engenhos açucareiros do Nordeste, por exemplo, as varandas desempenhavam papel fundamental na proteção das aberturas.

Sua profundidade, orientação e relação com as aberturas são fatores determinantes para seu desempenho climático, sobretudo em climas quentes e úmidos, em detrimento do regime de chuvas acentuado (SILVA; PEREIRA, 2018).



# 4.5 Os materiais tradicionais

O uso de materiais na arquitetura tradicional evidencia um conhecimento empírico das dinâmicas térmicas. Materiais como adobe, taipa de pilão, tijolo cerâmico, cobertura vegetal e pedra natural são empregados não apenas por sua disponibilidade local, mas por suas propriedades físicas favoráveis ao conforto térmico.

Entre essas propriedades destaca-se a **inércia térmica**, entendida como a capacidade de absorver, armazenar e liberar calor lentamente (PROJETEE, 2023).



# Adobe

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).



## Tijolo cerâmico

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).

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).



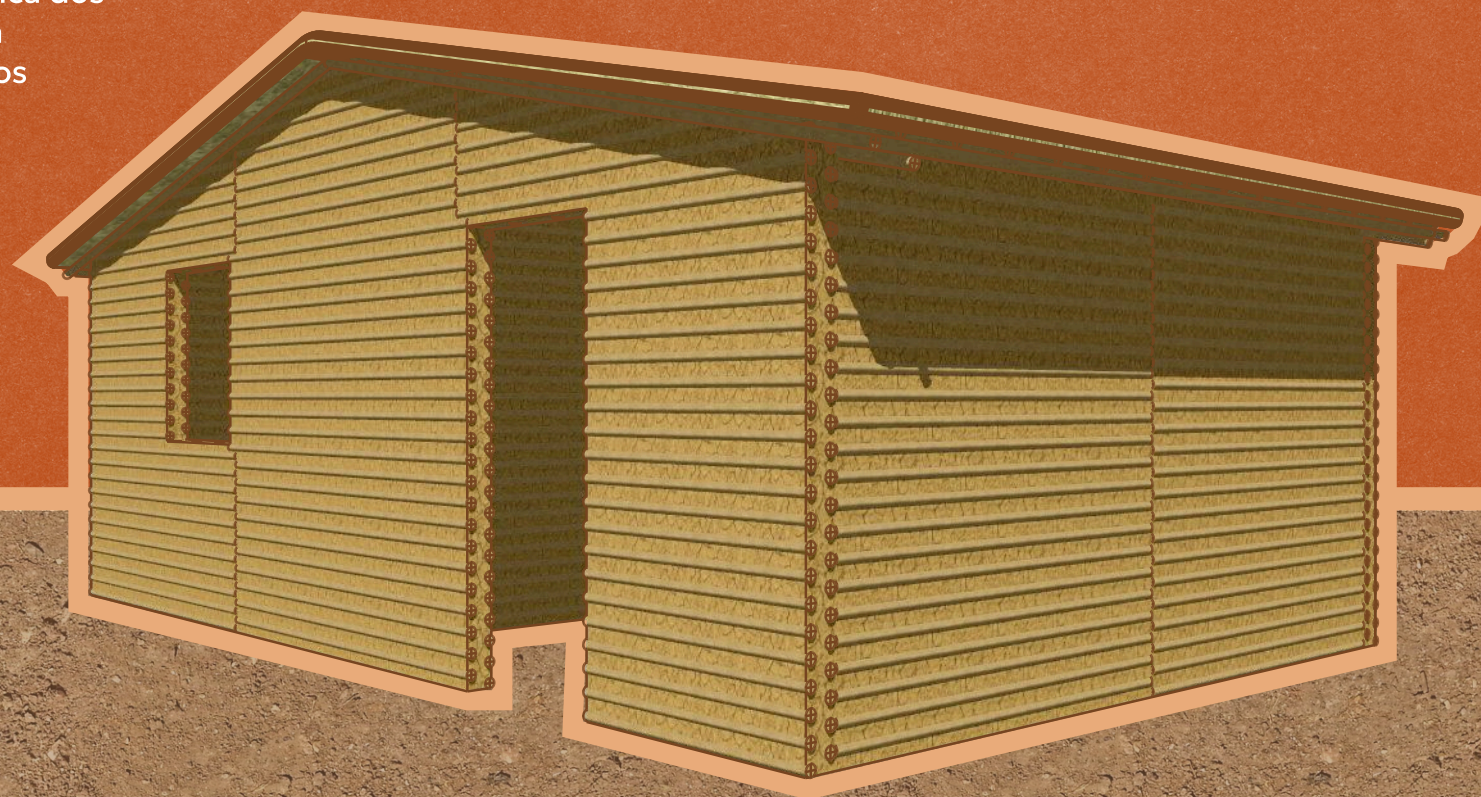
# Pau-a-pique

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.

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).



# 5

## Referências bibliográficas

ÁBALOS, Iñaki. A boa vida: visita guiada às casas da modernidade. São Paulo: Gustavo Gili, 2010.

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

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.

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

FATHY, Hassan. Energia natural e arquitetura vernacular: princípios e exemplos com referência a climas quentes e áridos. 1. ed. São Paulo: Edusp, 1986.

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

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

GIEDION, S. Espaço, tempo e arquitetura. Cambridge: Harvard University, 1995.

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

GONÇALVES, José Fernandes; DUARTE, Cristiane Siqueira. Arquitetura, conforto e sustentabilidade. Rio de Janeiro, 2006.

HEJAZI, B.; HEJAZI, M. Torres de vento persas e badgirs. *International Journal of Design & Nature*, 2014.

HERNANDEZ, R. R. et al. Impactos ambientais da energia solar em larga escala. *Renewable and Sustainable*, 2014.

HOLANDA, Armando de. Roteiro para construir no Nordeste. Recife: Editora Massangana, 1976.

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

JOMEHZADEH, F. et al. Uma revisão abrangente sobre sistemas de resfriamento passivo, 2016.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: Ouro Verde, 2006.

LENGEN, Johan Van. Manual do arquiteto descalço. São Paulo: Ground, 2002.

MINKE, Gernot. Manual de construção com terra. 3. ed. São Paulo, 2006.

OLENDER, Mônica Cristina Henriques Leite. A técnica do pau-a-pique: subsídios para a sua preservação. Salvador, 2006.

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

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

RUDOFISKY, Bernard. *Arquitetura sem arquitetos: uma introdução à arquitetura nãoerudita*. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

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

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.

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