



ROTEIRO PARA CONSTRUIR NO SERTÃO DO NORDESTE

MODELO DE HABITAÇÃO BIOCLIMÁTICA
PARA O SEMIÁRIDO NORDESTINO



LUCAS GOMES DA SILVA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

LUCAS GOMES DA SILVA

ROTEIRO PARA CONSTRUIR NO SERTÃO DO NORDESTE:
MODELO DE HABITAÇÃO BIOCLIMÁTICA PARA O SEMIÁRIDO
NORDESTINO

RECIFE

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO

ARQUITETURA E URBANISMO

LUCAS GOMES DA SILVA

**ROTEIRO PARA CONSTRUIR NO SERTÃO DO NORDESTE:
MODELO DE HABITAÇÃO BIOCLIMÁTICA PARA O SEMIÁRIDO
NORDESTINO**

Trabalho de Curso apresentado ao Curso de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade
Federal de Pernambuco, Centro de Artes e
Comunicação, como requisito para a
obtenção do título de Bacharel em
Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Jaucele Azerêdo

RECIFE

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Lucas Gomes da.

Roteiro para construir no Sertão do nordeste. Modelo de habitação bioclimática para o semiárido nordestino. / Lucas Gomes da Silva. - Recife, 2023.

130 : il., tab.

Orientador(a): Jaucele Azerêdo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Arquitetura e Urbanismo - Bacharelado, 2023.

Inclui referências, apêndices.

1. Conforto Ambiental. 2. Bioclimatismo. 3. Arquitetura vernacular. 4. Eficiência energética. 5. Sustentabilidade. I. Azerêdo, Jaucele. (Orientação). II. Título.

720 CDD (22.ed.)

LUCAS GOMES DA SILVA

ROTEIRO PARA CONSTRUIR NO SERTÃO DO NORDESTE:
modelo de habitação bioclimática para o semiárido nordestino

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da
Universidade Federal de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovado em: 26/04/2023

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Jaucele de Fátima Ferreira Alves de Azerêdo (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Adriana Carla de Azevedo Borba (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Larissa Maria Argollo de Arruda Falcão (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Lívia Melo de Lima (Examinador Externo)

*Para Gilvanira e João de Bié,
Por me ensinarem que é preciso respeitar a seca, para celebrar a chuva.*

AGRADECIMENTOS

À todas as probabilidades improváveis, pela série de viradas do destino que me fizeram o que sou, quem sou e que me trouxeram, inacreditavelmente, aqui.

Agradeço primeiramente aos meus pais, Gilvanira Gomes e João Malaquias, por acreditarem no poder transformador que a educação tem. Por tentarem me dar tudo aquilo que vocês jamais tiveram. À minha mãe, por sempre observar do portão de casa todas as minhas inúmeras e inacabáveis partidas para Recife e ser sempre a primeira a me receber nos breves retornos. Por sempre ligar para mim, todos os dias, perguntando se tinha comido bem, se estava bebendo água. Por me amar como nunca ninguém jamais me amou ou amará. Ao meu pai, pelo apoio incondicional em todos os momentos. Por me ensinar a sonhar. Por sempre me incentivar a ser a melhor versão de mim. Por ter orgulho de quem eu me tornei. Eu amo vocês para todo o sempre.

A minha irmã, Vanessa Gomes, por ter sido a rocha de sustentação da nossa família, em meus anos longe. Por toda a infância de felicidades ao seu lado.

A Tio Jailson, pelos anos que compartilhamos juntos no Recife. Por me convidar, me receber e cuidar de mim como seu próprio filho. Eu não estaria aqui senão por você.

A todos da minha família, em particular a Tia Nenem, por todo o carinho e cuidado que teve por mim desde que me entendo como eu. Muitos têm a dádiva de ter uma mãe na vida, eu tenho a benção de ter duas.

Aos amigos da cidade de São Bento, que me acompanharam desde o início dessa jornada, pelas noites incertas e pelas manhãs de clareza. Por estarem do meu lado em todos os momentos. Em especial, a Andreza Vieira, Lucas Ramalho, Mailton Carneiro, Murilo Nóbrega e Paula Roberta.

Aos amigos que fiz no Curso de Arquitetura e Urbanismo/UFPE, que mais do que ninguém, sabem a importância desse momento, depois desses mais de cinco anos de muita luta e esperança. Por me receberem de portas abertas na vida de vocês. A Ana Lúcia, Laura Souza, Monique Mendonça, Maria Luiza, Diego Lopes e Maryana Nebl.

Um agradecimento especial para Ruama Haine, Mega e Cinza, por serem a minha família no Recife. Pelas incontáveis pizzas de qualidade duvidosa. Pelas risadas que ainda ecoam nas paredes da minha memória. A caminhada não seria a mesma sem vocês.

Aos meus companheiros no estágio no Tribunal Regional Eleitoral-TRE-PE. Por sempre acreditarem no meu potencial. Por expandirem meus horizontes e me acolherem de maneira tão especial. A Márcia Guerra, Erich, Fatinha, Márcia Lucena, Fernanda, Jéssica e Mirelly, por todo aprendizado, conselhos e, especialmente, por todas as alegrias.

Aos queridos professores que me ajudaram tanto durante a Graduação. Agradeço com carinho a Rafaella Rocha e Risale Neves por todas as conversas e conhecimentos trocados, por serem exemplos dos melhores professores que existem, aqueles que acreditam nos seus alunos.

A Ruskin Freitas (*in memoriam*) e Jaucele Azerêdo, mais do que meus orientadores, meus mestres e guias na jornada acadêmica. Por serem meus primeiros espelhos na graduação, enquanto sertanejos, para onde eu olhava e me permitia sonhar com o meu próprio futuro. Por transformarem tantas vidas por meio da educação. Agradeço por cada uma das oportunidades de estar ao lado de vocês dentro e fora da sala de aula, nos Projetos de Iniciação Científica - PIBICs, nas monitorias de Conforto Ambiental II, no Laboratório de Conforto Ambiental – Lacam/UFPE. Sou eternamente grato por todo o conhecimento compartilhado. Eu não estaria aqui sem vocês.

“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 precipites, 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, 1902, p. 27)

RESUMO

Construir sem levar em consideração as características físicas do local, como a orientação do terreno e o clima da região, acarreta a proposição de edificações não adaptadas ao seu sítio e que não promovem o conforto ambiental de forma natural. Tais soluções aumentam os gastos energéticos de residências, especialmente em climas tropicais, através, por exemplo, da dependência do uso de aparelhos condicionadores de ar para suprir a sensação de bem-estar dos usuários. O aumento de gastos energéticos se reflete diretamente no aumento das emissões antrópicas, que estão ligadas ao aquecimento global. A região do semiárido nordestino é a mais vulnerável às mudanças climáticas no país e já apresenta áreas de desertificação em seu perímetro. O presente trabalho tem como objetivo geral a proposição de modelos bioclimáticos de habitação para o semiárido nordestino, visando auxiliar gestores e profissionais no projeto de edificações mais adaptadas ao clima tropical quente e seco. Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica acerca de estratégias bioclimáticas e técnicas construtivas que privilegiem o conforto ambiental de forma natural. Além disso, foram analisadas duas edificações na cidade de São Bento – PB, visando à elaboração de um repertório arquitetônico com soluções adequadas para o sertão. Por fim, aberturas dos modelos de habitação propostos foram analisadas do ponto de vista do comportamento solar, a partir do gráfico de insolação para a latitude 6°28'08.3"S, e foram projetados elementos sombreadores, diminuindo a incidência solar no interior dos ambientes de longa permanência.

Palavras-chave: Bioclimatismo; Conforto ambiental; Semiárido nordestino; Arquitetura bioclimática.

ABSTRACT

Building without taking into account the physical characteristics of the site, such as the orientation of the land and the climate of the region, leads to the proposition of buildings that are not adapted to their site and that do not promote environmental comfort in a natural way. Such solutions increase the energy costs of homes, especially in tropical climates, through, for example, the dependence on the use of air conditioners to supply the users' sense of well-being. The increase in energy expenditure is directly reflected in the increase in anthropogenic emissions, which are linked to global warming. The northeastern semi-arid region is the most vulnerable to climate change in the country and already has areas of desertification in its perimeter. The general objective of this work is to propose bioclimatic models of housing for the northeastern semi-arid region, aiming to help managers and professionals in the design of buildings that are more adapted to the hot and dry tropical climate. To this end, a bibliographical research was carried out on bioclimatic strategies and construction techniques that favor environmental comfort in a natural way. In addition, two buildings in the city of São Bento - PB were analyzed, aiming at the elaboration of an architectural repertoire with adequate solutions for the hinterland. Finally, openings of the proposed housing models were analyzed from the point of view of solar behavior, from the insolation graph for latitude 6°28'08.3"S, and shading elements were designed, reducing the solar incidence inside the environments of long stay.

Keywords: Bioclimatismo; Environmental comfort; Northeast semi-arid region; Bioclimatic Architecture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Delimitação do semiárido brasileiro em 2021.	12
Figura 2: Processo de desertificação no Semiárido brasileiro.	13
Figura 3: Carta Bioclimática de Givoni.	21
Figura 4: Sobreposição dos dados climáticos da cidade de Florianópolis na carta de Givoni.	22
Figura 5: Zoneamento Bioclimático Brasileiro	23
Figura 6: Proposta de Zoneamento Bioclimático elaborada por Maurício Roriz.	24
Figura 7: Comparação entre Zoneamentos Bioclimáticos. (A): NBR 15220/2005; (B): Roriz (2012).	25
Figura 8: (A): Zona Bioclimática 7; (B): Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades desta zona, destacando a cidade de Picos, PI.	26
Figura 9: Tipos Climáticos da Região Nordeste.	31
Figura 10: Biomas do Nordeste.	32
Figura 11: Vistas da Caatinga, antes e depois da estação chuvosa.	33
Figura 12: Situação de seca em dezembro de 2016, na Região Nordeste.	35
Figura 13: 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.	36
Figura 14: Temperatura Mínima Anual (A) e Temperatura Máxima Anual (B) no Nordeste, em graus Celsius (°C), com destaque para o Semiárido.	37
Figura 15: Médias anuais de Umidade Relativa do Ar na região Nordeste (%), com destaque para o semiárido.	38
Figura 16: Taxa de Insolação anual na região Nordeste, em horas.	39
Figura 17: Sazonalidade da precipitação (mm) na região Nordeste do Brasil no período de 1979 a 2014.	40
Figura 18: Média Anual de Pluviosidade (mm), com destaque para o semiárido.	41
Figura 19: Sombreamento de aberturas por meio da utilização de beirais.	42
Figura 20: Exemplo de conjunto arquitetônico com soluções que diminuam a incidência de insolação direta nas edificações.	43
Figura 21: Esquema de ocupação no clima quente e seco, com destaque para ruas estreitas.	44
Figura 22: Massa Térmica para Resfriamento.	45

Figura 23: Utilização de teto verde como proposta para o resfriamento, a partir da Inércia Térmica.....	46
Figura 24: Ventilação noturna, quando a temperatura está mais amena.	47
Figura 25: Utilização de espelho d'água e vegetação para aumentar a umidade.	48
Figura 26: Ventilação levando a umidade da vegetação para o interior da edificação.	49
Figura 27: Esquema de parede de Taipa de Pilão e Taipa de mão, com destaque para a armação de madeira interna.	53
Figura 28: O terreiro na casa do sítio.....	54
Figura 29: A calçada como representação simbólica do terreiro no ambiente urbano.	55
Figura 30: O alpendre delimitando a transição entre interior e exterior.....	56
Figura 31: O terraço/ alpendre, como espaço de transição.....	56
Figura 32: A cozinha como ambiente de encontro.	57
Figura 33: Localização da cidade de São Bento no estado da Paraíba.	58
Figura 34: Vista de Satélite de residências construídas na década de 1960 na cidade de São Bento/PB, no entorno da praça da Rua Velha.	59
Figura 35: Exemplo de um esquema de planta baixa de residência da Rua Velha.	60
Figura 36: Fachadas de casas na Rua Velha, com destaque para inexistência de recuos frontais e laterais.....	61
Figura 37: Exemplo de quadra com edificações construídas nos últimos 5 anos na cidade de São Bento.....	62
Figura 38: Esquema de Planta baixa de uma casa na rua Nova.....	63
Figura 39: Fachadas das edificações, com destaque para falta de permeabilidade.	64
Figura 40: Participação popular na construção das habitações em Cajueiro Seco.	68
Figura 41: Esquema de um módulo habitacional, com destaque para o teto em palha e os módulos de janelas e porta.....	69
Figura 42: Exemplar da produção de Borsói em Cajueiro Seco.....	69
Figura 43: Vista panorâmica de Caraíba.	70
Figura 44: Fachadas de residências populares em Caraíba.	71
Figura 45: Residências em Caraíba.	72
Figura 46: Croqui do arquiteto com presença da vegetação arbórea nas ruas.....	73
Figura 47: Vista de parte do conjunto.....	74
Figura 48: Vista de residências no conjunto.....	75
Figura 49: Croqui elaborado pelo escritório mostrando a edificação.....	76
Figura 50: Esquema da implantação.....	77

Figura 51: Planta baixa da quadra, com os modelos espelhados formando o conjunto.	78
Figura 52: Vista em perspectiva da implantação, com parte da arborização removida para melhor entendimento.	80
Figura 53: Planta baixa do modelo 1.	81
Figura 54: Fachada leste do modelo de habitação 1, com destaque para os brises sombreando janelas.....	82
Figura 55: Perspectiva do modelo 1 na esquina de quadra, com destaque para beiral.	83
Figura 56: Vista interna da sala de jantar e cozinha, com visada para o jardim interno.	84
Figura 57: Jardim interno, com destaque para varal de roupas.	84
Figura 58: Vistas do quarto, mostrando roupeiro embutido no espaço do corredor.....	85
Figura 59: Planta baixa do módulo 2.	86
Figura 60: Fachada oeste do modelo de habitação 2, com destaque para painel de cobogós.	87
Figura 61: Perspectiva do modelo 2, com destaque para beiral.	88
Figura 62: Vista da sala de estar para o jardim interno.	88
Figura 63: Jardim delimitado pelos painéis de cobogó.	89
Figura 64: Vistas internas do banheiro, com destaque para o revestimento na área do box.	90
Figura 65: Exemplo da utilização de Taipa de pilão em residência.	91
Figura 66: Planta de coberta, destacando os tetos verdes e os telhados cerâmicos.	92
Figura 67: Corte mostrando a estrutura das cobertas.....	93
Figura 68: Esquema das camadas do sistema de teto verde extensivo.	94
Figura 69: Esquema da ventilação no telhado.	95
Figura 70: Esquema de instalação de mantas térmicas no telhado.	96
Figura 71: Exemplo de calçada de pedra Cariri.....	97
Figura 72: Corte longitudinal nos modelos mostrando as cisternas e tetos verdes.....	102
Figura 73: Corte mostrando a calha nos telhados, a caixa d'água e os painéis fotovoltaicos.	103
Figura 74: Localização do distrito de São Gonçalo em relação a São Bento.	105
Figura 75: Médias de temperatura máxima (°C) registradas na estação meteorológica de São Gonçalo.....	106

Figura 76: Médias de temperatura mínima (°C) registradas na estação meteorológica de São Gonçalo.....	107
Figura 77: Acumulados de precipitação (mm) registradas na estação meteorológica de São Gonçalo.....	108
Figura 78: Médias de umidade relativa do ar (%) registradas na estação meteorológica de São Gonçalo	108
Figura 79: Direções predominantes do vento na estação meteorológica de São Gonçalo durante o ano.	109
Figura 80: Trajetória solar no modelo de habitação 1 durante os Solstícios de inverno (a) e de verão (b), às 9h.	111
Figura 81: Trajetória solar no modelo de habitação 2 durante os Solstícios de inverno (a) e de verão (b), às 15h.	112
Figura 82: 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.....	113
Figura 83: Máscara de sombra para a janela da sala de modelo de habitação 2, com ângulos medidos em corte e na fachada norte.	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Espécies arbóreas escolhidas.....	98
Quadro 2: Espécies vegetais para os jardins.....	100

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. A ABORDAGEM BIOCLIMÁTICA COMO INSTRUMENTO MITIGADOR ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	19
2.1. Bioclimatismo aplicado à arquitetura.....	20
2.2. Zoneamento bioclimático brasileiro.....	22
2.3. Arquitetura bioclimática frente ao aquecimento global	27
3. O SEMIÁRIDO NORDESTINO.....	30
3.1. Caracterização geográfica da região.....	31
3.2. Os sertões	33
3.3. Dados climáticos do semiárido e sua influência na arquitetura	36
3.4. Estratégias bioclimáticas para o semiárido	42
4. HABITAÇÃO POPULAR NO SERTÃO NORDESTINO	51
4.1. Um histórico vernacular.....	51
4.1.1. O terreiro, a porta de entrada para o urbano.	54
4.1.2. O terraço/alpendre, a transição entre interno e externo.	55
4.1.3. A cozinha, o lugar de receber.	57
4.2. A habitação em São Bento/PB	57
4.2.1. As casas na Rua Velha.....	58
4.2.2. As casas na Rua Nova.....	62
5. O PROJETO	67
5.1. Referências projetuais	67
5.1.1. Cajueiro Seco. Acácio Gil Borsói - PE, 1963.....	67
5.1.2. Caraíba. Joaquim Guedes - BA, 1976.	70
5.1.3. Habitação Social Wirton Lira - PE. Jirau Arquitetura, 2012.	73
5.2. O projeto arquitetônico.....	76
5.2.1. A edificação	80
5.2.2. A tectônica da residência	90
5.3. Os aspectos urbanos	97
5.4. Sistemas sustentáveis	102
6. REPLICAÇÃO	104
6.1. Dados climáticos aplicados à arquitetura.....	106
6.2. Comportamento solar.....	110
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	117

REFERÊNCIAS.....	118
APÊNDICE A – DESENHOS TÉCNICOS	128



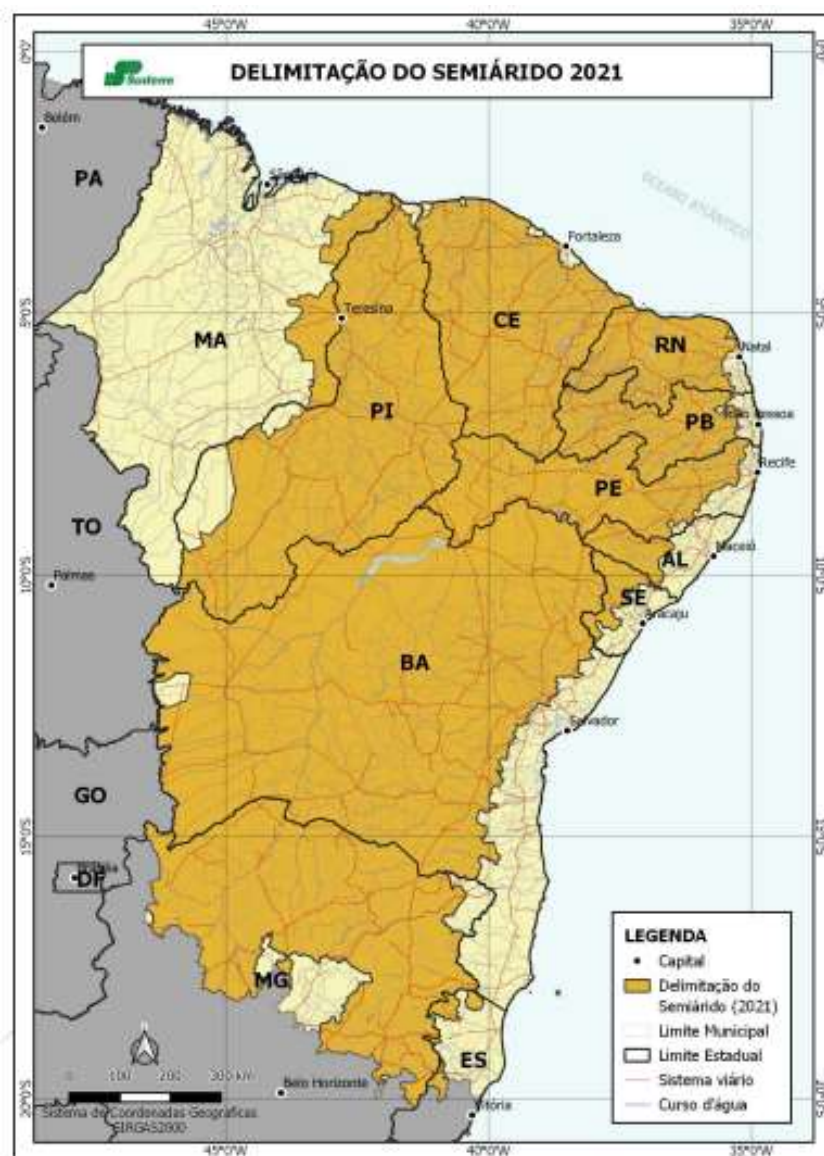
1. INTRODUÇÃO

O Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês, 2021), apresenta 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 – CO₂, que tem sua origem atrelada, especialmente, às atividades desenvolvidas pelos humanos (LACERDA; NOBRE, 2010, p. 14). Uma das principais consequências do acúmulo de CO₂ na atmosfera é o aumento na temperatura global, que em 2020 atingiu 1,2°C acima das temperaturas registradas na era pré-revolução industrial (UNEP, 2022). Segundo o Relatório do IPCC (2021), é estimado que a temperatura global mundial já está cerca de 1,0°C acima do período pré-industrial e que o aquecimento global atinja 1,5°C entre os anos de 2030 e 2052, caso nenhuma ação seja tomada para diminuir o ritmo atual de aquecimento.

O impacto das ações antrópicas está intrinsecamente ligado à alteração dos ciclos do nosso planeta, especialmente com a mudança dos padrões climáticos globais. Assim, os efeitos do aumento das temperaturas globais têm consequências diretas sobre a atuação da atmosfera do planeta, como no aumento da quantidade de eventos extremos, a exemplo de chuvas torrenciais ou de 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 semiárido 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 de verão e de outono, sendo os meses de inverno e primavera marcados pela 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, se tornará 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 a 5°C até o final do Século XXI (MARENGO, 2010, p. 170).

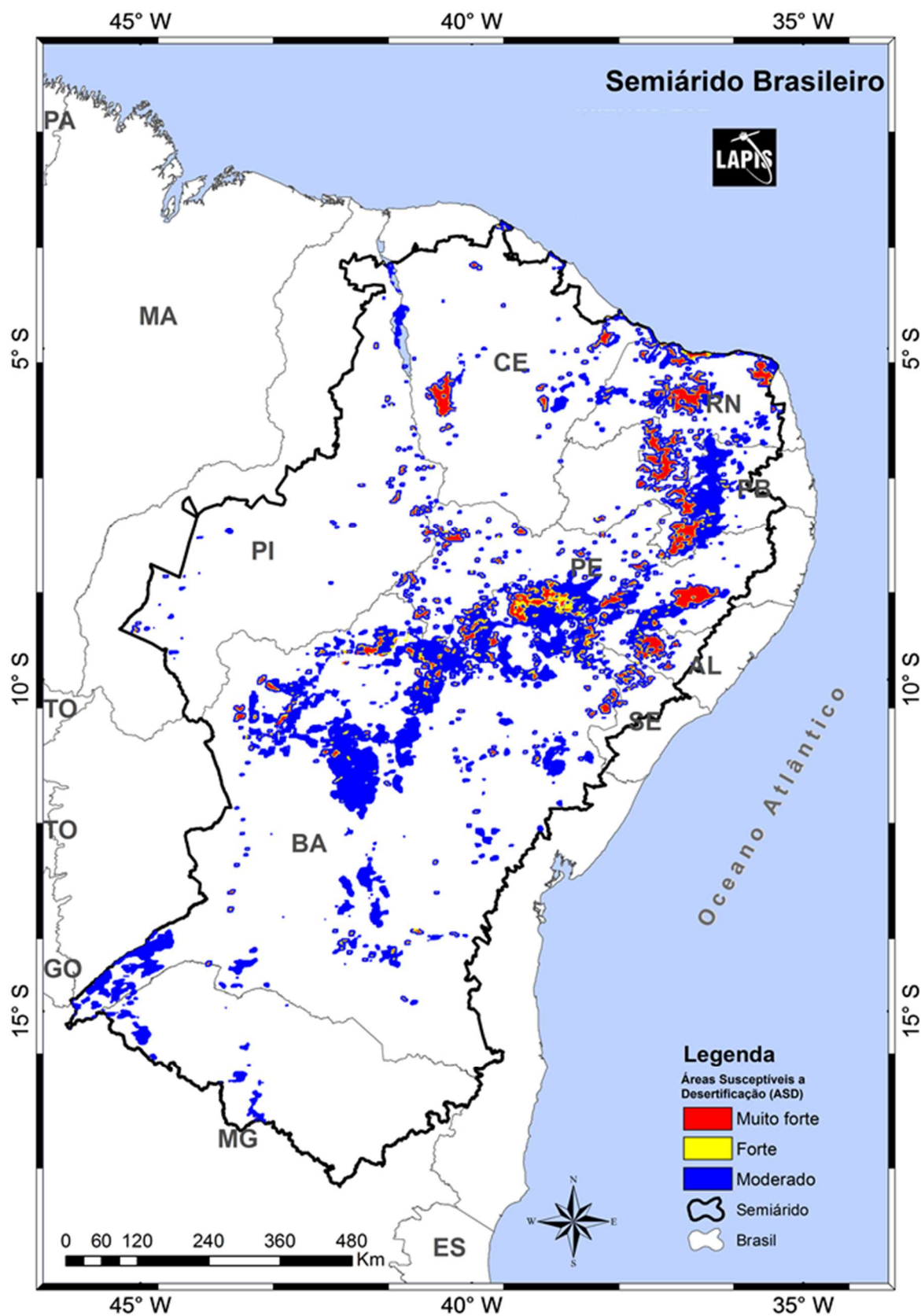
Figura 1: Delimitação do semiárido brasileiro em 2021.



Fonte: SUDENE/IBGE, 2021. Acesso: agosto de 2022.

O aumento da temperatura, a maior constância nos eventos de seca extrema, combinado ao desmatamento da Caatinga, bioma do semiárido, intensifica o processo de desertificação na região, levando à degradação do solo, que impossibilita a agricultura e coloca em risco a sua população que já é historicamente vulnerável social e economicamente (LAPIS, 2019). A Figura 2 mostra as áreas do semiárido brasileiro que já apresentam o processo de desertificação, com destaque para grandes áreas representadas pela cor vermelha, que indicam um processo de desertificação já muito intenso.

Figura 2: Processo de desertificação no Semiárido brasileiro.



Fonte: LAPIS, 2019. Acesso: maio de 2022.

Outra realidade do semiárido, que é fruto das características climáticas locais e que pode se agravar com a alteração dos regimes de chuva, em função das mudanças climáticas, é a vulnerabilidade hídrica da região. Marengo (2010) 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, dentre os quais, cidades litorâneas, em busca de oportunidades de sobrevivência. Ainda segundo o autor:

A combinação das alterações do clima, na forma de falta de chuva ou pouca chuva acompanhada de altas temperaturas e altas taxas de evaporação e, com a competição por recursos hídricos, podem levar a uma crise potencialmente catastrófica, sendo os mais vulneráveis os agricultores pobres, como os agricultores de subsistência na área do semiárido do Nordeste (MARENGO, 2010, p. 154).

Conforme a International Organization for Migration (2009), as mudanças climáticas em si não geram fluxos migratórios, mas realçam, através 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 se ocupar os espaços, evidenciando a falta de infraestrutura como saneamento básico e a existência de moradias em áreas de risco, criando cenários propícios para desastres climáticos. 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 nas áreas industriais, que se localizam nas cidades, seja com os meios de transporte, majoritariamente dependentes de combustíveis fósseis, como também 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 ar-condicionado.

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 aparelho de ar-condicionado 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 ar condicionado acontece durante o ano inteiro buscando atingir a sensação de conforto térmico nos ambientes. Além disso, com a perspectiva do aumento das temperaturas e da frequência de ondas de calor, o uso de aparelhos 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 onde as características locais são tomadas como partido arquitetônico, sofrendo influência de condições geográficas e climáticas, sendo produzida considerando aspectos culturais com 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 construções vernaculares eram bioclimáticas, pois a Arquitetura Bioclimática busca integrar as construções com o clima e às características do local, visando à promoção de conforto aos seus usuários de forma natural. Procura, 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, a importância de se considerar os aspectos físico-climáticos locais da região, 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.

Em o “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 a construções localizadas prioritariamente no litoral, cujo Clima Tropical Litorâneo Quente e Úmido - CTLQU apresenta características muitas vezes distintas das observadas no sertão, com características climáticas do 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 se ‘fechar’ para a ventilação em determinados horários do dia e em épocas do ano, frente ao ‘abrir’ para a ventilação, indicado para o litoral. 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 às condições climáticas, diminuindo, assim, a necessidade de utilização de métodos artificiais para promover a sensação de conforto dos usuários no interior da edificação.

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 com as mudanças climáticas.

Este trabalho teve como objetivo geral elaborar modelos de edificação residencial bioclimática, passíveis de serem replicáveis, em contextos do semiárido nordestino. Como objetivos específicos foram delimitados os seguintes:

- Estudar as estratégias bioclimáticas para se construir no clima semiárido e a viabilidade de diferentes soluções arquitetônicas;
- Investigar técnicas construtivas vernaculares que privilegiam o bioclimatismo;
- Analisar edificações residenciais na cidade de São Bento – PB, buscando identificar soluções e tipos arquitetônicos que privilegiam o bioclimatismo no semiárido, em construções de épocas distintas.
- Avaliar a implantação dos modelos habitacionais e propor adequações em função da orientação.

Como procedimentos metodológicos, foram utilizadas as pesquisas bibliográfica, documental e pesquisa de campo.

Na primeira etapa do trabalho, foram consultados referenciais teóricos a respeito dos conceitos abordados, como bioclimatismo, eficiência energética e conforto ambiental. Em seguida, foi realizada uma caracterização geográfica da região do semiárido nordestino, focando na análise de suas especificidades climáticas e seus reflexos na arquitetura, elencando, também, as estratégias bioclimáticas para o clima semiárido. Os dados dessa primeira etapa constituíram os capítulos 2 e 3.

Na segunda etapa, foi feito um panorama das especificidades culturais ligadas aos ambientes residenciais no semiárido, além de uma pesquisa sobre a tipologia habitacional na cidade de São Bento/PB, em duas edificações, a partir de fotografias e pesquisa em campo, investigando formas de implantação, técnicas construtivas, materiais e soluções arquitetônicas empregadas. Tal pesquisa teve o intuito de encontrar recursos que privilegiem 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. Os dados dessa etapa foram apresentados no capítulo 4.

Na terceira etapa, foram desenvolvidos modelos de habitação em estudo preliminar que fazem uso de conceitos de bioclimatismo e de eficiência energética, além da sugestão do emprego de técnicas construtivas e de materiais locais que promovam o conforto no interior das edificações de forma natural, sem necessidade de métodos artificiais. Também nessa etapa foi

realizado o projeto urbano e paisagístico, com proposta para os espaços livres públicos (extra lote), como calçadas e ruas, e para os espaços internos – quintais e jardins (intra lote), a partir da especificação de materiais e de espécies vegetais nativas ou exóticas, adaptadas à região, que privilegiem a promoção da sensação de conforto em clima tropical quente e seco. O material resultante compôs o capítulo 5.

Na última etapa deste trabalho, foi realizada a implantação do modelo de habitação no tecido urbano da cidade de São Bento/PB, buscando analisar as implantações das edificações em função da orientação, considerando-se a direção predominante dos ventos e o movimento aparente do sol. Por fim, foram propostas alterações no modelo, buscando adaptar às especificidades, como adição de elementos sombreadores, a exemplo de brises, beirais e pergolados. Para efeitos de comprovação da eficiência das melhorias propostas, houve a elaboração de máscaras de sombra e a consequente leitura. Os dados dessa etapa constituíram o capítulo 6.



2. A ABORDAGEM BIOCLIMÁTICA COMO INSTRUMENTO MITIGADOR ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

2.1. Bioclimatismo aplicado à arquitetura

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 se relacionam aos conceitos que conhecemos há algumas décadas como Bioclimatismo.

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

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 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).

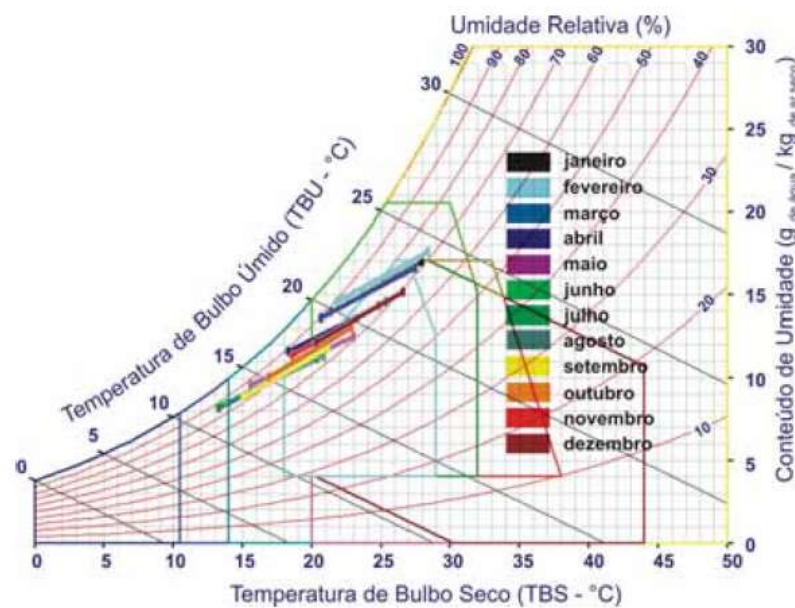
Buscando a criação de um método para proposição de soluções arquitetônicas de acordo com as características climáticas, os irmãos Olgyay elaboraram o diagrama bioclimático, que utiliza valores das variáveis climáticas, como temperatura do ar e umidade relativa do ar, para o balizamento de soluções arquitetônicas, 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 3).

Figura 3: Carta Bioclimática de Givoni.



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 4: Sobreposição dos dados climáticos da cidade de Florianópolis na carta de Givoni.



Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (1997). Acesso: julho de 2022.

2.2. 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 5).

Figura 5: Zoneamento Bioclimático Brasileiro



Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (1997). Acesso: julho de 2022.

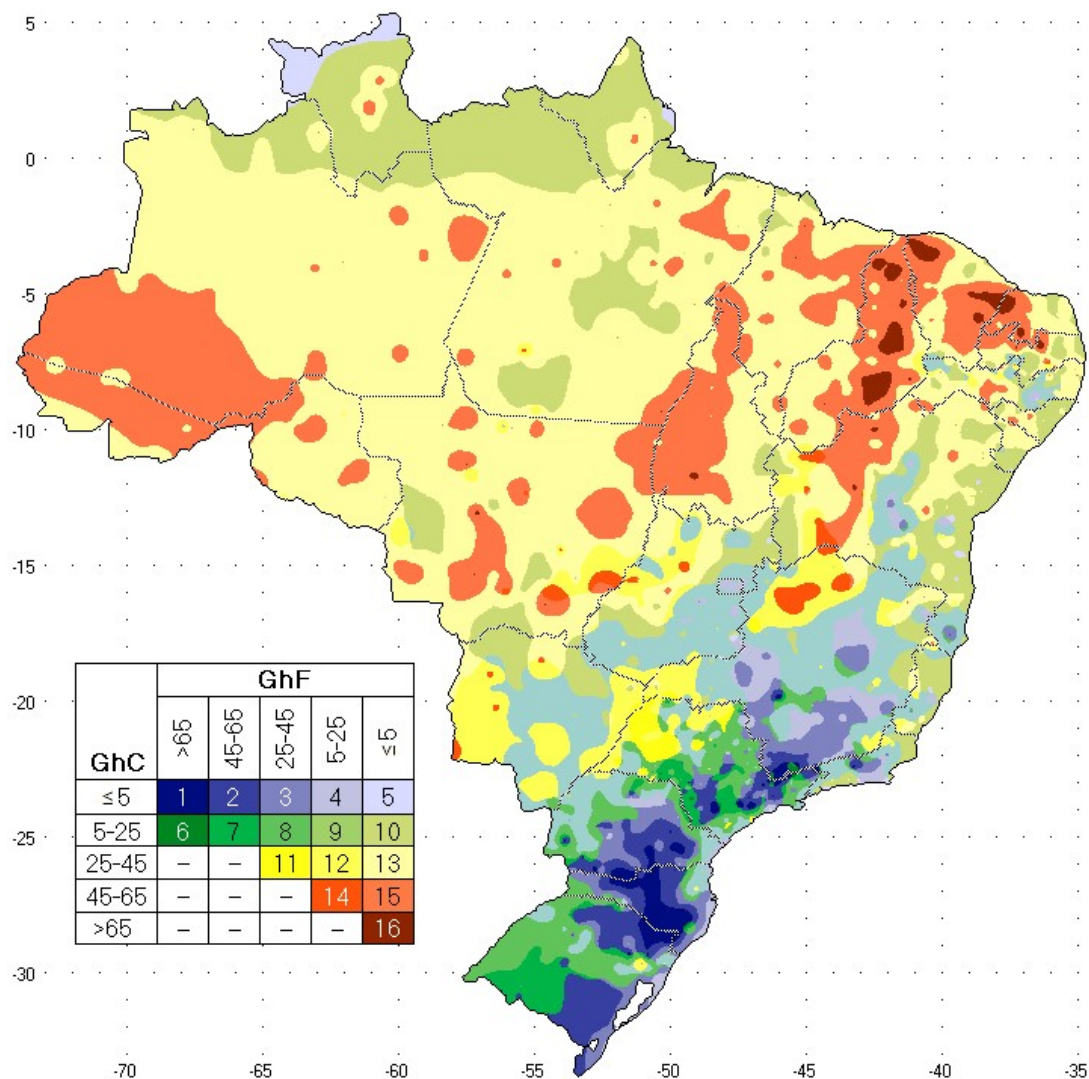
As oito zonas foram estabelecidas por meio de uma metodologia embasada nos desvios da zona de conforto do usuário, adaptada da carta bioclimática elaborada por Givoni. Os dados climáticos para a subdivisão foram obtidos das Normais climatológicas do período compreendido entre 1961 a 1990, de 330 cidades, divulgadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet. As Normais Climatológicas são a compilação dos dados climáticos durante o período de 30 anos e, a partir desses dados, são delimitados 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 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 6.

Figura 6: Proposta de Zoneamento Bioclimático elaborada por Maurício Roriz



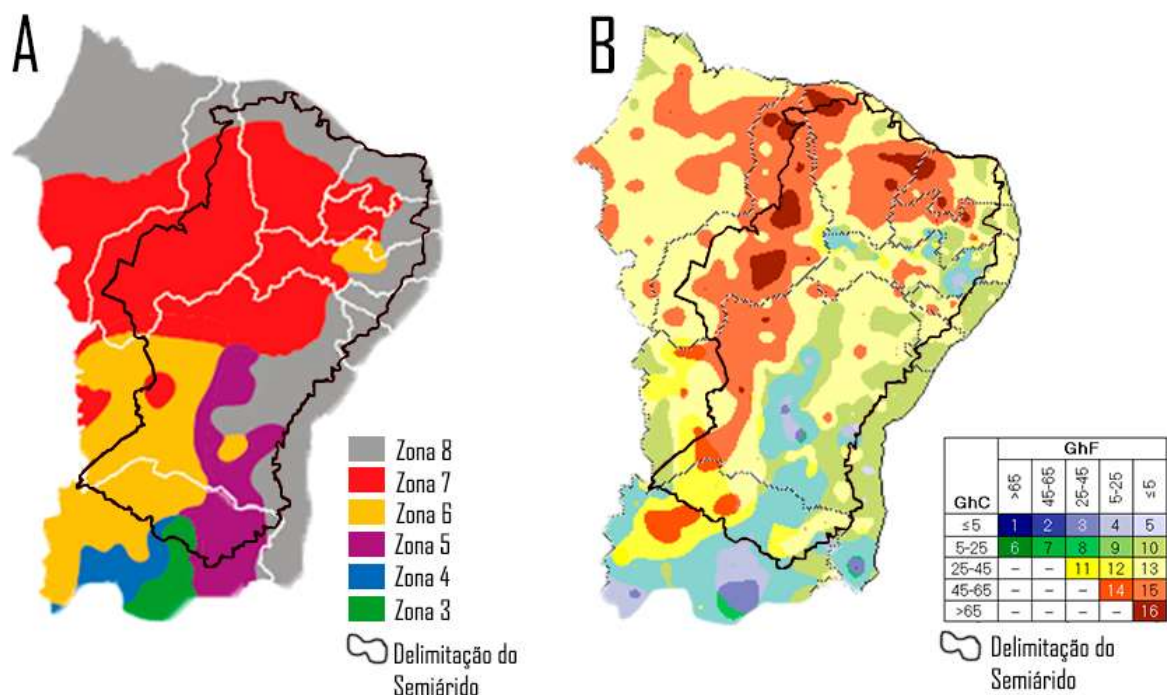
Fonte: Roriz (2012). Acesso: julho de 2022

A proposta de Roriz estabelece dois parâmetros para a classificação dos climas em função dos indicadores climáticos de cada ponto. O GhC se refere 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 que ocorrem no país. A figura 7 mostra uma comparação entre as zonas bioclimáticas, propostas pela NBR 15220/2005 e por Roriz (2012), com destaque para o semiárido.

Figura 7: Comparação entre Zoneamentos Bioclimáticos. (A): NBR 15220/2005; (B): Roriz (2012).



Fonte: (A): Adaptado de Construrohr (2022). Acesso: julho de 2022.

(B): Adaptado de Roriz (2012). Acesso: julho de 2022.

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.

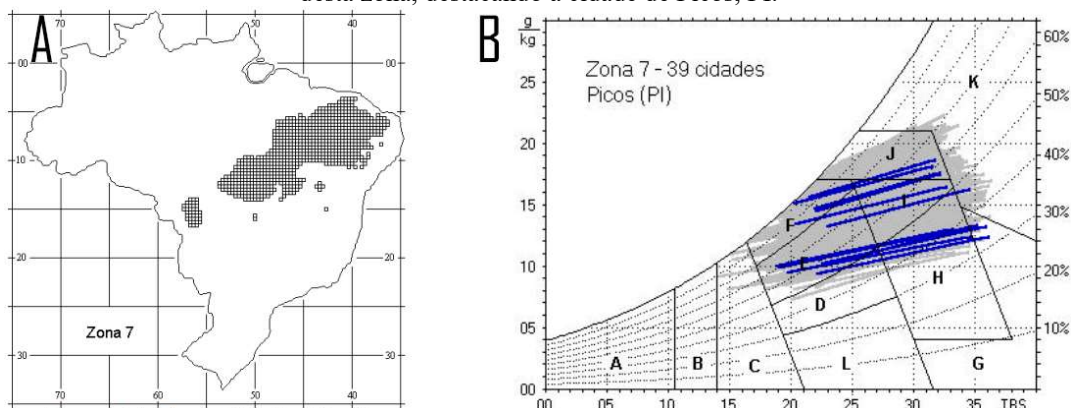
É preciso salientar que novos estudos e simulações sobre a atualização do zoneamento bioclimático brasileiro continuam sendo feitos e que o método vem sendo aperfeiçoado, buscando uma melhor representação das características climáticas brasileiras, além do estabelecimento de novas estratégias bioclimáticas 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 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 8).

Figura 8: (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). Acesso: julho de 2022.

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 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.

2.3. 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 por 36% da demanda global de energia e o setor de edificações, juntamente ao da construção civil, representaram 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 arquitetura, tem-se que a arquitetura vernacular, segundo Hamed (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 CO₂. 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 na redução dos impactos ambientais (TRAN et al, 2015, p. 721).

Salienta-se que, tão importante quanto é o 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, que são 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 ar-condicionado 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.



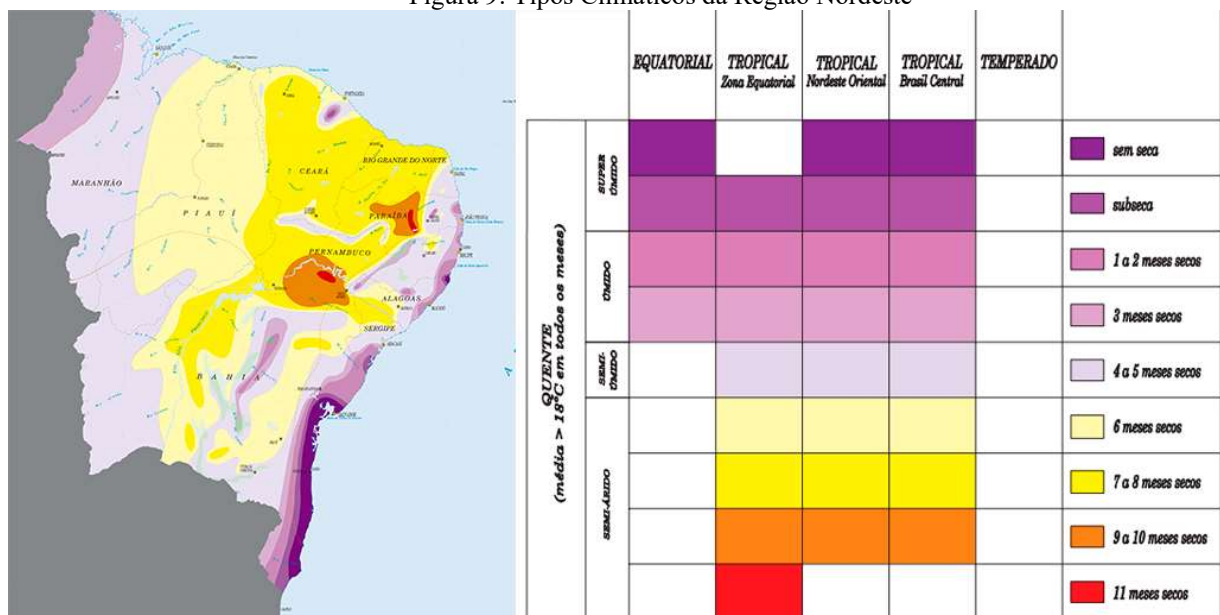
3. O SEMIÁRIDO NORDESTINO

3.1. Caracterização geográfica da região

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 e 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, se estendendo por uma área de 1.554.257,000 km² e, segundo o IBGE, possui o IDH de 659, considerado médio.

Devido sua dimensão territorial e 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 9). “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).

Figura 9: Tipos Climáticos da Região Nordeste



Fonte: Adaptado do IBGE (2002). Acesso: agosto de 2022.

Em sua extensão territorial, o nordeste brasileiro abarca diferentes biomas e características naturais distintas, que carregam 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, se desenvolve 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 se desenvolve o Bioma do Cerrado, abrangendo os estados nordestinos do Maranhão, Piauí e Bahia (Figura 10).

Figura 10: Biomas do Nordeste.

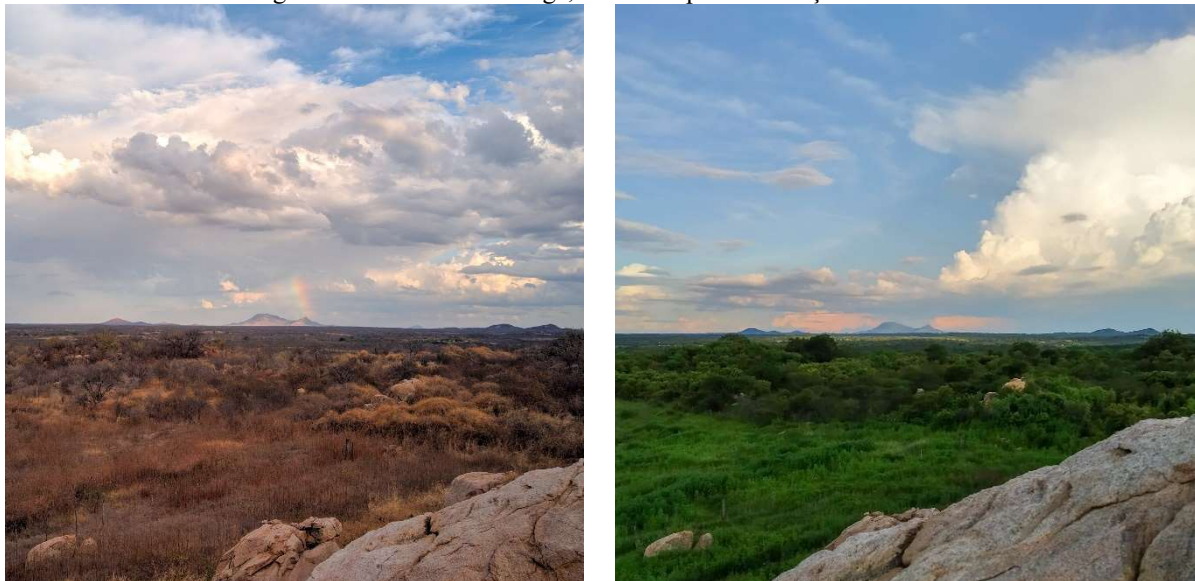


Fonte: Brainly (2017). Acesso: agosto de 2022.

No interior da região, onde a temperatura é elevada, a umidade relativa do ar é baixa durante grande parte do ano e os volumes pluviométricos são baixos e distribuídos em poucos meses, ocorre o bioma da Caatinga, caracterizado pela vegetação xerófita (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” (AGUIAR, 2013). Já na estação chuvosa, a folhagem volta a aparecer, transformando a paisagem com diversos tons verdejantes (Figura 11).

Figura 11: Vistas da Caatinga, antes e depois da estação chuvosa.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

3.2. 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 do estado de Minas Gerais. De acordo com a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Sudene (2017), 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 (ASA, 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.

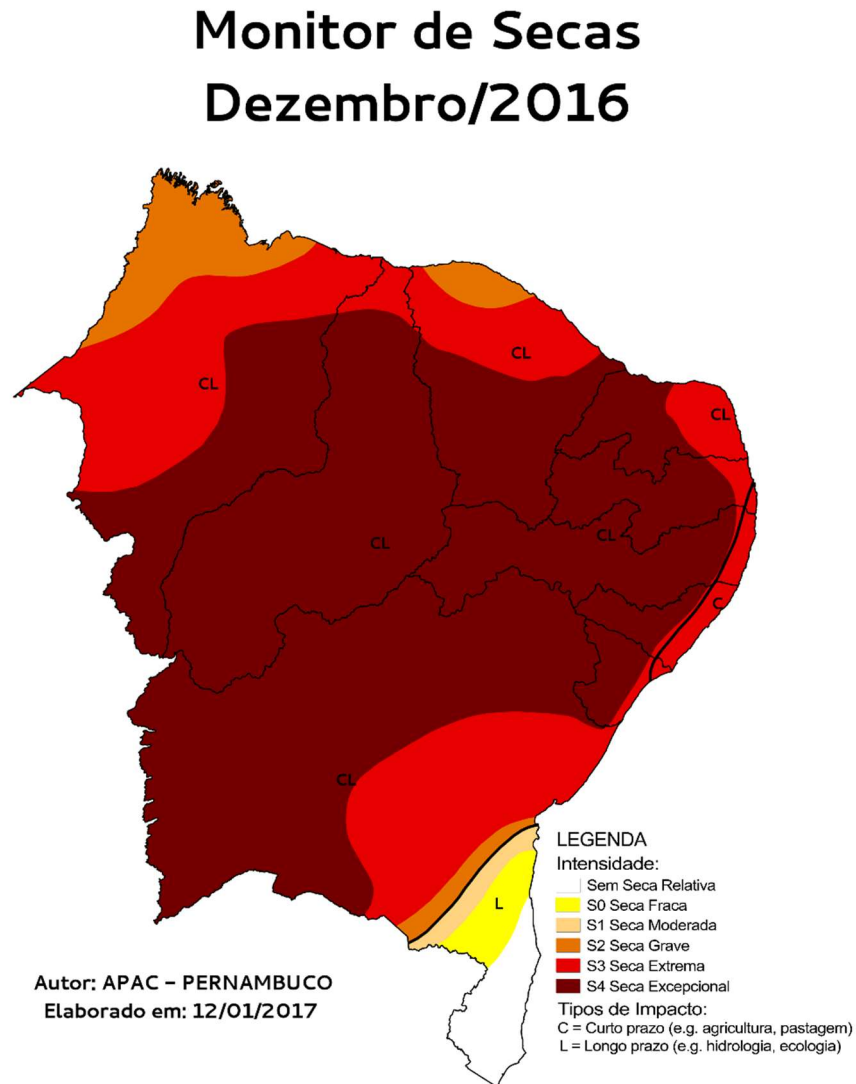
[...] as serras aí existentes impedem a penetração das perturbações devidas à massa equatorial continental; por outro lado as serras do Piauí e do Araripe impedem a penetração da massa equatorial norte, e ainda, a leste, o planalto da Borborema intercepta a massa equatorial atlântica, com as suas chuvas 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, conseqüentemente, 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 12), e foi considerado o evento mais longo já registrado desde 1845, 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 12: Situação de seca em dezembro de 2016, na Região Nordeste.

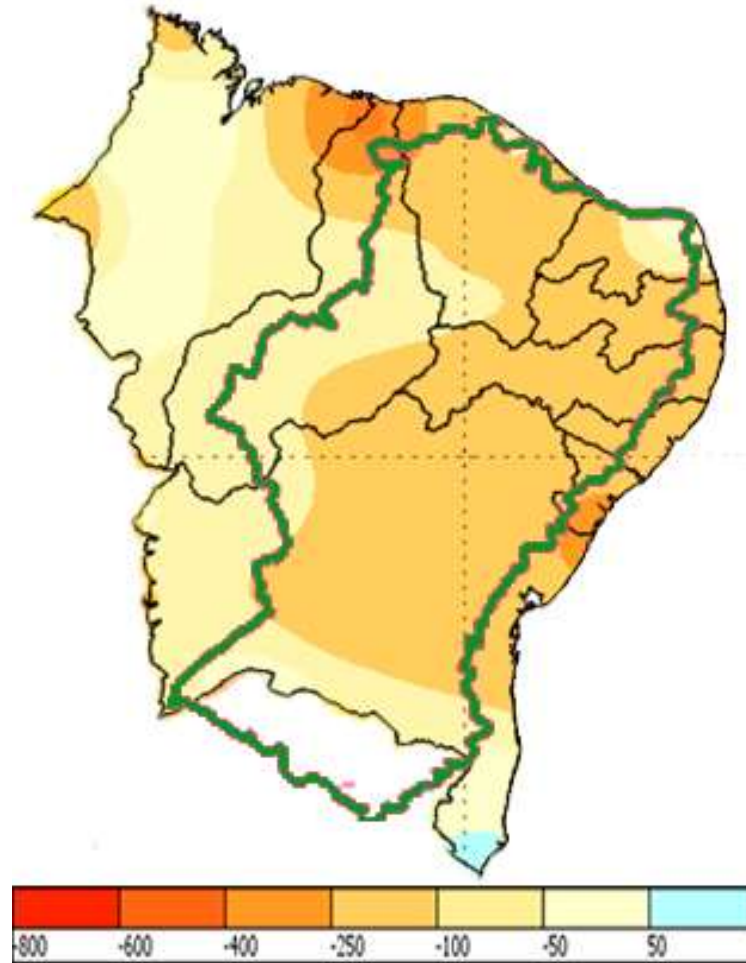


Fonte: Monitor de Secas, 2017. Acesso: setembro de 2022.

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 13).

Figura 13: 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.



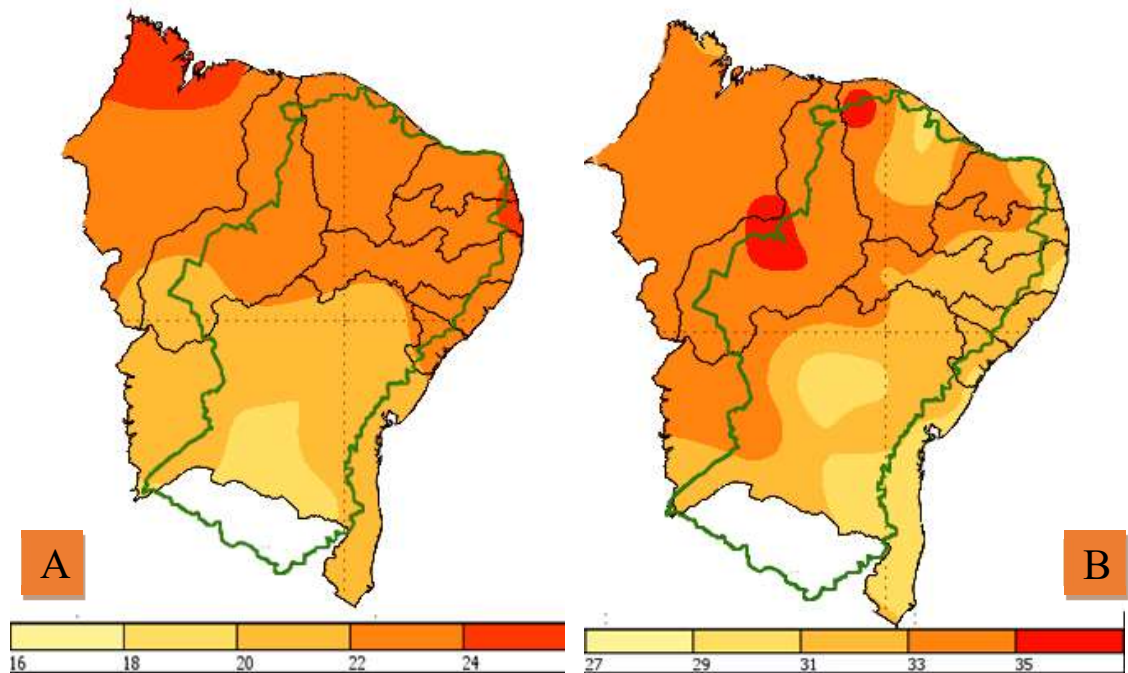
Fonte: Adaptado de Inmet (2022). Acesso: agosto de 2022.

3.3. 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 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 14), 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 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.

Figura 14: 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). Acesso: agosto de 2022.

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 15). 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.

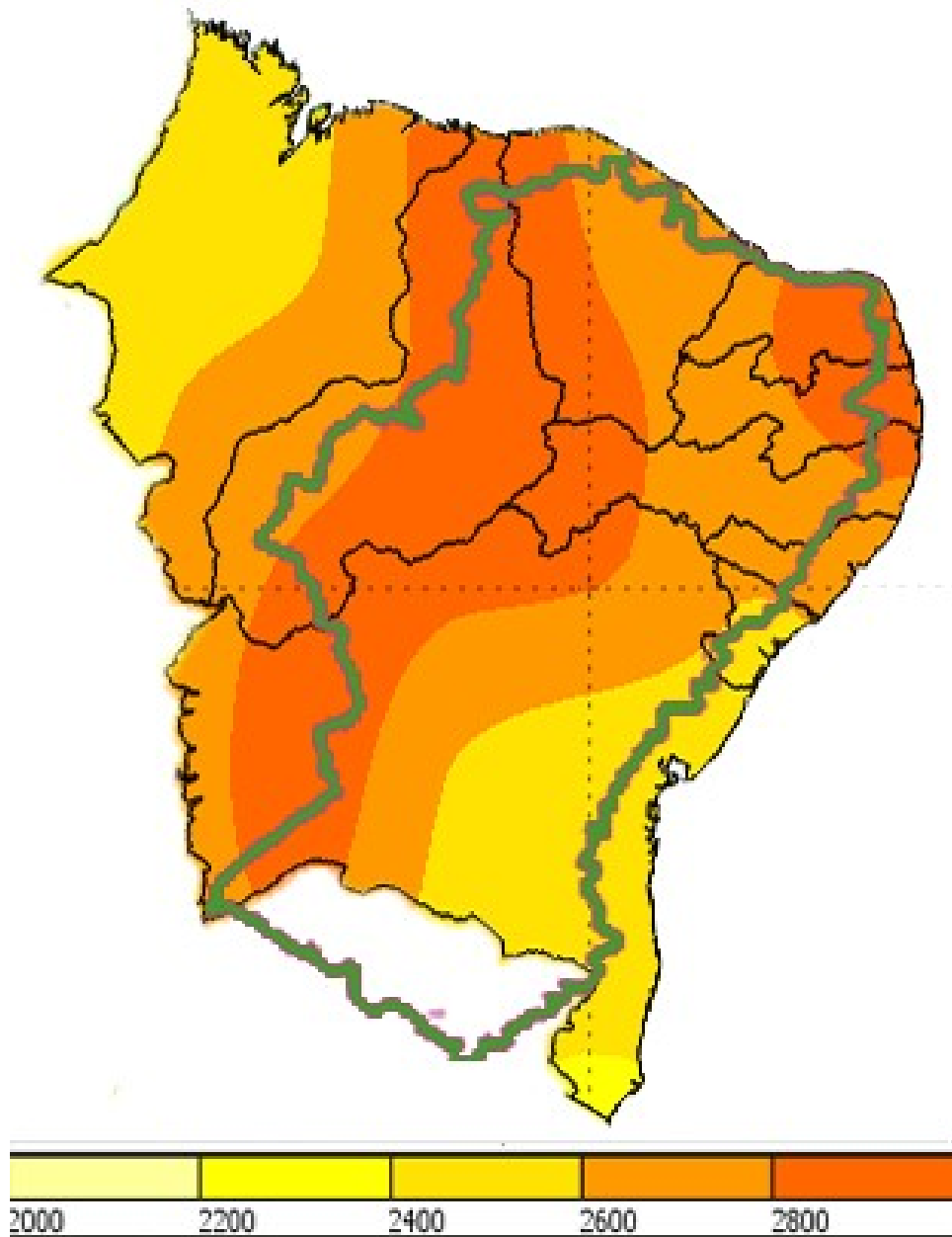
Figura 15: Médias anuais de Umidade Relativa do Ar na região Nordeste (%), com destaque para o semiárido.



Fonte: Adaptado de Inmet (2022). Acesso: agosto de 2022.

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 16), 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 através da condução.

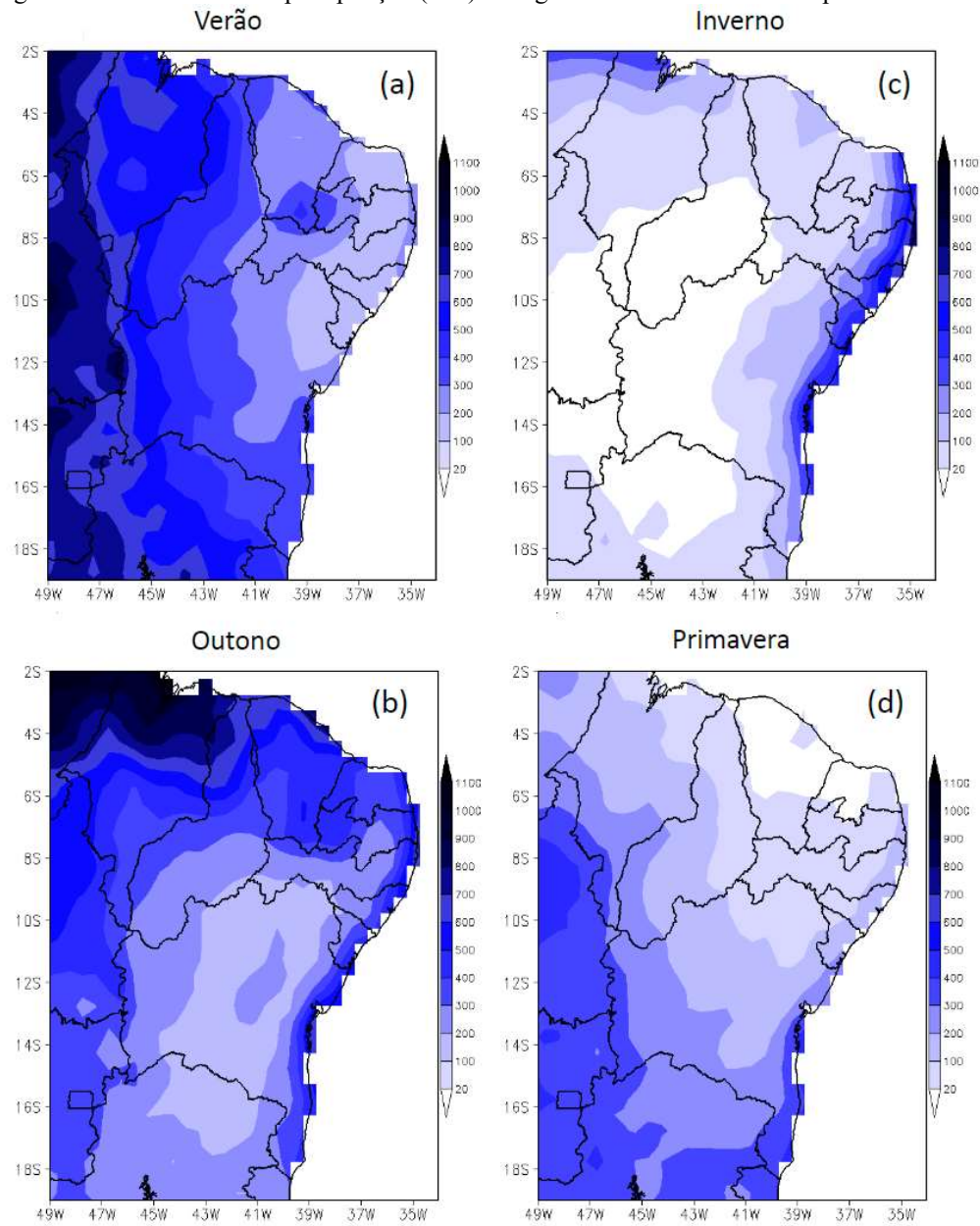
Figura 16: Taxa de Insolação anual na região Nordeste, em horas.



Fonte: Adaptado de Inmet (2022). Acesso: agosto de 2022.

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 que o Sertão Nordestino é no verão. Esse último tem seu período mais seco no inverno”, como mostra a Figura 17.

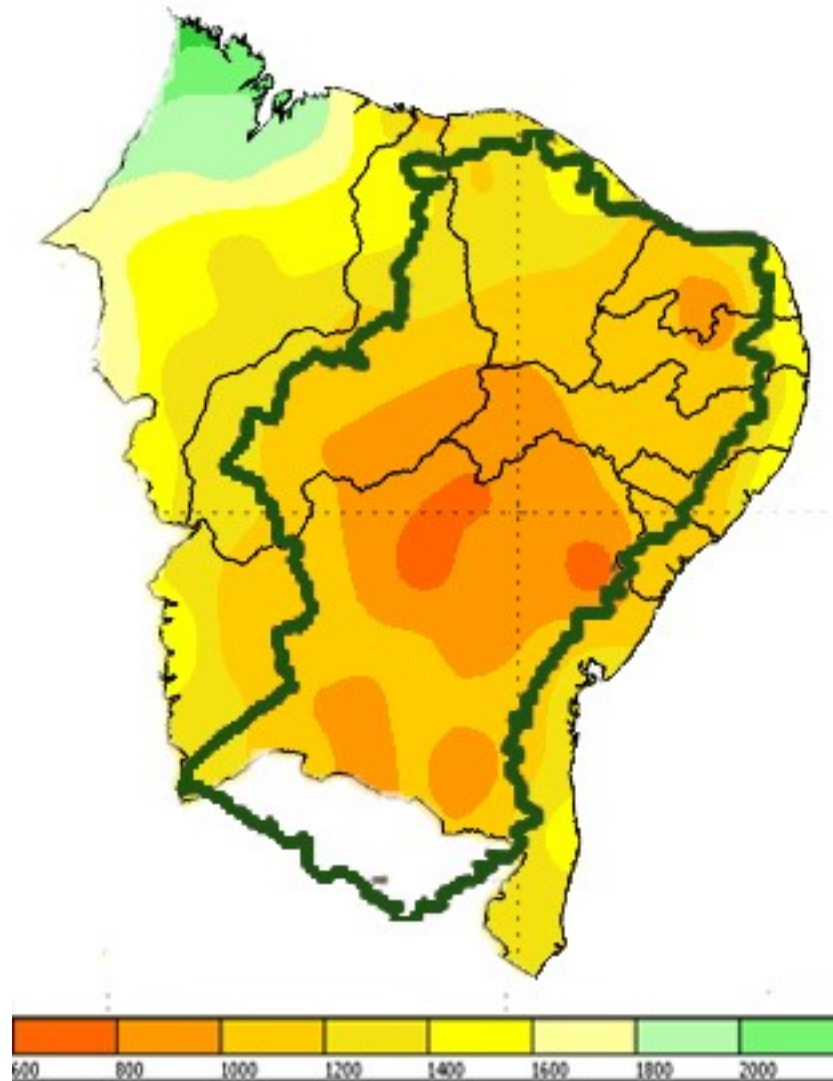
Figura 17: Sazonalidade da precipitação (mm) na região Nordeste do Brasil no período de 1979 a 2014.



Fonte: Adaptado de Reboita et al. (2016). Acesso: agosto de 2022.

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 18).

Figura 18: Média Anual de Pluviosidade (mm), com destaque para o semiárido.



Fonte: Adaptado de Inmet (2022). Acesso: agosto de 2022.

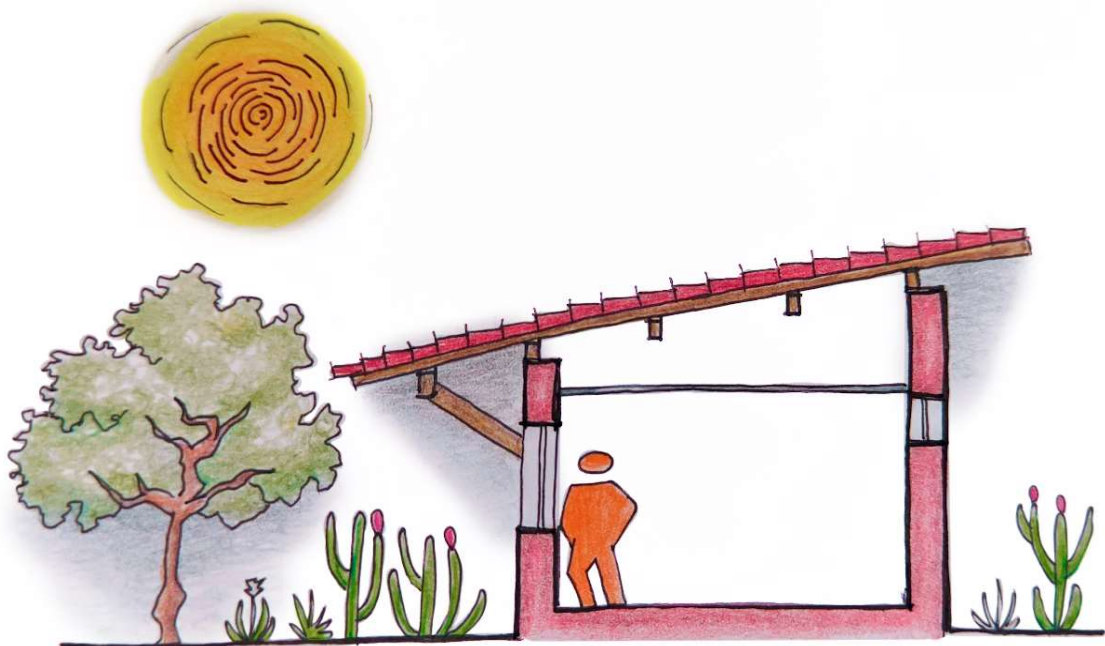
O conhecimento do volume e da época de chuva é importante no momento da elaboração do projeto arquitetônico, para determinar em que estação do ano existirá, um maior percentual de umidade, uma menor taxa de insolação e consequentemente, temperaturas mais amenas. Podem ser delimitadas, assim, as orientações 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.

3.4. 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 cobertura, 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 19).

Figura 19: Sombreamento de aberturas por meio da utilização de beirais.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

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 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 20).

Figura 20: Exemplo de conjunto arquitetônico com soluções que diminuam a incidência de insolação direta nas edificações

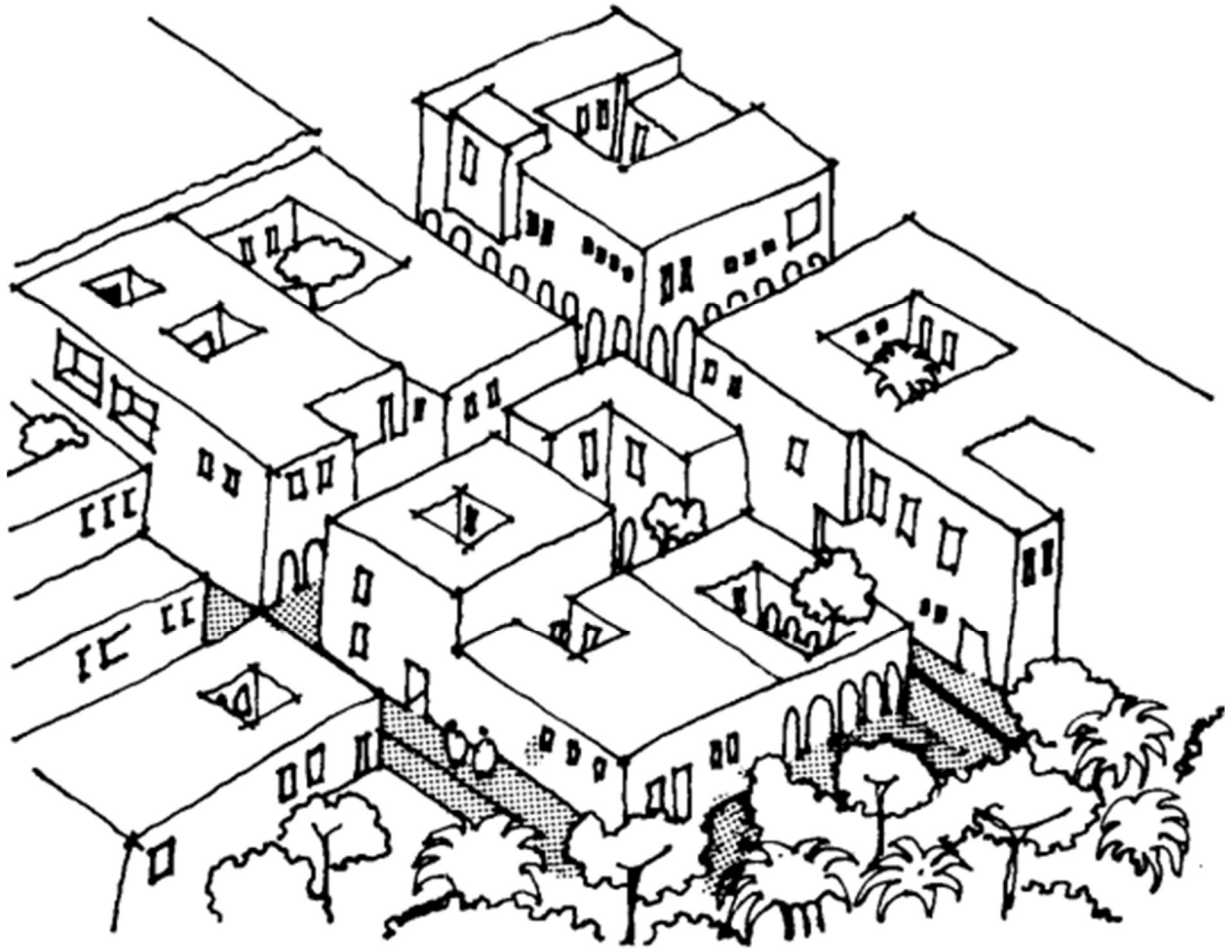


Fonte: Lucas Gomes, 2022.

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 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, se destaca o desenho de ruas mais compactas, permitindo o sombreamento pelas próprias edificações (Figura 21). 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 21: Esquema de ocupação no clima quente e seco, com destaque para ruas estreitas.



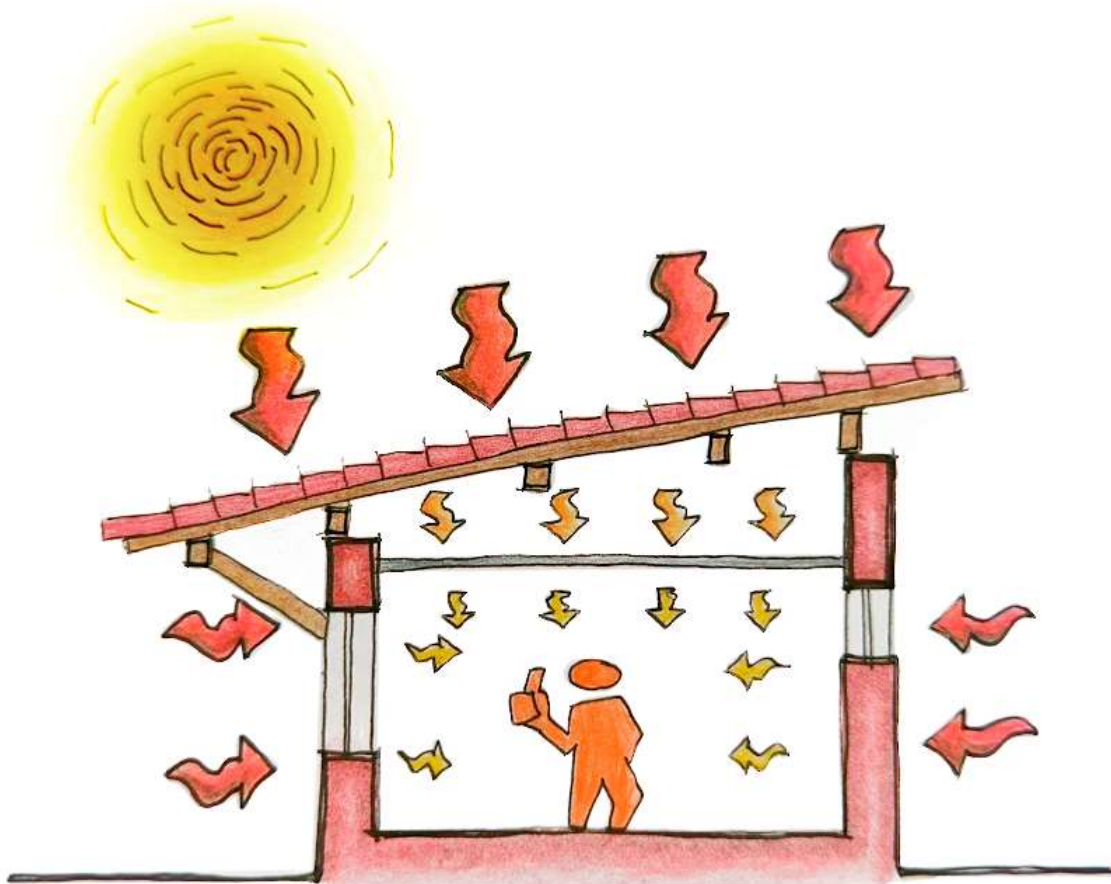
Fonte: ROMERO (1988). Acesso: fevereiro de 2023.

Além disso, outra solução muito bem-vinda ao clima do semiárido, 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** é também devido 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 (Figura 22).

Figura 22: Massa Térmica para Resfriamento.

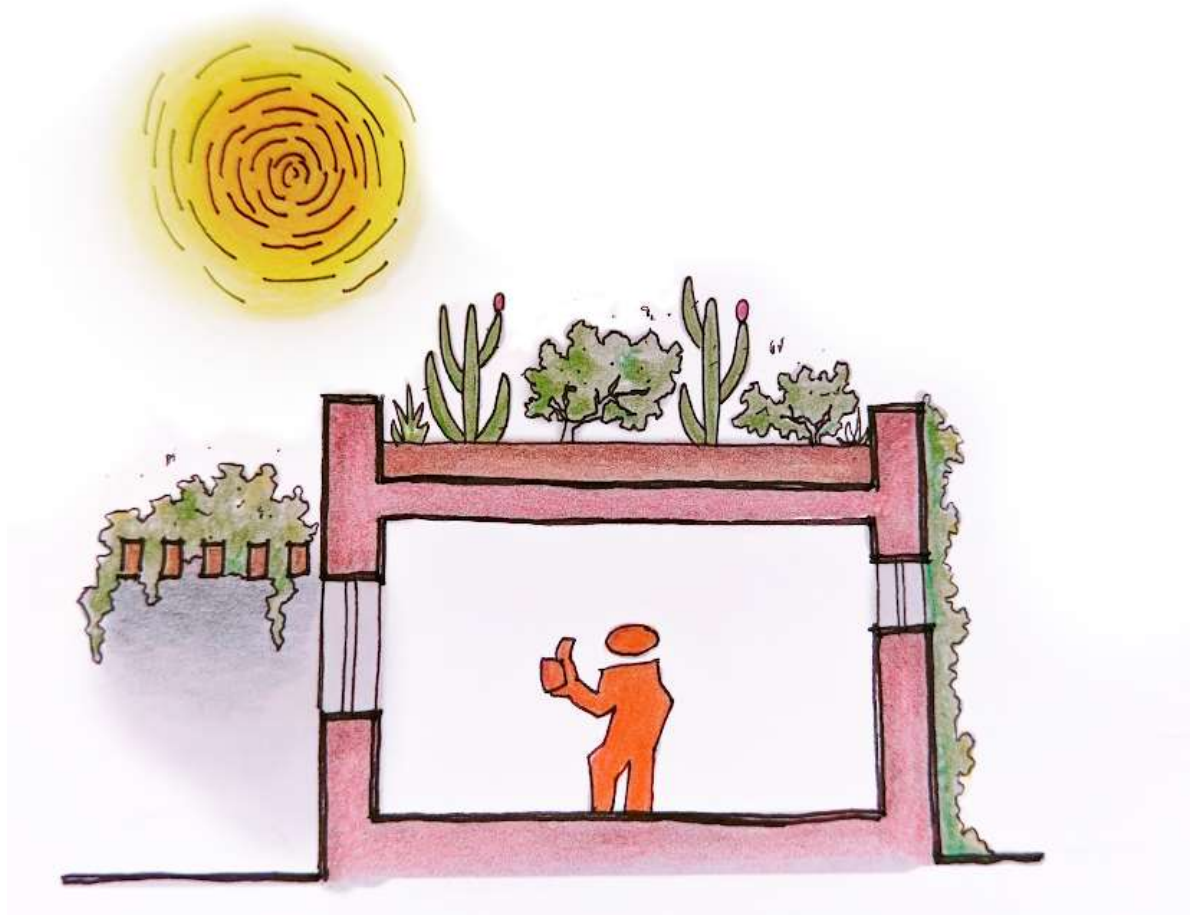


Fonte: Lucas Gomes, 2022.

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 cobertura 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 cobertura também deve ser robusta, visando ao atraso dos ganhos térmicos no interior. Entre as soluções, pode-se citar o uso de cobertura em camadas, como a utilização de laje plana coberta por telhado cerâmico; cobertura com telhas termoacústicas, pintadas em cor clara, que refletem a radiação solar, com forros de gesso criando um bolsão de ar entre a cobertura e o ambiente,

diminuindo a emissão desse calor para essa parte inferior onde o usuário se localiza (Figura 21). 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 23).

Figura 23: Utilização de teto verde como proposta para o resfriamento, a partir da Inércia Térmica



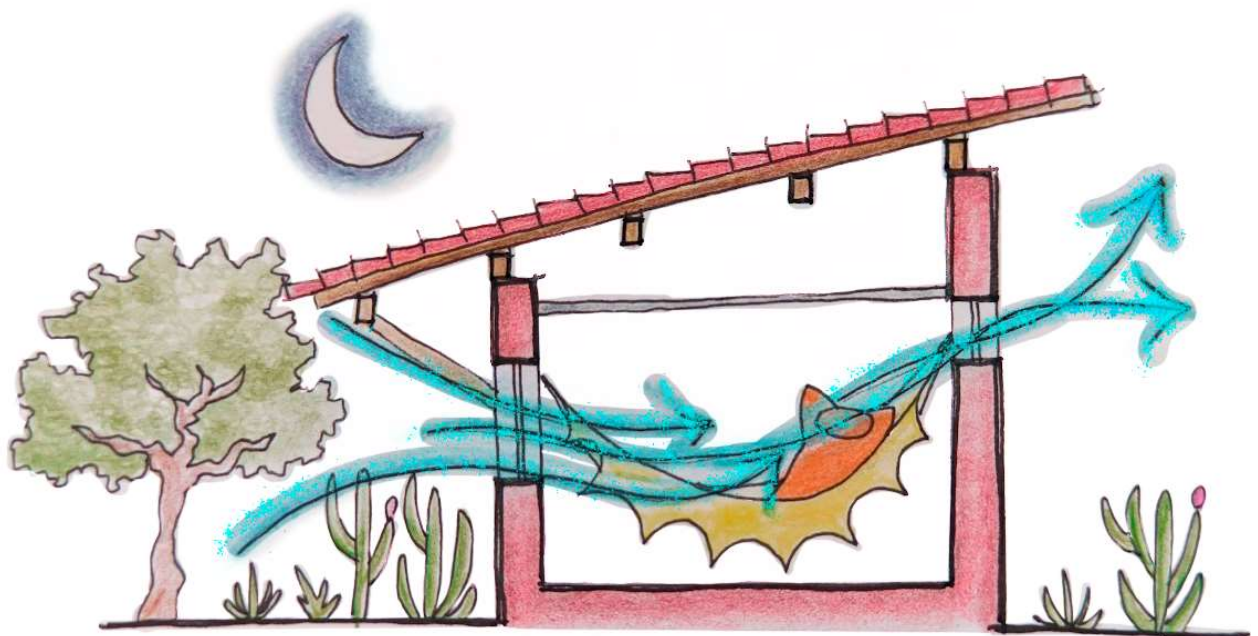
Fonte: Lucas Gomes, 2022.

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, nesse último exemplo, fazendo uso da ventilação seletiva.

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 24). Recomenda-se que tais esquadrias sejam com sistemas de abertura ajustáveis, venezianas móveis, como também, pode-se 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.

Figura 24: Ventilação noturna, quando a temperatura está mais amena.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

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 Etzuin (2004), essa é uma das estratégias de resfriamento mais efetivas, devido ao calor latente necessário para 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 25).

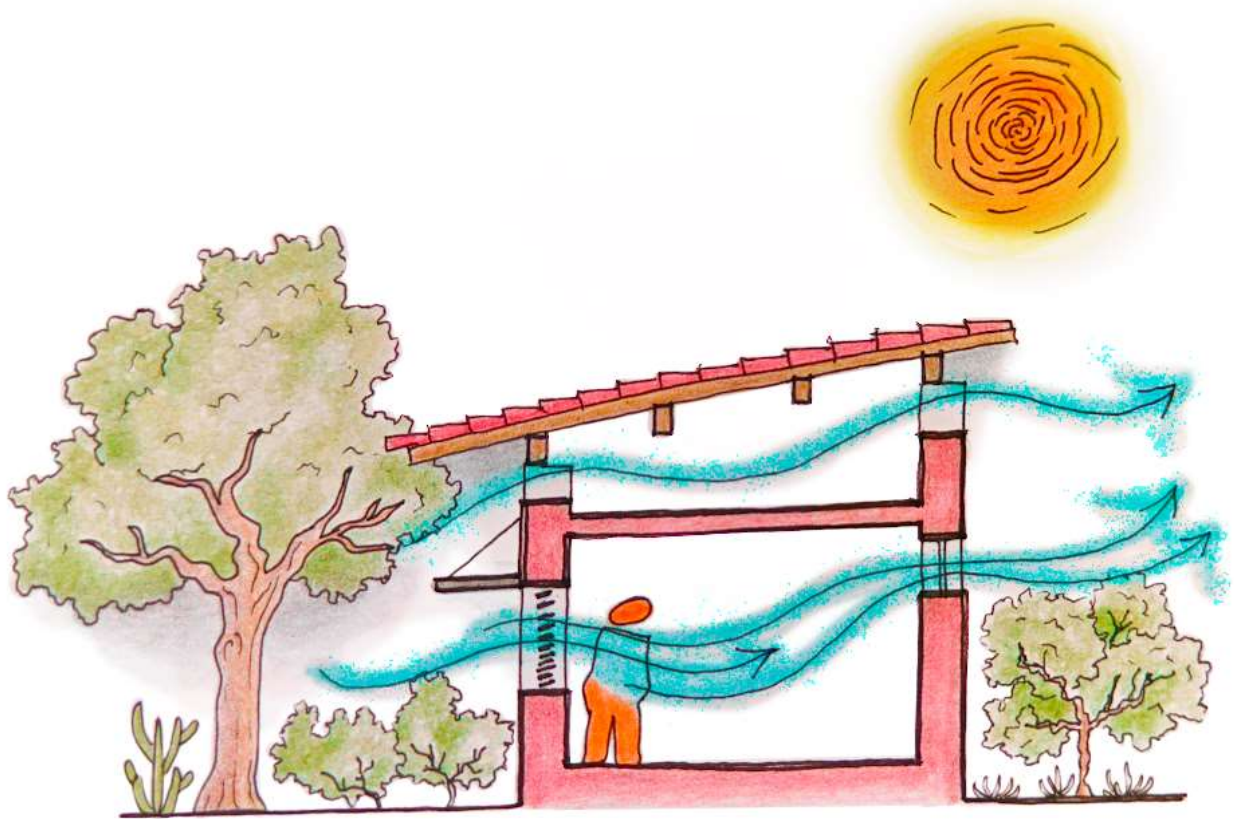
Figura 25: Utilização de espelho d'água e vegetação para aumentar a umidade.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

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; bem como, a utilização de vegetação arbórea (nativa ou exótica, adaptada ao sítio) nos passeios públicos e áreas privadas, criando um microclima urbano ameno, a partir da redução da temperatura e do aumento da umidade no ar (Figura 26). Há que se considerar tipos de vegetação que demandem pouca quantidade de água para o crescimento e sobrevivência, ou seja, que sejam resilientes às condições climáticas do sertão.

Figura 26: Ventilação levando a umidade da vegetação para o interior da edificação.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

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, melhorando a qualidade dos espaços semiprivados e públicos. Como exemplo, propor uma maior taxa de solo natural, juntamente à 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.



4. HABITAÇÃO POPULAR NO SERTÃO NORDESTINO

4.1. Um histórico vernacular

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, 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, se mantém 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 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**, que é 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.

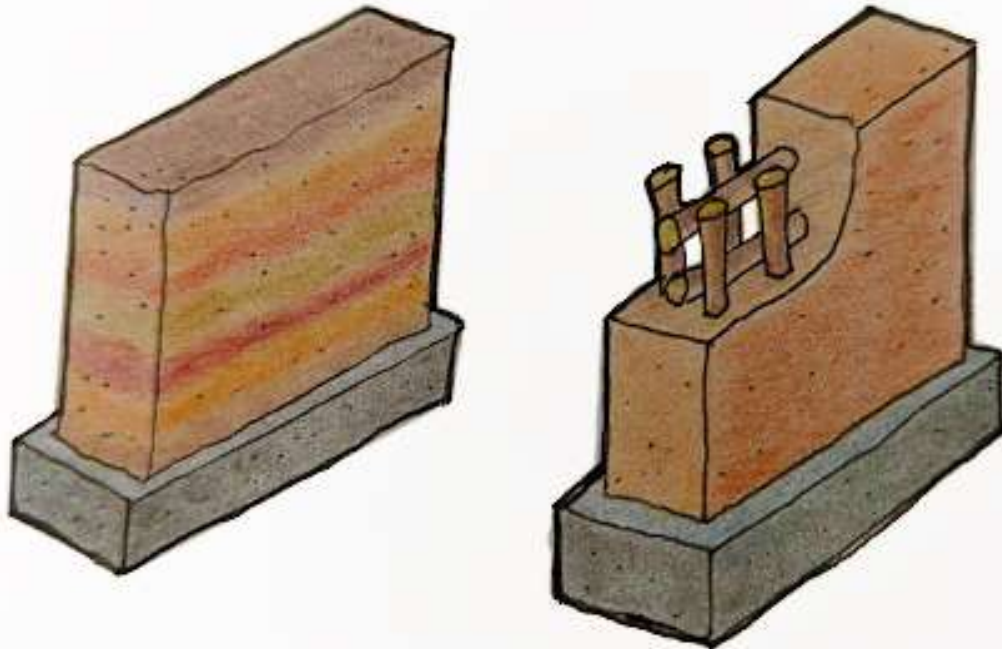
O principal problema encontrado com a técnica de taipa de mão é a ocorrência comum de rachaduras e fissuras no barro em virtude do processo de dilatação e compressão do material. Segundo Alvarenga (1984), essas rachaduras são mais comuns em casas que não recebem o revestimento adequado, já que ele é 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, que são 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 27).

Figura 27: Esquema de parede de Taipa de Pilão e Taipa de mão, com destaque para a armação de madeira interna.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

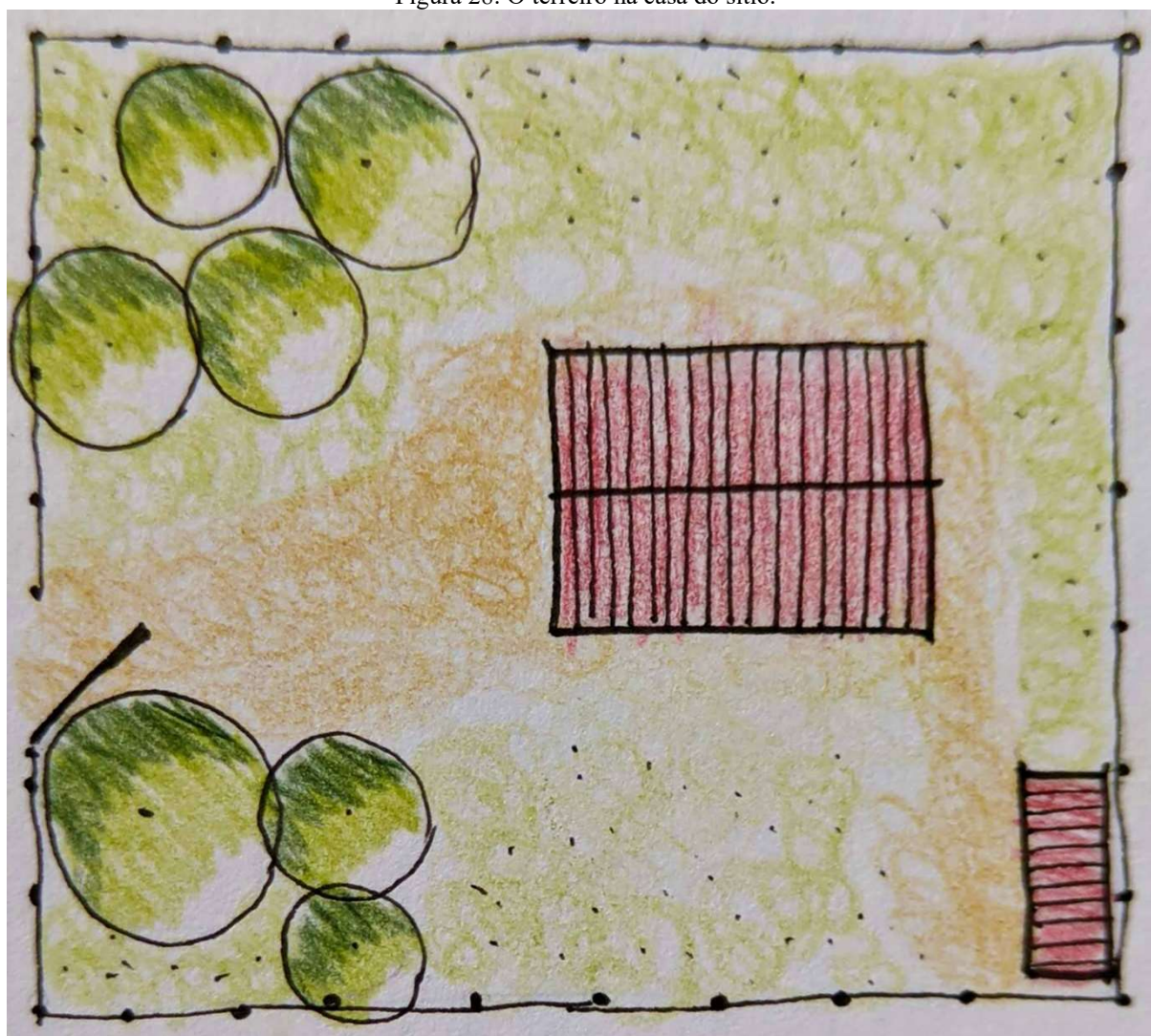
A utilização da terra, do barro e da madeira como materiais de construção reflete numa maior sustentabilidade no processo construtivo, gerando menos resíduos sólidos e impactando positivamente na redução de emissões de CO₂. Ainda nesse sentido, a taipa contribui para o conforto térmico no interior da 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 de ar-condicionado (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.

4.1.1. 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 28).

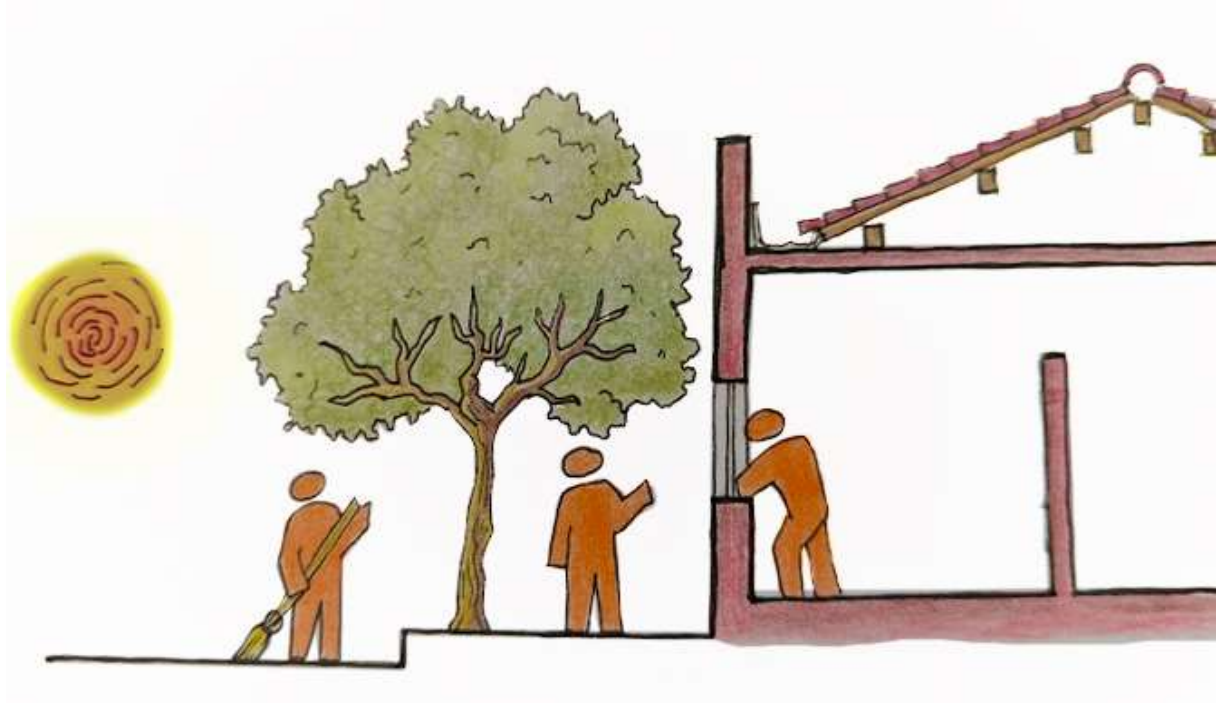
Figura 28: O terreiro na casa do sítio.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

São 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 despretensiosa. 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 plantadas árvores, frutíferas ou não, para garantir a desejada sombra ao passar do dia (Figura 29).

Figura 29: A calçada como representação simbólica do terreiro no ambiente urbano.

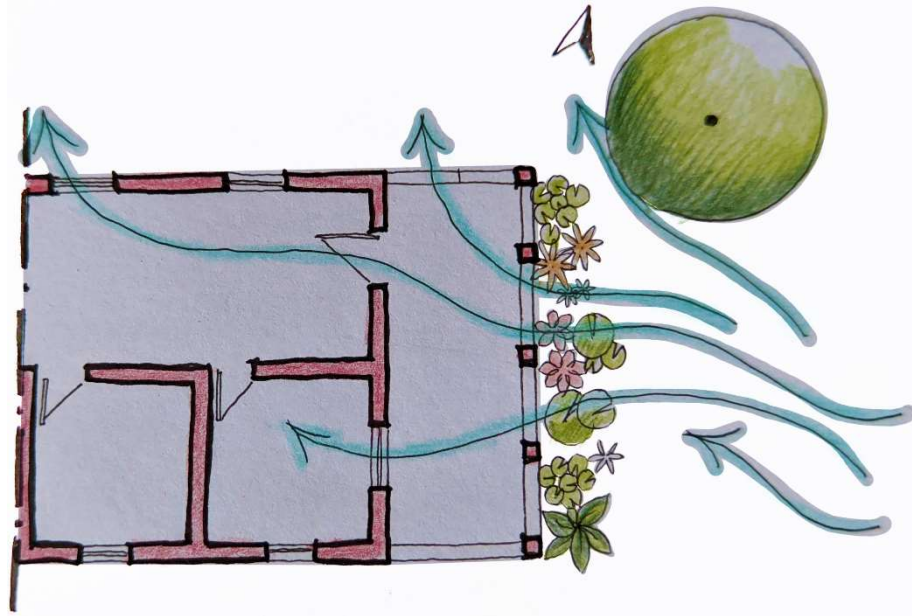


Fonte: Lucas Gomes, 2022.

4.1.2. 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 (Figura 30). Na cidade de São Bento, localizada no estado da Paraíba, é no terraço onde se 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.

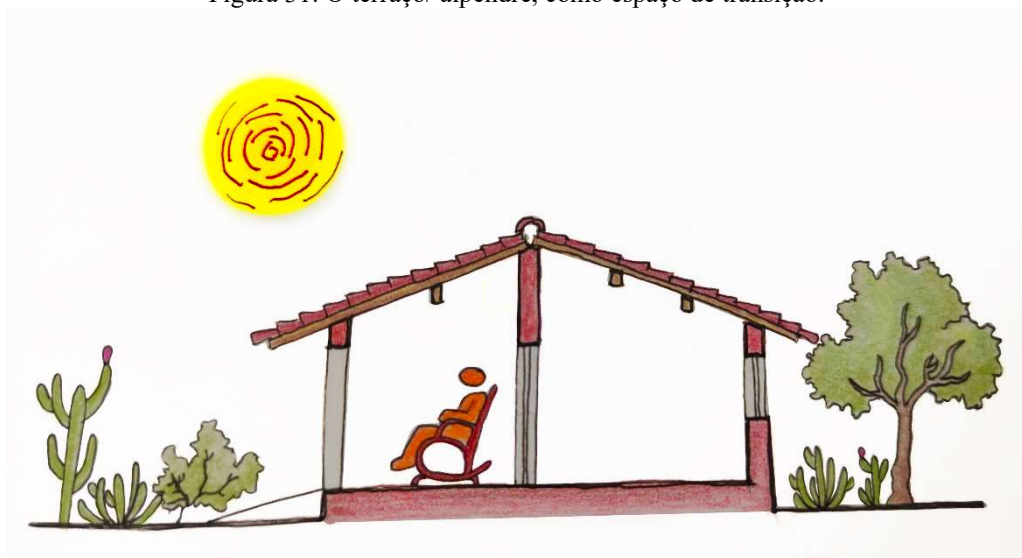
Figura 30: O alpendre delimitando a transição entre interior e exterior.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

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 31).

Figura 31: O terraço/ alpendre, como espaço de transição.

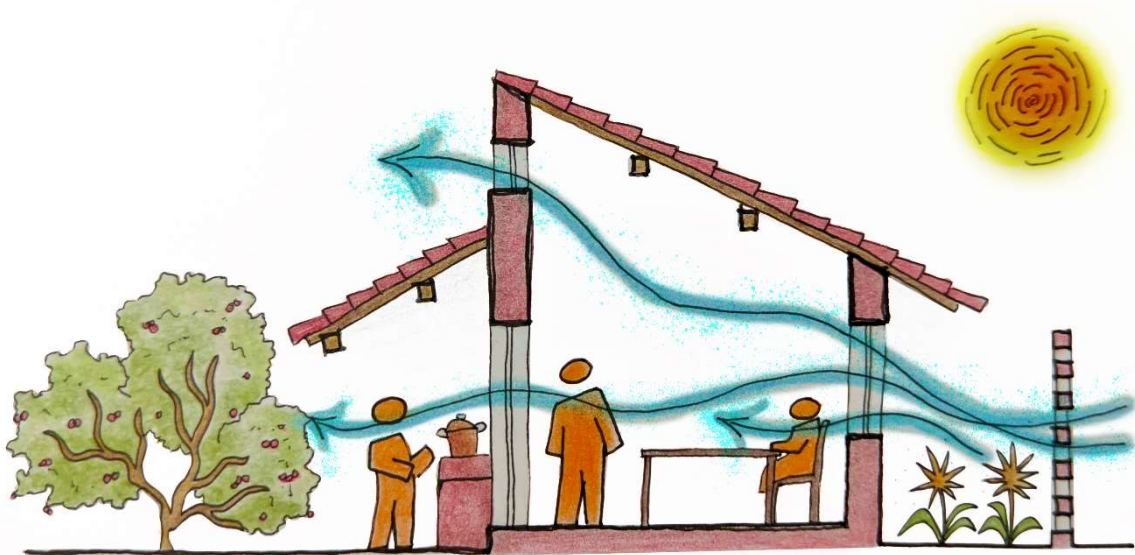


Fonte: Lucas Gomes, 2022.

4.1.3. 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 a zona de calor das visitas. 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 32: A cozinha como ambiente de encontro.

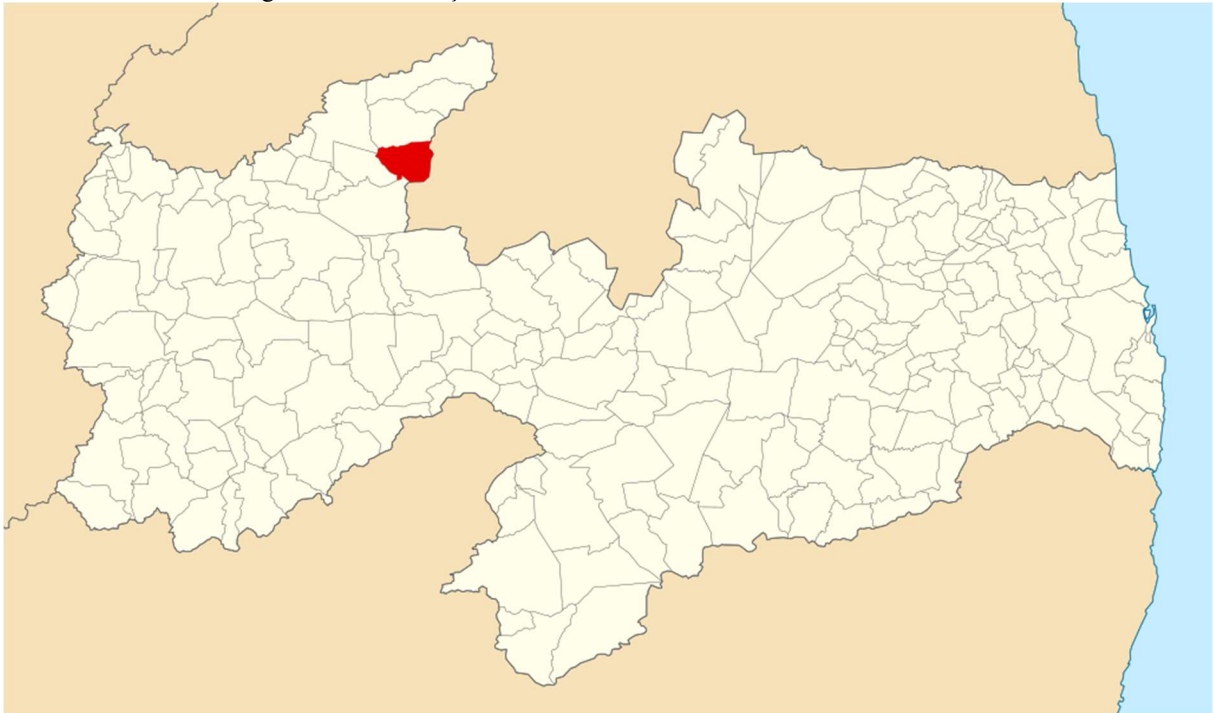


Fonte: Lucas Gomes, 2022.

4.2. A habitação em São Bento/PB

A cidade de São Bento se localiza no sertão paraibano, a 410 km de distância da capital, João pessoa (Figura 33), e possui 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” (G1, 2021).

Figura 33: Localização da cidade de São Bento no estado da Paraíba.



Fonte: Wikipédia (2019). Acesso: fevereiro de 2023.

Buscando a criação de um repertório de soluções arquitetônicas e de métodos construtivos utilizados no semiárido, foi realizada uma pesquisa de campo acerca de tipos e de formas arquitetônicas empregadas na construção de habitações unifamiliares construídas ao longo dos últimos 50 anos, na cidade de São Bento/PB. O intuito dessa etapa de pesquisa não foi mapear todos os diversos tipos construtivos utilizados no contexto do sertão nordestino, mas sim 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 no semiárido.

4.2.1. As casas na Rua Velha

As residências mais antigas do tecido urbano da cidade de São Bento se localizam no entorno de uma praça pública e tem suas construções datadas entre as décadas de 1960 e 1970 (Figura 34). É possível notar uma inspiração clara nas construções das fachadas, do estilo eclético, presente principalmente nos adornos retilíneos e nas platibandas.

Figura 34: Vista de Satélite de residências construídas na década de 1960 na cidade de São Bento/PB, no entorno da praça da Rua Velha.

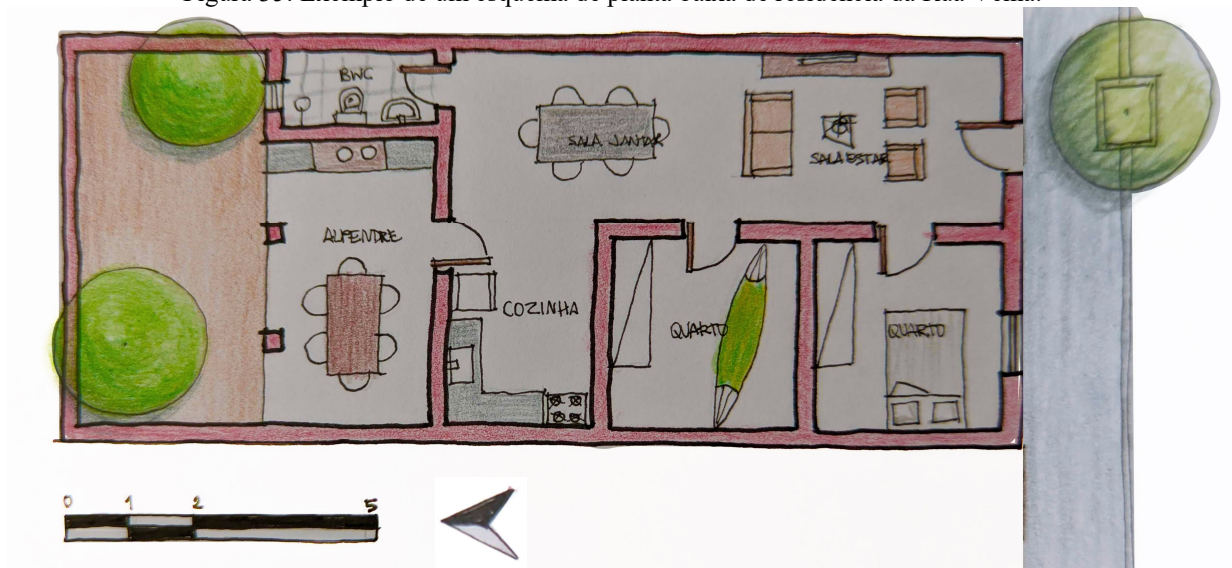


Fonte: Google Earth (2022). Acesso: Outubro de 2022.

As casas da Rua Velha foram construídas a partir do uso de materiais locais e de técnicas de construção seculares. O conhecimento sobre setorização da planta baixa, estrutura da edificação, emprego dos materiais, dentre outros, foi passado de geração em geração. Todos os lotes estreitos geraram soluções de plantas baixas muito semelhantes, com dinâmicas espaciais e volumétricas muito parecidas. A planta baixa se organiza em um eixo longitudinal, seguindo a maior dimensão do lote, com quarto de um lado, e sala do outro. Nos fundos, é possível encontrar o banheiro e a cozinha, esta última se voltando para um alpendre aberto para o quintal, localizado nos fundos do lote.

Devido à conformação da planta baixa, apenas um quarto contém uma janela voltada para a rua, o que implica na inexistência de iluminação e de ventilação naturais no segundo quarto, contribuindo negativamente para a eficiência energética da residência. A sala é iluminada e ventilada pela porta de entrada, que normalmente é composta de duas folhas – “blusa e saia”, permitindo a abertura da folha superior para a permeabilidade dos ventos, mesmo quando a folha inferior estiver fechada. A cozinha conta com a abertura da porta dos fundos, se conectando com o alpendre, que atua como área de transição entre o espaço construído da edificação e o vazio representado pelo quintal (Figura 35). Esse se configura como área de amenidade dentro do lote, contendo arborização, muitas vezes de espécies frutíferas, e solo natural, que acabam contribuindo para temperaturas mais amenas nas áreas adjacentes, bem como, como filtro da excessiva iluminação natural.

Figura 35: Exemplo de um esquema de planta baixa de residência da Rua Velha.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

As residências são construídas nos lotes, ocupando toda a sua largura, ou seja, sem considerar os recuos laterais, colando nos lados das edificações vizinhas, sem a existência de reentrâncias. Tal estratégia projetual se configura benéfica para a promoção do conforto ambiental no semiárido, já que a falta de recuos laterais reduz a quantidade de área diretamente exposta à radiação solar, diminuindo a quantidade de radiação que é transferida para o interior dos ambientes. No entanto, há que se observar se todos os ambientes da residência possuem janelas voltadas para o exterior, de modo a receberem a iluminação natural e a ventilação natural, quando desejada.

Outra característica marcante das residências localizadas na Rua Velha, é a inexistência de recuo frontal, fazendo com que a entrada da residência aconteça diretamente na calçada. Tal solução arquitetônica contribui para uma maior conexão entre os espaços arquitetônicos e o espaço urbano, porém, acontece sem nenhum recurso de transição, diminuindo a privacidade e a segurança dos moradores. As aberturas são voltadas diretamente para a rua, o que por um lado permite a passagem dos ventos para o interior das edificações (quando necessário e a depender da orientação), mas as expõe, também, à radiação solar direta e à falta de privacidade (Figura 36). Os ambientes voltados para a rua têm a possibilidade de serem iluminados naturalmente, a depender do tipo e material das aberturas.

Figura 36: Fachadas de casas na Rua Velha, com destaque para inexistência de recuos frontais e laterais.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

O sistema construtivo das residências da Rua Velha privilegia o conforto térmico dos ambientes internos. Houve a utilização do tijolo cerâmico maciço com uma espessura de 30cm. Para o semiárido, a utilização de uma envoltória com grande inércia térmica é benéfica do ponto de vista bioclimático, pois atrasa as trocas de calor entre os ambientes internos e externos, diminuindo a temperatura no interior da edificação. Além disso, a construção possui um pé direito alto e uma cobertura em telhas de materiais cerâmico, contribuindo para a sensação de conforto térmico dos usuários ao nível do solo, já que o ar quente, por ser mais leve, tende a subir por convecção.

Do ponto de vista urbano, as residências possuem uma maior conexão com o espaço público, consequência direta das portas e janelas que se abrem para a calçada. Porém, a dimensão das calçadas se mostra insuficiente, tanto do ponto de vista da acessibilidade dos pedestres, quanto para a disposição da arborização. A rua possui uma arborização urbana muito presente, mas, devido à pequena largura das calçadas, cerca de 1 metro, as árvores são alocadas no limite entre a rua e a calçada.

As características apresentadas pelas casas da Rua Velha apontam que o saber popular da construção é dotado de muitas qualidades e valores arquitetônicos que privilegiam o conforto do usuário. Todavia, algumas soluções na resolução da planta baixa acabam gerando ambientes insalubres e desconfortáveis, como no caso do quarto sem janela, algo que pode ser evitado ainda na fase projetual visando ao conforto ambiental e à eficiência energética da edificação.

4.2.2. As casas na Rua Nova

As residências populares construídas na última década na cidade de São Bento/PB sofreram pressões mercadológicas que refletiram diretamente na conformação de seus ambientes especialmente nos âmbitos da eficiência energética e do conforto ambiental. Visivelmente, uma das principais características dos novos assentamentos no tecido urbano é o adensamento construtivo da quadra, mesmo em edificações de apenas um pavimento. Os lotes são muito estreitos, e como as construções praticamente ocupam toda a área superficial, se configuram também bastante estreitas, dificultando a iluminação e ventilação naturais em seu interior.

Como não há legislação urbana específica, que determine os parâmetros construtivos, todos podem construir à sua maneira, de acordo com o que consideram necessário. Assim, há construções com pouca ou nenhuma área de solo natural e aberturas insuficientes para a iluminação e ventilação naturais no interior da edificação (Figura 37).

Figura 37: Exemplo de quadra com edificações construídas nos últimos 5 anos na cidade de São Bento.

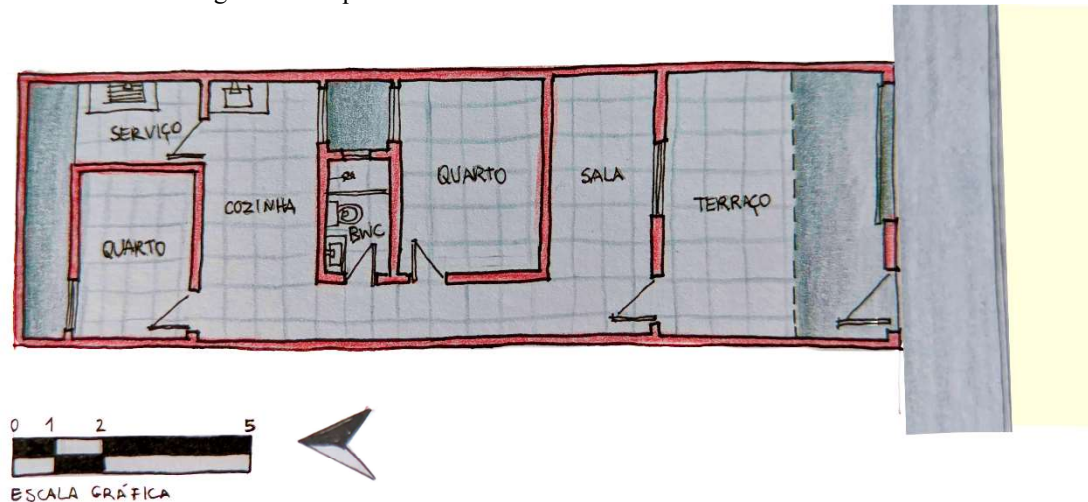


Fonte: Google Earth (2022). Acesso: outubro de 2022.

Ao analisar a imagem de satélite da quadra selecionada, disponibilizada pela plataforma Google Earth, percebe-se a uniformidade dos lotes e, por consequência, das residências. Há muitas residências dispostas em lotes com cinco metros de largura por 18 metros de profundidade. Elas são geminadas nas laterais do lote e, na maioria dos casos, não há recuo frontal nem de fundos. Ao colar as edificações nas laterais dos lotes, a área que recebe insolação direta das edificações é reduzida, o que acarreta a diminuição da temperatura interna dos ambientes. Porém, ao colar nos quatro lados do lote, o interior dessas edificações não recebe

iluminação e ventilação naturais, e tem como espaço delimitado para as trocas de ar apenas poços de ventilação mal dimensionados (Figura 38).

Figura 38: Esquema de Planta baixa de uma casa na rua Nova.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

Nesse sentido, devido às dimensões dos poços, a iluminação natural no interior das habitações ocorre de maneira insuficiente e, em alguns cômodos, ela é inexistente. Isso gera a necessidade de fazer uso da iluminação artificial mesmo durante o dia, aumentando o consumo de energia elétrica. Outro aspecto negativo das edificações é a falta de ventilação natural no interior dos seus ambientes, devido à falta de aberturas voltadas para espaços abertos, por onde a ventilação possa permear, considerando-se que os poços de ventilação adotados nas casas são insuficientes para garantir a ventilação cruzada nos ambientes bem como a iluminação natural. Lembra-se que mesmo que a edificação esteja inserida em CTQS, onde não há necessidade de ventilação durante todo o tempo, ela é demandada em horários do dia e em períodos do ano específicos, visando à renovação do ar ambiente e à sensação de conforto.

Segundo Olgyay (1963), para que a ventilação permeie o ambiente é necessário haver tanto uma abertura de entrada, preferencialmente voltada para a orientação dos ventos predominantes, e uma abertura de saída, voltada para o lado oposto, o que não ocorre nas residências abordadas.

Outro aspecto negativo das construções mais recentes no tecido urbano de São Bento é a falta de integração entre a edificação e o espaço urbano, criando ruas desertas e inseguras para os usuários (tanto moradores quanto transeuntes). Isso ocorre em virtude da colocação de muros altos e de portões nesses respectivos muros, que, em muitos casos, foram transformados em fachadas das edificações, como apresenta a Figura 39. Não há elemento de integração entre o

espaço interno e o espaço externo, como muros baixos, grades ou até mesmo jardins semiprivados. Lembra-se aqui o que cita Jacobs (2000), para garantir a segurança de determinado tecido urbano, as residências devem ser organizadas voltadas para a rua, permitindo que os moradores tenham a visibilidade daquilo que acontece no exterior do lote, uma forma de fiscalização natural do espaço público, como verdadeiros “olhos da rua”.

Figura 39: Fachadas das edificações, com destaque para falta de permeabilidade.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

Outro aspecto negativo das intervenções no sentido urbano são suas calçadas. Além da dimensão insuficiente, elas são caracterizadas por rampas para carros e pela irregularidade entre si, criando desníveis e aclives, impróprios do ponto de vista da acessibilidade dos pedestres. Do ponto de vista da arborização urbana, as poucas árvores existentes são localizadas na rua, sem canteiro ou alegretes bem dimensionados. A presença de pouca vegetação arbórea acaba aumentando a sensação de calor no espaço público, que pode ser sentido, também, dentro da edificação.

Tanto os materiais quanto as técnicas construtivas e soluções arquitetônicas empregadas nas edificações são balizados pelo viés mercadológico, sendo escolhidos os mais baratos sem necessariamente levar em consideração suas propriedades e características do ponto de vista da promoção de conforto ao usuário. As residências são construídas com o sistema de pilares e vigas, sustentando uma coberta de telha cerâmica. Os tijolos utilizados para as vedações e paredes são do tipo cerâmico de oito furos, mais baratos em relação ao tijolo maciço. Por

possuírem uma menor espessura e uma menor inércia térmica, a radiação que atinge as paredes expostas acaba sendo transferida mais rapidamente para dentro dos ambientes, em forma de calor.

Já as cobertas das residências apresentam uma altura mais baixa em relação às apresentadas nas residências da Rua Velha. Dessa forma, devido à falta de ventilação dentro da residência, o calor acaba ficando acumulado na área da coberta, e é acrescido pela radiação solar recebida diretamente pelo telhado, contribuindo com desconforto térmico no interior dos ambientes. Mesmo a presença de forros de gesso em algumas habitações não consegue diminuir a sensação de desconforto térmico, já que não existe a ventilação para a exaustão desse calor.

As residências populares construídas nos últimos anos na cidade de São Bento refletem uma arquitetura muito mais voltada para a lógica do lucro, em detrimento das qualidades espaciais e físicas dos ambientes construídos. A falta de um pensamento bioclimático unido ao processo projetual acabou criando residências desconfortáveis, muitas vezes sem ventilação e iluminação naturais, corroborando para o aumento de gastos energéticos das edificações, quando soluções arquitetônicas seriam mais adequadas economicamente, como a setorização adequada da planta e de suas aberturas ainda na fase projetual ou o emprego de solo natural, jardins e vegetação no interior dos lotes visando à promoção de conforto de forma natural, como visto nos quintais das casas da Rua Velha.

A inexistência de legislação urbanística na cidade contribui, também, para projetos arquitetônicos não apropriados para o clima da região, facultando aos projetistas e empreendedores a definição de recuos, área de solo natural e demais parâmetros que balizam a construção dentro do lote. Desse modo, são criadas quadras e bairros saturados, totalmente impermeabilizados, com residências quase que estritamente dependentes de aparelhos de ar-condicionado para a obtenção do conforto térmico. Tais condições são associadas ao acúmulo de calor (aumento das temperaturas nos tecidos urbanos, em relação aos valores coletados pelas estações meteorológicas) e podem agravar a sensação de desconforto térmico na cidade.



5. O PROJETO

5.1. Referências projetuais

Buscando a criação de um referencial prático acerca de boas experiências projetuais no semiárido, foram elencadas algumas propostas arquitetônicas e urbanísticas, pontuando aspectos positivos do ponto de vista bioclimático que podem ser replicados, tanto no modelo aqui proposto, como em demais projetos situados no semiárido nordestino.

5.1.1. Cajueiro Seco. Acácio Gil Borsói - PE, 1963.

O projeto para a comunidade de Cajueiro Seco nasceu com a perspectiva do arquiteto Acácio Gil Borsói de garantir moradia acessível para uma população excluída social e economicamente, no estado de Pernambuco. Em um contexto de expulsão e de realocação da comunidade para um novo loteamento proposto pelo estado, a ocupação dos lotes voltados à moradia, coordenada pelo arquiteto, é feita de maneira a inserir a comunidade enquanto projetista dos seus próprios lares, adotando soluções sistematizadas e ligadas à cultura local, mesclando o vernáculo e o industrial.

Borsói pode realizar um projeto decidido preliminarmente e individualmente, fixando soluções habitacionais genéricas, para pessoas e condições igualmente genéricas. Mas o faz de outro modo: com um projeto decidido durante o seu processo de realização e coletivamente, apontando soluções habitacionais relacionadas com pessoas e circunstâncias específicas (DE SOUZA BIERRENBACH, 2008, p. 51).

As habitações foram pensadas para serem construídas em Taipa de mão e o processo de construção passava por dois momentos distintos. O primeiro, era a montagem em série das formas estruturais de madeira nas quais o barro é prensado, com módulos em tamanhos variados, além dos módulos de janelas e portas, também em madeira. O segundo passo era a delimitação da edificação junto aos seus moradores, numa malha quadricular. A própria comunidade participava do processo de tomada de decisões, tornando cada projeto único em função das particularidades de cada morador. Dessa forma, ainda que a comunidade estivesse em situação socioeconomicamente frágil, houve a pretensão de “demonstrar que a sua população tem a capacidade de superar essa limitação através dos seus próprios conhecimentos” (DE SOUZA BIERRENBACH, 2008, p. 51). Ainda nesse sentido, Borsói salienta:

Ao invés de importar técnicas de outros países, devemos fazer a nossa, dentro do conhecimento da nossa gente. (...) devemos ter uma linguagem de informação de maneira a integrá-los no processo de construção. Disso resulta toda uma forma de pesquisa e toda uma resposta metodológica e de linguagem. (...) [Os programas habitacionais] carecem, na essência, do respeito ao homem que os vai habitar (BORSÓI, 1986, p. 52).

O uso da Taipa de mão como técnica construtiva para a comunidade promoveu uma maior participação dos moradores, também, no processo de construção das casas. A técnica permitia que toda a família estivesse envolvida durante o procedimento, da montagem das formas de madeira, até o trançar da palha e a aplicação do barro (Figura 40). Essas particularidades permitiam, ainda, que os moradores pudessem atuar não só na construção, mas também na manutenção, atuando ativamente para a conservação das suas residências.

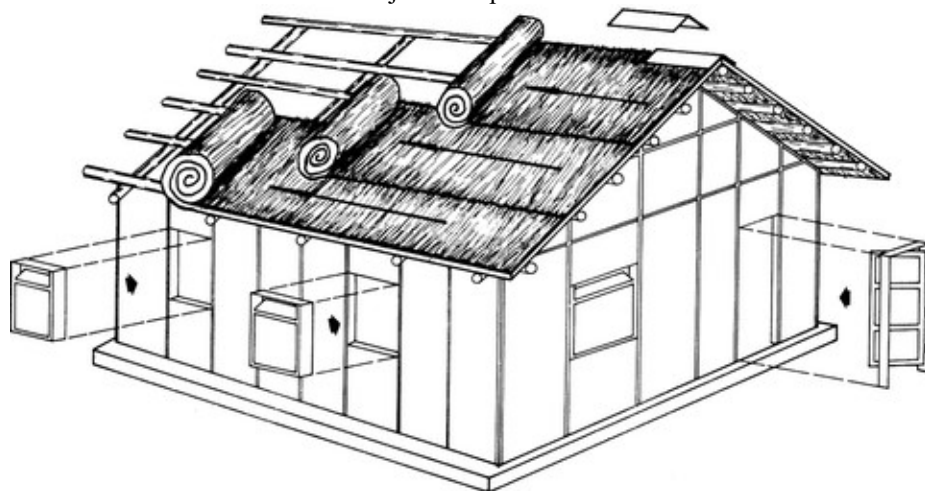
Figura 40: Participação popular na construção das habitações em Cajueiro Seco.



Fonte: Google Imagens (2022). Acesso: setembro de 2022.

Dentre os principais aspectos positivos no projeto, destacam-se a utilização de materiais locais na construção em uma perspectiva seriada (Figura 41), garantindo uma maior sustentabilidade ao processo, além de, também, lançar mão da taipa de mão enquanto técnica construtiva, assegurando uma economia tanto de recursos, já que os materiais principais são encontrados no próprio sítio, quanto de mão de obra especializada. A utilização do barro como material para vedação contribui, também, para questões de conforto térmico, sendo uma alternativa muito acessível nesse âmbito.

Figura 41: Esquema de um módulo habitacional, com destaque para o teto em palha e os módulos de janelas e porta.



Fonte: Google Imagens (2022). Acesso: setembro de 2022.

Um dos pontos mais brilhantes de Borsói na experiência em Cajueiro Seco foi a participação comunitária, que torna o feitiço das casas mais barato, já que a mão de obra é local, como também, expande e profissionaliza o conhecimento dos moradores nas técnicas de construção vernáculas, permitindo uma maior ligação afetiva dos mesmos com o resultado final, além de ser um dos pontos essenciais do pensamento sustentável atual (Figura 42).

Figura 42: Exemplar da produção de Borsói em Cajueiro Seco.



Fonte: Google Imagens (2022). Acesso: setembro de 2022.

5.1.2. Caraíba. Joaquim Guedes - BA, 1976.

No contexto da ditadura militar brasileira e em meio a esforços desenvolvimentistas para a exploração de recursos minerais e hídricos do país, diversas cidades foram planejadas do zero para servir de base para as operações. Esse é o caso de Caraíba (Figura 43), projetada no interior do estado da Bahia para atender aos novos habitantes que se mudavam para trabalhar na extração do cobre. A construção da cidade projetada pelo arquiteto Joaquim Guedes ocorreu entre os anos de 1976 e 1982.

Figura 43: Vista panorâmica de Caraíba.



Fonte: Archdaily (2015). Acesso: setembro de 2022,

Embasado por preceitos modernistas, especialmente no papel social da arquitetura, Guedes refletia sobre o construir para o homem concreto e específico, em contrapartida ao homem genérico moderno. Guedes afirmava que na cidade deve haver sistemas imutáveis, como ruas e vias, mas que deve haver também sistemas variáveis, que possam se adaptar e sofrer alterações pelos próprios moradores, caso da arquitetura.

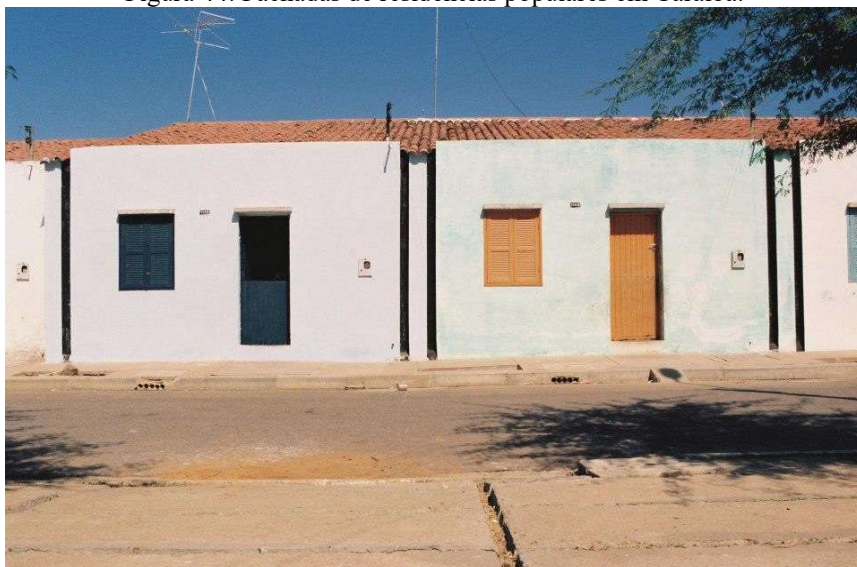
As imposições inevitáveis de organização e estrutura da cidade se confrontam com a liberdade dos usuários. Por essa razão, procurou-se resguardar a participação e liberdade de cada um na definição dos seus espaços internos e externos. Assim, as casas iguais, produzidas em série, admitem e sugerem prolongamentos e superposições artesanais. Supõe-se que o usuário amplie, pinte e complete a sua casa, feche-a com portões, decore-a com toda liberdade – como habitualmente se faz na região (GUEDES SOBRINHO, 1981, p. 11).

Uma das principais preocupações de Joaquim Guedes ao projetar Caraíba foi a sua inserção no semiárido. Nesse sentido, tanto o projeto urbano quanto o arquitetônico seguiram preceitos que buscavam a diminuição do desconforto térmico aos usuários, independente de classe social ou de posição na hierarquia da empresa que coordenava a mina. As ruas e os lotes foram delimitados visando à diminuição da insolação direta nas fachadas principais. Ainda nesse sentido:

Ao verificar como são as construções existentes nas cidades próximas, constata-se que muitas são geminadas, mas há também edificações posicionadas nos centros dos lotes. O arquiteto considera preferível optar pelas casas geminadas, para que se diminuam as faces das construções diretamente expostas à insolação. Assim, as avaliações indicam que sejam construídos edifícios geminados, sem descontinuidades ou alternâncias de volumes, para evitar o sol e o vento quente e seco, solução que é efetivamente adotada no projeto de todas as residências (BIERRENBACH, 2007, p. 3).

Outras soluções bioclimáticas foram adotadas pelo arquiteto, como a utilização de janelas e de portas de maneira parcimoniosa, no que se refere às dimensões e à disposição dessas aberturas, onde se buscou diminuir o fluxo de ventilação e a quantidade de radiação solar dentro dos ambientes. Já em algumas residências foi previsto um jardim interno, para onde as janelas se voltavam, ainda buscando a proteção das aberturas e o conforto dos usuários. Quanto às portas das residências dos operários, foi utilizada uma solução muito comum no interior que é a porta “blusa e saia”, que consiste em duas folhas móveis que se abrem de maneira que se pode fechar a parte inferior e abrir a parte superior, transformando a porta em uma janela (Figura 44).

Figura 44: Fachadas de residências populares em Caraíba.



Fonte: Archdaily (2015). Acesso: setembro de 2022.

Quanto aos materiais e às técnicas construtivas utilizadas na execução das residências, Guedes optou pela valorização de técnicas e de materiais locais, utilizando soluções que privilegiassem o bioclimatismo no sertão, além de contribuir para a sustentabilidade do processo de construção. Segundo Bierrenbach (2007, p. 5), as casas foram construídas com “pés-direitos altos, paredes de tijolos prensados, revestidos com argamassa e pintados com cal, com lajes e coberturas de telhas de barro da região”, como mostra a Figura 45.

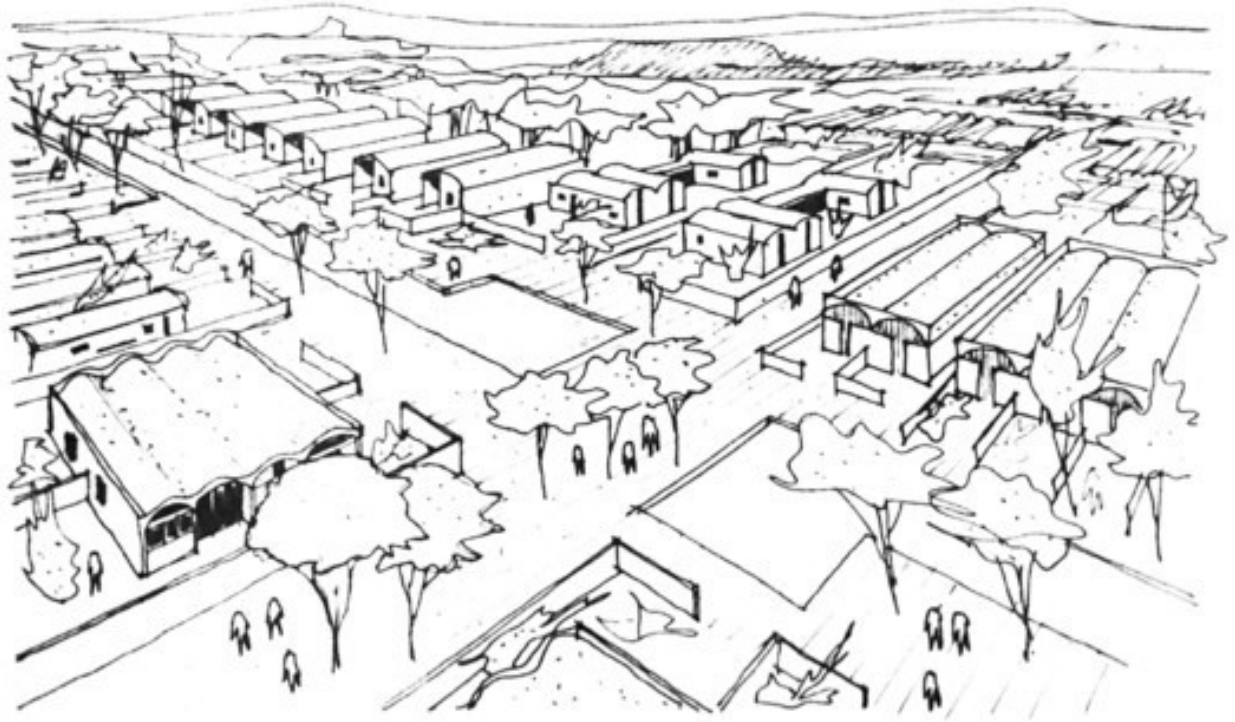
Figura 45: Residências em Caraíba.



Fonte: Archdaily (2015). Acesso: setembro de 2022.

Os espaços públicos da cidade também foram pensados para a promoção do bem-estar dos usuários. As calçadas foram projetadas com amplas dimensões, permitindo a circulação de pedestres, garantindo a acessibilidade e o plantio da arborização urbana de forma correta, sem prejudicar os passeios públicos (Figura 46). Além disso, amplas áreas de convívio foram pensadas com a presença de solo natural, reduzindo a quantidade de áreas impermeabilizadas que contribuem para o acúmulo de calor.

Figura 46: Croqui do arquiteto com presença da vegetação arbórea nas ruas.



Fonte: Archdaily (2015). Acesso: setembro de 2022.

Do ponto de vista bioclimático, as soluções empregadas por Joaquim Guedes em Caraíba ressaltam a preocupação com as características climáticas locais durante a fase projetual. Recursos utilizados nas residências como a geminação das casas, a criação de pátios internos, o pé direito alto e até a pintura de cal branca favorecem a diminuição da temperatura interna dos ambientes, contribuindo para o conforto térmico do usuário.

5.1.3. Habitação Social Wirton Lira - PE. Jirau Arquitetura, 2012.

Situado em Caruaru/PE, o empreendimento planejado pelo escritório Jirau Arquitetura consistiu na criação de 1.300 unidades residenciais financiadas pelo programa de fomento à moradia “Minha casa, minha vida”. No empreendimento, os arquitetos do Jirau buscaram fugir da simplicidade tipológica comumente atribuída aos projetos voltados à Habitação Popular, sem perder a capacidade de construção em série e o caráter plástico da solução (ArchDaily, 2021) (Figura 47).

Figura 47: Vista de parte do conjunto.



Fonte: Archdaily, 2021. Acesso: setembro de 2022

O projeto se localiza em uma área com um grande declive, dificultando as soluções para garantir acessibilidade dos passeios públicos. Devido à dimensão das calçadas, a arborização urbana é inexistente, porém, as edificações contam com amplos recuos frontais que permitem o plantio de vegetação tanto arbórea como arbustiva, além da manutenção de áreas de solo natural. Além disso, os lotes são delimitados por muros baixo e gradis, aumentando a conexão entre o ambiente público e o privado.

Uma das características mais interessantes no projeto é a capacidade de modificação e de alterações futuras das unidades habitacionais, sendo prevista, ainda na fase projetual, possibilitando uma ampliação mais adequada para os moradores. Esse aspecto permitia um maior controle do arquiteto pela gestão e pela manutenção do projeto, diminuindo a possibilidade de descaracterizações futuras advindas de ampliações.

As residências foram situadas no lote de maneira a sombrear parte da edificação vizinha, por meio dos recuos laterais pequenos ou inexistentes, atendendo às necessidades de conforto relacionadas ao bioclimatismo. Esse recurso privilegia o conforto térmico no semiárido em

virtude da massa térmica para resfriamento, diminuindo o aquecimento dos ambientes e, consequentemente, as suas temperaturas internas (Figura 48).

Figura 48: Vista de residências no conjunto.



Fonte: Archdaily (2021). Acesso: setembro de 2022.

O sistema de construção adotado para o conjunto foi o sistema de pilares, vigas e lajes, com fechamentos em blocos de tijolos cerâmicos. As lajes inclinadas suportam um telhado em telha cerâmica, que ajuda a aumentar a inércia térmica da cobertura, diminuindo a quantidade de radiação solar que é transferida para dentro dos ambientes. Por outro lado, a espessura dos blocos de tijolo cerâmico acaba reduzindo a inércia térmica das paredes externas, que precisam ser sombreadas para diminuir a radiação solar que as atinge.

Outro recurso utilizado pelos projetistas foram os beirais, ainda que pequenos, para o sombreamento das aberturas e paredes, além da criação de um terraço coberto para proteger a porta de entrada da residência. Essas soluções contribuem para o conforto térmico e lumínico da edificação, permitindo a sombra das aberturas durante partes do dia e diminuindo o ofuscamento no interior dos ambientes pelo excesso de luz solar. Tais esforços colaboram para

um horizonte mais bioclimático e sustentável dos grandes empreendimentos de habitação popular no país, mostrando, de forma prática, que tais residências podem ser providas de qualidades arquitetônicas e ambientais (Figura 49).

Figura 49: Croqui elaborado pelo escritório mostrando a edificação.

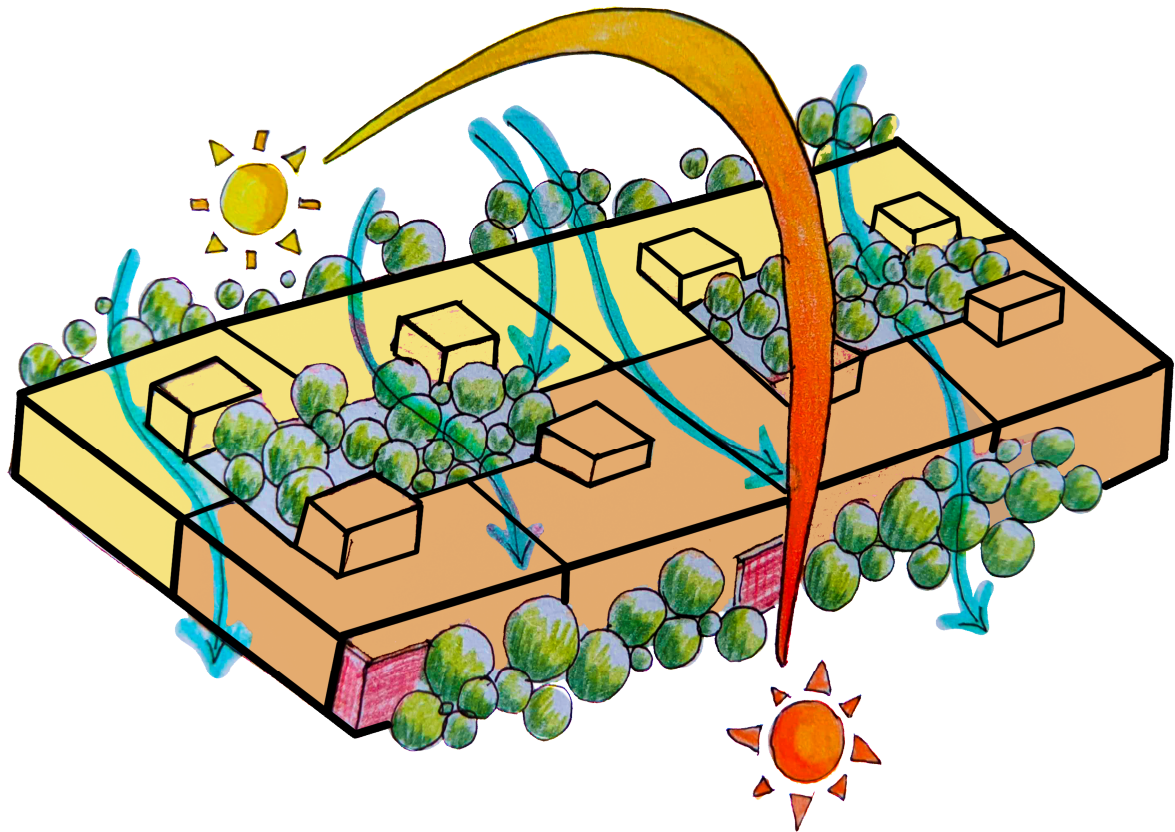


Fonte: Archdaily (2021). Acesso: setembro de 2022.

5.2. O projeto arquitetônico

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 (Figura 51).

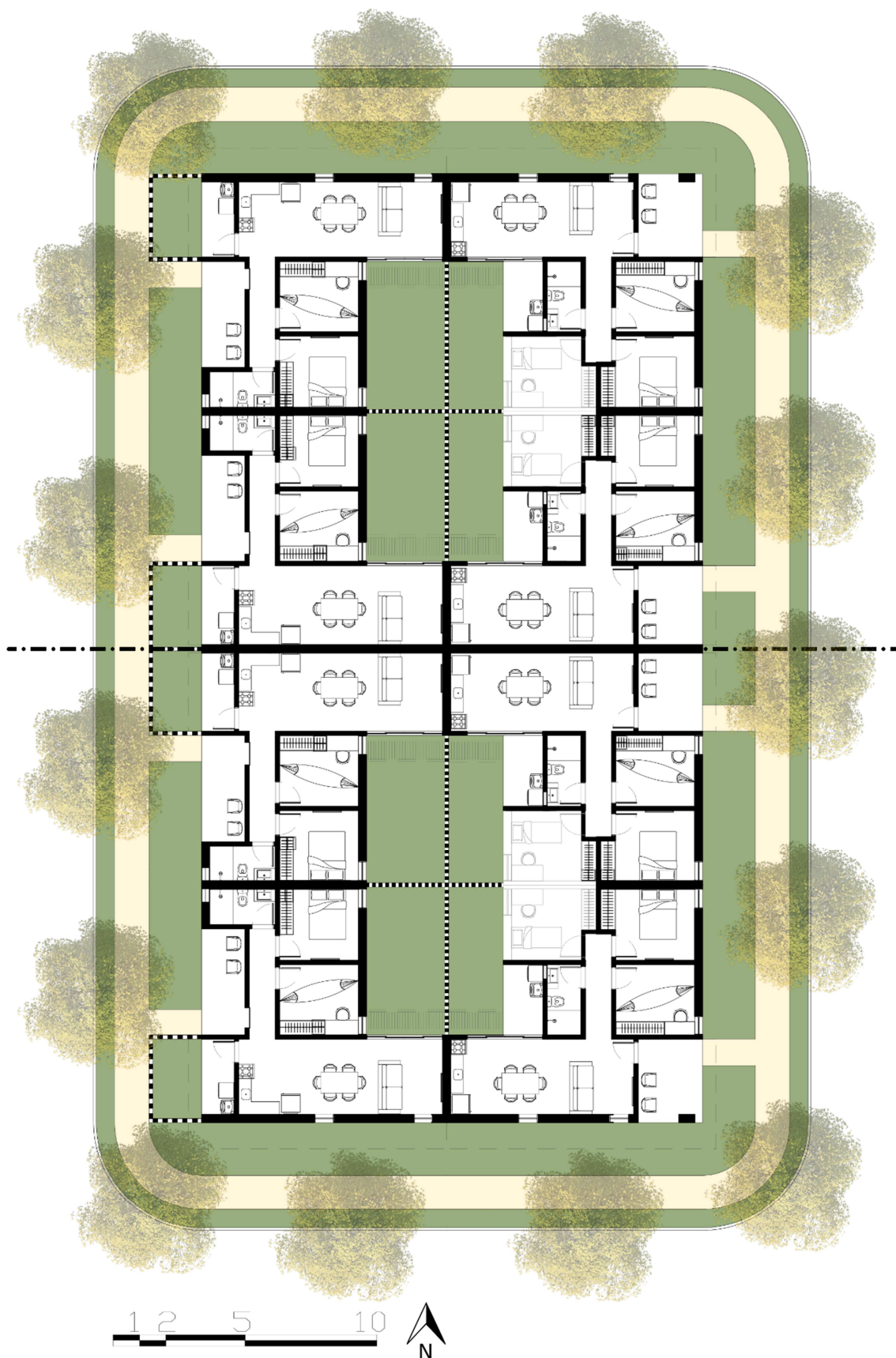
Figura 50: Esquema da implantação.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

A Figura 50 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 conforto ambiental nos espaços, como orientando quartos para a direção favorável a ventilação natural (Figura 51).

Figura 51: Planta baixa da quadra, com os modelos espelhados formando o conjunto.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

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 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 52).

- 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 semiárido nordestino, mas as amplificando e as traduzindo para espaços arquitetônicos e urbanos com mais qualidade.

Figura 52: Vista em perspectiva da implantação, com parte da arborização removida para melhor entendimento.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

5.2.1. 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. 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 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 que divide os lotes das edificações que se espelham na quadra, permitindo a circulação da ventilação entre as edificações.

Figura 53: Planta baixa do modelo 1.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

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 54). 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.

Figura 54: Fachada leste do modelo de habitação 1, com destaque para os brises sombreando janelas.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

Nas esquinas das quadras, o modelo proposto sofre alterações na sua planta para um melhor aproveitamento da iluminação e 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 55).

Figura 55: Perspectiva do modelo 1 na esquina de quadra, com destaque para beiral.

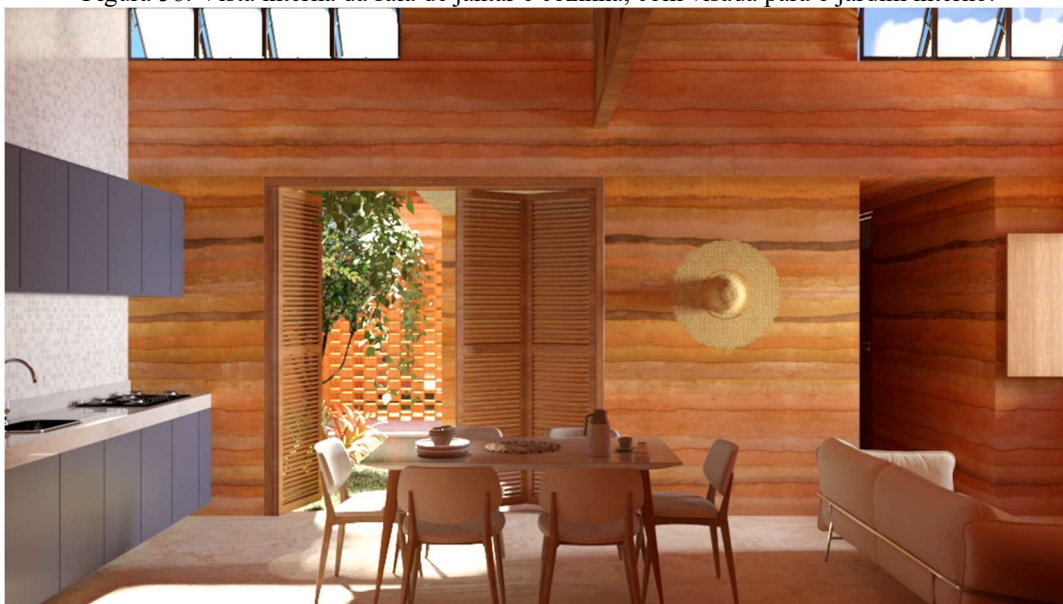


Fonte: Lucas Gomes, 2023.

As salas de estar e jantar, juntamente a 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 56). Ao se abrir os ambientes internos para o jardim dos fundos, que tem 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, tem a função de exaustão do ar quente que se acumula nessa região, diminuindo o desconforto térmico nos ambientes e contribui com a iluminação natural.

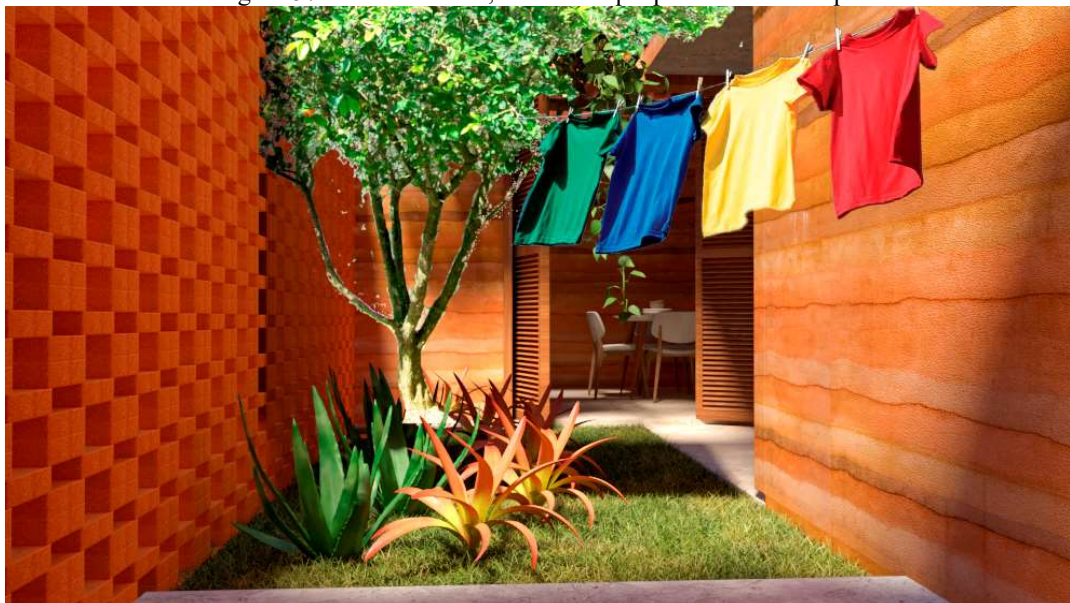
Figura 56: Vista interna da sala de jantar e cozinha, com visada para o jardim interno.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

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 57).

Figura 57: Jardim interno, com destaque para varal de roupas.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

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 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 58: Vistas do quarto, mostrando roupeiro embutido no espaço do corredor.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

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 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 cobogó 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 59).

Figura 59: Planta baixa do módulo 2.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

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.

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 60).

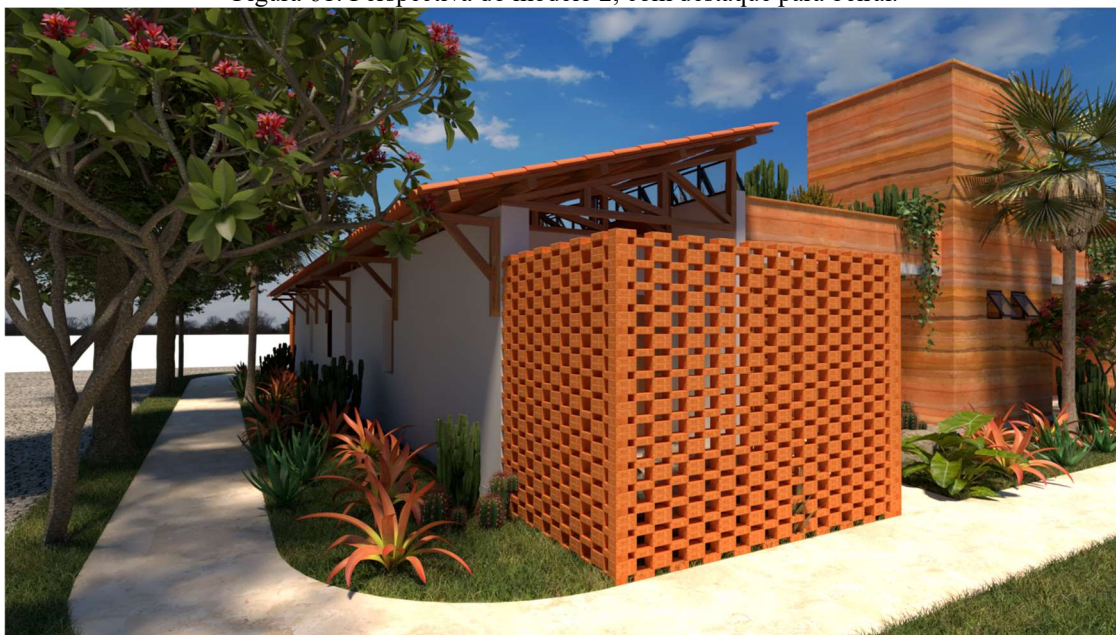
Figura 60: Fachada oeste do modelo de habitação 2, com destaque para painel de cobogós.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

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 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 61).

Figura 61: Perspectiva do modelo 2, com destaque para beiral.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

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 62).

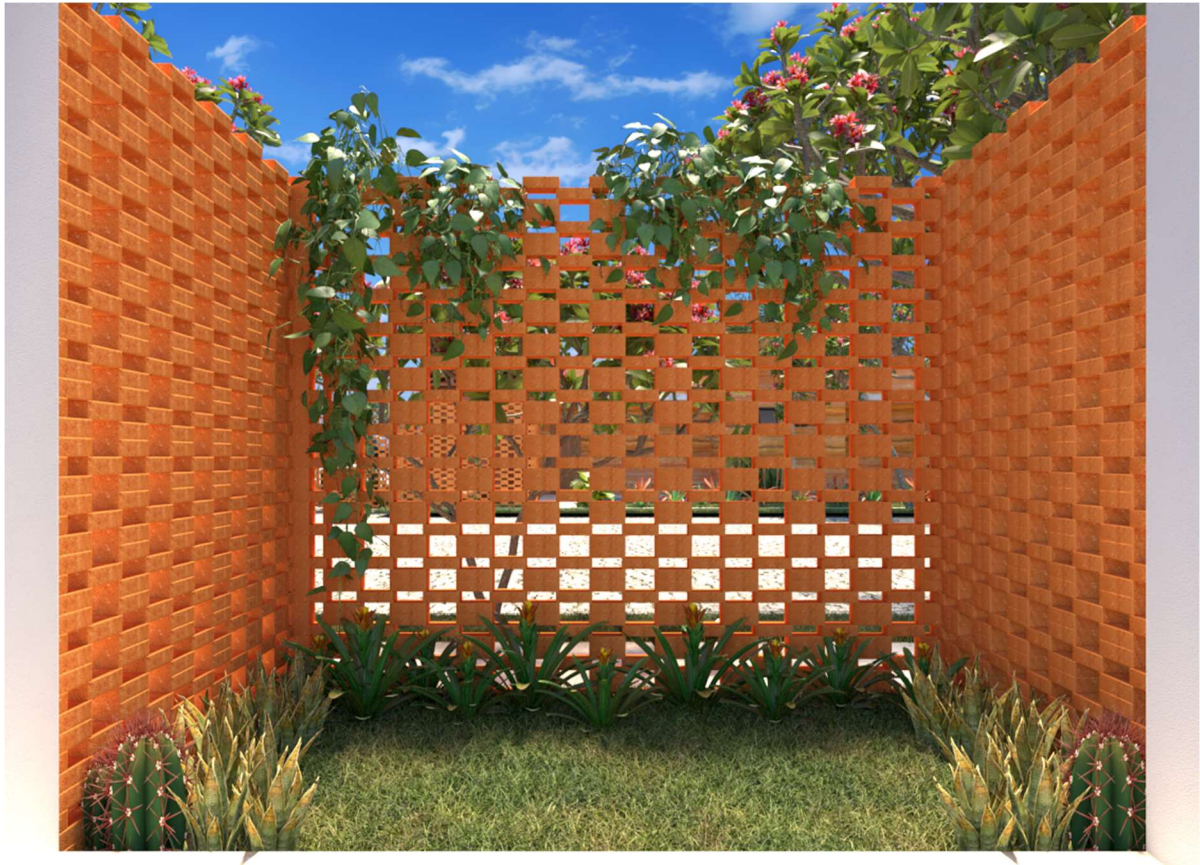
Figura 62: Vista da sala de estar para o jardim interno.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

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 63: Jardim delimitado pelos painéis de cobogó.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

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 64)

Figura 64: Vistas internas do banheiro, com destaque para o revestimento na área do box.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

5.2.2. A tectônica da residência

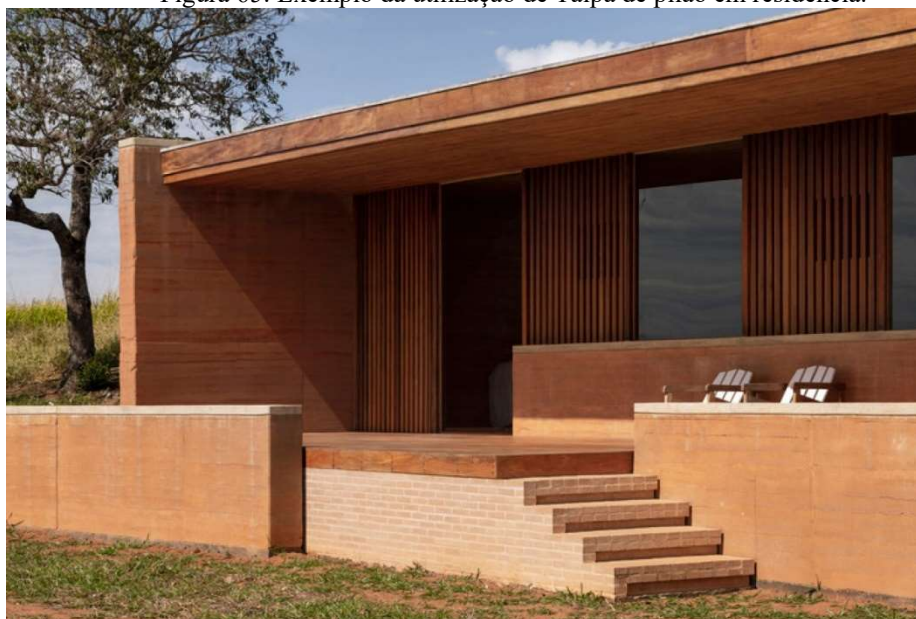
Os sistemas construtivos, elementos arquitetônicos e materiais adotados no projeto das residências foram pensados a partir de uma perspectiva bioclimática, dessa forma, tanto as envoltórias, quanto as cobertas cumprem não só o papel primordial que lhes é atribuído, como fechar e proteger, mas também 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 65).

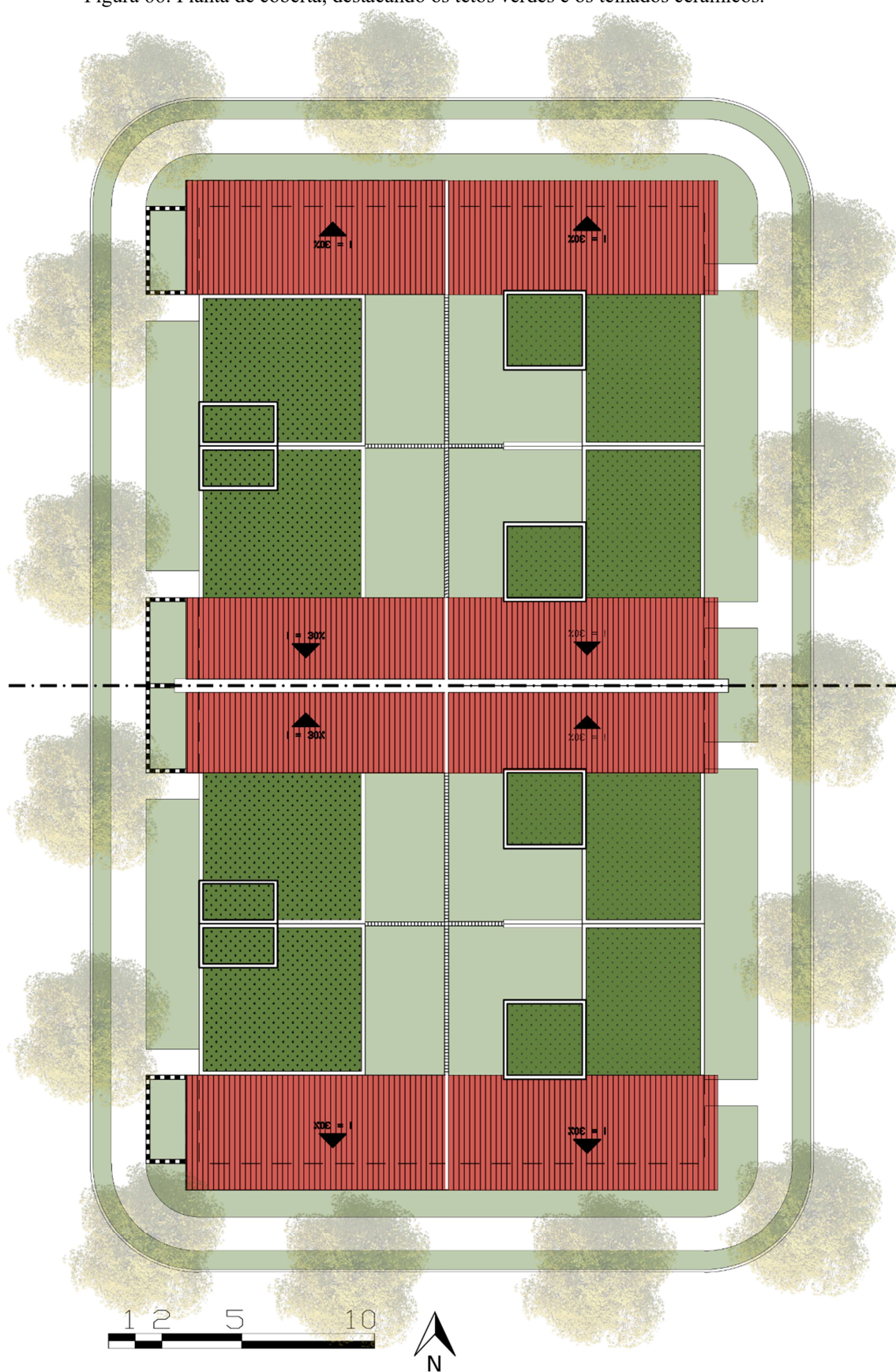
Figura 65: Exemplo da utilização de Taipa de pilão em residência.



Fonte: Casa.com.br (2022). Acesso: fevereiro de 2023.

Para as cobertas dos módulos, foram pensados dois sistemas construtivos distintos (Figura 66) 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 66: Planta de cobertura, destacando os tetos verdes e os telhados cerâmicos.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

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 67). 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.

Figura 67: Corte mostrando a estrutura das cobertas.

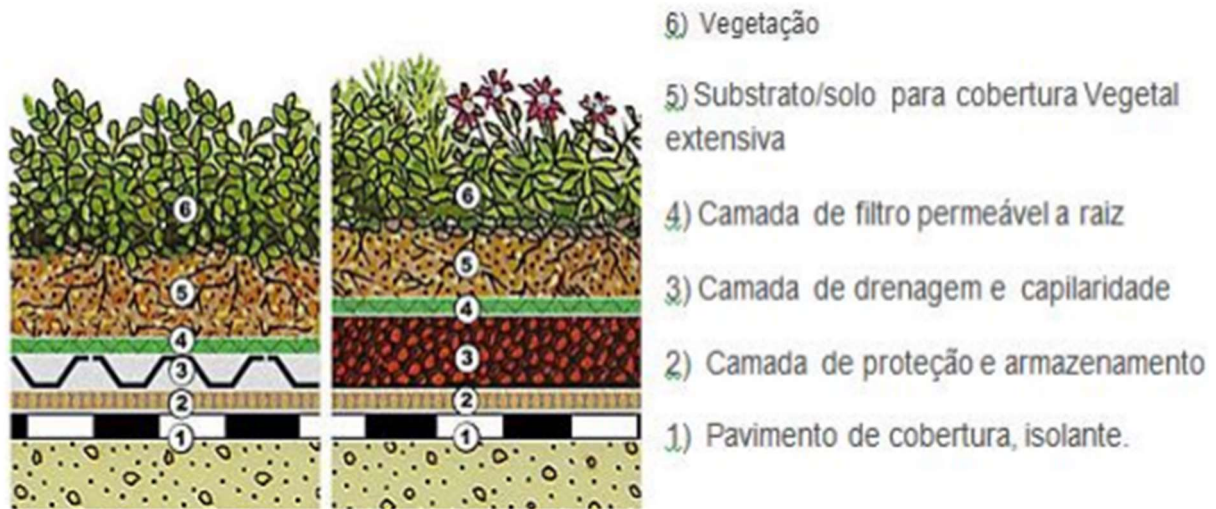


Fonte: Lucas Gomes, 2022.

A escolha do teto verde do tipo extensivo se firma na maior acessibilidade econômica, pois exige menos manutenção e menor investimento financeiro, se comparado à outras técnicas de tetos verdes. Além disso, o teto verde extensivo é composto de uma camada de solo mais fina, implicando diretamente em um menor peso da estrutura. Devido a 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 terem 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 68).

Figura 68: Esquema das camadas do sistema de teto verde extensivo.



Fonte: Adaptado de GreenRoofService (2010.) Acesso: fevereiro de 2023.

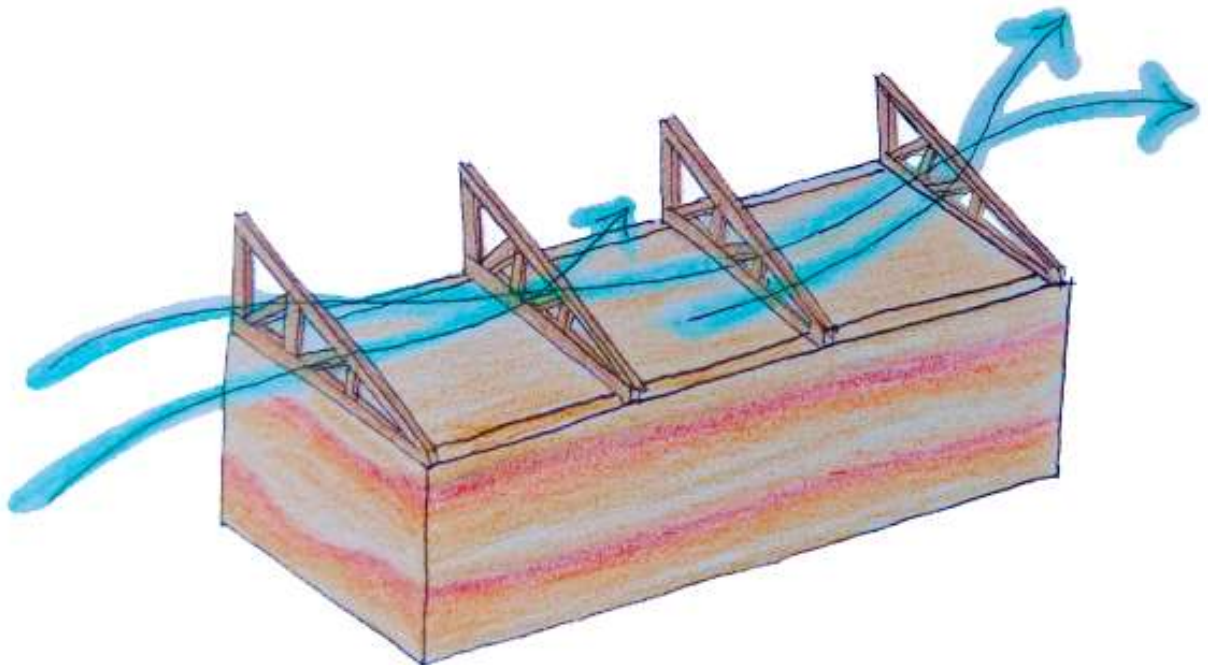
A proposta de utilização do teto verde extensivo sobre uma laje de concreto se deu em função da sua influência sobre o conforto ambiental e aumento da eficiência energética da edificação. Simulações e modelagens em diferentes zonas climáticas “indicam que um único telhado verde pode reduzir a temperatura 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 69).

Figura 69: Esquema da ventilação no telhado.



Fonte: Lucas Gomes, 2022.

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 70).

Figura 70: Esquema de instalação de mantas térmicas no telhado.



Fonte: Yakao (2022). Acesso: fevereiro de 2023.

5.3. 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, possuindo rampas de acesso nas extremidades das quadras. O material de revestimento escolhido para os passeios foi a pedra Cariri (Figura 71), que é um revestimento poroso e antiderrapante de fácil acesso no semiárido, pois possui suas jazidas nos estados do Ceará e Pernambuco.

Figura 71: Exemplo de calçada de pedra Cariri.



Fonte: Tudo construção (2010). Acesso: fevereiro de 2023.

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 (Quadro 1).

Quadro 1: Espécies arbóreas escolhidas.

	
catingueira (<i>Poincianella pyramidalis</i>) Fonte: Toda Matéria (2012). Acesso: fevereiro de 2023.	ipê-roxo (<i>Handroanthus impetiginosus</i>) Fonte: Ape11 (2022). Acesso: fevereiro de 2023.
	
juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i>) Fonte: Agro 2.0 (2019). Acesso: fevereiro de 2023.	pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>) Fonte: Prefeitura de Tauá (2012). Acesso: fevereiro de 2023.
	
aceroleira (<i>Malpighia emarginata</i>)	cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>)

Fonte: O povo Vitória (2020). Acesso: fevereiro de 2023.	Fonte: CMV (2020). Acesso: fevereiro de 2023.
	
limoeiro (<i>Citrus limon</i>) Fonte: Ehow (2021). Acesso: fevereiro de 2023.	umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> L.) Fonte: Embrapa (2014). Acesso: fevereiro de 2023.
	
barriguda (<i>Ceiba glaziovii</i>) Fonte: Flickr (2010). Acesso: fevereiro de 2023.	jurema-branca (<i>Mimosa artemisiana</i>) Fonte: Agro 2.0 (2019). Acesso: fevereiro de 2023.

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 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*) (Quadro 2). 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*).

Quadro 2: Espécies vegetais para os jardins

	
mandacaru (<i>Cereus jamacaru</i>) Fonte: Come-se (2011). Acesso: fevereiro de 2023.	xique-xique (<i>Pilosocereus gounellei</i>) Fonte: Suculentas (2010). Acesso: fevereiro de 2023.
	
palmatória (<i>Tacinga palmadora</i>) Fonte: Farmácia da fazenda (2015). Acesso: fevereiro de 2023.	rabo-de-raposa (<i>Arrojadoa rhodantha</i>) Fonte: Elo7 (2018). Acesso: fevereiro de 2023.
	
coroa-de-frade (<i>Melocactus zehntneri</i>) Fonte: Embrapa (2013). Acesso: fevereiro de 2023.	gravatá (<i>Bromelia antiacantha</i>) Fonte: Embrapa (2013). Acesso: fevereiro de 2023.



macambira-de-flecha (*Encholirium spectabile*)

Fonte: NaturezaBela (2011). Acesso: fevereiro de 2023.



jitirana (*Ipomoea cairica*)

Fonte: Cidadesnanet (2018). Acesso: fevereiro de 2023.



maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata*)

Fonte: Brasil de fato (2021). Acesso: fevereiro de 2023.



babosa (*Aloe vera*)

Fonte: Folhagem (2021). Acesso: fevereiro de 2023.



mucunã (*Dioclea grandiflora*)

Fonte: FaunafloraRN, 2018. Acesso: fevereiro de 2023.



carnaúba (*Copernicia prunifera*)

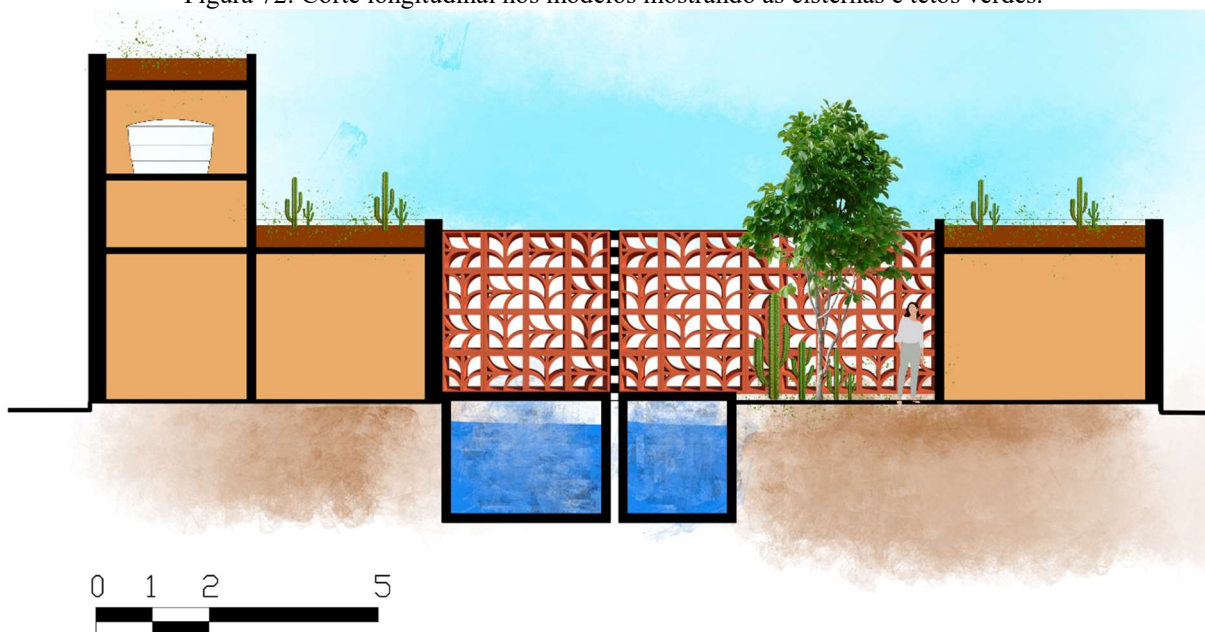
Fonte: Wikipedia, 2007. Acesso: fevereiro de 2023.

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.

5.4. 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.

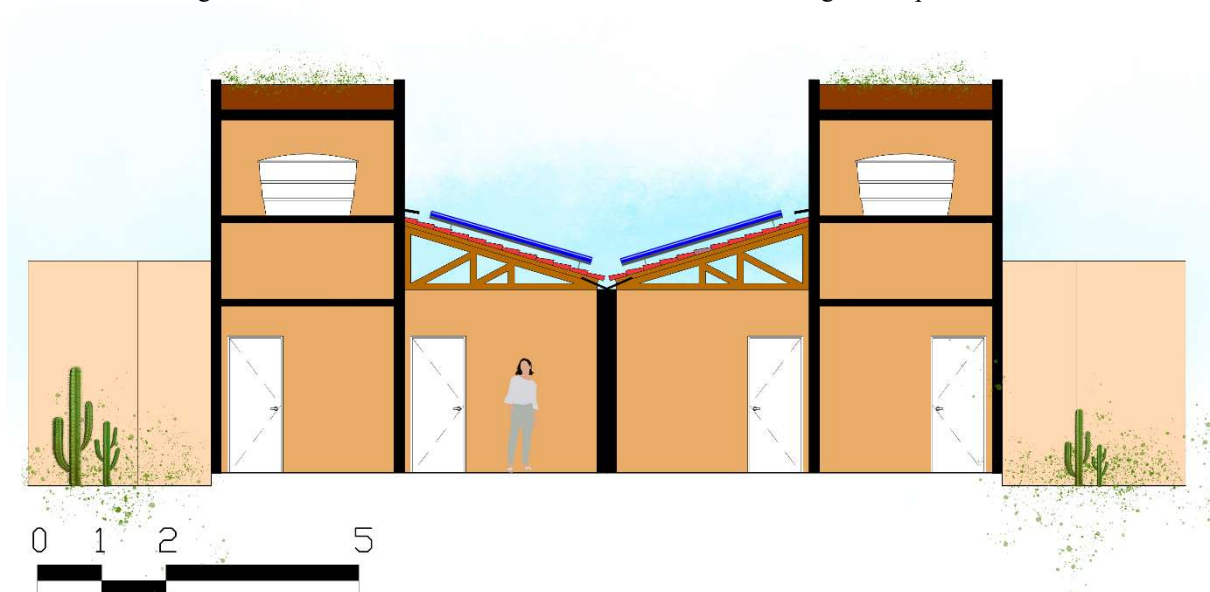
Figura 72: Corte longitudinal nos modelos mostrando as cisternas e tetos verdes.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

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.

Figura 73: Corte mostrando a calha nos telhados, a caixa d'água e os painéis fotovoltaicos.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

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.

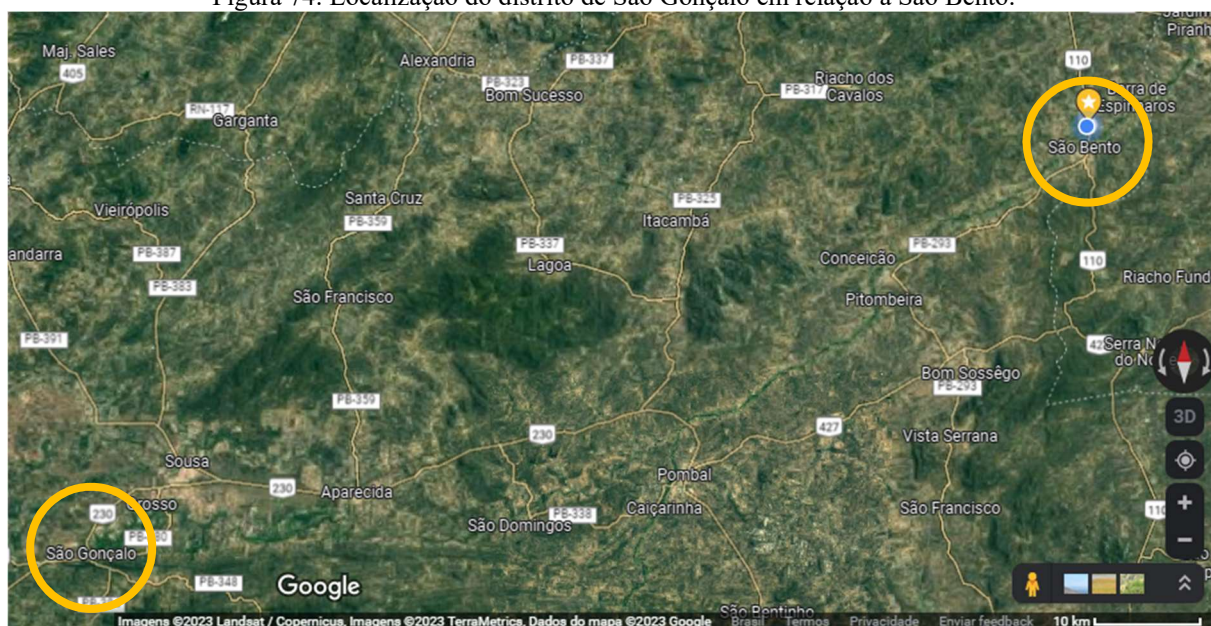


6. REPLICAÇÃO

Após a definição do projeto arquitetônico e urbano, foi escolhida a cidade de São Bento/PB, inserida no Clima Tropical Quente e Seco, para o estudo e análises do comportamento do projeto frente as 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.

Para a obtenção das informações acerca dos valores das variáveis climáticas, é preciso recorrer aos dados disponibilizados pelo Inmet, registrados pelas estações meteorológicas, que servem como referência. Porém, nem todas as cidades do país possuem uma estação meteorológica, dessa forma, muitas cidades não têm disponibilidade de dados sobre as variáveis climáticas para a análise, como é o caso de São Bento. Assim, para a realização da análise buscando balizar a tomada de decisões projetuais, foi preciso utilizar dados de outra cidade próxima, que apresentasse condições climáticas semelhantes às da cidade de São Bento. Nesse sentido, a estação meteorológica escolhida para realizar a análise foi a de São Gonçalo, localizada na cidade de Sousa/PB, a 117 km de distância de São Bento (Figura 74).

Figura 74: Localização do distrito de São Gonçalo em relação a São Bento.

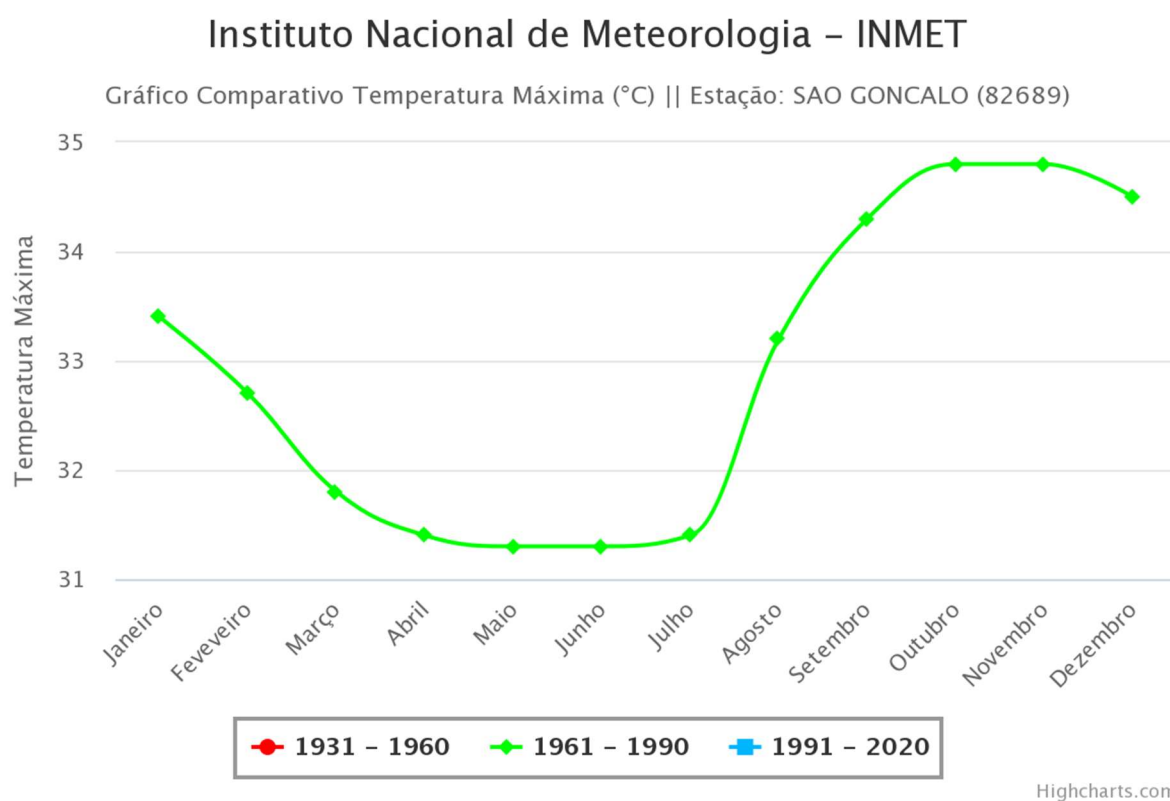


Fonte: GoogleMaps (2023). Acesso: fevereiro de 2023.

6.1. Dados climáticos aplicados à arquitetura

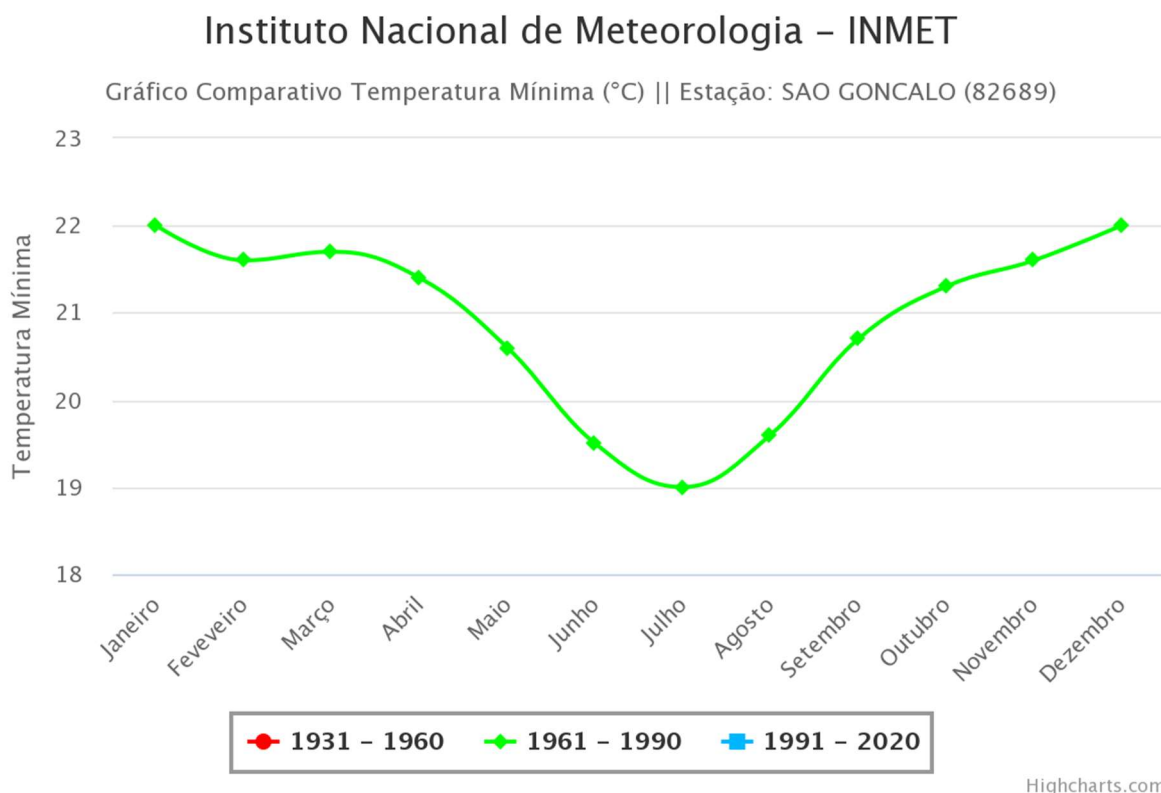
Os dados acerca das variáveis climáticas da estação meteorológica de São Gonçalo se referem às Normais Climatológicas do período de 1961-1990 e refletem as características típicas do clima Tropical Quente e Seco. As médias de temperatura máxima na cidade estão sempre acima dos 31°C, atingindo seu pico nos meses de outubro e novembro, com médias acima de 34°C (Figura 75). Já as médias de temperaturas mínimas, alcançam 19°C no mês de julho, em pleno inverno. Tais valores exemplificam a amplitude térmica anual, superior a 15°C (Figura 76).

Figura 75: Médias de temperatura máxima (°C) registradas na estação meteorológica de São Gonçalo.



Fonte: Inmet (2023). Acesso: fevereiro de 2023.

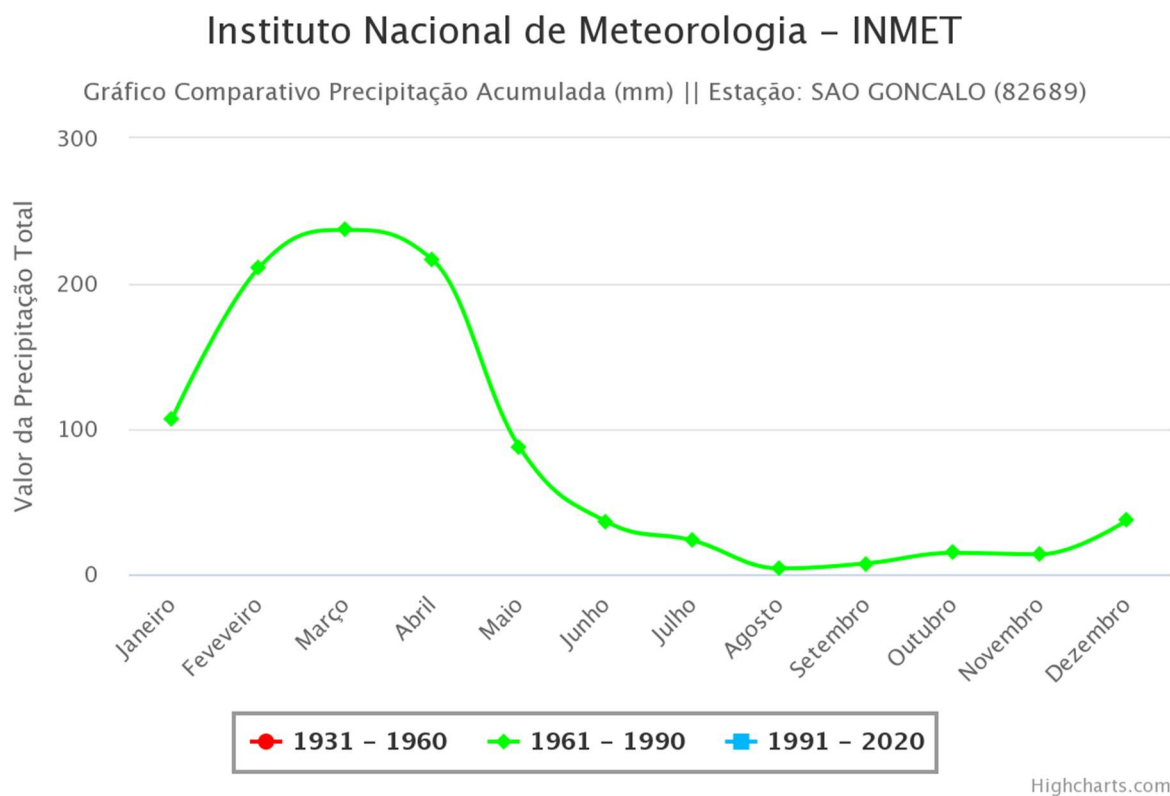
Figura 76: Médias de temperatura mínima (°C) registradas na estação meteorológica de São Gonçalo.



Fonte: Inmet (2023). Acesso: fevereiro de 2023.

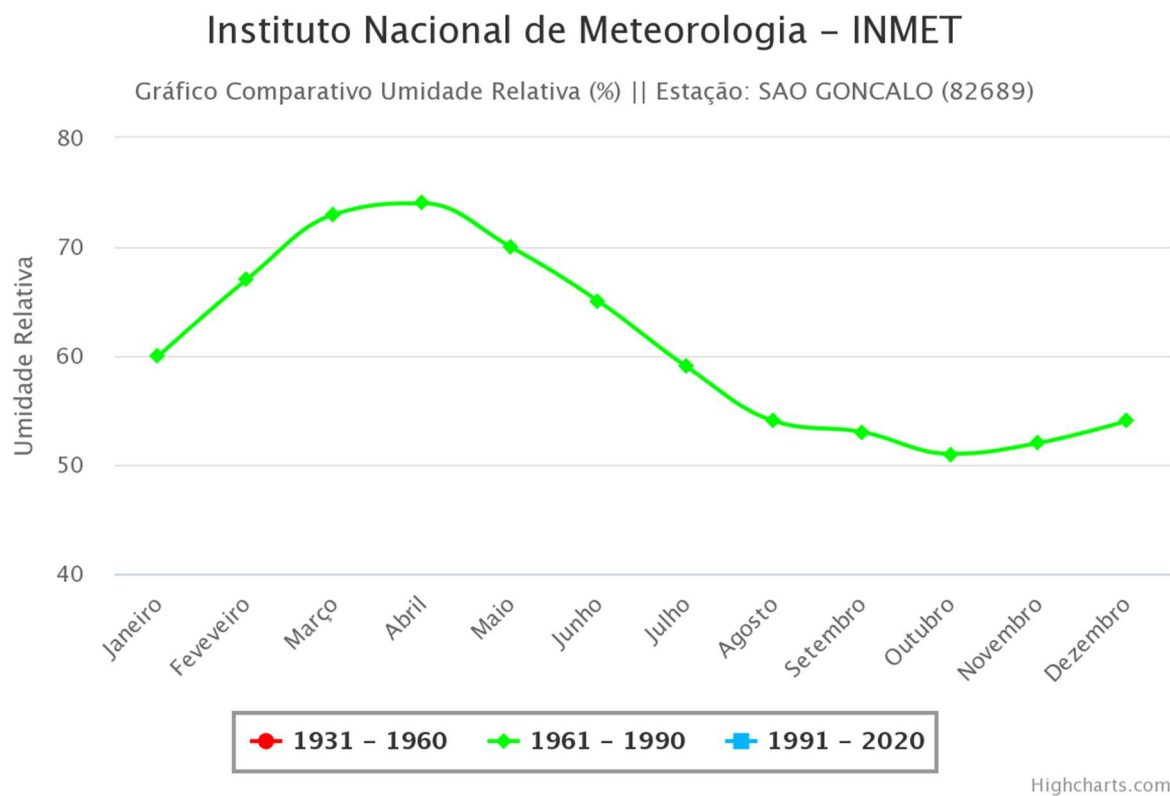
Quanto à precipitação média observada na estação meteorológica, os valores caracterizam as duas estações típicas do semiárido. No início do ano e, em especial, entre os meses de fevereiro e abril, ocorre a estação chuvosa, que apresenta médias de pluviosidade relativamente baixas, de pouco mais de 200mm. Já nos demais meses, durante a estação seca, os valores de precipitação diminuem, chegando a registrar 7mm no mês de agosto (Figura 77). As médias de umidade relativa do ar seguem os valores de precipitação e se mantêm mais altas no início do ano, com valores acima de 70%, e diminuem na estação seca, registrando a média de 51% no mês de outubro (Figura 78). Ressalta-se que esses valores se referem à média dos registros observados em um período de trinta anos (Normais Climatológicas) e que registros extremos podem ser observados em períodos restritos, como anos de seca ou ondas de calor.

Figura 77: Acumulados de precipitação (mm) registradas na estação meteorológica de São Gonçalo.



Fonte: Inmet (2023). Acesso: fevereiro de 2023.

Figura 78: Médias de umidade relativa do ar (%) registradas na estação meteorológica de São Gonçalo

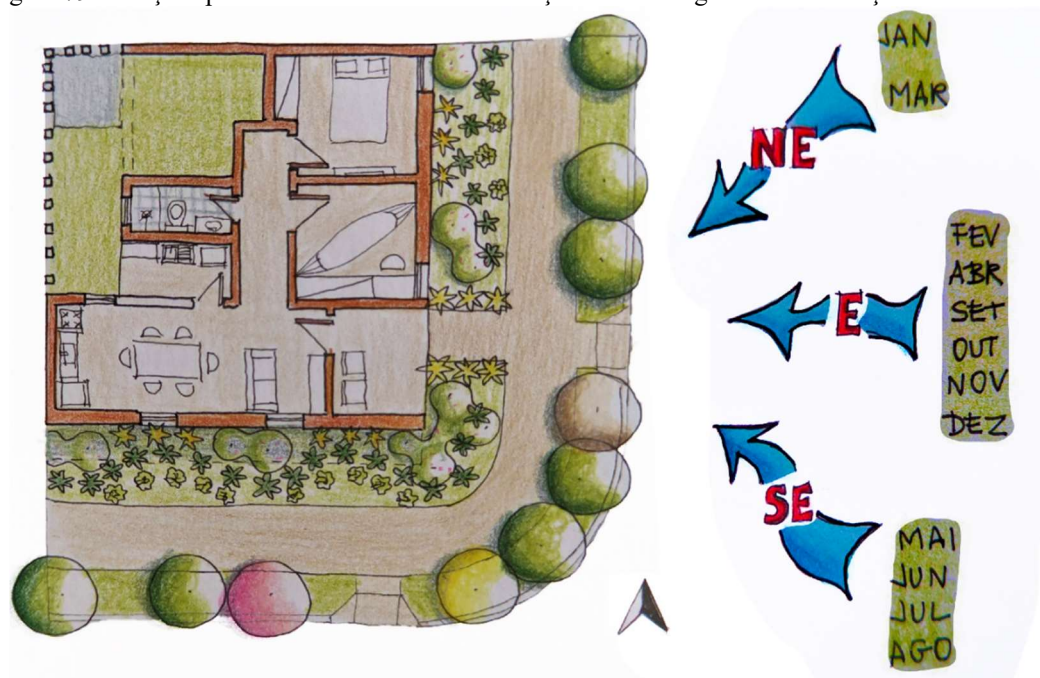


Fonte: Inmet (2023). Acesso: fevereiro de 2023.

Do ponto de vista da ventilação natural, a estação meteorológica registra a predominância dos ventos em três orientações ao longo do ano (Inmet, 2010) (Figura 79). 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 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 nos meses de maio, junho, julho e agosto o seu destaque. 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 o estabelecimento da ventilação predominante no terreno.

Figura 79: Direções predominantes do vento na estação meteorológica de São Gonçalo durante o ano.



6.2. Comportamento solar

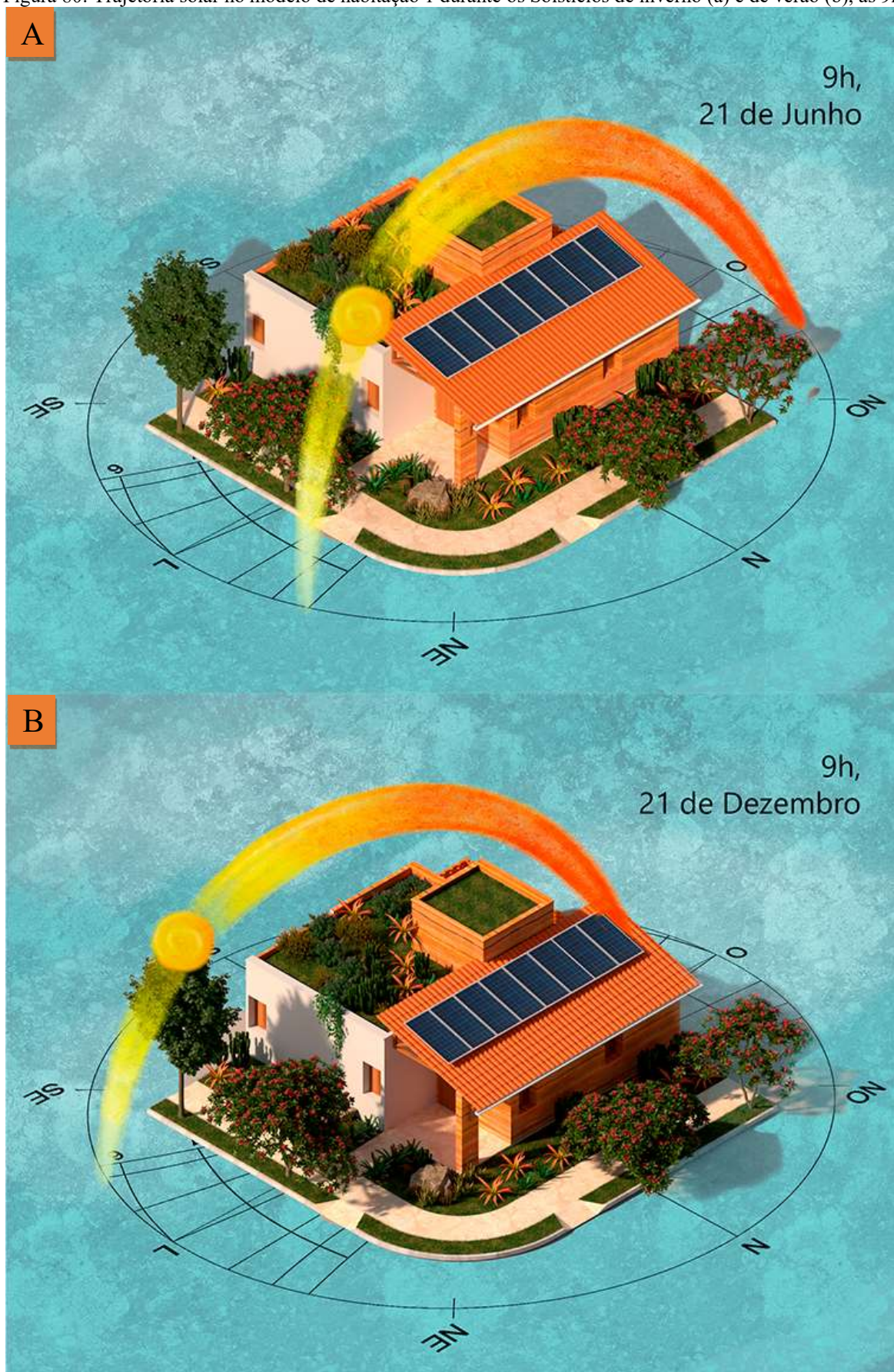
Para os estudos do comportamento do sol ao longo do ano na cidade de São Bento, foi utilizada a carta solar criada para a Latitude 6°28'08.3"S, através do programa computacional SOL-AR. Além disso, foram feitos estudos da variação do sol durante os solstícios a partir de maquetes digitais dos dois modelos 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 se referem aos dias 21 de junho e 21 de dezembro, respectivamente, solstícios de inverno e de verão no hemisfério sul, às 09h00 da manhã (Figura 80). Na imagem referente ao solstício de inverno é perceptível a falta de sombreamento nas fachadas leste e norte, devido a posição mais ao norte do caminho aparente do sol e em 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 15h (Figura 81). Durante o solstício de inverno, às 15h, 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 do 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.

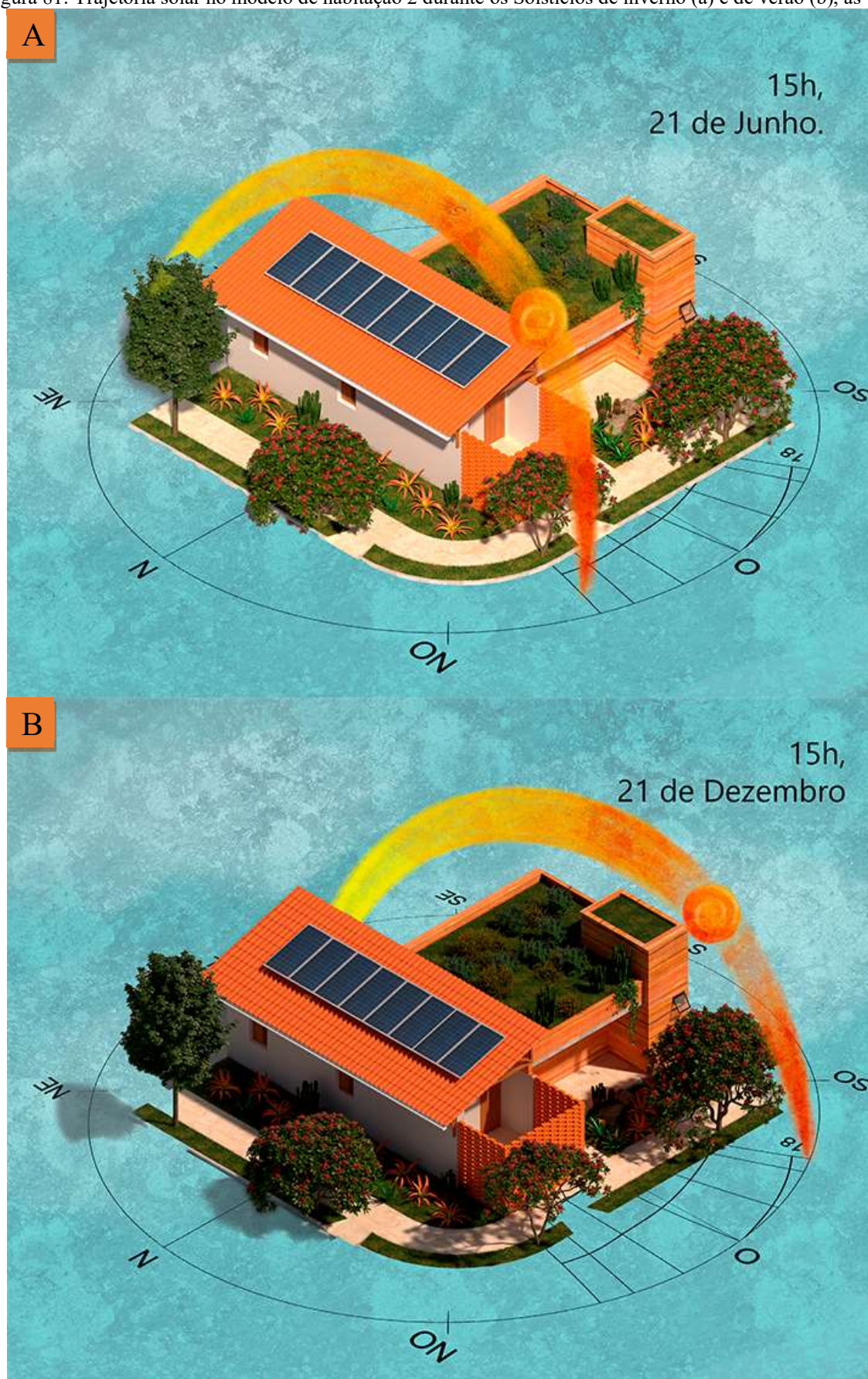
Através dos estudos realizados com o auxílio da ferramenta computacional, foi possível definir as aberturas dos ambientes que precisariam de elementos sombreadores, visando à diminuição da entrada de radiação solar direta no seu interior. No modelo de habitação 1, a janela escolhida foi a de um dos quartos, 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, orientada para norte, e receber insolação direta durante um período do ano.

Figura 80: Trajetória solar no modelo de habitação 1 durante os Solstícios de inverno (a) e de verão (b), às 9h.



Fonte: Lucas Gomes, 2023.

Figura 81: Trajetória solar no modelo de habitação 2 durante os Solstícios de inverno (a) e de verão (b), às 15h.

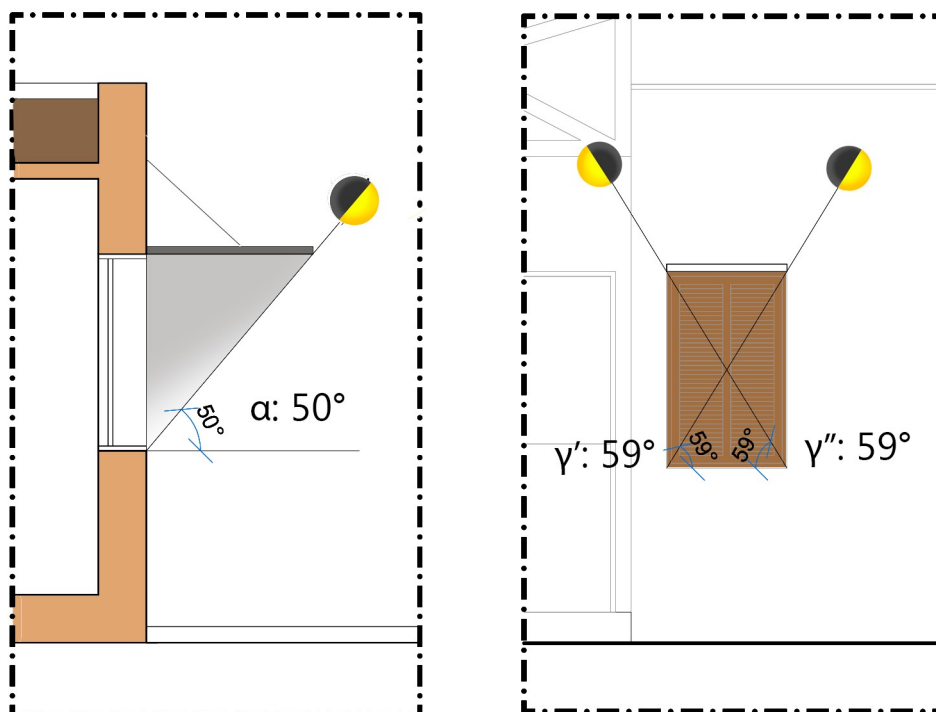


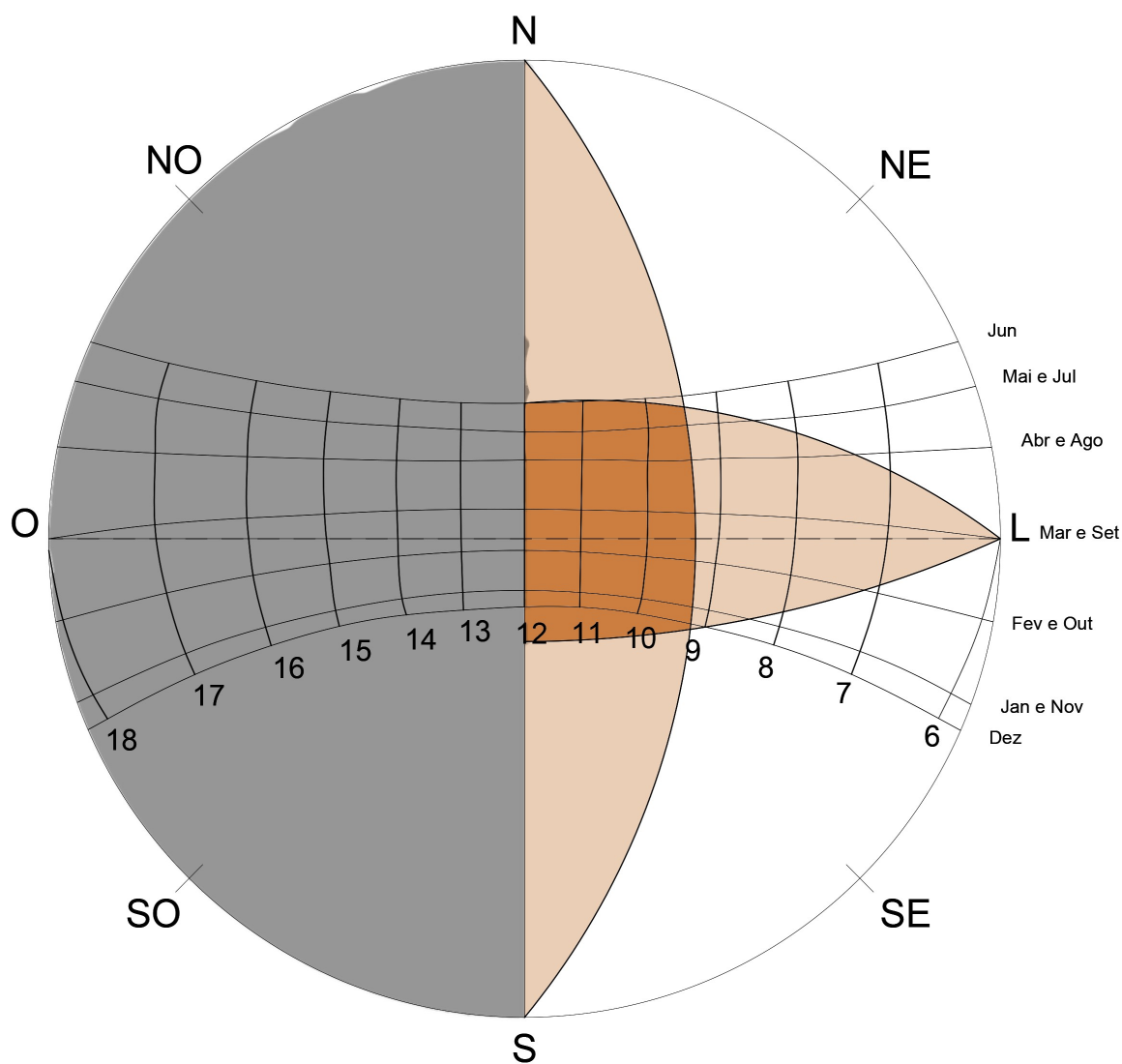
Fonte: Lucas Gomes, 2023.

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 9h30 da manhã, 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 9h30 até o meio-dia, com exceção do mês de junho, quando protege a partir das 10h15, aproximadamente. A partir das 12h00, a própria edificação faz sombra na abertura voltada a leste, devido a trajetória solar (Figura 82). Para a sustentação do brise, foram propostos tirantes de cabos em aço para a sustentação.

Figura 82: 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.

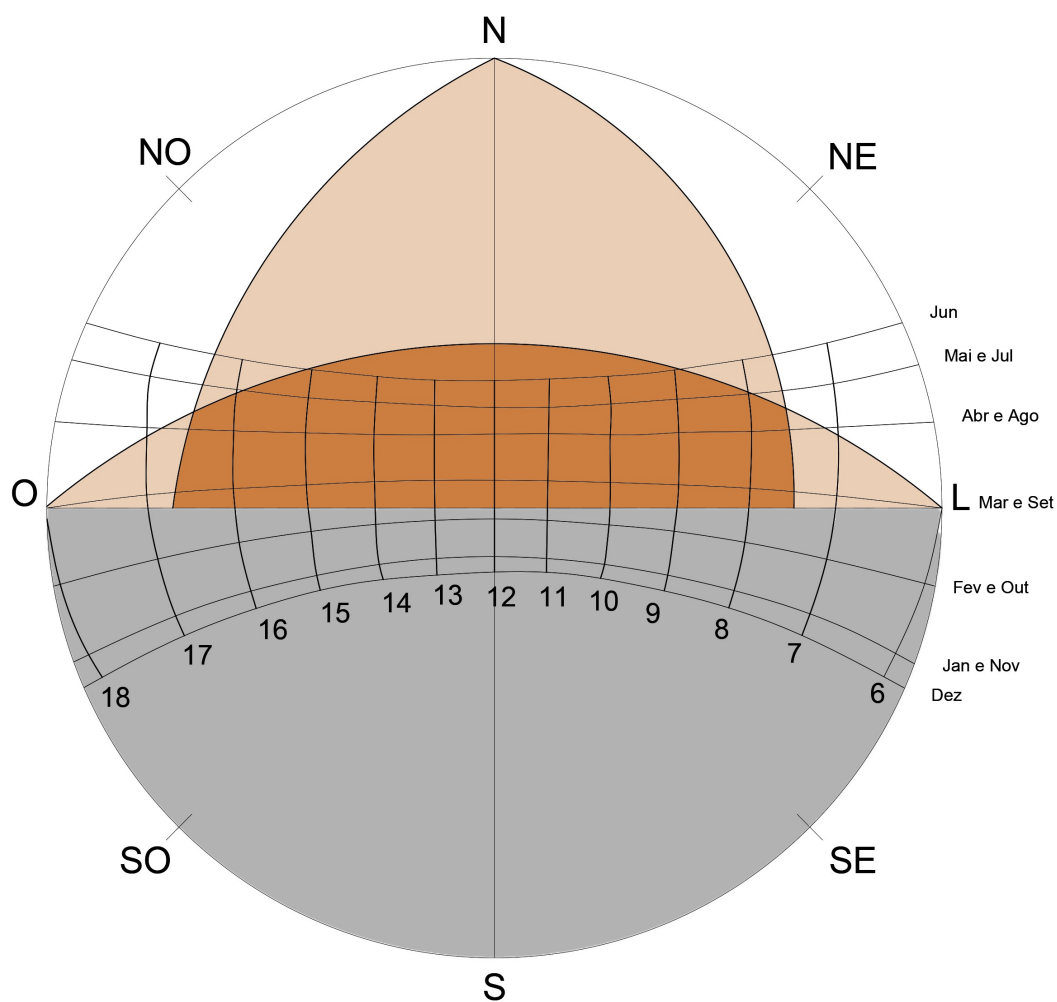
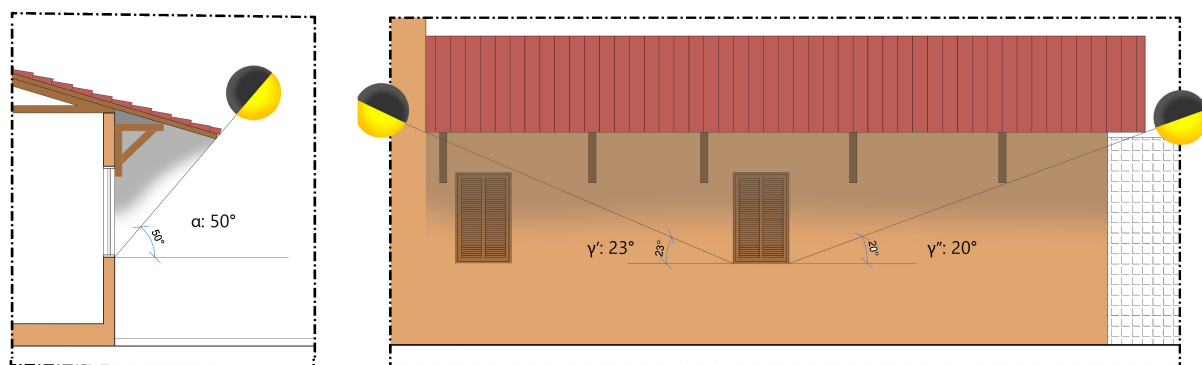




Fonte: Lucas Gomes, 2023.

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 7h30 até as 17h30, aproximadamente, nos meses de março, abril, agosto e setembro; das 8h até às 16h, nos meses de maio e julho; e das 9h até às 15h, 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 83: 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, 2023.

Através 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.



7. 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 ao clima e ao local, visando auxiliar profissionais no projeto de edificações mais resilientes, diminuindo os impactos antrópicos da área de construção civil e 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 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 através da sua maior inércia térmica, além do caráter sustentável 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 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

- AGUIAR, Ricardo Schinaider de. Os diversos ângulos da Caatinga. **ComCiência**, n. 149, p. 0-0, 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. 598 p. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/gaia/article/view/31831/19308>. Acesso em: 08 ago. 2022.
- ALMEIDA, Caliane Christie Oliveira de; AGNOL, B. D. **Patrimônio Vernáculo: Contribuições para uma arquitetura mais sustentável**. V Seminário Internacional de Construções Sustentáveis, 2016, Passo Fundo, 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.
- AMÂNCIO, Adriana. ASA cobra validação dos dados e adiamento para 2023 da portaria sobre a nova delimitação do Semiárido. **ASA**, 2022. Disponível em: https://www.asabrasil.org.br/noticias?artigo_id=11242. Acesso em: 02 set. 2022.
- AROSZTEGUI, Miguel. In: **I Bienal José Miguel Aroztegui**. Fortaleza, ANTAC, 1999.
- ARRIGONI, A.; GRILLET, A. C.; PELOSATO, R.; DOTELLI, G.; BECKETT, C. T. S.; WOLOSZYN, M.; CIANCIO, D. Reduction of rammed earth's hygroscopic performance under stabilization: an experimental investigation. **Building and Environment**, 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**, 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.

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 – UFPE, Recife. 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**, 555, 7964, p. 23–25, 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-018-02409-z> . Acesso em: 15 ago. 2022.

CARDOSO, G. T.; VECCHIA, F. (2013). Thermal Behavior of Green Roofs Applied to Tropical Climate. **Journal of Construction Engineering**, 2013, 1-7. Disponível em: <https://downloads.hindawi.com/archive/2013/940386.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2022.

COSTA, Lucio. **Arquitetura**. Rio de Janeiro, Editora José Olympio, 2006 (4ª Edição). 152 p.

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

DE ARAUJO FILHO, J. C. **Relação solo e paisagem no Bioma Caatinga**. 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/896995/1/CoelhoXIVSBGFA1.pdf>. Acesso em: 12 set. 2022.

DE MOURA, M. S. B. et al. Clima e água de chuva no Semi-Árido. **Embrapa Semiárido- Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/159649/clima-e-agua-de-chuva-no-semi-arido>. Acesso em: 15 ago. 2022.

DE SOUZA BIERRENBACH, Ana Carolina. A Caraíba de Joaquim Guedes: A trajetória de uma cidade no sertão. **Vitruvius**, 2007. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.087/217>. Acesso em: 10 out. 2022.

DE SOUZA BIERRENBACH, Ana Carolina. Conexão Borsói-Bardi: sobre os limites das casas populares. **Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online)**, n. 7, p. 49-61, 2008. Disponível em: https://lab20.ufba.br/sites/lab20.ufba.br/files/conexao_bardi_borsoi_sobre_os_limites_das_casas_populares.pdf. Acesso em: 10 out. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **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: 06 jul. 2022.

ESPÍNDOLA, Isabela Battistello; RIBEIRO, Wagner Costa. Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros. **Cadernos Metrópole**, v. 22, p. 365-396, 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. Tese de Doutorado. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/24769>. Acesso e: 04 set. 2022.

FERREIRA, Antonio Geraldo; DA SILVA MELLO, Namir Giovanni. 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**, 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. Ed. Universitária UFPE, 2009.

FREITAS, Ruskin. O que é conforto. In: VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió - AL. Anais do VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005. p. 726-735. Disponível em: <https://ruskinfreitas.files.wordpress.com/2010/08/o-que-c3a9-conforto.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2022.

GLOBALABC. **Launched: 2020 Global Status Report for Buildings and Construction.** Disponível em: <https://globalabc.org/news/launched-2020-global-status-report-buildings-and-construction>. Acesso em: 08 ago. 2022.

GOMES, João Carlos Costa; SCHWENGBER, José Ernani. **Sustentabilidade: evolução conceitual e aplicações na história recente.** Embrapa, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220611/1/Doc-490-Sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 05 set. 2022.

GUEDES SOBRINHO, Joaquim Manoel. **Caraíba:** cidade aberta e natural na forma de implantar e crescer. Construção São Paulo, São Paulo, n. 1751, p. 4-11, ago. 1981.

GUERRA, I. A. L. T. Tipos de clima do Nordeste. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 17, n. 4, p. 449-496, 1955. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjriNXM4q37AhXNr5UCHVoFD1cQFnoECBUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.rbg.ibge.gov.br%2Findex.php%2Frbg%2Farticle%2Fview%2F2016%2F1559&usg=AOvVaw0MM2h8C_Eh02XoOMyPoQ8I. Acesso em: 04 set. 2022.

IBGE – Instituto Nacional de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos Municípios.** 2012. Disponível em <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualização/livros/liv91152.pdf>. Acesso em: 01 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. Precipitação acumulada mensal/anual. Normais Climatológicas 1961-1990. Disponível em: https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1961-1990/precipitacao_acumulada_mensal_anual. Acesso em: 08 set. 2022.

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

JACOBS, Jane. **Morte e vida de grandes cidades**. Trad. Carlos Rosa. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

JOÃO FELLET. **BBC News Brasil**. Mudança do clima acelera criação de deserto do tamanho da Inglaterra no Nordeste. São Paulo: BBC News Brasil, 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-58154146>. Acesso em: 08 set. 2022.

LACERDA, Francis; NOBRE, Paulo. Aquecimento global: conceituação e repercussões sobre o Brasil. **Revista brasileira de geografia física**, 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.

LAPIS utiliza metodologia inédita para monitorar processo de desertificação no Brasil. **UFAL**, Maceió, 01 de 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 de jan. de 2023.

LEMOS, C. A. C. **Alvenaria Burguesa**. São Paulo: Nobel, 1989.

LOPES FILHO, F. **Diagnostico do Semi-Arido nordestino**. EMBRAPA-CPATSA, 1995. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/132468/1/ID7504.pdf>. Acesso em: 03 set. 2022.

LOPES, Wilza Gomes Reis. **TAIPA DE MÃO NO BRASIL**. Anais I SIACOT-I Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra, pág. v. 11, 1998.

MALVEZZI, Roberto. **Semi-árido**. Uma Visão Holística—Brasília: Confea, 2007. Disponível em: <https://www.agrisustentavel.com/doc/ebooks/semiarido.pdf>. Acesso em: 05 set. 2022.

MANIATIDIS, Vasilios; WALKER, Peter. **A review of rammed earth construction**. Innovation Project “Developing Rammed Earth for UK Housing”, Natural Building Technology Group, Department of Architecture & Civil Engineering, University of Bath, v. 12, 2003. Disponível em: <https://people.bath.ac.uk/abspw/rammedearth/review.pdf>. Acesso em: 06 set. 2022.

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

MARENGO, Jose A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010. Disponível em: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiByefCrLD7AhWHgpUCHfiOBzoQFnoECAgQAw&url=https%3A%2F%2Fperiodicos.unb.br%2Findex.php%2Fsust%2Farticle%2Fdownload%2F35624%2Fversion%2F36489%2F28544%2F92684%23%3A~%3Atext%3DA%2520componente%2520socioambiental%2520apresenta%2520uma%20Cet%2520al.%2520C%25202020\).&usg=AOvVaw1y9v9wBkZ-N7KrPrpZCI5](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiByefCrLD7AhWHgpUCHfiOBzoQFnoECAgQAw&url=https%3A%2F%2Fperiodicos.unb.br%2Findex.php%2Fsust%2Farticle%2Fdownload%2F35624%2Fversion%2F36489%2F28544%2F92684%23%3A~%3Atext%3DA%2520componente%2520socioambiental%2520apresenta%2520uma%20Cet%2520al.%2520C%25202020).&usg=AOvVaw1y9v9wBkZ-N7KrPrpZCI5). Acesso em: 10 ago. 2022.

MARQUES, Érika Alves Tavares; DE OLIVEIRA, Lucivânio Jatobá. Mudanças climáticas no Nordeste Brasileiro e refugiados ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 04, p. 965-984, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233696#:~:text=Situações%20em%20que%20as%20pessoas,até%20à%20Pré-História%20brasileira>. 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**, v. 12, p. 59-75, 2012.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ac/a/Zc8YH7nbPQs8GKzVwD99vyK/abstract/?lang=pt#:~:text=O%20Zoneamento%20Bioclimático%20Brasileiro%20faz,para%20habitações%20de%20interesse%20social>. Acesso em 05 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**, vol. 2, 2012, pp. 58-65 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Natal, Brasil. Disponível em:

<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/835>. Acesso em: 10 jul. 2022.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. ONU-Habitat: População mundial será 68% urbana até 2050. 16 mai. 2018. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-população-mundial-será-68-urbana-até-2050#:~:text=No%20ritmo%20atual%2C%20a%20estimativa,crescer%20para%2068%25%20até%202050>. 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**, v. 28, p. 130-165, 2013. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032113004656>. Acesso em: 24 set. 2022.

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

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

ONU MEIO AMBIENTE. Emissões do setor de construção civil atingiram níveis alarmantes, alerta novo relatório global da ONU Meio Ambiente. 22 mai. 2019. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/emissoes-do-setor-de-construcao-civil-atingiram>. Acesso em: 13 ago. 2022.

ONU MEIO AMBIENTE. O aumento alarmante da temperatura global. 14 jan. 2021. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/o-aumento-alarmante-da-temperatura-global#:~:text=O%20ano%202020%20foi%20de,já%20a%20partir%20de%202024>. Acesso em: 10 set. 2022.

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(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: 01 ago. 2022.

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

PONTES, Emilio Talis Mendes; CAMPOS, Hernani Loebler. **Convivência com o semiárido: Potencialidades, Limitações e Ações**. Breves Contribuciones del Instituto de Estudios Geográficos, v. 24, n. 24, 2017. Disponível em: <http://ojs.filo.unt.edu.ar/index.php/bcieg/article/view/147>. Acesso em: 27 set. 2022.

PONTUAL, Carlos Fernando. **Quais os desafios de projetar no Nordeste, e quais desafios esperam a nova geração?** 2012. Disponível em: <http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/224/quais-os-desafios-de-projetar-no-nordeste-e-quais-desafios-272958-1.aspx>. Acesso em: 04 set. 2022.

REBELLO, Aiuri. Seca de 2012 a 2017 no semiárido foi a mais longa na história do Brasil. **UOL**, 2018. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas->

noticias/redacao/2018/03/03/seca-de-2012-a-2017-no-semiarido-foi-a-mais-longa-da-historia.htm. Acesso em: 04 set. 2022.

REBOITA, Michelle Simões et al. Causas da semi-aridez do Sertão nordestino. **Revista brasileira de Climatologia**, v. 19, 2016. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/42091/29394>. Acesso em: 02 set. 2022.

ROCHA, Vinícius Machado. Um breve comentário a respeito do IPCC AR6. **Revista Entre-Lugar**, 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: Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo; ETB, 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**. 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. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 17, n. 1, p. 1089-1096, 2018.

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**, v. 33, n. 2, p. 721-726, 2015. Disponível em:

<https://journal.augc.asso.fr/index.php/ajce/article/view/1817>. Acesso em: 06 set. 2022.

TSIROU I. X. Assessment and energy implications of street air temperature cooling by shade trees in Athens (Greece) under extremely hot weather conditions. **Renewable Energy**.

Estados Unidos, 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**, v. 37, n. 5, p. 529-544, 2005.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778804002944>.

Acesso em: 05 set. 2022.

United Nations Environment Programme, **Global Status Report for Buildings and Construction: towards a Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector**, 2020, 2020, Disponível em: https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR_FULL%20REPORT.pdf. Acesso em: 10 jul. 2022.

URBE.ME. Em 30 anos, a população urbana mundial deve ultrapassar as 6 mil milhões de pessoas. Disponível em: <https://urbe.me/lab/em-30-anos-a-populacao-urbana-mundial-deve-ultrapassar-as-6-mil-milhoes-de-pessoas/>. Acesso em: 06 ago. 2022.

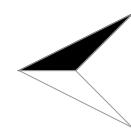
WEBER, W.; YANNAS, S. **Lessons from Vernacular Architecture**. London and New York: Taylor & Francis Group, Routledge, 2014.

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

APÊNDICE A – DESENHOS TÉCNICOS



1 PLANTA BAIXA
ESCALA 1/100



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CURSO: ARQUITETURA E URBANISMO

DISCIPLINA: TRABALHO DE CURSO II

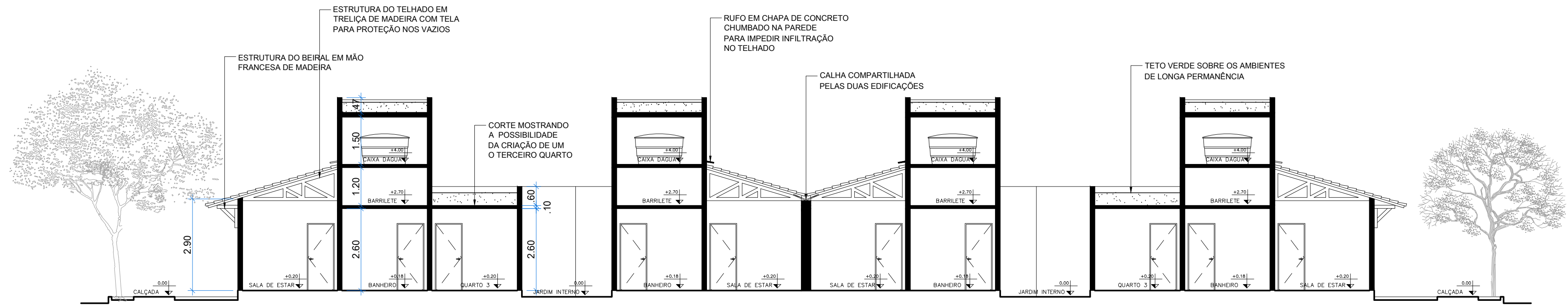
ORIENTADORA: JAUCELE AZERÊDO

ASSUNTO: PLANTA BAIXA QUADRA MODELO

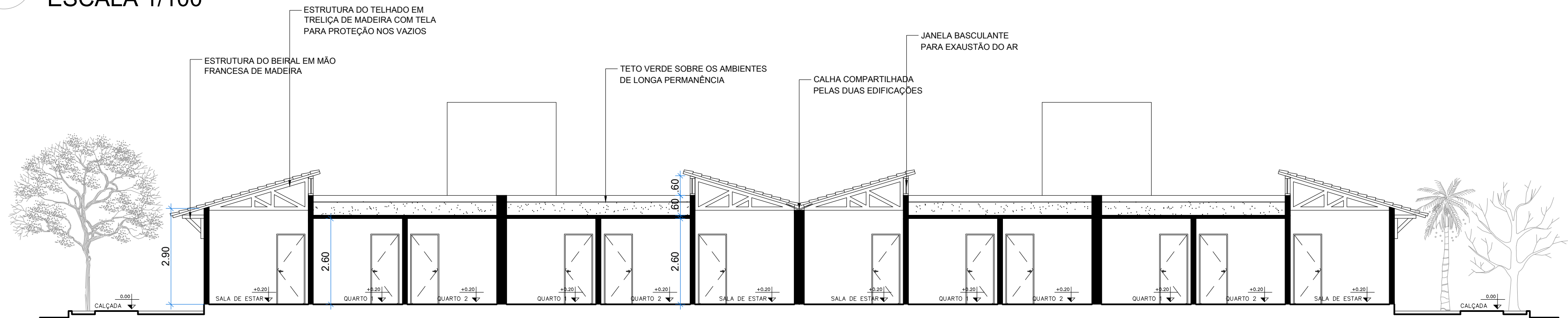
ALUNO: LUCAS GOMES DA SILVA

DATA: MAR. 2023

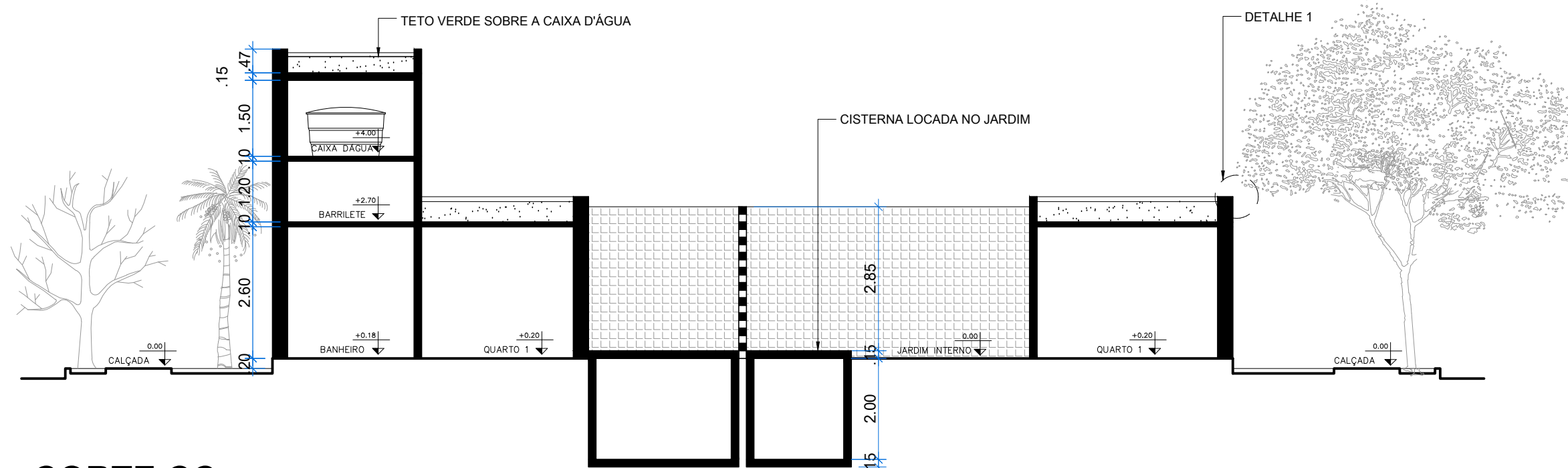
FOLHA: 01
ESCALA: 1:100



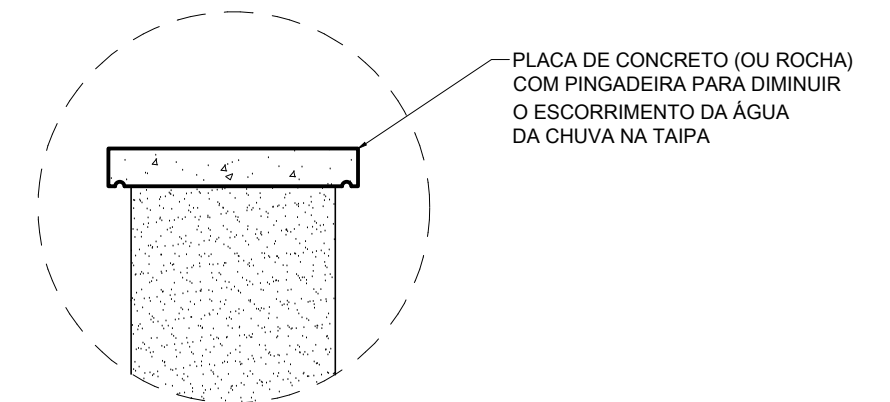
1 CORTE AA
ESCALA 1/100



2 CORTE BB
ESCALA 1/100



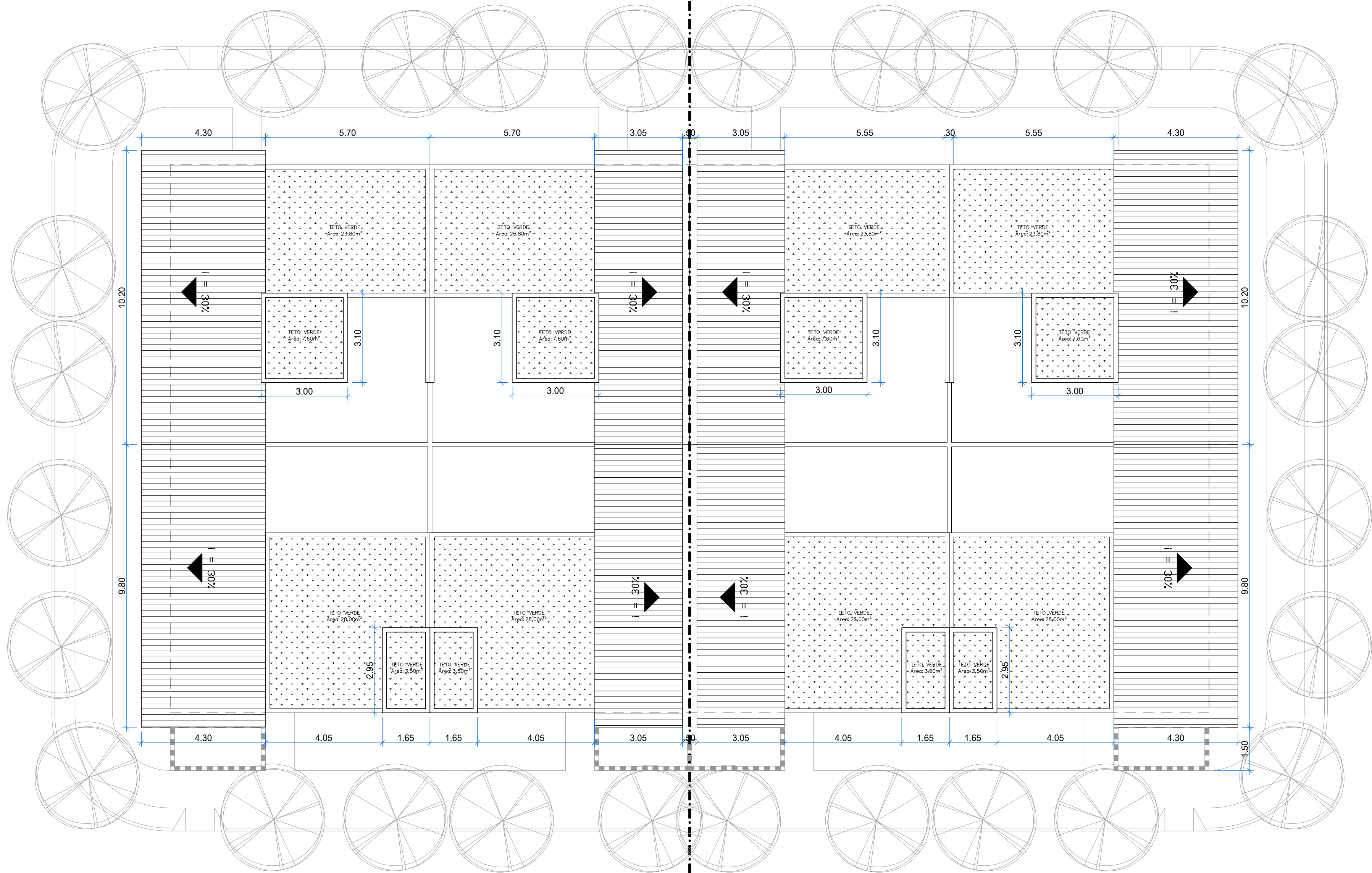
3 CORTE CC
ESCALA 1/100



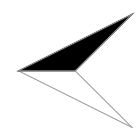
4 DETALHE 1
ESCALA 1/10

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CURSO:	ARQUITETURA E URBANISMO		
DISCIPLINA:	TRABALHO DE CURSO II		
ORIENTADORA:	JAUCELE AZERÊDO		
ASSUNTO:	CORTE AA CORTE BB CORTE CC	DETALHE 1	FOLHA: 02
ALUNO:	LUCAS GOMES DA SILVA	DATA: MAR. 2023	ESCALA: 1:100



1 PLANTA DE COBERTA
ESCALA 1/100



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CURSO: ARQUITETURA E URBANISMO

DISCIPLINA: TRABALHO DE CURSO II

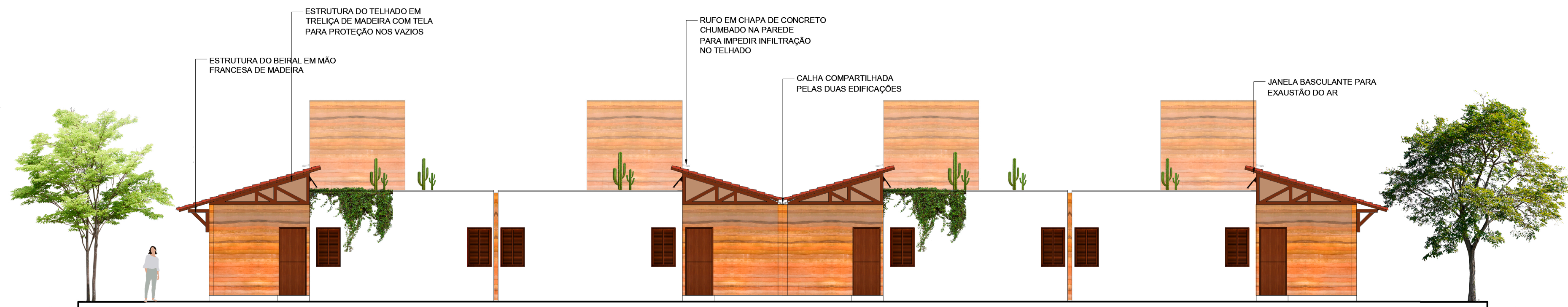
ORIENTADORA: JAUCELE AZERÊDO

ASSUNTO: PLANTA DE COBERTA

ALUNO: LUCAS GOMES DA SILVA

DATA: MAR. 2023

FOLHA: 03
ESCALA: 1:100



1 FACHADA LESTE
ESCALA 1/100



2 FACHADA OESTE
ESCALA 1/100



3 FACHADA NORTE
ESCALA 1/100

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CURSO: ARQUITETURA E URBANISMO

DISCIPLINA: TRABALHO DE CURSO II

ORIENTADORA: JAUCELE AZERÊDO

ASSUNTO: FACHADA LESTE
FACHADA OESTE
FACHADA NORTE

ALUNO: LUCAS GOMES DA SILVA

DATA: MAR. 2023

FOLHA: 04
ESCALA: 1:100