

ROTEIRO PARA **CONSTRUIR NO SERTÃO DO NORDESTE**

Modelo de habitação bioclimática
para o Semiárido nordestino

Lucas Gomes da Silva

Jaucele de Fátima F.

Alves de Azerêdo

Adriana Carla de

Azevedo Borba





ROTEIRO PARA
**CONSTRUIR NO SERTÃO
DO NORDESTE**

Modelo de habitação bioclimática
para o Semiárido nordestino

Lucas Gomes da Silva
Jaucele de Fátima F. Alves de Azerêdo
Adriana Carla de Azevedo Borba



Universidade Federal de Pernambuco

Reitor: Alfredo Macedo Gomes

Vice-Reitor: Moacyr Cunha de Araújo Filho



Editora UFPE

Diretor: Junot Cornélio Matos

Vice-Diretor: Diogo Cesar Fernandes

Editor: Artur Almeida de Ataíde

Conselho Editorial (Coned)

Alex Sandro Gomes (cm)

Carlos Newton Júnior (cAc)

Katharine Raquel Pereira dos Santos (cAV)

Marília de Azambuja R. Machel (cFCH)

Raylane Andreza Dias Navarro Barreto (cE)

Editoração

Revisão de texto: Juliene Paiva de Araújo Osias

Imagem da capa: Lucas Gomes da Silva

Projeto gráfico: Adele Pereira

Catalogação na fonte

Bibliotecário Jorge Luiz de Albuquerque Barros, CRB4-2008

S586r Silva, Lucas Gomes da.

Roteiro para construir no sertão do Nordeste [recurso eletrônico] : modelo de habilitação bioclimática para o Semiárido nordestino / Lucas Gomes da Silva, Jaucele de Fátima F. Alves de Azerêdo, Adriana Carla de Azevedo Borba. – Recife : Ed. UFPE, 2026.

1 recurso online (130 p. : il., color.)

Inclui referências.

ISBN 978-65-5962-320-4 (online)

1. Arquitetura – Brasil, Nordeste – Projetos e construção. 2. Arquitetura e clima – Brasil, Nordeste. 3. Arquitetura de habitação – Brasil, Nordeste. I. Azerêdo, Jaucele de Fátima F. Alves de. II. Borba, Adriana Carla de Azevedo. III. Título.

720.9813

CDD (23.ed.)

UFPE (BC2026-007)

Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons
Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.



Mas no empardecer de uma tarde qualquer,
de março, rápidas tardes sem crepúsculos,
 prestes afogadas na noite, as estrelas
 pela primeira vez cintilam vivamente.
Nuvens volumosas abarream ao longe
os horizontes, recortando-os em relevos
 imponentes de montanhas negras.
 Sobem vagarosamente; [...].
Embruscado em minutos, o firmamento
 golpeia-se de relâmpagos precípite,
 sucessivos, sarjando fundamente
 a imprimadura negra da tormenta.
Reboam ruidosamente as trovoadas
fortes. As bâtegas de chuva tombam
grossas, espaçadamente, sobre o chão,
adunando-se logo em aguaceiro diluviano
 Euclides da Cunha, Os Sertões

Sumário

Apresentação 7

Introdução 10

1 A abordagem bioclimática
como instrumento mitigador
das mudanças climáticas 21

2 O Semiárido
nordestino 37

3 Habitação popular
no Sertão nordestino 63

4 O projeto 75

5 Replicação 107

Considerações
finais 118

Referências 121

Apresentação

Lembrando o título lançado em 1976 pelo professor Armando de Holanda, *Roteiro para construir no Nordeste: arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados*, mas avançando Sertão adentro, este livro constitui um roteiro para construir no Sertão do Nordeste brasileiro, a partir de soluções arquitetônicas e urbano-paisagísticas para clima tropical quente e seco, à luz de premissas bioclimáticas. Ao se projetar edificações que privilegiem as características climáticas, utilizando-se técnicas construtivas e materiais adequados à região, é possível construir de modo mais resiliente no que tange às condições climáticas, diminuindo-se a necessidade de se recorrer a meios artificiais para a promoção da sensação de conforto ambiental dos usuários. Para o estudo empírico, tomou-se como base a cidade de São Bento, no Sertão paraibano, para a qual foram projetados modelos de edificação residencial, estudados em diferentes orientações e passíveis de serem replicáveis nesse contexto climático. Espera-se que este Roteiro, voltado ao nosso Sertão, possa auxiliar profissionais e gestores na proposição de conjuntos edificados que privilegiem

o conforto ambiental de forma natural, considerando o sol, os ventos e os materiais da região, e sustentável, visando-se também à redução dos impactos antrópicos, a exemplo da diminuição da emissão de gases do efeito estufa, que contribuem para as mudanças climáticas.



Introdução

O Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC [*Intergovernmental Panel on Climate Change*], 2021) informa que os impactos humanos sobre as mudanças climáticas já podem ser sentidos em todo o globo. O principal fator contribuinte para a intensificação do aquecimento global é a emissão de gases do efeito estufa, especialmente o dióxido de carbono – CO_2 –, que tem sua origem atrelada, especialmente, às atividades desenvolvidas pelos seres humanos (Lacerda; Nobre, 2010, p. 14). Uma das principais consequências do acúmulo de CO_2 na atmosfera é o aumento na temperatura global, que, em 2023, atingiu a média de 1,45 °C acima das temperaturas registradas na era pré-Revolução Industrial (ONU, 2024). Nesse ritmo, as previsões do relatório do IPCC (2021), que estipulavam que o aumento da temperatura global atingiria 1,5 °C entre os anos de 2030 e 2052, poderão ser antecipadas, caso nenhuma ação seja tomada para diminuir a taxa atual de aquecimento.

O impacto das ações antrópicas está intrinsecamente ligado à alteração dos ciclos do nosso planeta, especialmente com a

Página anterior:
caatinga em época de
chuva em São Bento/PB,
março de 2020
Fonte: fotografia de Lucas
Gomes da Silva.

mudança dos padrões climáticos globais. Assim, o aumento das temperaturas globais tem consequências diretas sobre a atuação da atmosfera do planeta, a exemplo do aumento da quantidade de eventos extremos, como chuvas torrenciais ou secas excepcionais.

O Nordeste brasileiro é a região mais vulnerável à mudança climática no país. Nela, encontra-se o “polígono das secas” (Figura 1), a região semiárida mais densamente povoada do mundo, com mais de 53 milhões de habitantes (Cunha; Marengo, 2016, p. 1). Seu clima é o quente e seco – BSh, pela classificação Köppen-Geiger –, apresentando médias anuais de temperatura entre 23 °C e 35 °C. Além disso, apresenta irregularidade espacial e temporal das precipitações, que ocorrem principalmente nos meses do verão e do outono, constituindo as estações do inverno e da primavera a estação seca (Albuquerque; Rêgo, 2013). Segundo o relatório de IPCC (2021), as simulações numéricas indicam que a região norte da América do Sul, englobando o Semiárido nordestino, tornar-se-á, paulatinamente, mais quente e seca com o aumento da temperatura global, o que levaria a consequências desastrosas, especialmente no âmbito da segurança hídrica, energética e alimentar (Rocha, 2021, p. 401). No pior cenário de emissão de gases do efeito estufa, as projeções do clima indicam riscos de secas intensas no Semiárido, reduções de chuva em até 40% e aumentos de temperatura de até 4 ou 5 °C até o final do século XXI (Marengo, 2008, p. 170).

A região Nordeste do Brasil é formada por nove estados e possui uma rica diversidade sob diferentes aspectos: cultural, histórico, geográfico, ambiental e, também, climático. Suas paisagens

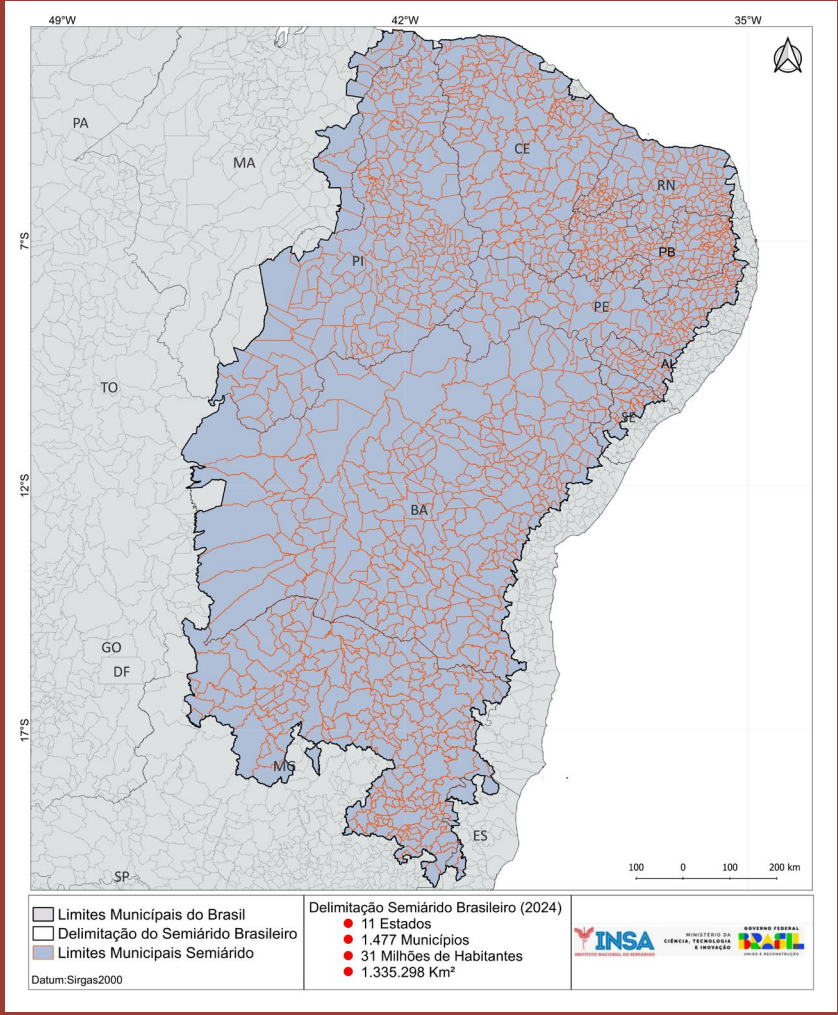


FIGURA 1

Delimitação do Semiárido brasileiro em 2024

Fonte: Instituto Nacional do Semiárido (2024).

são diversas, compostas por praias litorâneas, manguezais, resquícios de Mata Atlântica, zonas áridas com vegetação predominantemente caducifólia, Mata dos Cocais, entre outras. A região Nordeste apresenta o clima tropical litorâneo quente e úmido e o clima tropical quente e seco, predominantemente. Além destes, o clima de altitude e o clima tropical quente subúmido seco também podem ser encontrados.

Sob o ponto de vista cultural, a região possui um amplo espectro de manifestações, podendo-se destacar o São João de Campina Grande e o de Caruaru, o Carnaval do Recife, o de Olinda e o de Salvador, além das festas do bumba meu boi, no estado do Maranhão.

Com o aumento da temperatura e a maior constância dos eventos de seca extrema, combinados ao desmatamento da Caatinga, bioma localizado na porção semiárida da região, há uma intensificação no processo de desertificação. Isso leva à degradação do solo, que impossibilita a agricultura e coloca em risco a população, que já é historicamente vulnerável social e economicamente (Ascom UFAL, 2019).

Outra realidade do Semiárido, fruto das características climáticas locais e que pode se agravar com a alteração dos regimes de chuva, é a vulnerabilidade hídrica da região. Marengo (2008) aponta que, com o aumento na frequência de secas, o Semiárido se tornará cada vez mais árido, dificultando ainda mais a subsistência das populações, especialmente as mais vulneráveis, podendo gerar, assim, um fluxo de deslocamento dessas populações para os grandes centros urbanos – entre os quais, cidades litorâneas –, em busca de oportunidades de sobrevivência.

O autor ressalta, ainda, que a combinação da redução das chuvas, das altas temperaturas, das elevadas taxas de evaporação e da crescente competição pelos recursos hídricos pode desencadear uma crise de grandes proporções, cujos impactos tendem a atingir com maior intensidade os agricultores mais pobres, especialmente aqueles que dependem da agricultura de subsistência no Semiárido nordestino (Marengo, 2008).

Conforme a *International Organization for Migration* (2009), as mudanças climáticas em si não geram fluxos migratórios, mas realçam, por meio da intensificação de fenômenos ambientais extremos, as vulnerabilidades pré-existentes dos locais. Nesse sentido, as cidades “desempenham um papel importante, tanto pelo fato de sofrerem com os impactos dessas alterações no clima, quanto por contribuírem para a intensificação desse processo” (Espíndola; Ribeiro, 2020, p. 366).

Os ambientes urbanos globais são especialmente vulneráveis às consequências das mudanças climáticas, pois comportam cerca de 56% da população mundial (ONU, 2022), além de que, no contexto de grandes cidades, a desigualdade social é refletida diretamente na forma de ocupar os espaços, criando-se cenários propícios a desastres climáticos tanto pela falta de infraestruturas, como o saneamento básico, quanto pela localização de moradias em áreas de risco. Nesse sentido, “de maneira geral, pode-se dizer que os grupos potencialmente mais suscetíveis aos efeitos das mudanças climáticas globais são aqueles que já se encontram em situação precária em termos de acesso à infraestrutura de saneamento e de condições de habitação” (Marques; De Oliveira, 2016, p. 974).

Bai et al. (2018) apontam que os grandes centros urbanos representam cerca de 75% das emissões antrópicas globais dos gases do efeito estufa, seja pelas áreas industriais, que se localizam nas cidades, seja pelo uso dos meios de transporte, majoritariamente dependentes de combustíveis fósseis, assim como pelos gastos energéticos com comércio, serviços e residências. Em 2021, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), os setores de Indústria, Transportes, Residências e Serviços corresponderam a mais de 80% do consumo de energia no Brasil, sendo o setor residencial responsável por 10,9% (EPE, 2022).

Um dos principais equipamentos responsáveis pelo aumento do consumo de energia no setor residencial no país é o aparelho de condicionador de ar.

Entre 2005 e 2017, o consumo de energia elétrica do setor residencial passou de 83 TWh para 134 TWh, crescimento de 61% no período. Tal crescimento foi fortemente influenciado pela elevação do uso de aparelhos de ar condicionado [...]. Estima-se que o consumo de energia elétrica por condicionadores de ar no setor residencial tenha aumentado cerca de 237% nos últimos 12 anos, atingindo 18,7 TWh em 2017 (EPE, 2018, p. 9).

O uso do condicionador de ar é especialmente adotado no país durante os meses mais quentes do ano, no verão e na primavera, porém, para regiões como Norte e Nordeste, onde as temperaturas médias estão, na grande maioria das vezes, acima dos 20 °C, o uso do aparelho acontece durante o ano inteiro, buscando-se atingir a sensação de conforto térmico nos ambientes. Além disso, com a perspectiva do aumento das temperaturas e

da frequência das ondas de calor, o uso de condicionadores de ar tende a continuar aumentando, especialmente em edificações projetadas sem levar em consideração as características climáticas locais. Ressalta-se que a utilização de métodos ativos, ou seja, que consomem energia elétrica, não é a única maneira de se promover o conforto nos ambientes residenciais em regiões tropicais. Segundo Olgyay (1963), é necessário trabalhar a favor, e não contra as forças da natureza, e fazer uso das suas potencialidades para criar melhores condições de morar.

Nesse sentido, cita-se a Arquitetura Vernacular como um exemplo de construção em que as características locais são tomadas como partido arquitetônico, em que há influência de condições geográficas e climáticas, em que são considerados aspectos culturais locais e em que são empregados técnicas construtivas e materiais acessíveis na região (Weber; Yannas, 2014). Dessa forma, a “arquitetura vernacular como reflexo da diversidade cultural e da adaptação a contextos locais específicos é um tema incontornável no debate de uma sociedade mais sustentável” (Fernandes, 2012, p. 25).

Dessa maneira, pode-se afirmar que as construções vernaculares são bioclimáticas, na medida em que a Arquitetura Bioclimática busca integrar as construções com o clima e as características do local, visando à promoção de conforto aos seus usuários de forma natural e procurando, a partir de estratégias projetuais, reduzir os impactos ambientais e promover a sensação de bem-estar de maneira racional e eficiente energeticamente. É necessário salientar ainda que:

[...] é muito importante que o arquiteto compreenda as variáveis envolvidas no projeto bioclimático e de eficiência energética, podendo fazer a arquitetura brasileira como uma resposta muito mais adequada aos nossos climas e às necessidades de conforto dos usuários (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014, p. 31).

Ressalta-se que considerar os aspectos físico-climáticos locais, quando da elaboração de um projeto, tem relação direta com a promoção da sensação de conforto ambiental dos usuários.

O Conforto Ambiental está relacionado a questões psicológicas de identificação e de satisfação com o local, assim como a condições físicas de temperatura, umidade, ventilação, iluminação e acústica (Freitas, 2005, p. 728). Logo, para garantir a sensação de bem-estar dos usuários nos ambientes, é preciso projetá-los privilegiando aspectos de conforto ambiental, especificamente ligados às características do clima onde se inserem, como também a particularidades culturais e sociais.

No *Roteiro para construir no Nordeste*, Armando de Holanda (1976) lista um conjunto de estratégias arquitetônicas que privilegiam o conforto do usuário em edificações construídas no Nordeste brasileiro. É necessário pontuar que o Nordeste não possui um único tipo climático e que as recomendações listadas no trabalho de Holanda são voltadas para construções localizadas prioritariamente no litoral, cujo Clima Tropical Litorâneo Quente e Úmido – CTLQU – apresenta características distintas das observadas no Sertão (Semiárido), também denominado de Clima Tropical Quente e Seco – CTQS.

Ressalta-se que algumas das estratégias pontuadas por Holanda, a exemplo da utilização de arborização frondosa, visando ao sombreamento, são muito bem-vindas em localidades de CTQs. Mas, em se tratando de maneira específica sobre a região do Semiárido nordestino, que ocupa 72% de área superficial da região, há que se fazer ressalvas. Como exemplo, cita-se a estratégia de ventilação, que requer soluções arquitetônicas diferentes das postuladas por Holanda, como fechar-se para a ventilação em determinados horários do dia e em épocas do ano, frente ao abrir-se para a ventilação, indicado para o litoral (CTLQU). De acordo com Olgyay (1963), para residências localizadas em CTQs, as aberturas devem ser pequenas, buscando se proteger dos ventos quentes carregados de poeira na estação seca.

Ao se projetar edificações que privilegiem as características climáticas, utilizando técnicas construtivas e materiais adequados ao contexto da região, é possível construir edificações residenciais mais resilientes perante as condições climáticas, diminuindo-se, assim, a necessidade de utilização de meios artificiais para promover a sensação de conforto ambiental dos usuários no interior da edificação.

Este *Roteiro para construir no sertão do Nordeste* teve o objetivo geral de propor modelos de edificação residencial, considerando princípios bioclimáticos, passíveis de serem replicáveis, em contextos do Semiárido nordestino.

A criação de modelos de habitação, estudados em diferentes orientações, que reúnam estratégias bioclimáticas recomendadas para o clima Semiárido, irá auxiliar profissionais e gestores na proposição de conjuntos edificados que privilegiem o

conforto ambiental de forma natural e sustentável, considerando-se também a redução dos impactos antrópicos, a exemplo da diminuição da emissão de gases do efeito estufa, que contribuem para as mudanças climáticas.



A abordagem bioclimática como instrumento mitigador das mudanças climáticas

A arquitetura é, primordialmente, abrigo. O ser humano, ao longo dos milênios, fez uso dos meios a ele acessíveis para se proteger das intempéries e se adaptar aos mais diversos ambientes e climas ao redor do globo. Segundo Oliver (2006, p. 30), aos tipos de construções feitas por “sociedades tribais, folclóricas, camponesas e populares onde um arquiteto especializado não está envolvido no processo”, dá-se o nome de Arquitetura Vernacular. Essa maneira de construir tinha sua gênese adaptada ao seu sítio, feita com materiais acessíveis aos seus usuários e técnicas construtivas que privilegiavam as condições de conforto de forma natural, em função do clima e suas características ao longo do ano. As premissas da Arquitetura Vernacular relacionam-se aos conceitos que conhecemos, há algumas décadas, como Bioclimatismo.

Bioclimatismo aplicado à arquitetura

O conceito de arquitetura bioclimática foi originalmente cunhado pelos irmãos Victor e Aladar Olgyay, na década de 1960,

Página anterior:
Juazeiro em meio
à área desmatada,
em São Bento/PE,
setembro de 2019
Fonte: fotografia de Lucas
Gomes da Silva.

ao abordar uma arquitetura que respeitava seu lugar de implantação e suas diversas especificidades, em especial os seus fatores climáticos, buscando proporcionar conforto ao usuário. O bioclimatismo considera as necessidades de conforto dos indivíduos, e, para cada tipo climático, há necessidades específicas a serem supridas quanto à proteção ao calor ou ao frio. Todavia, o conceito de bioclimatismo aplicado à arquitetura vai além da promoção de conforto ambiental, passando por questões de eficiência energética, que contribui com a sustentabilidade dos espaços, especialmente frente ao contexto de aquecimento global.

O Conforto Ambiental pode ser estudado sob as vertentes da física (térmica, lumínica e acústica), como também sob o viés psicológico. Do ponto de vista térmico, o conforto está associado ao metabolismo humano e sua relação com as variáveis externas, como temperatura, umidade e ventilação, sempre buscando o equilíbrio higrotérmico. A temperatura média do corpo humano precisa estar em torno dos 37 °C para o pleno funcionamento (Freitas, 2009). Quando a temperatura do corpo está elevada, em virtude da alta temperatura do ambiente, o organismo necessita liberar calor, então, produz suor, visando ao balanceamento da temperatura a partir da evaporação das gotículas de água que são removidas da pele por meio do vento, e eleva a circulação sanguínea na pele, incentivando a troca de calor por convecção. Já quando a temperatura do corpo humano está baixa, os vasos sanguíneos capilares contraem-se, diminuindo a perda de calor, o corpo provoca tremores musculares,

na intenção de gerar calor, e os pelos se eriçam, buscando o isolamento. Ressalta-se que a sensação de conforto é algo variável e pode ser distinta entre as pessoas, em função da localização e da atividade que realiza:

Um indivíduo em um clima temperado ou frio pode sentir-se confortável entre 14 e 18 °C. Enquanto isso, um habitante de um clima quente e úmido só vai sentir a mesma sensação de bem-estar em temperaturas próximas a 25 °C, para desenvolver suas atividades sem maiores esforços de adequação ambiental. A adaptação ao clima, por sua vez, depende também do estilo de vida, condições biológicas e avanços tecnológicos dos quais a população possa a dispor (Freitas, 2005, p. 728).

Vale salientar que a temperatura do ambiente influencia diretamente no funcionamento do corpo e no rendimento na realização de tarefas. A exposição a condições climáticas adversas, como temperaturas muito altas ou muito baixas, ou a umidade relativa do ar muito baixa, pode acarretar a “perda da eficiência e, eventualmente, podendo conduzir a transtornos de saúde” (Pereira; Cunha, 2006 p. 59).

Buscando a criação de um método para proposição de soluções arquitetônicas de acordo com as características climáticas, os irmãos Olgyay elaboraram o diagrama bioclimático, que utiliza valores das variáveis climáticas, como temperatura do ar e umidade relativa do ar, para o balizamento de soluções arquitetônicas, buscando o conforto ambiental do usuário. Em 1969, Givoni adaptou o diagrama dos Olgyay e criou a carta bioclimática, que utiliza variáveis de temperatura média de bulbo seco e bulbo

úmido, umidade relativa do ar e razão de umidade para a definição de zonas com estratégias arquitetônicas ideais para a promoção do conforto higrotérmico dentro da edificação (Figura 2).

As nove estratégias propostas pela carta são delimitadas em função das necessidades para a obtenção do conforto do usuário dentro da edificação, de acordo com a consideração das variáveis climáticas. Por meio da carta, é possível realizar uma análise bioclimática, sobrepondo os dados climáticos referentes às médias de temperatura e umidade relativa de cada mês para determinada cidade, delimitando, assim, as estratégias adequadas para a obtenção de conforto no local, em função das mudanças nas características do clima ao longo das estações do ano (Lamberts, Dutra e Pereira, 1997).

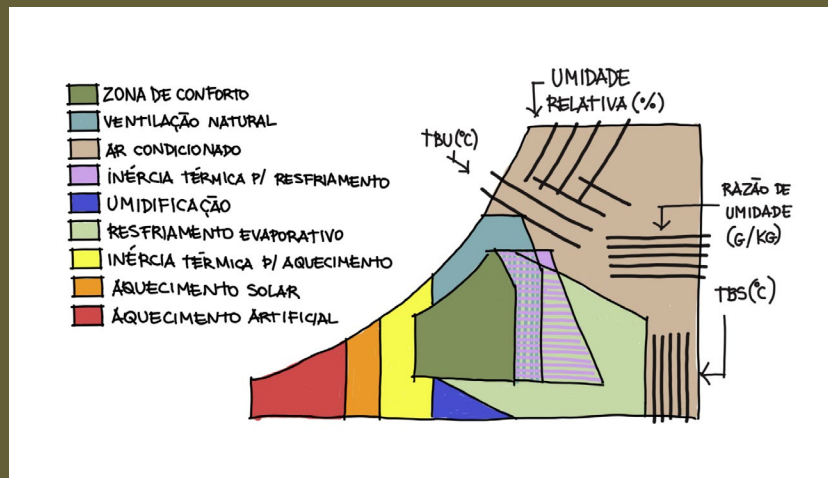


FIGURA 2

Carta Bioclimática de Givoni

Fonte: croqui de Lucas Gomes da Silva, adaptado de Lamberts, Dutra e Pereira (2022).

Zoneamento bioclimático brasileiro

Diversos estudos sobre a caracterização dos tipos climáticos brasileiros para fins de avaliação de desempenho nas edificações vêm sendo realizados desde a década de 1980. Em 1997, pesquisas ligadas ao Programa Brasileiro de Construção Habitacional estipularam parâmetros mínimos de desempenho para habitações de interesse social no país, delimitando oito zonas bioclimáticas e contendo critérios tanto para o verão, quanto para o inverno. Já em 1998, Roriz, Lamberts e Ghisi propuseram o zoneamento bioclimático brasileiro, buscando métodos de avaliação do conforto higrotérmico em habitações de interesse social no país (Martins; Bittencourt; Krausen, 2012, p. 60). Como resultado, em 2005, foi publicada a Norma NBR 15220 – Parte 3, “Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social”, que dividiu o território do país em oito zonas bioclimáticas (Figura 3).

As oito zonas foram estabelecidas por meio de uma metodologia embasada nos desvios da zona de conforto do usuário, adaptada da carta bioclimática elaborada por Givoni. Os dados climáticos para a subdivisão foram obtidos das normais climatológicas do período compreendido entre 1961 a 1990, de 330 cidades, divulgadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet. Trata-se da compilação dos dados climáticos durante o período de 30 anos, delimitando-se, a partir desses dados, os diversos tipos climáticos de todo o território. Para cada uma das zonas delimitadas, foram estabelecidas estratégias que

visam ao conforto ambiental e à eficiência energética das edificações, em função das características climáticas locais.

Devido ao número limitado de cidades que possuíam estações meteorológicas, consequentemente, a reduzida representatividade territorial e climática que foi utilizada para a criação do zoneamento, a NBR 15220/2005 vem sofrendo críticas desde sua postulação. Em especial, é colocada em perspectiva a aparente homogeneidade de determinadas áreas que possuem

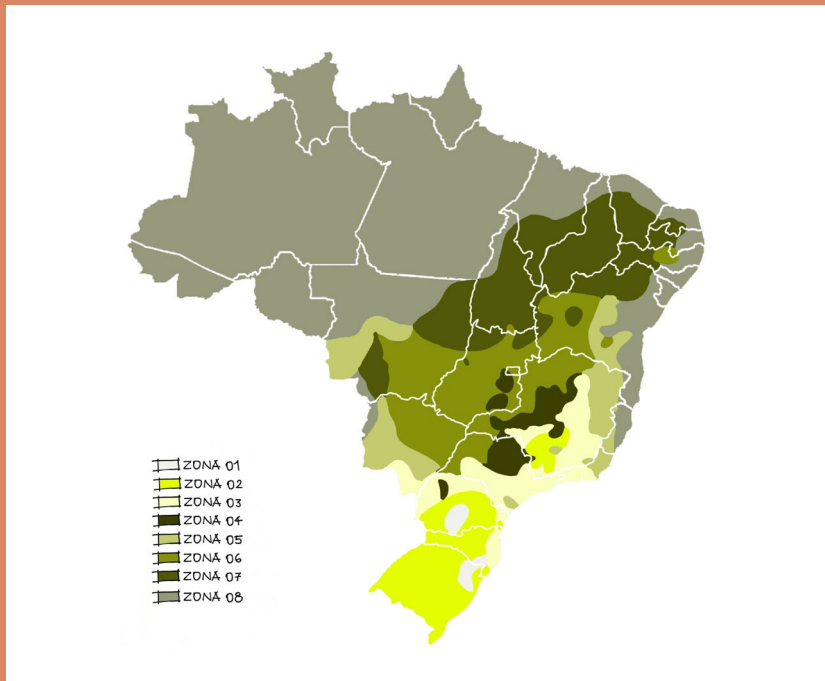


FIGURA 3

Zoneamento
Bioclimático Brasileiro

Fonte: adaptado de NBR
15220 (2005).

tipos climáticos distintos. Nesse sentido, Martins, Bittencourt e Krause (2012) salientam que o uso de médias de temperatura mensais para a elaboração do zoneamento pode produzir distorções, sobretudo em regiões que apresentem amplitudes anuais e sazonais significativas, como a região do Semiárido Brasileiro.

Diversos estudos estão sendo feitos no sentido de atualizar o zoneamento bioclimático do país, em função da abrangência de uma maior representatividade territorial e climática, tanto anual, quanto sazonal. Dentre eles, citam-se os trabalhos desenvolvidos por Roriz (2012), que trabalha com uma base mais ampla de dados climáticos, um total de 1.265 pontos espalhados pelo território brasileiro. Como resultado desse estudo, houve a subdivisão do território em 16 Zonas Bioclimáticas, como mostra a Figura 4.

A proposta de Roriz estabelece dois parâmetros para a classificação dos climas em função dos indicadores climáticos de cada ponto. O GHC refere-se ao total anual de graus-horas de calor. Já o GHF é proporcional ao total anual de graus-horas de frio.

Para definir estes parâmetros, foram adotados os intervalos confortáveis de temperatura da Carta Bioclimática proposta por Givoni (1992) para países em desenvolvimento, ou seja, 18 a 28 °C, sendo 18 °C o limite inferior da Zona de Conforto e 28 °C uma média entre os limites superiores para diferentes taxas de umidade (Roriz, 2012, p. 7).

Ao se comparar a imagem produzida por Roriz (2012) com o zoneamento presente na norma NBR15220/2005, é perceptível uma maior diversidade de zonas bioclimáticas, não somente pela quantidade, mas também na sua distribuição geográfica, representando, de maneira mais detalhada, as distinções climáticas

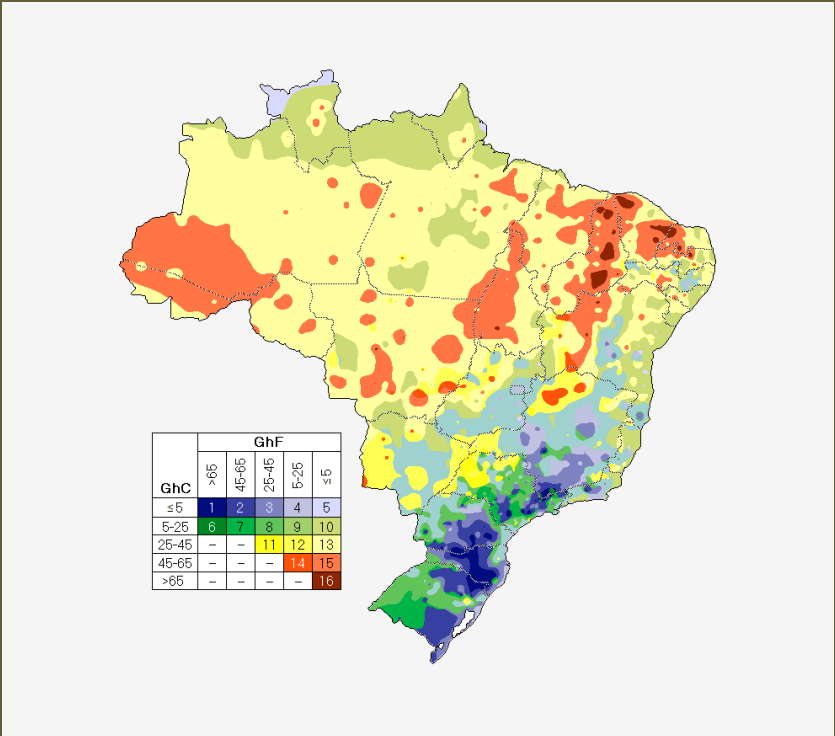


FIGURA 4

Proposta de
Zoneamento
Bioclimático elaborada
por Maurício Roriz
Fonte: adaptado de Roriz
(2012).

que ocorrem no país. A Figura 5 mostra uma comparação entre as zonas bioclimáticas, propostas pela NBR 15220/2005 e por Roriz (2012), com destaque para o Semiárido.

Como no conjunto do território brasileiro, evidenciou-se a presença de uma quantidade maior de zonas bioclimáticas. A partir da observância a essa diversidade, pode-se propor edificações

mais apropriadas a localidades onde se vai intervir, de maneira a contribuir com a obtenção da sensação de conforto do usuário.

É preciso salientar que novos estudos e simulações sobre a atualização do zoneamento bioclimático brasileiro continuam sendo feitos e que o método vem sendo aperfeiçoado, buscando uma melhor representação das características climáticas brasileiras, além do estabelecimento de novas estratégias bioclimáticas para cada uma das zonas. Ainda sobre a atualização do zoneamento bioclimático, destaca-se:

Trata-se de tarefa complexa e que envolve aspectos ainda polêmicos entre os pesquisadores da área. Critérios excessivamente rigorosos resultam em excessiva quantidade de

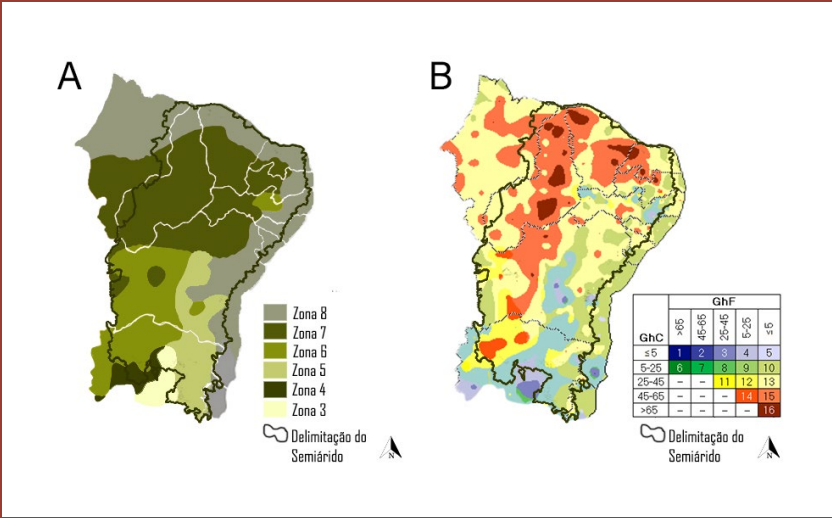


FIGURA 5

Comparação entre Zoneamentos Bioclimáticos. (A): NBR 15220/2005; (B): Roriz (2012)

Fonte: (A): adaptado de NBR 15220 (2005). (B): adaptado de Roriz (2012).

zonas. No entanto, devido às “Ilhas Urbanas de Calor”, dois bairros de uma mesma cidade podem apresentar climas distintos. Critérios muito genéricos, por outro lado, podem mascarar diferenças climáticas que seriam significativas para o comportamento térmico e energético de edificações (Roriz, 2012, p. 7).

Nesse sentido, embora se faça necessária a atualização da NBR 15220/2005, ela ainda possui caráter normativo e é uma das ferramentas para a obtenção de soluções arquitetônicas a serem adotadas, visando ao projeto bioclimático. É importante salientar que é de responsabilidade do arquiteto a coleta de dados acerca do clima do sítio físico-geográfico onde se vai intervir, visando a uma melhor precisão das estratégias bioclimáticas sugeridas pela norma de zoneamento, buscando sempre adequá-las às necessidades de conforto dos usuários.

De acordo com a NBR 15220/2005, a zona bioclimática 7 estabelece soluções arquitetônicas que privilegiam o conforto de forma passiva para o clima tropical quente e seco (Semiárido). As estratégias bioclimáticas sugeridas para essa zona levam em consideração os dados climáticos das 39 cidades utilizadas no estudo, sobrepostos em uma adaptação da carta bioclimática de Givoni (Figura 6).

As estratégias bioclimáticas apontadas pela norma ressaltam a necessidade de se proteger das altas temperaturas anuais e da baixa umidade relativa do ar, especialmente durante o período seco. São sugeridas aberturas para a ventilação com dimensões pequenas, visando a uma menor entrada do ar seco, além do sombreamento de todas as aberturas, impedindo, assim, que a

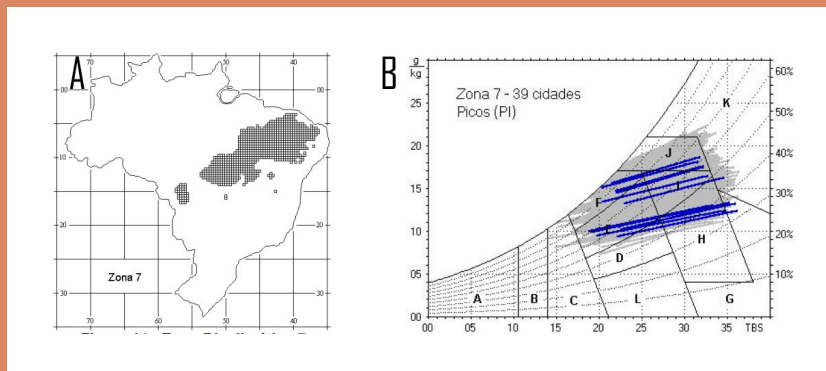


FIGURA 6

(A): Zona Bioclimática 7;
(B): Carta Bioclimática
apresentando as
Normais Climatológicas
de cidades desta zona,
destacando a cidade de
Picos, PI

Fonte: adaptado de NBR 15220
(2005).

radiação solar direta penetre no ambiente. As vedações externas e a cobertura devem ser pesadas, de modo a atrasar o aquecimento dos ambientes internos pela radiação. Nos meses de verão, sugerem-se o resfriamento evaporativo e a massa térmica para resfriamento, além do uso da ventilação seletiva, quando a temperatura interna estiver maior que a temperatura externa, como no período da noite.

Arquitetura bioclimática frente ao aquecimento global

Pensar e projetar edificações sob a perspectiva bioclimática têm se tornado cada vez mais não somente uma necessidade, como também uma ferramenta útil para a diminuição do consumo de energia e de emissão de gases do efeito estufa. De acordo com dados do *Global Alliance for Buildings and Construction*, edificações

correspondem a 36% da demanda global de energia, e o setor de edificações, juntamente ao da construção civil, representou 37% das emissões de CO₂ ligadas à energia, em 2020 (ONU, 2021).

O conforto ambiental pode ser propiciado aos usuários de diversas formas e a partir de inúmeras soluções arquitetônicas, inclusive de maneira artificial. Porém, proporcionar o conforto no ambiente de maneira exclusivamente artificial significa aumentar os gastos com energia elétrica e, conseqüentemente, ir contra os preceitos de eficiência energética. Logo, nem todo edifício que é ambientalmente confortável é eficiente do ponto de vista energético. Por outro lado, é preciso pontuar, também, que uma edificação que seja energeticamente eficiente não se traduz, necessariamente, em uma edificação sustentável, pois pode ter desconsiderado princípios bioclimáticos e ter feito o uso de materiais e técnicas construtivas danosos ao meio ambiente, ou produzir resíduos em excesso.

Estima-se que sejam utilizados entre 20% e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. A indústria da construção civil também gera impactos no meio ambiente com a produção de resíduos, que se tornou um grande problema nas grandes cidades. O entulho chega a representar 60% dos resíduos sólidos urbanos produzidos (Mesquita, 2012, p. 59).

A discussão sobre sustentabilidade foi iniciada com a Conferência de Estocolmo, realizada em 1972, pela Organização das Nações Unidas (ONU), quando houve o debate sobre a busca pelo equilíbrio entre desenvolvimento econômico mundial e a redução da degradação do meio ambiente, que evoluíram para os

conceitos de desenvolvimento sustentável e de sustentabilidade (Gomes; Schwengber, 2020, p. 10).

Trazendo o foco para a arquitetura, tem-se que a arquitetura vernacular, segundo Niroumand (2013, p. 131), “é a arquitetura baseada nos requisitos e materiais de construção do sítio, refletindo as tradições locais”. A utilização de matérias-primas locais nas construções populares propicia não só a diminuição do consumo de energia, mas também a redução das emissões de CO_2 . De acordo com Tzikopoulos *et al.* (2005), construir casas mais eficientes energeticamente pode reduzir 60% ou mais as emissões de carbono, o que significa cerca de 1,35 bilhão de toneladas. Além disso, a maioria dos materiais locais não industriais são reutilizáveis (pedras e terra) ou renováveis (madeira), tornando, assim, a arquitetura vernacular uma maneira sustentável de se construir, implicando a redução dos impactos ambientais (Tran *et al.*, 2015, p. 721).

Salienta-se a importância do papel do desenho urbano como fator fundamental na promoção do conforto ambiental, seja no espaço público, como dentro da edificação. A conformação dos tecidos urbanos e suas diversas variáveis, como geometria e dimensões das formas, revestimentos das superfícies, permeabilidade aos ventos, taxa de solo permeável e de vegetação, alteram o ambiente natural e, por consequência, as características microclimáticas locais.

O aquecimento da temperatura nos recintos urbanos, em função da alteração dessas características, propicia o acúmulo de calor e, também, a formação de Ilhas de Calor Urbana – IUC, definidas pelo aumento da temperatura em determinado recinto

urbano em relação ao seu entorno imediato e em comparação com a temperatura medida pela estação meteorológica, que fica localizada em ambiente com características próximas ao ambiente natural.

[...] quando dizemos que em uma cidade, ou fração de cidade, ocorre o fenômeno de ICU estamos caracterizando uma condição microclimática em que a temperatura do ar está mais elevada, a umidade relativa do ar está mais baixa e que existe a alteração na velocidade dos ventos, regime de chuvas, entre outros. Assim, o fenômeno das ICUs decorre do adensamento urbano, caracterizado por geometrias que barram os ventos e aumentam a taxa de absorção do calor; o aumento do albedo (dada a constante impermeabilização do solo); além da ação antrópica de remoção de vegetação e consequente redução da evapotranspiração trazem também uma diminuição significativa da umidade relativa do ar (Romero *et al.*, 2019, p. 13).

Logo, o desenho urbano também deve privilegiar o bioclimatismo, levando em consideração todas as variáveis que influenciam no acúmulo de calor nos recintos urbanos, buscando adequá-las às características locais, visando propiciar o conforto ao usuário. O uso da vegetação arbórea no espaço público, por exemplo, tem relação direta com a sensação de conforto térmico dos usuários, por meio da criação de sombras e da evapotranspiração. Segundo Azerêdo (2017, p. 428), a utilização de conjuntos de árvores em ruas e calçadas contribui para o “aumento da qualidade ambiental, o que diretamente se relaciona ao aumento da possibilidade da promoção da sensação de conforto térmico dos usuários a sua proximidade”. Além disso, o emprego de árvores e outros tipos de vegetação pode contribuir, também, para

o aumento da sensação de conforto térmico em edificações, o que pode aumentar a eficiência energética dos edifícios. Tsiros (2010) aponta que o uso da vegetação arbórea pode reduzir de 2,6 a 8,6% o tempo de uso do aparelho de condicionador de ar, em edificações próximas, durante dias de verão.

O projeto bioclimático, portanto, deve trabalhar com os parâmetros relacionados tanto ao edifício quanto ao espaço público urbano, buscando, com a promoção do conforto ambiental, atingir a eficiência energética de maneira sustentável.



O Semiárido nordestino

Localizada entre os paralelos 1°10'S e 18°19'S (Reboita *et al.*, 2016), a região Nordeste do Brasil é composta por nove estados. Tem, como delimitações geográficas, o Oceano Atlântico a leste; ao norte, os Estados do Pará, e Tocantins a oeste, e os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, ao sul. Ocupa 18% do território brasileiro, estendendo-se por uma área de 1.554.257,000 km². E, segundo o IBGE, possui o IDH de 659, considerado médio.

Devido à sua dimensão territorial e a características geográficas, a região possui climas distintos ao longo de sua extensão, caracterizados especialmente em função das chuvas, em termos de quantidade e de regime. De acordo com Guerra (1955), na região, ocorrem duas zonas onde a precipitação é abundante, uma a oeste, em função da Amazônia, e a segunda a leste, acompanhando a faixa litorânea oriental (Figura 7). “As precipitações destas duas zonas vão diminuindo gradativamente para o interior, até chegar à semiaridez, que abrange grande área dos estados do Nordeste” (Guerra, 1955, p. 63).

Em sua extensão territorial, o nordeste brasileiro abarca diferentes biomas e características naturais distintas, que carregam

Página anterior:
açude em vias de
transbordar, em São
Bento/PB, abril de 2020
Fonte: fotografia de Lucas
Gomes da Silva.

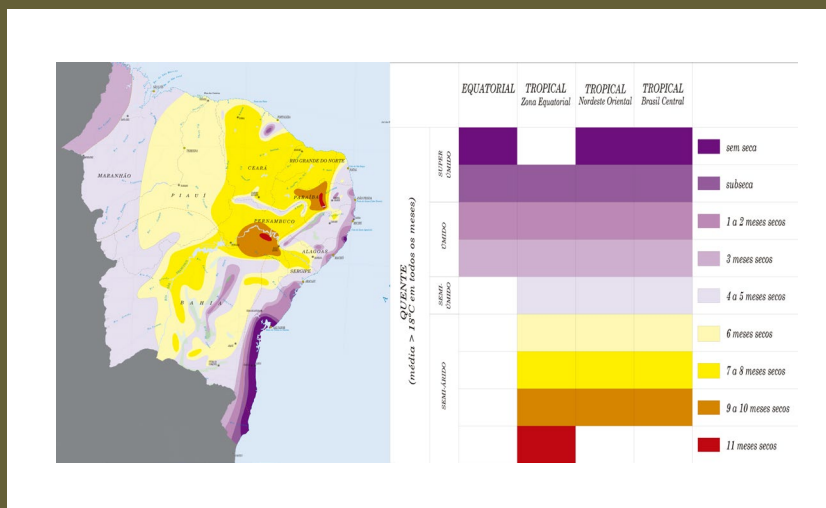


FIGURA 7

Tipos Climáticos
da Região Nordeste

Fonte: adaptado do IBGE
(2002).

especificidades e dinâmicas próprias, em função das condições climáticas locais. As zonas da região onde ocorrem maior taxa de precipitação anual, condições de temperatura mais estáveis ao longo do ano, baixa amplitude térmica e umidade relativa do ar alta são caracterizadas por densas florestas tropicais. No litoral oriental da região, abrangendo os Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, desenvolve-se a Mata Atlântica, um dos biomas mais afetados pelo processo de urbanização dos grandes e pequenos centros urbanos, que se estabelecem junto ao litoral. No extremo noroeste da região, encontra-se o Bioma da Amazônia, contendo a maior floresta tropical do mundo em extensão territorial e biodiversidade.

Na fronteira com a Floresta Amazônica, desenvolve-se o Bioma do Cerrado, abrangendo os Estados nordestinos do Maranhão, Piauí e Bahia (Figura 8).

No interior da região, onde a temperatura é elevada, a umidade relativa do ar é baixa durante grande parte do ano e os

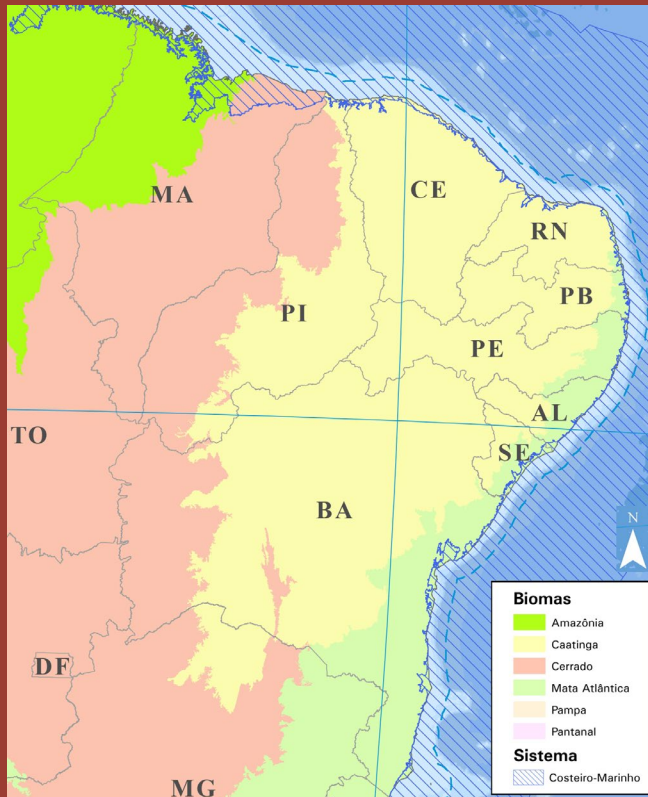


FIGURA 8

Biomas do Nordeste
Fonte: IBGE (2019).

volumes pluviométricos são baixos e distribuídos em poucos meses, ocorre o Bioma da Caatinga, caracterizado pela vegetação xerófitas (adaptada às condições semiáridas, que desenvolve estratégias para a retenção e a racionalização da pouca água disponível, como a perda das folhas na estação seca e a presença de espinhos no seu caule). Devido à variedade climática da região, associada, também, com a altitude, o Bioma da Caatinga apresenta diferentes características ao longo do território Semiárido, de áreas mais secas e abertas, a florestas mais densas e fechadas em áreas mais úmidas (De Araujo Filho, 2011).

Outra característica particular da Caatinga é a sua transformação completa em relação ao período do ano. Durante a estação seca, a maior parte das árvores perde a folhagem (árvores caducifólias), buscando a retenção da água para a sobrevivência, tornando a paisagem árida e com o aspecto branco, que dá nome à Caatinga, do Tupi “Mata-Branca” (Aguar, 2013). Já na estação chuvosa, a folhagem volta a aparecer, transformando a paisagem com diversos tons verdejantes (Figura 9).

Os sertões

O Semi-Árido brasileiro não é apenas clima, vegetação, solo, Sol ou água. É povo, música, festa, arte, religião, política, história. É processo social. Não se pode compreendê-lo de um ângulo só (Malvezzi, 2007, p; 9).

O Semiárido Brasileiro ocupa cerca de 1.182.697 km² do território nacional e tem, nos Estados da região Nordeste, a sua maior abrangência, ocupando, ainda, a porção norte de Minas

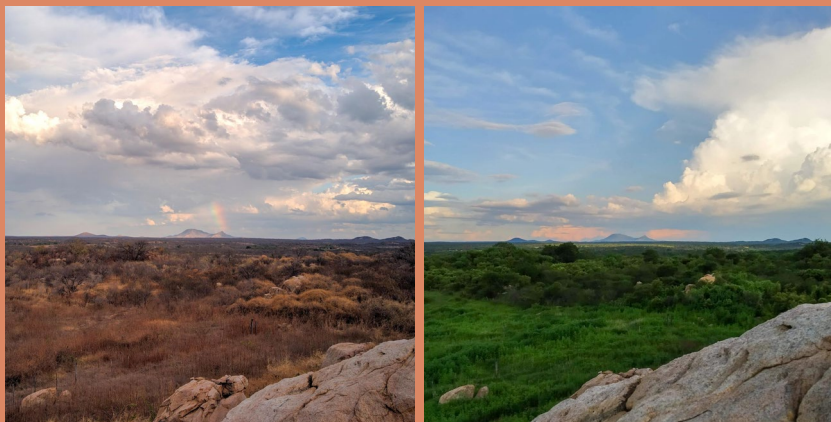


FIGURA 9

Vistas da Caatinga,
antes e depois da
estação chuvosa

Fonte: fotografias de Lucas
Gomes da Silva, 2022.

Gerais e Espírito Santo. De acordo com a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – Sudene (2021), a região possui uma população de 27.830.765 habitantes, sendo considerada a região semiárida mais populosa do mundo (Malvezzi, 2007). O termo Semiárido é atribuído a regiões do globo onde a precipitação anual fica entre 200 mm e 800 mm anuais. A delimitação do perímetro político-geográfico ocorreu, no Brasil, em 1989, a partir da aprovação da Lei 7.827/89, no âmbito da área de atuação da Sudene, incorporando municípios com pluviosidade média anual de até 800 mm (Amâncio, 2022).

A seca é talvez a condição mais característica que engloba todo o território do Semiárido, assolando milhares de pessoas anualmente, dificultando a sobrevivência nos meios rural e urbano. De acordo com Pontes e Campos (2013, p. 194), “O

histórico de secas que afeta drasticamente essa população é conhecido desde a chegada dos portugueses, no século xvi”. E, desde então, pauta discursos e políticas públicas no intuito de atenuar suas consequências sociais, econômicas e ambientais. Essa condição climática é resultado de fenômenos atmosféricos e conformações geográficas que remontam à própria formação do continente sul-americano.

[...] as serras aí existentes impedem a penetração das perturbações devidas à massa equatorial continental; por outro lado as serras do Piauí e do Araripe impedem a penetração da massa equatorial norte, e ainda, a leste, o planalto da Borborema intercepta a massa equatorial atlântica, com as suas chuvas de inverno. Quando estas perturbações conseguem vencer estes obstáculos, já estão pobres de umidade, ocasionando, portanto, no vale, chuvas muito reduzidas, elevação de temperatura e, consequentemente, aumento de evaporação (Guerra, 1955, p. 83).

As secas sazonais ocorrem anualmente na região e são contrabalanceadas por curtos períodos de chuva, que reabastecem os mananciais, reavivam a caatinga e permitem a passagem dos meses de seca. Todavia, fenômenos climáticos globais influenciam diretamente no regime de chuvas do Semiárido, como o caso do fenômeno El Niño, que é um dos responsáveis pela redução das chuvas no setor setentrional do Nordeste brasileiro (Ferreira; Mello, 2005). Quando o fenômeno está ativo no Oceano Pacífico, o período de chuvas tende a ser menor e menos volumoso, o que acarreta diretamente na quantidade de água disponível para a passagem da estação seca, criando eventos de seca mais intensos e duradouros.

Um dos exemplos recentes de secas plurianuais aconteceu entre os anos de 2012 e 2017 (Figura 10) e foi considerado o evento mais longo já registrado desde 1845 (Rebello, 2018), quando começou a se monitorar os eventos de seca. Os seis anos consecutivos registraram chuva abaixo da média e estiagem prolongada na região, com consequências desastrosas para a população, tanto do campo, quanto da cidade.

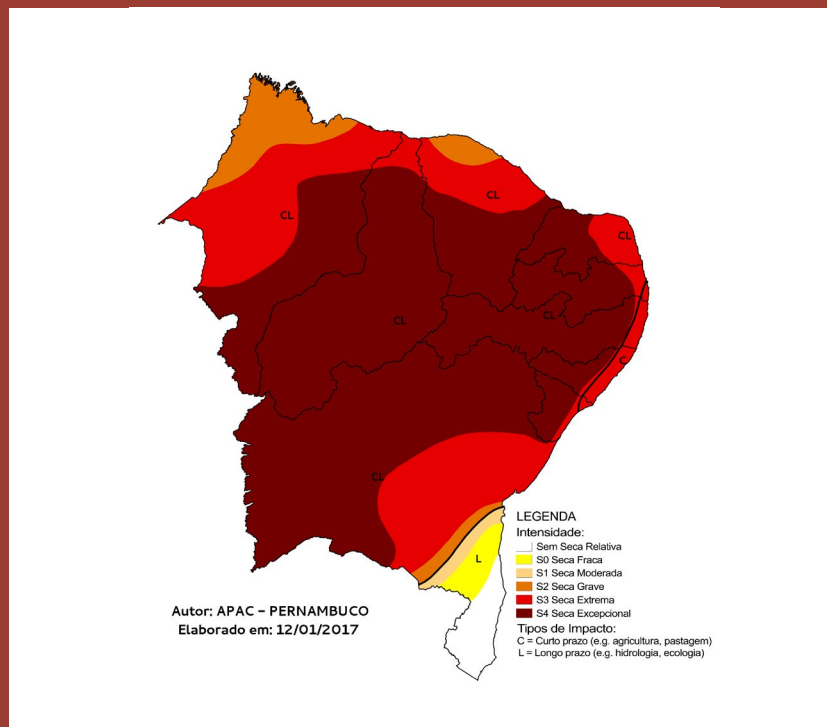


FIGURA 10

Situação de seca em dezembro de 2016, na Região Nordeste

Fonte: Agência Nacional de Águas (2016).

As condições semiáridas afetam diretamente a vida das populações que se localizam no polígono, tornando a sobrevivência e o progresso da região atrelados, sempre, à questão hídrica. Uma das consequências diretas dessa fragilidade hídrica, entre outras questões, é a concentração de pessoas em condições socioeconomicamente vulneráveis na região. Tais vulnerabilidades podem ser ainda mais acentuadas em um contexto de mudanças climáticas e pressões migratórias. Segundo o Quinto Relatório do IPCC, a quantidade de precipitação que cai no Nordeste poderá diminuir em até 22% até 2100 (IPCC, 2014). Ao analisar os dados disponibilizados pelo Inmet sobre a comparação entre os volumes de precipitação na região entre as Normais Climatológicas referentes aos períodos de 1961-1990 e as de 1991-2020, é possível notar uma clara diminuição nos volumes de chuva que ocorrem na região ao longo dos anos, com áreas sofrendo uma diminuição das chuvas em até 400 mm por ano (Figura 11).

Dados climáticos do Semiárido e sua influência na arquitetura

Ao projetar, o arquiteto “deve responder simultaneamente à eficiência energética e às necessidades de conforto do usuário em função das informações obtidas da análise climática” (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014, p. 71). Nesse sentido, as características geográficas que delimitam o polígono territorial do Semiárido conferem à região condições climáticas, muitas vezes, adversas, tornando de extrema importância a análise de suas variáveis antes da intervenção projetual. De acordo com os dados das Normais

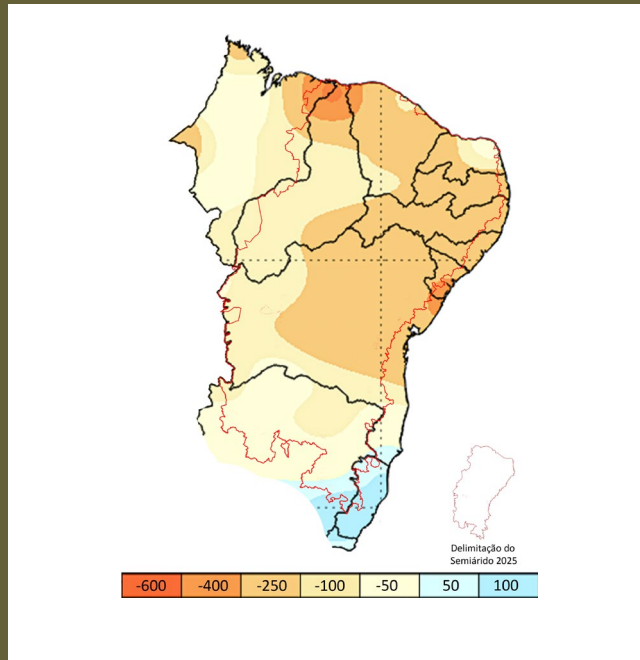


FIGURA 11

Diferença de precipitação acumulada anual (mm) na região Nordeste, entre as Normais Climatológicas 1961 a 1990 e 1991 a 2020, com destaque para o Semiárido

Fonte: adaptado de Inmet (2022).

Climatológicas referentes ao período entre 1991 e 2020, disponibilizadas pelo Inmet, as temperaturas mínimas anuais da região ficam entre os 18 e 24 °C. E as temperaturas máximas anuais na região são muito elevadas, ficando entre 29 até 35 °C (Figura 12), especialmente nos meses de primavera e verão (Inmet, 2022). Um outro fator importante a ser levado em consideração ao projetar no Semiárido é a amplitude térmica diária. Segundo Lopes Filho (1995, p. 4), “a amplitude diária é próxima de 10 °C, mantendo-se inalterada, tanto ao longo das latitudes como em relação ao

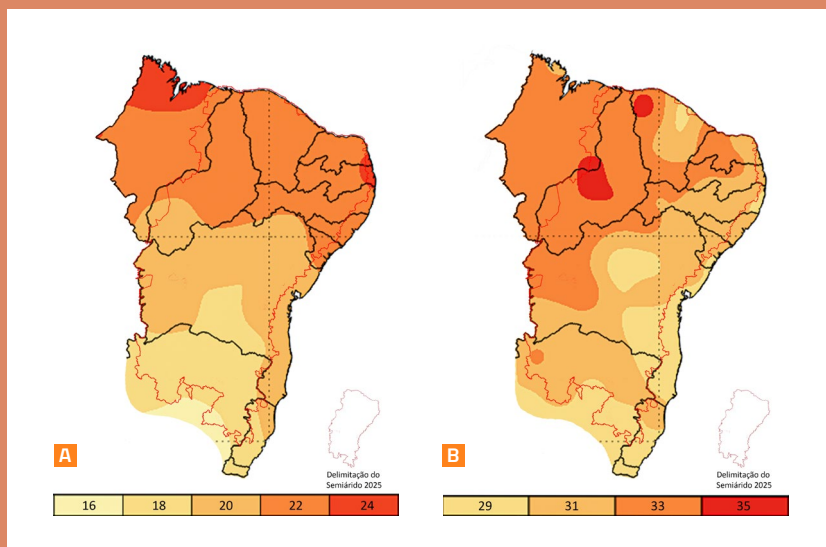


FIGURA 12

Temperatura Mínima Anual (A) e Temperatura Máxima Anual (B) no Nordeste, em graus Celsius (°C), com destaque para o Semiárido

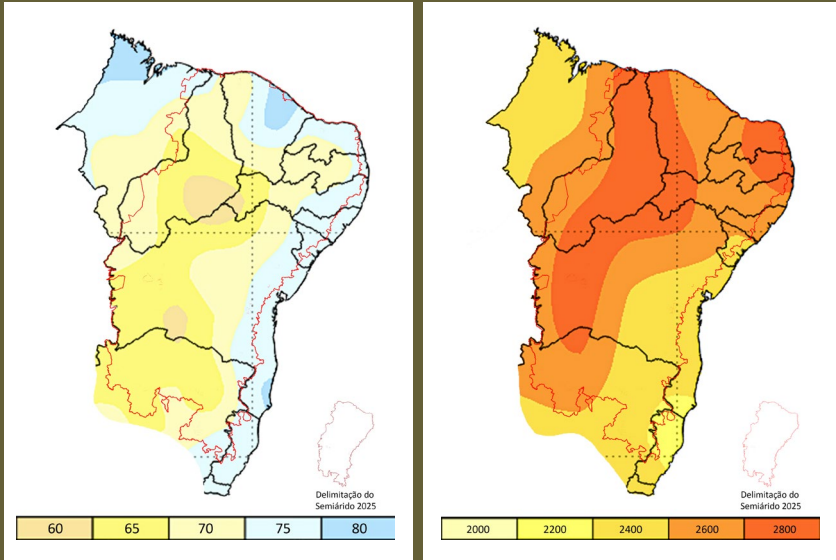
Fonte: adaptado de Inmet (2022).

mar”. Logo, é preciso projetar edificações que sejam resilientes tanto às altas temperaturas durante o dia, quanto à sua queda brusca durante a noite, especialmente nos meses de inverno.

Quanto à umidade relativa do ar, o perímetro do Semiárido apresenta médias anuais de até 80% no litoral do Ceará, sendo os valores médios anuais mais baixos, registrados no interior dos Estados de Pernambuco, Piauí e Bahia, com cerca de 60% (Figura 13). É importante analisar, também, as mudanças nos valores de umidade ao longo das estações, tendo os meses correspondentes à estação seca valores muito abaixo dos registrados nos meses chuvosos. Dessa forma, para garantir a sensação

de bem-estar do usuário dentro da edificação, do ponto de vista da umidade, é necessário atentar para a orientação das aberturas em função da predominância dos ventos ao longo do ano, de maneira a reduzir a entrada da ventilação quente e seca durante o período de estiagem e privilegiar a orientação dos ventos do período chuvoso, possibilitando a entrada da ventilação úmida e fresca.

Por estar localizada na faixa tropical do planeta, a Região Nordeste possui uma alta taxa de incidência solar o ano todo. Segundo dados do Inmet (2022), a região recebe até 2.800 horas anuais de insolação (Figura 14), que se refletem tanto nas altas



temperaturas, quanto na baixa umidade relativa do ar, já que essas variáveis são inversamente proporcionais. Ou seja: quando a temperatura do ar está alta, a umidade do ar tende a estar mais baixa, e vice-versa. Tendo em vista a alta taxa de insolação anual, as paredes das edificações no Semiárido precisam ser mais robustas e protegidas da incidência direta dessa radiação, visando à diminuição do aquecimento dos ambientes internos por meio da condução.

Por fim, uma das principais variáveis climáticas que precisam ser estudadas para o projeto bioclimático no Sertão nordestino é a precipitação. Na extensão territorial do Semiárido, a precipitação não é homogênea, tanto temporal, quanto espacialmente, e a estação chuvosa acontece em períodos do ano distintos para determinadas zonas da região, influenciada por diferentes sistemas meteorológicos. Segundo Reboita *et al.* (2016, p. 263), “o litoral norte do Nordeste é mais chuvoso no outono, o litoral leste, no outono e no inverno, enquanto o Sertão nordestino é no verão. Esse último tem seu período mais seco no inverno”, como mostra a Figura 15.

É preciso também atentar para a falta de homogeneidade no volume das precipitações. Algumas áreas do Semiárido possuem médias relativamente elevadas de precipitação, quando comparadas com outros pontos no perímetro sertanejo. Em algumas áreas, como na região de Fortaleza, no Ceará, as médias anuais de precipitação chegam até 1.400 mm. Já em localidades no interior da Bahia, os valores médios não passam dos 600 mm anuais (Inmet, 2022) (Figura 16).

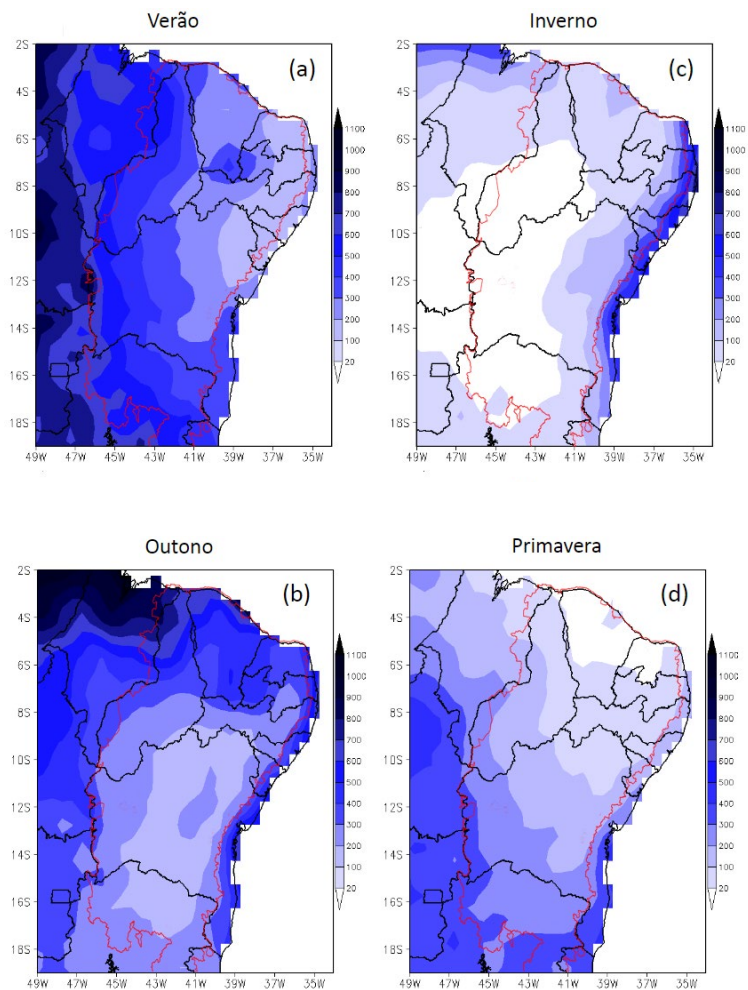


FIGURA 15

Sazonalidade da precipitação (mm) na região Nordeste do Brasil no período de 1979 a 2014

Fonte: adaptado de Reboita et al. (2016).

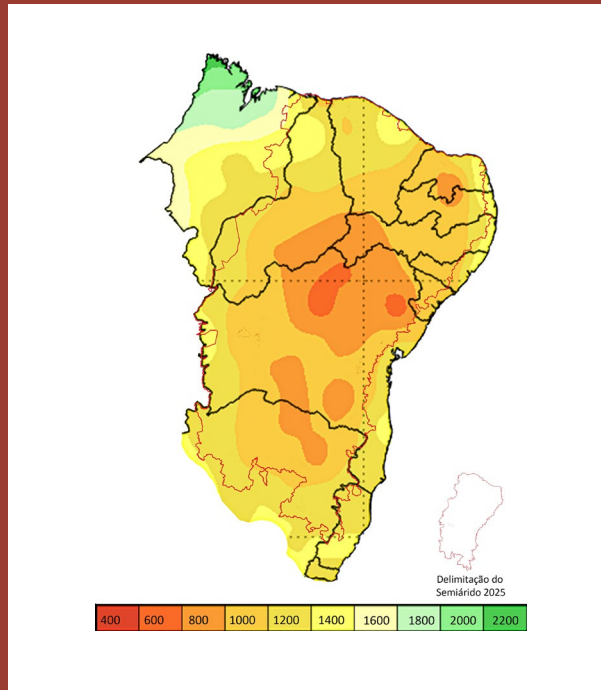


FIGURA 16

Média Anual de Pluviosidade (mm), com destaque para o Semiárido

Fonte: adaptado de Inmet (2022).

O conhecimento do volume e da época de chuva é importante no momento da elaboração do projeto arquitetônico, para determinar em que estação do ano existirá um maior percentual de umidade, uma menor taxa de insolação e, conseqüentemente, temperaturas mais amenas. Podem ser delimitadas, assim, as orientações das aberturas, privilegiando o vento mais úmido durante determinado período do ano. Entender as características climáticas sazonais do sítio onde se projeta é importante,

também, para a delimitação do período dos ventos predominantes na época seca, que trazem calor e poeira para dentro da edificação, aumentando a temperatura e o desconforto térmico.

Estratégias bioclimáticas para o Semiárido

Em função das características climáticas locais, é possível delimitar as estratégias que são recomendadas para a região, visando à construção de uma arquitetura que promova o conforto do usuário de forma natural e que seja mais eficiente do ponto de vista energético. As estratégias bioclimáticas estabelecidas pela Norma de Zoneamento Bioclimático Brasileiro (NBR 15220/2005) para o clima tropical quente e seco são: sombreamento, massa térmica para resfriamento, ventilação seletiva e resfriamento evaporativo.

A necessidade de *sombreamento* é estabelecida em função da grande quantidade de horas de insolação anual na região, junto às altas temperaturas. A incidência da radiação solar direta sobre a coberta, as fachadas e as aberturas, acarreta o aquecimento dessas superfícies externas e, conseqüentemente, dos ambientes internos. Nesse sentido, o sombreamento de fachadas e aberturas atua de maneira a não permitir a incidência direta de radiação solar sobre essas superfícies e, conseqüentemente, o não aquecimento dos ambientes internos (Figura 17).

Para cada estratégia bioclimática, existem diferentes soluções possíveis de serem implementadas. De acordo com Olgyay (1963), para o sombreamento de edificações no clima quente e seco, as formas dos edifícios devem ter o mínimo de projeção

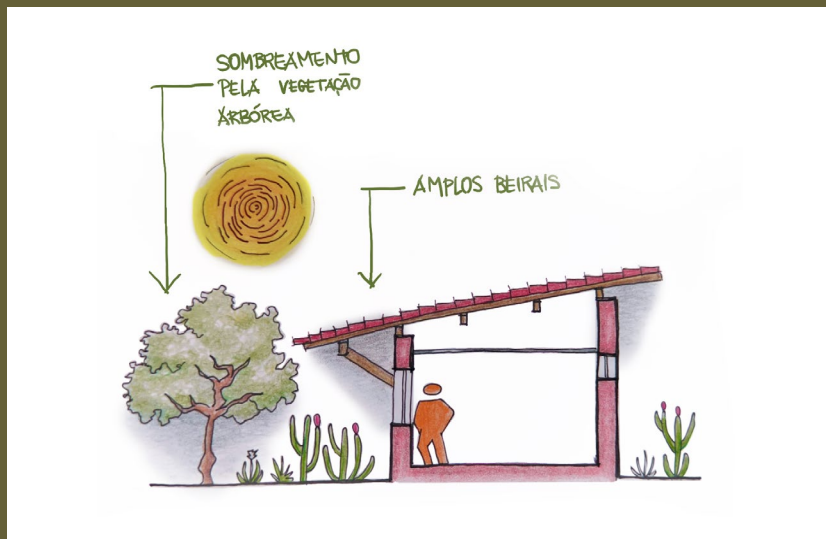


FIGURA 17

Sombreamento de aberturas por meio da utilização de beirais

Fonte: baseado em Lamberts, Dutra e Pereira (2022).

solar possível, logo, é indicada a redução da área de fachada exposta à radiação solar direta, pensando as edificações coladas umas às outras em suas laterais, como conjunto arquitetônico (Figura 18).

Outras soluções de sombreamento estão associadas à coberta, como beirais, marquises, pergolados, caramanchões, além de elementos inseridos diretamente nas fachadas, como *brises*, venezianas, segunda pele, cobogós, reentrâncias e saliências nos volumes. Ressalta-se que, nesses casos, é de extrema importância o estudo da carta solar (gráfico de insolação) adequada a cada latitude, visando à criação de máscaras de sombra para projetar



FIGURA 18

Exemplo de conjunto arquitetônico com soluções que diminuem a incidência de insolação direta nas edificações

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

elementos sombreadores eficientes, que impeçam ou minimizem a entrada da radiação solar direta nas horas indesejadas.

Soluções que promovam o sombreamento também são indicadas para o contexto urbano, visando à diminuição da radiação solar sobre as fachadas e as ruas. Nesse sentido, destaca-se o desenho de ruas mais compactas, permitindo o sombreamento pelas próprias edificações (Figura 19). As ruas “devem ser estreitas e curtas com mudanças de direção constantes para diminuir e impedir o vento indesejável carregado de pó em suspensão” (Romero, 1988, p. 58).

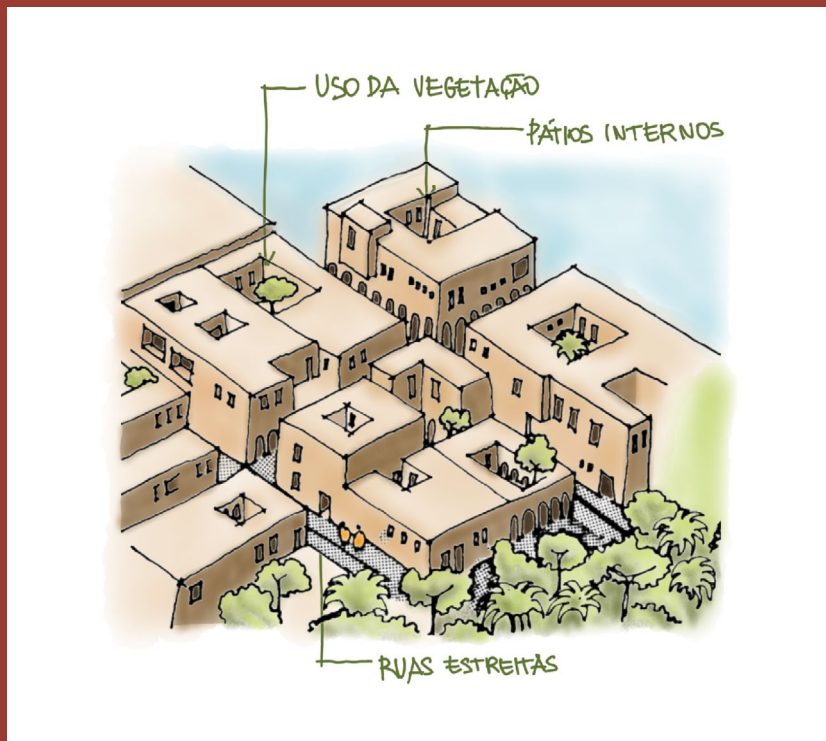


FIGURA 19

Esquema de ocupação no clima quente e seco, com destaque para ruas estreitas

Fonte: adaptado de Romero (1988).

Além disso, outra solução muito bem-vinda ao clima do Semi-árido, buscando o sombreamento, é a utilização de vegetação arbórea, tanto nas imediações da edificação, visando à criação de sombra sobre as suas fachadas e janelas, como também em passeios públicos, promovendo a redução da temperatura do ar e de superfícies, em função da sombra e da evapotranspiração.

A utilização da estratégia de *massa térmica para resfriamento* deve-se também às altas temperaturas na região. Dessa forma, a utilização de envoltórias mais pesadas é indicada, visando ao isolamento térmico da estrutura e ao retardamento da emissão do calor para dentro do ambiente, por meio de paredes e cobertas mais grossas. Uma maior massa se reflete em uma maior inércia térmica dessas estruturas exteriores, acarretando o aumento do atraso térmico, contribuindo para que a temperatura interior se mantenha mais amena em relação às temperaturas externas, por mais tempo, durante o dia. Durante a noite, quando a temperatura externa diminui e ocorre a emissão de calor das superfícies externas para o ambiente interno, a temperatura interna tende a se conservar mais elevada, diminuindo, assim, a amplitude térmica no interior dos ambientes, especialmente nos meses de inverno, mantendo os usuários em zona de conforto.

Contribuindo com o resfriamento do ambiente, podem ser utilizados materiais cuja inércia térmica seja maior, como terra e concreto, e a utilização de cores claras para o revestimento externo, como a branca, que possui alta taxa de reflexão da radiação solar. Além disso, a área da coberta requer uma atenção especial, tendo em vista que essa área recebe os maiores quantitativos de radiação solar direta ao longo do dia. Nesse sentido, a estrutura da coberta também deve ser robusta, visando ao atraso dos ganhos térmicos no interior. Entre as soluções, pode-se citar o uso de coberta em camadas, como a utilização de laje plana coberta por telhado cerâmico; coberta com telhas termoacústicas, pintadas em cor clara, que refletem a radiação solar, com forros de gesso criando um bolsão de ar entre a

coberta e o ambiente, diminuindo a emissão desse calor para essa parte inferior onde o usuário se localiza (Figura 20). Outra solução muito eficaz para a diminuição da temperatura interna dos ambientes no Semiárido é o teto verde, que se utiliza da inércia térmica provinda da laje em conjunto com as camadas que formam o jardim (substrato e vegetação), além de promover o aumento da umidade, para o entorno próximo, a partir da evapotranspiração das plantas (Figura 21).

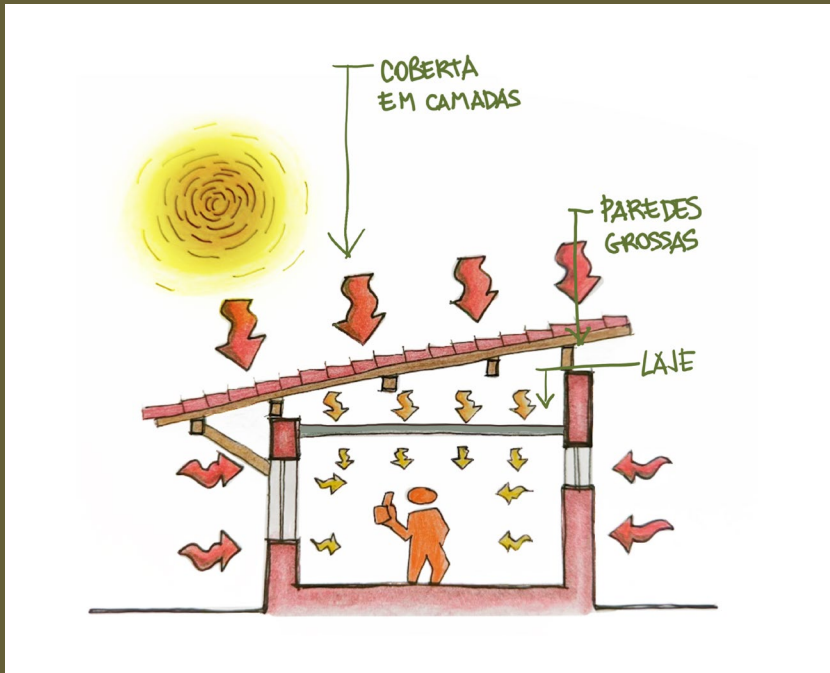


FIGURA 20

Massa Térmica para Resfriamento

Fonte: croqui de Lucas Gomes da Silva, baseado em Lamberts, Dutra e Pereira (2013/2014).

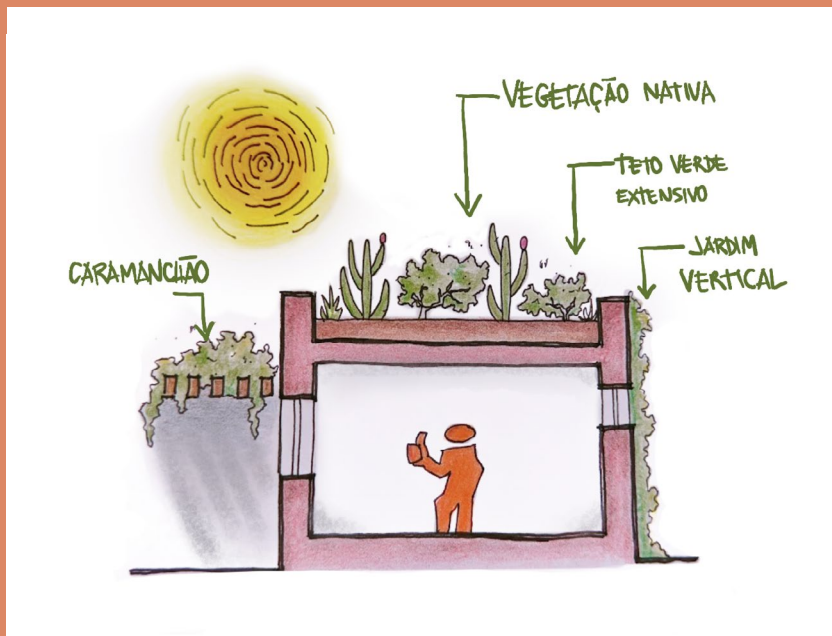


FIGURA 21

Utilização de teto verde como proposta para o resfriamento, a partir da Inércia Térmica

Fonte: croqui de Lucas Gomes da Silva, baseado em Lamberts, Dutra e Pereira (2013 /2014).

Outra estratégia recomendada pela NBR 15220/2005 diz respeito ao uso da *ventilação seletiva*. Durante a estação seca, o Semiárido apresenta altas temperaturas aliadas a níveis muito baixos de umidade relativa do ar. A ventilação, nessa época, especialmente durante o dia, pode acarretar o desconforto térmico, já que o ar está com a temperatura elevada e muito seco, carregando partículas de poeira que se suspendem durante a ventilação. Nesse sentido, é necessário inibir a entrada desses ventos na edificação durante esses momentos específicos (horas

do dia e em alguns meses do ano), buscando limitar a quantidade de calor e poeira que são trazidos para dentro do ambiente, privilegiando a ventilação em períodos mais úmidos, como na estação chuvosa, ou durante a noite, quando a temperatura está mais amena, fazendo uso da ventilação neste último exemplo.

Como solução arquitetônica para a ventilação seletiva, pode ser citado o posicionamento das aberturas em função da orientação dos ventos noturnos predominantes e a utilização de esquadrias móveis, que permitam o fechamento e a abertura quando oportuno (Figura 22). Recomenda-se que tais esquadrias sejam com sistemas de abertura ajustáveis, venezianas móveis,

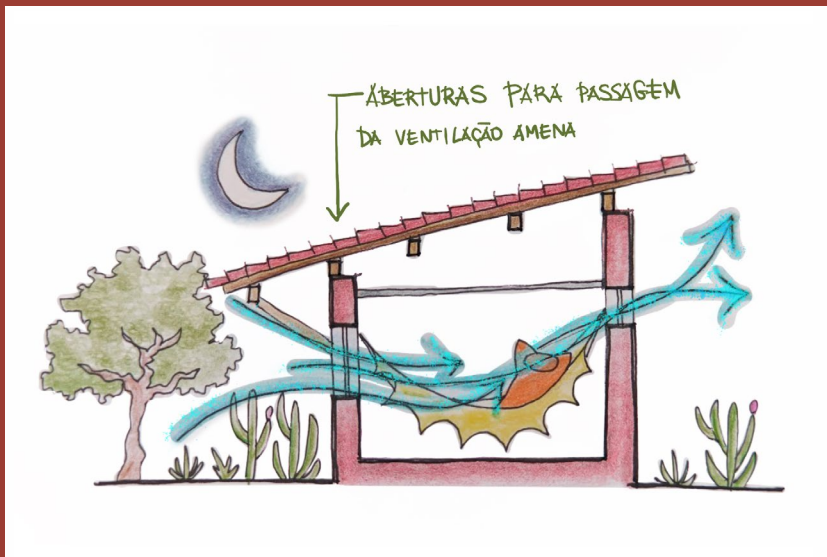


FIGURA 22

Ventilação noturna, quando a temperatura está mais amena

Fonte: croqui de Lucas Gomes da Silva, baseado em Lamberts, Dutra e Pereira (2013/2014).

como também se pode fazer uso de muxarabis, cobogós, além da própria vegetação arbórea, que filtra a ventilação seca e as partículas de poeira e aumenta a umidade que vai para dentro dos ambientes.

Por fim, o *resfriamento evaporativo* é sugerido como estratégia bioclimática para o Semiárido em função das condições climáticas adversas, do ponto de vista da alta temperatura e da baixa umidade relativa do ar, especialmente durante os períodos de estiagem. Segundo Tang e Etzion (2004), essa é uma das estratégias de resfriamento mais efetivas, devido ao calor latente necessário para a evaporação, já que a água absorve cerca de 2.400 kJ por litro para mudar de estado líquido para gasoso, o que equivale a todo o calor produzido por 7 lâmpadas incandescentes de 100 w, em uma hora. A utilização da água como elemento climatizador contribui, também, para o aumento da umidade relativa do ar nos ambientes, sendo muito bem-vinda no Sertão. Porém, a água é um elemento escasso em grande parte do Semiárido durante determinadas épocas do ano, e, nesse sentido, soluções arquitetônicas que envolvam a sua utilização direta precisam balancear esses aspectos, visando a sua aplicabilidade real ao longo do ano (Figura 23).

As principais soluções envolvendo o resfriamento evaporativo estão ligadas à locação de espelhos d'água a barlavento da ventilação predominante. O vento se umidifica a partir das partículas de água evaporada do espelho d'água e conduz essa umidade para o interior da edificação, resfriando-a. Também a utilização de vegetação arbórea (nativa ou exótica, adaptada ao sítio) nos passeios públicos e áreas privadas, criando um

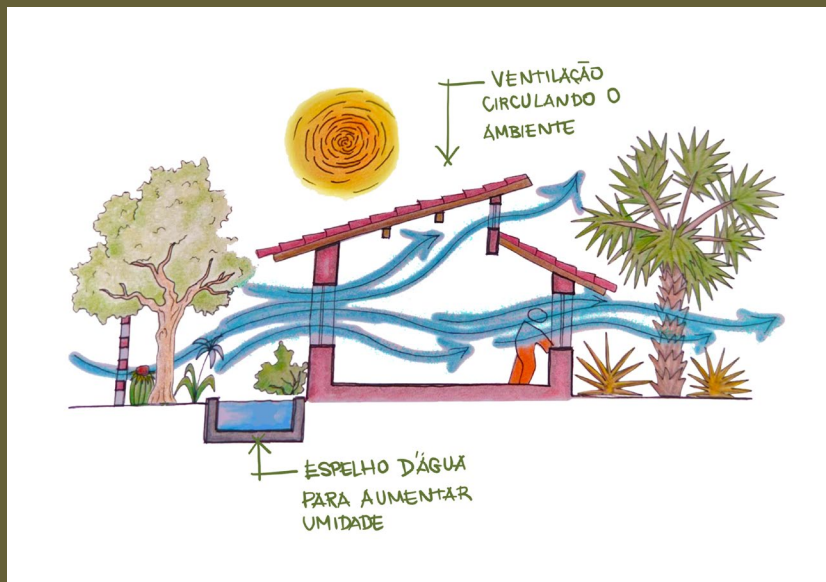


FIGURA 23

Utilização de espelho d'água e vegetação para aumentar a umidade

Fonte: croqui de Lucas Gomes da Silva, baseado em Lamberts, Dutra e Pereira (2013/2014).

microclima urbano ameno, a partir da redução da temperatura e do aumento da umidade no ar (Figura 24). Há que se considerar tipos de vegetação que demandem pouca quantidade de água para o crescimento e a sobrevivência, ou seja, que sejam resilientes às condições climáticas do Sertão.

O emprego conjunto de diferentes estratégias pode ser feito de maneira a combinar suas potencialidades, visando ao conforto do usuário e à eficiência energética, no intuito da redução da necessidade de métodos artificiais para a promoção da sensação de bem-estar dentro das edificações e em seu entorno,

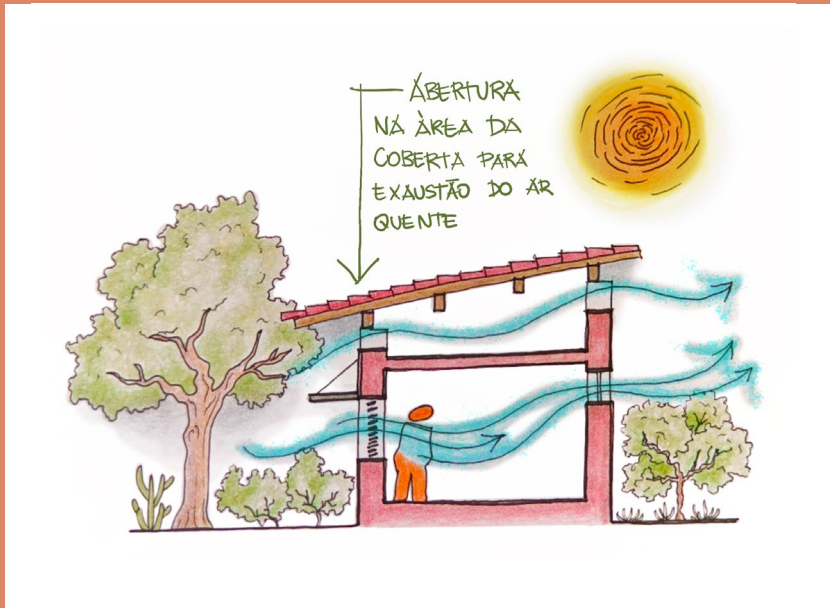


FIGURA 24

Ventilação levando a umidade da vegetação para o interior da edificação

Fonte: croqui de Lucas Gomes da Silva, baseado em Lamberts, Dutra e Pereira (2013 /2014).

melhorando a qualidade dos espaços semiprivados e públicos. Como exemplo, propor uma maior taxa de solo natural, juntamente a uma maior quantidade de vegetação nativa, tanto arbórea quanto arbustiva, contribui para o conforto psicológico, criando amenidades nos lugares externos, podendo contribuir, também, para a manutenção da biodiversidade local.



Habitação popular no Sertão nordestino

A habitação popular no Semiárido nordestino é resultante do conhecimento local dos seus habitantes, de técnicas construtivas, materiais e ferramentas acessíveis no sítio e do entendimento local sobre a espacialidade. De acordo com Agnol e Almeida (2016, p. 2), “a maioria das habitações não foi erigida por profissionais, mas sim por pessoas comuns que adquiriram conhecimento por meio de um processo contínuo”. Nesse sentido, entender tal arquitetura como fruto dos processos inerentes que ocorrem no lugar, sejam eles ambientais ou sociais, pode balizar as soluções arquitetônicas atuais, visando a uma maior sustentabilidade no procedimento da construção de habitações verdadeiramente bioclimáticas.

A arquitetura é resultado, também, dos aspectos culturais dos seus povos. Logo, entender a pluralidade cultural e de povos que habitam a região do Semiárido pode ser um bom indício de que não há “uma arquitetura do Sertão”, mas diversas arquiteturas sertanejas, cujas heranças culturais se misturam com o passar do tempo. Nesse sentido, de considerar diversas culturas,

Página anterior:
edificação histórica no
sítio Saraiva em São
Bento/PB, abril de 2020
Fonte: fotografia de Lucas
Gomes da Silva.

Weimer (2005) destaca a formação da população brasileira como resultado de três grandes etnias: a indígena, a africana e a europeia. Portanto, a arquitetura popular traz consigo influências das diversas culturas presentes nessas etnias.

Nesse caso, é possível entender a arquitetura popular sertaneja e as suas particularidades como resultado da união dos conhecimentos, hábitos e valores culturais dos diferentes povos que a conformam. Alguns valores, como o hábito de dormir em redes, por exemplo, herdado dos povos originários, mantêm-se ainda hoje muito presente na cultura popular semiárida (Weimer, 2005. p. 57).

As residências populares no Sertão carregam especificidades próprias ligadas tanto às culturas locais, quanto às particularidades da região, criando, assim, uma arquitetura verdadeiramente enraizada nas características regionais dos seus povos e ambiente. Uma das principais marcas da arquitetura popular sertaneja é a utilização de materiais locais na construção de suas residências, embasando-se de técnicas construtivas antepassadas, que foram aperfeiçoadas com cada nova replicação. Segundo Maniatidis e Walker (2003), a utilização de terra na construção, por exemplo, remonta a culturas presentes na África e na Europa, podendo ter sido introduzida no Semiárido tanto pelos colonizadores, quanto pelos povos africanos trazidos para o continente sul-americano.

Uma das técnicas construtivas vernaculares mais bem difundidas pelo Semiárido é a *taipa de mão*, composta pela junção da madeira e da terra para a construção de vedações e paredes, tanto internas quanto externas. A *taipa de mão*, também conhecida

como taipa de pau-a-pique, é construída no Semiárido a partir da disposição de uma trama de madeira feita com ripas verticais e horizontais, muitas vezes, tiradas da própria mata circundante, amarradas com cipó, prego ou arame, fazendo o papel da estruturação da terra. Por meio da refinaria da terra e uma mistura com fibras, o barro úmido é esculpido na trama usando as próprias mãos, apertando sobre a trama de madeira (Lopes, 1998). Após a secagem do barro, são aplicados o reboco e a pintura, comumente feita com cal.

O principal problema encontrado com a técnica de taipa de mão é a ocorrência comum de rachaduras e fissuras no barro, em virtude do processo de dilatação e compressão do material. Segundo Alvarenga (1984), essas rachaduras são mais comuns em casas que não recebem o revestimento adequado, já que ele é extremamente necessário para a proteção das paredes contra a chuva e a umidade, além de evitar o alojamento de insetos em suas fissuras.

[...] a arquitetura regional autêntica tem as suas raízes na terra; é produto espontâneo das necessidades e conveniências da economia e do meio físico e social e se desenvolve, com tecnologia a um tempo incipiente e apurada, à feição da índole e do engenho de cada povo (Costa, 2006, p. 152).

Em partes do Semiárido, a taipa de mão é também utilizada em conjunto com outra forma de construir com terra, a *taipa de pilão*. Essa técnica consiste na criação de paredes monolíticas formadas pela compactação de solo úmido entre formas de madeira temporárias. Segundo Mello (1985), o processo de criação é feito a partir da armação de duas tábuas paralelas,

chamadas taipais, fixadas por cunhas dispostas em intervalos regulares. Entre essas estruturas, é colocado o barro, que é socado em camadas sucessivas por um pilão ou com os pés, para adquirir maior consistência e rigidez.

De acordo com Lemos (1989), quando acontece a união das duas soluções, a taipa de pilão é usada comumente na estruturação da casa e em suas paredes externas, por ser monolítica e mais resistente, enquanto a taipa de mão, menos resistente aos esforços e mais vulnerável à umidade, é utilizada nas divisões internas (Figura 25).

A utilização da terra, do barro e da madeira como materiais de construção reflete numa maior sustentabilidade no processo

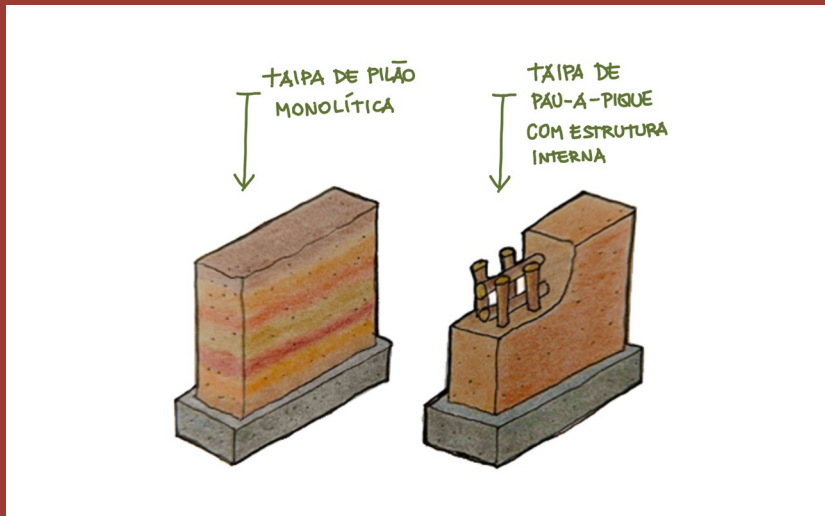


FIGURA 25

Esquema de parede de taipa de pilão e taipa de mão, com destaque para a armação de madeira interna

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

construtivo, gerando menos resíduos sólidos e impactando positivamente na redução de emissões de CO_2 . Ainda nesse sentido, a taipa contribui para o conforto térmico no interior da edificação de forma natural, pois sua alta inércia térmica e natureza higroscópica, associadas à porosidade do material, contribuem para a regulação da temperatura e umidade nos ambientes internos, reduzindo a necessidade de sistemas ativos de resfriamento, a exemplo do uso de aparelhos condicionadores de ar (Maniatidis; Walker, 2003, p. 34).

A habitação no Semiárido também possui características espaciais próprias, demonstrando que a apropriação dos espaços é construída sob uma perspectiva também cultural. A espaços internos e externos à edificação, são atribuídas qualidades e funções pelos povos do Semiárido muitas vezes distintas, se comparadas à forma de ocupação das residências em outras regiões do Nordeste, como no litoral. Algumas dessas peculiaridades da maneira de utilização dos espaços das casas sertanejas são encontradas no terreiro, no terraço/alpendre e na cozinha.

O terreiro, a porta de entrada para o urbano

O terreiro nada mais é do que a área adjacente aos limites externos da casa, podendo ser dentro ou fora da delimitação formal do lote. Especialmente nas áreas rurais, a edificação comumente é erigida no centro do terreno, isolada e cercada pelo terreiro, que tem seus limites marcados com cercas de madeira ou pela utilização da própria vegetação nativa. Nas áreas urbanas, esse espaço é integrado à calçada, e sua delimitação é feita

usualmente por meio da “limpeza” do local. Com o hábito de varrer o terreiro, delimita-se simbolicamente o espaço de domínio de determinada residência (Figura 26).

É nos terreiros e “tabuleiros das ruas” que as dinâmicas sociais de cidades do interior sertanejo se vislumbram. É o espaço para o encontro casual, rotineiro, para a conversa rápida e despretenhosa. É também o lugar de descanso, onde se senta numa cadeira de balanço debaixo de um umbuzeiro. É no espaço do terreiro que as crianças brincam, correm, pulam corda. É um lugar de fronteira, mas, ao mesmo tempo, de trocas e convívio, portanto, de apropriação. Nas casas rurais, é no espaço do terreiro que as galinhas são soltas para ciscar. É também onde são



FIGURA 26

O terreiro na casa do sítio

Fonte: fotografia de Lucas Gomes da Silva, 2022.

plantadas árvores, frutíferas ou não, para garantir a desejada sombra ao passar do dia (Figura 27).

O terraço/alpendre, a transição entre interno e externo

O terraço de entrada da casa, mais popularmente conhecido, em partes do Sertão, simplesmente, por “área”, é o espaço de transição real, construído entre o ambiente urbano e o ambiente arquitetônico. É a divisa entre o terreiro e o interior da edificação, um lugar de descanso e de trabalho. Tomando como exemplo a cidade de São Bento, localizada no Estado da Paraíba, é no terraço onde se



FIGURA 27

A calçada como representação simbólica do terreiro no ambiente urbano
Fonte: croqui de Lucas Gomes da Silva, baseado em Lamberts, Dutra e Pereira (2013/2014).

reúnem as pessoas para trabalhar no feitiço de redes de dormir, do bordado ao punho. O terraço é o lugar de chegada, onde se senta para ver o tempo passar, onde normalmente se recebem as visitas.

A “área” também reflete um conhecimento bioclimático enraizado na arquitetura popular sertaneja, o de sombrear. Criando o recuo da fachada, a porta de entrada da edificação encontra-se protegida tanto da radiação solar direta, quanto da chuva. Remetendo aos longos e amplos alpendres das Casas Grandes de Engenho, ainda que em versão mais humilde, em termos de dimensão, o ambiente se configura em um espaço aberto, com conexão direta entre o exterior e interior, porém protegido e mais ameno em relação ao espaço urbano (Figura 28).

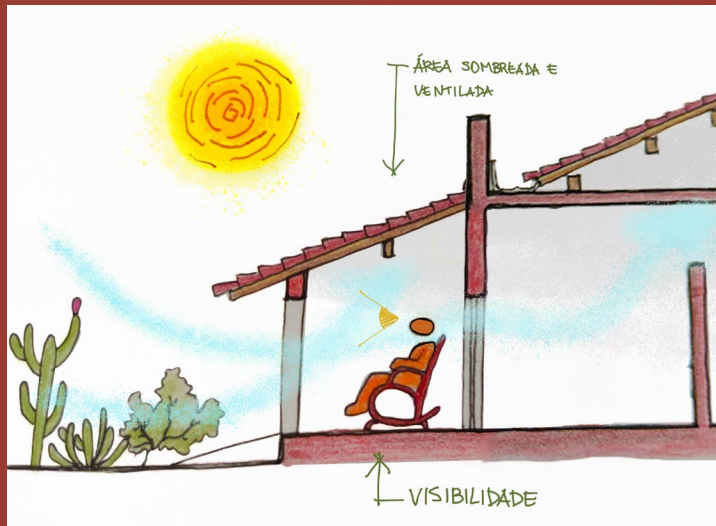


FIGURA 28

O terraço/alpendre, como espaço de transição

Fonte: croqui de Lucas Gomes da Silva, baseado em Lamberts, Dutra e Pereira (2013/2014).

A cozinha, o lugar de receber

Diferentemente das dinâmicas encontradas em residências do litoral, o ambiente de reunião da casa do Semiárido não é a sala de estar, mas sim a área adjacente à cozinha. É nesse espaço onde a família se reúne no dia a dia, não somente para refeições, mas para o convívio. É o lugar de preparo da comida, do café para as visitas. No ambiente rural, o processo de cocção é ainda, muito frequentemente, feito em um fogão à lenha, localizado sob um alpendre afastado da área da mesa, buscando distanciar das visitas a zona de calor. Nas cidades, pela conformação das residências, é muito comum que a sala de estar tenha conexão direta com o ambiente de jantar e cozinha, sendo lido espacialmente como um único ambiente, indissociável (Figura 29).

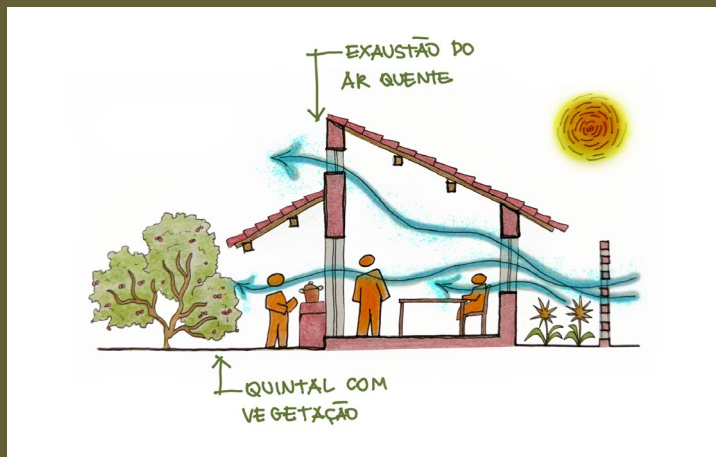


FIGURA 29

A cozinha como ambiente de encontro

Fonte: croqui de Lucas Gomes da Silva, baseado em Lamberts, Dutra e Pereira (2013/2014).

Buscando a criação de um repertório de soluções arquitetônicas e de métodos construtivos utilizados no Semiárido (Clima Tropical Quente e Seco), foi realizada uma pesquisa de campo acerca de tipos construtivos e formas arquitetônicas empregados em habitações unifamiliares construídas ao longo dos últimos 50 anos, na cidade de São Bento/Paraíba.

O intuito dessa etapa de pesquisa não foi mapear todos os diversos tipos construtivos e formas arquitetônicas utilizados no contexto do Sertão nordestino, mas sim buscar o conhecimento de técnicas construtivas e soluções arquitetônicas e urbanas na cidade, no decorrer do tempo. Buscou-se, também, avaliar essas edificações do ponto de vista do bioclimatismo, quanto à eficiência energética e ao conforto ambiental.

A cidade de São Bento localiza-se no Sertão paraibano, a 410 km de distância da capital, João Pessoa (Figura 30), e possui

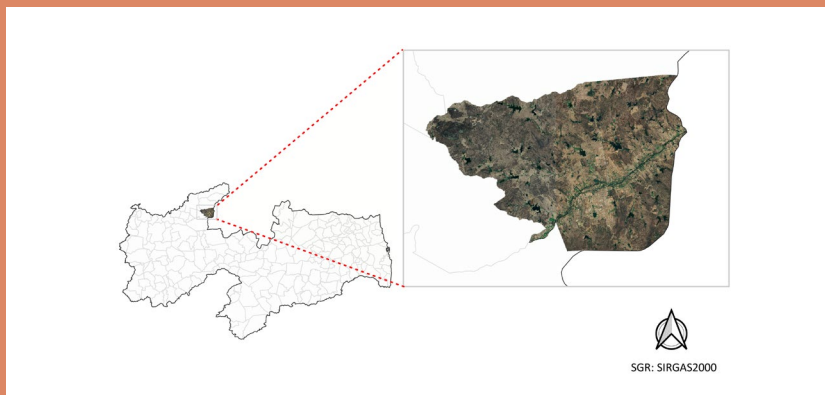


FIGURA 30

Mapa de localização da cidade de São Bento no estado da Paraíba

Fonte: elaborado por Fábio André Ferreira dos Santos (2025), a partir de: Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária – EMPAER e de imagem de satélite do Google Earth.

uma população de 34 mil pessoas (IBGE, 2021). É um importante polo industrial do ramo têxtil no Estado, com ênfase na produção de redes de dormir – mais de 12 milhões por ano, o que lhe atribui o título de “capital mundial das redes” (GI, 2021).

Os estudos consistiram na análise de duas edificações construídas na cidade, em períodos distintos, uma do século xx e a outra na década de 2010.

Tal pesquisa teve o intuito de encontrar recursos que privilegiam o conforto ambiental e o bioclimatismo e que possam ser adotados em construções atuais no Semiárido, além de discutir as razões do abandono de técnicas vernaculares na construção civil, antes atuantes na região. Ressalta-se que esses estudos se encontram disponíveis de maneira detalhada no Trabalho de Conclusão de Curso do qual este volume faz parte, no repositório virtual Attena.

Ao fim da fase projetual, houve o estudo da implantação dos modelos de habitação na cidade de São Bento, visando à análise do comportamento das edificações em função de variáveis climáticas locais. Essa etapa está descrita no capítulo 5 deste livro.



4

O projeto

O projeto arquitetônico consistiu na proposta de dois modelos de residências unifamiliares replicáveis. As edificações foram criadas a partir de uma malha quadrangular que delimita a locação e a dimensão dos ambientes em função da orientação do sol e dos ventos. A partir da malha, houve a avaliação de possível espelhamento das plantas baixas para a composição da quadra, sempre atentando para os preceitos de conforto dos ambientes e ajustando a planta baixa quando necessário.

A Figura 31 mostra um esquema da implantação, com os modelos de habitação espelhados formando a quadra. As habitações em amarelo indicam o modelo de habitação 1, que tem sua frente orientada para direções favoráveis do ponto de vista da ventilação no Semiárido. Já os blocos em marrom claro indicam o modelo de habitação 2, que se orienta para direções desfavoráveis tanto do ponto de vista da ventilação natural, quanto da insolação. Os modelos são espelhados na quadra, sempre fazendo os ajustes necessários para suprir as demandas de

Página anterior:
recorte da proposta
de projeto, abril de 2023
Fonte: modelagem de Lucas
Gomes da Silva.

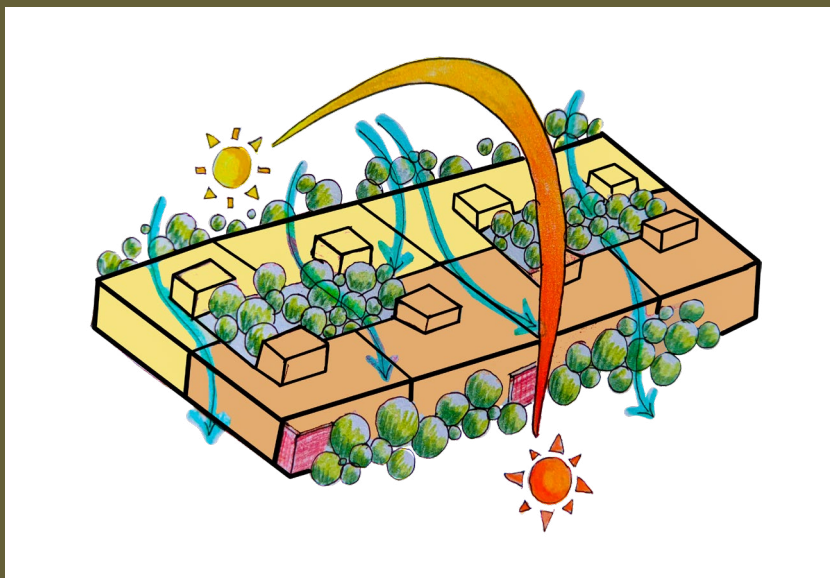


FIGURA 31

Esquema da implantação

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

conforto ambiental nos espaços, como orientando quartos para a direção favorável à ventilação natural (Figura 32).

Para a criação dos modelos de habitação, foram estabelecidas as seguintes diretrizes projetuais para balizar as definições de plantas baixas e de volumetrias:

- Proteger, situando os ambientes de longa permanência, como os quartos e as salas, e suas aberturas para orientações da ventilação predominante (mesmo que essa seja seletiva), além de evitar a sua alocação para o oeste, buscando diminuir a radiação solar direta nesses cômodos

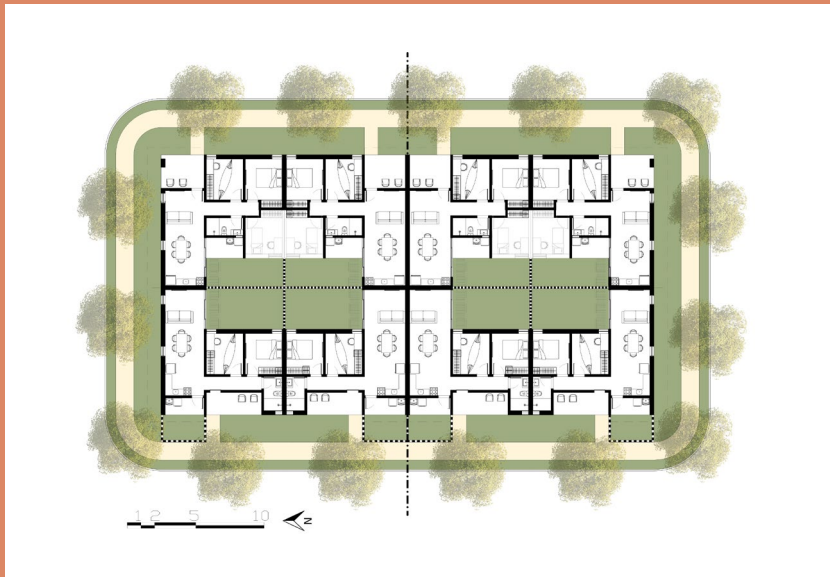


FIGURA 32

Planta baixa da quadra, com os modelos espelhados formando o conjunto

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

- durante o horário da tarde, quando as temperaturas estão mais elevadas.
- Conectar, por meio da criação de terraços de transição, o interior e o exterior da residência, buscando sombrear a entrada da edificação, criando um ambiente de estar com conexão direta com o espaço público.
 - Resguardar, alocando as residências em conjunto, geminadas nas suas laterais, diminuindo a área exposta diretamente à radiação solar ao longo do dia e, consequentemente, a temperatura interna.

- Abrir, criando jardins internos (quintais) nos fundos das edificações, para onde possam ser abertas janelas, permitindo a circulação da ventilação e a iluminação naturais. Tais jardins sendo compostos por vegetação e solo natural.
- Estruturar, utilizando a Taipa de Pilão estrutural na construção das residências, além de tetos verdes e telhados ventilados em telha cerâmica, para promover o isolamento térmico e a diminuição das temperaturas internas.
- Integrar, criando jardins externos às edificações, delimitando os espaços público e privado, de maneira a permitir a permeabilidade visual, além de contribuir para a criação de um microclima local ameno, que contribuirá para o conforto térmico, lumínico e psicológico dos usuários (Figura 33).



FIGURA 33

Vista em perspectiva da implantação, com parte da arborização removida para melhor entendimento

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

- Sustentar, a partir da utilização de sistemas de armazenamento de águas pluviais e reutilização de águas cinzas para a irrigação dos jardins e tetos verdes, além de prever a instalação de painéis solares nos telhados.
- Tais diretrizes foram delimitadas, visando à criação de residências confortáveis e eficientes energeticamente, sem ignorar as práticas culturais e sociais observadas no Semi-árido nordestino, mas as amplificando e as traduzindo para espaços arquitetônicos e urbanos com mais qualidade.

A edificação

As plantas baixas foram criadas a partir da setorização dos ambientes, buscando, sempre que possível, situar os ambientes de longa permanência com aberturas voltadas para as orientações mais favoráveis à ventilação. Foram propostos dois modelos de habitação que são alocados na quadra em função da orientação do terreno.

O modelo de planta 1 corresponde a uma edificação cuja entrada está voltada para as orientações predominantes dos ventos, como leste, sudeste, nordeste e sul. Como programa de necessidades, foram definidos os cômodos-tipo de uma residência popular, sendo eles: sala de estar/jantar, cozinha, banheiro, área de serviço e dois quartos, além da possibilidade da construção de um terceiro quarto previsto no projeto (Figura 34). Esse terceiro quarto pode ser destinado tanto a um possível crescimento do núcleo familiar, como para o estabelecimento de um pequeno negócio, como mercearia ou loja. Essa



FIGURA 34

Planta baixa
do modelo 1

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

possibilidade de expansão do espaço já prevista em planta baixa contribui para um maior ordenamento do espaço, além de diminuir a probabilidade de expansões para áreas destinadas a vazios necessários à salubridade da residência, do ponto de vista do conforto ambiental.

A entrada da residência é integrada ao espaço público por meio de um jardim que delimita o espaço privado sem a existência de muros ou cercas. O primeiro ambiente da residência é o terraço, situado no limite entre o interior e o exterior, atuando como espaço de transição e espaço de estar integrado ao ar livre. O primeiro ambiente interno é a sala de estar, que é integrada à sala de jantar e à cozinha, conformando o espaço social. A partir

da circulação, é possível acessar o núcleo íntimo da residência, com dois quartos se abrindo para o jardim, a leste, e um espaço destinado a um possível novo quarto, abrindo-se para o jardim interno, nos fundos da residência. Entre o núcleo íntimo e o social, é localizado o bloco de serviço, com um banheiro acessado pela circulação e a área de serviço acessada pela cozinha. Nos fundos da edificação, está localizado o jardim interno com o espaço da cisterna. Esse espaço pode ser utilizado como extensão da área de serviço, por exemplo, para secar roupas. A área do jardim interno é delimitada por uma parede de cobogós dividindo os lotes das edificações que se espelham na quadra, permitindo a circulação da ventilação entre as edificações.

As janelas das residências possuem dimensões reduzidas para a diminuição da quantidade de ventilação que adentra os ambientes, especialmente nos períodos secos, quando os ventos aumentam a sensação de calor e estão carregados de poeira. Além disso, seus fechamentos se configuram através de janelas de madeira do tipo veneziana móvel, permitindo um maior controle tanto da ventilação quanto da iluminação dentro dos ambientes (Figura 35). Para a diminuição da radiação solar que entra nos ambientes internos, são usadas soluções de sombreamento das aberturas, como brises, cobogós, pergolados e caramanchões. Parte da fachada é revestida com a pintura de cal branca, que, em função da cor, reflete parte da radiação solar que incide sobre a face da fachada, contribuindo para uma menor transferência de calor pelas paredes de Taipa de Pilão.

Nas esquinas das quadras, o modelo proposto sofre alterações na sua planta para um melhor aproveitamento da iluminação e



FIGURA 35

Fachada leste do modelo de habitação 1, com destaque para os brises sombreando janelas

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

ventilação, com a abertura de janelas e a criação de um amplo beiral apoiado sobre uma estrutura de mãos francesas, para o sombreamento dessas novas aberturas. O jardim frontal também se estende, delimitando a área privativa da edificação na sua lateral (Figura 36).

As salas de estar e jantar, juntamente à cozinha, formam o bloco social da residência, configurando um amplo espaço de convívio. As esquadrias de venezianas interligam o espaço interno ao jardim e são sombreadas por um caramanchão, permitindo a entrada de luz, sem a incidência da radiação solar direta. A área de serviço também se conecta com o espaço interno por meio das esquadrias e pode ser escondida da área social pelos painéis móveis das venezianas, que são do tipo camarão (Figura 37). Ao abrir os ambientes internos para o jardim dos fundos, que tem



FIGURA 36

Perspectiva do modelo 1 na esquina de quadra, com destaque para beiral

Fonte: Lucas Gomes da Silva.



FIGURA 37

Vista interna da sala de jantar e cozinha, com vista para o jardim interno

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

um espaço reduzido, tem-se a diminuição da entrada da ventilação carregada de poeira, além do aumento da umidade advinda da vegetação localizada no quintal.

Além disso, as aberturas localizadas na parte superior da edificação, próximas ao telhado, têm a função de exaustão do ar quente que se acumula nessa região, diminuindo o desconforto térmico nos ambientes, e contribuem com a iluminação natural.

O jardim interno é delimitado por painéis de cobogós que dividem os quintais das edificações, permitindo a permeabilidade da ventilação entre os espaços. A maior parte do espaço não recebe revestimento, mantendo o solo natural, exceto pela área destinada à cisterna, que é revestida em concreto. O espaço permite a criação de pequenos pomares e hortas, como o cultivo da babosa (*Aloe arborescens*), muito utilizada para fins medicinais no Sertão, além de plantas frutíferas, como a aceroleira (*Malpighia glabra*), que garante uma parte de sombra e alimento (Figura 38).

Os quartos são alocados ao final da circulação, com aberturas orientadas para a direção predominante dos ventos, como leste e sudeste. As janelas são do tipo veneziana de madeira móvel, podendo ser fechadas quando a ventilação não for desejada. Esse recurso possibilita que o usuário realize os ajustes necessários em elementos do ambiente para suprir suas necessidades de conforto, criando espaços muito mais resilientes e adaptáveis. A porta dos ambientes é em madeira e possui uma bandeira na parte superior do tipo veneziana, possibilitando a ventilação cruzada no ambiente, mesmo com a porta fechada, sem prejudicar a privacidade dos usuários. O último quarto aproveita o espaço do corredor para alocação do roupeiro, aumentando a área útil



FIGURA 38

Jardim interno, com destaque para varal de roupas

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

dentro do ambiente. A laje do teto verde é aparente, e o pé direito do ambiente é de 2,60m, sem a existência de forro, já que as camadas do teto verde possibilitam um maior isolamento térmico da radiação solar que atinge a cobertura diretamente. As paredes de Taipa de Pilão podem ser aparentes, trazendo um ar de rusticidade, ou revestidas por pintura, permitindo uma maior customização do ambiente pelo usuário (Figura 39).

Para o modelo 2, foi definido o mesmo programa de necessidades utilizado para o modelo 1, excluindo apenas a possibilidade de um novo quarto. A planta baixa do modelo 2 foi definida para uma edificação cuja entrada é voltada para orientações que recebem a radiação solar direta na parte da tarde, como oeste, sudoeste, noroeste e norte. Assim, algumas mudanças no arranjo



FIGURA 39

Vistas do quarto, mostrando roupeiro embutido no espaço do corredor

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

da planta baixa foram necessárias para o funcionamento dos ambientes do ponto de vista do conforto ambiental. O acesso à residência ainda ocorre por meio de um jardim externo, conectando o espaço público ao terraço de entrada. A entrada da edificação está situada na circulação, um ponto de conexão entre as áreas íntimas e sociais. O banheiro está localizado no final da circulação, por onde são acessados, também, os dois quartos, que se abrem para o jardim interno voltado para leste. O bloco social é composto pelas salas de estar e jantar, que se abrem para o jardim interno e são totalmente conectadas à cozinha. A área de serviço se abre para um quintal externo, delimitado por paredes de cobogós, e tem seu acesso pela cozinha.

A setorização na planta baixa buscou resguardar os quartos e a sala de estar da radiação solar direta no período da tarde, além

de orientar suas aberturas para a direção predominante dos ventos (Figura 40).

As aberturas do modelo de habitação 2 também recebem elementos de sombreamento, como *brises* nas janelas dos quartos e *caramanchão* no painel de venezianas da sala. Ressalta-se, entretanto, que tais elementos só serão efetivos para o sombreamento se projetados tendo em vista o devido estudo solar, fazendo uso da carta solar da cidade onde se encontra a edificação.

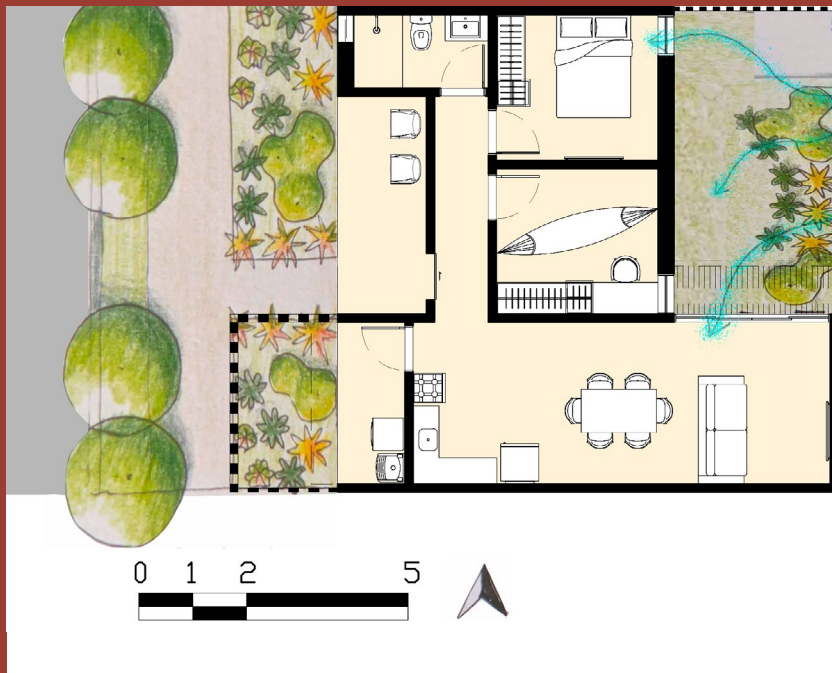


FIGURA 40

Planta baixa
do módulo 2

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

O espaço delimitado pelo painel de cobogós do quintal da área de serviço permite a criação de um lugar para secar roupas, além de permitir a visibilidade para a área externa, situando esse espaço de curta permanência na fachada menos privilegiada do ponto de vista da ventilação (Figura 41).

O segundo modelo de habitação também sofre alterações na sua planta em função da localização na esquina de quadra. Dessa forma, também são criados beirais laterais para o sombreamento de novas janelas dispostas no bloco social da



FIGURA 41

Fachada oeste do modelo de habitação 2, com destaque para painel de cobogós

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

residência, que se abrem para o jardim externo, conectando o interior da residência com o espaço público, permitindo a entrada de iluminação e ventilação naturais, quando estas são desejadas (Figura 42).

As salas de estar e jantar se conectam diretamente com o jardim interno a partir dos painéis de venezianas móveis. Como no modelo 1, a possibilidade de o usuário ajustar elementos do ambiente para suprir suas demandas de conforto ambiental também está presente aqui. Além disso, o contato direto e visual com a vegetação influencia no conforto psicológico dos usuários, além dos demais benefícios já citados das espécies vegetais para o ambiente construído (Figura 43).



FIGURA 42

Perspectiva do modelo 2, com destaque para beiral

Fonte: Lucas Gomes da Silva.



FIGURA 43

Vista da sala de estar para o jardim interno

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

A área do quintal externo, delimitado pelos painéis de cobogó, recebe um tratamento paisagístico com a presença de cactos, como o xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), e de bromélias, como a macambira-de-flecha (*Encholirium spectabile*). Além disso, o solo não apresenta revestimento, mantendo as características naturais, permitindo o crescimento de gramíneas em todo o seu perímetro, além da presença de trepadeiras nos cobogós (Figura 44).

Para o banheiro, tendo em vista a utilização da Taipa de Pilão, optou-se pelo emprego de um revestimento cerâmico na área do box, visando reduzir o contato da estrutura com a água, evitando possíveis infiltrações e danos subsequentes ao conjunto (Figura 45).

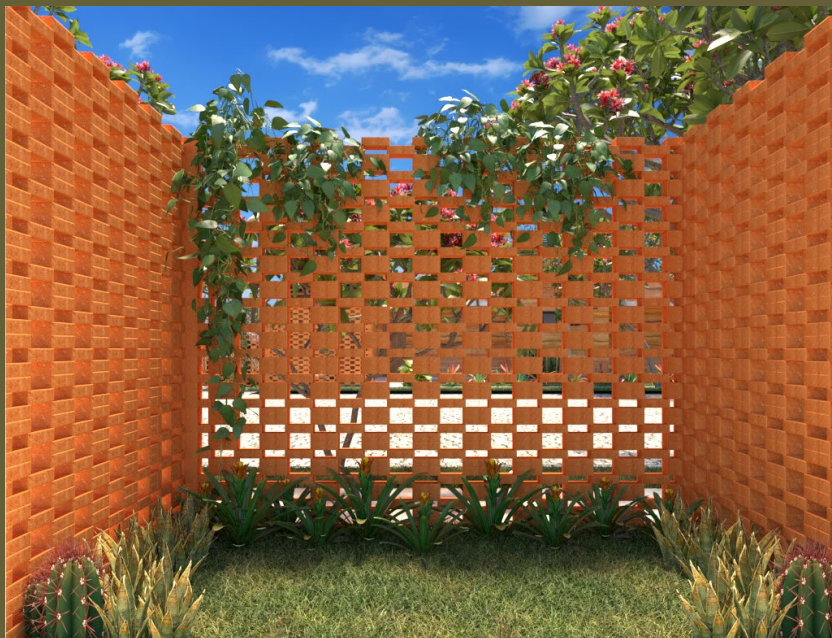


FIGURA 44

Jardim delimitado pelos painéis de cobogó

Fonte: Lucas Gomes da Silva.



FIGURA 45

Vistas internas do banheiro, com destaque para o revestimento na área do box

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

A tectônica da residência

Os sistemas construtivos, elementos arquitetônicos e materiais adotados no projeto das residências foram pensados a partir de uma perspectiva bioclimática. Dessa forma, tanto as envoltórias quanto as cobertas cumprem não só o papel primordial que lhes é atribuído, como fechar e proteger, mas também contribuem diretamente para os aspectos de conforto do ambiente e de eficiência energética.

Nesse sentido, para a estrutura e envoltórias dos modelos de edificação, foi escolhida a técnica construtiva da Taipa de Pilão. A construção com terra contribui diretamente para o conforto térmico no Semiárido devido a sua natureza monolítica. As suas paredes, com uma espessura maior, atuam, aumentando o tempo entre as trocas térmicas (interior e exterior), mantendo os ambientes internos mais frescos por mais tempo. Além disso, a terra é um material de fácil acesso e ecologicamente sustentável, uma vez que, após sua utilização, ele pode voltar para a natureza sem maiores impactos para o meio ambiente. A Taipa de pilão é utilizada tanto como elemento de vedação, como elemento estruturante, uma vez que suas paredes se comportam como monólitos e, ao se adicionar à mistura frações de materiais estabilizantes, como o cimento, a estrutura acaba ganhando muito mais resistência aos esforços de compressão (Arslan; Emiroğlu; Yalama, 2017).

O material mais decisivo na mistura para a estabilização das paredes de taipa é o cimento. O aumento do teor de cimento para estabilização melhorou consideravelmente o

desempenho estrutural, como rigidez inicial, transporte de carga e capacidades de dissipação de energia de paredes de taipa (Arslan; Emiroğlu; Yalama, 2017, p. 440).

No entanto, a utilização da Taipa de Pilão vai de encontro a preconceitos estabelecidos a respeito dessa técnica de construção, como a associação da taipa com o inseto chamado popularmente de barbeiro (*Triatoma infestans*). Porém, tanto as fissuras que aparecem nas paredes, quanto os insetos que se alojam nessas fissuras são consequências da má execução da técnica, além da falta de manutenção adequada. Com a adição de um material estabilizador para a construção com terra, tais soluções construtivas se tornam não somente mais resistentes à compressão, como mais duradouras, aumentando a durabilidade das paredes de taipa com relação à erosão pela água (Arrigoni *et al.*, 2017). Dessa forma, a construção com terra se apresenta como uma alternativa muito mais sustentável na construção civil, diminuindo os resíduos nos canteiros de obras e a emissão de gases do efeito estufa, que são diretamente ligados à utilização de cimento em larga escala na construção (Figura 46).

Para as cobertas dos módulos, foram pensados dois sistemas construtivos distintos (Figura 47) que contribuíssem efetivamente para o conforto ambiental e a eficiência energética da residência, tendo em vista que “a coberta de uma edificação recebe radiação solar direta durante todo o dia e chega a produzir mais de um terço do ganho térmico interno de uma edificação residencial” (Osuna-Motta; Herrera-Cáceres; López-Bernal, 2017, p.43).



FIGURA 46

Exemplo da utilização de taipa de pilão em residência

Fonte: fotografia de André Moraes de Almeida (escritório Azul Pitanga).

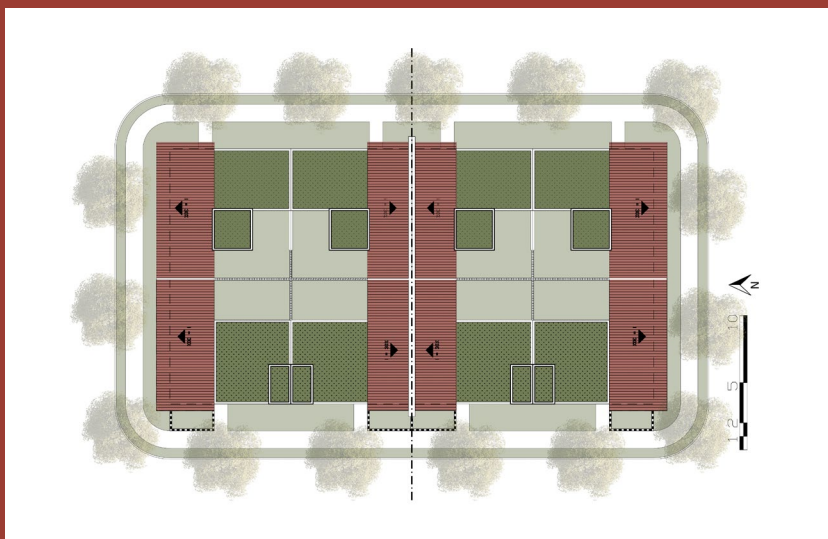


FIGURA 47

Planta de cobertura, destacando os tetos verdes e os telhados cerâmicos

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

Para a área dos quartos, foi escolhida uma laje com o teto verde extensivo, que necessita de menos manutenção e menos água, e, para o bloco de sala e cozinha, um sistema de cobertura composto por um telhado de madeira e telha cerâmica, evocando as cobertas usuais do Semiárido (Figura 48). Na parte mais alta da inclinação do telhado, foram colocadas esquadrias de vidro basculantes, permitindo a exaustão do ar na área da cobertura e protegendo o interior da edificação da chuva.

A escolha do teto verde do tipo extensivo se firma na maior acessibilidade econômica, pois exige menos manutenção e menor investimento financeiro, se comparado a outras técnicas de tetos verdes. Além disso, o teto verde extensivo é composto

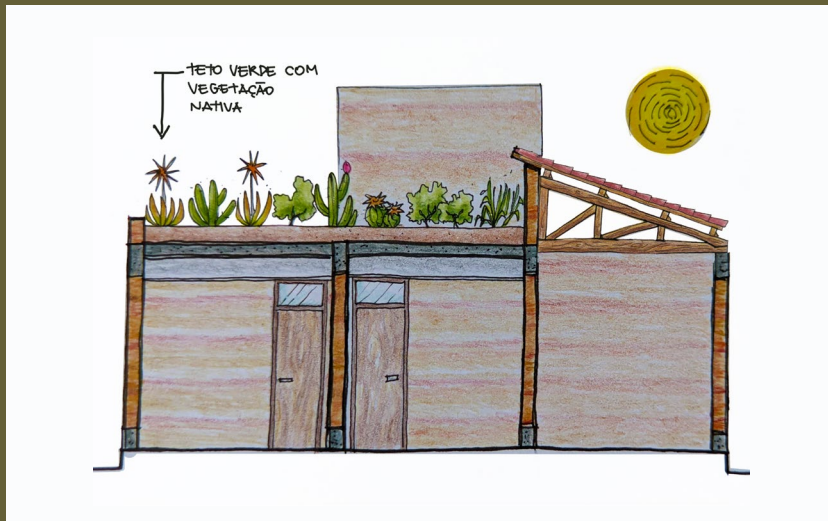


FIGURA 48

Corte mostrando a estrutura das cobertas
Fonte: Lucas Gomes da Silva.

de uma camada de solo mais fina, implicando diretamente um menor peso da estrutura. Devido à menor espessura do sistema, de até 20cm, sem contar a vegetação, tal técnica comporta espécies vegetais menores, variando de gramíneas até pequenos arbustos e cactáceos (Silva; Barbosa, 2018). Outra característica muito interessante desse sistema para o Semiárido é a sua maior autossuficiência no quesito da água, já que as plantas utilizadas, além de ter o tamanho menor, serão nativas do Semiárido, adaptadas a longos períodos de seca. Nesse sentido, o sistema dependerá menos da utilização de recursos hídricos para o seu funcionamento, reduzindo os gastos de água para sua manutenção, mesmo durante os períodos de seca (Figura 49).

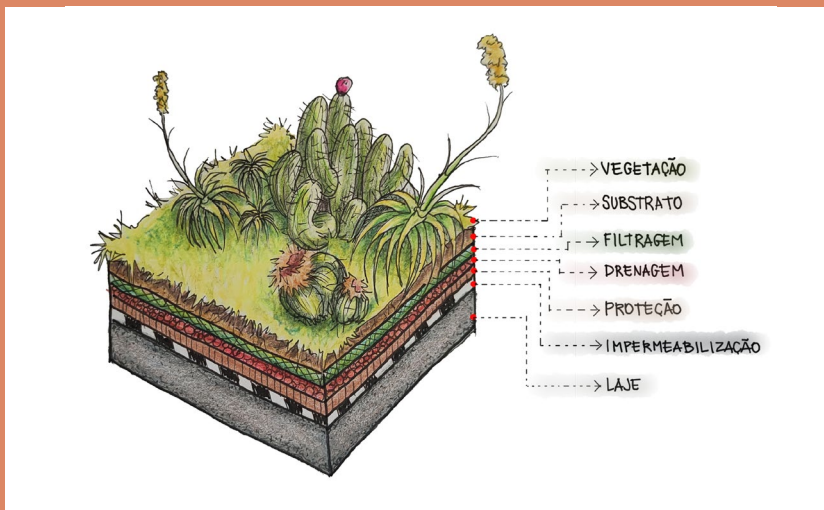


FIGURA 49

Esquema das camadas do sistema de teto verde extensivo

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

A proposta de utilização do teto verde extensivo sobre uma laje de concreto deu-se em função da sua influência sobre o conforto ambiental e aumento da eficiência energética da edificação. Simulações e modelagens em diferentes zonas climáticas “indicam que um único telhado verde pode reduzir a temperatura da superfície do telhado entre 15-45 °C, a temperatura do ar próximo à superfície entre 2-5 °C e o consumo de energia do edifício em até 80%” (Peng; Jim, 2013, p. 599). Além disso, a influência dos tetos verdes na diminuição da temperatura vai além da sua área imediata, e o “uso de tetos jardins em edificações com altura relativamente baixa pode diminuir a temperatura ao nível do pedestre em até 1,7 °C” (Peng; Jim, 2013, p. 598). Dessa forma, a ampliação na utilização das coberturas vegetadas em bairros residenciais horizontais no Semiárido pode contribuir positivamente para a diminuição das temperaturas tanto dentro quanto fora das residências, além de contribuir para o aumento da umidade relativa do ar nas imediações, contribuindo para a criação de microclimas urbanos amenos. Cardoso e Vecchia (2013) ainda ressaltam que:

Para além dos aspetos de construção sustentável, a aplicação de coberturas verdes visa contribuir para a eficiência energética dos edifícios reduzindo o condicionamento artificial e cumprindo os requisitos do conforto ambiental minimizando os valores da temperatura do ar interno e da temperatura superficial do sistema de cobertura (Cardoso; Vecchia, 2013, p. 4).

Já para o bloco destinado à sala e à cozinha, o sistema de cobertura escolhido foi o telhado de madeira com telha cerâmica, com vazios na parte da treliça e na lateral, para a permeabilidade

dos ventos. Essa solução de cobertura foi escolhida pela sua viabilidade, já que cobertas com telha cerâmica são amplamente utilizadas no Semiárido por seu custo-benefício e acessibilidade financeira. Outros tipos de materiais utilizados na cobertura, como as telhas termoacústicas, têm a capacidade de transferir menos radiação para os ambientes internos quando comparados com a telha cerâmica, porém são materiais com custo mais elevado e que requerem mão de obra qualificada para sua instalação, algo que nem sempre pode ser encontrado no Semiárido, dificultando a sua implantação.

Do ponto de vista térmico, o ar quente dentro da residência tende a se acumular, por ser mais leve, na parte superior, próximo às cobertas. Além disso, as cobertas de telha cerâmica são sistemas com baixa inércia térmica, o que significa que o material cerâmico conduz a radiação solar mais rápido para dentro do ambiente, o que é indesejado em clima Semiárido. Nesse sentido, os vazios localizados nas treliças de madeira e as esquadrias de vidro funcionam como exaustores naturais, permitindo a circulação da ventilação natural na área adjacente à cobertura, removendo o ar quente acumulado e renovando o ar nessa área (Figura 50).

Para permitir a viabilidade dessas aberturas, no entanto, é necessária a instalação de telas contra insetos e outros tipos de animais, permitindo a segurança da residência, sem comprometer o conforto interno. Além disso, visando diminuir ainda mais a temperatura interna das residências, podem ser instaladas mantas térmicas no telhado, isolando os ambientes da radiação que atinge a cobertura, minimizando a transferência do calor para o interior (Figura 51).

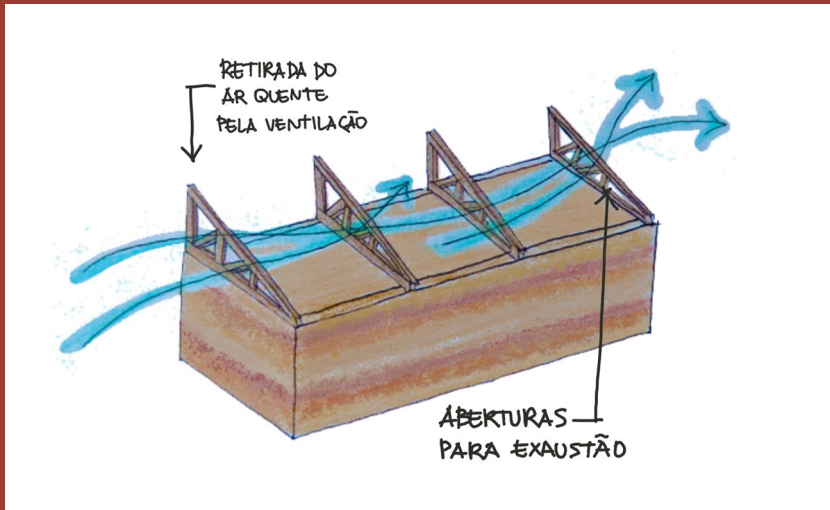


FIGURA 50

Esquema da ventilação no telhado

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

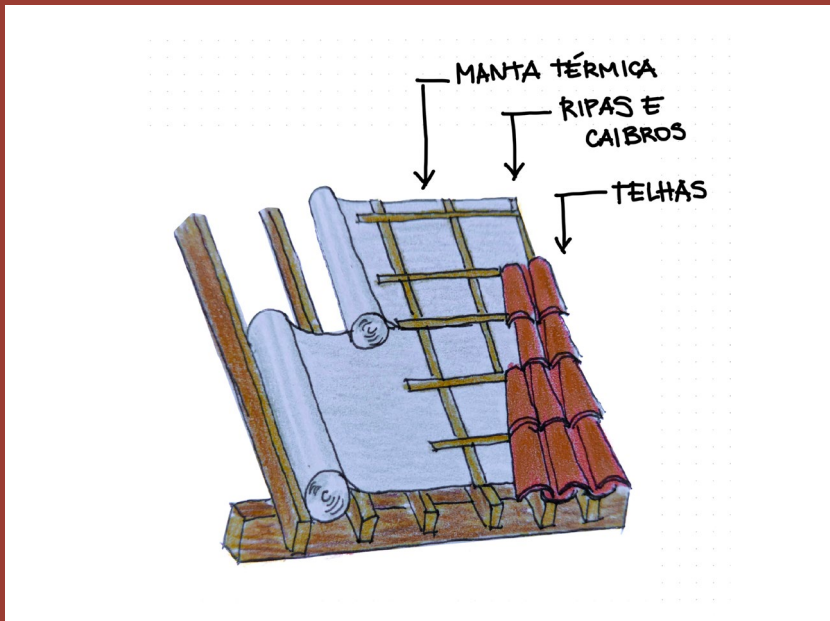


FIGURA 51

Esquema de instalação de mantas térmicas no telhado

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

Os aspectos urbanos

A parte urbana da proposta também foi trabalhada buscando o conforto ambiental, em especial, suas calçadas, jardins e passeios públicos. A dimensão proposta para as calçadas foi de 2 metros de largura, sendo dividida em área de circulação e faixa de serviço. A área destinada à circulação de pedestres possui a dimensão de 1,30m de largura e foi trabalhada para garantir a acessibilidade do conjunto, com rampas de acesso nas extremidades das quadras. O material de revestimento escolhido para os passeios foi a pedra Cariri, que é um revestimento poroso e antiderrapante de fácil acesso no Semiárido, pois possui suas jazidas nos Estados do Ceará e Pernambuco.

Já a área delimitada para a faixa de serviço das calçadas possui a dimensão de 0,70m de largura e destina-se a receber sistemas de infraestrutura – água e esgoto, iluminação pública e arborização urbana, para sombrear os passeios públicos e aumentar a umidade dos recintos urbanos. Os indivíduos arbóreos escolhidos para os espaços públicos são espécies nativas, que estão evolutivamente adaptadas ao clima e às suas particularidades, como também espécies exóticas que sejam adaptadas ao ambiente Semiárido. As espécies escolhidas foram a catingueira (*Poincianella pyramidalis*), o juazeiro (*Ziziphus joazeiro*), o ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*), a barriguda (*Ceiba glaziovii*), o pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) e a jurema-branca (*Mimosa artemisiana*). Além disso, foram escolhidas espécies frutíferas para sustentar uma maior biodiversidade no local, além de sua capacidade de manter as folhas mesmo na época

de seca, propiciando sombra durante a estação mais rigorosa, tais como a aceroleira, cajueiro, limoeiro e umbuzeiro (Figuras 52 e 53).

Para os jardins externos, que delimitam o espaço da residência e da área urbana, e os jardins internos, foi pensado um paisagismo orgânico, com a utilização de espécies vegetais nativas e exóticas para compor os espaços, com diversas cores, cheiros e texturas. As espécies foram escolhidas em função da sua adaptação ao clima quente e seco, sendo capazes de sobreviver aos eventos de seca sazonais. Foram escolhidos cactáceos, como o



FIGURA 52

Jurema (*Acacia jurema*)

Fonte: fotografia de Lucas
Gomes da Silva, 2025.



FIGURA 53

Juazeiro (*Ziziphus
joazeiro*)

Fonte: fotografia de Lucas
Gomes da Silva, 2025.

mandacaru (*Cereus jamacaru*), o xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), a palmatória (*Tacinga palmadora*), o rabo-de-raposa (*Arrojadoa rhodantha*) e a coroa-de-frade, além de bromeliáceas, como a gravatá (*Bromelia antiacantha*) e a macambira-de-flecha (*Encholirium spectabile*) e da palmeira carnaúba (*Copernicia prunifera*) (Figuras 54 a 57). Para os tetos verdes, foram escolhidas vegetações rasteiras, herbáceas e suculentas como as jitiranas (*Ipomoea cairica*), o maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata*), a mucunã (*Dioclea grandiflora*) e a babosa (*Aloe vera*).



FIGURA 54

Mandacaru (*Cereus jamacaru*)

Fonte: fotografia de Lucas Gomes da Silva, 2022.

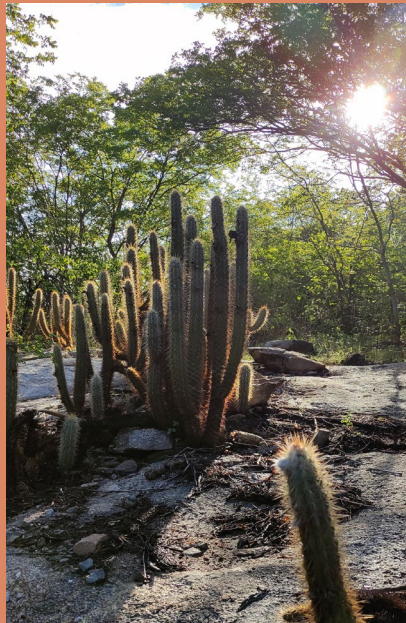


FIGURA 55

Xique-xique (*Pilosocereus gounellei*)

Fonte: fotografia de Lucas Gomes da Silva, 2022.



FIGURA 56

Macambira-de-flecha (*Encholirium spectabile*)

Fonte: fotografia de Lucas Gomes da Silva, 2025.



FIGURA 57

Carnaúba (*Copernicia prunifera*)

Fonte: fotografia de Lucas Gomes da Silva, 2025.

A variedade da vegetação escolhida para o projeto ocorre tanto em função da beleza para a composição dos jardins, como para o aumento da biodiversidade nos ambientes urbanos, criando pequenos ecossistemas conectados com as áreas de mata da Caatinga, promovendo o conforto ambiental e a sustentabilidade dos centros urbanos e contribuindo para a criação de microclimas amenos.

Sistemas sustentáveis

Tendo em vista as secas sazonais que assolam a região Nordeste e, em particular, o perímetro do Semiárido, foi proposto um sistema de reaproveitamento das águas da chuva, tanto para a manutenção da vegetação dos jardins e tetos verdes, quanto para serviços domésticos, como lavar a casa e descargas dos banheiros. Essa água seria coletada por meio de um sistema de calhas instaladas nos telhados das residências, bem como drenada a partir do teto verde, e seria conduzida até uma cisterna específica para o armazenamento da água da chuva, localizada no jardim interno das habitações, visando ao máximo aproveitamento do recurso (Figuras 58 e 59).

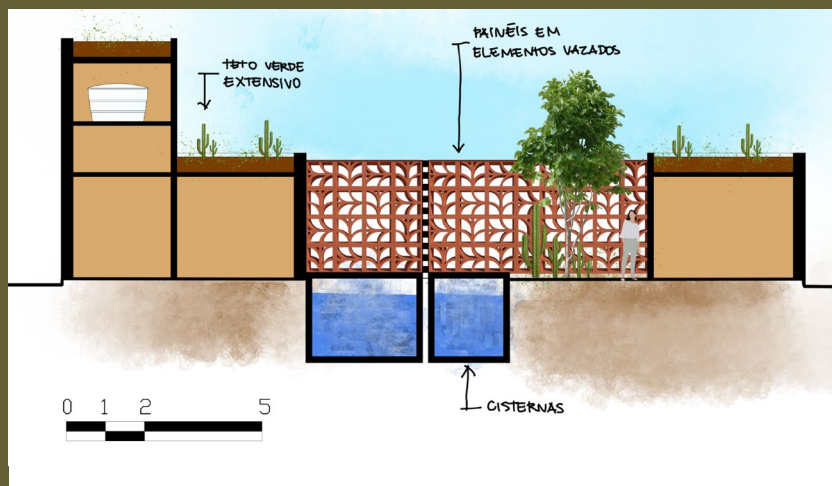


FIGURA 58

Corte longitudinal nos modelos mostrando as cisternas e os tetos verdes

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

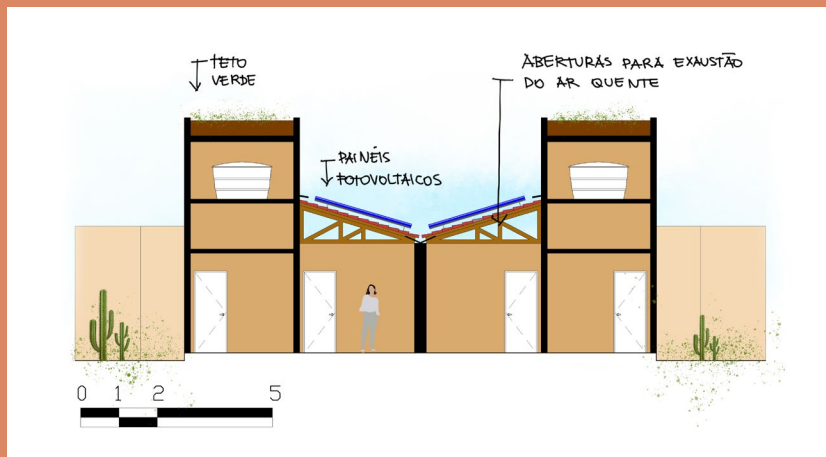


FIGURA 59

Corte mostrando a calha nos telhados, a caixa d'água e os painéis fotovoltaicos

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

Além do sistema de coleta de água, foi proposto o uso de painéis fotovoltaicos para a geração de energia elétrica, diminuindo o consumo da rede elétrica pública e o gasto com contas de luz. Os painéis seriam instalados nos telhados cerâmicos, seguindo a sua inclinação, aproveitando o máximo de suas áreas para a alocação das placas.

Aliando as novas tecnologias responsáveis pelo aumento do caráter sustentável das habitações aos conceitos da arquitetura vernacular e do bioclimatismo, podemos construir cidades mais inteligentes e climaticamente responsáveis, respeitando as tradições seculares que se firmam nas culturas locais e as conectando com a realidade tecnológica do século XXI, enfatizando as características positivas de ambas as abordagens.



5

Replicação

Após a definição do projeto arquitetônico e urbano, foi escolhida a cidade de São Bento, Paraíba, inserida no Clima Tropical Quente e Seco, para o estudo e análises do comportamento do projeto frente às especificidades locais. A escolha de uma cidade em específico se faz necessária, pois, mesmo que o projeto seja adaptado ao clima Semiárido, é preciso levar em consideração as características geográficas específicas para sua implantação, como orientação das aberturas e as variáveis climáticas: temperatura do ar, umidade relativa do ar, pluviosidade e velocidade e direção predominante dos ventos. Além disso, para a criação da máscara de sombra das aberturas, é necessário trabalhar com a carta solar, que é exclusiva para cada latitude.

Do ponto de vista da ventilação natural, a estação meteorológica tomada como exemplo para este estudo registra a predominância dos ventos em três orientações ao longo do ano (Inmet, 2010) (Figura 6o). O vento vem predominantemente de nordeste durante os meses de janeiro e março, meses que apresentam a umidade relativa um pouco maior, juntamente a índices de

Página anterior:
vista panorâmica de
São Bento/PB, 2022
Fonte: fotografia de Lucas
Gomes da Silva.

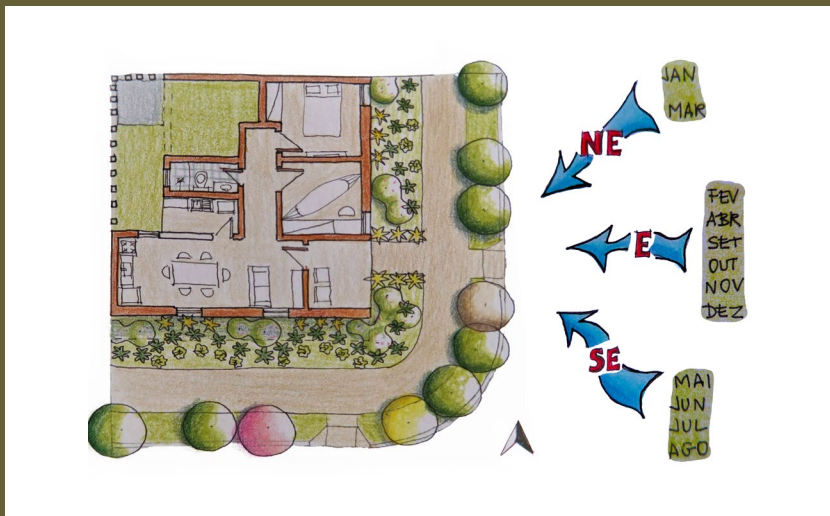


FIGURA 60

Direções predominantes do vento na estação meteorológica de São Gonçalo durante o ano
Fonte: Lucas Gomes da Silva.

precipitação mais elevados. Dessa forma, aberturas orientadas para nordeste favorecem o conforto nessa região, pois recebem a ventilação durante um período menos seco, trazendo mais umidade para dentro da residência. Já durante os meses de fevereiro, abril, setembro, outubro, novembro e dezembro, a ventilação ocorre predominantemente de leste. Assim, essa orientação recebe ventilação tanto em épocas úmidas e chuvosas, quanto em períodos mais secos e quentes, sendo necessária a utilização de elementos que filtrem a poeira carregada pelo vento, como venezianas, cobogós e a vegetação arbórea. A última orientação predominante da ventilação é a sudeste, que tem o seu destaque nos meses de maio, junho, julho e agosto. Estes meses possuem

médias pluviométricas mais baixas, além de apresentarem as menores temperaturas do ano, especialmente durante o inverno. Dessa maneira, aberturas orientadas para essa direção precisam trabalhar com elementos de fechamento, diminuindo a passagem do vento mais frio.

É importante ressaltar, no entanto, que a ventilação se comporta como um fluido, logo, pode variar de direção em função de obstáculos presentes no sítio, como edificações, morros ou encostas, sendo necessário um estudo das características físicas do local, visando ao estabelecimento da ventilação predominante no terreno.

Comportamento solar

Para os estudos do comportamento do sol ao longo do ano na cidade de São Bento, foi utilizada a carta solar criada para a Latitude $6^{\circ}28'08.3''\text{S}$, por meio do programa computacional SOL-AR. Além disso, foram feitos estudos da variação do sol durante os solstícios a partir de maquetes digitais dos dois modelos de habitação, utilizando o programa Sketchup, em sua versão para estudantes. Para tal simulação, foram inseridos, nos arquivos, os dados da latitude e longitude referentes à cidade de São Bento.

As imagens criadas para o modelo de habitação 1 referem-se aos dias 21 de junho e 21 de dezembro, respectivamente, solstícios de inverno e de verão no hemisfério sul, às 09 horas da manhã (Figura 61). Na imagem referente ao solstício de inverno, é perceptível a falta de sombreamento nas fachadas leste e norte, devido à posição mais ao norte do caminho aparente do sol e em

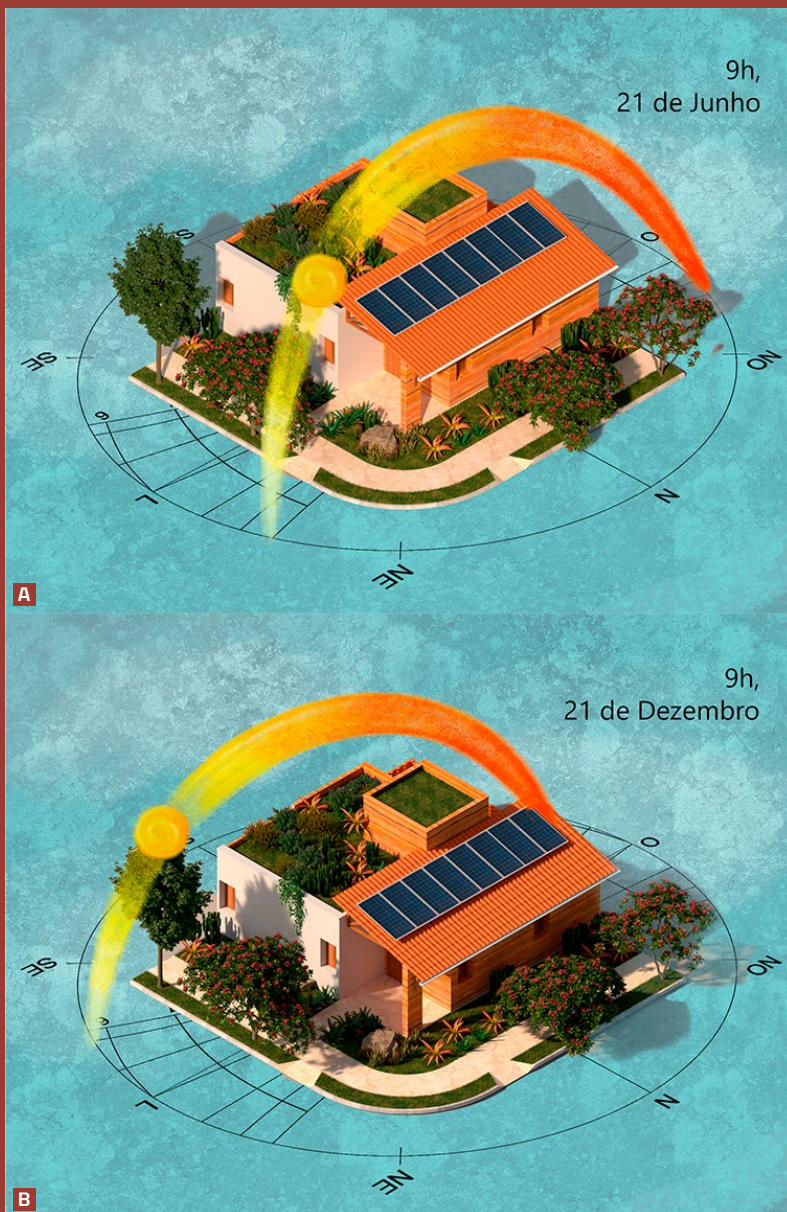


FIGURA 61

Trajetória solar no modelo de habitação 1 durante os solstícios de inverno (a) e de verão (b), às 9h

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

virtude do horário. Já na imagem correspondente ao solstício de verão, a fachada norte encontra-se sombreada pela própria edificação, pois o percurso do sol na abóboda celeste ocorre direcionado ao sul. Porém, a fachada leste continua com a incidência direta da insolação, que pode ser atenuada com a presença de vegetação arbórea e elementos sombreadores nas aberturas, a exemplo de brise horizontal.

Também foi simulado o comportamento do sol para o modelo de habitação 2 durante os solstícios de inverno e verão, às 15 horas (Figura 62). Durante o solstício de inverno, às 15 horas, a fachada oeste recebe insolação direta, especialmente no terraço e na área de serviço. O mesmo ocorre com parte da fachada norte, que apresenta, no entanto, parte de sua extensão sombreada pelo beiral da coberta de telha cerâmica. Já no solstício de verão, quando o percurso aparente do sol ocorre voltado ao sul na abóboda celeste, a edificação acaba gerando sombreamento em si mesma, especialmente na fachada norte. Trechos da fachada oeste também recebem sombreamento advindo das reentrâncias e saliências presentes na fachada.

Por meio dos estudos realizados com o auxílio da ferramenta computacional, foi possível definir as aberturas dos ambientes que precisariam de elementos sombreadores, visando à diminuição da entrada de radiação solar direta no seu interior. No modelo de habitação 1, a janela escolhida foi a de um dos quartos, voltada a leste, por se localizar em um ambiente de longa permanência e receber radiação solar direta durante todo o ano pela manhã. Para o modelo de habitação 2, foi escolhida uma das janelas do bloco social, por se localizar na sala de estar,

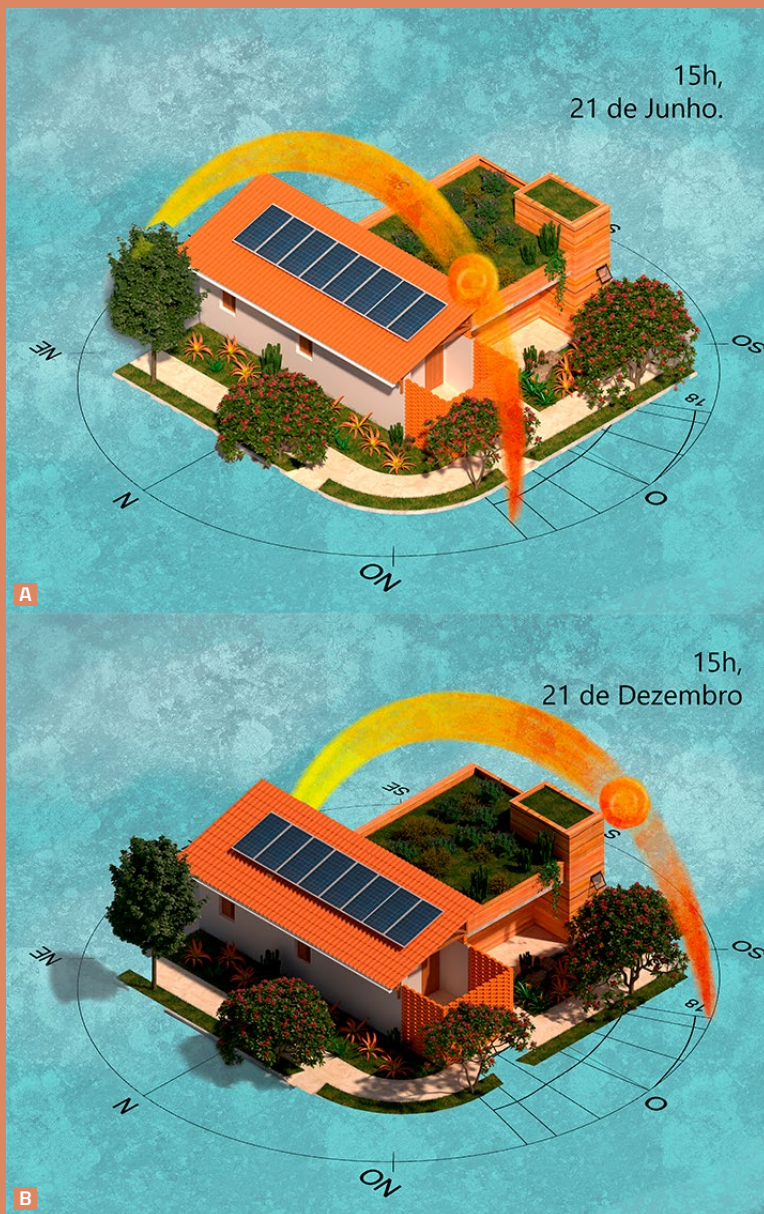


FIGURA 62

Trajetória solar no modelo de habitação 2 durante os solstícios de inverno (a) e de verão (b), às 15h

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

orientada para norte, e receber insolação direta durante um período do ano.

O elemento sombreador escolhido para a janela do quarto do modelo de habitação 1 foi um brise em chapa de concreto. Para a definição do desenho de um brise, faz-se o uso da carta solar para a latitude do sítio, determinando o período desejado de proteção a partir de uma dada orientação. Em seguida, são determinados os valores dos ângulos referentes às alturas solares (alfa e gama) e aos azimutes (beta), quando necessários. Com esses dados, é possível desenhar o brise ou o conjunto de *brises* que satisfaça às necessidades de sombreamento da abertura, indicando as suas dimensões.

Para a janela do quarto, foi definido que o brise deve sombrear a abertura a partir das 9 horas e 30 minutos, pois o sol do início da manhã é bem-vindo nos ambientes. O brise horizontal projetado faz sombra na abertura escolhida em todos os meses do ano, aproximadamente das 9 horas e 30 minutos até o meio-dia, com exceção do mês de junho, quando protege a partir das 10 horas e 15 minutos, aproximadamente. A partir do meio-dia, a própria edificação faz sombra na abertura voltada a leste, devido à trajetória solar (Figura 63). Para a sustentação do brise, foram propostos tirantes de cabos em aço para a sustentação.

Já para a abertura localizada na sala do modelo de habitação 2, o elemento sombreador foi o próprio beiral da residência, que foi alongado, em profundidade, para permitir um maior sombreamento das janelas voltadas ao norte. O beiral proposto promove sombra nos seguintes horários e meses: das 7 horas e 30 minutos até as 17 horas e 30 minutos, aproximadamente, nos meses de

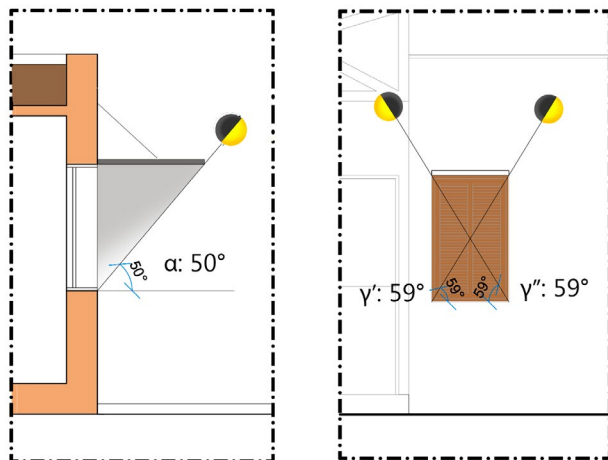
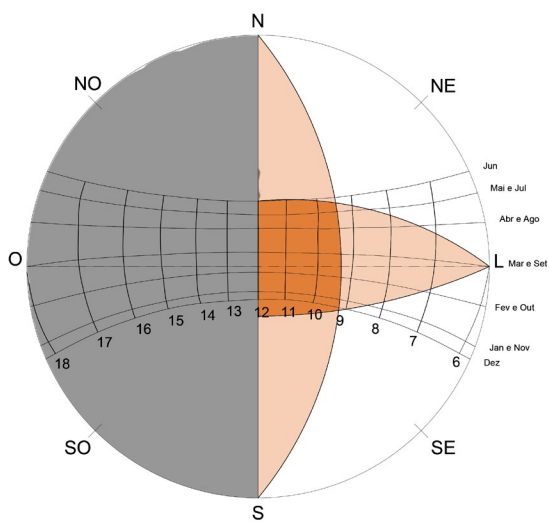


FIGURA 63

Máscara de sombra para a janela do quarto do modelo de habitação 1, com ângulos medidos em corte e fachada leste, com detalhe do tirante para sustentação

Fonte: Lucas Gomes da Silva.



março, abril, agosto e setembro; das 8 horas até as 16 horas, nos meses de maio e julho; e das 9 horas até as 15 horas, aproximadamente, no mês de junho. Nos demais meses do ano, a própria edificação gera sombra na janela analisada. O elemento, portanto, produz sombra na janela durante o período mais quente do dia, quando a incidência solar é mais alta (Figura 64).

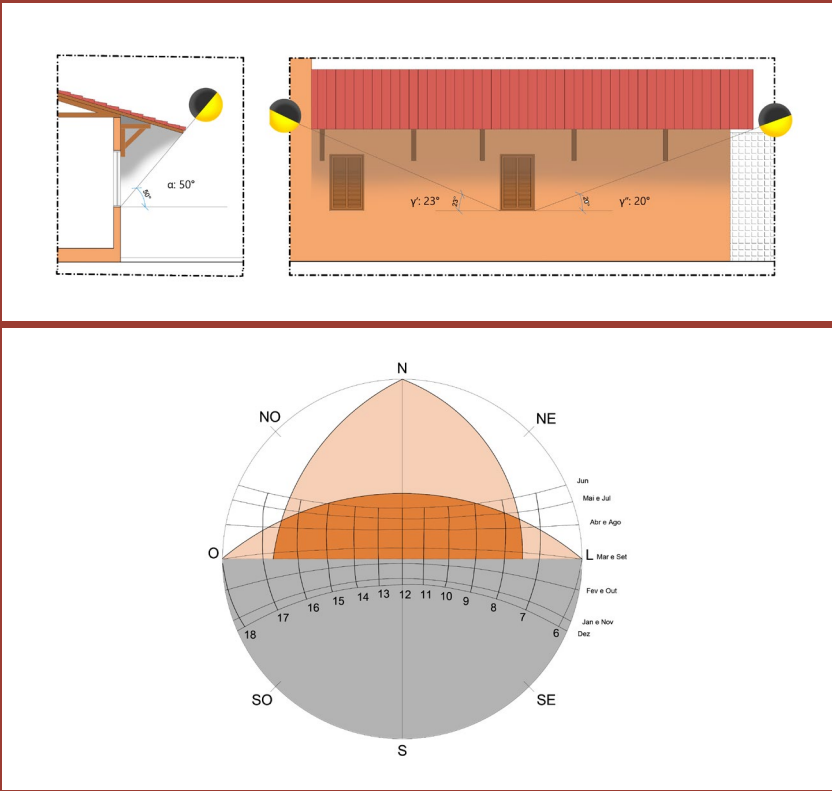


FIGURA 64

Máscara de sombra para a janela da sala de modelo de habitação 2, com ângulos medidos em corte e na fachada norte

Fonte: Lucas Gomes da Silva.

Por meio da proposição de elementos sombreadores para as aberturas, portanto, é possível diminuir a incidência solar dentro dos ambientes das residências, diminuindo a temperatura interna sem comprometer a iluminação e a ventilação natural.



Considerações finais

O presente trabalho buscou criar modelos de habitação para o Semiárido nordestino, avaliados para diversas orientações, com foco na proposição de residências adaptadas a esse clima, visando auxiliar profissionais no projeto de edificações mais resilientes, diminuindo os impactos antrópicos da área de construção civil e os gastos energéticos do setor residencial.

É necessário enfatizar a importância de estudos bioclimáticos para a proposição de projetos mais adequados climaticamente aos seus sítios, diminuindo-se a dependência de sistemas artificiais para a manutenção do conforto ambiental e do bem-estar do usuário. Nesse sentido, preconizar a utilização de técnicas construtivas e materiais locais na construção civil é de extrema relevância para a diminuição das emissões antrópicas, tanto no canteiro de obras como durante a utilização da edificação.

Uma das técnicas construtivas mais promissoras para a construção em climas Semiáridos é a taipa de pilão. Como pontos positivos, cita-se a diminuição da temperatura interna por meio da sua maior inércia térmica, além do caráter sustentável

Página anterior:
lajedo de pedra em meio
à caatinga, em época de
seca, 2017
Fonte: fotografia de Lucas
Gomes da Silva.

da taipa, já que se utiliza da terra presente no próprio canteiro de obras, diminuindo o gasto energético com o transporte e a utilização de outros materiais, como o tijolo.

Ressalta-se a importância de legislações específicas relacionadas às questões climáticas, como o aperfeiçoamento do zoneamento bioclimático brasileiro e o estabelecimento de parâmetros urbanísticos e arquitetônicos, visando à promoção de uma maior sustentabilidade e eficiência energética nas edificações. É necessário pontuar, também, a falta de legislação para a construção civil em cidades do interior, sendo indispensável um esforço do poder público para o estabelecimento e a fiscalização da implementação de tais normas construtivas.

Além disso, é imperativa a proposição de projetos que levem em consideração as premissas bioclimáticas não só na escala arquitetônica, como também na urbana, integrando os espaços públicos e privados de maneira a promover o conforto ambiental em ambos os recintos.

Por fim, o presente trabalho constatou que é possível construir no Semiárido com um maior protagonismo de soluções bioclimáticas e sustentáveis, conciliando as questões de conforto ambiental com as necessidades dos usuários, sem esquecer fatores culturais e regionais que configuram o morar no Sertão.



Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Monitor de Secas*: dezembro de 2016. Disponível em: <https://monitordesecas.ana.gov.br/mapa?mes=12&ano=2016>. Acesso em: 26 jan. 2025.

AGUIAR, Ricardo Schinaider de. Os diversos ângulos da Caatinga. *ComCiência*, n. 149, 2013. Disponível em: <http://comciencia.scielo.br/pdf/cci/n149/14.pdf>. Acesso em: 22 set. 2022.

ALBUQUERQUE, J. P. T; RÊGO, J. C. O Semiárido Brasileiro: aspectos gerais. In: GALVÃO, C. O. et al. *Recursos hídricos para a convivência com o Semiárido*: abordagens por pesquisadores no Brasil, Portugal, Cabo Verde, Estados Unidos e Argentina. Porto Alegre: ABRH; Recife: Ed. Universitária da UFPE. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/gaia/article/view/31831/19308>. Acesso em: 8 ago. 2022.

ALMEIDA, Caliane Christie Oliveira de; DAL AGNOL, Bruna. Patrimônio vernáculo: contribuições para uma arquitetura mais sustentável. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS (SICS), 5., 2016, Passo Fundo. *Anais eletrônicos [...]*. Passo Fundo: Imed, 2016. Disponível em: <http://docplayer.com.br/75271287-Patrimonio-vernaculo-contribuicoes-para-uma-arquitetura-mais-sustentavel.html>. Acesso em: 10 de set. 2022.

ALVARENGA, M. A. A. *Arquitetura de terra: técnicas construtivas*. Belo Horizonte, 1984.

Página anterior:
recorte da proposta de
projeto, com destaque
para a cadeira de
balanço

AMÂNCIO, Adriana. ASA cobra validação dos dados e adiamento para 2023 da portaria sobre a nova delimitação do Semiárido. ASA, 2020. Disponível em: https://www.asabrasil.org.br/noticias?artigo_id=11242. Acesso em: 2 set. 2022.

ARAÚJO FILHO, J. C. de. *Relação solo e paisagem no Bioma Caatinga*. Artigo publicado no Repositório Alice da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), [s. l.], 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/896995/1/CoelhoXIVSBGFA1.pdf>. Acesso em: 12 set. 2022.

ARRIGONI, A.; GRILLET, A. C.; PELOSATO, R.; DOTEILLI, G.; BECKETT, C. T. S.; WOLOSZYN, M.; CIANCIO, D. Reduction of rammed earth's hygroscopic performance under stabilization: an experimental investigation. *Building and Environment*, [s. l.], v. 115, p. 358-367, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132317300513>. Acesso em: 15 jul. 2022.

ARSLAN, Mehmet Emin; EMIROĞLU, Mehmet; YALAMA, Ahmet. Structural behavior of rammed earth walls under lateral cyclic loading: a comparative experimental study. *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 133, p. 433-442, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/312456842_Structural_behavior_of_rammed_earth_walls_under_lateral_cyclic_loading_A_comparative_experimental_study. Acesso em: 21 fev. 2023.

ASCOM UFAL. LAPIS utiliza metodologia inédita para monitorar processo de desertificação no Brasil. UFAL, Maceió, 1º jul. de 2019. Disponível em: <https://ufal.br/ufal/noticias/2019/7/lapis-utiliza-metodologia-inedita-para-monitorar-processo-de-desertificacao-no-brasil>. Acesso em: 21 jan. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 15220-3:2005: desempenho térmico de edificações: parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

AZERÊDO, Jaucele de Fátima Ferreira Alves de. *Verde que te quero confortável: a contribuição da arborização urbana para o conforto termoambiental, ao nível do usuário pedestre*. 2017. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível

em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/30475>. Acesso em: 13 set. 2022.

BAI, Xuemei et al. Six research priorities for cities and climate change. *Nature*, v. 555, n. 7694, p. 23-25, mar. 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-018-02409-z>. Acesso em: 15 ago. 2022.

CARDOSO, G. T.; VECCHIA, F. Thermal Behavior of Green Roofs Applied to Tropical Climate. *Journal of Construction Engineering*, [s. l.], v. 2013, article ID 940386, p. 1-7, 2013. Disponível em: <https://downloads.hindawi.com/archive/2013/940386.pdf>. Acesso em: 1º ago. 2022.

COSTA, Lucio. *Arquitetura*. 4. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2006.

CUNHA, Euclides da. *Os Sertões*. São Paulo: Três, 1984.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). BEN 2022: Balanço Energético Nacional 2022: Ano base 2021: Síntese. Brasília, DF: EPE, 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_s%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acesso em: 6 jul. 2022.

ESPÍNDOLA, Isabela Battistello; RIBEIRO, Wagner Costa. Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros. *Cadernos Metrópole*, São Paulo, v. 22, n. 48, p. 365-395, maio/ago. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cm/a/zy47nwvqJFMFCFCx7Q9hywn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 ago. 2022.

FERNANDES, J. E. P. *O contributo da arquitectura vernacular portuguesa para a sustentabilidade dos edifícios*. 2012. Dissertação (Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2012. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/24769>. Acesso em: 4 set. 2022.

FERREIRA, Antonio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, [s. l.], v. 1, n. 1, 2005. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25215>. Acesso em: 10 set. 2022.

FREITAS, R. *Entre mitos e limites: as possibilidades de adensamento construtivo face à qualidade de vida no ambiente urbano*. Recife: Ed. Universitária UFPE, 2009.

FREITAS, Ruskin. O que é conforto. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 2005, Maceió. *Anais [...]*. Maceió: Antac, 2005. p. 726-735. Disponível em: <https://ruskinfreitas.files.wordpress.com/2010/08/o-que-c3a9-conforto.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2022.

G1 PARAÍBA. Capital mundial das redes: São Bento é a principal exportadora e uma das grandes produtoras têxteis da Paraíba. *G1*, 4 maio 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/especial-publicitario/fiep/espaco-da-industria/noticia/2021/05/04/capital-mundial-das-redes-sao-bento-e-a-principal-exportadora-e-uma-das-grandes-produtoras-texteis-da-paraiba.ghtml>. Acesso em: 5 mar. 2025.

GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION (GLOBALABC). *2020 global status report for buildings and construction*. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2020. Disponível em: <https://globalabc.org/news/launched-2020-global-status-report-buildings-and-construction>. Acesso em: 8 ago. 2022.

GOMES, João Carlos Costa; SCHWENGBER, José Ernani. Sustentabilidade: evolução conceitual e aplicações na história recente. In: PILLON, Clênio Nailto et al. *Princípios para conservação e uso sustentável dos recursos naturais e da biodiversidade: bases teóricas para processos de capacitação*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2020. p. 9-13. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 490). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220611/1/Doc490-Sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 5 set. 2022.

GUERRA, Ignez Amélia Leal Teixeira. Tipos de clima do Nordeste. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 4, p. 449-496, out./dez. 1955. Disponível em: <https://rbg.ibge.gov.br/index.php/rbg/article/view/2016>. Acesso em: 4 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Biomass e Sistema Costeiro-Marinheiro do Brasil: compatível com a escala 1:250.000*. Rio de Janeiro:

IBGE, 2019. (Série Relatórios Metodológicos, v. 45). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/biomas/#/home>. Acesso em: 5 mar. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Mapa de clima do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 1 mapa. Escala 1:5.000.000. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_clima_2002.pdf. Acesso em: 26 jan. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Produto interno bruto dos municípios*: 2012. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. (Contas Nacionais, n. 43). Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Pib_Municipios/2012/pibmunic2012.pdf. Acesso em: 1º set. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). *Normais climatológicas*. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 10 out. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). *Normais climatológicas 1961-1990: Precipitação acumulada mensal e anual*. Disponível em: https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1961-1990/precipitacao_acumulada_mensal_anual. Acesso em: 26 jan. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). *Normais Climatológicas 1961-1990: Precipitação acumulada mensal/anual*. Disponível em: https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1961-1990/precipitacao_acumulada_mensal_anual. Acesso em: 8 set. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO (INSA). *Delimitação do Semiárido Brasileiro*: 2024. Campina Grande: Insa, 2024. 1 mapa. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/centrais-de-conteudo/mapas/mapas-em-pdf/delimitacao-do-semiarido-brasileiro-2024.pdf/view>. Acesso em: 26 jan. 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR MIGRATION (IOM). *Migration, environment and climate change: assessing the evidence*. Geneva: International Organization for Migration, 2009.

LACERDA, Francis; NOBRE, Paulo. Aquecimento global: conceituação e repercussões sobre o Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 14-17, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232653/26666>. Acesso em: 26 set. 2022.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo: PW Editores, 1997.

LEMONS, C. A. C. *Alvenaria burguesa*. São Paulo: Nobel, 1989.

LOPES FILHO, F. *Diagnostico do Semi-Árido nordestino*. Petrolina: Embrapa, 1995. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/132468/1/ID7504.pdf>. Acesso em: 3 set. 2022.

LOPES, Wilza Gomes Reis. A taipa de mão no Brasil. In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA (SIACOT), 1., 2002, Salvador. *Anais [...]*. Salvador: Proterra, 2002. p. 8-15. Disponível em: <https://redproterra.org/wp-content/uploads/2020/05/1-SIACOT-Brasil-2002.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2023.

MALVEZZI, Roberto. *Semi-árido: uma visão holística*. Brasília, DF: Confea, 2007. Disponível em: <https://www.agrisustentavel.com/doc/ebooks/semiario.pdf>. Acesso em: 5 set. 2022.

MANIATIDIS, Vasilios; WALKER, Peter. *A review of rammed earth construction*. Bath: University of Bath, Department of Architecture and Civil Engineering, Natural Building Technology Group, 2003. (DTi Partners in Innovation Project: Developing Rammed Earth for UK Housing). Disponível em: <https://people.bath.ac.uk/abspw/rammedearth/review.pdf>. Acesso em: 6 set. 2022.

MARENGO, José A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, DF, v. 13, n. 27, p. 149-176, dez. 2008. Disponível em: https://seer.cgee.org.br/parcerias_estrategicas/article/view/329/323. Acesso em: 10 ago. 2022.

MARENGO, José A.; CUNHA, Ana P.; ALVES, Lincoln M. A seca de 2012-15 no Semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Climanálise*, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rcliman/revista/pdf/30anos/marengoetal.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2022.

MARQUES, Érika Alves Tavares; OLIVEIRA, Lucivânio Jatobá de. Mudanças climáticas no Nordeste Brasileiro e refugiados ambientais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 9, n. 4, p. 965-984, 2016. DOI: 10.5935/1984-2295.20160066. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20160066>. Acesso em: 10 ago. 2022.

MARTINS, Tathiane Agra de Lemos; BITTENCOURT, Leonardo Salazar; KRAUSE, Cláudia Mariz de Lyra Barroso. Contribuição ao zoneamento bioclimático brasileiro: reflexões sobre o semiárido nordestino. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 59-75, abr./jun. 2012. DOI: 10.1590/S1678-86212012000200005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000200005>. Acesso em: 5 jul. 2022.

MELLO, S. de. *Barroco Mineiro*. São Paulo: Brasiliense, 1985.

MESQUITA, A. S. G. Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina, Piauí. *Holos*, Natal, v. 2, p. 58-65, 2012. DOI: 10.15628/holos.2012.835. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/835>. Acesso em: 10 jul. 2022.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. ONU confirma que 2023 bate recorde de temperatura global. 12 jan. 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/257750-onu-confirma-que-2023-bate-recorde-de-temperatura-global>. Acesso em: 5 jul. 2024.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. ONU-Habitat: população mundial será 68% urbana até 2050. 16 maio 2018. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-ser%C3%A1-68-urbana-at%C3%A9-2050>. Acesso em: 10 out. 2022.

NIROUMAND, Hamed; ZAIN, Muhammad Fauzi Mohd; JAMIL, Maslina. A guideline for assessing of critical parameters on Earth architecture and Earth buildings as a sustainable architecture in various countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s. l.], v. 28, p. 130-165, 2013. DOI: 10.1016/j.rser.2013.07.015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.07.015>. Acesso em: 24 set. 2022.

OLGYAY, V. *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton: Princeton University Press, 1963.

OLIVER, P. *Built to meet needs: cultural issues in Vernacular Architecture*. Oxford: Elsevier, 2006.

OSUNA-MOTTA, Iván; HERRERA-CÁCERES, Carlos; LÓPEZ-BERNAL, Oswaldo. Techo plantado como dispositivo de climatización pasiva en el trópico. *Revista de*

Arquitectura, Bogotá, v. 19, n. 1, p. 42-55, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320051127_Techo_plantado_como_dispositivo_de_climatizacion_pasiva_en_el_tropico. Acesso em: 1º ago. 2022.

PENG, L. L. H.; JIM, C. Y. Green-Roof Effects on Neighborhood Microclimate and Human Thermal Sensation. *Energies*, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 598-618, 2013. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/6/2/598>. Acesso em: 30 jul. 2022.

PONTES, Emilio Tarlis Mendes; CAMPOS, Hernani Loebler. Convivência com o Semiárido: potencialidades, limitações e ações. *Breves Contribuciones del Instituto de Estudios Geográficos*, San Miguel de Tucumán, n. 24, p. 193-218, 2017. Disponível em: <http://ojs.filo.unt.edu.ar/index.php/bcieg/article/view/147>. Acesso em: 27 set. 2022.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). *O aumento alarmante da temperatura global*. 21 jan. 2022. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/o-aumento-alarmante-da-temperatura-global>. Acesso em: 10 set. 2022.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). *Relatório da Global Alliance aponta o caminho para reduzir o impacto da construção civil*. Tradução de Laura Larré. 11 dez. 2019. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/relatorio-da-global-alliance-aponta-o-caminho-para>. Acesso em: 13 ago. 2022.

REBELLO, Aiuri. Seca de 2012 a 2017 no Semiárido foi a mais longa na história do Brasil. *UOL*, 3 mar. 2018. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2018/03/03/seca-de-2012-a-2017-no-semiaridofoi-a-mais-longa-da-historia.htm>. Acesso em: 4 set. 2022.

REBOITA, Michelle Simões et al. Causas da semi-aridez do Sertão Nordestino. *Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, v. 19, p. 254-278, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/42091/29394>. Acesso em: 2 set. 2022.

ROCHA, Vinícius Machado. Um breve comentário a respeito do IPCC AR6. *Revista Entre-Lugar*, Dourados, v. 12, n. 24, p. 396-403, 2021. Disponível em:

<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/15253>. Acesso em: 10 ago. 2022.

ROMERO, Marta Adriana Bustos et al. *Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas*. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2019.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. *Princípios bioclimáticos para o desenho urbano*. São Paulo: Projeto, 1988.

RORIZ, M. *Segunda Proposta de Revisão do Zoneamento Bioclimático do Brasil*. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), Universidade Federal de Santa Catarina, 2012. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/projetos/proposta-de-revisao-do-zoneamento-bioclimatico-brasileiro>. Acesso em: 12 jul. 2022.

SILVA, Wellington Souza; BARBOSA, Ricardo Víctor Rodrigues. Teto verde como estratégia bioclimática para o Semiárido alagoano. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. *Anais [...]* Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 1089-1096. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1450>. Acesso em: 4 dez. 2023.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). *Relatório Novo Semiárido*. Recife: Sudene, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/02semiaridorelatorionv.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2025.

TANG, R.; ETZION, Y. On thermal performance of an improved roof pond for cooling buildings. *Building and Environment*, Oxford, n. 39, p. 201-209, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132303002051>. Acesso em: 12 out. 2022.

TRAN, V. H. et al. Sustainable building with local material: a case study. *Academic Journal of Civil Engineering*, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 721-726, 2015. Disponível em: <https://journal.augc.asso.fr/index.php/ajce/article/view/1817>. Acesso em: 6 set. 2022.

TSIROS I. X. Assessment and energy implications of street air temperature cooling by shade trees in Athens (Greece) under extremely hot weather conditions. *Renewable Energy*, [s. l.], v. 30, p. 1-4, 2010. Disponível em: <https://>

www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148110000054. Acesso em: 12 ago. 2022.

TZIKOPOULOS, A. F.; KARATZA, M. C.; PARAVANTIS, J. A. Modeling energy efficiency of bioclimatic buildings. *Energy and buildings*, [s. l.], v. 37, n. 5, p. 529-544, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778804002944>. Acesso em: 5 set. 2022.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *2020 global status report for buildings and construction: towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*. Nairobi: Unep, 2020. Disponível em: <https://globalabc.org/resources/publications/2020-global-status-report-buildings-and-construction>. Acesso em: 10 jul. 2022.

WEBER, W.; YANNAS, S. *Lessons from Vernacular Architecture*. London: Taylor & Francis Group; New York: Routledge, 2014.

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

Título	Roteiro para construir no sertão do Nordeste: modelo de habitação bioclimática para o Semiárido nordestino
Autoria	Lucas Gomes da Silva Jaucele de Fátima Ferreira Alves de Azerêdo Adriana Carla de Azevedo Borba
Formato	E-book (PDF)
Tipografia	Caecilia (texto) e Kade (títulos)
Desenvolvimento	Editora UFPE



Rua Acadêmico Hélio Ramos, 20, Várzea, Recife-PE
CEP: 50740-530 | Fone: (81) 2126.8397
editora@ufpe.br | editora.ufpe.br

