

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

CLEIR FERRAZ FREIRE

**SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA CIDADES BRASILEIRAS: A
REDE URBANA NOS BIOMAS E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

ALFENAS/MG

2023

CLEIR FERRAZ FREIRE

**SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA CIDADES BRASILEIRAS: A
REDE URBANA NOS BIOMAS E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Tese apresentada como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em Ciências
ambientais, pela Universidade Federal de Alfenas.
Área de concentração: Ciências ambientais.
Orientador: Paulo Augusto Zaitune Pamplin
Coorientador: Carmino Hayashi

ALFENAS/MG

2023

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central

Freire, Cleir Ferraz.

Soluções baseadas na natureza para cidades brasileiras : a rede urbana nos biomas e as mudanças climáticas / Cleir Ferraz Freire. - Alfenas, MG, 2023.

260 f. : il. -

Orientador(a): Paulo Augusto Zaitune Pamplin.

Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2023.

Bibliografia.

1. Soluções baseadas na natureza. 2. Biomas. 3. Cidades. 4. Rede urbana. 5. Ecologia urbana.. I. Pamplin, Paulo Augusto Zaitune, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

CLEIR FERRAZ FREIRE

" Soluções baseadas na natureza para cidades brasileiras: a rede urbana nos biomas e as mudanças climáticas "

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Tese apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Aprovada em: 23 de novembro de 2023.

Prof. Dr. Paulo Augusto Zaitune Pamplin

Instituição: Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG)

Dr. Leonardo Capeleto de Andrade

Instituição: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá

Prof. Dr. Fábio de Oliveira Roque

Instituição: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS)

Prof. Dr. Francisco José Cardoso

Instituição: Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG)

Prof. Dr. Luiz Felipe Turci

Instituição: Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG)



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Augusto Zaitune Pamplin, Professor do Magistério Superior**, em 23/11/2023, às 13:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_externo=0, informando o código verificador **1123897** e o código CRC **05D24CDA**.

Dedico este trabalho à minha mãe, Lucy Ferraz Freire (*in memoriam*), que partiu durante este período, mas que tanto colaborou para que ele fosse concluído.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço ao meu orientador, Paulo Augusto Zaitune Pamplin por se dispor a trilhar este caminho junto comigo e ao meu coorientador, Carmino Hayashi, por também embarcar nesta empreitada.

Agradeço à minha família pelo apoio.

Agradeço ao Programa de Pós graduação em Ciências ambientais da Universidade de Alfenas por me acolher durante esses anos.

RESUMO

As mudanças climáticas trazem novos desafios à humanidade e é nas cidades, onde as modificações antrópicas mais se intensificam, que os efeitos sinérgicos devem ser multiplicados. Este trabalho se propôs a estudar as soluções baseadas na natureza utilizadas em cidades e sua aplicabilidade no país frente as características da rede urbana brasileira e ao bioma, unidade de estudo das mudanças climáticas. Para atingir este objetivo foram estudadas as redes urbanas dos biomas e suas zonas de transição e visitado um centro urbano em cada um dos biomas, sendo que a Mata Atlântica foi subdividida em meridional e setentrional. As cidades visitadas foram Boa Vista (AM), para a Amazônia, Petrolina (PE) e Juazeiro (BA) para a Caatinga, Campo Grande (MS) para o Cerrado, Florianópolis (SC) para a Mata Atlântica meridional, Aracaju (SE) para a Mata Atlântica setentrional, Pelotas (RS) para o Pampa e Corumbá e Ladário para o Pantanal. As soluções baseadas na natureza pesquisadas mais utilizadas são os jardins de chuva e recuperação de parte de áreas de preservação de corpos hídricos urbanos, mas estas não atendem toda a complexidade das cidades brasileiras e suas características climáticas e ambientais. As soluções para retenção temporária com fins de auxiliar drenagem urbana são pouco eficientes para cidades próximas de rios com oscilações grandes em períodos de seca e cheia, mas eficientes para eventos extremos de pluviosidade em períodos curtos, desde que utilizadas em larga escala. É urgente a implantação de florestas urbanas densas com corredores ecológicos ligando as áreas verdes para amenizar o aumento das temperaturas. As características ambientais e climáticas dos biomas pedem soluções baseadas na natureza direcionadas. Para a Amazônia é necessário adaptação para deslizamentos de terras de margens de rios e para as cheias e secas. Para a Caatinga florestas urbanas e manejo das águas para amenizar a desertificação. Para o Cerrado soluções para os eventos extremos, assim como para a Mata Atlântica meridional e a parte setentrional deste bioma requer cuidados com solo devido as amplas áreas de dunas e restinga. O Pampa requer soluções especiais para as águas e o Pantanal para as altas temperaturas. O uso de água no ambiente urbano precisa ser encorajado, como regulador térmico e elemento cênico, compondo áreas verdes e praças e também jardins alagados criando novas áreas de conservação. O uso de vegetação adaptada ao bioma e ao clima urbano é imprescindível para um sucesso destas medidas e lianas, epífitas e jardins verticais são um caminho para incrementar o verde urbano em áreas de pouco espaço. Soluções urbanísticas como estacionamento a 45 graus e uso de elemento alternativo ao asfalto em áreas destinadas à estacionamento são algumas que podem ampliar espaços para o verde urbano. Todas as cidades visitadas apresentaram vulnerabilidades e fragilidades onde podem ser aplicadas Soluções baseadas na natureza.

Palavras-chave: soluções baseadas na natureza; biomas; cidades; rede urbana; ecologia urbana.

ABSTRACT

Climate change brings new challenges to mankind humanity and it is on cities, where anthropic changes are more intense, that synergic effects become multiplied. This work propose the study of nature based solutions in cities and its applicability on the country towards to the urban net and biome, unity for the study of climate change. To find this objective the urban net of the biome and its transit zones were studied and also visits were maiden at one urban center of each biome, and the Atlantic Forest were subdivided in south and north part. The cities visited were Boa Vista (AM), for Amazonia, Petrolina (PE) and Juazeiro (BA) for Caatinga, Campo Grande (MS) for Cerrado, Florianópolis (SC) for Atlantic Forest southern, Aracaju (SE) for the Atlantic Forest northern Coast, Pelotas (RS) for the Pampa and Corumbá and Ladário for Pantanal. These nature-based solutions researched most used were rain gardens and recover parts of the areas of preservation of urban water bodies, but they do not take into account the complexity of the Brazilian cities and their climatic and environmental characteristics. These solutions for temporary retention for the purposes of auxiliary drainage in urban areas are not very efficient for nearby rivers with large swings in dry and wet periods, but are effective for extreme rain events in current periods, as long as they are used on large scale. It is urgent to implement dense urban forests with ecological corridors connecting green areas to soften the increasing temperatures. The environmental and climatic characteristics of the biomes need targeted nature-based solutions. For the Amazon, it is necessary to adapt to the landscaping of river banks and for dry and wet lands. For Caatinga, urban forests and water management to alleviate desertification For the Brazilian Cerrado, solutions for extreme events, as well as for the Southern Atlantic Forest, and the northern part of this biome requires soil care due to the wide areas of dunes and sandbanks. Pampa requires special solutions for water and Pantanal for high temperatures. The use of water in the urban environment needs to be encouraged, as a thermal regulator and scenic element, composing green areas and squares and also flooded gardens creating new conservation areas. The use of vegetation adapted to the biome and urban climate is essential for the success of these measures and lianas, epiphytes and vertical gardens are a way to increase urban greenery in areas with little or few spaces. Urban solutions such as parking at 45 degrees and the use of an alternative element to asphalt in areas intended for parking are some that can expand spaces for urban greenery. All cities visited have vulnerabilities and fragilities were nature-based solutions can be applied.

Keywords: nature-based solutions; biomes; cities; urban net; urban ecology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Jardim experimental de biorretenção na USP, experimento do projeto de doutorado “Dispositivos para remoção de carga poluidora em rios urbanos por meio de biorretenção: avaliação experimental de sua eficiência” de Maria Cristina S. Pereira.	26
Figura 2- Jardim de chuva na USP, SP, experimento do projeto “Jardins de chuva como política pública para melhoria da qualidade da água: investigação de padrão de redução da poluição difusa para a cidade de São Paulo”, de Maria Cristina S. Pereira.	27
Figura 3 – Teto verde na USP, SP, experimento do projeto “Soluções baseadas na natureza para gerenciamento de águas de chuva em São Paulo: o desempenho de tetos vegetados de diferentes profundidades comparados a telhados convencionais de telha cerâmica”, de Lucas Gobatti.	27
Figura 4 – Mudanças climáticas esperadas para os diversos biomas brasileiros.	32
Figura 5 – Domínios climáticos do Brasil e principais subtipos.	34
Figura 6 – Os mapas de biomas e zonas climáticas revelam peculiaridades climáticas dentro de cada bioma brasileiro.	52
Figura 7 – Dados de pluviometria na estação IAG USP.	53
Figura 8 – Dados de pluviometria na estação Mirante do Santana.	54
Figura 9 – Ocorrência e eventos extremos de temperatura em cinco locais da costa brasileira.	54
Figura 10 – Perfil esquemático da Floresta de Várzea e Igapó.	63
Figura 11 – Perfil esquemático de Campinarana e relação com encharcamento do solo, anoxia de raízes e fertilidade do solo.	63
Figura 12 - Espaços livres, à esquerda, praia de Ponta Negra. Ruas centrais carentes de arborização em Manaus, AM.	68
Figura 13 - Vegetação de igapó na praia da Lua em Manaus, AM.	68
Figura 14 - Parque do Mindu, em Manaus, AM.	69
Figura 15 - Situação de ocupação de margens do igarapé Tucunduba em Belém, PA por palafitas após retirada destas com revitalização das margens, com incremento de transporte fluvial.	69

Figura 16 - Área palafitada na península do IPASE, em São Luís, MA, onde projetos de urbanização precisam implantar vegetação de mangue para contenção de energia potencial.	70
Figura 17 – Arborização em canteiro central e espaço em calçadas laterais para implantação de arborização.	71
Figura 18 - Arborização em espaço de estacionamento em via a 45 graus na cidade de Letícia, Colômbia, vizinha de Tabatinga, que permite espaço para incremento de arborização.	71
Figura 19 - Corpos hídricos como o Lago de Coari, entremeiam a área urbana, podendo se transformar em jardins alagados.	72
Figura 20 - Transporte fluvial em área urbana interna em Coari, AM.	72
Figura 21 - Comércio e transporte fluvial em Coari, AM.	73
Figura 22 - Drenagem pluvial superficial que pode ter energia potencial reduzida com jardins de chuva em Coari, AM.	73
Figura 23 - Cota do rio Tocantins durante o ano de 2022, demonstrando período de seca e cheia.	75
Figura 24 - Ocupações em margens rio Mearim em Bacabal, MA.	78
Figura 25 - Crescimento das cidades ao longo da rodovia com largos espaços em Brasnorte, MT.	79
Figura 26 - Conjunto habitacional planejado em Brasnorte, MT.	80
Figura 27 - Avenida em Vilhena, RO, que possibilita arborização de qualidade com estacionamento a 45 graus.	80
Figura 28 - Vista da orla da cidade de Imperatriz (MA) do lado oposto da urbana. ..	81
Figura 29 - Médias mensais de temperatura e pluviosidade em Boa Vista ao longo do ano.	82
Figura 30 - Tabela de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), chuva (mm), umidade, dias chuvosos, entre 1999 e 2019.	83
Figura 31 - Parque que abriga equipamentos de lazer e praia. À esquerda vista de playground infantil ao fundo e á direita vista da praia que fica disponível na vazante.	84
Figura 32 – Área de acesso à praia à esquerda, em época de vazante e cascata artificial. À direita muro com grafite de Eduardo Kobra.	84
Figura 33 – O parque conta com um mirante.	85
Figura 34 – O parque conta também com alguma vegetação.	85

Figura 35 - Áreas que permanecem alagadas em épocas de cheia.....	85
Figura 36 – Flutuante Flutuáí, restaurante flutuante no rio Branco.....	86
Figura 37 – Muitos igarapés urbanos estão íntegros e fazem divisa com terrenos particulares.....	87
Figura 38 – A limitação de áreas de preservação com terrenos privados acontece mesmo em áreas de expansão.....	87
Figura 39 – Sistema viário também compete com áreas de igarapés.....	88
Figura 40 – Em algumas áreas de preservação permanente já se nota pequenas invasões.....	88
Figura 41 – Lago de vereda no parque Anauá.....	89
Figura 42 – Algumas áreas do parque Anauá podem receber adensamento de vegetação.....	89
Figura 43 – Densidade vegetal no parque Anauá, em alguns trechos esta densidade poderia ser incrementada.....	90
Figura 44 - Áreas de gramado exótico que poderiam servir à vegetação de campina nativa da região.....	90
Figura 45 - Áreas de lazer na região central com locais de pouca vegetação.....	91
Figura 46 – Vegetação mais aérea tem excelente resultado e deve ser encorajada sempre que possível.....	91
Figura 47 – Diversos locais podem ter adensamento de vegetação, inclusive com soluções aéreas.....	91
Figura 48 – Extensas áreas de ciclovias sem arborização.....	92
Figura 49 – Diversas áreas com espaço pouco aproveitado para arborização.....	92
Figura 50 – Estacionamento a 45 graus e pontos de ônibus são alguns exemplos de fácil possibilidade de incremento de vegetação.....	93
Figura 51 - Boa Vista sofre grande pressão de migração do vizinho, Venezuela.....	93
Figura 52 – Aspecto esbranquiçado da Caatinga em São Raimundo Nonato, (PI)..	96
Figura 53 – Gradiente da vegetação no bioma Caatinga em relação a espessura do solo.....	97
Figura 54 – Estruturas elevadas permitem retenção de solo em jardins.....	102
Figura 55 – Região metropolitana de Fortaleza e sistema de dunas a leste, onde a ocupação se acelera.....	103
Figura 56 – Lagoa de Tatajuba, na cidade de Camocim, com preservação de manguezal em uso misto com turismo.....	104

Figura 57 – Delta do rio Parnaíba, que reúne dunas, mangue e restinga.....	106
Figura 58 – Agreste em Garanhuns, PE, mostrando uma Caatinga arbórea.....	109
Figura 59 - Erosão no Morro do Careca.....	112
Figura 60 - Vegetação fixadora de dunas e dunas sem vegetação e casa com cerca de galhos entrelaçados comum na região.....	112
Figura 61- Feição do Planalto da Borborema em Garanhuns, mostrando solo rochoso, ondulações de relevo e um barreiro.....	113
Figura 62 – Gráfico de médias de temperatura e pluviosidade ao longo do ano em Petrolina, PE.....	114
Figura 63 – Tabela de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), chuva (mm), umidade e quantidade de dias chuvosos, entre 1999 e 2019...	115
Figura 64 – Ponte que liga Petrolina e Juazeiro.....	115
Figura 65 – Orla do rio São Francisco em Juazeiro, vista de Petrolina.....	116
Figura 66 - Orla do rio São Francisco em Petrolina, vista de Juazeiro.....	116
Figura 67 – Termômetro dentro de ônibus urbana em Petrolina, onde altas temperaturas são constantes durante todo o ano, aqui em outubro...	117
Figura 68 – Área residencial de expansão urbana em Petrolina, com arborização no canteiro central na avenida principal do bairro.....	117
Figura 69 – Avenida central em Petrolina, onde se observa arborização e uso do espaço sombreado.....	118
Figura 70 – Áreas centrais com calçadas sem qualquer arborização.....	118
Figura 71 – Áreas centrais com calçadas sem arborização, mesmo com condições de espaço.....	118
Figura 72 – Indivíduos jovens de tamanho inadequado para arborização de vias públicas em bairro em zona de expansão urbana.....	119
Figura 73 – Área do Parque Josepha Coelho, com solos mais úmidos, que pode receber mais espécies arbóreas.....	119
Figura 74 – Áreas com equipamentos que poderiam ser melhor arborizadas.....	120
Figura 75 – Viveiro de mudas dentro do Parque Josepha Coelho.....	120
Figura 76 – Áreas mais secas que também podem receber mais arborização.....	120
Figura 77 – Área de estacionamento, também mal arborizada.....	121
Figura 78 – Praça que poderia ser adensada em vegetação.....	121
Figura 79 – Extensas áreas sem arborização em Juazeiro.....	122
Figura 80 – Presença de sombra torna-se atrativo.....	122

Figura 81 - Preparo de margem de rio para uso viário.	123
Figura 82 – A obra se estende por diversos bairros da cidade.	123
Figura 83 - Mesmo onde não há avenida não há preservação das margens.	123
Figura 84 - Local onde o rio recebe efluente da estação de tratamento de esgotos de Juazeiro.	124
Figura 85 – Próximo a foz com o rio São Francisco há crescimento espontâneo de vegetação.	124
Figura 86 - Fruticultura é praticada já em áreas periurbanas.	125
Figura 87 – Feições do Cerrado, mostrando frequência de fogo, toxidez por alumínio e fertilidade do solo.	128
Figura 88 – Feição de Cerrado no Jalapão, TO.	128
Figura 89 – Feições de Cerrado na Chapada das Mesas.	129
Figura 90 – Medições indicam queda na pluviosidade em Ribeirão Preto, SP.	139
Figura 91 – Medições indicam aumento da temperatura em Ribeirão Preto, SP. ...	140
Figura 92 – Médias mensais de temperatura e pluviosidade em Campo Grande	142
Figura 93 – Tabela de médias mensais de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), chuva (mm), umidade, dias chuvosos e horas de sol. Data: 1999 - 2019:	143
Figura 94 – Parque Buriti-Lagoa.	144
Figura 95 – Árvores nos canteiros centrais das avenidas, intercaladas por vagas de estacionamento.	145
Figura 96 – Árvores recuperadas no âmbito do programa TreeCities.	146
Figura 97 - Avenida de contorno do Parque.	146
Figura 98 – Espelho d’água no Parque das Nações Indígenas.	147
Figura 99 – Extensas áreas em recuperação no Parque.	147
Figura 100 – A valorização da área se visualiza, com construções de edifícios de alto padrão e consolidação de residências.	148
Figura 101 – Início da área de risco de alagamentos.	148
Figura 102 – Pressão imobiliária ao lado da área de preservação.	149
Figura 103 – Parque em área sujeita a alagamento.	150
Figura 104 – Canal retificado e dimensionado para grandes vazões na Avenida Ernesto Geisel.	150
Figura 105 - Área em obras da prefeitura, com canal bem dimensionado para escoamento de águas e áreas de retenção de águas pluviais.	151

Figura 106 – Praça Ari Coelho, bem arborizada e com espelho d'água como chafariz, bem no centro da cidade e muito frequentada.	151
Figura 107 – Canteiro central da Avenida Afonso Penna, que abriga boa quantidade de vegetação e várias praças.	151
Figura 108 – Bairros da cidade bem arborizados.	152
Figura 109 – João de barro (<i>Furnarius rufus</i>), à direita e seu famoso ninho de barro, à esquerda.	152
Figura 110 – Avistamento de aves urbanas são muito comuns em Campo Grande, à esquerda Curicaca (<i>Theristicus caudatus</i>) e à direita tesourinha (<i>Tyrannus savana</i>).	153
Figura 111 – A Arara Canindé (<i>Ara Ararauna</i>) muito abundante e um símbolo da cidade, é avistada até nas áreas mais centrais.	153
Figura 112 – Dunas e falésias no litoral do Rio Grande do Norte.	156
Figura 113 – Loteamento Villas do Atlântica, em Lauro de Freitas, região metropolitana de Salvador. Nota-se afloramentos de lençol freático que formam lagoas.	161
Figura 114 – Vegetação de restinga protegendo faixa de areia de praia em João Pessoa (PB).	162
Figura 115 – Rio Doce em Natal, RN, que percorre sistema de dunas antes de desaguar no mar.	163
Figura 116 – Vegetação natural de proteção de dunas e restinga em Itaparica	163
Figura 117 – Dunas com vegetação natural de proteção no Rio Grande do Norte.	163
Figura 118 – Falésias com vegetação natural de proteção no RN	164
Figura 119 – Ocupação em encosta e em beira de rio em Recife, PE.	165
Figura 120 – Gráfico de médias mensais de pluviosidade e temperatura ao longo do ano em Aracaju.	166
Figura 121 – Tabela de médias mensais de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), chuva (mm), umidade, dias chuvosos e horas de sol. Data: 1999 – 2019.	167
Figura 122 – Limite municipal de Aracaju.	168
Figura 123 – Extensa faixa de areia na praia do Atalaia.	168
Figura 124 – Revitalização de lagoas e plantio de estabilização de areia na praia do Atalaia.	169
Figura 125 – Obras de contenção do mar e alargamento de faixa de areia.	169

Figura 126 - Enrocamento utilizado para contenção da areia.	169
Figura 127 - Enrocamento e vegetação de restinga são utilizados para contenção da areia.	170
Figura 128 - Zona central de Aracaju adensada em construções e sem arborização ou áreas verdes.	170
Figura 129 – Recuperação e revitalização do mangue em Coroa do Meio.	171
Figura 130 – Áreas públicas degradadas no bairro Coroa do Meio.	171
Figura 131 – Vista de mangue recuperado às margens do rio Sergipe pelo bairro Coroa do Meio.	172
Figura 132 – Parque na orla do rio Sergipe no bairro São José.	172
Figura 133 – Vista do Parque da Cidade, à esquerda nota-se prédios de padrão mais acessível.	173
Figura 134 – Barra dos Coqueiros às margens da praia, com construções e terrenos preparados para condomínios verticais.	173
Figura 135 – Orla de Barra dos Coqueiros ao lado do rio, parte mais antiga da cidade, à direita, ponte que liga a cidade de Aracaju.	173
Figura 136 – Parque Ecológico Poxim, na zona periurbana da Universidade Federal de Sergipe.	174
Figura 137 - Área de expansão próxima à foz de rio Vaza Barris, com ocupação de alto padrão em APP e diversos problemas de irregularidades.	174
Figura 138 – Processos erosivos às margens do rio Vaza Barris.	175
Figura 139 – Movimentação de barcos acelera processos erosivos nas margens do rio Vaza Barris.	175
Figura 140 - Áreas marginais com características pristinas ainda desocupadas na foz do Vaza Barris.	175
Figura 141 - Croa do Goré, banco de areia do rio Vaza Barris, atração turística utilizada no período de maré baixa.	176
Figura 142 – Avifauna mais comum na cidade formada por tresquiornítídeos, como maçaricos e garças e caradriídeos, como Quero-quero.	177
Figura 143 – Vegetação utilizada como auxílio em obra de enrocamento no bairro Coroa do Meio.	177
Figura 144 – Rápida transição entre restinga e encosta, típica em diversos trechos da Mata Atlântica meridional, aqui na Ilha Grande, RJ.	180
Figura 145 – Domínio de Araucária em zona rural antropizada em Guaratinguetá	181

Figura 146 – Asfalto mostrando que as árvores retardam a chegada da água da chuva ao solo.	195
Figura 147 – Corte perfil do Vale do Paraíba.	196
Figura 148 – Deslizamento na rodovia Dutra, onde a via segue padrão de patamar, próximo à baixada fluminense.	197
Figura 149 – Uso de Terminalia catappa em arborização à beira mar.	198
Figura 150 – Mangue plantado junto ao enrocamento artificial.	199
Figura 151 – Imagem mostrando conurbação entre Florianópolis e São José, do lado continental.	201
Figura 152 – Gráfico de médias mensais de temperatura e pluviosidade na cidade de Florianópolis.	202
Figura 153 – Tabela de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), chuva (mm), umidade, dias chuvosos e horas de sol. Data: 1999 - 2019.	202
Figura 154 – Em diversos mirantes da cidade é possível observar pontos de ocupação em mangue, restinga e morros.	203
Figura 155 – Extensa área de mangue que sofre pressão de ocupação.	204
Figura 156 – Ocupação em área de mangue com retificação de córrego.	204
Figura 157 – Vista do Maciço da Cruz pela ponte Hercílio Luz.	205
Figura 158 – Vista da cidade de Florianópolis pelo mirante da Cruz, área vegetada onde será implantado o parque citado.	206
Figura 159 – À direita parte interna do Parque da Luz e à esquerda, local de acumulação de água pluvial.	206
Figura 160 – Praça em área central destinada a lazer que cumpre papel de redução de energia potencial de chuvas, regulação térmica por vegetação e melhoria de circulação de ventos.	207
Figura 161 – Praça XV, em região central da cidade mostrando densidade arbórea em vista aérea e em nível de solo	207
Figura 162 – Ocupação da orla do Guaíba por residências de alto padrão.	213
Figura 163 – Parte da orla do Guaíba transformada em parque.	214
Figura 164 – Canais retificados usados para irrigação.	214
Figura 165 – Espaço de área verde que regula canal condutor de água para irrigação em Porto Alegre.	215
Figura 166 – Calçadão com arborização central.	216
Figura 167 – Lago paisagístico na praça central.	217

Figura 168 – Praça central da cidade com arborização vistosa.	217
Figura 169 – margens do canal Santa Bárbara com vegetação.	218
Figura 170 – Habitação isolada às margens do canal Santa Bárbara à esquerda e habitações bem consolidadas próximas das margens, à direita.	218
Figura 171 – Ocupações irregulares às margens do arroio São Gonçalo, em região bem próxima ao centro da cidade.	218
Figura 172 – Centro urbano de Pelotas, à esquerda, e distrito de Laranjal, à direita, às margens da Lagoa dos Patos.	219
Figura 173 – Vista da ocupação Laranjal do trapiche sobre as águas da Lagoa dos Patos.	219
Figura 174 – Médias de pluviosidade e temperatura ao longo do ano em Pelotas.	220
Figura 175 – Médias mensais de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), chuva (mm), umidade, dias chuvosos e horas de sol. Data: 1999 – 2019.	220
Figura 176 – Mapeamento de pontos susceptíveis a alagamentos em Pelotas.	222
Figura 177 – Retificação de canais em Pelotas; a) canal Santa Bárbara; b) canalização na avenida Adolfo Fetter; c) canal no distrito Laranjal; d) canal próximo à rodoviária.	222
Figura 178 – Pontos de alagamento próximos ao centro da cidade, marginais ao canal São Gonçalo.	223
Figura 179 – Área com calçada alargada que poderia receber jardim de chuva ou arborização.	223
Figura 180 – Diversas ruas já contam com estacionamento a 45 graus ou poderiam ser usadas desta forma para abrigar mais árvores.	224
Figura 181 – Praça na região central que poderia receber incremento na arborização à esquerda e ponto de ônibus e calçamento largo, estruturas que também poderiam ter incremento com vegetação.	224
Figura 182 – Área verde na rua Marechal Floriano. Desempenha importantes funções ecológicas, sociais e culturais.	225
Figura 183- Umidade da região permite desenvolvimento de epífitas.	226
Figura 184 – Caturrita (<i>Myiopsitta monachus</i>), pscitacídeo comum na região que seria muito beneficiada por corredores ecológicos urbanos.	226
Figura 185 – Mancha urbana de Cáceres, MT entre áreas preservadas a oeste às margens do rio Paraguai e outros usos do solo.	230

Figura 186 – Vegetação de Cerradão às margens do rio Jauru, em Coxim (a). Praias arenosas e vegetação de porte no rio Jauru, em Coxim (b).	231
Figura 187 - Queimadas em Corumbá na época da seca são comuns e corriqueiras, afetando a qualidade do ar.	232
Figura 188 – Massas de ar atuantes no Brasil, demonstrando a Massa de ar equatorial continental (MEC) da Amazônia para o Pantanal.	233
Figura 189 – Médias mensais de temperatura e pluviosidade em Ladário.	235
Figura 190 – Médias mensais durante o ano de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), chuva (mm), umidade, dias chuvosos e horas de sol entre 1999 e 2019.	236
Figura 191 - Níveis de conforto em umidade em Corumbá com referência no ponto de orvalho.	236
Figura 192 – Velocidade média dos ventos em Corumbá durante o ano.	237
Figura 193 – Direção dos ventos em Corumbá durante o ano.	237
Figura 194 – Proximidade das cidades de Ladário, Corumbá, Puerto Suarez e Puerto Quijarro, da direita para a esquerda.	238
Figura 195 – Nos limites da área urbana se evidencia presença de árvores.	239
Figura 196 – Área de segurança internacional entre as cidades de Corumbá e Puerto Quijarro preservada.	239
Figura 197 – Área pertencente à marinha entre Ladário e Corumbá preservada. ..	240
Figura 198 – Calçadas e testadas largas permitem incremento da arborização urbana.	241
Figura 199 – Calçadas e testadas largas permitem incremento da arborização urbana, inclusive com árvores de maior porte.	241
Figura 200 – Em diversos locais se observa uso de espécies exóticas, Ficus benjamina, que atendem a serviços de regulação térmica, mas podem negligenciar outros serviços ambientais importantes e requerem manutenção, sendo alvo de podas agressivas.	242
Figura 201 - Arborização em área central de pista ocupando áreas de estacionamento em 45 graus em Ladário, uma boa solução com espaço para raízes, com farto sombreamento.	242
Figura 202 - A arborização é escassa, mesmo nas áreas centrais, apesar da largura das calçadas permitir, inclusive com solução de estacionamento a 45 graus para aumento de espaço para o verde urbano.	243

Figura 203 – O aproveitamento da orla como área de lazer e estrutura turística é insipiente.	243
Figura 204 - Possibilidade de aproveitamento da orla para áreas verdes, ainda que de uso temporário durante o ano.	244
Figura 205 - Área da orla urbanizada com pouca vegetação, sem valorização da vegetação local, sem presença de corpos hídricos artificiais paisagísticos e sem acesso livre à água potável.	245
Figura 206 - Praças arborizadas parcialmente com vegetação nativa.	245
Figura 207 - Queimadas causam grande estrago na qualidade do ar.	246
Figura 208 - Áreas em expansão em Corumbá ocupadas irregularmente, com retirada de vegetação e apresentando riscos de deslizamentos.	247

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Quantidade de municípios com área totalmente inserida nos biomas brasileiros 45
- Tabela 2 – Centros urbanos escolhidos para aprofundamento do estudo sobre Soluções baseadas na Natureza para mitigação das mudanças climáticas 47
- Tabela 3 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes nos biomas brasileiros e áreas de transição 56
- Tabela 4 - Quantidade de municípios e percentuais de metrópoles, Capitais Regionais A, B e C, Centros sub-regionais A e B, Centros de zona A e B e Centros locais nos biomas brasileiros e áreas de transição 57
- Tabela 5 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes no bioma Amazônia 63
- Tabela 6 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes na área de transição entre o bioma amazônico e o Cerrado 74
- Tabela 7 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes no bioma Caatinga 96
- Tabela 8 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes na área de transição entre o bioma Caatinga e o Cerrado 103
- Tabela 9 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes na área de transição entre o bioma Caatinga e a Mata Atlântica 107
- Tabela 10 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes no bioma Cerrado 128
- Tabela 11 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes em regiões metropolitanas e entre 20.000 e 100.000 habitantes na região de transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica 134
- Tabela 12 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000

habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes no Bioma Mata Atlântica porção setentrional	155
Tabela 13 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes no Bioma Mata Atlântica porção meridional	189
Tabela 14 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes no Bioma Pampa	207
Tabela 15 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes na zona de transição entre a Mata Atlântica e o Pampa	208
Tabela 16 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.00 e 100.000 habitantes no bioma Pantanal e na transição com o Cerrado	225

LISTA DE SIGLAS

GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
ICLEI	International Council for Local Environmental Initiatives Changed for: Local Governments for Sustainability Português: Governos Locais para Sustentabilidade
IUCN	International Union for Conservation of Nature Português: Programa das Nações Unidas para o Ambiente
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MUNIC	Pesquisa de Informações Básicas Municipais
NBS	Nature-based solutions
REGIC	Regiões de Influência das Cidades
SBN	Soluções baseadas na natureza
UNEP	United Nations Environment Programme
WRI	World Resources Institute

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	JUSTIFICATIVA	34
1.2	OBJETIVOS	35
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	37
3	METODOLOGIA	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1	AMAZÔNIA E ZONAS DE TRANSIÇÃO COM CERRADO	62
4.1.1	A cidade de Boa Vista	82
4.2	CAATINGA E ZONAS DE TRANSIÇÃO CERRADO E MATA ATLÂNTICA ...	96
4.2.1	O hidropolo de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA)	114
4.3	CERRADO E ZONA DE TRANSIÇÃO CERRADO/MATA ATLÂNTICA	127
4.3.1	A cidade de Campo Grande	142
4.4	MATA ATLÂNTICA SETENTRIONAL	155
4.4.1	A cidade de Aracaju	166
4.5	MATA ATLÂNTICA MERIDIONAL	179
4.5.1	A cidade de Florianópolis	201
4.6	PAMPA E ZONA DE TRANSIÇÃO PAMPA/MATA ATLÂNTICA	210
4.6.1	A cidade de Pelotas	216
4.7	PANTANAL E TRANSIÇÃO PANTANAL COM CERRADO	228
4.7.1	As cidades de Ladário e Corumbá	235
5	CONCLUSÕES	249
6	REFERÊNCIAS	257

1 INTRODUÇÃO

Os avanços científicos e tecnológicos acelerados desde a revolução industrial pareciam elevar a qualidade de vida da população mundial de forma direta e linear. Entretanto, com o avanço do tempo presenciamos a incapacidade da tecnologia de resolver todos os problemas.

O recrudescimento de antigas mazelas da humanidade, como doenças, conflitos e questões relacionadas à degradação ambiental vem comprometendo nossa qualidade de vida como também das gerações futuras.

Atualmente evidenciamos consequências da degradação ambiental mais rapidamente do que nossa capacidade de lidar com elas, acirrando o antagonismo entre correntes do ecologismo tecnológico e preservacionista (Prates, 2020).

Somado ao cenário de degradação ambiental, as mudanças climáticas nos impõem novos desafios adaptativos. Estes desafios estão em todas as atividades e modos de vida dos seres humanos, nas nossas atividades produtivas, manifestações culturais e interações sociais. Para que estes sejam minimizados ou superados não bastam apenas tecnologias antrópicas, mas também um novo paradigma no qual a conciliação com os elementos da natureza se torne uma nova ordem.

Embora as modificações antrópicas impostas ao ambiente natural podem ser observadas em todos os ambientes do planeta, é nas cidades que elas são mais sentidas e perceptíveis, onde a dependência da estrutura construída determina o bem-estar das populações humanas. As cidades possuem um ecossistema singular, pois apresentam variações climáticas e ambientais extraordinárias em espaços geográficos pequenos, impondo desafios na compreensão de suas dinâmicas ecológicas (Adler, 2015). Esta questão demonstra a importância de escalas pequenas, como bairros e também na sua influência no ecossistema como um todo, tornando o incremento da qualidade ambiental em qualquer espaço urbano de suma importância.

No Brasil, o ambiente urbano é responsável por abrigar mais de 80% da população, mesmo as áreas urbanas ocupando apenas 0,54% da área total do país (IBGE, 2019). Desta forma, se impõe a importância da qualidade ambiental desses ambientes e a necessidade de soluções para incremento cada vez maior desta

qualidade e suas funções ecológicas, sendo que esse aspecto se associa diretamente à produção do risco (Nunes, 2015).

Assim, a infraestrutura urbana não deve ser planejada somente por obras de engenharia, tendo a natureza como mero elemento paisagístico, mas tendo a conservação natural no ambiente urbano como um aliado na estabilidade da infraestrutura urbana e na manutenção e aumento de nossa qualidade de vida, uma ideia que une o tecnicismo ao preservacionismo, correntes ecológicas e ambientais que muitas vezes se veem antagônicas (Alier, 2015).

O entendimento de como as funções ecológicas e serviços ambientais podem incrementar a qualidade do ambiente urbano é bastante desigual entre gestores e planejadores, porém é crescente e se reflete no número de menções nos arcabouços legislativos, nos projetos de desenvolvimento e na quantidade de instituições dedicadas à esta temática ou que incluem esta temática em seu escopo. Podemos citar como exemplo parágrafos dedicados ao ambiente urbano no Código Florestal Brasileiro, a criação do Ministério das Cidades no início dos anos 2000, instituições internacionais como World Resources Institute (WRI), Governos Locais pela Sustentabilidade (ICLEI) e a União Internacional pela Conservação da Natureza (IUCN), que tem desenvolvido projetos alinhados à uma preocupação com a conservação de elementos da natureza no ambiente urbano.

Para o ICLEI (2015), há o entendimento de que ecossistemas naturais protegidos são fundamentais para tornar a biodiversidade e a sociedade mais resilientes, incluindo os impactos das mudanças climáticas, pois apresentam maior capacidade de resistência e recuperação quando afetados por situações climáticas extremas, além de fornecer uma ampla gama de benefícios dos quais as pessoas dependem – os chamados serviços ambientais.

Dentro desta perspectiva surge a abordagem da adaptação baseada em ecossistemas, que vem propor o uso da biodiversidade e dos serviços ambientais, ou soluções verdes, como opção para reduzir os riscos e potenciais impactos associados a essa mudança (MMA, 2020) e posteriormente se consagra um termo mais abrangente, as soluções baseadas na natureza - SBN, o qual abrange não apenas adaptação, mas soluções para problemas generalizados.

A conceituação mais utilizada para o termo foi estabelecida pela IUCN em 2020 e ampliada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) em 2022 como sendo as ações para proteger, conservar, restaurar, visando o

manejo sustentável de recursos naturais ou modificados dos ecossistemas terrestres, de água doce, costeiros e marinhos, que também abordam desafios sociais, econômicos e ambientais de forma eficaz e adaptável, ao mesmo tempo em que promove bem-estar humano, serviços ambientais, resiliência e benefícios para a biodiversidade.

Segundo a European Commission (2015), quatro objetivos principais são característicos das SBN: a) ampliar a sustentabilidade no processo de urbanização; b) restaurar ecossistemas degradados, melhorando sua resiliência e sua capacidade no provimento de serviços ambientais; c) adaptar e/ou mitigar os efeitos das mudanças climáticas nas cidades, com respostas mais resilientes e com ampliação do sequestro de carbono; d) melhorar a gestão de múltiplos riscos de maneira que amplie a resiliência das cidades.

Atualmente, diversas organizações se dedicam ao tema e divulgam em seus sítios eletrônicos, conceitos e exemplos desta forma de abordagem. Além das instituições já citadas, a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) e o Grupo de Integração à Pesquisa em Soluções Baseadas na Natureza (GIP-SBN) e o Instituto de Estudos Avançados, ambos da Universidade de São Paulo (USP) também tiveram importantes iniciativas na disseminação do conceito e implantação prática de SBN.

No Brasil, existem experiências já difundidas, embora ainda pontuais e outras ainda não difundidas que não foram concebidas como SBN, mas cuja prática se enquadra no conceito. Justamente por se tratar de um conceito novo, muitas vezes nos projetos e ações não aparece a denominação SBN no seu escopo (ICLEI, 2015). As ações mais comuns entre as relatadas são sistemas de biorretenção, como jardins de chuva, tetos verdes, e parques e lagoas urbanas, cujos benefícios já são conhecidos, mas as perspectivas de ampliação destas soluções são gigantescas.

Os sistemas de biorretenção são dispositivos para remoção de carga poluidora utilizados principalmente para recolhimento ou depuração de poluentes antes do lançamento em corpos d'água, com objetivo de depuração desta água coletada. Estes sistemas são formados principalmente por plantas, mas possuem técnicas de construção que permitem infiltração, criando condições para a depuração, juntamente com componentes associados (Figura 1).

Os jardins de chuva também são dispositivos para retenção de águas pluviais, porém, não necessariamente tem como objetivo uma depuração da água coleta,

podendo ser utilizados somente para retenção temporária de água, infiltração de água no solo, mas voltados à auxiliar a drenagem urbana (Figura 2). Os jardins de chuva são utilizados em locais estratégicos nos centros urbanos, em geral onde há maior impermeabilização do solo com camadas asfálticas e também com altos índices de ocupação de terrenos, muitas vezes chegando aos 100% de impermeabilização. Nestes bairros ocorre nula infiltração e as águas da chuva ganham grande quantidade de energia, além de provocar enchentes e alagamentos.

Os tetos verdes surgiram com objetivo principal de cultivo, porém já associados ao objetivo de regulação térmica e atualmente são pensados também como retenção temporária de águas pluviais (Figura 3). Em casos de edifícios corporativos o cultivo acaba por não se tornar importante devido ao coletivo, mas em casos particulares este cultivo pode ser muito proveitoso como produção de alimentos. Para a regulação térmica e retenção temporária de águas pluviais o sistema tem boa eficiência, embora mensurar esta eficiência ainda seja um desafio.

Figura 1 - Jardim de biorretenção na USP, projeto de doutorado “Dispositivos para remoção de carga poluidora em rios urbanos por meio de biorretenção: avaliação experimental de sua eficiência” de Maria Cristina S. Pereira



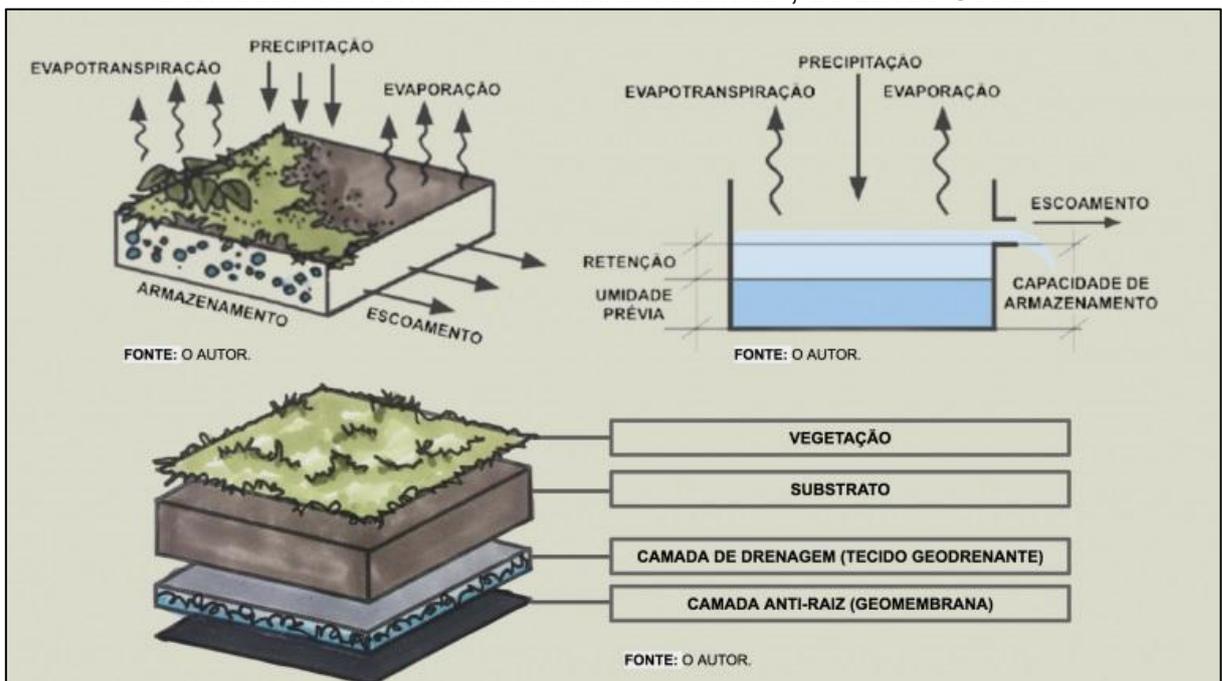
Fonte: Sites USP (2019)

Figura 2- Jardim de chuva na USP, SP, experimento do projeto “Jardins de chuva como política pública para melhoria da qualidade da água: investigação de padrão de redução da poluição difusa para a cidade de São Paulo”, de Maria Cristina S. Pereira



Fonte: Sites USP (2019)

Figura 3 – Teto verde na USP, SP, experimento do projeto “Soluções baseadas na natureza para gerenciamento de águas de chuva em São Paulo: o desempenho de telhados vegetados de diferentes profundidades comparados a telhados convencionais de telha cerâmica”, de Lucas Gobatti



Fonte: Sites USP (2019)

Os Parques são os mais diversos e tem funções mais extensas e fornecem serviços ambientais múltiplos, destacando áreas permeáveis que garantem infiltração de água, a regulação térmica, absorção e dispersão de poluentes, manutenção de biodiversidade, controle de pragas, entre outros. As praças urbanas também são importantes, embora tenham função primordial de lazer, podem auxiliar no controle da luz solar e umidade do ar, além de atuar diretamente no regime de ventos.

As intervenções em corpos hídricos também se destacam entre as soluções baseadas na natureza utilizadas, fornecendo serviços retenção de água pluvial e controle de drenagem, permeabilidade de solo, abrigo para biodiversidade, regulação térmica entre muitos outros. A recuperação de regiões de fundo de vale são as mais relatadas pelo fato de serem áreas mais planas e mais facilmente alagáveis.

O ambiente urbano constitui-se na plenitude de modificação do ambiente natural e de forma muito mais veloz do que a dinâmica dos processos físicos, criando e ampliando riscos, que muitas vezes se transformam em desastres (Nunes, 2015). Esta baixa resiliência ainda pode ser agravada por ocupações desordenadas, incitadas por crescimento acelerado e ocupações informais, além de diversas mazelas sociais e econômicas que determinam a forma da ocupação do espaço nas cidades.

Assim, temos que além das fragilidades e vulnerabilidades das cidades criadas pelas modificações antrópicas são ampliadas tanto por aspectos geográficos, climatológicos e ecológicos como também por questões sociais e econômicas, ou seja, fatores que se sobrepõe e se somam no aumento das vulnerabilidades.

Exemplos desta soma de fatores são inúmeros, primeiramente porque as áreas ambientalmente sensíveis não devem ser ocupadas e muitas são protegidas por legislação e a falta de acessibilidade financeira à moradia induzem ocupações irregulares, justamente nestas áreas sensíveis. Estas ocupações podem comprometer áreas muito extensas, alterando planos de drenagem, mobilidade, entre muitos outros planos setoriais, mas, por outro lado, a urbanização destas áreas pode incrementar a qualidade ambiental da cidade nesta mesma proporção, desde que a urbanização valorize aspectos de qualidade ambiental urbana.

Assim, as soluções baseadas na natureza têm grande potencial de aumentar a resiliência das cidades, além de contribuir positivamente para o incremento da

qualidade ambiental destes espaços. Entretanto, para que o uso da natureza como aliada nesta resiliência seja fato, é preciso considerar muitos fatores, como disponibilidade de espaço, objetivos das estruturas, clima, geografia, características ambientais nas quais a cidade está inserida, fatores sociais e econômicos e muitas outras condições relacionadas às cidades.

A imensa maioria das análises alusivas às cidades está relacionada ao seu porte populacional, como distribuição de recursos, índices de violência, escolaridade, renda e uma grande infinidade de definições que visam caracterizar e distribuir as cidades em blocos. Entretanto, para a compreensão das diversas dinâmicas que envolvem os habitantes das cidades e o espaço urbano o porte das cidades é insuficiente, mesmo que relevante.

População rural e urbana, extensão da área urbanizada, proximidade de outras áreas urbanas, relevo, clima, renda, disponibilidade de recursos são apenas alguns fatores que podem tornar cidades de porte igual extremamente diferentes dependendo do recorte que se pretende analisar, além do fato de que estes fatores podem ainda esconder diferenças grandes dentro de uma mesma cidade quando apresentados em médias, como renda ou índices, áreas verdes ou mesmo sob definições que não são necessariamente técnicas, como população urbana e rural.

Entende-se que as características que se pretende analisar individualmente ou comparar de forma coletiva deve ter relação com os objetivos que se deseja alcançar, assim sendo, a tarefa de comparar cidades para recomendação de políticas públicas é árdua, ainda mais em um país de dimensões continentais como o Brasil, em um total de 5.570 cidades. Porém, essa tarefa tem que ser feita.

Novas formas de caracterizar as cidades brasileiras estão sempre em pauta, advindas de uma preocupação de estabelecer políticas públicas assertivas e úteis, e também para estabelecer cortes devido a recursos escassos. Estudos do IBGE sobre caracterização e classificação de espaços urbanos e rurais são um exemplo de novas abordagens de entendimento do espaço urbano. Este estudo ressalta que os critérios para definição de espaço rural e urbano não são necessariamente técnicos e não há ainda uma definição de critérios para esta divisão, apenas regras de ocupação dentro destes espaços, como percentual de ocupação e divisão de terrenos (IBGE, 2023).

Leis e definições de regiões metropolitanas também representam uma abordagem inovadora de políticas públicas urbanas, que projetam cooperação entre cidades conurbadas e vizinhas. Ainda bastante voltada para cooperação entre serviços urbanos, essa gestão compartilhada pode trazer oportunidades para um incremento de qualidade ambiental nestas regiões, com estabelecimento de áreas verdes em espaços periurbanos, instalação de corredores ecológicos e disponibilizar espaços para projetos de melhoria de drenagem, como piscinões ou parques com lagoas de retenção e biorretenção.

Entretanto, ainda com o surgimento de novas abordagens, ainda há muito o que construir para o entendimento do território urbano e as possibilidades de incrementar sua resiliência.

Neste estudo, é dado ênfase ao estudo Regiões de Influência das Cidades (REGIC), de 2018, do IBGE, que hierarquiza cidades dentro de um contexto local, regional e nacional, indicando padrões de centralidade e relação de fluxos, demonstrando pressão sobre expansão urbana, uso de solo e serviços, além de representar modelos locais de padrões de urbanização.

Outra ênfase importante, sob a ótica ambiental, é o porte da cidade, que indica níveis quantitativos de ocupação do solo, mesmo variando em função de muitos fatores, como verticalização, que define cidades mais ou menos compactas, a topografia do cidade, que define formas da área ocupada, variando em cidades costeiras, topografia mais ou menos acidentada, áreas planas, entre outras, a proximidade de outros centros urbanos, que implica em conurbações com áreas contínuas, enfim, muitos fatores que podem implicar em diferenças de ocupação espacial das cidades. Mas em geral, as maiores populações ocupam áreas maiores e demandam serviços que também ocupam áreas, exercendo pressão sobre o meio ambiente.

Outra questão importante acerca do porte são as conurbações, pois ambientalmente refletem uma ocupação de espaço, mas administrativamente não. A lei 13.089 de 2015 que institui o estatuto da metrópole trouxe alguns avanços neste sentido, determinando uma governança supra municipal, porém a implantação do estatuto ainda é insipiente e esbarra em discussões acerca do poder de decisão. A questão ambiental é que cidades de menor porte teriam maior vulnerabilidade quando conurbadas a uma região urbana, não apenas pelo porte, mas também por razões logísticas. Entretanto, uma região metropolitana não está necessariamente

conurbada, podendo ter sido estabelecida apenas por razões administrativas ou até mesmo por busca de recursos, assim, aqui são citados apenas as conurbações.

Por fim, o local das cidades, em especial o bioma no qual está inserido é objeto deste estudo por representar o ambiente natural modificado pela cidade, determinando interações com o ambiente urbano, como a biodiversidade, fatores edáficos e climáticos determinando a interação do entorno com o ambiente urbano. Esta é uma questão primordial, pois tradicionalmente estes fatores têm sido negligenciados, tornando ambientes construídos cada vez mais padronizados, perdendo características tradicionais de adaptações construtivas ao ambiente. Se esta questão já representa um aumento de vulnerabilidade para o ambiente construído por conta da perda de resiliência das cidades, às mudanças climáticas tendem a aumentar esta vulnerabilidade, pois o ambiente construído tem pouca disposição para mudanças estruturais.

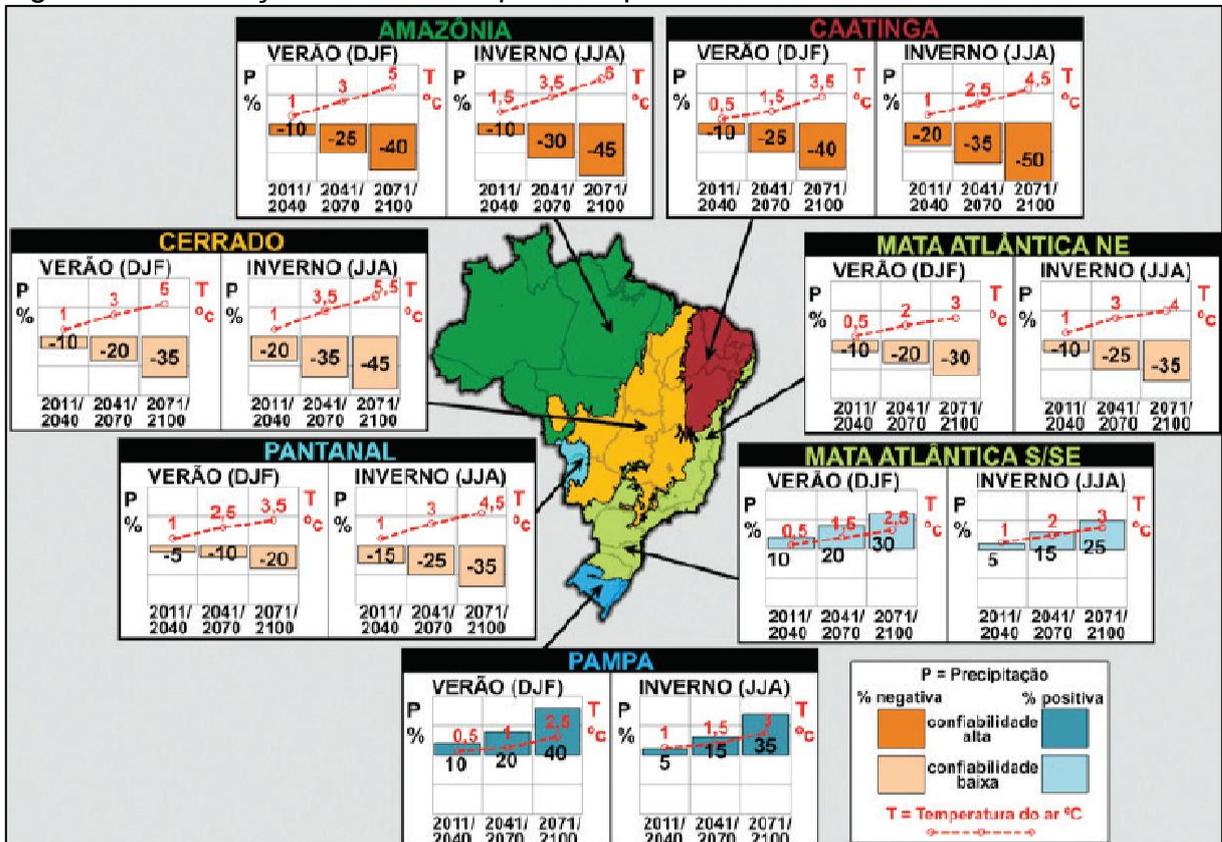
As bases científicas das mudanças climáticas indicam aumento de temperatura média em todos os biomas brasileiros, em diferentes graus. Em relação à pluviosidade, porém, há projeções diferentes, sendo diminuição de chuvas na Caatinga e Amazônia e aumento nos Pampas, com alto grau de certeza e no Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica setentrional, a diminuição de chuvas é apontada, porém com menor grau de certeza, como também o aumento de chuvas na Mata Atlântica meridional (Figura 4). Os eventos extremos são apontados como certos em todos os biomas, pois são derivados justamente destas mudanças.

Estes eventos extremos podem ser de curta, média ou longa duração. De forma geral, os eventos extremos de longa duração estão relacionados principalmente ao aumento dos períodos de estiagem, ou até ao aparecimento destes em regiões onde não são observados. Os de média duração, entendidos como períodos de uma ou mais semanas, estão relacionados a vazantes de rios e períodos de temperatura extrema, como ondas de frio e calor. Os de curta duração estão relacionados principalmente a extremos de pluviosidade e tempestades atmosféricas.

Os eventos extremos também podem ser impulsionados por fenômenos naturais, como El Niño e La Niña, Ventos Alísios, Correntes marítimas, Massas de ar entre muitos outros, formando um quadro complexo de variáveis difíceis de prever. Os modelos climáticos são continuamente aperfeiçoados, mas ainda estão longe da

acuidade desejada. Somado a isto, as particularidades do clima urbano podem amenizar ou impulsionar os eventos.

Figura 4 – Mudanças climáticas esperadas para os diversos biomas brasileiros



Fonte: Painel Brasileiro das Mudanças Climáticas (2014, p 08).

O domínio climático também exerce influência sobre a interação entre natureza e ambiente construído, pois indica as predominâncias de temperatura e precipitação ao longo do ano e das estações.

Pela sua extensão territorial o Brasil possui diversas tipologias climáticas. De forma geral, são cinco os subtipos climáticos: clima equatorial, clima tropical-equatorial, clima tropical litorâneo do nordeste oriental, clima tropical do Brasil central e clima subtropical úmido.

O Clima equatorial coincide quase totalmente com a floresta amazônica e não apresenta seca considerável, mas com regiões consideradas de subseca, na qual os índices pluviométricos são mais baixos, mas não chegam a zero, variando de 1 a 2 meses ou até 3 meses em determinados locais.

Clima tropical-equatorial, localizado na porção setentrional do país, nos estados do nordeste brasileiro. Está associado à região de transição entre a

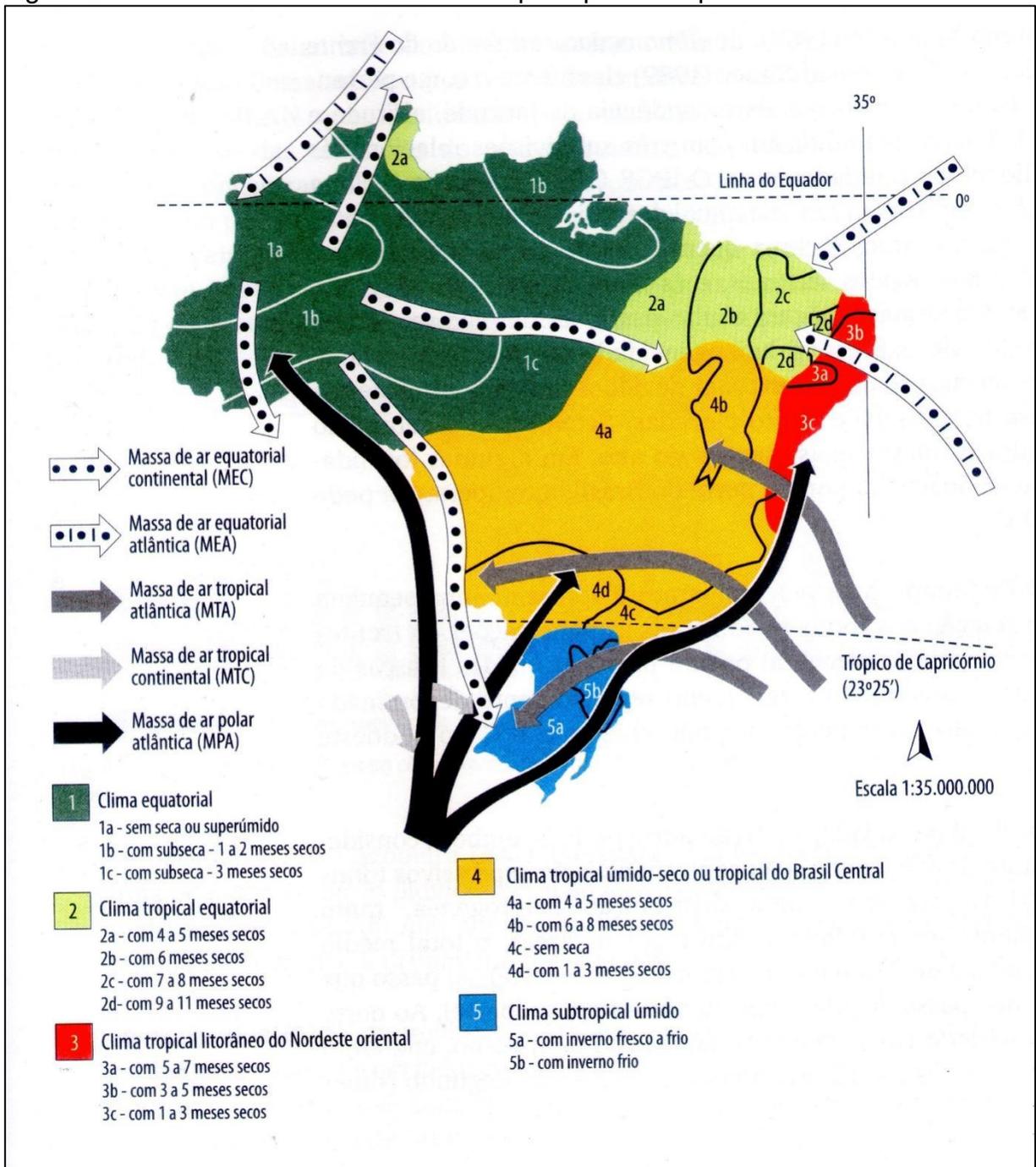
Amazônia e a Caatinga, abrangendo porções da Caatinga e a Mata de Cocais. Diferencia-se do primeiro subtipo por períodos de seca mais longos e mais pronunciados, variando bastante em períodos de seca, sendo: entre 3 a 5 meses secos, 6 meses secos, 7 a 8 meses secos e 9 a 11 meses secos.

Clima tropical litorâneo do nordeste oriental, correspondente à faixa litorânea da região nordeste brasileira, se estendendo até a região do agreste, mas sendo uma faixa bem estreita. Possui períodos secos, porém menos pronunciados, variando entre 1 a 3 meses secos, 3 a 5 meses secos, e 5 a 7 meses secos.

Clima tropical do Brasil central, correspondendo basicamente ao Cerrado brasileiro, com grande variação nos períodos de seca, podendo ser desde sem seca, 1 a 3 meses de seca, 4 a 5 meses de seca e 6 a 8 meses de seca. Também se caracteriza por alta heterogeneidade térmica.

Clima subtropical úmido, que abrange basicamente o sul do país e se caracteriza pela ausência de seca, podendo ser dividido em inverno fresco e inverno frio, nas regiões de maior altitude.

Figura 5 – Domínios climáticos do Brasil e principais subtipos



Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 35).

1.1. JUSTIFICATIVA

A importância do uso de soluções baseadas na natureza para a resiliência climática em cidades vem sendo bastante discutida nos últimos tempos. Estas soluções têm vantagens em relação às soluções construtivas tradicionais, especialmente pelos valores mais módicos e também pela baixa manutenção.

Porém, as dimensões continentais como a do Brasil e com tamanha diversidade natural, as soluções baseadas na natureza precisam refletir essa diversidade e não apenas repetir os mesmos modelos. Dependendo do bioma e domínio morfoclimático em que a cidade está localizada, suas vulnerabilidades serão diferenciadas, requerendo soluções adaptadas ou mesmo completamente novas.

A unidade de estudo das mudanças climáticas é o bioma, mesmo este ainda podendo abrigar diferenças climáticas e domínios morfoclimáticos. Com projeções dirigidas e uma análise da rede urbana e suas características é possível apontar quais soluções baseadas na natureza seriam mais eficientes para a cidade e mesmo propor questões que possam levar a elaboração de novas soluções baseadas na natureza.

O desenvolvimento de um trabalho unindo conceitos ambientais e urbanos promove uma integração de visões que atualmente tem tido dificuldades de entendimento, atrapalhando integração de políticas públicas e decisões associadas ao tema, visíveis em Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente e também de discussões no âmbito do Conselho das Cidades. Apontar possibilidades de entendimento, políticas públicas e soluções de melhorias de qualidade ambiental urbana são também importantes, e ainda o apontamento de caminhos e soluções ambientais urbanas relacionadas às características ambientais, em um contexto tão amplo, perfaz a silhueta da importância deste estudo proposto.

1.2. OBJETIVOS

O resultado esperado desta tese é apresentar possibilidades de soluções baseadas na natureza para os centros urbanos brasileiros como adaptação às mudanças climáticas baseado nas suas características urbanas, considerando o bioma e o domínio climatológico no qual está inserido.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Diferenciar a rede urbana de cada bioma brasileiro, considerando a distribuição das cidades pelos seus níveis hierárquicos;
- b) Verificar na rede urbana características que impliquem em vulnerabilidades intrínsecas e às mudanças climáticas;
- c) Verificar como a rede urbana se distribui considerando a divisão geográfica dos biomas;
- d) Escolher cidades piloto para visitação e observa o de suas rela o es com o ambiente, anotando vulnerabilidades, fragilidades e aspectos de urbanismo sustentável e insustentável;
- e) Propor melhorias baseadas em solu o es baseadas na natureza específicas para cada cidade piloto considerando as fragilidades e as proje o es de mudanças climáticas;
- f) Propor solu o es baseadas na natureza que proporcionem serviços ambientais desejáveis para mitiga o  das mudanças climáticas propostas para cada bioma;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No Brasil, o tema SBN também vem se tornando relevante. Por se tratar de um conceito e não de uma teoria científica, as informações acerca do tema são relacionadas a publicações de relatórios e de experiências práticas, que estão ainda em fase de construção metodológica. Portanto, a revisão bibliográfica foca muito mais na apresentação de exemplos.

Alguns projetos nesta área se destacaram como a parceria Brasil–Alemanha que teve como estratégia ampliar a resiliência de recifes de coral e promover a proteção costeira do Extremo Sul da Bahia. Neste projeto utilizou-se um plano de manejo de peixes herbívoros, os quais promovem o equilíbrio no crescimento de algas e corais, mantendo assim a capacidade dos recifes de se adaptarem às mudanças no clima, além da inclusão de Adaptação baseada em ecossistemas no Plano Municipal de Proteção e Restauração da Mata Atlântica de Porto Seguro.

Outro exemplo, é o projeto de recuperação da mata ciliar às margens do Rio Cachoeira, em Itabuna (BA), financiado pela Fundação Boticário, onde foi realizado um trabalho de recuperação ambiental após a desocupação de APP por assentamento informal. Em 2015, a Fundação Boticário também subsidiou a publicação “Adaptação baseada em Ecossistemas: Oportunidades para Políticas Públicas em Mudanças Climáticas”, elaborada pelo ICLEI e com apoio do Observatório do Clima. Nesta publicação, os autores além de promoverem e conceituarem o tema, divulgam experiências, destacando a escassez de publicações e ações relativas a esta temática no país.

Merece também destaque, o curso “Integração da Adaptação baseada em Ecossistemas no planejamento do desenvolvimento”, um dos legados do Projeto Biodiversidade e Mudanças Climáticas na Mata Atlântica, conforme mencionado na apostila didática do curso. Esta apostila traz uma metodologia bem estruturada sobre o tema, chamado de ciclo AbE, o qual envolve 5 etapas: (1) avaliar o risco climático, (2) identificar medidas de adaptação, (3) priorizar e selecionar estas medidas, (4) implementar e finalmente (5) monitorar e avaliar.

Destaca-se o fato de que estes exemplos trazem o nome Adaptação baseada em Ecossistemas. Este termo é hodiernamente utilizado como um braço, ou parte, de um conceito maior, Adaptação baseada na natureza, o qual é mais abrangente, pois engloba também uso de elementos naturais isolados ou soluções pontuais ou

mesmo uma mescla de soluções envolvendo elementos de infraestrutura cinza, azul e verde. A conceituação mais utilizada para o termo foi a estabelecida pela IUCN em 2020 e ampliada pela UNEP em 2022: ações para proteger, conservar, restaurar, visando o manejo sustentável de recursos naturais ou modificados dos ecossistemas terrestres, de água doce, costeiros e marinhos, que também abordam desafios sociais, econômicos e ambientais de forma eficaz e adaptável, ao mesmo tempo em que promove bem-estar humano, serviços ambientais, resiliência e benefícios para a biodiversidade.

No início do século XXI, foi lançada uma importante publicação da área, intitulada "Contribuição para um roteiro brasileiro de soluções baseadas na natureza para cidades resilientes" (Herzog, 2020). Esta publicação possui diversos capítulos ordenados de forma a alinhar o raciocínio do leitor para entender como o conceito pode ser aproveitado no país, trazendo primeiro uma ideia de como aproveitar o potencial brasileiro. Mais relacionado a questões legais, traz exemplos, sugestões de como desenvolver conhecimento na área e por fim traz diversos exemplos internacionais.

Por se tratar de um conceito e ainda em formação, exemplos são de suma importância, pois constituem testes metodológicos, um passo importante na metodologia científica para comprovação e validação de um conceito. Assim, são aqui apresentados exemplos do uso do conceito e aplicações práticas.

O WRI Brasil é uma instituição global de pesquisa e conta com o projeto Acelerador de Soluções Baseadas na Natureza em Cidades: Transformando ideias em projetos financiáveis para cidades mais resilientes e inclusivas. O projeto seleciona projetos para apoio e divulgação e considera como SBN ruas verdes, hortas comunitárias, replantio de encostas, jardins de chuva, parques urbanos, renaturalização de rios e corredores ecológicos. Oferece capacitação especializada, planos de desenvolvimento, comunidade de inovação, conexão com financiadores, visibilidade e divulgação e documentação da experiência.

Os projetos contemplados pelo WRI são:

- Programa Águas de Camaçari/Etapa Piloto Bairro Parque Verde III, em Camaçari (BA), projeto-piloto que prevê proteção, preservação e plantio de mudas nativas em áreas que abrigam rios e nascentes no bairro Parque Verde III.

- Projeto Parque dos Ipês, em Campo Grande (MS), que prevê a implementação de um parque urbano multifuncional (com pavimentos permeáveis, área vegetada e lagoa pluvial) para promover o controle do escoamento superficial das águas pluviais e proporcionar valorização paisagística e espaço de lazer.
- Verde Urbano, em Estrela (RS), projeto que busca mitigar localmente os efeitos das chuvas fortes, promover a drenagem sustentável e a redução das ilhas de calor através da implantação de jardins de chuva no centro que fica em partes altas da cidade e biovaletas em área mais baixa.
- Parque Natural Multifuncional em Fundo de Vale em Maringá (PR), que propõe a criação de um parque linear multifuncional ao longo de córregos em fundo de vale na cidade para que os corredores verdes formados pelo parque promovam a gestão sustentável das águas urbanas, a reconexão do entorno com o fundo de vale, acesso de populações em vulnerabilidade social a espaços livres, fortalecimento dos ecossistemas e aumento da biodiversidade.
- Parque Pirapora, em Maranguape (CE), que propõe a implementação de jardins de chuva e jardins biofiltrantes ao longo do curso do Rio Pirapora.
- Parque Linear Rio das Velhas e Ribeirão do Prata, em Raposos (MG), que busca mitigar o alto risco para a população das fortes chuvas que atingem a cidade anualmente e geram deslizamentos e alagamentos pelo aumento do nível das águas do Rio das Velhas. O parque mitigaria esses riscos ao promover a redução do fluxo de água do sistema de drenagem logo após as chuvas e possibilitaria a captação de água nas bacias de retenção.
- Recuperação Socioambiental em Área de Risco no Morro Monte Serrat, em Santos (SP), que busca mitigar os impactos das mudanças climáticas em eventos extremos como a elevação do nível do mar e as fortes enchentes. O Monte Serrat concentra altos índices de ocupação irregular, apesar de ser uma área de alto risco de deslizamentos.
- Descomissionamento da Barragem da Represa da UFSCar e Renaturalização do Córrego do Monjolinho, em São Carlos (SP), projeto de descomissionamento (remoção) da barragem, renaturalização do canal do Córrego Monjolinho e restauração ambiental do entorno usando SBN.

- Parque Fluvial Senhorinha, em São José dos Campos (SP), que busca aumentar a resiliência a ondas de calor e inundações e melhorar o acesso a infraestruturas e serviços na região mais populosa da cidade.
- Sistema de Infraestrutura Verde e Azul, em Sobral (CE), projeto que prevê a criação de um sistema interconectado e multifuncional de áreas verdes (como praças, parques, jardins e corredores de arborização pública) e de águas urbanas (como cursos d'água, lagos e lagoas), reconectando a Serra da Meruoca ao Rio Acaraú, e integrando a utilização de SBN em conjunto com as infraestruturas urbanas existentes.

A GIZ Brasil conta com o projeto Cidade Presente em parceria com o Ministério das Cidades e auxilia municípios na implantação de projetos com uso de tecnologias verdes. Atualmente este projeto está em fase de seleção de projetos para auxílio em assessoria técnica e financeira e logística. Foram selecionados inicialmente 12 projetos, dos quais 6 receberão auxílio técnico e financeiro:

- Requalificação urbanística e macrodrenagem da bacia hidrográfica do Paracuri e Programa de macrodrenagem da bacia hidrográfica do Mata Fome, em Belém(PA);
- Projeto construindo o amanhã, de Canaã dos Carajás (PA);
- Plano municipal de rotas acessíveis, de Campo Grande (MS);
- Caminhos verdes e azuis: microubanismo experimental unindo pessoas, natureza e tecnologia por uma cidade mais justa, integrada, inclusiva e sustentável, Fortaleza (CE);
- Projeto de reestruturação urbana – Itaparque, em Itapecuru Mirim, MA;
- Cerro da Pólvora Lixo Zero, de Jaguarão (RS);
- Projeto integrado de desenvolvimento urbano sustentável em área suscetível à ocorrência de desastres - diagnóstico e proposta de requalificação urbana e ambiental da vila-sede do 2.º Distrito de Nova Friburgo, em Nova Friburgo (RJ);
- Qualificação socioambiental na área do córrego Machado - Regularização fundiária e criação de Parque linear, em Palmas (TO);
- Uma floresta municipal para o Jardim Santo André, em Santo André (SP);
- Recuperação socioambiental das margens do rio Alcântara, em São Gonçalo (RJ);
- Parque Ambiental Janelas para o Rio, em Taquaritinga do Norte (PE); e

- Projeto Viva o Centro, em Uberaba (MG).

O Network Nature é um sítio de internet criado também para apresentar projetos que fazem ou fizeram uso de soluções baseadas na natureza. A iniciativa e fundação é da Comissão Europeia e conta com a participação de diversas instituições. O sítio conta com 51 exemplos de NBS em cidades, sendo 15 no Brasil.

São eles:

- Parque Barigui em Curitiba, que renaturalizou grande parte do rio Barigui transformando o lugar em um Parque, prevenindo alagamentos e criando uma área de lazer com diversos serviços ambientais.
- Plano estratégico para biodiversidade e proteção de águas, em Campinas (SP) com objetivo de conectar áreas de proteção com corredores e auxiliar na biodiversidade e proteger mananciais de água, além de controlar erosão e alagamentos.
- Mutirão de reflorestamento no Rio de Janeiro (RJ), com ações voltadas a reflorestamento de áreas degradadas, em diversos locais da cidade.
- Projeto Águas da Serrinha do Paranoá, com vistas a proteger nascentes que abastecem o lago Paranoá através da revitalização da vegetação.
- Restauração do Parque do Jaguaré, com objetivo de controlar enchentes, reduzir poluição do rio Pinheiros e amenizar extremos de temperatura.
- Parque Beira mar Piratininga, em Niterói (RJ), que revitalizou parque para proteção e despoluição de lagoa.
- Praça Antônio Maria em Recife (PE), que criou um parque ligado ao rio Capibaribe para retenção e despoluição de águas.
- Corredor verde do Recreio, no Rio de Janeiro (RJ), com intuito de interligar áreas florestadas na cidade.
- Sistema de tratamento biológico de águas residuais, em Petrópolis (RJ), sistema que utiliza biodigestores e áreas alagadas para tratamento de águas.
- Ecoparque Natura, em Benevides, região metropolitana de Belém (PA), que utiliza jardins filtrantes para tratamento de efluentes da fábrica de cosméticos da Natura.
- Restauração de ecossistema de praia em Cabo Frio (RJ) que revitalizou área de restinga junto à praia com revegetação e proteção das áreas.
- Praça da nascente em São Paulo (SP) que protege as nascentes do córrego água Preta, afluente do rio Tietê, com vegetação.

- Praça das Araucárias em São Paulo (SP), que revitalizou a praça com vegetação para restaurar funções ecológicas.
- Horta da comunidade das corujas em São Paulo (SP), que transformou uma área gramada em área verde de alta performance.
- Teto verde na favela no Rio de Janeiro (RJ), um projeto piloto de transformação de cobertura de residência em teto verde.

Este sítio traz ilustração do projeto, contextualização do problema, objetivos, ações realizadas e lições aprendidas. Ainda traz uma tabela listando os benefícios das soluções baseadas na natureza segundo a avaliação de impacto EKLIPSE, atores envolvidos e fatores de risco, de sucesso e os limitantes.

Outro sítio de internet que traz exemplos de projetos de soluções baseadas na natureza é o Urban Nature Atlas. Este, entretanto, é mais modesto com o número de exemplos e traz vários já descritos no Network Nature, como o Plano estratégico de Campinas, o teto verde na favela do Rio de Janeiro e o corredor verde do Recreio, mas traz outros não listados, como:

- Jardim de chuva no Parque Lagoa do Nado, em Belo Horizonte (SP), com intuito de retenção de águas pluviais neste Parque.
- Restauração da nascente do Lago Cabrinha em Londrina (PR), com uso de pedras para redução de energia potencial de chuvas e revitalização da nascente com plantas e do lago com fitorremediação.
- Iniciativa Salvador, capital da Floresta Atlântica em Salvador (BA), iniciativa com distribuição de mudas, incremento de parques e mutirões de plantio.

O sítio de internet Reconnect também traz casos de soluções baseadas na natureza, porém não há exemplos nacionais. Este sítio, porém, traz exemplos divididos em escalas, com exemplos de aplicações em larga escala, especialmente em longos trechos de rios, o que os torna didáticos para intervenções que necessitem usar esta métrica.

O sítio Adapta Brasil, do Ministério da Ciência e Tecnologia, embora não traga projetos de soluções baseadas na natureza, traz índices e indicadores de riscos de impactos das mudanças climáticas no Brasil em setores estratégicos, como recursos hídricos, segurança alimentar, segurança energética, saúde, infraestrutura portuária e desastres geológicos e hidrológicos para todos os municípios.

Em relação ao tema cidades, destaca-se a publicação Mudanças Climáticas e Cidades, elaborado no âmbito do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas - PBMC, em 2016, sendo hoje a publicação mais específica relacionando cidades e mudanças climáticas no país, entretanto, apenas faz recomendações e trata da importância do tema e não tem como objetivo indicar situações específicas, apresentando como conclusão a necessidade de adoção de medidas de qualidade ambiental urbana para adaptação.

A questão da vulnerabilidade urbana é tratada em inúmeras publicações e trabalhos diversos, estando relacionado a muitos outros temas além de mudanças climáticas, entretanto, cabe destacar um trabalho interessante relacionado diretamente ao tema em questão: Cidades Médias e vulnerabilidade às mudanças climáticas no Brasil: elementos para integração do debate a partir de estudos de caso (Pinheiro, 2015), que traz uma correlação entre os debates internacionais a aplicabilidade da questão em cidades médias no Brasil.

Outra linha de pesquisa diretamente ligada a esta proposta é sobre efeitos das mudanças climáticas, pois sem o domínio e projeção deles pouco pode ser feito em termos de adaptação.

Nesta temática, o conteúdo inicial se dá pelos modelos climáticos ETA MIROC5 e HadGEM2, os quais são utilizados como base para previsões climáticas e utilizados nas adaptações regionais feitas pelos pesquisadores brasileiros. Outros modelos estão sendo utilizados em parcerias internacionais, e conforme já dito, a inovação na área é constante.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, do qual se destacam os pesquisadores André Lyra e Carlos A. Nobre, é responsável por notáveis publicações que são a fundamentação dos relatórios “Base científica das mudanças climáticas”, que indicam previsões de efeitos das mudanças climáticas nos biomas brasileiros, que por sua vez são base de publicações temáticas relativas aos efeitos das mudanças climáticas em setores da economia, produção, agricultura, diversidade biológica entre outros.

3 METODOLOGIA

Para se alcançar os objetivos estabelecidos foram feitas análises da rede urbana de cada bioma brasileiro, as projeções de mudanças climáticas para cada um destes biomas e também de soluções baseadas na natureza para centros urbanos.

Para a rede urbana, foi analisado o porte dos municípios, hierarquia urbana e localização das cidades nos biomas, considerando suas peculiaridades. Também foram apontadas vulnerabilidades, através de pesquisas na rede de jornais e eventos de alagamentos, e características que pudessem contribuir para o entendimento de uso de recursos naturais, como captação para abastecimento.

Foi analisada a rede urbana de cada um dos biomas brasileiros, Pampas, Cerrado, Mata Atlântica (dividida em meridional e setentrional), Amazônia e Pantanal, sob aspectos de porte e hierarquia urbana. Este olhar difere um pouco do atual planejamento urbano no país, que enxerga os centros urbanos basicamente através de seu porte.

Este olhar em relação ao porte tem uma grande fragilidade, pois aponta uma complexidade que pode ser falaciosa. Parte-se do princípio que quanto maior o porte maior será a intervenção sobre o ambiente, especialmente a ocupação do solo, entretanto, há diversos fatores que influenciam a questão, como verticalização, densidade, população urbana e rural, nível de ocupação de solo, topografia, hidrografia e diversos fatores ambientais, além de muitos fatores sociais.

Entretanto, na impossibilidade de se analisar todos estes fatores para cada um dos municípios do país, optou-se por uma análise da influência das cidades na rede urbana, através do trabalho intitulado Regiões de Influência (IBGE, 2018). Neste trabalho os centros urbanos são hierarquizados em categorias, dependendo de sua importância regional, levando em consideração principalmente os serviços fornecidos, a infraestrutura e o porte deste centro urbano em contexto local. Este estudo será utilizado apontando esta rede de influência sob a divisão do bioma no qual está inserido.

Para cada bioma as cidades foram divididas entre cidades de menos de 20.000 habitantes, entre 20.000 e 100.000 habitantes, mais de 100.000 habitantes e metrópoles, com mais de 1 milhão de habitantes.

Como dito anteriormente, o porte das cidades influencia na sua vulnerabilidade devido à drástica mudança do solo, ou seja, quanto maior for o porte, maior será a vulnerabilidade, pois o porte se relaciona diretamente com a extensão urbana. Porém, pelo fato de existirem outras variáveis, como verticalização, declividades, presença ou ausência de corpos hídricos entre muitas outras, essa relação não é linear, e somente deve ser usada em generalizações, nunca em casos específicos.

O quantitativo de municípios em cada bioma quanto a sua hierarquia urbana também foi apontado por bioma. Segundo o IBGE (2018) temos: MetrÓpole, 15 principais centros urbanos, dos quais todas as Cidades existentes no País recebem influência direta, seja de uma ou mais metrÓpoles simultaneamente. A região de influência dessas centralidades é ampla e cobre toda a extensão territorial do País. As MetrÓpoles se subdividem em três níveis: grande metrÓpole nacional, metrÓpole nacional e metrÓpole.

Capitais Regionais: São os centros urbanos com alta concentração de atividades de gestão, mas com alcance menor em termos de região de influência em comparação com as MetrÓpoles. Ao todo são 97 cidades no país. Possuem três subdivisões: capital regional A, capital regional B e capital regional C.

Centros Sub-Regionais, 352 Cidades, possuem atividades de gestão menos complexas, com áreas de influência de menor extensão que as das Capitais Regionais. São também cidades de menor porte populacional, com média nacional de 85 mil habitantes, maiores na Região Sudeste (100 mil) e menores nas Regiões Sul e Centro-Oeste (75 mil). Este nível divide-se em dois grupos: a) Centro Sub-Regional A - composto por 96 Cidades presentes em maior número nas Regiões Sudeste, Sul e Nordeste, e média populacional de 120 mil habitantes; e b) Centro Sub-Regional B - formado por 256 Cidades com grande participação das Regiões Sudeste e Nordeste, apresenta média nacional de 70 mil habitantes, maiores no Sudeste (85 mil) e menores no Sul (55 mil).

Centros de Zona, cidades classificadas no quarto nível da hierarquia urbana, caracterizam-se por menores níveis de atividades de gestão, polarizando um número inferior de Cidades vizinhas em virtude da atração direta da população por comércio e serviços baseada nas relações de proximidade. São 398 Cidades com média populacional de 30 mil habitantes, subdivididas em dois conjuntos: a) Centro de Zona A - formado por 147 Cidades com cerca de 40 mil pessoas, mais populosas

na Região Norte (média de 60 mil habitantes) e menos populosas nas Regiões Sul e Centro-Oeste (ambas com média de pouco mais de 30 mil pessoas); b) Centro de Zona B, subnível com 251 cidades. São de menor porte populacional que os Centros de Zona A (média inferior a 25 mil habitantes), igualmente mais populosas na Região Norte (35 mil, em média) e menos populosas na Região Sul (onde perfazem 15 mil habitantes). Os Centros de Zona B são mais numerosos na Região Nordeste, onde localizam-se 100 das 251 cidades nesta classificação.

Centros Locais, o último nível hierárquico define-se pelas cidades que exercem influência restrita aos seus próprios limites territoriais, podendo atrair alguma população moradora de outras cidades para temas específicos, mas não sendo destino principal de nenhuma outra cidade. Centros Locais apresentam fraca centralidade em suas atividades empresariais e de gestão pública, geralmente tendo outros centros urbanos de maior hierarquia como referência para atividades cotidianas de compras e serviços de sua população, bem como acesso a atividades do poder público e dinâmica empresarial. São a maioria das Cidades do País, totalizando 4.037 centros urbanos – o equivalente a 82,4% das unidades urbanas analisadas na presente pesquisa. A média populacional dos Centros Locais é de apenas 12,5 mil habitantes, com maiores médias na Região Norte (quase 20 mil habitantes) e menores na Região Sul (7,5 mil pessoas em 2018). Essa diferença regional das médias demográficas repete o padrão apresentado pelos Centros de Zona, inclusive tendo também a Região Nordeste com o maior número de cidades neste nível hierárquico.

A presença e dinâmica destes centros foi analisada por bioma, diferentemente da análise do IBGE, por região brasileira, assim, foi possível utilizar esta classificação por bioma, unidade utilizada para projeções de mudanças climáticas.

Ainda, foi selecionado um centro urbano para o qual foram analisados fatores mais específicos, para um entendimento maior sobre as soluções baseadas na natureza diante de especificidades de um determinado centro urbano, podendo assim discutir as soluções mediante o bioma e as projeções de mudanças climáticas para este bioma, relacionando-as com o centro urbano escolhido.

Para a escolha dos centros urbanos piloto foram estabelecidos critérios, diante de uma quantidade enorme de cidades no país. Os critérios de seleção foram:

Critério 1: Representatividade em relação ao bioma

O centro urbano escolhido deve representar o bioma, ou seja, estar devidamente inserido no bioma, sem estar em área de transição. Assim, primeiramente foram eliminados os municípios em área de transição, que possuem mais de um bioma em seu território, segundo levantamento do IBGE, que é o órgão oficial que faz esta classificação. Assim, temos para os biomas a seguinte quantidade de municípios:

Tabela 1 – Quantidade de municípios com área totalmente inserida nos biomas brasileiros

Bioma	Quantidade de municípios com área totalmente inserida no bioma
Amazônia	440
Caatinga	935
Cerrado	770
Mata Atlântica	2390
Pampa	92
Pantanal	01

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

Mesmo com aplicação deste critério, o número de municípios permanece grande, com exceção do município de Ladário, único com área totalmente inserida no bioma Pantanal, portanto para este bioma será estudado a área de Ladário e Corumbá.

Critério 2: Importância regional

Planejadores urbanos classificam municípios em relação à sua dimensão populacional. A maioria dos programas governamentais utiliza as divisões de até 100 mil habitantes, de 100 mil a 500 mil, 500 a 1 milhão e metrópoles acima de 1 milhão. Existem ainda muitas outras variações, dependendo dos objetivos da classificação. Este critério é importante para algumas legislações e também é largamente utilizado pelos institutos para divulgação de resultados de toda ordem, inclusive ambientais, como os resultados do MUNIC.

Para o objetivo deste projeto, mais importante que o porte do município é sua importância dentro do contexto regional, pois esta cidade serve como referência a um grupo maior e também concentra aspectos logísticos e de infraestrutura importantes. No Brasil, as regiões possuem gigantescas desigualdades

populacionais, com uma concentração de habitantes no sudeste brasileiro, portanto, é possível inferir que uma cidade de 100 mil habitantes nesta região terá menor importância regional que outra com o mesmo porte na Amazônia, por exemplo.

Tendo em vista que a adaptação às mudanças climáticas em cidades está voltada também para a preservação da estrutura física construída, o centro urbano a ser estudado deve possuir estrutura de importância regional, entretanto, também é importante que este centro não seja por demais grande e/ou complexo, tornando o exemplo por si só uma tese.

Dentre os diferentes níveis de hierarquia já mencionados, foram excluídas as Metrôpoles, por serem bastante complexas e um estudo aprofundado delas exigiria atenção maior do que o projeto propõe. Portanto, as Capitais Regionais, que concentram logística e infraestrutura que atende a uma região, além de serem referência de políticas públicas, foram consideradas ideais para escolha dos municípios para um estudo mais detalhado.

Assim, temos para a Amazônia as cidades de Boa Vista, Macapá, Marabá, Porto Velho, Rio Branco, Santarém e São Luís. Para a Caatinga, temos Campina Grande, Juazeiro do Norte, Mossoró, Petrolina e Sobral. Para o Cerrado, temos Campo Grande, Cuiabá e Teresina. Para a Mata Atlântica setentrional as cidades de Aracaju, João Pessoa e Maceió. Para a Mata Atlântica meridional as cidades de Araçatuba, Blumenau, Cachoeiro de Itapemirim, Campinas, Campos dos Goytacazes, Cascavel, Caxias do Sul, Chapecó, Criciúma, Florianópolis, Governador Valadares, Ilhéus, Ipatinga, Joinville, Juiz de Fora, Londrina, Maringá, Novo Hamburgo, Ponta Grossa, Pouso Alegre, Presidente Prudente, Santos, São José do Rio Preto, São José dos Campos e Sorocaba. Para o Pampa temos Pelotas e a cidade de Ladário, já escolhida para o Pantanal.

Para o bioma Mata Atlântica, que possui muitas cidades deste nível, o critério de nível hierárquico foi novamente aplicado, considerando as cidades melhor hierarquizadas, em preferência para Capital regional A, assim, para a Mata Atlântica setentrional foram consideradas as cidades de Maceió, Aracaju e João Pessoa e para a Mata Atlântica meridional as cidades de Campinas, Florianópolis e Vitória.

Critério 3: Crescimento populacional

Embora todas as cidades atendam aos objetivos, para a escolha de um único centro para o aprofundamento do estudo, utilizou-se o critério de crescimento

populacional, por entender que este exerce pressão na infraestrutura do município e demanda novas e inventivas ideias para um crescimento sustentável.

De acordo com este critério, para a Amazônia foi escolhida a cidade de Boa Vista, que apresentou um crescimento populacional de quase 50% entre o censo de 2010 e a população projetada para 2020. Na Caatinga, a cidade de Petrolina apresenta o maior crescimento, de mais de 20% neste período, e juntamente com a cidade de Juazeiro, forma um importante hidropolo da região nordeste. Para o Cerrado, Campo Grande apresenta maior crescimento projetado para o período. Para a Mata Atlântica setentrional a cidade de Aracaju que apresenta este maior crescimento e para a Mata Atlântica meridional, a cidade de Florianópolis. Assim, temos:

Tabela 2 – Centros urbanos escolhidos para aprofundamento do estudo sobre Soluções baseadas na Natureza para mitigação das mudanças climáticas

Bioma	Cidade
Amazônia	Boa Vista
Caatinga	Petrolina
Cerrado	Campo Grande
Mata Atlântica setentrional	Aracaju
Mata Atlântica meridional	Florianópolis
Pampa	Pelotas
Pantanal	Ladário

Fonte: Autor (2022).

As cidades escolhidas foram visitadas para apreciação de aspectos ambientais urbanos relevantes para entendimento de uso de soluções baseadas na natureza passíveis de serem utilizadas para aumentar a resiliência urbana destas cidades e mitigar suas vulnerabilidades. Foram fotografados locais relevantes sob o aspecto ambiental, como áreas verdes, rios, arborização e florestas urbanas e outras áreas específicas para cada centro urbano.

As cidades foram brevemente descritas e caracterizadas em aspectos ambientais e climáticos, em especial frente às projeções de mudanças climáticas para o bioma no qual estão inseridas.

Os dados climáticos das cidades foram retirados do site <https://pt.climate-data.org/> e complementados com outras literaturas, sempre que se considerou necessário. Os dados populacionais recentes referentes ao Censo 2022 foi retirado do site do IBGE, <https://cidades.ibge.gov.br/>.

Para esta análise os biomas foram brevemente caracterizados, com vistas às suas formações vegetais. A caracterização foi feita com base principalmente nos livros “Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas” de Aziz Ab’Saber, de 2003; “Biomas brasileiros”, de Leopoldo Magno Coutinho, de 2016 e também “Climatologia: noções básicas e climas do Brasil”, de Francisco Mendonça e Inês Moresco Danni-Oliveira, de 2007. Este último para situar particularidades climáticas, como períodos de seca dentro dos biomas. Assim, os biomas foram caracterizados de forma geral e apontadas algumas singularidades climáticas.

Paralelamente, a questão dos aglomerados urbanos, as projeções das mudanças climáticas esperadas nos diversos biomas brasileiros também foram analisadas e suas prováveis consequências em relação às fragilidades e características dos biomas.

A publicação “Base científica das mudanças climáticas” do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas – PBMC foi o alicerce das projeções e outros artigos foram usados complementarmente.

Embora as projeções sejam por bioma, os modelos não são capazes de abarcar as singularidades dos biomas. No Brasil, uma savana pode ser o Pantanal, o Cerrado e até os Pampas, porém estes biomas possuem diferenças significativas entre eles, portanto, as projeções carecem de acuidades regionais melhores. Há, no entanto, uma evolução contínua nesta área. Desde o início deste estudo diversas pesquisas foram publicadas, além de teorias e hipóteses lançadas, sendo que as pertinentes ao trabalho foram acompanhadas e incorporadas sempre que possível. Portanto, a metodologia desta questão foi acompanhar a evolução das pesquisas.

Por fim, diante das mudanças climáticas projetadas e sua influência sobre o bioma, as características da rede urbana e domínio morfoclimático foram discutidas soluções baseadas na natureza mais adequadas à região e apontadas possibilidades de uso destas soluções no ambiente urbano das cidades destes biomas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As projeções de mudanças climáticas são realizadas por bioma, devido aos modelos requisitarem a formação vegetacional, porém, os modelos não conseguem abarcar as singularidades das formações florestais do país, ademais, a descrição e localização de cada formação também varia entre autores, tornando a definição de áreas uma tarefa difícil.

A extensão territorial do país também enfraquece as certezas das projeções, dado que acabam por generalizar extensas áreas, ignorando peculiaridades locais e regionais, as quais podem ser de substancial importância. Além disto, os biomas também apresentam subdivisões e diversos ecossistemas que respondem de forma diferente às mudanças climáticas.

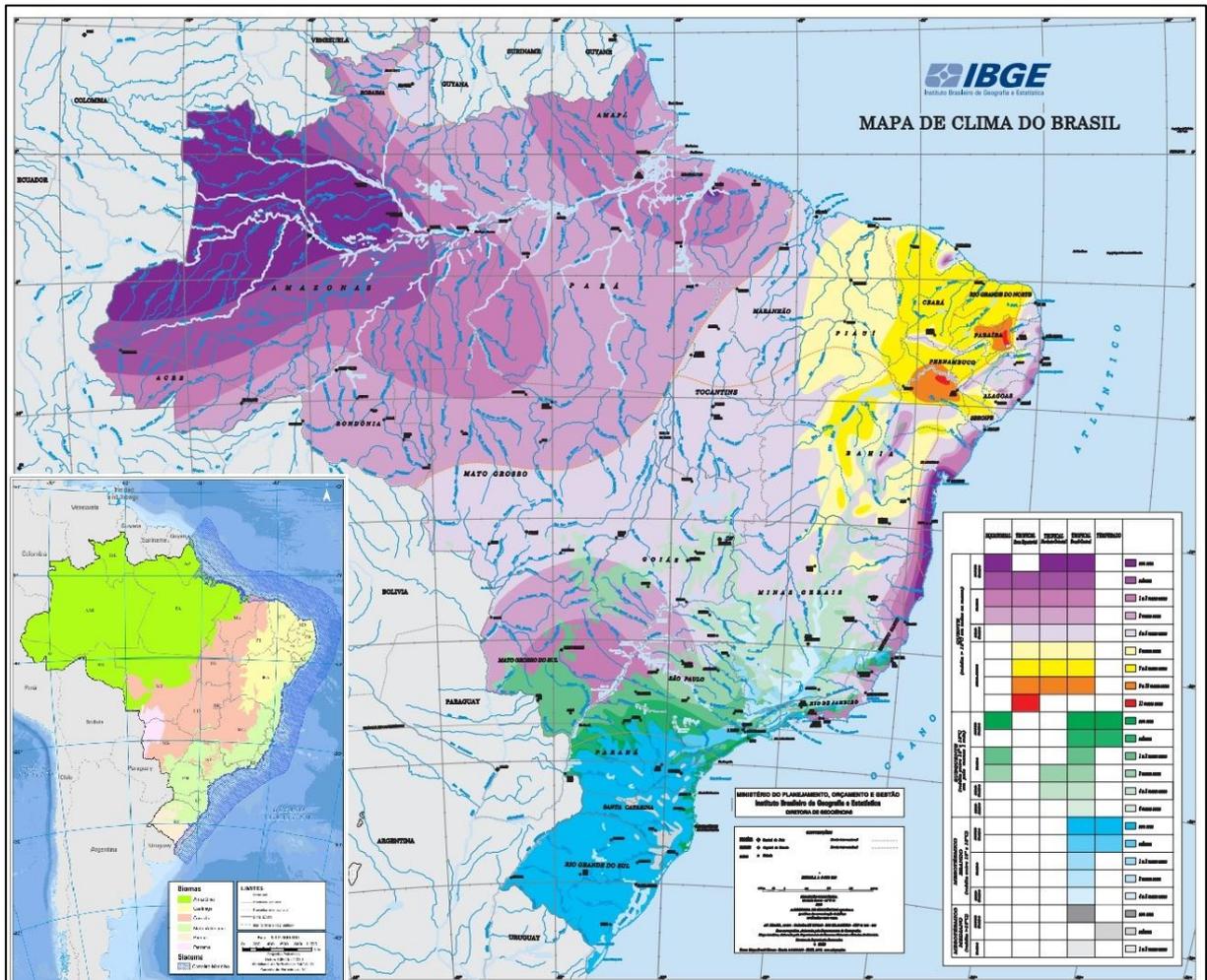
Também há áreas muito extensas com grandes modificações de solo, descaracterizadas em relação a suas características pristinas. Há também áreas menores espalhadas e com modificações de solo, o que dificulta projeções em modelos. Formações ou biomas muito peculiares carecem de modelos que englobam estas peculiaridades, dificultando também as projeções.

Ao compararmos mapas dos biomas e das zonas climáticas podemos enxergar as singularidades climáticas existentes nos biomas, as quais precisam ser tratadas de forma singular (Figura 6). Como em um mosaico, um olhar mais abrangente pode enxergar um desenho, porém, ao fixar o olhar em detalhes, vemos a irregularidade de cada peça que forma o desenho.

Ao tratarmos de ambientes tão pequenos e singulares como as cidades, tais diferenças e peculiaridades ganham ainda maior destaque, e é preciso um olhar mais atento, mesmo que a caracterização em escalas maiores, como bioma, tenham grande influência no meio ambiente urbano.

As projeções das mudanças climáticas, entretanto, avançam em ritmo acelerado, dado a sua importância e destaque que vem ganhando atualmente. Especialmente para a Amazônia, já encontramos projeções, especialmente de consequências, mais regionalizadas. Infelizmente para os demais biomas as projeções não tem conseguido tal feito.

Figura 6 – Os mapas de biomas e zonas climáticas revelam peculiaridades climáticas dentro de cada bioma brasileiro



Assim, é preciso investir em projeções em menor escala, e para isso é necessário realizar parcerias entre aqueles que detêm o saber e aqueles que necessitam dele, sejam gestores ou mesmo pesquisadores.

As observações também se fazem importantes, pois com análises estatísticas é possível observar tendências. Embora não sejam publicações de rigor científico, estas observações tem produzido relatórios importantes e dada a urgência que o tema das mudanças climáticas nos impõe, estes dados passam a ter crucial importância.

O que se tem observado por todo o território brasileiro é o aumento de eventos extremos. Este aumento pode ser observado em dados de desastres, mas já existem estudos consistentes sobre o aumento destes eventos. Em estudo realizado em cinco pontos da costa brasileira, Sanches (2023) encontrou aumento

de ocorrências extremas (ocorrência isolada) e eventos extremos (ocorrências em séries) em todas as estações do ano.

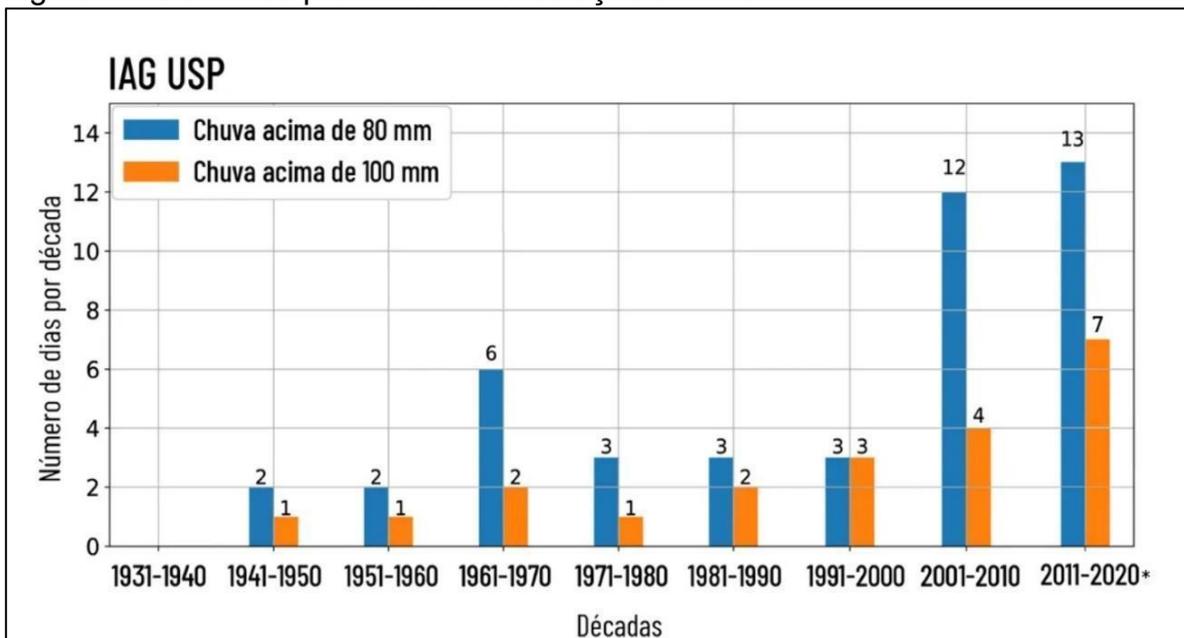
Marengo *et al.* (2020) também encontrou ocorrências maiores de chuvas acima de 100 mm e de 80 mm nas estações da USP, IAG e Mirante de Santana.

Embora os percentuais de aumento ou decréscimo de temperatura e pluviosidade não sejam claros nos biomas brasileiros, o aumento dos eventos extremos já é observado e suas relações com as mudanças climáticas mais óbvias.

Informes climáticos demonstram que os extremos de temperatura observados no Brasil no início da primavera foram acentuados devido às mudanças climáticas. Estes relatórios informam sobre probabilidades de ocorrências de eventos extremos e modelos de projeções e previsões, utilizando análises estatísticas para encontrar níveis de anormalidade nos eventos.

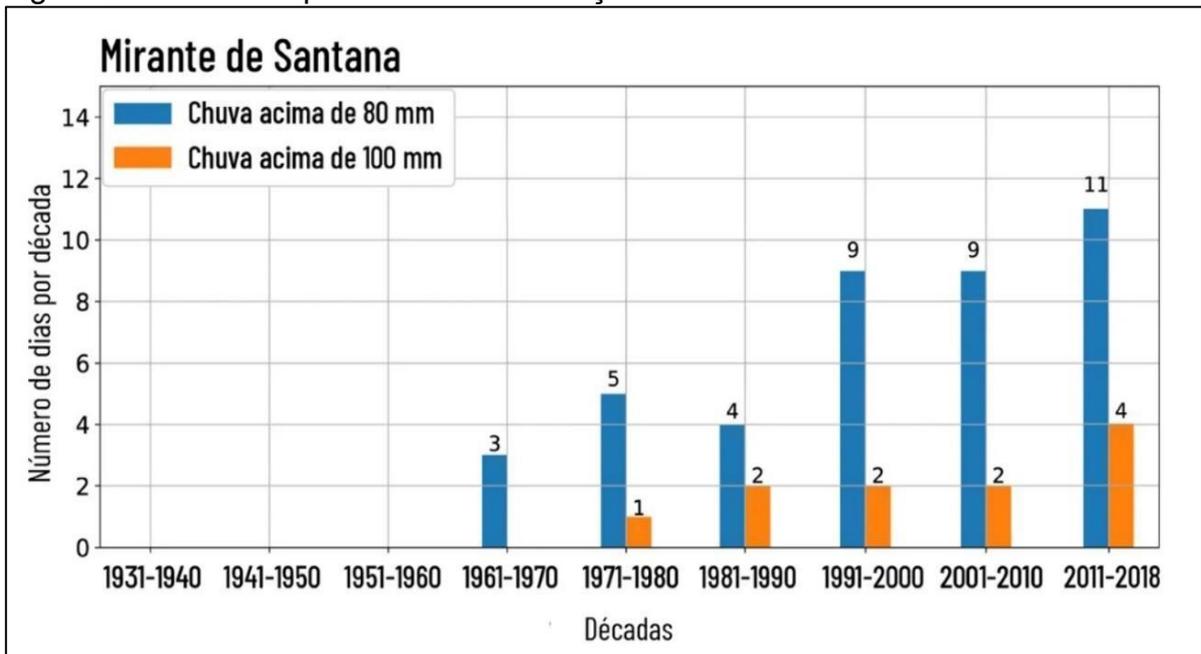
Neste estudo é enfatizado que os impactos das ondas de calor permanecem ignoradas durante meses. O estudo alerta também para o fato de que no início da primavera as pessoas não estão ainda acostumadas às altas temperaturas, o que causa maior morbidade. Também destaca que altas densidades populacionais, escassa cobertura vegetal, baixa disponibilidade de água, altos níveis de poluição do ar e desigualdades sociais e econômicas são riscos adicionais para morbidade.

Figura 7 – Dados de pluviometria na estação IAG USP



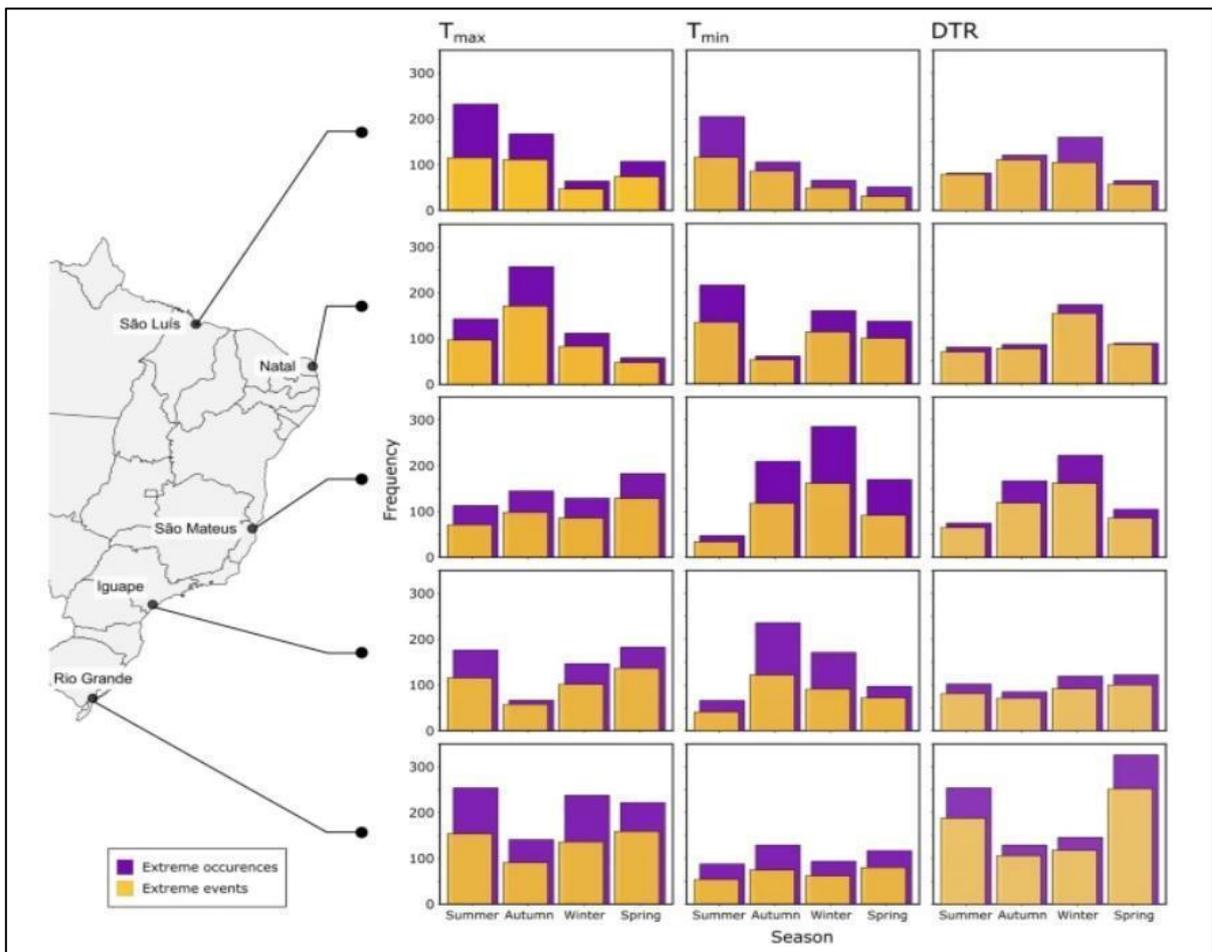
Fonte: Marengo *et al.* (2020, p. 3).

Figura 8 – Dados de pluviometria na estação Mirante do Santana



Fonte: Marengo *et al.* (2020, p. 4).

Figura 9 – Ocorrência e eventos extremos de temperatura em cinco locais da costa brasileira



Fonte: Sanches (2023, p. 6).

Há enorme diferenciação urbana entre os biomas brasileiros, diferindo em densidade demográfica, proximidade entre centros urbanos, níveis de crescimento e desenvolvimento e centralidades em mutação.

Considerando que os centros de maior hierarquia concentram serviços, a distância entre um centro urbano e seu superior hierárquico torna esta logística de transporte muito importante, e qualquer dependência é, por si só, uma vulnerabilidade. Portanto, condições de estradas, navegabilidade e acesso, podem trazer problemas urbanos. Secas em centros urbanos acessíveis por barcos, feriados em cidades turísticas, problemas em pontes, balsas, aeroportos ou outros pontos cruciais de acesso tem efeito determinante nesta rede.

Em relação ao porte, a rede urbana nos biomas apresenta um decréscimo do número de cidades conforme aumenta o porte populacional, conforme esperado. Entretanto, esta relação não é tão igualitária ou linear, apresentando algumas diferenças e características de porte importantes. A distância de outras centralidades, importância histórica, localização estratégica, histórico de ocupação e acessibilidade à recursos naturais são apenas alguns dos fatores que determinam os percentuais e classes de porte das cidades nos biomas.

As cidades com menos de 20.000 habitantes são maioria em todos os biomas, chegando a mais de 80% na região dos Pampas e sua transição com a Mata Atlântica, até pouco mais de 50% na Amazônia, na transição da Caatinga com a Mata Atlântica e na parte setentrional da Mata Atlântica.

Embora sempre maioria, esta variação percentual é significativa. Considerando que estas cidades têm pouca vulnerabilidade pela baixa área de modificação do solo e alta plasticidade pela possibilidade de modificação de suas estruturas, temos um contingente bastante diferenciado de centros urbanos com resiliência. Por outro lado, estas cidades tem baixa capacidade financeira e logística e eventos extremos ou de média a longa duração podem ser catastróficos, levando a migrações que por sua vez levam a pressões urbanísticas e sociais em cidades destino destas migrações.

As migrações derivadas de secas extremas na Caatinga ou por degradação e escasseamento de recursos de subsistência por degradação ambiental são exemplos diretos relacionados ao clima, mas existem outros indiretos, como processos de gentrificação por crescimento de turismo e expansão de cidades maiores para instalação de loteamentos fechados em busca de melhor qualidade de

vida. Estes eventos estão diretamente ou indiretamente relacionados a qualidade ambiental urbana e suscetíveis à piora pelas mudanças climáticas.

As cidades entre 20.000 e 100.000 habitantes são a segunda maior categoria, mas apresentam maior variação em proporção relativa entre os biomas, variando entre pouco mais de 15%, na transição dos Pampas com a Mata Atlântica a quase 45% na Amazônia, ou seja, quase 3 vezes maior em proporção. Estas cidades já são consideradas de alguma vulnerabilidade, sendo obrigadas, portanto, a possuir um Plano Diretor Participativo, devido a necessidade de planejamento nas diversas áreas temáticas do município.

Embora a eficiência deste dispositivo seja bastante questionável, e existem inúmeros estudos que demonstram essa tese, ele é mencionado como entendimento de que este porte já pode apresentar conflitos sociais e de ocupação de solo, muitos destes envolvendo questões ambientais, como áreas *non aedificandi*, privilegiadas geológica e geograficamente ou quaisquer perdas e ganhos relativos a uso do solo.

Nestas cidades, além da produção de vulnerabilidades próprias, também há problemas de espectro regional, que incidem na área urbana criando efeitos sinérgicos, muitas vezes limitando seu crescimento e desenvolvimento. A menor plasticidade que possuem em relação às cidades pequenas como escolhas de áreas de expansão urbana e modificações urbanas com obras ou planejamento, as tornam mais vulneráveis que suas irmãs menores.

Como mudanças estruturais seriam mais caras nestas cidades, a vulnerabilidade regional se torna mais importante, como proximidade aos corpos hídricos, tipos de solos, obras de integração regional ou de infraestrutura e outros exemplos, que acabam determinando vulnerabilidades. Por outro lado, a questão regional pode trazer oportunidades de parcerias por interesses comuns.

As cidades com população acima de 100.000 habitantes crescem ainda mais em vulnerabilidades e caso haja vulnerabilidade regional o efeito sinérgico é ainda maior. Estas cidades, porém, já possuem vulnerabilidades pelo porte e ocupação de área com modificação de solo, mesmo que todos os fatores sejam favoráveis, efeitos como ilhas de calor e pressão por insumos e serviços urbanos já pressionam produzindo efeitos deletérios, como “hora do rush”, picos de uso de energia e água, entre outras mazelas urbanas.

Questões de saúde também se tornam importantes quando fatores de densidade e serviços urbanos são considerados, como enfermidades transmitidas

por vetores e doenças de veiculação hídrica, que ganham força conforme aumenta a densidade. Comorbidades também aumentam, como as oriundas de poluição, calor urbano, estresse, entre outras que já se fazem presentes nestes centros urbanos.

Embora haja uma variação gigantesca entre 100.000 e 1.000.000 de habitantes, o aumento do porte não segue uma linearidade em produção de vulnerabilidade, dependendo de muitos fatores intrínsecos e extrínsecos ao centro urbano, entretanto, a pouca plasticidade destas cidades em modificações de estruturas as tornam particularmente vulneráveis, exponenciando as fragilidades.

Não existe grande diferença entre os percentuais desta faixa entre os biomas, e esta classe representa uma parte menor em todos os biomas. No Pantanal e nos Pampas, o percentual deste porte é maior que nos demais biomas. Na Caatinga é onde este percentual é o menor, seguido do bioma Cerrado.

Mesmo com menor plasticidade, nestas cidades intervenções locais ainda podem representar aumento de resiliência considerável, como revitalização de áreas, criação de áreas verdes, parques, urbanização de áreas invadidas entre outras, além, é claro, do resultado expressivo em planejamento. Nestas cidades, com raras exceções, se observa com frequência problemas urbanos como drenagem, abastecimento e infraestrutura em geral.

Pelo número grande de cidades nesta faixa não foi possível neste trabalho estabelecer subfaixas de porte, até porque fugiria do objetivo proposto, já que a análise de porte serve ao propósito de verificar fragilidades e vulnerabilidades dentro dos biomas e também nesta faixa fatores ambientais e climáticos já exercem pressões nas fragilidades bem maiores que o porte, como relevo, secas, chuvas extremas, proximidade à corpos hídricos e solos, fatores que fazem com que as mudanças climáticas sejam mais incisivas nas questões urbanas.

Entretanto, como já dito anteriormente, a variabilidade é importante, pois dependendo do bioma analisado, estas são as cidades de maior hierarquia urbana dentro do bioma, como capitais de estado, centros de impulsão econômica ou referenciais culturais e administrativos, tendo, portanto, grande influência em contexto regional e suas fragilidades e vulnerabilidades podem afetar áreas extensas e muitas outras cidades. Este é um dos motivos pelo qual neste trabalho a análise da rede hierárquica urbana foi amplamente considerada.

Cidades com mais de 1 milhão de habitantes já são consideradas de difícil administração e sob o ponto de vista ambiental e de ocupação do solo, precisam ser

vistas como um aglomerado de áreas, quase como uma grande região metropolitana conurbada. Planejamentos mais amplos são difíceis de serem feitos e normalmente as soluções e remediações seguem um nível compartimentado, pois estas cidades englobam diversas bacias hidrográficas e geologia e geografia de terrenos, assim, suas estruturas e logísticas precisam ser pensadas também em nível local. As metrópoles, como são chamadas, já funcionam como um organismo com partes quase independentes, embora conectadas por uma região central.

Tabela 3 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes nos biomas brasileiros e áreas de transição

Bioma	Quantidade de municípios	Mais de 1 milhão	Entre 100.000 e um milhão	Entre 20.000 e 100.000	Menos de 20.000
Amazônia	442	3	6,11%	42,76%	50,45%
Amazônia/Cerrado	111	0	2,73%	29,09%	68,47%
Caatinga	947	1	1,58%	27,77%	70,43%
Caatinga/Cerrado	124	0	3,22%	25,81%	70,97%
Caatinga/Mata Atlântica	134	0	7,46%	41,79%	51,49%
Cerrado	765	2	2,61%	18,17%	78,95%
Cerrado/Mata Atlântica	395	1	7,09%	29,87%	62,78%
Mata Atlântica SE	333	3	6,61%	41,74%	50,75%
Mata Atlântica ME	2402	3	6,86%	20,00%	72,84%
Pampa	90	1	8,89%	32,22%	63,33%
Pampa/Mata Atlântica	138	0	3,62%	15,94%	80,43%
Pantanal + Pantanal/Cerrado	22	0	9,1%	31,82%	59,1%.

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

Sob a ótica da rede urbana, considerando hierarquia dos municípios por bioma, há menor variação percentual entre as a hierarquias comparando os biomas, excetuando o Pantanal, ausente de centros urbanos de maior centralidade.

Deve-se destacar também o número de municípios integrantes de áreas metropolitanas. Há, no país, 296 municípios assim classificados pelo IBGE, sendo que destes 214 estão na Mata Atlântica, ou seja, mais de 70%, o que é esperado, considerando a densidade urbana deste bioma.

Esse processo tem “engolido” cidades pequenas ao redor de grandes cidades, que com isso tem aumentado sua vulnerabilidade, pois recebem efeitos de ilha de

calor, além de compartilhar abastecimento, energia e outros serviços. Isto reflete a necessidade de se olhar regiões metropolitanas sob a ótica de planejamento regional. As visões locais e setoriais, inclusive no tratamento das mudanças climáticas, preponderam sobre ações integradas (Bueno, 2011), desconsiderando vulnerabilidades advindas de interferências fora da área de ocupação urbana das cidades.

Tabela 4 - Quantidade de municípios e percentuais de metrópoles, Capitais Regionais A, B e C, Centros sub-regionais A e B, Centros de zona A e B e Centros locais nos biomas brasileiros e áreas de transição

Bioma	Quantidade municípios	Metrópole	Integrante ACP	Capital Regional A	Capital Regional B	Capital Regional C	Centro sub-regional A	Centro sub-regional B	Centro de zona A	Centro de zona B	Centro local
Amazônia	442	0,45	2,04	0,23	0,23	1,13	1,36	3,17	2,49	6,56	82,4
Amazônia/ Cerrado	111	-	-	-	-	1,80	0,90	0,90	7,21	11,7	77,5
Caatinga	947	0,11	1,37	-	0,11	0,42	1,48	1,37	2,43	5,91	86,8
Caatinga Cerrado	124	-	-	0,81	0,81	0,81	2,42	0,81	5,65	12,9	75,8
Caatinga Mata Atlântica	134	-	4,48	0,75	1,49	1,49	1,49	0,75	3,73	5,97	79,8
Cerrado	765	0,26	3,92	0,26	0,13	-	0,65	0,78	3,14	7,58	83,3
Cerrado Mata Atlântica	395	0,25	2,78	-	0,76	1,77	2,28	1,27	4,56	6,33	80,0
Mata Atlântica set	333	0,60	11,1	0,90	0,30	-	0,60	2,10	4,20	2,10	78,1
Mata Atlântica me	2402	0,12	7,37	0,12	0,33	0,67	1,46	1,21	2,66	5,62	66,6
Pampa	90	1,11	10,0	-	-	1,11	2,22	-	6,67	8,89	70,0
Pampa Mata Atlântica	138	-	2,90	-	1,45	0,72	2,90	1,45	6,52	5,07	79,0
Pantanal + Pantanal/Cerrado	22	-	-	-	-	-	9,09	-	13,6	9,09	68,2

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

As soluções baseadas na natureza apontadas estão majoritariamente relacionadas a problemas de alagamentos, deslizamentos e ilhas de calor, não se observando grande diferenciação das soluções baseadas na natureza para centros urbanos no país em relação ao bioma no qual está inserido, sendo seu uso mais restrito a problemas pontuais, especialmente enchentes e alagamentos.

Os jardins de chuva são mais usados, sempre predominando nos sites e meios de divulgação. Há também grande número de exemplos de revitalização de áreas de preservação permanente de rios, com transformação destas áreas em parques lineares, especialmente em áreas de fundo de vale. Jardins de biorretenção e fossas biológicas também são bastante divulgados, mas estes implantados em áreas ou residências mais isoladas. Com menor quantidade também são divulgados exemplos de corredores verdes.

Projetos amplos em escalas de bacia hidrográfica ou formações geológicas voltados a ambiente urbano são incomuns no país e poderiam ser incrementados com soluções baseadas na natureza. Rios que atravessam áreas urbanas, muitas vezes em diversos municípios podem ter desvios com canais e leitos adicionais e formação de unidades de conservação nestes novos canais, o que reduziria a vazão do leito urbano e aumentaria as áreas preservadas. No sul do país desvios de rios já são amplamente usados para canais de irrigação.

A manutenção da vegetação urbana também é um obstáculo, pois os municípios de menor porte raramente dispõem de *know how*, logística e mão de obra para uma manutenção adequada. Análises do IPEA, 2016 com dados do IBGE-MUNIC sobre capacidade técnica das prefeituras para promover a gestão ambiental local revelam que embora haja aumento de prefeituras com estrutura relacionada ao meio ambiente, ainda existem obstáculos consideráveis a serem vencidos.

O uso da vegetação no ambiente urbano traz diversos serviços ambientais e para que sejam dinamizados deve se dar preferência a vegetação nativa, o que pouco ocorre, pois na arborização urbana brasileira há sempre predomínio de espécies exóticas (Gonçalves, 2017).

Os serviços dinamizados pela vegetação nativa são especialmente os relacionados à biodiversidade, como abrigo e alimentação e controle de pragas, embora para regulação térmica pode não haver diferença significativa. Ademais, haja visto que o ambiente urbano é muito diferenciado do natural ao redor, é possível que algumas espécies não se adaptem adequadamente ao ambiente

urbano. Para isso há listas de espécies que podem ser usadas para arborização urbana para todos os biomas. Investimentos em viveiros para produção de mudas destas espécies são primordiais para ampliação desta ação.

Considerando ocupação de vegetação urbana dividida em pontual, com um único elemento verde, linear, com verde disposto em linha e superficial, com verde ocupando uma área, as soluções baseadas na natureza relatadas tratam em sua grande maioria de áreas, como praças e áreas verdes e uma minoria em linha, como corredores ecológicos, negligenciando elementos pontuais, ainda que existam, porém os considerando como um conjunto de elementos formadores da paisagem.

Ações e pesquisas voltadas para elementos únicos, como uma árvore, um teto verde, uma horta urbana ou qualquer elemento pontual devem ser encorajadas, pois podem contribuir com serviços ambientais. Os exemplos citados neste trabalho sobre pesquisa de potencial de regulação térmica de tetos verde são importantes e devem ser divulgados, até mesmo podendo ser incorporados como políticas públicas.

Considerando que o país abriga bioma com rios de grandes vazões e bioma semidesérticos e as mudanças climáticas projetam reduções e aumentos de pluviosidade dependendo do bioma o manejo das águas urbanas ganha importância crescente. Soluções baseadas na natureza envolvendo recursos hídricos não devem se limitar a preservação de margens de rios urbanos, devendo transcender essa questão, pois o potencial de serviços ambientais dos corpos hídricos é grande.

Formação de canais adicionais, grandes jardins alagáveis, cultivo de plantas aquáticas, praças e áreas verdes com presença de água são apenas alguns exemplos, mas localmente e dependendo da realidade local diversos outros usos são importantes, que serão apresentados nas discussões sobre os biomas.

Considerando o aumento da temperatura projetado pelas mudanças climáticas e as ondas de calor que devem ser cada vez mais frequentes os materiais dos ambientes urbanos devem ser considerados e reduzidos os que possuem alto poder de absorção e emissão de calor, como asfalto. O uso de materiais alternativos ao asfalto nas áreas reservadas para estacionamento pode ter efeito muito positivo. Calçadas com áreas vegetadas também podem contribuir positivamente para esta questão.

4.1 AMAZÔNIA E ZONAS DE TRANSIÇÃO COM CERRADO

Diversos domínios ambientais caracterizam a Amazônia.

A Amazônia é o maior bioma do país, estendendo seus domínios por vários países vizinhos. Trata-se de terras baixas florestadas, delimitadas pelos Andes, o planalto brasileiro e o guianense. Uma caracterização do bioma sempre se agrega a sua imensa rede hidrográfica, ora pelos tipos de rios, ora pela influência destes na vegetação, situação que utilizamos aqui, pois nos interessa sua adaptabilidade e utilização no ambiente urbano, além de potencialidades e vulnerabilidades.

Segundo Coutinho (2016), no domínio amazônico temos a Floresta Amazônica Densa Sempre-Verde de Terra Firme, a Floresta Amazônica Aberta Sempre-Verde de Terra Firme, a Floresta Amazônica Densa Sempre-Verde Ripária de Várzea e Igapó e a Savana Amazônica ou Campinarana.

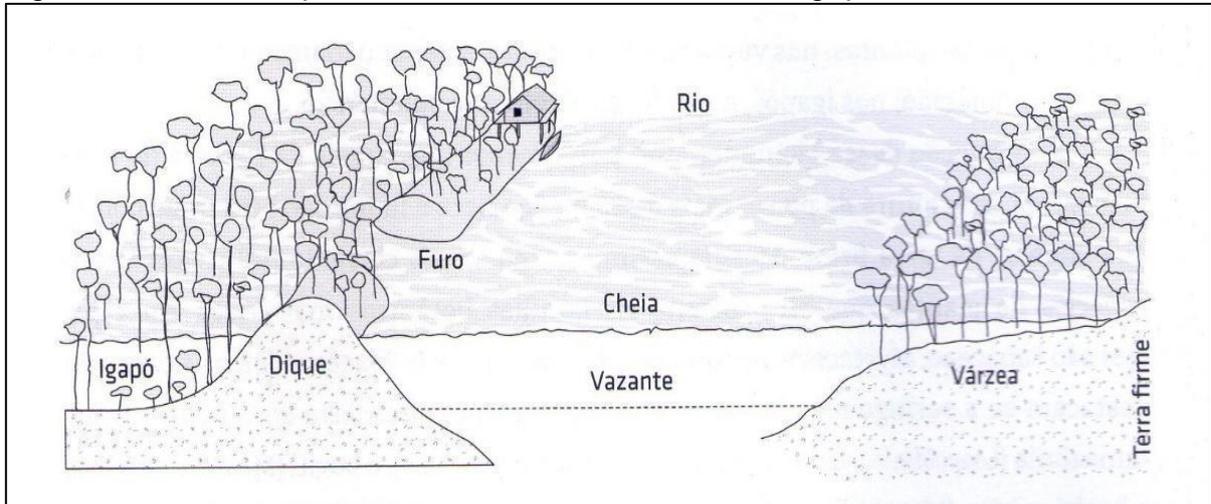
A Floresta Amazônica Densa Sempre-Verde de Terra Firme se estende por planícies, tabuleiros e baixos planaltos e nunca é inundada pelas enchentes dos rios. Não existe distinção estacional ou períodos de chuva, e mesmo que haja meses mais secos isto não afeta a vegetação. Os solos são profundos e sua fertilidade está nas camadas superficiais, devido a rápida ciclagem de nutrientes da serapilheira pela umidade. Esta floresta, como o nome diz, é densa, com centenas de indivíduos por hectare, de dossel entre 30 e 40 metros, com indivíduos emergentes, como a Castanheira (*Bertholletia excelsa*), sendo também rica em epífitas e cipós.

A Floresta Amazônica Aberta Sempre-Verde de Terra Firme foi reconhecida como tal pelo projeto Radambrasil, característica da região ao sul do rio Amazonas. Nesta região os índices pluviométricos são ligeiramente mais baixos e nos estados de Rondônia e Acre ocorre o fenômeno da “friagem”. Essa floresta se diferencia da anterior pela riqueza de bambus, palmeiras e cipós, tendo mais luz entrando em seu interior.

A Floresta Amazônica Densa Sempre-Verde Ripária de Várzea e Igapó já é bastante diferenciada, ocorrendo em beira de rios, em áreas periodicamente inundáveis, principalmente no baixo rio Negro e no Amazonas. As várzeas são comuns nos rios de água branca, barrenta, e ficam inundados por poucos meses, enquanto os Igapós são relacionados aos de água preta e ficam inundados por mais tempo, também em função de diques naturais que limitam os igapó, com a presença de furos, que permitem a passagem da água. Pela necessidade de adaptação a

subida e descida da água, a riqueza de espécies é menor que nas florestas de terra firme, mas bastante peculiar e endêmica.

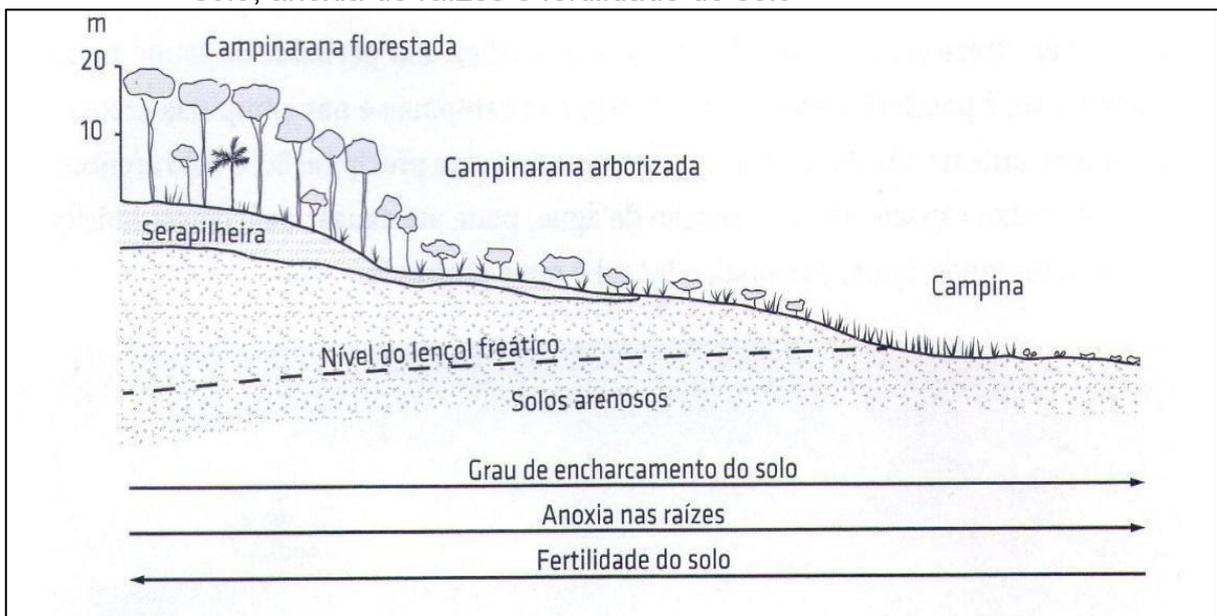
Figura 10 – Perfil esquemático da Floresta de Várzea e Igapó



Fonte: Coutinho (2016, p. 23).

Por fim, a Savana Amazônica ou Campinarana ocorre sobre manchas de areia quartzosas. Devido a esta características se assemelham a campinas, ou seja, uma vegetação mais baixa e mais aberta, com diferentes gradientes, ora mais abertos, ora mais densas, arborizadas, florestadas. Onde o solo é menos lixiviado, se forma uma fisionomia mais arbustiva, com lençol menos aflorante.

Figura 11 – Perfil esquemático de Campinarana e relação com encharcamento do solo, anoxia de raízes e fertilidade do solo



Fonte: Coutinho (2016, p. 25).

O bioma Amazônia abrange os estados da região norte do país e também parte das regiões Centro-oeste e Nordeste. O bioma contém 442 municípios dos 5570 do país (7,94% do total das cidades do país) e possui três importantes metrópoles, Manaus, Belém e São Luís, esta última já próxima dos limites da área de transição deste bioma com o Cerrado.

O bioma possui 27 cidades médias (6,11% do total das cidades do bioma), assim chamadas as com mais de 100 mil habitantes, sendo que a maioria destas tem população próxima a este número, tendo como exceção a isto as capitais dos estados, de Roraima, Boa Vista, do Amapá, Macapá, do estado do Acre, Rio Branco e do estado de Rondônia, Porto Velho.

A cidade de Ananindeua possui grande população, 505.404 habitantes, mas faz parte da região metropolitana de Belém, dividindo com esta a área urbana. As cidades paraenses de Marabá, no sul do estado, com população de 262.085 habitantes, e de Santarém, no oeste, com população de 292.520, são as exceções de cidades de maior porte que não são capitais de estado. É preciso lembrar que estas duas cidades seriam capitais, caso se concretizasse a divisão do estado, debate que vem à tona de tempos em tempos.

Predominam então as cidades pequenas, de menos de 20.000 habitantes, num total de 223 (50,45% do total das cidades do bioma). As cidades entre 20.000 e 100.000 habitantes são 189 (42,76%), diminuindo em quantidade quanto aumenta a população. Estas duas categorias são a quase totalidade das cidades do bioma.

A rede urbana do bioma, portanto, se caracteriza por cidades de maior porte bastante espalhadas e compondo centros de extensas regiões ao seu redor, coincidindo bastante com o porte das cidades, ou seja, podemos dizer que na Amazônia a hierarquia está diretamente relacionada ao porte das cidades, excetuando-se cidades de regiões metropolitanas.

Entretanto, alguns municípios se destacam pela importância hierárquica regional sem possuir grande população, como as cidades paraenses de Castanhal, com população de 189.784, porém bem pouco distante da região metropolitana de Belém e Redenção, ao sul do estado, com população de 80.797, que se caracterizam como centros sub regionais A. Também neste nível hierárquico estão as cidades de Ji-Paraná, com população de 130.419, no estado de Rondônia, Sinop, no estado de Mato Grosso, com população de 123.634 e as cidades maranhenses de Santa Inês, ao sul do São Luís e com população de 83.238 e Pinheiro, a oeste da

capital, com população de 81.438. Estas cidades também seguem um padrão de centros maiores dentro de regiões geográficas abrangentes.

Portanto, temos na Amazônia centros hierárquicos relacionados às capitais dos estados. Considerando as distâncias amazônicas e que a navegação é o principal modal da região, a distância entre centros urbanos é mais uma vulnerabilidade urbana, pois as secas dificultam muito a navegação e por consequência os abastecimentos entre os centros urbanos.

Há um eixo de desenvolvimento na Amazônia que merece destaque, porém sem ainda apresentar uma cidade com hierarquia superior, que é ao longo do rio Negro, a montante de Manaus, onde estão localizadas as cidades de São Gabriel da Cachoeira e Barcelos.

A cidade de São Gabriel da Cachoeira se localiza mais ao norte, distante 850 km desta e faz fronteira em seu território com a Colômbia e com a Venezuela, e por isso é considerada estratégica para o país. Embora a cidade tenha sua economia baseada na agricultura de subsistência, as maiores reservas de nióbio do país estão situadas neste município, além de ser o portal para o Parque Nacional do Pico da Neblina, ou seja, possui potencial de atração para exploração mineral e turística.

A cidade de Barcelos está localizada entre São Gabriel e Manaus e tem sua economia baseada na exportação de peixes ornamentais e tem grande apelo turístico, abrigando atrativos únicos como a maior cachoeira do país e o maior arquipélago do mundo, com 1400 ilhas. Apesar de seu pequeno porte tem pressão turística.

Tabela 5 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes no bioma Amazônia

Amazônia	
Quantidade de Municípios	442
Metrópoles	3
Mais de 100 mil habitantes	27
Menos de 20.000 habitantes	223
Entre 20.000 e 100.000 habitantes	189

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

As projeções das mudanças climáticas para a Amazônia apontam menor quantidade de chuvas e maiores temperaturas, o que deve aumentar o calor amazônico e conseqüentemente aumentar as ilhas de calor das cidades.

A ausência de estações do ano marcantes são regra do bioma, portanto, não há grande diferenciação de temperatura durante o inverno ou verão, sendo que as projeções apontam para um aumento relativo das médias maior durante o inverno. Aqui é importante destacar que na região o chamado “inverno amazônico” é na verdade entre os meses de dezembro e maio, ou seja, correspondente ao verão do hemisfério sul. Tal expressão corresponde ao aumento da pluviosidade na região, o que geralmente traz temperaturas um pouco mais amenas.

Pela importância da floresta em nível mundial a Amazônia tem sido foco de inúmeros estudos que tentam projetar conseqüências das mudanças climáticas, sendo que estas informações são relevantes para formatar projetos de SBN. Em estudo recente, Yuan (2023) demonstrou a importância das secas relâmpago que acontecem em função da redução repentina da pluviosidade, que com as condições de alta temperatura e radiação solar, além de ventos, causam rápida evaporação devido à quantidade de espécimes de alta evapotranspiração. Embora o estudo seja dirigido à floresta, a demonstração de que esta situação compromete a qualidade de vida do espécime vegetal, a questão deve ser considerada para escolha de espécimes vegetais em área urbana, a fim de assegurar sanidade para o indivíduo.

Este estudo corrobora as teorias de savanização da Amazônia, a qual descreve processo de substituição da vegetação prístina por outra mais adaptada a condições de secas eventuais. Esta questão tem papel fundamental na escolha de espécimes para formação de florestas urbanas.

Outro estudo, de Kein (2023), demonstrou que eventos de calor extremo devem se tornar mais frequentes nos inícios de primavera em toda América do Sul, o que deve ser considerado nos planejamentos. Este fenômeno é claramente grave na Amazônia, que já registra altas temperaturas nesta época, e ainda não iniciou o período chuvoso, resultando em alto desconforto urbano e comorbidade para a saúde.

O fenômeno El Niño também é particularmente importante para a Amazônia, pois representa período de seca para a região, especialmente para o norte e será potencializado pelas mudanças climáticas.

Paradoxalmente, estas cidades já são marcadas pela escassa arborização urbana, com florestas urbanas restritas nas bordas na área urbana, representadas por parques criados em tempos mais recentes. Esta situação implica a necessidade de um planejamento de arborização visando o estabelecimento de corredores ligando estes parques periurbanos.

Uma arborização vistosa é importante para aplacar o calor amazônico agravado pelo fenômeno de ilha de calor na região urbana, porém, a observância das espécies escolhidas deve ser feita, pois as secas previstas podem encurtar a vida das árvores devido ao estresse hídrico, que podem padecer inclusive por embolia, dado que as espécies do bioma possuem esta fragilidade.

A vegetação do bioma possui um dossel florestal rico, o que viabiliza uma arborização com lianas em áreas onde a infraestrutura urbana não permite árvores de porte e também podem ser enriquecidas com epífitas. Marquises, pontos de ônibus, muros, grades, todas estas estruturas podem ser arborizadas, até mesmo jardins verticais teriam excelente resultado. A ausência de períodos secos prolongados torna esta solução bastante viável, reduzindo necessidade de manutenção.

Os corpos hídricos desta região apresentam cheias e vazantes marcantes, necessitando de áreas de preservação maiores nas suas margens para que os serviços ambientais de contenção das águas e retenção desta no solo tenham efeito benéfico esperado, sendo que estas áreas também podem incrementar muito a área de cobertura vegetal agindo também como elemento filtrante quando a qualidade do ar se compromete por queimadas.

A vegetação de igapó típica do bioma pode servir como auxiliar na contenção das margens dos rios, especialmente nos portos fluviais, que com a urbanização interrompem esse fenômeno natural da região, as chamadas “terras caídas”, especialmente a jusante de Manaus, onde o fenômeno se intensifica. A vegetação também pode auxiliar na purificação das águas, situação bastante desejável em locais de alta subnormalidade e saneamento precário, comuns na região e em particular em áreas de lazer que servem como balneários (Figura 13).

As metrópoles de Belém e Manaus podem ser particularmente beneficiadas com arborização de lianas e epífitas, pois estão situadas em locais sem períodos secos e possuem regiões centrais sem muita disponibilidade de espaços para arborizações mais vistosas. Mesmo sem grande disponibilidade de espaços há

possibilidades, como mudança de área de estacionamento para 45 graus em um só lado da rua, possibilitando ocupar parte da rua com arborização.

Figura 12 - Espaços livres, à esquerda, praia de Ponta Negra. Ruas centrais carentes de arborização em Manaus, AM



Fonte: Autor (2022) e imagem Google Maps (2022).

Figura 13 - Vegetação de igapó na praia da Lua em Manaus, AM



Fonte: Autor (2022).

É necessário planejar conexões entre as áreas verdes, que devem funcionar como corredores de biodiversidade, fluxo gênico e serviços ambientais, até mesmo para reduzir os efeitos de “ilhas” nestas áreas verdes e melhorar sua sanidade. A cidade de Medellín na Colômbia conseguiu reduzir o efeito de ilha de calor na cidade criando corredores entre as áreas verdes da cidade. Segundo informações da prefeitura da cidade a média de redução foi de até 2 graus, mas atingiu patamares maiores em alguns pontos. Em Manaus há o Parque do Mindu, que conserva o primata Sauim-de-coleira, que representa uma área verde isolada.

Figura 14 - Parque do Mindu, em Manaus, AM



Fonte: Autor (2022).

As cidades da Amazônia possuem alto grau de subnormalidade habitacional, assim, os projetos de urbanização destas áreas precisam considerar a reserva de áreas de preservação de dimensões superiores para que serviços ambientais sejam otimizados. Outros serviços também devem ser considerados, como exemplo da urbanização do bairro Guamá, em Belém, PA, onde a retirada das ocupações às margens do igarapé permitiu o transporte fluvial.

Figura 15 - Situação de ocupação de margens do igarapé Tucunduba em Belém, PA por palafitas após retirada destas com revitalização das margens, com incremento de transporte fluvial



Fonte: Prefeitura de Belém ([2023]).

Na cidade de São Luís, a subnormalidade também é grande, em especial em áreas palafitadas em margens de rios, mangues e costa. A região possui grande variação de maré e nestas situações é necessário dar prioridade a vegetação de

mangue, capaz de dissipar energia da ida e vinda das águas, o que ajuda na preservação da infraestrutura, além de reter resíduos, agir como elemento filtrante e promover a biodiversidade. A urbanização das comunidades de Coroa do Meio, em Aracaju (SE), Sitio Grande e Dancing Days em Recife (PE) e Sambaiatuba em São Vicente (SP) são exemplos exitosos de recuperação de mangue com efeitos positivos na área urbana.

Figura 16 - Área palafitada na península do IPASE, em São Luís, MA, onde projetos de urbanização precisam implantar vegetação de mangue para contenção de energia potencial



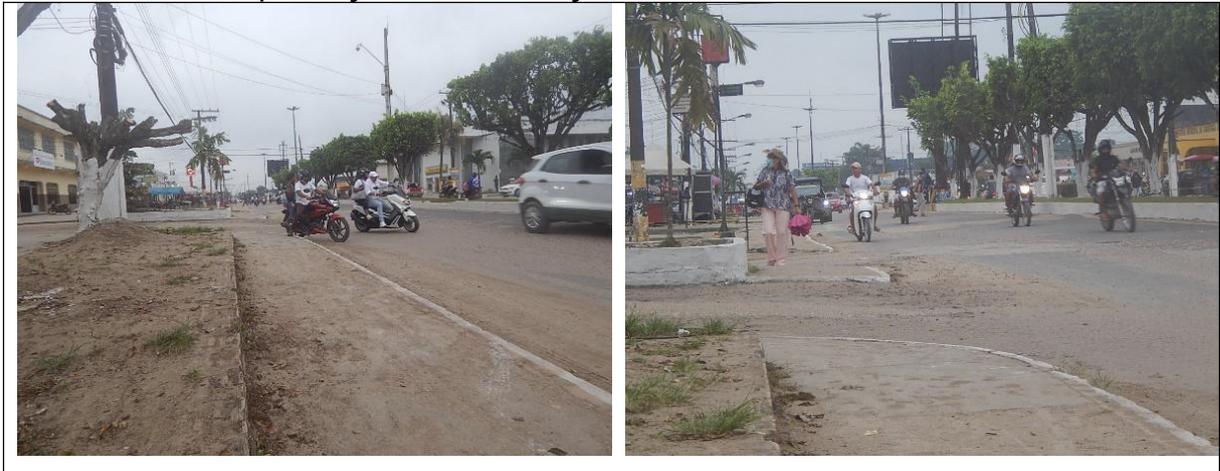
Imagem: Google Street View (2023).

Na parte mais ocidental do estado do Amazonas, a montante da cidade de Manaus na calha do rio Solimões destacam-se os centros urbanos de Tabatinga, Tefé e Coari.

A cidade de Tabatinga, fronteira do Brasil com o Peru e Colômbia, é exemplo de escassa arborização, que é feita somente nos canteiros centrais das avenidas, onde não há calçadas de circulação, limitando o sombreamento para os transeuntes, contrastando, inclusive, com soluções de arborização criativas observadas na cidade vizinha de Letícia, na Colômbia.

Na avenida principal as calçadas são largas e podem receber arborização, até mesmo com mudança para estacionamento para carros a 45 graus, o que abre espaço para plantio de árvores. Há espaços disponíveis nas calçadas e também com modificação caso seja ampliado canteiro central. O predomínio de espécies exóticas também é flagrante, especialmente com uso de *Ficus*, desvalorizando a flora da região.

Figura 17 – Arborização em canteiro central e espaço em calçadas laterais para implantação de arborização



Fonte: Autor (2022).

Figura 18 - Arborização em espaço de estacionamento em via a 45 graus na cidade de Letícia, Colômbia, vizinha de Tabatinga, que permite espaço para incremento de arborização



Fonte: Autor (2022)

Nas cidades de Tefé e Coari predominam vias de pequena largura, com leito carroçável reduzido, o que dificulta ações de arborização em grande escala que poderiam utilizar parte deste leito, mas ações conjuntas com proprietários utilizando lianas e epífitas nas calçadas e também jardins verticais podem ter ganho no elemento verde nestas cidades.

Ambas as cidades também estão às margens de lagos e estes podem ser elementos de grande valor cênico e prover serviços ambientais de regulação térmica.

As águas que circundam e intermeiam as cidades geralmente ficam tomadas por macrófitas e o controle e diversificação destas podem formar jardins aquáticos., valorizando a flora aquática local, de conhecida exuberância e beleza, especialmente de suas flores.

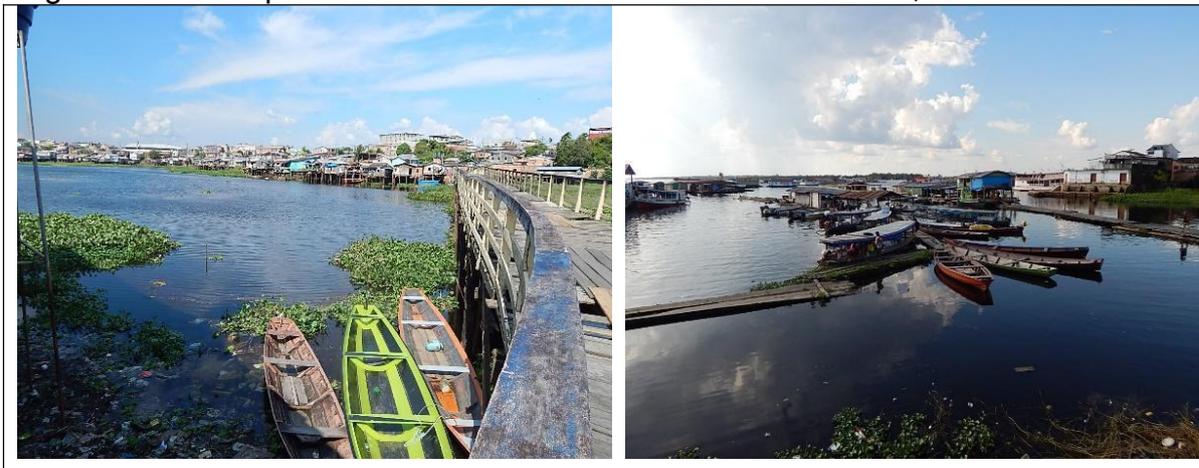
O transporte fluvial é forte nestas cidades, especialmente nas áreas de orla e pode ser incrementado com o cuidado dos corpos hídricos dentro do ambiente urbano e criação de canais, melhorando a mobilidade. Embora haja desníveis consideráveis em determinadas áreas, onde é possível esta implantação ela deve ser feita. Em áreas de expansão canais navegáveis devem ser incentivados.

Figura 19 - Corpos hídricos como o Lago de Coari, entremeiam a área urbana, podendo se transformar em jardins alagados.



Fonte: Autor (2022).

Figura 20 - Transporte fluvial em área urbana interna em Coari, AM.



Fonte: Autor (2022).

Figura 21 - Comércio e transporte fluvial em Coari, AM



Fonte: Autor (2022).

Figura 22 - Drenagem pluvial superficial que pode ter energia potencial reduzida com jardins de chuva em Coari, AM



Fonte: Autor (2022).

Por fim, também importante é a autonomia dos centros urbanos, que muitas vezes distantes dos centros hierárquicos tem crises de abastecimento devido às secas dos rios, que dificultam a navegação, principal modal na Amazônia. Embora haja insumos que não podem ser produzidos nos centros, como combustível, há

insumos que podem ser regionalizados, como alimentos, diminuindo a dependência de outros centros.

A feição ambiental na transição Amazônia/Cerrado.

A zona de transição Amazônia/Cerrado se caracteriza por um formato em arco, se estendendo do leste da Amazônia, nos estados do Pará, Maranhão e Piauí, região conhecida como Mata dos Cocais, estendendo-se até ao sul nos estados de Rondônia e Mato Grosso, passando também por parte do estado do Tocantins, em região sem uma característica florestal distinta, caracterizada por uma mistura intercalada destes dois biomas, onde se destaca a região conhecida como Bico do papagaio, no encontro dos rios Araguaia e Tocantins.

Na margem leste está a Mata dos Cocais.

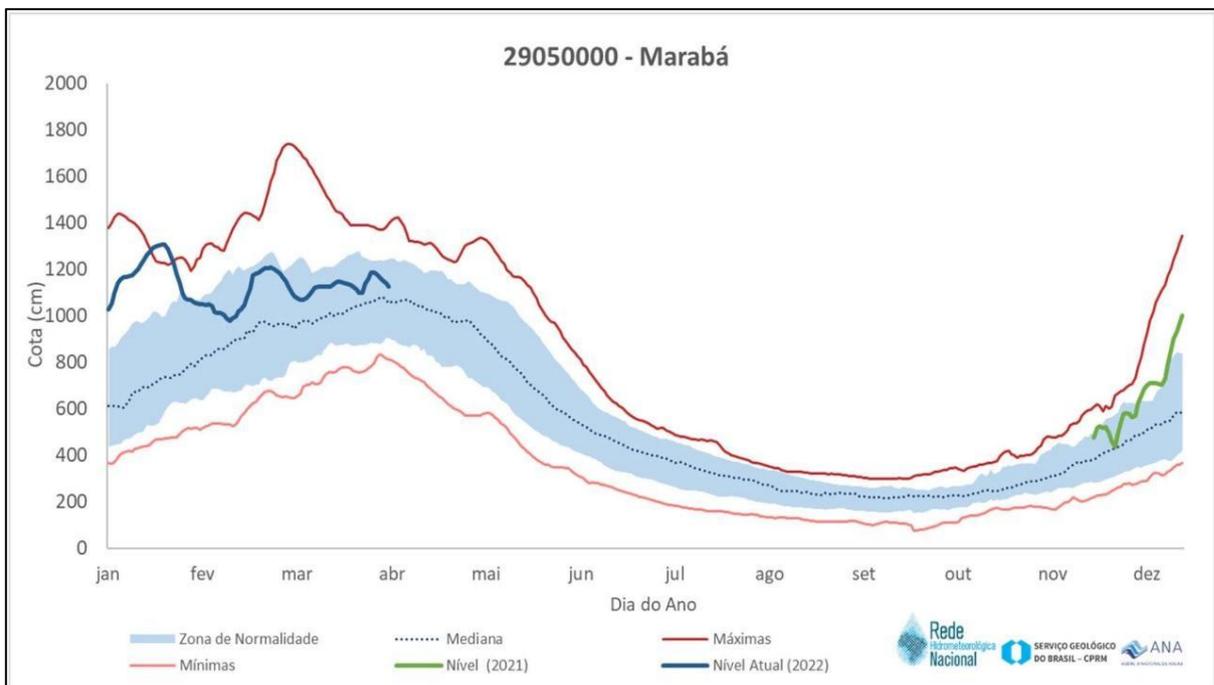
A Mata dos Cocais é considerada uma “mata de transição” e está localizada entre as florestas úmidas da Amazônia e o clima semiárido, considerada por muitos a transição mais característica de Amazônia com Caatinga. Assim, o clima dessa região varia de acordo com o local, sendo equatorial úmido a oeste e semiárido a leste, com temperatura média anual de aproximadamente 26°C, marcado, em sua maioria, por inverno seco e verão chuvoso. Está localizada no Planalto do Maranhão-Piauí, ocupando parte dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Pará e ao norte do Tocantins.

O nome desse ecossistema aponta para a presença de muitos cocais. Segundo Santos-Filho, Almeida e Soares, 2013, a região é caracterizada pelo extrativismo vegetal que é a fonte de renda de muitas famílias. Ainda segundo este Autor (2022), esta zona tem muitas formas de relevo, como a planície, as depressões, o planalto, a estrutura rochosa formada por rochas cristalinas (formada por cristais) e sedimentares. Em sua vegetação, registramos a presença de florestas dominadas por palmeiras, com folhas grandes e finas, como o buriti, oiticica, babaçu e carnaúba. Nesse ecossistema, podemos encontrar três tipos diferentes de clima, equatorial úmido, tropical semiúmido e tropical semiárido, o que impulsiona a formação de fisionomias distintas. Devido ao extrativismo, esta fisionomia se mantém, já que as palmeiras fornecem os produtos e assim a ação antrópica, com plantio e conservação das palmeiras, acaba contribuindo para a estabilidade da fisionomia.

Nas margens sudeste temos o Bico do papagaio.

A região é caracterizada pela confluência dos rios Araguaia e Tocantins e, por isso, marcada por regimes de cheias e secas. Atualmente, também influenciada pelos barramentos destes rios ao sul da região, como se pode observar no gráfico de vazão do rio Tocantins. As secas são marcadas pelo aparecimento de bancos de areia, os quais são explotados turisticamente como praias de rio. Na região está o Parque Nacional da Chapada das Mesas, formação de platôs rochosos de arenito.

Figura 23 - Cota do rio Tocantins durante o ano de 2022, demonstrando período de seca e cheia



Fonte: CPRM ([2022]).

A fisionomia da região parece mesmo uma área de transição, com presença de fisionomias e espécies de ambos os biomas. A área possui uma estação seca definida, mas não varia muito em temperatura, as quais permanecem altas durante todo o ano.

A parte sul se encontra com cerrado e Pantanal.

Assim como a região do Bico de Papagaio, a região é caracterizada pela presença de espécies de ambos os biomas. Também apresenta uma estação mais seca definida. Essa região corresponde a parte dos estados de Mato Grosso e

Rondônia e é caracterizada por forte supressão vegetal e extenso uso do solo para agricultura.

A fisionomia da região, também como a área a leste, conta com presença de fisionomias e espécies de ambos os biomas. A área também possui uma estação seca definida sem variar muito em temperatura, porém já recebe influência do sul do país com a chegada eventual de frentes frias, que na região são conhecidas como friagem.

E quanto a rede urbana, como se caracteriza?

A área abrange 111 municípios dos 5.570 do país (1,99% do total) e não possui nenhuma metrópole. A região possui apenas 3 cidades médias (2,72% do total das cidades da região de transição). As cidades pequenas, com menos de 20.000 habitantes, são em número de 76 e somam 68,47% do total das cidades desta zona de transição. As cidades ditas médias, de mais de 100.000 habitantes, são em número de 3, ou seja, apenas 2,73%. Entre 20.000 e 100.000 habitantes são 32 cidades, totalizando 29,09%.

A rede urbana, a leste da Amazônia onde predomina a Mata de Cocais, se caracteriza por cidades de pequeno porte, tendo a cidade de Bacabal, na região central do estado do Maranhão, com população de 102.656, como um centro sub-regional A.

Na região ao sul também predominam pequenas cidades, especialmente no norte do estado de Mato Grosso e sudeste de Rondônia, de economia ligada ao agronegócio. Há também quantidade de Pequenas Centrais Hidrelétricas, PCHs e Terras indígenas. O município de Vilhena em Rondônia, com aproximadamente 100.000 habitantes é uma referência da região, sendo um Centro Sub-regional B.

À sudeste a rede urbana desta zona de transição se destaca pela região conhecida como Bico do Papagaio, que contém três importantes cidades, sendo duas delas na região de transição, Imperatriz, no estado do Maranhão, com população de 253.123 e Araguaína, no estado do Tocantins, com população de 170.183, ambas capitais regionais C conforme hierarquia da rede urbana brasileira.

Tabela 6 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes na área de transição entre o bioma amazônico e o Cerrado

Amazônia/Cerrado	
Quantidade de Municípios	110
Metrópoles	0
Mais de 100 mil habitantes	3
Menos de 20.000 habitantes	75
Entre 20.000 e 100.000 habitantes	32

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

Há Soluções baseadas na natureza que permitem o aproveitar as características ambientais das áreas de transição Amazônia/Cerrado.

A região da Mata de Cocais tem recorrentes problemas de enchentes, com destaque para o rio Mearim, que atravessa área urbana de diversos municípios. Dada a extensão deste rio, de 930 km, pode ter diferenças significativas nas vazões ao longo do ano e, recentemente, causou enchentes em praticamente toda sua extensão. Sua sinuosidade, baixa profundidade e grande largura aumentam as chances de enchentes.

As SBN para esta região passam pela conservação e revitalização dos rios, em especial o Mearim e também pela preservação das florestas. Grande parte da economia da região é devida a formação florestal e o extrativismo é a base da economia regional, sendo imprescindível esta conservação.

Contudo, há que se observar que as cidades crescem às margens do rio e portanto, as óbvias SBN de desocupação e revitalização das margens na área urbana são necessárias. Ações antropogênicas de controle de vazão podem ajudar, como aumento de captação, irrigação e desvios para açudes.

Com espaço disponível para tal, é possível criar leitos artificiais para os rios, reduzindo a vazão nos centros urbanos e dando possibilidade para criação de áreas conservadas próximas a estes leitos artificiais, com implantação de mais áreas para extrativismo e também para preservação. Esta solução poderia evitar os constantes problema de enchentes nas cidades desta região.

Figura 24 - Ocupações em margens rio Mearim em Bacabal, MA



Fonte: Imagem Google Street View (2023).

Esta região também registra também problemas com erosões, que muitas vezes se transformam em enormes voçorocas, sendo que estas engolem casas e a infra estrutura urbana.

Estas voçorocas são causadas por ocupação desordenada, sem o devido planejamento de drenagem pluvial, em solos já propensos à erodibilidade somados ao desmatamento, ou seja, o conjunto de fatores urbanos que desencadeiam vulnerabilidades e fragilidades urbanas.

Em casos quando as erosões estão em processo inicial, ações de vegetação e condução de drenagem podem resolver o problema, porém, em casos mais graves é necessário a remoção da população. Embora não seja um fenômeno exclusivo da região, esta ganhou notoriedade devido à divulgação midiática recente com imagens impressionantes de voçorocas que chegam a dezenas de metros de altura com cabeceiras engolindo a área urbana.

As SBN apropriadas para mitigação deste problema são bastante conhecidas, solo sempre protegido com vegetação, especialmente em nascentes, direcionamento de drenagem para grotas já existentes e monitoramento para conter as erosões já no início do processo. O direcionamento da drenagem pode se dar inclusive em áreas de lazer e verdes dentro das cidades, com leitos artificiais e mecanismos de dissipação de energia. Pequenos lagos dispostos em cascata são

utilizados em algumas cidades pelo mundo, como em Bogotá, por exemplo e além de disciplinar a energia potencial das águas formam um espaço de valorização cênica.

Na região de transição ao sul da Amazônia, onde também predominam pequenas cidades, o eixo de crescimento se dá ao longo de rodovia, diferentemente da porção leste, devendo as SBN se adaptarem a este aspecto, portanto, pedem soluções bem urbanizadas.

As cidades são relativamente novas e contam com um arruamento largo, portanto, possibilitando programas de arborização para atenuar as altas temperaturas constantes da região. Por ser uma área de transição

Como área urbana, há pouca vulnerabilidade, porém, dificuldades eventuais com possível redução da disponibilidade hídrica podem comprometer as cidades economicamente, pois esta economia depende de irrigação de culturas. A boa disponibilidade hídrica da região pode ser aproveitada na área urbana, incrementando áreas com corpos hídricos amenizando a temperatura.

Figura 25 - Crescimento das cidades ao longo da rodovia com largos espaços em Brasnorte, MT



Fonte: Autor (2022).

Figura 26 - Conjunto habitacional planejado em Brasnorte, MT



Fonte: Autor (2022).

Figura 27 - Avenida em Vilhena, RO, que possibilita arborização de qualidade com estacionamento a 45 graus



Fonte: Imagem Google Street View (2023).

Na região do Bico do Papagaio, cujo nome deriva da semelhança do local com o bico da ave, visto de cima, onde o rio Araguaia deságua no Tocantins, a cheia e vazante são marcantes, formando praias na época da seca. O rio Tocantins é barrado na altura da cidade de Palmas, formando a UHE Lajeado, e mais a jusante em Estreito, formando a UHE de mesmo nome, tendo, portanto, algum controle de vazão.

Este controle é aproveitado pelo município de Imperatriz, no estado do Maranhão, que pode estender um pouco sua temporada de praias. Entretanto, quando há excesso de água a usina libera maior vazão e isto causa alagamentos na cidade, embora isto ocorra com baixa frequência.

A cidade deve, portanto, estar preparada para extremos de períodos chuvosos e secos. Não deve ser descartada a possibilidade a desvio de parte das águas do leito do rio, evitando cheias que possam invadir a área urbana e criando

praias artificiais em épocas de cheia do rio, áreas de lazer importantes em uma cidade de altas temperaturas constantes.

As áreas de praças e parques são escassas no município, portanto, o investimento em SBN deve ser na arborização urbana, formando corredores da orla até áreas mais afastadas dela, valorizando a paisagem e atenuando temperaturas.

Outra cidade de importância na região, considerando a hierarquia da rede urbana, é Araguaína, já um pouco afastada dos rios Araguaia e Tocantins. Esta cidade tem enchentes frequentes devido aos inúmeros córregos que cortam a área urbana, porém a municipalidade não tem feito opção por SBN, como aumento das áreas livres nas margens e instalações de parques, mas canalizações.

Uma boa estrutura de floresta urbana, com densa arborização, pode retardar o fluxo das águas para o rio e diminuir a energia potencial das águas pluviais, já que as chuvas são concentradas em períodos.

Figura 28 - Vista da orla da cidade de Imperatriz (MA) do lado oposto da urbana



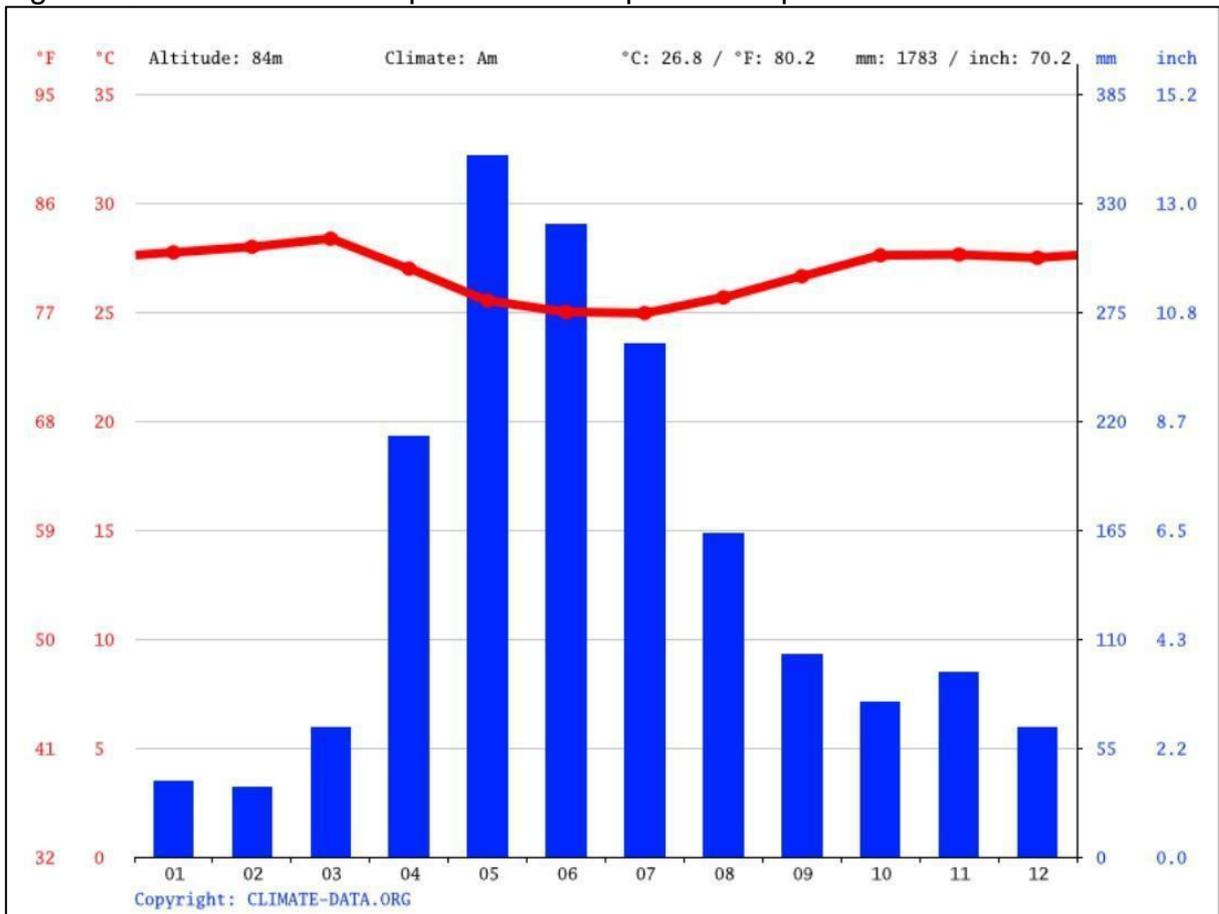
Fonte: Autor (2022).

4.1.1 A cidade de Boa Vista

Segundo IBGE, Boa Vista conta com 413.486 habitantes pelo Censo 2022, tendo uma densidade de 72,71 habitantes/km². Área urbanizada é de 116,77 km² tendo assim uma densidade de 3.541,03 habitantes/km².

A cidade possui clima tropical, sendo que na maioria dos meses do ano existe uma pluviosidade significativa. De acordo com a classificação de Köppen e Geiger o clima é classificado como Am. A temperatura e pluviosidade média anual é 26.8°C e de 1783 mm, respectivamente. O mês mais seco é fevereiro com 35 mm e o mais chuvoso, maio, com uma média de 354 mm.

Figura 29 - Médias mensais por ano de temperatura e pluviosidade em Boa Vista



Fonte: Climate-data.org ([2023]).

Março é o mês mais quente do ano com uma temperatura média de 28.4°C e julho é o mês com a mais baixa temperatura ao longo do ano com uma temperatura média de 24.9°C. A diferença de precipitação entre o mês mais seco, fevereiro, e o

mês mais chuvoso, maio, é de 319 mm. É 3.4°C a maior variação das temperaturas médias durante o ano.

Figura 30 - Tabela de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), chuva (mm), umidade, dias chuvosos, entre 1999 e 2019

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	27.9	27.4	27.2	26.3	23.3	22.5	22.1	24.6	26.9	28.2	27.7	28
Temperatura mínima (°C)	24.7	24.4	24	22.6	19.5	18.2	17.3	19	21.5	24	24	24.7
Temperatura máxima (°C)	32	31.3	31.1	30.6	28	27.8	28	31.1	33.1	33.3	32.2	32.2
Chuva (mm)	192	170	141	80	66	28	24	26	56	113	153	171
Umidade(%)	77%	79%	78%	73%	70%	69%	63%	52%	52%	63%	69%	74%
Dias chuvosos (d)	15	14	13	8	6	3	2	3	5	9	12	14
Horas de sol (h)	9.7	9.1	8.8	8.7	8.0	8.3	8.9	9.7	9.9	9.7	9.5	9.9

Fonte: Climate-data.org ([2023]).

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes ao período de 1972 a 1989 e a partir de 1993, a menor temperatura registrada em Boa Vista foi de 17,6°C em 8 de julho de 1988 e a maior atingiu 42°C em 18 de novembro de 1999.

O maior acumulado de precipitação em 24 horas foi de 149,4 mm em 21 de dezembro de 1998. Outros acumulados iguais ou superiores aos 100 mm foram: 149,3 mm em 29 de abril de 2005, 146 mm em 28 de novembro de 2013, 128,1 mm em 26 de setembro de 1999, 127,2 mm em 13 de maio de 2010, 122,5 mm em 20 de junho de 1996, 117,2 mm em 3 de junho de 2007, 115,2 mm em 22 de março de 1979, 107,8 mm em 31 de maio de 2011, 105,6 mm em 15 de abril de 2006, 101,9 mm em 20 de junho de 1961 e 100,4 mm em 31 de agosto de 2004. Maio de 2011, com 667,5 mm, foi o mês de maior precipitação.

Assim, temos então oscilação pequena na temperatura, mas grandes diferenciais de precipitação ao longo do ano, com clara estação chuvosa e menos chuvosa. Estas estações marcam também as cheias e vazantes dos rios. Considerando a importância da água na Amazônia, essa relação ganha enorme importância na cidade. Em épocas de vazante a cidade ganha praias urbanas, com o recuo de rios e exposição de faixas de areia.

Uma das mais importantes praias está localizada no mais novo Parque Urbano, às margens do Rio Branco, principal rio de Roraima. Este parque foi construído em área onde havia um assentamento informal, o Beiral, que sofria com

alagamentos provocados pelas chuvas. As famílias que estavam no local foram retiradas e transferidas para um bairro próximo.

A formação do parque é uma boa solução baseada na natureza, mas carece de vegetação, podendo ser mais rústico. A área destinada à praia só está disponível em época de vazante e não há alternativa para a cheia. O Parque conta com uma pequena cascata artificial que atenua a temperatura ao redor.

Figura 31 - Parque que abriga equipamentos de lazer e praia. À esquerda vista de playground infantil ao fundo e à direita vista da praia que fica disponível na vazante



Fonte: Autor (2022).

Figura 32 – Área de acesso à praia à esquerda, em época de vazante e cascata artificial. À direita muro com grafite de Eduardo Kobra



Fonte: Autor (2022).

Figura 33 – O parque conta com um mirante



Fonte: Autor (2022).

Figura 34 – O parque conta também com alguma vegetação



Fonte: Autor (2022).

Figura 35 - Áreas que permanecem alagadas em épocas de cheia



Fonte: Autor (2022).

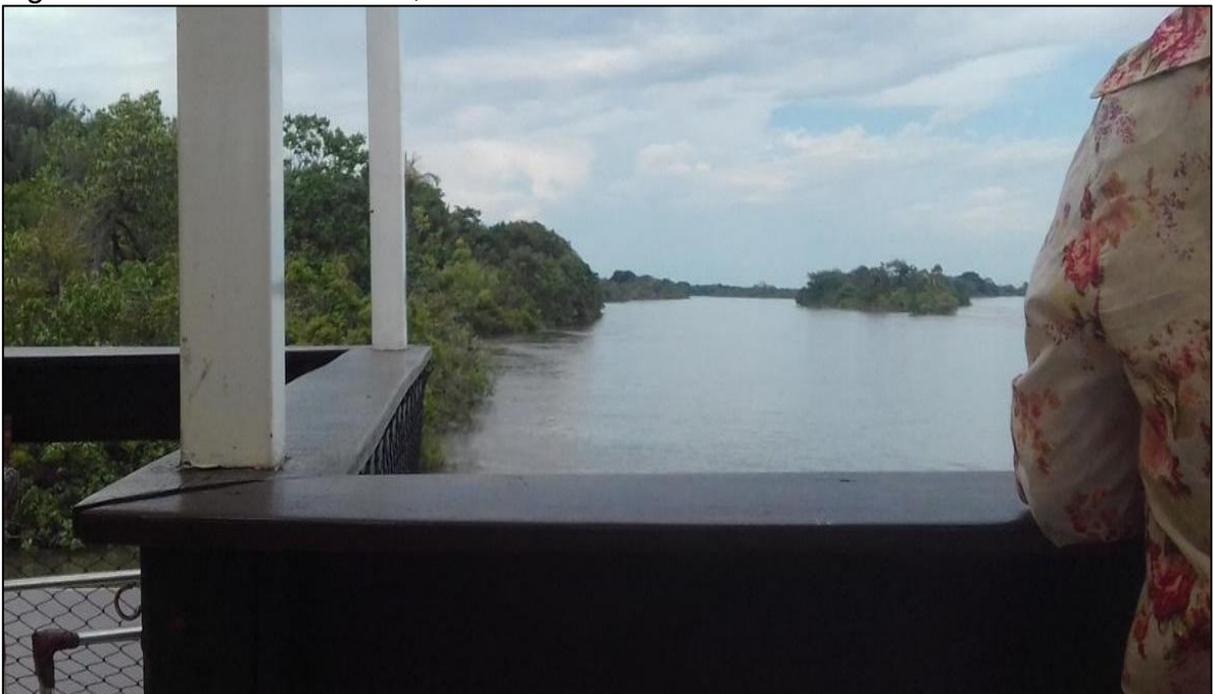
A presença de água em áreas públicas é muito benéfica, considerando as altas temperaturas da cidade, porém, a construção de uma praia artificial, ou várias, para ser utilizada na época das cheias seria um incremento importante, democratizando esse recurso, que existe em áreas privadas.

Além deste parque, conhecido como Orla Taumanan, há ainda outras praias urbanas, como a Praia do Guma, Praia do Amor, Praia Grande e outras urbanas, mas com necessidade de acesso por barco, como Praia do Caçarí, enfim, diversas praias estão disponíveis, porém somente na época da seca.

Ao redor do município há lagoas, formadas por afloramento de lençol, e algumas delas são exploradas para turismo, em todas as épocas do ano. A mais famosa delas é o Lago do Robertinho, que dista mais de 40 km do centro da cidade, porém o acesso por transporte público é difícil e se trata de área privada, não sendo, portanto, muito democrático.

O rio é usado também por pequenas balsas, chamadas na cidade como flutuantes, que abrigam restaurantes e bares. Esta solução aproveita a brisa do rio para oferecer um ambiente mais fresco e agradável, com uma vista aprazível do rio Branco.

Figura 36 – Flutuante Flutuaí, restaurante flutuante no rio Branco



Fonte: Autor (2022).

O aproveitamento de recursos hídricos como elemento de regulação térmica pode ser bastante utilizado como solução baseada na natureza, pois a cidade ainda dispõe de diversos cursos d'água em meio urbano não canalizados. Juntamente com a vegetação das áreas de preservação permanente destes igarapés, tornam-se importantes áreas de regulação térmica e podem também abrigar equipamentos.

Embora íntegros, se observa pequenas invasões pontuais. Não há uma barreira física que delimite a área de preservação, como calçada ou via urbana. Os terrenos particulares chegam, portanto, até os limites da área de preservação.

Figura 37 – Muitos igarapés urbanos estão íntegros e fazem divisa com terrenos particulares



Fonte: Autor (2022).

Figura 38 – A limitação de áreas de preservação com terrenos privados acontece mesmo em áreas de expansão



Fonte: Autor (2022).

Figura 39 – Sistema viário também compete com áreas de igarapés



Fonte: Autor (2022).

Figura 40 – Em algumas áreas de preservação permanente já se nota pequenas invasões



Fonte: Autor (2022).

Para a cidade de Boa Vista muitas opções de Soluções baseadas na natureza são possíveis para incrementar a resiliência urbana e combater as negatividades das projeções de mudanças climáticas, que seriam aumento das temperaturas e dos períodos de estiagem, além das prováveis secas relâmpago, causa de estresses nas plantas.

Além da citada disponibilidade dos igarapés, a cidade dispõe de extensas áreas de lazer e áreas verdes. A cidade abriga duas importantes áreas verdes nas extremidades interligadas por um corredor, que se constitui em uma área central de avenida que atravessa cidade, na parte planejada e construída da cidade. A primeira, ao lado do aeroporto, é o Parque Anauá e a segunda o Centro Cívico, ligados pela avenida Capitão Enê Marquês, cujo canteiro central é um grande parque.

A vegetação nestas áreas, entretanto, poderia ser melhor incrementada, especialmente no canteiro da avenida, que proveria um serviço de regulação térmica mais eficiente, considerando as altas temperaturas da cidade. A vegetação dos parques já é mais diversificada e representativa da região, podendo, entretanto, ser mais adensada.

No parque Anauá há extensas áreas de gramado exóticas, sendo que a cidade está inserida em uma região onde existem espécies nativas de campina que seriam mais apropriadas para a fauna regional. Este investimento nas gramíneas nativas seria bom para a biodiversidade.

Figura 41 – Lago de vereda no parque Anauá



Fonte: Autor (2022).

Figura 42 – Algumas áreas do parque Anauá podem receber adensamento de vegetação



Fonte: Autor (2022).

Figura 43 – Densidade vegetal no parque Anauá, em alguns trechos esta densidade poderia ser incrementada



Fonte: Autor (2022).

Figura 44 - Áreas de gramado exótico que poderiam servir à vegetação de campina nativa da região



Fonte: Autor (2022).

A área de lazer da avenida é pobre em vegetação, mesmo sendo bem extensa e com disponibilidade de incremento vegetal. Os espaços para incremento de espécimes é extenso e nestas áreas também existe a possibilidade de arborização com lianas e epífitas, abundantes no bioma amazônico.

Em Boa Vista, como há período de chuvas reduzidas, podem ser feitas regas facilmente com disponibilidade de água nestas mesmas áreas, existentes. Onde há vegetação mais exuberante se observa que está bem desenvolvida, demonstrando a viabilidade do incremento vegetal. O uso de lianas e epífitas também é aconselhável e valorizaria a flora regional.

Figura 45 - Áreas de lazer na região central com locais de pouca vegetação



Fonte: Autor (2022).

Figura 46 – Vegetação mais aérea tem excelente resultado e deve ser encorajada sempre que possível



Fonte: Autor (2022).

Figura 47 – Diversos locais podem ter adensamento de vegetação, inclusive com soluções aéreas



Fonte: Autor (2022).

O comprometimento se verifica também na falta de arborização em calçadas. Extensas áreas desarborizadas são comuns, sem qualquer vegetação, mesmo arbustiva, desencorajando o uso das ciclovias e de pedestres.

Em uma cidade plana como Boa Vista o uso da bicicleta deve ser encorajado, mas para isso é necessário que estas sejam melhor protegidas com vegetação, que seria a melhor solução para amenizar o calor já excessivo da cidade e que deve se tornar pior com as mudanças climáticas.

A possibilidade de incremento de vegetação arbórea é grande, nas calçadas, áreas de estacionamento, áreas marginais à ciclovia, estacionamentos e diversas outras. Especialmente nas áreas centrais, o espaço disponível para arborização é sempre extenso.

Figura 48 – Extensas áreas de ciclovias sem arborização



Fonte: Autor (2022).

Figura 49 – Diversas áreas com espaço pouco aproveitado para arborização



Fonte: Autor (2022).

Figura 50 – Estacionamento a 45 graus e pontos de ônibus são alguns exemplos de fácil possibilidade de incremento de vegetação



Fonte: Autor (2022).

Figura 51 - Boa Vista sofre grande pressão de migração do país vizinho, Venezuela



Fonte: Autor (2022).

Por fim, a cidade de Boa Vista tem boa resiliência a eventos climáticos, sem grandes comprometimentos, pois acabou com ocupações informais e realizou obras urbanas de incremento de qualidade ambiental.

A cidade também dispõe de áreas verdes em boa quantidade, embora precisem ser incrementadas. A formação de praia artificial estenderia o período para aproveitar essas áreas, algo muito reconfortante em uma cidade com altas temperaturas durante todo o ano.

A maior fragilidade está na escassa arborização de canteiros e calçadas, bastante deficiente. Porém, há espaço para incremento de vegetação em toda a área urbana do município, inclusive em corpos hídricos urbanos.

Há diversos destaques que podemos dar para este bioma.

A rede urbana da Amazônia se caracteriza por poucos aglomerados urbanos de maior porte distantes entre si, na maioria capitais de estado. As cidades de maior centralidade que não são capitais distam bastante das demais e representam a referência da região.

As metrópoles do bioma detêm alta subnormalidade e informalidade habitacional, aumentando sua vulnerabilidade. Entretanto, estas áreas representam uma oportunidade de incremento de qualidade ambiental para si e entorno e sua urbanização permitiria a implantação de diversas soluções baseadas na natureza.

As metrópoles amazônicas se localizam em locais sem secas expressivas no que concerne a umidade do ar, facilitando o cuidado com o verde urbano e aumentando a possibilidade de uso de espécies.

As cidades amazônicas são muito pouco arborizadas e com as projeções de aumento da temperatura esta vulnerabilidade vai aumentar. É preciso criar espaços para aumentar o verde urbano.

A riqueza de lianas e epífitas da região deve ser utilizada para incrementar o verde urbano em espaços reduzidos, juntamente com jardins verticais.

As cidades são localizadas à beira de rios de grande volume e com cheias e vazantes marcantes e duradouras, portanto, as soluções baseadas na natureza de retenção temporária de água perdem efetividade e soluções como criação de jardins alagados e criação de praias que podem permanecer alagadas são mais viáveis para as águas urbanas da Amazônia.

O uso dos abundantes corpos hídricos como jardins alagados urbanos com macrófitas nativas deve ser encorajado, assim como formações de canais navegáveis como elemento de mobilidade urbana.

A área de transição com o Cerrado e a Caatinga, a Mata de Cocais, é uma área singular sob o ponto de vista ambiental. A fragilidade destas áreas devido a subida dos rios pode ser uma oportunidade, desviando parte desta vazão para leitos artificiais com criação de áreas preservadas e também incrementando espaço para uso extrativista.

O solo da região precisa de atenção especial de manejo com vegetação e drenagem, com vistas à redução da energia potencial das águas, evitando erosões e voçorocas, que na região são de grande potencial destrutivo.

Na região do Bico do papagaio o desvio de parte das águas para formação de praias artificiais nos arredores das cidades auxiliaria no controle de alagamentos e forneceria áreas de lazer adicionais na época das cheias, quando os bancos de areia não estão disponíveis para o lazer de praias.

As altas temperaturas da região contrastam com a escassa arborização das vias e soluções urbanas para incremento da vegetação precisam ser criadas, além do uso de espécies que ocupam pouco espaço e requerem pouco solo.

A cidade de Boa Vista tem arruamentos largos que permitem arborização, necessária para enfrentar o calor amazônico e conectar as áreas verdes da cidade.

O uso das águas urbanas em áreas verdes seria uma solução baseada na natureza viável para fortalecer diversos serviços ambientais.

4.2 CAATINGA E ZONAS DE TRANSIÇÃO COM CERRADO E MATA ATLÂNTICA

Se faz necessário caracterizar a Caatinga ambientalmente.

Caatinga é a vegetação que predomina no Nordeste do Brasil e está inserida no contexto do clima semiárido. Os índios, primeiros habitantes da região, a chamavam assim porque na estação seca, a maioria das plantas perde as folhas, prevalecendo na paisagem a aparência clara e esbranquiçada dos troncos das árvores. Daí o nome Caatinga (caa: mata e tinga: branca) que significa “mata ou floresta branca” no tupi.

Figura 52 – Aspecto esbranquiçado da Caatinga em São Raimundo Nonato, (PI)



Fonte: Autor (2022).

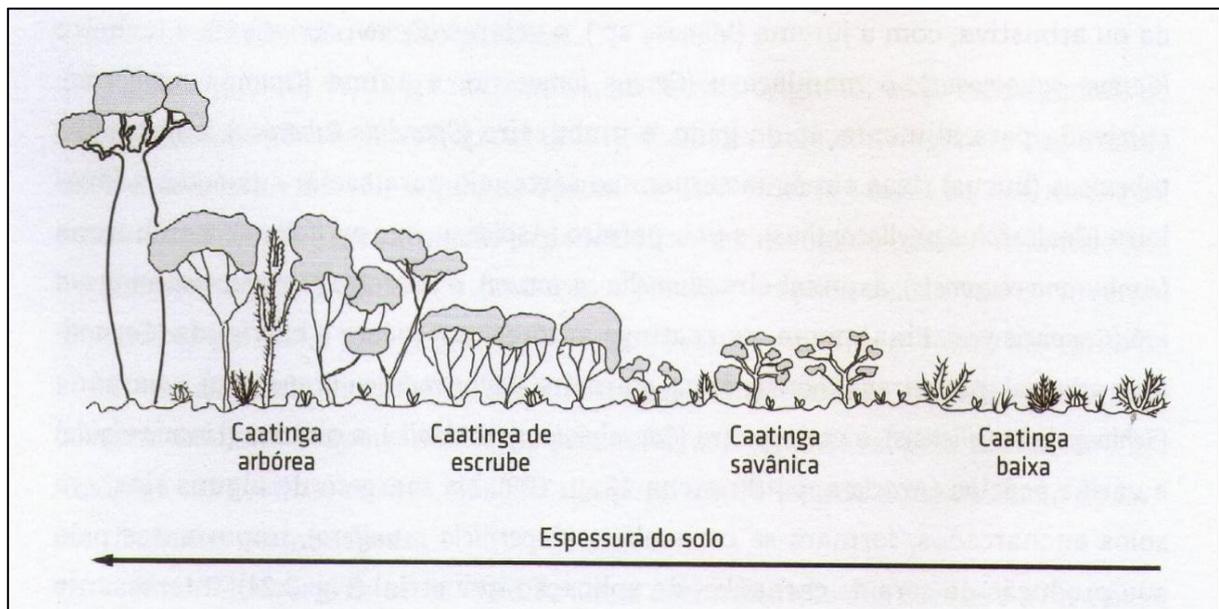
Aziz Ab’Saber (2003), descreve a área deste bioma como domínio das depressões intermontanas e interplanálticas do Nordeste semiárido, ou seja, uma planície cercada e delimitada por cadeias de montanhas. Embora essa descrição possa parecer que a área é uma imensa planície seca, há formações diferenciadas. Este Autor (2022) aponta a presença de morrotes e inselbergs, morros isolados rodeados de vegetação, como determinantes nas diferenciações de paisagens deste bioma.

Torna-se curioso o fato desta formação estar nas mesmas latitudes que florestas densas e úmidas, como a Amazônia, entretanto, fatores climáticos são determinantes para esta situação.

O clima é tropical estacional semiárido, com pluviosidade da ordem entre 600 a 800 mm anuais, concentrada nos períodos de outono e inverno, mas que variam bastante de ano para ano, podendo chegar a menos de 300 mm. Na região as chuvas surgem da zona de convergência intertropical (ZCIT), formada pela convergência de ventos alísios, de norte e de sul, que se aproximam do Nordeste no outono e inverno (Coutinho, 2016).

A vegetação é de savana, uma savana semiárida, xerofítica e decídua, e como uma savana, apresenta um mosaico de fitofisionomias em gradiente, que vão desde a Caatinga arbórea, florestada, até a Caatinga baixa, passando por fisionomias de escrube e savânica *strictu sensu*, e refletindo com isso o gradiente das condições hídricas do solo (Coutinho, 2016).

Figura 53 – Gradiente da vegetação no bioma Caatinga em relação a espessura do solo



Fonte: Coutinho (2016 p. 30).

O Bioma Caatinga contém 947 municípios, correspondendo a cerca de 17% do total de municípios do Brasil, tendo uma metrópole, Fortaleza. A região possui 15 cidades médias (1,58% do total das cidades do bioma) e grande predominância de pequenas cidades, com menos de 20.000 habitantes, um total de 667, representando 70,43% das cidades do bioma. As cidades entre 20.000 e 100.000 habitantes somam 263, representando 27,77% das cidades do bioma.

O bioma Caatinga guarda semelhança com a Amazônia ao possuir diversos centros de maior população localizados de forma espalhada pelo bioma, entremeadas por cidades de menor porte.

A única metrópole deste bioma é Fortaleza, com 2.428.678 habitantes, que juntamente com os municípios de Aquiraz (80.243 habitantes), Barbalha (75.033 habitantes), Caucaia (355.679 habitantes), Euzébio (74.170 habitantes), Itaitinga (64.648 habitantes), Maracanaú (234.392 habitantes), Maranguape (105.093 habitantes) e Pacatuba (81.238 habitantes), formam uma região metropolitana que soma 3.499.174 habitantes, que tem apresentado crescimento acentuado nas últimas décadas, consolidando cada vez mais uma conurbação do ambiente urbano.

O hidropolo de Petrolina e Juazeiro se destaca como um grande centro na orla do rio São Francisco, logo a jusante da barragem de Sobradinho. Esta região se desenvolveu em tempos recentes, impulsionada pela fruticultura.

Ainda no estado do Ceará, o município de Juazeiro do Norte, atualmente com 286.120 habitantes, é um centro importante, classificado como capital regional C e juntamente com a cidade do Crato, com 131.050 habitantes, formam a chamada região metropolitana do Cariri. Apesar da proximidade, as regiões centrais não são conurbadas e sob o ponto de vista ambiental e climático, as cidades são diferentes, estando o Crato em altitude mais elevada.

Também neste estado encontra-se Sobral, também uma capital regional C, com 203.023 habitantes, e também circundada por distritos em altitudes mais elevadas. Esses distritos não são conurbados com Sobral, mas constituem uma centralidade única, pois guardam semelhança com loteamentos residenciais de áreas metropolitanas.

Outro centro regional importante é Campina Grande, no estado da Paraíba, com 419.379 habitantes, que juntamente com os municípios de Lagoa Seca, com 27.730 habitantes, e Queimadas, com 47.658 habitantes, formam a região metropolitana de Campina Grande. Apesar da proximidade destas três cidades, não

há ainda conurbação completa entre os centros urbanos, estando esta conurbação ainda em formação.

No estado do Rio Grande do Norte está localizada a cidade de Mossoró, considerada também uma capital regional C, cidade com 264.577 habitantes, cujo desenvolvimento está relacionado à extração de petróleo.

Neste bioma encontramos diversas cidades consideradas de pequeno porte que tem importância na rede urbana, sendo consideradas centros sub-regionais A, como Iguatu (98.064 habitantes), no estado do Ceará em torno de 150 km ao norte de Juazeiro do Norte, Patos no estado da Paraíba, com 103.165 habitantes, à 170 km de Campina Grande e Paulo Afonso na Bahia, com 112.870 habitantes, situado entre o hidropolo de Petrolina e Juazeiro e o litoral.

Em contraste de população, no estado do Rio Grande do Norte, encontramos outro centro sub-regional C, Pau dos Ferros, com apenas 30.479 habitantes. Esta importância está no fato deste município estar quase equidistante dos centros de Juazeiro do Norte e Mossoró.

Esta situação ilustra bem o fato de que o porte deve ser visto com cuidado para políticas públicas, principalmente para aquelas que podem ser de importância de oferecimento de serviços, insumos e logística, pois em regiões menos urbanizadas observamos grande importância de hierarquia urbana em cidade pequenas.

Outros centros sub-regionais C do bioma são Caicó, no Rio Grande do Norte, com 61.146 habitantes. Sousa, com 67.259 habitantes, Cajazeiras, com 63.239 habitantes, e Guarabira na Paraíba, com 57.484 habitantes; Crateús, com 76.390 habitantes, e Quixadá, com 84.165 habitantes, no Ceará; Irecê, com 74.507 habitantes, e Jacobina, com 82.590 habitantes, na Bahia; Picos, com 83.090 habitantes, no Piauí; e Serra Talhada, com 92.228 habitantes, em Pernambuco, cuja importância urbana está relacionada ao distanciamento de cidades maiores.

A rede urbana da Caatinga é, portanto, caracterizada por cidades relativamente pequenas para os padrões brasileiros com alta hierarquia e também grande quantidade de pequenas cidades com alta população rural.

Tabela 7 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes no bioma Caatinga

Caatinga	
Quantidade de Municípios	947
Metrópoles	1
Mais de 100 mil habitantes	15
Menos de 20.000 habitantes	667
Entre 20.000 e 100.000 habitantes	262

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

As projeções de mudanças climáticas, conforme o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, indicam diminuição do volume de chuvas e aumento das temperaturas, o que pode resultar em desertificação. A concentração da pluviosidade em poucos meses do ano é uma marca do bioma e a convivência com a seca é uma realidade há muito conhecida nesta região.

O bioma possui dois tipos climáticos, o tropical equatorial e o tropical úmido seco, ambos com pelo menos seis meses secos, podendo chegar até onze meses secos (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007). Ou seja, por condições climáticas estáveis o bioma já tem um período seco longo.

O semiárido possui uma célula de alta pressão, o que explica em parte seus baixos índices pluviométricos. Durante o verão, a região recebe influência da Massa de Ar Equatorial Continental - MEC, que com o enfraquecimento de outras massas de ar pode amplificar sua atuação. Nesta situação, se observa que a MEC, carregada de umidade da Amazônia devido a evapotranspiração, leva chuva ao sertão, portanto, um enfraquecimento desta massa ou umidade menor devido a uma savanização da Amazônia pode ter um efeito negativo na pluviosidade neste bioma.

A falta natural de pluviosidade também leva a um processo de empobrecimento do solo, que por falta do intemperismo provocado pela ação da água não se fragmenta, causando um efeito de retroalimentação. Esse efeito, que em alguns casos ainda pode lixiviar o solo, na Caatinga reduz a erosão e quebra dos materiais, resultando em um solo raso.

A redução na pluviosidade pode intensificar esse empobrecimento do solo pela falta de fragmentação em curto prazo, em especial nos leitos dos córregos intermitentes e próximos a eles.

Os fenômenos El Niño e La Niña também são de importância neste bioma, sendo que o primeiro reduz a pluviosidade e aumenta as temperaturas e o segundo provoca efeito inverso. Deve-se considerar que no momento, 2023, o El Niño está em vigor e seus efeitos se fazem visíveis. Felizmente o sertão contou com boa pluviosidade durante os anos de La Niña e seus estoques de água estão em ótimo estado, com reservatórios e açudes cheios. Isto expressa, entretanto, a necessidade de planejar ações climáticas de médio e longo prazo.

Para a Caatinga as Soluções baseadas na natureza podem ser de grande contribuição, já que o bioma será um dos mais afetados devido a sua natural susceptibilidade à seca que será agravada pelas mudanças climáticas.

O primeiro elemento a ser considerado aqui é o solo, no qual existem problemas devido a ser raso. Assim, este deve ser enriquecido sempre que for implantado vegetação. Os efeitos deste enriquecimento podem ser de curto, médio e longo prazo. O enriquecimento do solo pode ser feito para agricultura de subsistência, bastante comum na região, e deve ser implantada também nas intervenções do poder público, desde jardins, até praças, áreas verdes e arborização de calçadas. No ambiente urbano, caso seja necessário, é possível elevar estruturas para conter solos mais profundos (Figura 54).

Nas regiões de vale e margem de leitos de rios já se observa naturalmente um gradiente arbóreo maior na Caatinga e a preservação ou renaturalização destes leitos é imprescindível neste ambiente. As cidades de Petrolina (PE) e Juazeiro do Norte (BA), são exemplos de como a proximidade do leito do rio permite uma vegetação mais vistosa, pois com irrigação se tornaram grandes produtoras de frutas.

Figura 54 – Estruturas elevadas permitem retenção de solo em jardins



Fonte: Imagem Google Street View (2023).

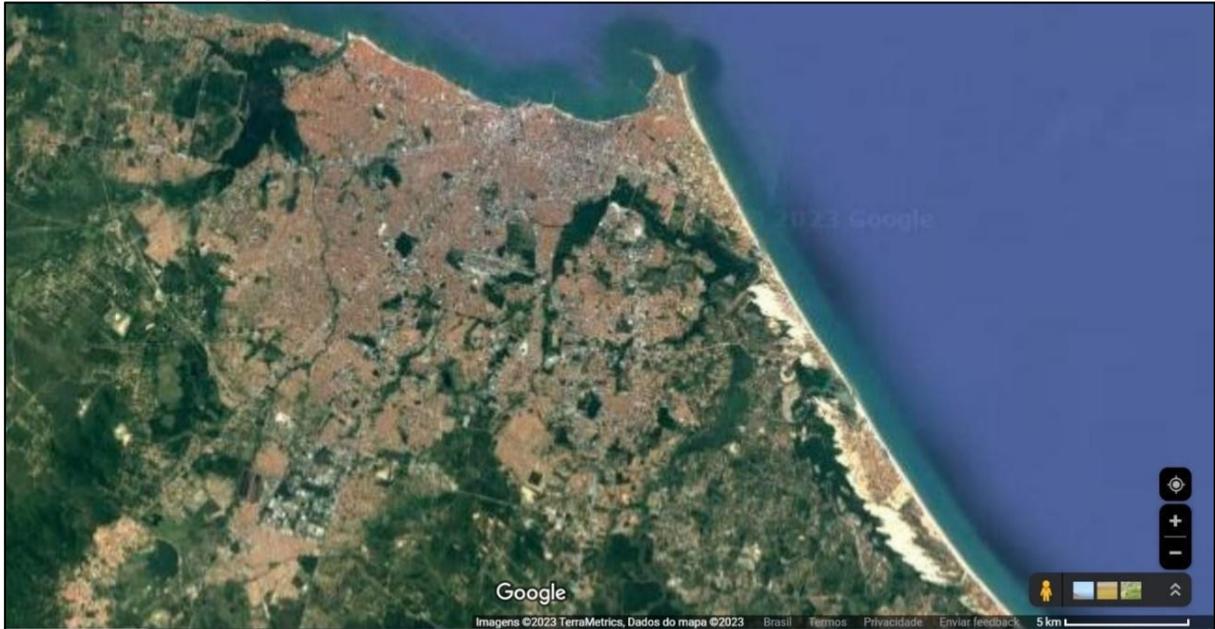
A transposição do rio São Francisco deve modificar a paisagem da Caatinga no sentido que possibilita diversas formas de uso deste recurso hídrico. De fato, a presença de água neste bioma modifica a paisagem de forma contundente, permitindo o estabelecimento de uma vegetação vistosa.

Esta obra deve viabilizar diversas soluções baseadas na natureza para as cidades atendidas. Onde existe agricultura urbana, pode auxiliar na demanda pelas cacimbas espalhadas pela cidade. Em áreas públicas de lazer podem facilitar irrigação para vegetação.

A obra em si deve receber soluções baseadas na natureza, como vegetação das margens e instalação de sistema de geração de energia solar, reduzindo custos de manutenção, especialmente em bombeamentos.

A região metropolitana de Fortaleza será muito beneficiada com a transposição, pois terá seu abastecimento garantido. Esta região metropolitana sofre com problemas urbanos comuns, como saneamento básico deficiente, que compromete a qualidade das praias da região central, induzindo ocupações em áreas mais afastadas. Esta dinâmica de ocupação a leste pode comprometer o sistema de dunas e mangue, um sistema bastante complexo cuja ocupação precisa ser bem planejada.

Figura 55 – Região metropolitana de Fortaleza e sistema de dunas a leste, onde a ocupação se acelera



Fonte: Imagem Google maps (2022).

As soluções baseadas na natureza para estes sistemas precisam respeitar o movimento das dunas e a limitação da ocupação seria a melhor solução. Onde já existe ocupação é preciso estabilizar essa movimentação, o que pode ser feito por vegetação de restinga. Calçamentos com blocos sem uso de asfalto permitem infiltração da água, que também ajuda nesta estabilização. As áreas de mangue devem ser preservadas ao máximo a fim de evitar alagamentos decorrentes de aterros, além de terem estabelecidos porcentagens de ocupação e barreiras físicas delimitando áreas de preservação.

O efeito da vegetação e da água sobre a temperatura é bastante conhecida e a cidade deve apostar nisso como mecanismo de controle de altas temperaturas. A dificuldade de plantar árvores em regiões centrais de cidades por falta de espaço é um problema a ser driblado. Neste caso, a vegetação da Caatinga dispõe de variedade de plantas aptas a jardins verticais, como bromélias e cactos, que podem ser utilizados nestas situações.

Não se pode esquecer, também das reservas hídricas subterrâneas, localizadas em áreas sedimentares. Estas reservas podem ser utilizadas tanto para abastecimento quanto para tornar as cidades mais verdes.

Figura 56 – Lagoa de Tatajuba, na cidade de Camocim, com preservação de manguezal em uso misto com turismo



Fonte: Autor (2022).

E como é a Zona de transição entre a Caatinga e o Cerrado?

Já na transição entre o Cerrado e a Caatinga pode observar-se uma vegetação mais rica que a da Caatinga, com florestas de árvores de folhas secas. Naturalmente, o clima é mais seco que o do Cerrado, com solo mais ressecado e períodos mais intensos sem chuva.

A maior parte desta área está na fronteira do Cerrado com o sertão no interior de estados nordestinos da Bahia e Piauí e também no norte de Minas Gerais. A área não apresenta uma fisionomia própria, mas uma típica paisagem de transição, mais arbórea que a Caatinga e menos que o Cerrado.

A parte de menor disponibilidade hídrica desta área de transição é o norte de Minas Gerais e sul da Bahia, área que não apresenta disponibilidade hídrica alta. A região tem recebido investimentos em energia, especialmente eólica na Bahia e solar em Minas, o que tem impulsionado o desenvolvimento da região.

A oeste está o rio Parnaíba (PI/MA), que caracteriza esta parte da zona de transição. Este rio de grande porte garante reserva hídrica para toda a região e ao

desaguar, forma um delta no mar, situação bastante peculiar, única nas Américas, que além de rara beleza permite o desenvolvimento de formações vistosas de manguezais e restingas. Ao longo de seu curso, o rio apresenta feições diversas, porém sem características que o tornem único.

A região oeste da Bahia também é rica em recursos hídricos, embora não de grande porte, mas múltiplos, como os rios Grande e Correntes. Esta paisagem está bastante modificada pela exploração agrícola e reúne as características de fisionomias de maior gradiente arbóreo mais próximas aos cursos d'água.

A zona de transição Caatinga/Cerrado compreende partes do sul do estado do Piauí, oeste da Bahia e norte de Minas Gerais, contém 124 municípios (2,23% do total do país) e não há nenhuma metrópole com mais de 1 milhão de habitantes, embora a cidade de Teresina, capital do estado do Piauí e localizada nesta área de transição, esteja muito próxima deste valor.

A região possui 4 cidades médias (3,22% do total das cidades da região), sendo marcada pela presença de cidades com menos de 20.000 habitantes, num total de 88 (70,97% do total das cidades desta zona de transição). As cidades entre 20.000 e 100.000 habitantes somam 32 (25,81% do total).

Importantes centros se destacam nesta área, como Teresina, sendo considerada uma capital regional A, atualmente com 866.300 habitantes e conurbada com Timon (MA), com 174.465 habitantes, somando 1.040.765 habitantes. As cidades de Altos, Beditinos, Coivaras, Curralinhos, Demerval Lobão, José de Freitas, Lagoa Alegre, Lagoa do Piauí, Miguel Leão, Monsenhor Gil, Pau D'Arco do Piauí e União, formam a Região Integrada de Desenvolvimento da Grande Teresina, porém ainda sem conurbação.

Outras capitais regionais desta área são Montes Claros, no estado de Minas Gerais, capital regional B e Barreiras, no estado da Bahia, capital regional C. Os centros sub-regionais A desta região são Floriano e Parnaíba, no estado do Piauí e a cidade de Guanambi, na Bahia.

A cidade de Montes Claros é referência urbana para as regiões do norte de Minas e do Jequitinhonha. Com população de 414.240 habitantes, a cidade já apresenta gargalos no abastecimento, tendo que recorrer a poços profundos e racionamentos de água.

Barreiras (BA), com população de 159.743 habitantes é uma nova fronteira do agronegócio e vem ganhando importância regional conforme cresce esta atividade,

na região conhecida como MATOPIBA¹. Barreiras está localizada na região mais rica em recursos hídricos do nordeste brasileiro.

Floriano é uma cidade do interior do Piauí com população de 62.036 habitantes e sua importância regional está relacionada com o setor de serviços. A cidade está às margens do rio Parnaíba, o que lhe confere segurança em abastecimento, mas ao mesmo tempo insegurança por conta de enchentes que têm sido cada vez mais recorrentes.

Parnaíba, também no estado do Piauí, é uma cidade litorânea com população de 162.159 habitantes, é o segundo município mais populoso do estado do Piauí. Tem ganhado relevância pelo turismo devido ao delta do Parnaíba, que juntamente com os Lençóis Maranhenses e Jericoacoara formam uma região turística emergente. Apesar de estar na região de transição entre a Caatinga e o Cerrado, tem índices de pluviosidade altos, devido a massa tropical atlântica e abundância de massas de água. O rio Parnaíba garante à cidade estabilidade de abastecimento.

Figura 57 – Delta do rio Parnaíba, que reúne dunas, mangue e restinga



Fonte: Autor (2022).

A cidade de Guanambi na Bahia tem 87.817 habitantes e sua relevância está relacionada ao setor algodoeiro. A cidade possui múltiplos corpos hídricos, que

¹ Região formada por parte dos estados de Mato Grosso, Tocantins, Piauí e Bahia.

como no caso de Floriano garante segurança de abastecimento, porém insegurança na drenagem, tendo sido o município acometido por uma grande enchente no início dos anos 90. A região também abriga o maior polo de geração de energia eólica da América Latina.

Tabela 8 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes na área de transição entre o bioma Caatinga e o bioma Cerrado

Caatinga/Cerrado	
Quantidade de Municípios	124
Metrópoles	0
Mais de 100 mil habitantes	4
Menos de 20.000 habitantes	88
Entre 20.000 e 100.000 habitantes	32

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

Embora a previsão seja de aumento de temperatura, estas cidades possuem fontes confiáveis e perenes de água, com exceção de Minas Gerais. A disponibilidade de água permite manter uma vegetação para aplacar o calor existente nestas cidades, desde as próximas aos corpos hídricos favorecidas pela brisa de orla até a disponibilidade de água bruta para irrigação de vegetação urbana.

Esta arborização precisa ligar os parques periféricos como corredores arborizados na área urbana, mantendo o fluxo ecossistêmico e servindo para aliviar as temperaturas elevadas.

A disponibilidade de água também deve ser aproveitada nos parques e praças urbanas, que dotadas de corpos hídricos tem seu serviço ambiental de regulação térmica ampliado. As águas em áreas urbanas também são favoráveis à biodiversidade e à beleza cênica.

Para a região do Jequitinhonha, as soluções seriam muito próximas às da Caatinga, investimento em espécies bem adaptadas à seca e uso de espécies de solo raso, que podem estar em jardins verticais ou outros elementos paisagísticos.

Áreas verdes urbanas devem ter capacidade de reter água em épocas de chuva, com reserva para jardins alagáveis, mesmo que momentâneos. Isto valorizaria estas áreas em locais mais secos.

O rio Parnaíba é capaz de fornecer disponibilidade hídrica para seus arredores, para preservação de áreas lindeiras e uso de água para jardins alagados em centros urbanos próximos a ele. O aproveitamento de suas águas pode ser como os já anteriormente descritos, como áreas alagadas em centros urbanos.

O porte das cidades desta região, ainda relativamente pequeno, favorece o destino de áreas periféricas para conservação e isto deve ser encorajado para que a expansão urbana não aumente consideravelmente as temperaturas e sejam regiões cinzas urbanas. A formação de áreas conservadas nas zonas periurbanas auxiliam no planejamento dos corredores verdes dentro das cidades.

E quanto a transição entre a Caatinga e a Mata Atlântica?

Esta zona de transição é conhecida como Agreste e está situada entre a zona da mata, que é uma região úmida e cheia de brejos e o sertão semiárido. O Agreste abrange uma área que vai do Rio Grande do Norte até a Bahia, englobando também os estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe.

Geologicamente o agreste se encontra principalmente no Planalto da Borborema, entre altitudes que variam entre 500 e 800 metros – sendo o local de maior altitude do nordeste brasileiro. Este planalto, na parte voltada para o oceano Atlântico recebe ventos carregados de umidade que, em contato com o ar mais frio, provocam chuvas, chuvas orográficas e de processo diabático, porém apresenta menos umidade que do lado oposto da Serra (Ab'Saber, 2003). Para Coutinho (2016), essa área de transição compreende a Floresta Densa Sempre Verde de Encosta e a Floresta Tropical Estacional Densa Semidecídua.

Entretanto, uma caracterização de ampla escala não descreve bem a região, pois como dito anteriormente, sua principal característica é a região serrana, que apresenta grandes diferenças entre o lado barlavento e o sotavento. Também há efeito de resfriamento diabático devido a altitude, que pode trazer condições de umidade e pluviosidade bastante singulares e muitas vezes restritas a unidades territoriais bem pequenas. Na prática, a região do Agreste é uma surpreendente região que apresenta paisagens de Floresta e Caatinga, distribuídos de forma bastante irregular em acordo com elevações.

Figura 58 – Agreste em Garanhuns, PE, mostrando uma Caatinga arbórea



Fonte: Autor (2022).

A zona de transição Caatinga/Mata Atlântica contém 134 municípios (2,41% do total) e não há nenhuma metrópole nesta área de transição. A maioria das cidades da região tem menos de 20.000 habitantes, um total de 69 (51,49%), seguida pelas cidades com população entre 20.000 e 100.000 habitantes, em número de 56 (41,79%). Há 10 cidades médias (7,46% do total das cidades da região).

A cidade de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte, é a cidade de maior importância hierárquica desta área de transição, sendo uma capital regional A. Como capital regional B temos as cidades baianas de Feira de Santana e Vitória da Conquista. A cidade de Caruaru (PE) e Arapiraca (AL) são classificadas como capitais regionais C e há também os centros sub-regionais A de Garanhuns (PE) e Jequié (BA).

A cidade de Natal possui 751.300 habitantes, porém juntamente com as cidades conturbadas de Parnamirim (252.716 habitantes), São Gonçalo do Amarante (115.838 habitantes), Macaíba (82.212 habitantes) e Extremoz (61.571 habitantes), forma uma rede urbana de 1.263.637 habitantes. É um importante destino turístico brasileiro. A cidade está às margens do rio Potengi, incluindo seu estuário. O abastecimento de Natal é feito principalmente pelos lagos do município vizinho de Extremoz, formados por afloramentos das extensas formações de areia. Sua vulnerabilidade se relaciona com a formação dunar, especialmente as de mobilidade,

maioria na cidade. Esta mobilidade implica em perdas de restinga e alta erodibilidade em diversos locais.

Feira de Santana (BA) é um polo da região do recôncavo baiano, com 616.279 habitantes e juntamente com Amélia Rodrigues, Conceição da Feira, Conceição do Jacuípe, Tanquinho, São Gonçalo dos Campos forma uma região metropolitana, porém ainda sem conurbação verdadeira. A cidade registra alagamentos durante as chuvas de verão, sendo uma das razões os aterramentos de lagoas para ocupação urbana.

Vitória da Conquista (BA) tem população de 370.868 habitantes e não possui conurbação com outras cidades, sendo um polo de serviços da região. A altitude da cidade garante um clima mais ameno que no entorno, porém o abastecimento de água tem tido dificuldades em acompanhar o crescimento populacional e racionamentos de água têm sido comuns.

A cidade de Caruaru, em Pernambuco, capital regional C é também um importante polo de serviços da região. Muito conhecida pela festa de São João, possui 378.052 habitantes. Apresenta relevo irregular e rios de baixa vazão, o que compromete o abastecimento de água no município, atualmente captada da bacia do rio Capiberibe. Caruaru deve receber água do Projeto de Integração do Rio São Francisco, garantindo abastecimento nas próximas décadas.

A cidade de Arapiraca em Alagoas, também uma capital regional C, possui 234.696 habitantes e não possui ainda conurbação. O município possui baixo índice pluviométrico e sua captação é realizada no rio São Francisco, o que garante disponibilidade de água, porém não impede alagamentos, fruto de drenagens deficientes.

Garanhuns, em Pernambuco, um centro sub-regional A, possui 142.506 habitantes e está situado em altitude de 840 metros acima do nível do mar, o que lhe garante um clima diferenciado e um turismo de inverno, sendo chamada de Suíça pernambucana. O relevo da cidade é bastante irregular, devido à geologia de superfícies retrabalhadas, possuindo vales profundos, o que acarreta dificuldades na implantação de infraestrutura urbana. O abastecimento da cidade é feito por açudes, devido a intermitência dos rios.

A Jequié se localiza na região oeste da Bahia, também um centro sub-regional A. Sua população segundo o Censo de 2022 é de 158.812 habitantes. A cidade é abastecida pela bacia do rio das contas, que vem sofrendo degradação e

assoreamento e tem causado alagamentos, algumas vezes com grandes perdas. Na região a elevação que separa o litoral do interior é conhecida como Serra do Cipó.

Tabela 9 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.00 habitantes na área de transição entre o bioma Caatinga e a Mata Atlântica

Caatinga/Mata Atlântica	
Quantidade de municípios	134
Metrópoles	0
Mais de 100 mil habitantes	10
Menos de 20.000 habitantes	69
Entre 20.000 e 100.000 habitantes	56

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

Na região das dunas móveis, onde se localiza a cidade de Natal (RN), existe uma vulnerabilidade relacionada a esta mobilidade, pois a infraestrutura urbana construída sobre estes solos é fixa. O constante vento na região torna essa mobilidade ininterrupta. Os problemas de perda de faixa de areia e deslizamentos do “Morro do Careca” na praia de Ponta Negra em Natal ilustram a forma como uma ocupação mal planejada pode ficar comprometida devido a este fenômeno.

As soluções baseadas na natureza para esta questão se apoiam na vegetação fixadora de dunas, altamente eficiente como auxiliar na contenção desta movimentação. Populações tradicionais da região utilizam cercas de galhos entrelaçados para contenção da movimentação de areia, recurso que também pode ser utilizado. Existe uma predominância na direção do vento e isto deve ser considerado no planejamento da infraestrutura.

Calçamentos em pedras já são bastante utilizados, como se observa na figura, especialmente na porção norte, onde há grande predominância deste sistema de dunas, reduzem a absorção de calor e são permeáveis.

Figura 59 - Erosão no Morro do Careca



Imagem: Semurb/Prefeitura de Natal (2020).

Figura 60 - Vegetação fixadora de dunas e dunas sem vegetação e casa com cerca de galhos entrelaçados comum na região



Fonte: Autor (2022).

Na região de Garanhuns há bastante variabilidade de altitude, desfavorecendo a agricultura de larga escala e reduzindo modificações no uso do solo, diminuindo vulnerabilidades. A cidade está situada no alto da serra, tendo vertente onde há predominância de Caatinga e vertente com predominância de Mata Atlântica. A cidade possui parques e não tem grandes vulnerabilidades. Na região periurbana se observam muitos “barreiros”, nome dado na região aos pequenos

açudes de acumulação de água para uso em pequenas propriedades. Esses barreiros garantem abastecimento para pequenas criações de animais e lavoura de subsistência.

Figura 61- Feição do Planalto da Borborema em Garanhuns, mostrando solo rochoso, ondulações de relevo e um barreiro



Fonte: Autor (2022).

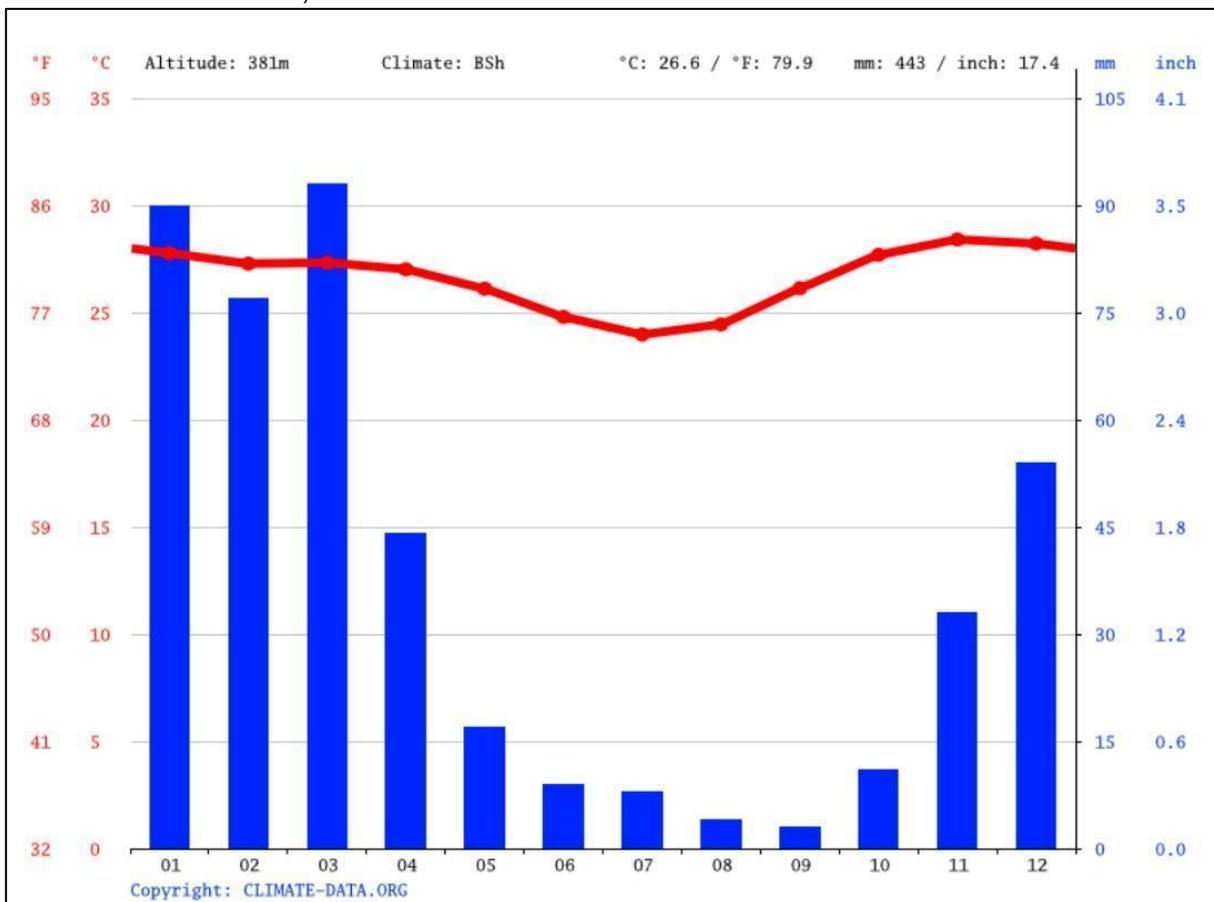
4.2.1 O hidropolo de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA)

O clima prevalecente é conhecido como um clima de estepe local. Ao longo do ano existe pouca pluviosidade em Petrolina. O clima é classificado como BSh segundo a classificação Köppen e Geiger. A pluviosidade média anual é de 443 mm.

Por estar a cidade de Petrolina localizada perto da linha do Equador, os verões não são fáceis de definir, devido a pouca variação da incidência de luz solar. A temperatura média do mês de novembro, o mês mais quente do ano, é de 28.4°C e julho, mês de temperatura mais baixa, tem média de 24.0°C, apresentando pouca variação entre a média mais baixa e a média mais alta.

O mês mais seco tem uma diferença de precipitação de 90 mm em relação ao mês mais chuvoso. A umidade relativa mais baixa durante o ano é em outubro, de 45,19%. O mês com maior umidade é março, com 59,56%. Setembro é o mês menos com menos dias de chuva, menos que 1 dia, com média de 0,5 dias. Março é o mês mais chuvoso, com quase 11 dias de chuva, média de 10,83 dias de chuva.

Figura 62 – Gráfico de médias de temperatura e pluviosidade ao longo do ano em Petrolina, PE



Fonte: Climate-data.org ([2023]).

Figura 63 – Tabela de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), chuva (mm), umidade e quantidade de dias chuvosos, entre 1999 e 2019

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	27.8	27.3	27.3	27	26.1	24.8	24	24.4	26.1	27.7	28.4	28.2
Temperatura mínima (°C)	23.1	22.9	23	22.7	21.9	20.7	19.7	19.4	20.3	21.8	22.9	23.3
Temperatura máxima (°C)	32.9	32.4	32.3	32	31	29.7	29.1	30.2	32.4	33.9	34.1	33.5
Chuva (mm)	90	77	93	44	17	9	8	4	3	11	33	54
Umidade(%)	55%	59%	60%	58%	59%	59%	57%	53%	47%	45%	47%	50%
Dias chuvosos (d)	7	8	8	6	3	1	1	0	0	1	3	5
Horas de sol (h)	9.3	8.6	8.4	7.6	6.1	5.4	5.4	6.8	8.0	8.7	9.5	9.8

Fonte: Climate-data.org ([2023]).

Petrolina tem uma população de 386.786 habitantes e está conurbada com Juazeiro, com população de 235.816 habitantes, juntas abrigam uma população de 622.602 habitantes. As cidades tiveram rápido crescimento e desenvolvimento, impulsionado pela fruticultura.

Ambas as cidades estão às margens do rio São Francisco e separadas por este, mas ligadas por uma ponte. Além da ponte a travessia também pode ser feita em barco, ofertada por pequenos barcos cujos proprietários realizam a travessia para transeuntes de um lado a outro.

Figura 64 – Ponte que liga Petrolina e Juazeiro



Fonte: Autor (2022).

A orla do rio é urbanizada nos dois lados. Em Juazeiro essa ocupação da orla é mais antiga, tendo passado por vários estágios de modificação, com intervenções de revitalização. A ocupação urbanística da orla em Petrolina é mais recente e inclusive já permite edificações mais altas, com presença de hotéis de redes nacionais e internacionais.

Figura 65 – Orla do rio São Francisco em Juazeiro, vista de Petrolina



Fonte: Autor (2022).

Figura 66 - Orla do rio São Francisco em Petrolina, vista de Juazeiro



Fonte: Autor (2022).

A arborização, nas duas cidades, é escassa, especialmente na região central. Nas avenidas há canteiros centrais que recebem árvores, e são espaços muito concorridos pela sombra produzida, em um lugar onde o calor é constante e agravado pelo fenômeno de ilha de calor. Nas calçadas das residências e comércios, entretanto, se observa que são raras as árvores plantadas, mesmo quando há espaço.

Figura 67 – Termômetro dentro de ônibus urbana em Petrolina, onde altas temperaturas são constantes durante todo o ano, aqui em outubro



Fonte: Autor (2022).

Figura 68 – Área residencial de expansão urbana em Petrolina, com arborização no canteiro central na avenida principal do bairro



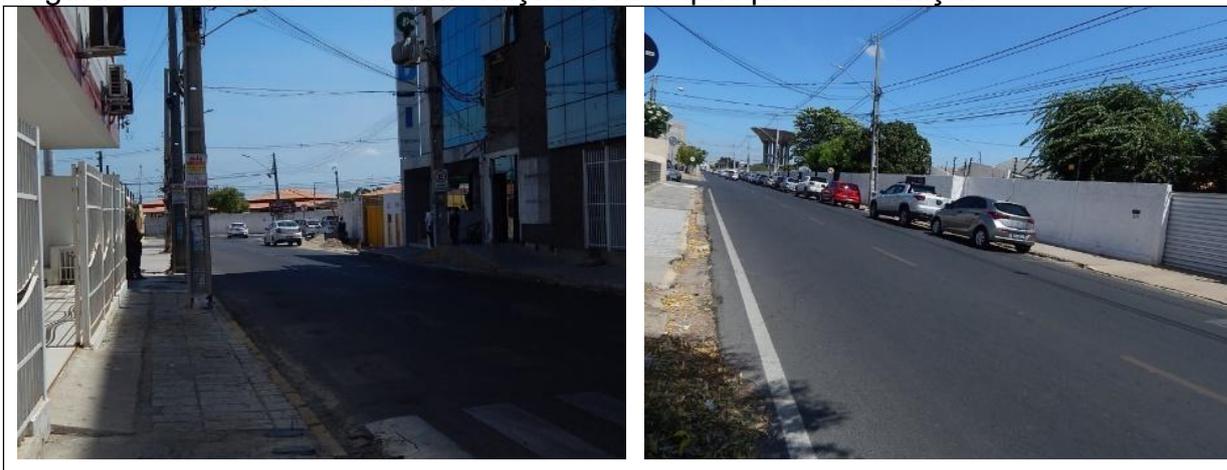
Fonte: Autor (2022).

Figura 69 – Avenida central em Petrolina, onde se observa arborização e uso do espaço sombreado



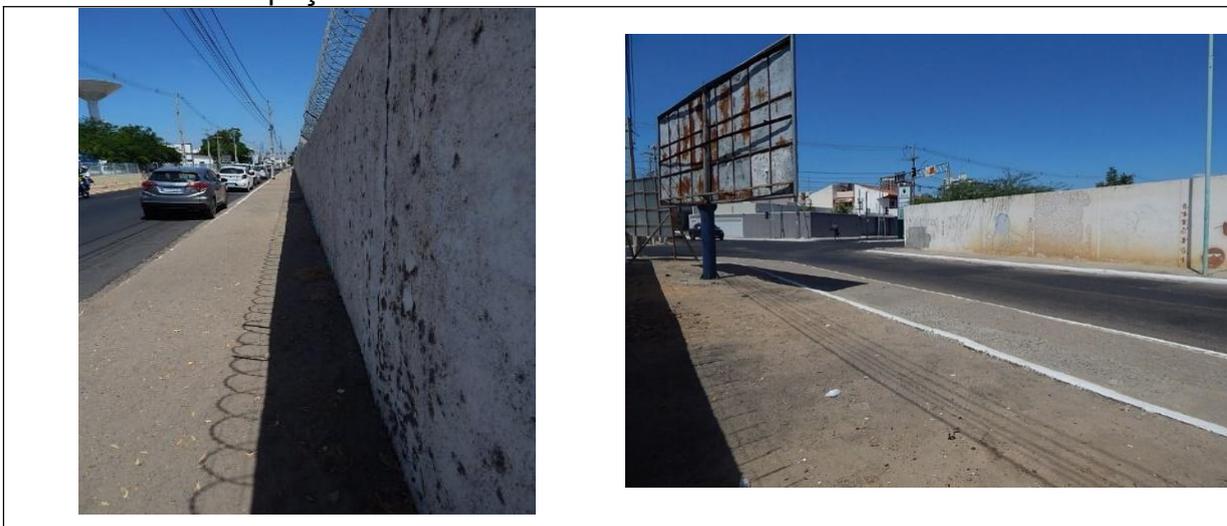
Fonte: Autor (2022).

Figura 70 – Áreas centrais com calçadas sem qualquer arborização



Fonte: Autor (2022).

Figura 71 – Áreas centrais com calçadas sem arborização, mesmo com condições de espaço



Fonte: Autor (2022).

Em diversos lugares é possível observar também o plantio de árvores muito jovens, em tamanho menor do que o recomendado para áreas urbanas, o que implica em maior mortalidade e maior tempo para crescimento.

Figura 72 – Indivíduos jovens de tamanho inadequado para arborização de vias públicas em bairro em zona de expansão urbana



Fonte: Autor (2022).

Na área central de Petrolina está o Parque Municipal Josepha Coelho, principal e único parque na cidade. O parque tem vasta área, abriga um viveiro de mudas e dispõe de equipamentos de lazer, porém encontra-se negligenciado, podendo se transformar em uma floresta urbana caso receba espécies arbóreas. Há áreas onde não há equipamentos de lazer com solos mais profundos e úmidos e outras com solos mais secos, porém todas podem ser melhor arborizadas. Mesmo o estacionamento do parque, facilmente arborizável, dispõe de pouca vegetação.

Figura 73 – Área do Parque Josepha Coelho, com solos mais úmidos, que pode receber mais espécies arbóreas



Fonte: Autor (2022).

Figura 74 – Áreas com equipamentos de lazer que poderiam ser melhor arborizadas



Fonte: Autor (2022).

Figura 75 – Viveiro de mudas dentro do Parque Josepha Coelho



Fonte: Autor (2022).

Figura 76 – Áreas mais secas, mas que também podem receber mais arborização



Fonte: Autor (2022).

Figura 77 – Área de estacionamento, também mal arborizada



Fonte: Autor (2022).

Figura 78 – Praça que poderia ser adensada em vegetação



Fonte: Autor (2022).

Há outras áreas de lazer e praças na cidade, porém, todas com menos arborização do que seu potencial. Considerando o calor constante da cidade, isto precisa ser muito melhorado. O uso de água nestas praças e parques é primordial para auxiliar na regulação térmica. A disponibilidade de água do rio São Francisco precisa ser bem aproveitada para esta questão.

Na cidade de Juazeiro a situação da arborização não é diferente, com extensas áreas sem um indivíduo sequer. Nota-se um aproveitamento de lugares onde indivíduos isolados produzem sombra, aproveitamento que se dá tanto para comércio informal como para estacionamento de veículos.

Ambas as cidades também não valorizam espécies locais e utilizam indivíduos exóticos. Um exemplo é a árvore Neen, facilmente observável nas cidades.

Figura 79 – Extensas áreas sem arborização em Juazeiro



Fonte: Autor (2022).

Figura 80 – Presença de sombra torna-se atrativo



Fonte: Autor (2022).

Juazeiro conta com um rio urbano que percorre toda a área central e deságua no rio São Francisco, em área periurbana da cidade. Este rio forma uma lagoa em área urbana do município e suas áreas de preservação permanente poderiam ser transformadas em um extenso parque linear, revitalizando e valorizando estas áreas, garantindo mais qualidade ambiental para a cidade.

O rio, porém, faz parte de um projeto viário de integração, e suas margens estão se transformando em avenidas marginais. A história do país tem mostrado que estas ações são, na imensa maioria das vezes, irreversíveis e perdem-se uma oportunidade de incrementar a qualidade ambiental da cidade.

O uso da água do rio em jardins alagados laterais e sistemas de bombeamento como chafariz tornariam a área um oásis verde e úmido em meio a uma área urbana bastante quente.

Figura 81 - Preparo de margem de rio para uso viário



Fonte: Autor (2022).

Figura 82 – A obra se estende por diversos bairros da cidade



Fonte: Autor (2022).

Figura 83 - Mesmo onde não há avenida projetada não há preservação das margens



Fonte: Autor (2022).

Figura 84 - Local onde o rio recebe efluente da estação de tratamento de esgotos de Juazeiro



Fonte: Autor (2022).

Já próximo à foz do rio São Francisco, também próximo à estação de tratamento de esgotos, o rio ganha alguma vitalidade, com vegetação espontânea em suas margens. Esta área é considerada zona rural do município, mas está localizada em uma área periurbana e pode, portanto, se tornar uma área de preservação.

Destinar áreas periurbanas à conservação, através do estabelecimento de parques é uma forma de valorizar estas áreas e aumentar a qualidade ambiental urbana das cidades. Posteriormente é possível planejar corredores entre áreas preservadas, e neste caso, incrementar os benefícios da brisa da orla do rio São Francisco.

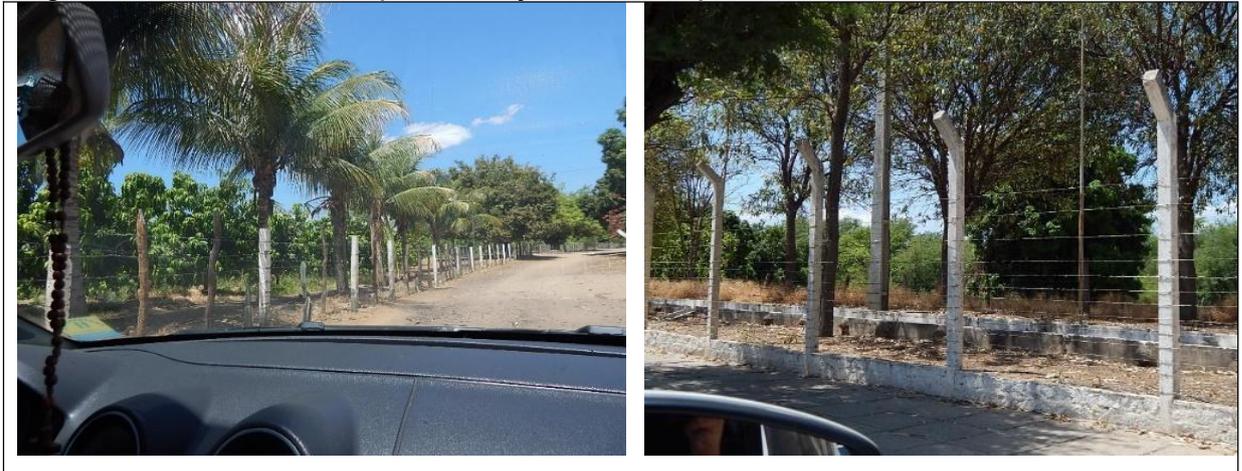
Figura 85 – Próximo a foz com o rio São Francisco há crescimento espontâneo de vegetação



Fonte: Autor (2022).

Nesta região já há presença de áreas de fruticultura. As culturas perenes garantem vegetação permanente, melhorando a qualidade do ar.

Figura 86 - Fruticultura é praticada já em áreas periurbanas



Fonte: Autor (2022).

Para a Caatinga, podemos destacar diversos aspectos.

Na Caatinga há poucos centros de maior hierarquia, mas os que existem representam expoentes de desenvolvimento social e econômico e hoje recebem população migrante em busca de oportunidades das cidades vizinhas e de centros distantes, pressionando estas cidades por uma expansão urbana. O mesmo acontece nas áreas de transição, especialmente na Zona da Mata.

Há grande quantidade de municípios pequenos no bioma que precisam ser apoiados com disponibilidade hídrica para evitar migrações e garantir as culturas de subsistência, já que existe um histórico de migrações destes centros em eventos de secas prolongadas ou extremas.

O uso de espécies perenes precisa ser incentivado para aplacar o calor nas cidades. Onde existir água disponível esta precisa ser utilizada para irrigação da vegetação urbana e culturas.

As espécies arbóreas devem dispor de algum espaço para retenção de águas pluviais para auxiliar na entrada desta água no solo.

Há diversas plantas que podem ser utilizadas em jardins verticais, mimetizando vegetação de formações rochosas, como cactáceas e bromeliáceas.

A transposição do rio São Francisco é uma oportunidade de estabelecer múltiplas soluções baseadas na natureza, como áreas de conservação, parques e

praias artificiais que podem incrementar a qualidade ambiental das cidades e impulsionar atividades de lazer e turismo.

A irrigação com água do rio São Francisco pode ser utilizada em diversas cidades com a transposição, disponibilizando esta água para culturas perenes, transformando o clima urbano, como já acontece em Petrolina e Juazeiro.

O ciclo de urbanização com grandes arruamentos, uso de asfalto de forma indiscriminada, canalização de córregos e impermeabilização do solo precisa ser contido e as políticas públicas precisam incentivar tecnologias verdes nas cidades.

4.3 CERRADO E ZONA DE TRANSIÇÃO CERRADO/MATA ATLÂNTICA

A caracterização do Cerrado envolve diversas feições.

O bioma Cerrado é uma formação vegetal que conta com uma grande biodiversidade, com cerca de 10 mil espécies de plantas e habitado pela maior variedade de mamíferos de grande porte da América do Sul (Gwynne, 2010).

Conhecido como a savana brasileira, é o segundo maior bioma do Brasil e da América do Sul. Localiza-se em uma área com grande potencial aquífero e diversos tipos de vegetações. No Brasil, este bioma tem o seu centro de distribuição no planalto Central, todavia, suas áreas periféricas, situadas mais ao sul, chegam até o Paraná, na forma de manchas isoladas, nos municípios de Campo Mourão e Jaguariaíva; rumo ao norte, atingem Roraima, já perto das divisas com a Venezuela. No Nordeste, aparecem nos tabuleiros, baixos planaltos e chapadas. A oeste, chegam até a Bolívia, na região do Beni. No Brasil, esse enorme espaço geográfico se estende ao todo por cerca de 1,5 milhões de km². O valor de 2 milhões de km² frequentemente citado na literatura refere-se ao domínio do Cerrado, e não ao bioma (Coutinho, 2016).

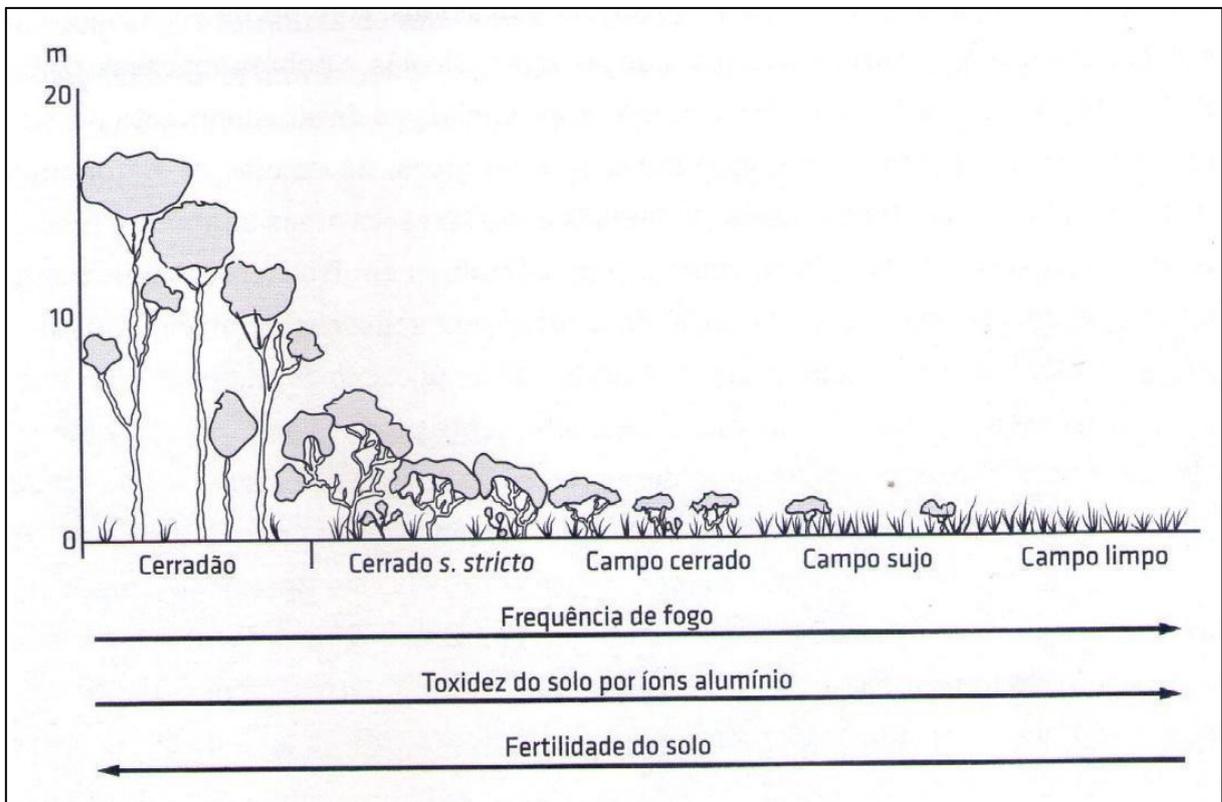
O Cerrado domina o interior do país, nas suas mais diversas formas e abriga nascentes das grandes bacias hidrográficas brasileiras. O bioma não é uniforme, tendo diversas feições dependendo de fatores ambientais, ecológicos, edáficos, climáticos entre outros. Há diversas denominações utilizadas para as feições do Cerrado, e por não ser alvo ou objetivo deste trabalho, descrevemos brevemente para um entendimento apenas didático, presente em Gwynne (2010), bastante utilizado por estudiosos de aves, que seriam os Campos, o Cerrado típico, o Cerradão e Mata Seca, as Matas de Galeria e os Jardins de Rocha.

Os Campos podem ser limpos, formados por gramíneas e outras herbáceas, sujo, com arbustos e arvoretas espalhadas entre a vegetação herbácea, úmido em áreas de permanente alagamento e o rupestre, encontrado em terrenos rochosos e de solo raso. O Cerrado típico, formado por densa cobertura de gramíneas, ervas e moitas, entre as quais crescem árvores baixas e espaçadas, cujas copas não se tocam. O Cerradão e a Mata Seca prosperam em ambientes não associados a cursos d'água, porém com árvores mais adensadas, já formando um dossel e em solo mais fértil a Mata Seca difere nas espécies de árvores, com presença mais marcante de espécies mais altas e decíduas. A Mata de galeria, associada a cursos

d'água, forma um dossel verde, com presença de palmeiras. Os Jardins de rocha, típica da Serra do Espinhaço, ocorre em rochas, com presença de plantas adaptadas a este ecossistema.

Muito característico do Cerrado é a presença do fogo, acionado por descargas elétricas, que ocorre ocasionalmente, mas marca a fitofisionomia, provocando sucessões ecológicas.

Figura 87 – Feições do Cerrado, mostrando frequência de fogo, toxidez por alumínio e fertilidade do solo



Fonte: Coutinho (2016, p. 48).

Figura 88 – Feição de Cerrado no Jalapão, TO



Fonte: Autor (2022).

Figura 89 – Feições de Cerrado na Chapada das Mesas



Fonte: Autor (2022).

Do ponto de vista climático o Cerrado possui estação seca marcante, mais longa na região central do país e menos longa nas bordas de transição. O verão é úmido e o inverno, seco. A ocorrência de baixas temperaturas é ocasional, e a temperatura tem variação sazonal (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

Nas regiões centrais as secas podem facilmente passar dos cem dias. Segundo o INMET, 2022 registrou a pior estiagem dos últimos 52 anos em Brasília. Em 1970, o Distrito Federal registrou 135 dias consecutivos sem chuva. O recorde maior se deu em 1963, com 164 dias de seca.

O Cerrado tem transição com todos os demais biomas brasileiros, com exceção dos Pampas, e apresenta variações climáticas e fisionômicas dependendo da proximidade com os outros biomas. Ao Sul, sudeste e Noroeste, nas transições com Amazônia e Mata Atlântica o clima é mais úmido enquanto que na transição com a Caatinga e nas regiões centrais, mais seco.

O bioma Cerrado abrange grande parte do país e contém 765 municípios dos 5570 do país (13,76% do total) e possui duas metrópoles, Brasília e Goiânia. A região possui 20 cidades médias, com mais de 100.000 habitantes (2,61% do total das cidades da região) e alta concentração de pequenas cidades com menos de 20.000 habitantes, um total de 604 (78,95% das cidades do bioma). Entre 20.000 e 100.000 habitantes há 139 cidades (18,17%).

O Cerrado tem duas metrópoles, Brasília, que conta atualmente com 2.817.068 habitantes. Aqui é importante salientar que o arranjo urbano de Brasília, apesar de ser na prática uma região metropolitana, ou seja, cidades próximas entre si, que trocam serviços, é tratada pelo IBGE como um único município, que compreende o Distrito Federal. Ainda há cidades no entorno da divisa do Distrito Federal, no estado de Goiás, que formam a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE). Estas cidades são Águas Lindas de Goiás (225.671 habitantes), Cidade Ocidental (91.767 habitantes), Luziânia (208.725 habitantes), Novo Gama (103.804 habitantes), Padre Bernardo (34.967 habitantes), Planaltina (105.031 habitantes), Santo Antônio do Descoberto (72.134 habitantes) e Valparaíso de Goiás (198.861 habitantes) que juntas tem população de 3.858.028 habitantes.

Brasília é uma metrópole nacional, exercendo influência nesta abrangência. Seu rápido e vertiginoso crescimento gerou inúmeros problemas urbanos, em todas as áreas, saneamento, conflitos sociais, ocupação desordenada, desigualdades de todos os tipos, e abriga, inclusive, a maior favela do país. Os problemas de abastecimento são também conhecidos e episódios de racionamento são rotina.

Goiânia, com 1.437.237 habitantes, tem sua região metropolitana formada pelas cidades de Abadia de Goiás (19.128 habitantes), Aparecida de Goiânia (527.550 habitantes), Goianira (71.916 habitantes), Nerópolis (31.932 habitantes), Senador Canedo (155.635 habitantes) e Trindade (142.431 habitantes), com população de 2.385.829 habitantes. Goiânia é um caso diferente de Brasília. Com crescimento mais lento, sustenta índices de qualidade ambiental urbana muito favoráveis, sendo por vezes considerada a cidade com maior número de área verde por habitante. Como as cidades do cerrado, Goiânia possui período de seca prolongado, no qual há problemas de qualidade do ar e consequências físicas da baixa umidade do ar, porém, os bons índices de qualidade ambiental amenizam o problema.

As capitais dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul são capitais regionais A. Campo Grande, com população de 897.938 habitantes, sustenta excelentes índices de qualidade ambiental urbana, com áreas verdes bem localizadas e boa quantidade de árvores. Diversas avenidas possuem arborização em canteiro central, permitindo o uso de espécimes de grande porte.

O caso de Cuiabá (650.912 habitantes) já é um pouco diferente, com um centro histórico maior, no qual o arruamento é mais estreito e restringe o porte das árvores, esta região tem problemas com as altas temperaturas registradas na cidade, entretanto, há praças na região central que ajudam na circulação do ar e no controle térmico. A cidade está conturbada com Várzea Grande, que conta com 472.299 habitantes, e juntas formam uma região metropolitana com 950.384 habitantes, separadas pelo rio Cuiabá e ligadas por uma ponte. A cidade não se utiliza muito de água, como chafarizes ou pequenos lagos, que poderiam ser muito úteis no controle térmico. Grandes obras na cidade também dificultaram plantio de árvores e desenvolvimento destas.

A outra capital de estado deste bioma é Palmas, no estado do Tocantins, com população de 302.692 habitantes. Esta cidade foi planejada, entretanto, a ideia do arruamento largo não resultou em uma arborização vistosa e caminhadas pela cidade, em condições sempre muito quentes é desencorajada. Posteriormente foi construída uma praia artificial, na represa ao lado da área urbana. A área representou um eixo de desenvolvimento de lazer com maior conforto térmico, porém é relativamente afastada do centro urbano e seus efeitos não chegam à região central. O crescimento habitacional se desloca para bairros adjacentes, que podem ser verticalizados, sem grande conforto de qualidade ambiental.

Há neste bioma cinco Centros sub-regionais A, sendo eles Anápolis e Rio Verde no estado de Goiás, Caxias, no estado do Maranhão, Patos de Minas no estado de Minas Gerais e Barra do Garças, no estado do Mato Grosso.

Anápolis possui 398.817 habitantes e está localizada no planalto central, o que lhe confere pouca declividade e boa estabilidade geológica. Os rios, apesar de pequenos, próximos às nascentes, costumam transbordar em épocas de chuvas. O abastecimento da cidade é feito por captação superficial em diversos córregos e não está estrangulado.

Rio verde tem 225.696 habitantes, sendo também plana e com economia voltada ao agronegócio. Como Anápolis, possui pequenos córregos que

transbordam na época das chuvas, que costumam ser intensas e de pouca duração. A captação para abastecimento do município é superficial e com boa disponibilidade.

Patos de Minas (MG), também no Planalto Central, tem 159.235 habitantes e relevo caracterizado por grandes extensões altas e planas. A cidade é cortada pelo rio Paranaíba, que também atende o município no abastecimento de água. Como grande parte das cidades cortadas por rios, Patos também tem registrado enchentes e alagamentos.

Caxias tem 156.970 habitantes, sendo um centro rodeado por centros urbanos menores. A cidade fica às margens do rio Itapecuru, que tem aumentado os episódios de enchentes em todo seu percurso, tendo este ano de 2023 deixado inúmeras cidades do estado alagadas. A cidade conta com sistema distribuído de captação e distribuição, contando com poços em locais isolados e captação superficial para áreas com maior demanda.

Barra do Garças (MT), com pouco menos de 50 mil habitantes está entre os rios Garças e Araguaia, os quais separam as conurbações deste município com Pontal do Araguaia (GO) e Aragarças (GO) somam mais 30 mil habitantes à região. Os três municípios são separados apenas pelos rios. As cidades são referências para quem visita o Parque do Xingu. Há cachoeiras e trilhas para turismo ecológico e praias fluviais, especialmente no rio Araguaia, que registra eventualmente eventos de alagamentos.

Tabela 10 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes no bioma Cerrado

Cerrado	
Quantidade de municípios	765
Metrópoles	2
Mais de 100 mil habitantes	20
Menos de 20.000 habitantes	604
Entre 20.000 e 100.000 habitantes	139

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

No Cerrado estão projetados aumentos de temperatura e queda de pluviosidade. Pela extensão do Bioma, com características climáticas e florísticas bastante variáveis, as mudanças climáticas devem afetar de forma diferente as diversas regiões.

O bioma é marcado por uma estação seca pronunciada, maior na porção central do bioma e próximo à transição com a Caatinga e pouco menor próximo às áreas de transição com a Mata Atlântica, especialmente em regiões do estado do Mato Grosso do Sul e noroeste de São Paulo.

As áreas mais centrais, em especial no chamado Planalto Central, onde o período seco é mais longo, já sofrem com escassez de água e esta situação deve se tornar mais crítica com as mudanças climáticas, afetando ainda mais o abastecimento destes núcleos urbanos, pois os períodos secos mais longos já se fazem sentir.

O Cerrado é bem adaptado a períodos secos e sua transformação entre os períodos é notável. Já nas primeiras chuvas as plantas apresentam rápida brotação e mudam a paisagem seca para um verde intenso.

A vegetação associada a cursos d'água resiste durante todo o período seco, e sendo adaptada a esta situação, não se vislumbra mudança mesmo com um período seco mais longo, pois os cursos d'água são na sua maioria, perenes.

As áreas de afloramento, as chamadas Veredas, são uma marca deste bioma e podem estar em risco com estiagem prolongadas provocadas pelas mudanças climáticas.

A elevação da temperatura é um fator preocupante, pois pode aumentar o déficit hídrico por um período mais longo, inclusive mais longo do que determinadas plantas podem suportar.

O El Niño traz naturalmente temperaturas mais altas e também secas mais prolongadas ao Cerrado e isto será agravado pelas mudanças climáticas, especialmente na porção norte do bioma e na transição com a Caatinga. Já na transição com a Mata Atlântica este fenômeno provoca tempestades devido a entrada de massas de ar mais frio oriundas do sul do país. As mudanças climáticas devem agravar essa questão e são esperadas tempestades mais severas sempre que houver esses encontros de massas de ar.

Eventos de fogo, comuns no bioma, devem aumentar com as mudanças climáticas, agravadas pela degradação que o bioma vem sofrendo.

As metrópoles deste bioma são exemplos em florestas urbanas, contando com grande quantidade de áreas verdes por habitante e grandes parques urbanos, o que não impede Brasília e Goiânia de sofrerem com escassez de água para abastecimento.

O problema, entretanto, é mais grave em Brasília e as vulnerabilidades estão relacionadas com a grande desigualdade social do Distrito Federal, que conta com ocupações irregulares que comprometem a qualidade ambiental urbana como um todo. Em uma cidade que supera os 100 dias anuais sem precipitação a vulnerabilidade está relacionada à baixa umidade do ar, agravada pela urbanização.

Especialmente nas cidades satélites é imprescindível investir em arborização, com espécies adaptadas à escassez hídrica, decíduas, com raízes profundas e resistentes. As áreas verdes, abundantes na região central, são escassas na periferia e precisam ser compensadas com arborização eficiente em fornecer serviços de sombreamento e evapotranspiração, mesmo que se faça necessário irrigar. Devido à baixa umidade do ar, o sombreamento tem grande impacto na temperatura do ar, que oscila mais devido a um calor específico do ar menor que da água.

As cidades de Cuiabá (MT) e Palmas (TO), embora não se vislumbre problemas em curto prazo de abastecimento, são cidades que registram altas temperaturas e períodos prolongados de seca, situações que devem se agravar e merecem atenção por parte das autoridades.

Estas cidades são também marcadas por segregação espacial, com melhores condições de qualidade ambiental nas regiões mais abastadas. Palmas e Cuiabá são cidades quentes e uma vegetação robusta é necessária para atenuar esse desconforto. Como ambas as cidades possuem grande disponibilidade de água bruta, programas de irrigação de floresta urbana são importantes. Nestes casos, também é necessário dar atenção a jardins verticais, especialmente em cidades mais antigas, como Cuiabá, com regiões centrais consolidadas e pouco espaço para arborização urbana. As áreas de expansão destas cidades já possuem arruamentos e calçadas mais largas, precisando apenas de incremento vegetal em espaços disponíveis.

Este bioma apresenta um rápido e acelerado crescimento das cidades médias, observável especialmente no noroeste do estado de São Paulo, sudoeste de Minas Gerais e sul de Mato Grosso do Sul. A marcante estação seca desta região,

projetada para se agravar pelas mudanças climáticas, e já observável nos últimos anos, traz a necessidade de um planejamento de floresta urbana voltada para amenizar estes efeitos deletérios. Nestes casos uma vegetação com maior capacidade de retenção de água no solo é desejável.

Para estas cidades médias o estabelecimento de parques em zonas periurbanas é primordial, pois atenua o efeito de ilha de calor urbana que deve aumentar com a expansão das cidades.

Quanto aos corpos hídricos urbanos estes já foram, em grande parte, retificados. Esta retificação diminui a área dos córregos e o aumento de vazão provocado pela impermeabilização do solo urbano causa alagamentos, por isso, sempre que possível podem ser escavados leitos adicionais e também lagoas de retenção de água e esta água pode ser aproveitada para irrigar o verde urbano.

Infelizmente os períodos longos de seca e as tempestades não favorecem jardins verticais, que precisariam ser irrigados na seca e poderiam ser arrancados nos eventos de tempestades.

Para diminuir o rápido escoamento das águas pluviais é preciso aumentar a área verde nas cidades, que podem reter as águas temporariamente. Aumentar a permeabilidade do solo urbano também é importante e para isso é preciso evitar o uso do asfalto sempre que possível, em áreas laterais destinadas ao estacionamento de veículos nas ruas e também em estacionamentos públicos e privados.

Políticas públicas que limitem materiais construtivos que absorvem e emitem muito calor teriam efeitos positivos nestas cidades.

O uso de água nas áreas verdes e praças urbanas aumenta significativamente os serviços ambientais de regulação térmica e melhoram a paisagem. Também propiciam que a biodiversidade nestas cidades seja incrementada.

A transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica possui diferenciações.

A transição entre Cerrado e Mata Atlântica aqui abordada refere-se a sua porção sul e sudeste, nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná e São Paulo. Esta faixa de transição não se caracteriza por uma fisionomia própria, mas como uma zona que reúne características de ambos os biomas.

Esta situação faz com que uma descrição desta zona não seja pertinente, entretanto, é preciso ressaltar que sob o ponto de vista urbano, pode ser uma característica positiva, pois pode aumentar as possibilidades de uso de espécies destes dois biomas, facilitando a adaptação dos indivíduos.

Trabalhos de levantamento de fauna e flora realizados por Silveira (2010) e Falcão (2019) corroboram o entendimento de que a disponibilidade hídrica é fator preponderante para a dominância entre um dos biomas. Se considerarmos o fato de que lidamos aqui com ambientes urbanos, que possuem temperatura maior e umidade menor que o entorno, temos uma situação na qual o Cerrado será um melhor espelho para desenvolvimento de soluções baseadas na natureza.

A zona de transição Cerrado/Mata Atlântica abriga 395 municípios dos 5570 do país (7,24% do total) e possui uma metrópole, Belo Horizonte (MG). A região possui 28 cidades médias (7,09% do total das cidades da região) e 118 cidades entre 20.000 e 100.000 habitantes (29,87%). As cidades com menos de 20.000 habitantes totalizam 248, representando 62,78% do total.

Esta zona de transição abriga a importante metrópole de Belo Horizonte, com 2.315.560 habitantes. A região metropolitana é composta pelos municípios conurbados de Betim (411.859 habitantes), Caeté (38.776 habitantes), Contagem (621.865 habitantes), Ibirité (170.387 habitantes), Lagoa Santa (75.145 habitantes), Nova Lima (111.697 habitantes), Pedro Leopoldo (62.580 habitantes), Raposos (16.279 habitantes), Ribeirão das Neves (329.794 habitantes), Rio Acima (10.261 habitantes), Sabará (129.372 habitantes), Santa Luzia (218.805 habitantes) e Vespasiano (129.246 habitantes), formando um aglomerado urbano de 4.641.626 habitantes. Há municípios considerados como da RM e outros que foram um chamado colar metropolitano, mas esta discussão foge aos objetivos deste texto. Como uma grande região metropolitana, a RMBH possui inúmeras fragilidades urbanas, como alagamentos, deslizamentos de terra, ocupações irregulares e toda sorte de problemas urbanos.

Um importante centro desta zona é a cidade de Ribeirão Preto (SP), com 698.259 habitantes, sendo uma capital regional B. Embora se fale em região metropolitana, não existe ainda uma conurbação entre Ribeirão Preto e as cidades vizinhas. A cidade é conhecida pelas altas temperaturas e pelas baixas porcentagens de umidade do ar no período seco. O abastecimento é feito por água subterrânea, do aquífero Guarani.

Nesta zona de transição encontramos outros centros importantes, classificados como Capitais regionais C, sendo: Araraquara, Bauru, Marília, Piracicaba e Araraquara no estado de São Paulo, Uberlândia e Divinópolis, no estado de Minas Gerais e Dourados, no estado de Mato Grosso do Sul.

Cerca de 100 km ao sul de Ribeirão Preto, ainda ao norte do rio Tietê, está Araraquara, com 242.228 habitantes, sendo conturbada com Américo Brasiliense, cidade com 33.019 habitantes, que também é abastecida com água do aquífero Guarani. Apesar dos poucos problemas urbanos, a cidade registra pequenos alagamentos em vias marginais a córregos canalizados.

Ainda no estado de São Paulo, ao sul do rio Tietê, está Marília, na região centro-oeste do estado de São Paulo, com 237.629 habitantes. A cidade registra problemas de drenagem em eventos de alta pluviosidade, assim como Bauru, situada na mesma região, com 379.146 habitantes.

Na região nordeste do estado se destaca Piracicaba, com 423.323 habitantes. O rio Piracicaba, que corta a cidade, apresenta problemas de extravasamento do leito e da qualidade da água, que responde por parte da captação para abastecimento.

A oeste de Belo Horizonte, está Divinópolis, com 231.091 habitantes, que também registra problemas de alagamentos pelo transbordamento dos rios Itapecerica e Pará, de onde capta sua água de abastecimento.

Uberlândia se localiza na região conhecida como Triângulo Mineiro, extremo oeste do estado e possui 713.232 habitantes. A cidade apresenta vulnerabilidade a alagamentos nas áreas centrais e erosões em áreas periurbanas e rurais.

Dourados tem 243.368 habitantes e é a cidade mais relevante hierarquicamente do sul do estado do Mato Grosso do Sul. A cidade registra alagamentos pontuais. Dourados capta água para abastecimento do aquífero Guarani.

Esta região abriga ainda nove centros sub-regionais. Próximos à divisa com o estado de Minas Gerais, junto ao rio Grande, estão Barretos (122.485 habitantes) e Franca (352.537 habitantes). Ao norte da região metropolitana de Limeira estão Rio Claro (com 201.418 habitantes e conurbada com Santa Gertrudes, de 23.611 habitantes) e São Carlos (254.822 habitantes).

Em região mais central do estado, junto ao rio Tietê, estão Botucatu (145.155 habitantes) e Jaú (133.497 habitantes). Estas cidades registram problemas de drenagem em eventos de pluviosidade mais intensa, com destaque para São Carlos, onde enchentes tem sido um problema recorrente por décadas. Há registros de estrangulamento em abastecimentos em épocas de seca mais severa.

Em Minas Gerais, junto à porção sudeste da represa de Furnas, se localiza Alfenas, com 78.970 habitantes. Também neste estado está Passos, com 111.939 habitantes, próximo a Furnas e ao sul do Parque Nacional da Serra da Canastra.

Já no estado de Goiás, está Itumbiara, com seus 107.970 habitantes, conturbada com Araporã, um pequeno centro urbano de 8.479 habitantes. A cidade tem vulnerabilidade a alagamentos, registrando enchentes eventuais em eventos de maior pluviosidade.

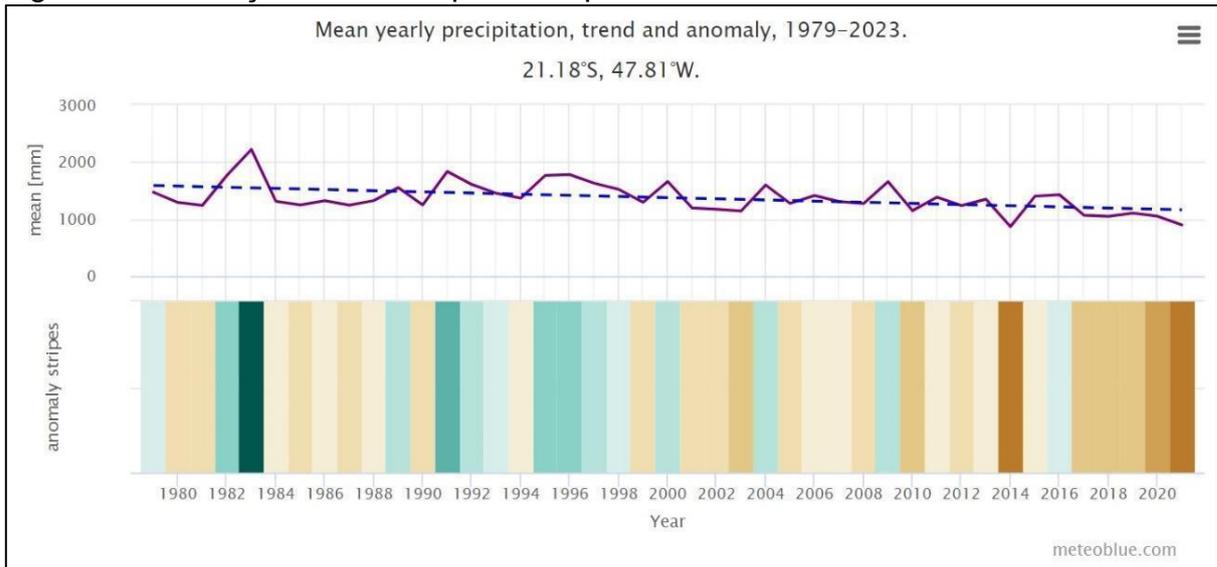
Tabela 11 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes na região de transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica

Cerrado/Mata Atlântica	
Quantidade de municípios	395
Metrópoles	1
Mais de 100 mil habitantes	28
Menos de 20.000 habitantes	248
Entre 20.000 e 100.000 habitantes	118

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

Embora no Cerrado as projeções indicam aumentos de temperatura e queda de pluviosidade, na Mata Atlântica há projeção de aumento de chuvas. Embora paradoxal, as zonas de transição carecem mesmo de certezas sobre projeções. Entretanto, dados disponíveis indicam queda da pluviosidade nesta região, especialmente no noroeste paulista.

Figura 90 – Medições indicam queda na pluviosidade em Ribeirão Preto, SP



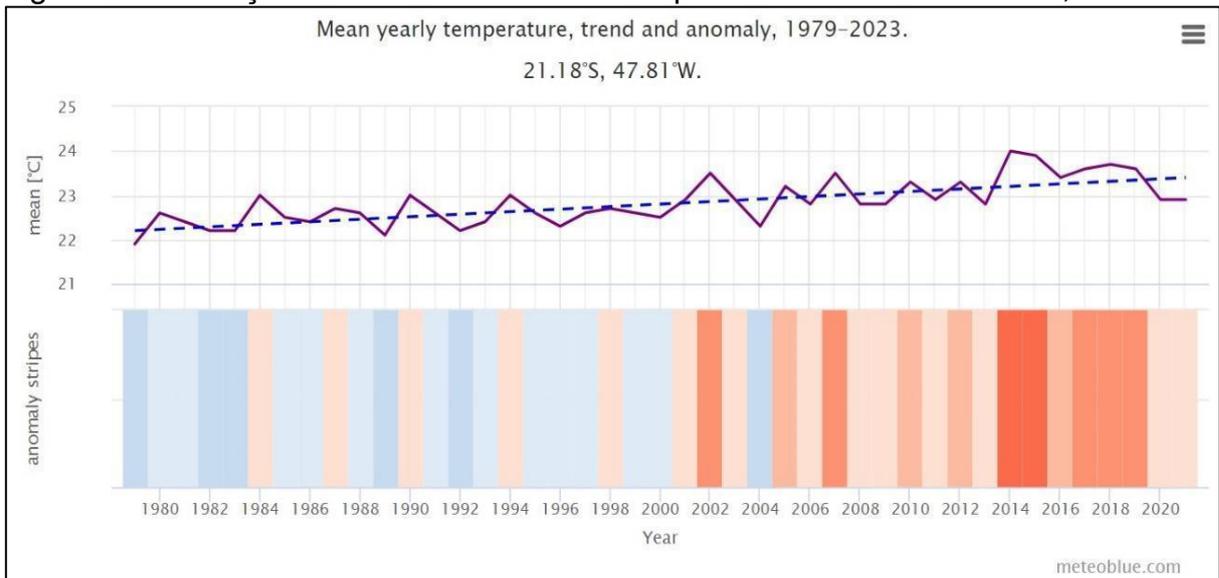
Fonte: Meteoblue.com (2023).

O aumento de temperatura é projetado para ambos os biomas, portanto, deve ocorrer ao longo dos anos. Neste caso, medições também indicam essa tendência (Figura 91). As ondas de calor também estão mais frequentes e períodos mais longos de calor extremo estão previstas.

Há, entretanto, certezas sobre os eventos extremos, que já registram maior frequência, ou seja, secas mais prolongadas e eventos de precipitação mais severos. Anomalias também devem aumentar, com maior frequência de “veranicos”, que são períodos de estiagem acompanhados por calor intenso em pleno inverno, ou também períodos de estiagem durante a estação chuvosa.

Somando-se a isto, em eventos de El Niño, esta parte do país registra aumentos de temperatura, potencializando estes efeitos projetados. As entradas de massas de ar mais frio oriundas do sul provocam grandes movimentos de massas de ar e provocam estas tempestades.

Figura 91 – Medições indicam aumento da temperatura em Ribeirão Preto, SP



Fonte: Meteoblue.com (2023).

As cidades médias desta área de transição registram enchentes e alagamentos em eventos de chuvas mais intensas. As projeções indicadas pelo PBMC revelam que estes eventos se tornarão mais comuns, portanto, se observa uma fragilidade que deve se agravar com as mudanças climáticas.

Para eventos de curta duração, como os projetados para esta região, soluções como jardins de chuva e áreas de retenção têm ótimos resultados. Para os jardins de chuva, áreas públicas e privadas podem ser utilizadas. Grande parte destas cidades é relativamente nova e possuem arruamentos que podem ceder espaço para arborização, que com uma boa cobertura também pode desacelerar a queda das águas das chuvas no solo, permitindo que os sistemas de drenagem tenham mais tempo para o escoamento das águas. Os jardins verticais também podem auxiliar no controle da temperatura e devem ser incentivados sempre que possível.

Boa parte dos municípios tem seu abastecimento de água por captação superficial e as projeções de mudanças climáticas de períodos secos mais prolongados podem estabelecer grande vulnerabilidade nesta questão. Embora as soluções baseadas na natureza dentro de ambientes urbanos tenham pouca influência nos mananciais, cidades mais arborizadas e com áreas verdes conseguem controlar melhor o efeito de ilhas de calor, reduzindo demanda humana por água. Ademais, florestamentos para produção de água superficial são uma

alternativa viável para aumentar vazão e devem ser encorajados e mesmo não sendo SBNs dentro do ambiente urbano, afetam diretamente as cidades.

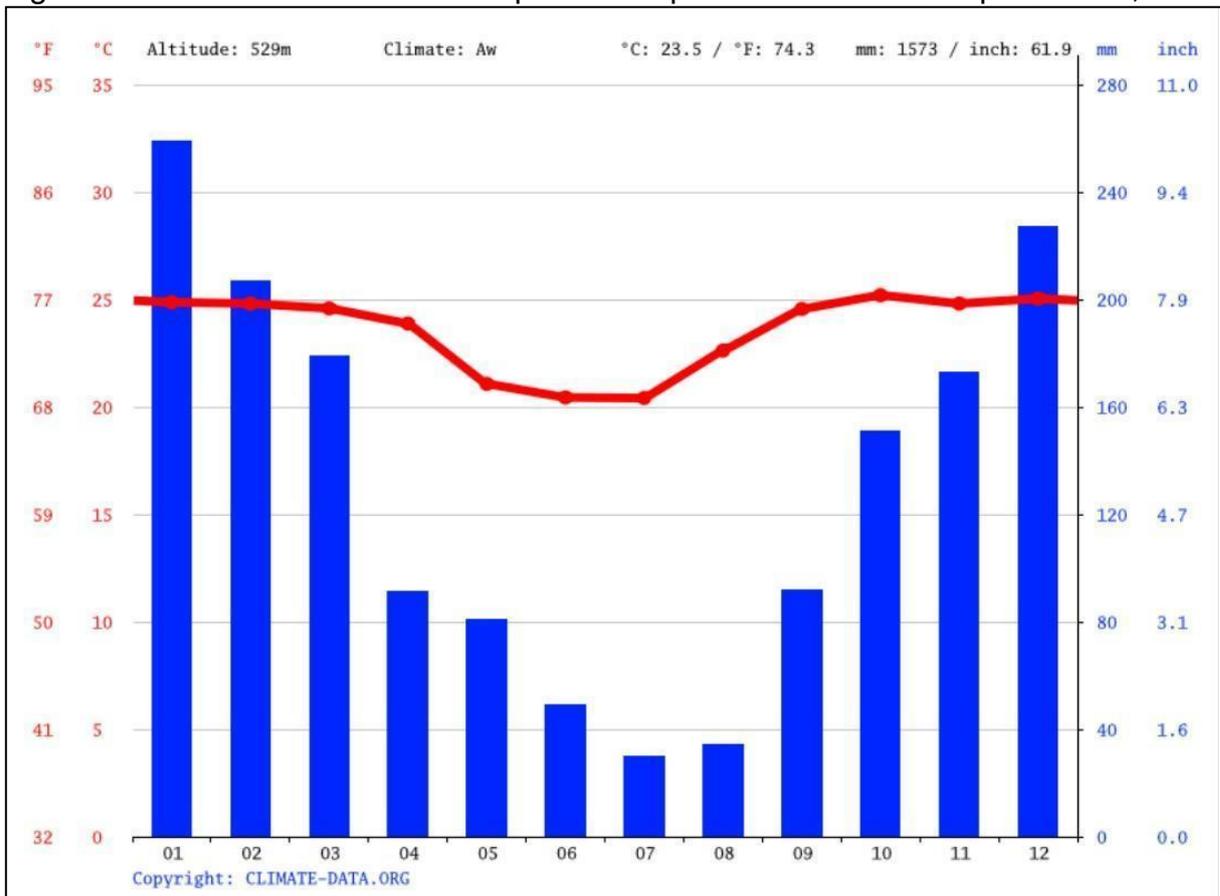
Esta questão se relaciona diretamente com o fato de grande parte destas cidades estarem situadas próximas a corpos hídricos, alguns de grande volume. Neste caso, deve haver um planejamento em nível de bacia hidrográfica, para melhorar tanto qualitativamente como quantitativamente as águas destes rios. A água deve ser utilizada também nas áreas verdes e de lazer, sempre que possível, para controle de temperatura e melhoria da qualidade e umidade do ar, como formação de espelhos d'água e jardins alagados.

Para os municípios que retiram água de aquífero e não vislumbram em curto ou médio prazo escassez, a utilização desta água deve ser valorizada, como irrigação de arborização e também como formação de espelhos d'água e jardins alagados como nos casos anteriores.

4.3.1 A cidade de Campo Grande

De acordo com [Climate-data.org](https://climate-data.org), o clima em Campo Grande é tropical. No inverno existe muito menos pluviosidade que no verão, característica marcante do Cerrado. O clima da cidade pela classificação Köppen e Geiger é Aw. A temperatura média é 23.5 °C e a pluviosidade média anual é de 1573 mm.

Figura 92 – Médias mensais de temperatura e pluviosidade em Campo Grande, MS



Fonte: [Climate-data.org](https://climate-data.org) ([2023]).

Existe diferença significativa na pluviosidade, sendo julho o mês mais seco com 30 mm e janeiro o mais chuvoso, com uma média de 259 mm. A temperatura média do mês de outubro é 25.2°C, sendo o mês mais quente do ano. A média em julho, o mês mais frio do ano, é 20.4°C. A amplitude de variação de precipitação é de aproximadamente 229 mm e a temperatura média é de 4.8 °C ao longo do ano.

O mês com maior umidade relativa é fevereiro, com média de 78,88 %, e a menor ocorre em agosto, com média de 46,53 %. O mês com maior número de dias

de chuva é janeiro, com mais de 24 dias de chuva (24,23 dias). O mês com o menor número de dias de chuva é agosto, com média menor que 4 dias (3,93 dias).

Figura 93 – Tabela de médias mensais de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), chuva (mm), umidade, dias chuvosos e horas de sol. Data: 1999 - 2019

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	24.9	24.8	24.6	23.9	21.1	20.4	20.4	22.6	24.6	25.2	24.8	25
Temperatura mínima (°C)	21.8	21.7	21.2	20.1	17.2	16.4	16	17.6	19.6	21.2	21.2	21.8
Temperatura máxima (°C)	29	28.9	28.9	28.4	25.9	25.7	26.1	28.8	30.4	30.2	29.2	29.2
Chuva (mm)	259	207	179	91	81	49	30	34	92	151	173	227
Umidade(%)	79%	79%	77%	70%	67%	65%	58%	47%	51%	65%	70%	76%
Dias chuvosos (d)	18	16	16	9	6	3	3	3	7	12	14	17
Horas de sol (h)	8.9	9.1	8.6	8.9	8.4	8.5	9.0	9.8	9.7	9.7	9.4	9.3

Fonte: Climate-data.org ([2023]).

Campo Grande é a capital do estado do Mato Grosso do Sul, estado criado em 1977, pelo desmembramento do estado do Mato Grosso. A cidade conta atualmente com uma população de 897.938 habitantes, segundo Censo IBGE 2022. Também segundo IBGE, a área urbanizada do município é de 252,63 km², tendo um total de 1.232 pessoas expostas a risco.

A capital de Mato Grosso do Sul apesar de sua idade, mais de cem anos, possui um traçado urbano que a diferencia de cidades do mesmo período de fundação. Possui um quadrilátero em forma de tabuleiro de xadrez com ruas largas e duas principais avenidas que a cortam de oeste para leste. Nos últimos 60 anos ela foi pensada e transformada urbanisticamente por grandes escritórios de arquitetura e urbanismo do Brasil. Ao longo do tempo, foram contratados urbanistas de renomes nacionais para elaborar projetos para a melhoria da cidade de Campo Grande. Jaime Lerner, Saturnino de Britto, Burle Marx e outros pensaram a forma de organizarem os espaços urbanos da capital de Mato Grosso do Sul (SOUZA, 2014).

Estas características fazem da cidade algo singular. A cidade tem arruamento largo e grandes avenidas com canteiros centrais, sendo bem arborizada, e conta com parques e praças abundantes. A cidade é bem verticalizada apenas na região central.

Mesmo sendo uma cidade recente, com conceitos modernos de urbanização e tendo sido bem planejada, por renomados profissionais, a cidade ainda conta com problemas. Segundo Souza, 2014, Campo Grande tem estes problemas pela ação antrópica, prova disto são as enchentes que mudam de lugar, da rua Maracaju das décadas de 1930-1970 deram lugar às da avenida Fernando Correia da Costa 1990 e nos anos 2000 em diante nas avenidas Afonso Pena e Via Park.

No início dos anos 2000, a cidade realiza projetos de urbanização de favelas, retirando população de áreas de preservação dos córregos Imbirussu e Sobradinho e realocando em áreas próximas, a fim de revitalizar estas áreas, que já apresentavam episódios de enchentes. O mesmo aconteceu com os córregos Buriti e Lagoa. As áreas de preservação permanente destes córregos foram transformadas em parques.

Figura 94 – Parque Buriti-Lagoa



Fonte: Site Ministério das Cidades. Biblioteca. Programa Habitar Brasil BID (2023).

Atualmente, a cidade conta com um projeto em parceria com o World Resources Institute – WRI intitulado Projeto Parque dos Ipês, chancelado como um projeto de Soluções baseadas na natureza. No sítio de internet do WRI temos a descrição: o projeto prevê a implementação de um parque urbano multifuncional (com pavimentos permeáveis, área vegetada e lagoa pluvial) para promover o controle do escoamento superficial das águas pluviais e proporcionar valorização paisagística e espaço de lazer. Devido ao aumento de áreas impermeáveis, o bairro Santo Antônio é especialmente impactado por alagamentos decorrentes de chuvas

intensas e tempestades². Ao promover o controle do escoamento superficial das águas pluviais, o parque minimizaria os efeitos resultantes das inundações na região, ao mesmo tempo em que proporcionaria valorização paisagística e espaço de lazer. Dentre as infraestruturas naturais planejadas, são previstos pavimentos permeáveis, área vegetada para controle de inundações e uma lagoa pluvial para retenção da água. Com 12 hectares de área, o parque urbano seria o primeiro da região, promovendo a ocupação da área e cumprindo com sua função socioambiental.

Na região central, a cidade conta com boa arborização, especialmente nos canteiros centrais das grandes avenidas. Estes canteiros centrais arborizados servem como estacionamento de veículos, aumentando a disponibilidade.

Figura 95 – Árvores nos canteiros centrais das avenidas, intercaladas por vagas de estacionamento



Fonte: Autor (2022).

A cidade está engajada no Tree Cities of the World, um programa mundial administrado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação e pela Arbor Day Foundation nos EUA, por meio do qual municípios de qualquer tamanho podem se inscrever para ganhar a designação de "Cidade Árvore do Mundo"³.

O programa reconhece esforços de cidades ao redor do mundo no sentido de plantar e valorizar a arborização urbana. Campo Grande faz parte do programa há 4 anos e plantou um total de 37.841 árvores. A cidade também recuperou diversas

² https://www.wribrasil.org.br/projetos/accelerador-de-solucoes-baseadas-na-natureza-em-cidades#Projetos_selecionados

³ <https://arbordayblog.org/tree-cities-of-the-world/tree-city-spotlight-campo-grande/>

árvores na região central, aumentando espaço para raízes e retirando impermeabilização do solo, permitindo infiltração de água.

Figura 96 – Árvores recuperadas no âmbito do programa TreeCities



Fonte: Autor (2022).

A cidade tem criado parques em áreas de expansão. Um exemplo significativo é o Parque das Nações Indígenas. A criação do Parque ocorreu com a desapropriação pelo Governo do Estado de diversas chácaras e terrenos, localizados às margens dos córregos Prosa e Reveilleau, situados no perímetro urbano compreendido pelas avenidas Afonso Pena e Mato Grosso, e pelo córrego Sóter. A desapropriação ocorreu por Decreto de Utilidade Pública.

Figura 97 - Avenida de contorno do Parque



Fonte: Autor (2022).

O Parque conta com um espelho d'água significativo, que fornece serviço de retenção de água e regulação térmica para o entorno. O espelho d'água também fornece beleza cênica ao parque e abriga biodiversidade, com presença de aves aquáticas em seu entorno.

Figura 98 – Espelho d'água no Parque das Nações Indígenas



Fonte: Autor (2022).

O parque é novo e está ainda em fase de consolidação, especialmente de vegetação, com mudas que ainda se encontram em fase juvenil. Há também outras estruturas no Parque, como museus, concha acústica para shows, pistas de caminhada e também um aquário, o maior de água doce do mundo.

Figura 99 – Extensas áreas em recuperação no Parque



Fonte: Autor (2022).

A área do entorno do parque se valorizou e um processo de gentrificação já se iniciou. No entorno, há construção de edifícios e um adensamento constante, sendo a área de expansão mais valorizada da cidade. Outro processo visível é a verticalização do local, com terrenos de casas sendo comprados para construção de edifícios. Estas obras podem ser vistas de toda a área do parque.

Figura 100 – A valorização da área se visualiza, com construções de edifícios de alto padrão e consolidação de residências



Fonte: Autor (2022).

A indústria imobiliária exerce pressão sobre uma área de preservação, próxima a um shopping, bastante valorizada atualmente. A área de preservação é sujeita a alagamentos e foi criada para retenção de água das chuvas (Figuras 102 e 103). Embora insuficiente para retenção da quantidade de água pluvial, ameniza alagamentos em volumes menores, mas em chuvas mais intensas são registrados alagamentos.

Esta é a área que o mercado pretende incorporar, sob alegação de que obras civis de drenagem podem resolver o problema dos alagamentos. É pretendido realizar grandes obras de drenagem com múltiplas tubulações. Entretanto, não há consenso sobre esta questão, e para a incorporação, é necessário modificar o plano diretor do município.

Figura 101 – Início da área de risco de alagamentos



Fonte: Autor (2022).

Figura 102 – Pressão imobiliária ao lado da área de preservação



Fonte: Autor (2022).

Os alagamentos são comuns na cidade, mas em pontos isolados e sob condições específicas de pluviosidade e geografia ou problemas de drenagem. Eventos extremos de pluviosidade já são registrados com frequência na cidade e soluções para isto são observadas em diversos pontos. Em partes baixas do centro há canais retificados de drenagem dimensionados para escoar grandes volumes de água, por exemplo (Figura 105).

Mesmo nas áreas centrais da cidade há arborização vistosa e também há diversas praças na região central, situação típica de cidades planejadas com largas avenidas e arruamentos. Áreas abandonadas na região central têm sido revitalizadas, criando parques lineares usados para lazer, como a orla Morena.

Figura 103 – Parque em área sujeita a alagamento



Fonte: Autor (2022).

Figura 104 – Canal retificado e dimensionado para grandes vazões na Avenida Ernesto Geisel



Fonte: Autor (2022).

Figura 105 - Área em obras da prefeitura, com canal bem dimensionado para escoamento de águas e áreas de retenção de águas pluviais



Fonte: Autor (2022).

Figura 106 – Praça Ari Coelho, bem arborizada e com espelho d’água como chafariz, bem no centro da cidade e muito frequentada



Fonte: Autor (2022).

Figura 107 – Canteiro central da Avenida Afonso Penna, que abriga boa quantidade de vegetação e várias praças



Fonte: Autor (2022).

A boa arborização da cidade se estende também aos bairros, que são horizontalizados para atenderem a um padrão de moradia por habitações individuais. Essa boa arborização atende também a fauna, especialmente a avifauna, abundante na cidade e de fácil visualização.

Figura 108 – Bairros da cidade bem arborizados



Fonte: Autor (2022).

Figura 109 – João de barro (*Furnarius rufus*), à direita e seu famoso ninho de barro, à esquerda



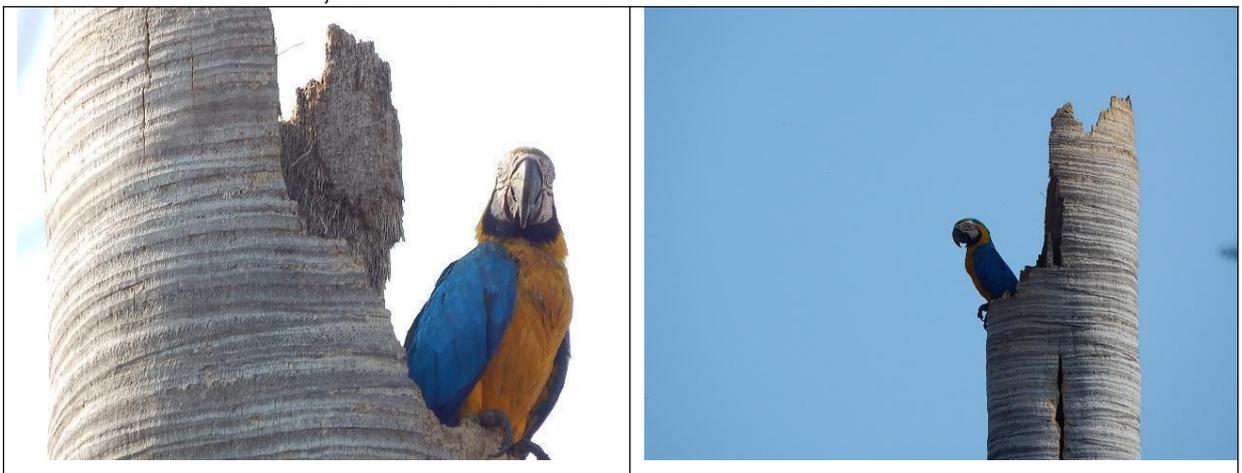
Fonte: Autor (2022).

Figura 110 – Avistamento de aves urbanas são muito comuns em Campo Grande, à esquerda Curicaca (*Theristicus caudatus*) e à direita tesourinha (*Tyrannus savana*)



Fonte: Autor (2022).

Figura 111 – A Arara Canindé (*Ara ararauna*) muito abundante e um símbolo da cidade, é avistada até nas áreas mais centrais



Fonte: Autor (2022).

Por fim, Campo Grande reúne muitos elementos que a tornam bem resiliente a desastres naturais, preservando áreas sensíveis transformadas em Parque, respeitando rios e córregos, grande quantidade de áreas verdes e boa arborização.

Pressões imobiliárias podem tornar áreas vulneráveis, pois a impermeabilização pode comprometer drenagem à jusante. A ocorrência de eventos extremos, em especial ventanias, deve ser observada especialmente para não tornar árvores isoladas vulneráveis.

Podemos dar os seguintes destaques:

O Cerrado ocupa grande parte do território brasileiro e seu crescimento e desenvolvimento se caracteriza pela expansão do agronegócio, que por sua vez tem imposto ao bioma altas taxas de modificação do solo, afetando também as cidades.

Embora não seja densamente ocupado, o Cerrado tem cidades de alta hierarquia urbana além das capitais, espalhadas por todo o bioma que representam eixos de crescimento e tendem a intensificar o crescimento urbano.

Pela grande extensão do bioma, as projeções de mudanças climáticas são diferentes nas diversas regiões e é preciso dar atenção especial a esta questão. O bioma tem zonas de transição diferenciadas, e algumas projeções de mudanças climáticas são antagônicas entre este bioma e outro no qual faz transição, como exemplo a Mata Atlântica.

Eventos extremos de pluviosidade, períodos mais longos de estiagem e temperaturas extremas já ocorrem no bioma e devem se agravar com o decorrer do tempo, com mais ou menos intensidade dependendo de efeitos sinérgicos com outros fenômenos, como El Niño e La Niña.

O crescimento das cidades médias se destaca no bioma e é preciso manter a qualidade ambiental urbana nestas cidades com crescimento sustentável, para evitar problemas com infraestrutura urbana, desigualdades sociais e informalidade.

A escolha das espécies arbóreas deve ser feita com cuidado, evitando espécies de raízes superficiais em zonas com projeção de aumento de tempestades.

Neste bioma não há grande variedade de epífitas e sub bosque, mas jardins verticais podem ser criados com espécies ornamentais e de outros biomas, observando sua resistência às secas do bioma.

Há quantidade de espécies de palmeiras neste bioma que podem ser utilizadas nas cidades em locais de pouco espaço.

O uso da água em áreas verdes e praças das cidades deve ser incentivado para incrementar os serviços ambientais, especialmente a regulação térmica, considerando que as cidades deste bioma e suas zonas de transição registram altas temperaturas e as friagens tendem a diminuir com o tempo.

4.4 MATA ATLÂNTICA SETENTRIONAL

A caracterização da Mata Atlântica envolve as mais diversificadas feições.

A Mata Atlântica setentrional brasileira compreende a parte norte do chamado domínio dos mares de morros, proposto por Ab'Saber (2003). A parte de Mata Atlântica do nordeste brasileiro difere-se um pouco da sua parte meridional, especialmente no relevo, que por sua vez determina as fisionomias.

No sentido norte-sul, a região da Floresta Atlântica nordestina abrange as áreas suavemente onduladas entre a Serra da Borborema, que abrange os estados do Rio grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas e o Oceano Atlântico, ocupando grande parte dos Tabuleiros Costeiros desde o Estado do Rio Grande do Norte até o norte do estado da Bahia, chamada de Zona da Mata açucareira, devido a cultura de cana que dominou a região. A região do recôncavo baiano dá nome a outra região desta formação e ao sul desta, a Zona da Mata é conhecida como sul da Bahia ou zona do cacau.

As latitudes mais baixas desta parte do bioma lhe confere temperaturas médias mais altas. Na parte sul, as florestas são costeiras e orográficas, e no recôncavo adquire complexidade com reentrâncias de outras formações e mais ao norte apresenta planícies de restingas mais marcantes (AB'SABER,2003), com grande variedade costeira, como as dunas no Rio Grande do Norte, falésias paraibanas, arrecifes em Pernambuco, lagos em Alagoas, e extensas áreas de areia em Sergipe.

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o bioma Mata Atlântica é formado pelos Biomas: Floresta Atlântica Densa Sempre-Verde de Terras Baixas, Floresta Atlântica Densa Sempre-Verde de Restinga, Floresta Atlântica Densa Sempre-Verde de Manguezal e Floresta Quente-Temperada Úmida Densa Sempre-Verde de Araucária, sendo que este último não está presente nesta parte setentrional.

Nas partes mais baixas, bem próximo ao nível do mar, temos as restingas e manguezais. Os manguezais são típicos de faixas litorâneas tropicais e ocupam áreas de baías, estuários e reentrâncias. A vegetação é adaptada à subida e descida das marés e também à salinidade, presente nesta zona de marés. A vegetação é pouco rica em espécies, bastante aberta e sem epífitas. As restingas são típicas das planícies costeiras arenosas do litoral, de origem marinha e eólica.

Nesta parte da Mata Atlântica adquirem fisionomias peculiares, como falésias, dunas e extensas áreas.

No estado do Rio Grande do Norte este bioma está na faixa leste, sendo que o norte já se encontra na Caatinga. São marcantes as dunas em toda a extensão e também a presença de falésias, a extensão da areia varia dependendo da região.

Figura 112 – Dunas e falésias no litoral do Rio Grande do Norte



Fonte: Autor (2022).

Na Paraíba a formação se estende e já há presença de estuários, sendo o principal o do rio Paraíba. A presença de estuários também diferencia a Mata Atlântica setentrional da parte meridional, onde não há grandes estuários, com raras exceções. Em Pernambuco há pouca variação morfológica na faixa costeira do estado. Em Alagoas se destacam as lagoas e o espraiado do rio São Francisco, já na divisa com o estado de Sergipe, que também apresenta estuários importantes e extensas faixas de areia.

A Bahia possui a maior extensão do litoral brasileiro. Na região norte, predominam praias de areia extensas, até o recôncavo baiano, onde está situada a capital Salvador. A partir deste ponto o litoral adquire maior complexidade geográfica e por conseguinte, formações, com maior semelhança com a parte meridional da Mata Atlântica.

O bioma Mata Atlântica na porção Nordeste abriga 333 municípios (5,98% do total) e possui três cidades com mais de um milhão de habitantes, Salvador (BA), Recife (PE) e Maceió (AL). A região possui 22 cidades médias (6,61% do total das cidades da região). As pequenas cidades, com menos de 20.000 habitantes, são em número de 169 e representam 50,75% do total deste bioma. As cidades entre 20.000 e 100.000 habitantes são 139 (41,74% do total).

Considerando a hierarquia da rede urbana, esta região possui duas grandes metrópoles, Salvador e Recife. Salvador conta com 2.418.005 habitantes, e juntamente com as cidades conurbadas de Camaçari (299.579 habitantes), Candeias (14.001 habitantes), Dias d'Ávila (71.485 habitantes), Itaparica (19.789 habitantes), Lauro de Freitas (203.334 habitantes), Madre de Deus (18.504 habitantes), Mata de São João (42.566 habitantes), Pojuca (32.129 habitantes), São Francisco do Conde (37.732 habitantes), São Sebastião do Passé (40.958 habitantes), Simões Filho (114.441 habitantes) e Vera Cruz (42.577 habitantes) somando 3.355.100 habitantes. A região metropolitana tem diversas fragilidades, desde enchentes em diversos pontos até deslizamentos, além de alta subnormalidade habitacional.

Recife conta com uma população de 1.488.920 habitantes e juntamente com as cidades conurbadas de Olinda (349.976 habitantes) e Jaboatão dos Guararapes (643.759 habitantes), soma 2.482.655 habitantes. As demais cidades da região metropolitana ainda não formam uma conurbação. Recife é considerada uma das cidades mais vulneráveis do país, especialmente pela sua baixa altitude e localização em foz de dois grandes rios, dificultando escoamentos. Olinda ainda possui riscos relacionados a deslizamentos, assim como enchentes. Jaboatão dos Guararapes apresenta episódios de enchentes, assim como as outras duas cidades.

As capitais dos estados de Sergipe, Aracaju, da Paraíba, João Pessoa e de Alagoas, Maceió, são consideradas capitais regionais A. Há uma capital regional B, Itabuna, que divide com Ilhéus, capital regional C, a cerca de 30 km de distância, a referência local no sul do estado da Bahia. Há dois centros sub-regionais A, Teixeira de Freitas, também no sul do estado da Bahia e Santo Antônio de Jesus, neste mesmo estado, na região do recôncavo. A situação hierárquica reflete a concentração urbana na zona costeira à beira mar e na região do Recôncavo baiano com relativa proximidade entre os centros melhor hierarquizados.

Aracaju conta com 602.757 habitantes e está conurbado com Barra dos Coqueiros (41.511 habitantes), Nossa Senhora do Socorro (192.330 habitantes) e São Cristóvão (95.612 habitantes), somando 932.210 habitantes. Os rios Sergipe, Poxim e Vaza Barris garantem água à região metropolitana, que não está livre de problemas e vulnerabilidades urbanas, como alagamentos e enchentes e também de erosões e movimentos de massa.

Maceió possui 957.916 habitantes e não possui conurbação verdadeira, embora a expansão da cidade caminhe para isto. A cidade e também a região metropolitana recebem água para abastecimento de captação superficial e de poços profundos. A cidade é bastante vulnerável, com grande quantidade de assentamentos subnormais e frequentes enchentes e deslizamentos.

João Pessoa (PB) está com 833.932 habitantes e está conurbada com Bayeux (82.742 habitantes), Cabedelo (66.519 habitantes), Conde (27.605 habitantes) e Santa Rita (149.910 habitantes), totalizando 1.160.708 habitantes. Embora não seja ainda um problema grave, enchentes e deslizamentos ocorrem nesta região metropolitana que tem abastecimento garantido por captação superficial.

A cidade de Ilhéus (BA) tem 178.703 habitantes e não tem conurbação, embora esteja muito próxima de Itabuna, a cerca de 30 km. A cidade registra deslizamentos e enchentes e tem seu abastecimento por água superficial, com barramentos em rios. A cidade de Itabuna tem 186.708 habitantes e apesar de não estar conurbada com Ilhéus divide com esta a referência no sul da Bahia.

Teixeira de Freitas (BA) tem 145.223 mil habitantes e não tem conurbações. O abastecimento da cidade é de captação superficial. O município registra enchentes eventuais em episódios de chuvas mais intensas, assim como Santo Antônio de Jesus, com 103.055 habitantes e próxima ao recôncavo.

A configuração urbana do bioma nesta região se caracteriza, portanto, por cidades costeiras, na maioria capitais de estados, que concentram população e serviços e um espraiamento de ocupações costeiras. Este espraiamento no sentido norte e sul da capital normalmente serve a loteamentos fechados, casas de veraneio e também a turismo de praia, muitas vezes no turismo de um dia, no qual o turista vai ao local para passar o dia, mas retorna no final deste. Mesmo cidades que abrigam turistas por mais dias o fazem em estruturas quase independentes da cidade, como hotéis, resorts e praias específicas.

Esta situação se move para a formação de uma grande região metropolitana que se estende desde o recôncavo baiano até a cidade de Natal. A formação de loteamentos fechados à beira mar também contribui para o espalhamento das cidades, ajudando no processo de urbanização acelerada das terras rurais e periurbanas.

As cidades situadas na zona costeira acabam abrigando estes loteamentos, que se tornam quase independentes e guardam pouca relação com a cidade, estabelecendo relação com a capital. Dependendo do tamanho destes loteamentos podem até adquirir status de cidades independentes.

Como se localizam à beira mar, também de certa forma privatizam este espaço público de lazer, privando os antigos moradores deste recurso. Os loteamentos por muitas vezes também pressionam comunidades tradicionais à mudança, que acabam se deslocando para periferias de grandes cidades, as vezes em assentamentos informais, aumentando a informalidade urbana e as fragilidades e vulnerabilidades das grandes cidades.

Ao sul do recôncavo a situação se difere um pouco, pois apesar de também servir ao turismo, não há um centro de referência de grande população e há maior espalhamento de pontos de alto turismo, que então se localizam como uma área urbana pontual sem grande espalhamento no entorno.

Entretanto, a zona costeira desta área está sendo ocupada por grandes empreendimentos hoteleiros e a mesma pressão por ocupação e expulsão de populações tradicionais também se verifica aqui.

Tabela 12 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes no bioma Mata Atlântica porção setentrional

Mata Atlântica setentrional	
Quantidade de municípios	333
Metrópoles	3
Mais de 100 mil habitantes	22
Menos de 20.000 habitantes	169
Entre 20.000 e 100.000 habitantes	139

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

As projeções de mudanças climáticas para esta região do bioma apontam um aumento na temperatura, porém ainda em pequena escala, até 1°C nas duas próximas décadas, aumentando sensivelmente até o final do século e queda na precipitação, em até 10% neste período, porém ainda há um grau de incerteza (PBMC, 2013).

De acordo com a WWA (2022), eventos raros de precipitação acontecidos na costa nordestina em maio e junho de 2022 foram intensificados pelas mudanças climáticas. Um grupo de pesquisadores analisou modelos climatológicos e históricos de eventos para chegar a esta conclusão. Portanto, mesmo que as médias de temperatura e de precipitação possam ser de pequena monta, o aumento de eventos extremos seguirá aumentando.

Mesmo o solo arenoso predominante na região sendo de alta drenagem, o lençol freático é bastante raso, assim, a possibilidade de alagamentos aumenta em um cenário de chuvas mais intensas.

Diferentemente da porção meridional da Mata Atlântica, onde foz de rios de maior porte são raros, nesta região estes ocorrem em maior número. A presença destes rios também dificulta o escoamento de águas, contribuindo ainda mais para desastres na ocorrência de extremos de chuva.

Muito marcante na região são os ventos constantes e mais fortes durante os meses de junho a outubro, com pico em agosto. Segundo Ramos, (2021), haverá aumento desse fenômeno, ainda sem definição de sua intensidade, entretanto, para a costa leste do Nordeste brasileiro, onde grande parte das cidades se encontram à beira mar, esse aumento é significativo, pois deve afetar diretamente estas cidades.

Considerando que existe uma larga faixa de restinga, dunas e falésias neste litoral, espera-se que a combinação destes fatores, regime de ventos e mudanças climáticas, seja importante para o ambiente urbano. Toda a estrutura urbana deve sempre considerar essa questão do solo e combinação com ventos.

A movimentação de dunas já é relevante para a costa nordestina e é comum que estruturas urbanas sejam encobertas por areia, em especial pistas de rolamento, que por vezes são “engolidas” pela areia. Há registros também de desabamentos de falésias, inclusive com vítimas.

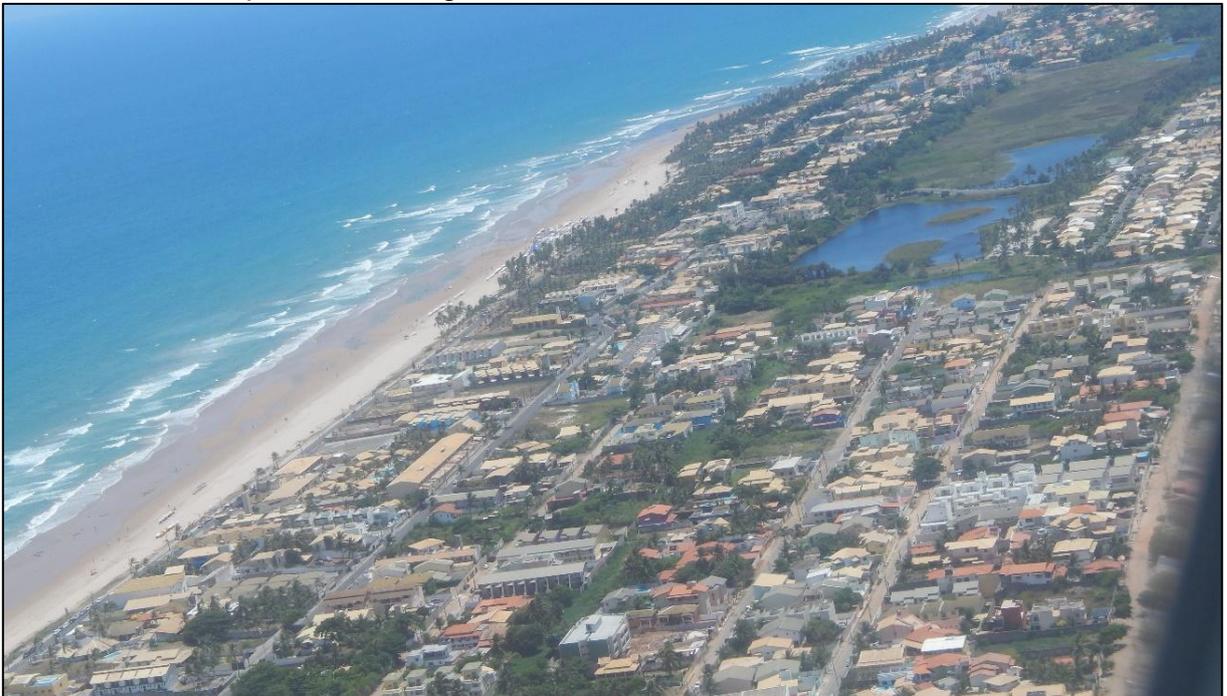
O aumento da temperatura do mar também pode comprometer estas cidades pela destruição de recifes de corais, que protegem o litoral e impulsionam economia turística.

Na parte setentrional Mata Atlântica destaca-se a grande região metropolitana que vem se formando entre Salvador e Natal, formada pela busca de áreas de veraneio, com ocupações de *resorts* e loteamentos fechados, padrão de crescimento que privatiza grandes extensões de áreas, dificultando os gerenciamentos e as intervenções públicas. O esgotamento de áreas nas capitais também força a uma ocupação urbana para regiões periurbanas.

Embora esta ocupação por si não traga excessivo adensamento, a infraestrutura necessária a ela tem levado a grandes vulnerabilidades. Os *resorts* e casas maiores requerem maior infraestrutura para abastecimento de água e insumos, pressionando o ambiente. Políticas de uso de solo podem ser as soluções baseadas na natureza perfeitas para minimizar estes impactos.

Limitações de percentuais de impermeabilização, arborização e vegetação adequada às águas e sistemas de captação de águas pluviais para diversos fins são algumas das soluções que podem ser facilmente aplicadas aos *resorts* e loteamentos fechados.

Figura 113 – Loteamento Villas do Atlântica, em Lauro de Freitas, região metropolitana de Salvador. Nota-se afloramentos de lençol freático que formam lagoas



Fonte: Autor (2022).

O planejamento de uma vegetação adaptada ao ecossistema de dunas, predominantes na costa nordestina, é essencial para auxiliar a conter

movimentações de solo e erosões. As dunas são barreiras naturais que impedem o avanço do mar e a entrada de água salgada nos lençóis freáticos, e são estes serviços ambientais que devem ser o foco das SBNs nestas áreas.

Onde há afloramentos de lençol podem ser movidas partes de dunas áreas ao redor para aumentar as lagoas e estabilizar a movimentação, utilizando vegetação nas partes mais altas.

As mudanças climáticas podem aumentar as “ressacas”, fenômeno que agita as ondas próximas à praia e esta vegetação de restinga tem papel importante para conter grandes movimentações de areia na faixa costeira.

Figura 114 – Vegetação de restinga protegendo faixa de areia de praia em João Pessoa (PB)



Fonte: Autor (2022).

A manutenção de faixas largas entre a praia e a ocupação seria a primeira medida. O adensamento de vegetação de duna litorânea torna-se imprescindível e o aproveitamento de águas pluviais, com cisternas também é recomendável, ao menos para demanda de água bruta, como irrigação, já que há forte presença de uma estação seca nesta parte do país.

Figura 115 – Rio Doce em Natal, RN, que percorre sistema de dunas antes de desaguar no mar



Fonte: Autor (2022).

Figura 116 – Vegetação natural de proteção de dunas e restinga em Itaparica, BA



Fonte :Autor (2022).

Figura 117 – Dunas com vegetação natural de proteção no Rio Grande do Norte



Fonte: Autor (2022).

Figura 118 – Falésias com vegetação natural de proteção no Rio Grande do Norte



Fonte: Autor (2022).

As maiores oscilações de pluviosidade projetadas pelas mudanças climáticas já causam estragos nestas cidades, que registram enchentes e inundações constantes. Nestes casos, as mesmas soluções apontadas para o Cerrado podem ter efeito benéfico, como jardins de chuva e reservatórios de acumulação. Instalação de cisternas para captação de águas pluviais também podem ajudar, desde que sejam feitas em programas de larga escala. Recuperação de manguezais também trariam serviços ambientais importantes neste sentido.

As cidades de Itabuna e Ilhéus, que ocuparam áreas de extravasamento do rio Cachoeira e agora sofrem com transbordamento deste precisam investir em soluções de escala de bacia hidrográfica, criando leitos artificiais para diminuir a vazão do leito principal e até transposição de águas. As ocupações próximas ao leito são na sua maioria irregulares e devem ser remanejadas, sendo substituídas por vegetação ciliar.

Recife se destaca pela sua alta vulnerabilidade devido à baixa cota, além das áreas de foz de rios. No entorno e região metropolitana há vulnerabilidade nas áreas de encosta. As projeções das mudanças climáticas, com extremos pluviométricos, exigem um planejamento arbóreo capaz de controlar a rápida movimentação das águas pluviais e reduzir a energia potencial que estes extremos representam. Em 2023 foram inúmeras ocorrências de desastres naturais nesta região metropolitana, representados por enchentes e deslizamentos.

A urbanização de áreas irregulares é de suma importância para mitigar os riscos e as SBN exercem papel fundamental na urbanização de assentamentos

subnormais, pois recebem obras de requalificação que áreas consolidadas não podem receber. SBNs conhecidas como vegetação para contenção de encostas e recuperação de margens de rios seriam muito eficazes neste contexto.

Figura 119 – Ocupação em encosta e em beira de rio em Recife, PE



Fonte: Autor (2022).

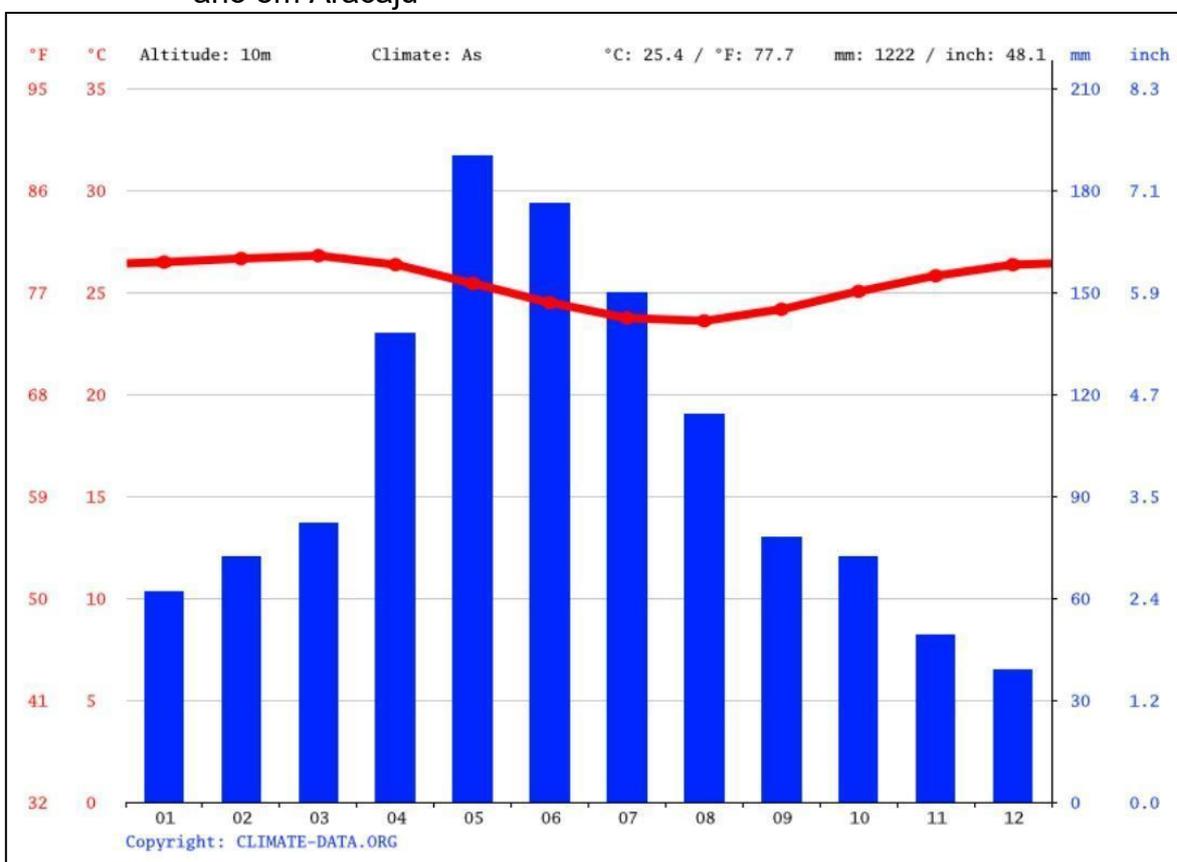
4.4.1 A cidade de Aracaju

Aracaju tem uma população de 602.757 habitantes, com uma área urbanizada de 84,57 km². Sua conurbação conta com 932.210 habitantes e 152,87 km² de área urbanizada.

O clima local é tropical, com predomínio de chuvas no inverno. De acordo com Köppen e Geiger, o clima é classificado como As. A temperatura média anual é de 25,4°C. A pluviosidade média anual é de 1.222mm. Dezembro é o mês mais seco, com 39mm de média acumulada. O mês de maior precipitação é maio, com uma média de 190 mm no acumulado.

O mês mais quente do ano é março com uma temperatura média de 26,8°C. 23,6°C é a temperatura média de agosto, durante o ano a temperatura mais baixa. O mês com maior umidade relativa é maio (81,31%). O mês com a umidade relativa mais baixa é dezembro (75,58%). O mês com maior número de dias chuvosos é julho, com média de quase 25 dias (24,83 dias). O mês com o menor número de dias com chuva é dezembro, com menos de 12 dias de chuva (11,50 dias).

Figura 120 – Gráfico de médias mensais de pluviosidade e temperatura ao longo do ano em Aracaju



Fonte: Climate-data.org ([2023]).

Figura 121 – Tabela de médias mensais de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), chuva (mm), umidade, dias chuvosos e horas de sol. Data: 1999 – 2019

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novem- bro	Dezembro
Temperatura média (°C)	26.5	26.6	26.8	26.4	25.4	24.5	23.7	23.6	24.2	25	25.8	26.3
Temperatura mínima (°C)	24.5	24.7	24.8	24.5	23.8	23	22.3	22.1	22.5	23.4	24	24.4
Temperatura máxima (°C)	29	29.2	29.3	28.5	27.3	26.2	25.4	25.4	26.2	27.3	28.3	29
Chuva (mm)	62	72	82	138	190	176	150	114	78	72	49	39
Umidade(%)	76%	77%	77%	79%	81%	81%	80%	78%	77%	77%	76%	76%
Dias chuvosos (d)	13	13	15	17	18	18	19	18	15	13	10	9
Horas de sol (h)	9.6	9.4	9.1	8.6	8.1	8.0	8.0	8.1	8.3	8.7	9.3	9.7

Fonte: Climate-data.org ([2023]).

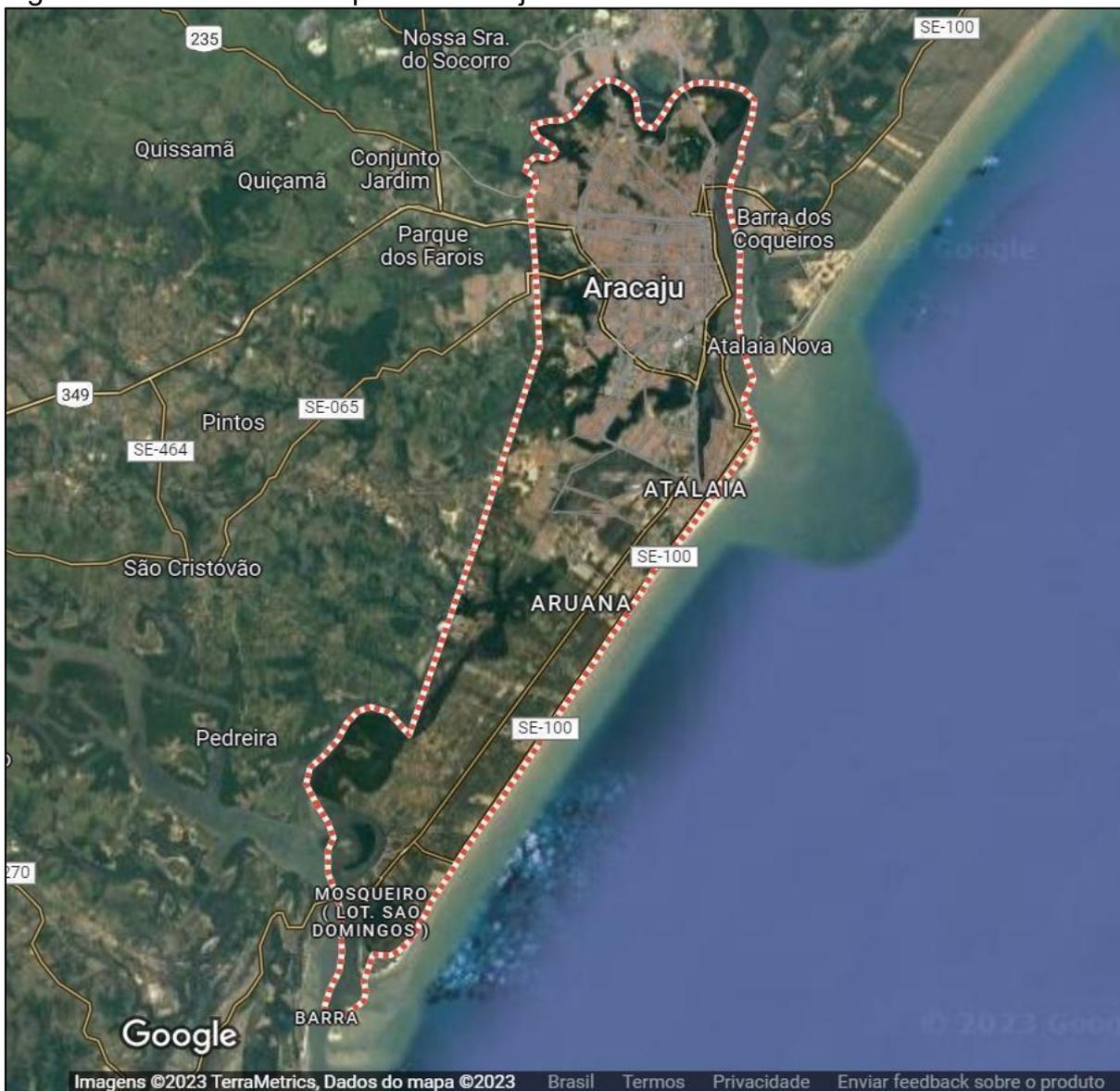
Aracaju tem tido grande expansão populacional nos últimos tempos. Por ser um centro urbano importante, uma capital de estado, com população relativamente baixa se comparada a outras capitais, custo de vida mais baixo e índices de violência também relativamente baixos têm atraído novos residentes. Também recebe migrantes do interior do estado.

O município se estende na linha costeira entre os estuários dos rios Sergipe e Vaza Barris, adentrando para o interior na parte norte, às margens de outro rio, o Parnamirim. A expansão urbana provocou fenômeno comum no país que é o esvaziamento de moradores da região central para bairros adjacentes, evidenciando expansão pela planície costeira, entre a desembocadura dos rios Sergipe e o Vaza Barris, área de alta fragilidade ao uso e ocupação por se tratar de ambiente recente e constante mutação, destacando domínio de dunas, cordões litorâneos, mangues, lagoas e terraços fluviais e marinhos (Meneses, 2013).

Esta ocupação ainda se observa, em maior ou menor consolidação, tendo a praia do Atalaia já bastante consolidada, especialmente pelo turismo e menos consolidada ao sul, mais próximo à desembocadura do Vaza Barris.

A praia do Atalaia, já com ocupação bastante consolidada, possui uma característica singular, uma extensa faixa de areia entre a ocupação urbana e o mar, concentrando a maior parte dos serviços turísticos fora desta faixa de areia, tendo ao lado desta, extensa área de lazer, embora alguns bares e restaurantes estejam presentes. A parte mais próxima ao centro desta praia passa por obras de revitalização para contenção das águas do mar, revitalização de lagoas e plantio para estabilização de areia.

Figura 122 – Limite municipal de Aracaju



Fonte: Imagem Google Maps (2023).

Figura 123 – Extensa faixa de areia na praia do Atalaia



Fonte: Autor (2022).

Figura 124 – Revitalização de lagoas e plantio de estabilização de areia na praia do Atalaia



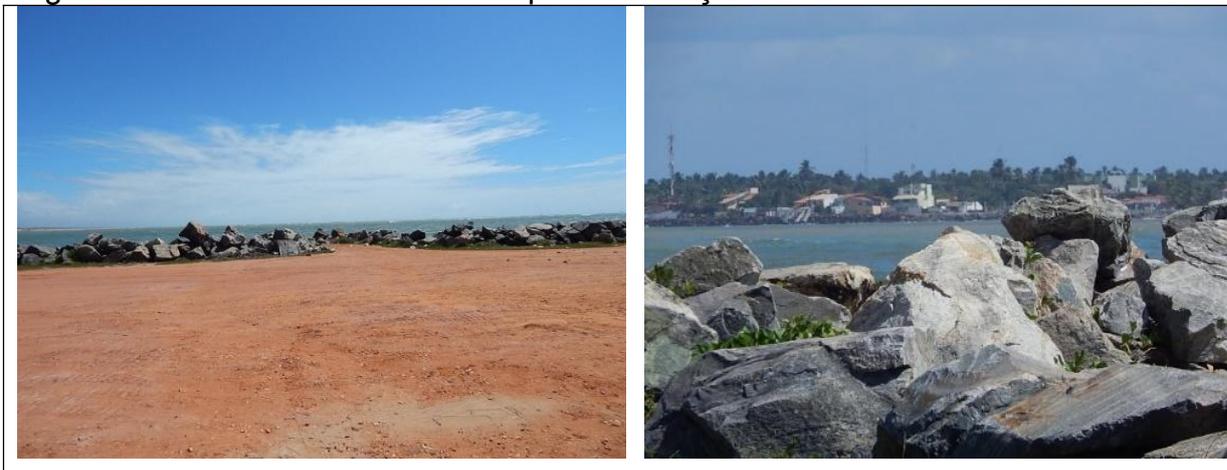
Fonte: Autor (2022).

Figura 125 – Obras de contenção do mar e alargamento de faixa de areia



Fonte: Autor (2022).

Figura 126 - Enrocamento utilizado para contenção da areia



Fonte: Autor (2022).

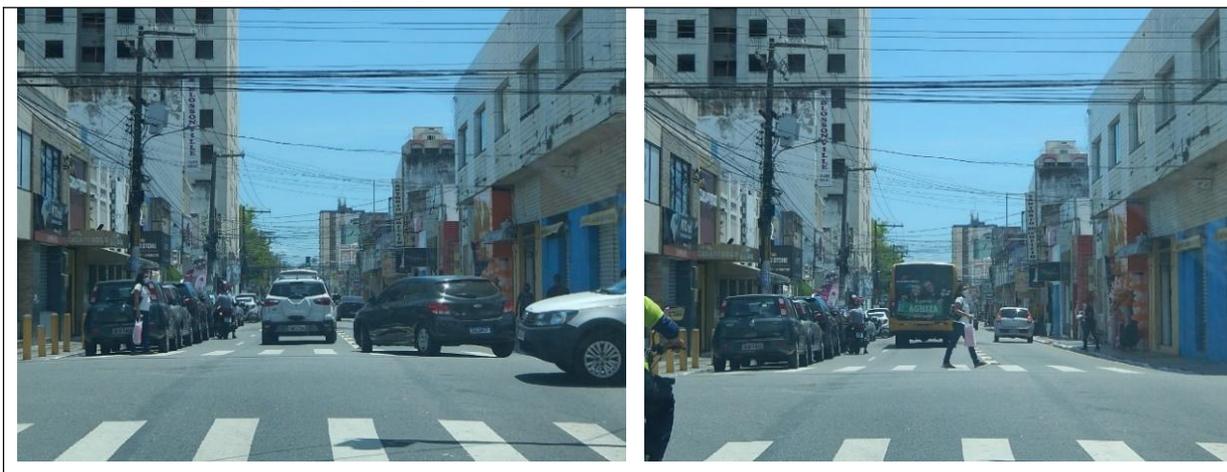
Figura 127 - Enrocamento e vegetação de restinga são utilizados para contenção da areia



Fonte: Autor (2022).

A zona central se encontra em desinteresse pelo mercado imobiliário de moradias, ficando destinada ao comércio, e sem interesse em projetos de aumento de qualidade ambiental, como praças, áreas verdes ou outros paisagísticos de incremento da qualidade ambiental.

Figura 128 - Zona central de Aracaju adensada em construções e sem arborização ou áreas verdes



Fonte: Autor (2022).

Imediatamente adjacente ao centro da cidade havia uma extensa área de ocupação irregular, às margens do rio Sergipe, o bairro Coroa do Meio, que foi urbanizada no início dos anos 2000. A ocupação irregular gerava alagamentos e outros problemas advindos da degradação da área de mangue. Com a urbanização foi recuperada a área de mangue e houve valorização da área e a inserção do bairro

na formalidade urbana. A recuperação do mangue gerou ganho ambiental para cidade e promoveu também valorização da comunidade local, em especial de pescadores, que obtém seu sustento desta exploração.

Há que se considerar, entretanto, que existem áreas ainda degradadas no entorno e como áreas menos abastadas, necessitam do olhar constante do poder público para que não haja degradação pelo abandono.

Os bairros próximos ao centro e Coroa do Meio seguem padrão de ocupação com verticalização com adensamento populacional e seguem valorizados, tendo recebido intervenções de urbanização de parques e áreas verdes, entretanto, representam a gentrificação na cidade (FIGURA 132).

Figura 129 – Recuperação e revitalização do mangue em Coroa do Meio



Fonte: Autor (2022).

Figura 130 – Áreas públicas degradadas no bairro Coroa do Meio



Fonte: Autor (2022).

Figura 131 – Vista de mangue recuperado às margens do rio Sergipe pelo bairro Coroa do Meio



Fonte: Autor (2022).

Figura 132 – Parque na orla do rio Sergipe no bairro São José



Fonte: Autor (2022).

Seguindo ao norte, próximo aos limites do município está o bairro industrial, já na área periurbana do município. Ao lado do bairro há uma área elevada que foi transformada em parque, o Parque da Cidade, que faz parte da APA do Urubu, uma Unidade de conservação estadual. Esta área representa uma importante área verde no município, ainda mais por estar em um local de pouca valorização imobiliária.

Atravessando o rio Sergipe pelo bairro industrial está a cidade de Barra dos Coqueiros, pequena cidade entre o rio Sergipe e o mar, que enfrenta pressão imobiliária devido a proximidade com Aracaju e facilidade de acesso por uma ponte que cruza o rio (Figuras 134 e 135).

Figura 133 – Vista do Parque da Cidade, à esquerda nota-se prédios de padrão mais acessível



Fonte: Autor (2022).

Figura 134 – Barra dos Coqueiros às margens da praia, com construções e terrenos preparados para condomínios verticais



Fonte: Autor (2022).

Figura 135 – Orla de Barra dos Coqueiros ao lado do rio, parte mais antiga da cidade, à direita, ponte que liga a cidade de Aracaju



Fonte: Autor (2022).

À oeste está a Universidade Federal de Sergipe, já na cidade de São Cristóvão. Nesta região, também periurbana, existe um Parque, a fim de preservar a área verde às margens do rio Poxim.

Figura 136 – Parque Ecológico Poxim, na zona periurbana da Universidade Federal de Sergipe



Fonte: Autor (2022).

Na região oposta está a principal zona de expansão da cidade, em direção ao estuário do rio Vaza Barris. Nesta região há pressão imobiliária e ocupações de alto padrão às margens do rio. Há invasões das áreas de preservação permanente e notam-se problemas de erosões das margens, agravada pelo aumento da circulação de barcos devido ao turismo no rio. Esse turismo é devido a bancos de areia que se formam na maré baixa. Como se trata de uma área em início de ocupação há locais ainda bem preservados.

Figura 137 - Área de expansão próxima à foz de rio Vaza Barris, com ocupação de alto padrão em APP e diversos problemas de irregularidades



Fonte: Autor (2022).

Figura 138 – Processos erosivos às margens do rio Vaza Barris



Fonte: Autor (2022).

Figura 139 – Movimentação de barcos acelera processos erosivos nas margens do rio Vaza Barris



Fonte: Autor (2022).

Figura 140 - Áreas marginais com características pristinas ainda desocupadas na foz do Vaza Barris



Fonte: Autor (2022).

Figura 141 - Croa do Goré, banco de areia do rio Vaza Barris, atração turística utilizada no período de maré baixa



Fonte: Autor (2022).

A cidade de Aracaju, pelo seu porte, quantidade de áreas verdes, extensa faixa de areia de praia, desembocadura de rios e brisa oceânica não é uma cidade muito vulnerável às mudanças climáticas projetadas para a região.

De porte relativamente pequeno para uma capital de estado, a cidade ainda não enfrenta grande pressão imobiliária, podendo expandir-se tanto horizontalmente quanto verticalmente, entretanto, é preciso estabelecer limites e ordenamento para este crescimento com soluções baseadas na natureza, como criação de áreas verdes e arborização e também políticas de uso de solo e incentivos para particulares, como IPTU verde.

A quantidade de áreas verdes no município é grande e adequada, porém possui percentual baixo de arborização de vias públicas, 56,6%, sendo apenas o 3860º município no país neste quesito. Essa situação transforma os parques em ilhas verdes, podendo reduzir a biodiversidade e o fluxo gênico, comprometendo a saúde destes parques. Além disso, há vasta área de mangue e restinga, já pouco biodiversos, portanto, deve haver uma aposta em arborização urbana com espécies típicas do bioma, como corredores ecológicos. Além desta função, um incremento de arborização urbana também vai trazer todos os serviços ambientais da arborização.

A extensa faixa de areia da região central da praia do Atalaia a protege de um avanço do mar, entretanto, diversas outras regiões são bastante vulneráveis a este avanço, devido aos estuários dos rios da região. A prefeitura e o estado têm realizado obras de contenção para impedir o avanço para residências a beira mar, em especial em trechos do Atalaia e na cidade de Barra dos Coqueiros, porém, as

obras são somente de enrocamento, sem auxílio de vegetação para dissipar energia. Nas obras de urbanização do bairro Coroa do Meio foi utilizada vegetação de mangue para auxílio da contenção do enrocamento, obtendo sucesso de longo prazo, o que poderia ser imitado nestes casos.

Figura 142 – Avifauna mais comum na cidade formada por tresquiornítídeos, como maçaricos e garças e caradriídeos, como Quero-quero



Fonte: Autor (2022).

Figura 143 – Vegetação utilizada como auxílio em obra de enrocamento no bairro Coroa do Meio



Fonte: Autor (2022).

A grande quantidade de água, com a presença de estuários e o mar, é muito funcional como regulador térmico, tanto pela capacidade da água em reter calor quanto pela brisa oceânica, atenuando o efeito de ilha de calor. Para que este efeito positivo permaneça é necessário que não se criem barramentos para a brisa, como construções altas à beira dos corpos hídricos. Para as áreas consolidadas, não se vislumbra em curto ou médio prazo este problema, entretanto, para as áreas de expansão, esta questão deve ser observada.

A maior vulnerabilidade observada para a cidade de Aracaju está nas áreas de expansão. Inicialmente, a ocupação das áreas de preservação permanente do estuário do rio Vaza Barris, que está levando a retirada de vegetação das margens e conseqüentemente erosão das margens, o que levará a um assoreamento do rio. A vegetação de mangue nas margens, em área alagada, pode dissipar a energia das marés e também das ondulações promovidas pelos barcos, além da manutenção de vegetação nas margens em terra firme. No outro estuário, do rio Sergipe, o município vizinho de Barra dos Coqueiros tem sofrido com problemas nas estruturas à beira mar e invasão das águas nas casas na maré cheia. Neste caso, as mesmas soluções são viáveis.

Podemos dar os seguintes destaques para esta parte do bioma:

Nesta região da Mata Atlântica destaca-se a grande região metropolitana que vem se formando entre Salvador e Natal. Embora esta ocupação por si não traga excessivo adensamento, a infraestrutura necessária a ela tem levado a grandes vulnerabilidades.

Nas áreas urbanas e hotéis à beira mar sistemas de captação de águas pluviais devem ser incentivados como política pública.

Nos ecossistemas de dunas deve ser incentivado uso de vegetação protetora e onde há afloramentos de lençol freático é possível movimentar a areia para utilizar as lagoas como estabilizadoras e vegetação nas partes mais altas.

Os eventos pluviométricos extremos tendem a causar enchentes e alagamentos nas cidades litorâneas de cotas mais baixas. Nestes casos, as soluções como jardins de chuva e reservatórios de acumulação são auxiliares, juntamente com um programa de cisternas e recuperação de manguezais.

Vegetação de maior porte para arborização, entretanto, precisam ser bem estudadas em solos arenosos e/ou rasos. O uso de mangue e outras árvores de restinga arbórea devem ser incentivados.

No sul da Bahia deve ser incentivado soluções conjuntas aplicadas às bacias hidrográficas, até com transposição e leitos adicionais artificiais para controlar o transbordamento dos rios.

A urbanização de áreas irregulares é de suma importância para mitigar os riscos e diminuir a população exposta a ele. As intervenções em assentamentos informais são oportunidades para soluções baseadas na natureza dos mais diversos tipos e aumento de qualidade ambiental urbana.

4.5 MATA ATLÂNTICA MERIDIONAL

A caracterização da Mata Atlântica meridional envolve ainda mais feições que a parte setentrional.

A Mata Atlântica meridional compreende a parte meridional do chamado domínio dos mares de morro e também das Araucárias, proposto por Ab'Saber, 2003. Esta parte do bioma é caracterizada por uma extensa faixa litorânea, bastante acidentada, formada por vales e morros que na parte meridional avança no sentido oeste, até parte da região centro-oeste. Estas diferenças de relevo, solo e clima propiciam a formação de diversas tipologias florestais.

Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007), esta parte do território brasileiro é um orobioma, chamado de Floresta Atlântica Densa Sempre-Verde de Encosta, sendo um conjunto de elevações que acompanha o litoral, desde próximo a Porto Alegre até o Rio Grande do Norte, sendo mais estreita na região nordeste e no sul e mais larga na região sudeste, sofrendo uma interrupção no norte do estado do Rio de Janeiro e no sul do Espírito Santo.

Ainda segundo este autor, juntamente com os Biomas Floresta Atlântica Densa Sempre-Verde de Terras Baixas, Floresta Atlântica Densa Sempre-Verde de Restinga, Floresta Atlântica Densa Sempre-Verde de Manguezal e Floresta Quente-Temperada Úmida Densa Sempre-Verde de Araucária, formam o bioma Mata Atlântica. A interrupção nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo é classificada como Floresta Tropical Estacional Densa Semidecídua.

Este domínio, também conhecido como mares de morros, conforme mencionado anteriormente, possui importantes variações climáticas e fitofisionômicas, as quais implicam em diferenças significativas para a temática deste trabalho.

Iniciando nas altitudes mais baixas, bem próximo ao nível do mar, temos as restingas e manguezais. Os manguezais são típicos de faixas litorâneas tropicais e no Brasil se estendem de Santa Catarina até o Amapá, de forma descontínua e ocupam áreas de baías, estuários e reentrâncias, sendo por isso, bastante variável em tamanho. A vegetação é adaptada a região de marés e com salinidade e pouco rica em espécies, bastante aberta e sem epífitas. Estas características, juntamente com a antropização do ambiente, tornam o mangue muito ameaçado.

As restingas são típicas das planícies costeiras arenosas do litoral, de origem marinha e eólica. Ocorrem, assim como os mangues, em faixas descontínuas, mas não estão presentes no litoral norte, entre a ilha de São Luís e o estado do Amapá (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007). As espécies vegetais estão adaptadas à salinidade do solo e à maresia, especialmente as de “primeira linha”, mais próximas à linha de maré, que sofrem com a areia levada pelo vento e adquiriram hábitos rizomatosos para se espalhar pela areia. Adentrando sentido interior encontram-se orquídeas e bromélias terrestres e pequenos arbustos, sendo que o gradiente das copas se eleva neste sentido, passando por vegetação arbustiva adaptada ao vento e palmeiras, até finalmente assemelhar-se muito com as florestas de terras baixas ou de planície.

As florestas de terras baixas são a sucessão da restinga até as matas de encosta, ocupando faixas mais estreitas na porção meridional da Mata Atlântica que na setentrional. Não apresenta grande diferença da floresta de encosta, exceto pelos solos que podem ser mais profundos, podendo abrigar indivíduos de maior porte. Também se observam menos paisagens de formações iniciais, bastante comuns na encosta, como áreas vastas de Manacás e Embaúbas. Também pelo maior grau de uniformidade de altitude não há tanta diferença na entrada de luz através do dossel, causando uma uniformidade maior.

Figura 144 – Rápida transição entre restinga e encosta, típica em diversos trechos da Mata Atlântica meridional, aqui na Ilha Grande, RJ



Fonte: Autor (2022).

A floresta de Araucária está presente nos planaltos do norte do Rio Grande do Sul e pelos estados de Santa Catarina e Paraná e em áreas não contínuas nos

estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, os quais se apresentam em altitudes maiores que 2.000 metros (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

Devido à presença em altitudes e latitudes mais altas a temperatura é mais baixa e sem estação seca. Nestas matas existe uma espécie dominante, a *Araucaria angustifolia*, o pinheiro brasileiro, que parece precisar de mais luz para sobreviver e não se desenvolve bem em florestas mais densas. A densidade de indivíduos varia bastante, juntamente com o aspecto denso da mata, que além de Araucárias pode conter outras espécies de menor porte, com destaque ao xaxim e o mate, muito apreciado pelos gaúchos. Não há variedade de epífitas, restritas a líquens e musgos e poucas plantas vasculares. É uma flora menos rica e bastante característica de espécie dominante.

Figura 145 – Domínio de Araucária em zona rural antropizada em Guaratinguetá, SP



Fonte: Autor (2022).

Outra formação vegetal do bioma Mata Atlântica é a Floresta Mesófila, ou Floresta Tropical Estacional Densa Semidecídua. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a diferenciação está principalmente na presença de uma estação seca, fazendo com que estas matas não sejam sempre verdes. Estas matas estão presentes principalmente na Zona da Mata mineira, Planalto Paulista, chegando aos

estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Também está presente no norte do estado do Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo, em uma interrupção da Floresta Atlântica Densa Sempre-Verde de Encosta.

Estas florestas possuem solos férteis e profundos, permitindo boa densidade e porte às matas, e também por este motivo foi muito explorada e derrubada para fins agrícolas. Por serem semidecíduas a serapilheira nestas matas é densa. É bem rica em espécies, muitas utilizadas comercialmente.

Também neste bioma, segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), encontramos a Floresta Quente-Temperada Úmida Semidecídua, característica do sul do estado de São Paulo e noroeste do Paraná, nas bacias dos rios Paranapanema, Médio Paraná e Iguaçu. Não há um período de seca pronunciado, sendo que os índices pluviométricos são relativamente bem distribuídos durante todo o ano. Existe queda parcial das folhas, mas devido a temperaturas baixas e não à estresses hídricos. Não há grande diferença de espécies florísticas entre esta formação e as tropicais, formando uma transição suave.

O bioma Mata Atlântica porção meridional é o mais urbanizada do país com 2069 municípios (37,14% do total). Devido ao número grande de cidades é discutida a rede urbana de forma ligeiramente diferenciada, com ênfase em regiões de estados.

O bioma possui seis metrópoles, Campinas, Guarulhos e São Paulo, no estado de São Paulo, Curitiba, no Paraná, e as cidades do Rio de Janeiro e São Gonçalo, no Rio de Janeiro.

A região possui 142 cidades médias (6,86% do total das cidades da região), com estas variando bastante entre o intervalo de 100.000 e 1.000.000 de habitantes. As cidades com menos de 20.000 predominam, num total de 1507 (72,84% do total do bioma). As cidades entre 20.000 e 100.000 habitantes são em número de 414 (20% do total do bioma).

A Mata Atlântica desta região abriga a maior metrópole brasileira, São Paulo, hoje com aproximadamente 12 milhões de habitantes, conturbada com várias cidades, num total de 39 municípios, somando 22 milhões de habitantes. Este gigantesco centro urbano possui todos os tipos de vulnerabilidades e fragilidades, como enchentes, deslizamentos, poluição de todos os tipos e crises de abastecimento. A metrópole de Guarulhos é conurbada com São Paulo, fazendo parte desta gigantesca região metropolitana. Estas metrópoles estão situadas em

região de floresta típica de Mata Atlântica, Floresta Atlântica Densa Sempre-Verde de Encosta.

Também abriga as metrópoles do Rio de Janeiro e Curitiba. Rio de Janeiro, de população de 6.211.423 habitantes, formam também uma gigantesca área metropolitana, conturbada com Duque de Caxias (808.152 habitantes), São João de Meriti (440.962 habitantes), Belford Roxo (483.087 habitantes), Nilópolis (146.774 habitantes), Mesquita (167.128 habitantes), Nova Iguaçu (785.882 habitantes), Queimados (140.523 habitantes), Japeri (96.289 habitantes), Paracambi (41.375 habitantes), Seropédica (80.596 habitantes), Itaguaí (116.841 habitantes), Magé (228.127 habitantes), Guapimirim (51.696 habitantes), Niterói (481.758 habitantes), São Gonçalo (896.744 habitantes), Itaboraí (224.267 habitantes), Maricá (197.300 habitantes), Tanguá (31.086 habitantes) e Rio Bonito (56.276 habitantes), que juntas somam 11.686.286 habitantes. Esta região metropolitana apresenta grandes vulnerabilidades e fragilidades, desde desastres naturais, em especial advindos de ocupação sem planejamento adequado, até todo tipo de problema social que pode interferir na qualidade ambiental urbana.

A metrópole de Curitiba tem 1.773.733 habitantes e mesmo sua região metropolitana sendo composta por 29 municípios, a cidade é conturbada apenas com os municípios de Almirante Tamandaré (119.825 habitantes), Araucária (151.666 habitantes), Campo Magro (29.879 habitantes), Colombo (232.056 habitantes), Pinhais (127.019 habitantes), Piraquara (118.730 habitantes), Quatro Barras (24.191 habitantes) e São José dos Pinhais (329.222 habitantes), somando 2.906.321 habitantes. É a capital mais fria do país dada sua altitude, mesmo não sendo a capital de maior latitude, estando nos domínios das matas de araucárias.

Campinas no estado de São Paulo, Florianópolis em Santa Catarina e Vitória no Espírito Santo são do nível hierárquico capital regional A, todas formando regiões metropolitanas importantes no seu contexto regional.

Campinas possui 1.138.309 habitantes e forma uma região metropolitana com 20 municípios, porém, está conurbada apenas com Americana (237.247 habitantes), Hortolândia (236.641 habitantes) e Valinhos (126.325 habitantes), que juntas somam 1.738.522 habitantes. Essa conurbação segue no sentido da cidade de Americana, que por sua vez está conturbada com diversas outras cidades, sendo um grande centro em processo de conurbação, inclusive com a região metropolitana de São

Paulo e vizinhas. Esta região se situa nos limites entre florestas sempre verdes e florestas decíduas, podendo ser tratada como uma região de tensão ecológica.

Florianópolis tem 537.213 habitantes e está conturbada com os municípios de São José (270.295 habitantes), que por sua vez é conturbado com Palhoça (222.598 habitantes) e Biguaçu (76.773 habitantes), perfazendo um total de 1.106.879 habitantes. A captação para abastecimento é feita em mananciais superficiais, com exceção da parte norte da ilha, onde há captação em aquífero. Enchentes e alagamentos acontecem nas áreas periféricas continentais e na ilha há ocorrências de deslizamentos devido a ocupações irregulares em áreas de morros e ocorrências de invasão de maré. Como em quase toda região costeira junto ao mar da Mata Atlântica, abriga as florestas densas de encostas com restingas e mangues.

Vitória possui 322.869 habitantes e está conturbada com as cidades de Vila Velha (467.722 habitantes) e Serra (520.649 habitantes), sendo um centro urbano de 1.311.240 habitantes. Toda a região apresenta vulnerabilidades como deslizamentos de terra e alagamentos devido às chuvas, muitas vezes combinada com maré alta, exponenciando o problema. Também abriga as florestas densas de encostas com restingas e mangues.

As capitais regionais B deste bioma são Caxias do Sul no estado do Rio Grande do Sul, Blumenau, Chapecó e Joinville no estado de Santa Catarina, Cascavel, Londrina e Maringá no estado do Paraná e Juiz de Fora no estado de Minas Gerais. As capitais regionais C são Novo Hamburgo no estado do Rio Grande do Sul, Criciúma no estado de Santa Catarina, Ponta Grossa no estado do Paraná, Araçatuba, Presidente Prudente, Santos, São José Dos Campos e Sorocaba no estado de São Paulo, Campos dos Goytacazes e Volta Redonda no estado do Rio de Janeiro, Cachoeiro de Itapemirim, Governador Valadares, Ipatinga, Pouso Alegre, Teófilo Otoni e Varginha no estado de Minas Gerais.

Caxias do Sul tem 463.338 habitantes e não tem conurbações. A cidade se coloca como capital da Serra Gaúcha, região produtora de vinhos e destino turístico brasileiro importante. Esta região pode ser dividida em três partes distintas, os campos de cima da serra, onde estão os cânions gaúchos, a região das hortênsias, onde se localizam as principais cidades turísticas do estado, Gramado e Canela e a região da serra ou dos vinhedos, onde está Caxias do Sul e outras cidades produtoras de vinho. A região pertence ao domínio das matas de araucárias, assim como Novo Hamburgo, que com população 227.732 se localiza na região

metropolitana de Porto Alegre, mas sem conurbação. A captação para abastecimento é superficial. A cidade registra enchentes e alagamentos com chuvas de grande volume. Um ciclone no mês de junho de 2023 deixou diversos pontos alagados e registrou grandes perdas.

Criciúma tem 214.493 habitantes e está conturbada com Içara (59.035 habitantes), que juntas totalizam 273.528 habitantes. É o município de maior hierarquia do litoral sul catarinense, Capital Regional C. A captação para abastecimento é superficial e está relativamente distante devido ao comprometimento da água pela poluição da mineração de carvão, que afeta toda a região. Em episódios de chuvas intensas são registrados alagamentos e eventuais deslizamentos.

A região norte do estado próxima ao litoral tem Blumenau, com 361.261 habitantes, sem conurbações, embora existam diversos municípios a poucos quilômetros de distância. A cidade está inserida na chamada região metropolitana do Vale do Itajaí, em função do rio Itajaí, que deságua no mar na cidade de mesmo nome. É uma região bastante turística, em especial Blumenau e Pomerode na parte média e Itajaí e Balneário Camboriú na parte baixa. A região possui florestas de encosta e Araucárias, dependendo da altitude. As enchentes e deslizamentos são frequentes e conhecidos apesar de esforços contínuos do poder público para acabar com o problema. A captação para abastecimento nesta região é superficial.

Ainda no litoral norte está Joinville, com 616.323 mil habitantes e sem conurbações, apesar de estar próximo de outros centros urbanos. O abastecimento de água da cidade é por captação superficial e não apresenta estrangulamento. O município é costeiro, portanto, possui mangues, restingas e florestas densas.

No oeste do estado de Santa Catarina encontra-se Chapecó, com 254.781 habitantes. A região tem forte agroindústria, o que demanda água para seu desenvolvimento pleno, sendo que o abastecimento da cidade é por captação superficial e apresenta defasagem em épocas de estiagem. A cidade ainda registra alagamentos em eventos de chuvas intensas. A região está no domínio das Araucárias.

O estado do Paraná é um estado de domínio interiorano, tendo como principal município no litoral Paranaguá, sendo apenas um centro sub-regional A, sendo a referência a capital Curitiba. A região sofre com alagamentos e o abastecimento é

superficial e não apresenta situação crítica. A região tem domínio de floresta de encosta e Araucárias nas altitudes.

A região noroeste do estado, onde dominam florestas semidecíduas abriga diversas cidades de alta hierarquia, capitais regionais, como Ponta Grossa, Londrina e Maringá, além de outras de centros sub-regionais, como Apucarana, Campo Mourão, Paranavaí e Umuarama, já próximo ao rio Paraná. Araucárias são mais raras conforme se distancia da capital.

Ponta Grossa, capital regional C, tem 358.367 e não tem conurbações. A cidade é vulnerável a alagamentos e o abastecimento é realizado por captação superficial. Londrina, capital regional B, tem 555.937 habitantes e está conturbada com Cambé (107.208) e Ibiporã (51.603), que juntas somam 714.748 habitantes. A cidade registra enchentes em eventos de chuvas volumosas. O abastecimento é de captação superficial. Maringá, também capital regional B, tem 409.657 habitantes e está conturbada com Sarandi (118.455), somando 528.112 habitantes. A região tem as mesmas vulnerabilidades e características da região de Londrina.

A região sul, assim como a região central, se caracteriza pela floresta semidecídua, com presença de Araucárias em regiões de maior altitude, mais presente na região sul, entre os rios Piquiri e Iguaçu. Em direção oeste as altitudes ficam menores e a floresta semidecídua é mais presente, inclusive com a estiagem invernal. A cidade de maior hierarquia desta região é Cascavel, Capital Regional C. No sentido leste para oeste encontramos os centros sub-regionais C de Guarapuava, Pato Branco, Francisco Beltrão e Foz do Iguaçu.

Cascavel conta com 348.051 habitantes e não tem conurbações. O município tem seus mananciais de abastecimento superficiais, sem estrangulamentos. A cidade registra alagamentos em ocasiões de chuvas volumosas. O município está no domínio das Araucárias.

Guarapuava (182.093), Pato Branco (91.836) e Francisco Beltrão (96.666) estão ainda dentro do domínio das Araucárias, enquanto Foz do Iguaçu, de baixa altitude já na foz do rio Iguaçu exibe exuberante floresta semidecídua.

No estado de São Paulo a Mata Atlântica também apresenta feições diferenciadas, estando presente em todo o estado, com exceção da região noroeste, onde há predominância do Cerrado e faixa de transição entre estes dois biomas. A região mais característica deste bioma é a faixa litorânea, nas serras do Mar e da

Mantiqueira e nos vales entre estas, avançando para o interior do estado, em maior proporção no sul e centro e menor na parte norte e oeste.

As cidades paulistas de maior hierarquia situadas no bioma Mata Atlântica são Araçatuba, Presidente Prudente, Santos, São José dos Campos e Sorocaba, capitais regionais C e Catanduva, Limeira, São João da Boa Vista e Ourinhos, centros sub-regionais C. Devido a presença da capital do estado, considerada a cidade de maior hierarquia em território nacional, e a proximidade com esta, mesmo cidades de grande porte podem não pertencer a uma hierarquia alta neste estado.

Araçatuba tem 200.124 e sem conurbações, assim como Presidente Prudente, com 225.668 habitantes. A primeira está nos limites do bioma no sentido oeste e Presidente Prudente nos limites da região sudoeste do estado. A captação para abastecimento é superficial em ambas e as cidades tem registrado alagamentos em episódios de chuvas volumosas. Nesta região o domínio é de floresta semidecídua.

Santos tem uma população de 418.608 habitantes e é conurbada com São Vicente (329.844 habitantes) e separado do Guarujá (287.634 habitantes) pelo estuário de Santos. Juntas estas cidades formam um núcleo urbano de 1.036.086 habitantes. O abastecimento destas cidades é realizado por captação superficial. Como cidades costeiras, registram presença de florestas de encosta, mangues e restingas. A cidade registra alagamentos em episódios de chuvas torrenciais e associadas a marés altas. Esta região divide o litoral do estado, sendo chamado de litoral norte as cidades ao norte e litoral sul as cidades ao sul, sendo que nesta linha costeira não há cidades de grande porte ou alta hierarquia urbana.

São Jose dos Campos tem 697.428 mil habitantes e é conturbado com Jacareí (240.275 habitantes), que juntas chegam a 937.703 habitantes. Embora seja considerada uma grande região metropolitana, com população de 2.506.053 habitantes, chamada de Vale do Paraíba, Região Serrana e Litoral Norte, ainda não há conurbação entre as cidades que formam este complexo, variando bastante a distância entre os centros urbanos, desde algumas unidades de quilômetros até algumas dezenas, nas mais isoladas. A interdependência entre as cidades, característica de regiões metropolitanas, também varia bastante. No litoral norte se destaca Caraguatatuba, com 134.875 habitantes, um centro sub-regional B.

Na região do Vale do Paraíba propriamente dita predominam as florestas de encosta, enquanto no litoral se mistura com mangues e restingas e na Serra da Mantiqueira, oeste do vale, há floresta de encosta e domínio de Araucárias. O

abastecimento na região é realizado por captação superficial e há vulnerabilidades de alagamentos e deslizamentos nas encostas dos morros.

Sorocaba possui 723.574 habitantes e é conturbada com Votorantim (127.923 habitantes), que juntas somam 851.497 habitantes. Mesmo sem conurbação real, esta cidade, juntamente com Jundiaí forma a região chamada Sorocaba-Jundiaí, com população registrada pelo censo 2022 de 2.481.423 habitantes. Apesar do solo altamente modificado a cobertura vegetal é de floresta de encosta. O abastecimento na região é realizado por captação superficial e há registros de alagamentos em episódios de chuvas torrenciais.

No sentido noroeste do estado está Catanduva, com população de 115.785 habitantes e nos limites da área de Mata Atlântica, porém não guarda característica desta formação vegetal pristina. O abastecimento é feito por captação de aquífero subterrâneo, comum na região oeste do estado. Em eventos extremos de pluviosidade a cidade e região registra alagamentos.

Limeira conta com 291.869 habitantes e guarda as mesmas características de sua vizinha Campinas, com a qual está em processo de conurbação nas regiões metropolitanas.

São João da Boa Vista tem 92.535 habitantes e está situada na divisa com o estado de Minas Gerais. O abastecimento é feito por captação superficial e a cidade registra alagamentos em eventos de fortes chuvas.

Na região centro sul do estado a cidade de referência é Ourinhos, com maior hierarquia urbana, um centro sub-regional A, com 103.970 habitantes. Esta cidade está localizada já na divisa com o estado do Paraná, às margens do rio Paranapanema.

A região do Litoral Sul e Vale do Ribeira, tem a cidade de Registro como referência, um centro sub-regional B, de 59.946 habitantes. Na parte litorânea, a maioria das cidades está integrada à região metropolitana de Santos, mas destaca-se Itanhaem, uma capital regional C com 112.476 habitantes. A região é muito semelhante ambientalmente ao Vale do Paraíba e litoral norte, guardando as mesmas características ambientais, porém as cidades são de menor porte.

Em todo o estado do Rio de Janeiro o bioma é de Mata Atlântica, porém há diferentes fisionomias. O chamado Vale do Paraíba se estende por quase todo o estado, estando a foz deste rio a apenas 100 km da divisa com o estado do Espírito Santo. A região sul é muito semelhante a região adjacente ao estado de São Paulo,

sendo o litoral uma região de morro afogado e importante destino turístico nacional, como as cidades de Paraty e Angra dos Reis, seguindo esta mesma formação até a baixada fluminense e a capital do estado. Na parte oeste do vale segue a formação de morros da Serra da Mantiqueira, onde também há destinos turísticos, como Visconde de Mauá, distrito do município de Resende, na divisa com o estado de Minas Gerais, onde há domínio das Araucárias.

Nesta região a cidade de maior hierarquia é Volta Redonda, capital regional C, com 261.584 habitantes, e embora esteja muito próxima à Barra Mansa, ainda não tem uma conurbação verdadeira com esta. O abastecimento é realizado por captação superficial. A cidade registra alagamentos em episódios de chuvas mais volumosas.

A partir da latitude da capital sentido norte a formação de morros da Serra do Mar fica um pouco mais distante do litoral e é chamada de Serra dos Órgãos. Nesta região, turística de inverno, está situada a cidade de Nova Friburgo, centro sub-regional A que conta com população de 189.937 habitantes. Esta região mescla Araucárias com a floresta de encosta típica e registra alta vulnerabilidade a deslizamentos, tendo registrado diversos eventos de grande magnitude.

Na região litorânea, a chamada Região dos Lagos, dominam as restingas com pequenas elevações como colinas, que abrigam florestas de encosta. Esta região abriga a cidade de Cabo Frio, centro sub-regional A. Cabo Frio conta atualmente com 221.987 habitantes e é um local de grande particularidade ambiental, diferenciando-se do entorno por uma vegetação típica de regiões semiáridas, devido a índices pluviométricos inferiores ao restante do estado, causado principalmente pela ressurgência presente na região (Coe, 2007). O abastecimento da região é feito por captação superficial, sem estrangulamento, e a são registrados alagamentos em eventos de maior pluviosidade.

Um pouco mais ao norte no litoral encontra-se a cidade de Macaé, também centro sub-regional A, que atualmente conta com uma população de 246.391 habitantes. Apesar da proximidade de Macaé com Cabo Frio, esta região já é novamente dominada pelas formações típicas da Mata Atlântica, as florestas de encosta, restingas e mangues. O abastecimento é de origem superficial, do rio Macaé e a cidade recebeu pesados investimentos e obras e logística contra alagamentos.

Ainda na região litorânea está Campos dos Goytacazes, capital regional C, atualmente com 483.551 habitantes e sem conurbações. A cidade está localizada em planícies costeiras, onde dominam as chamadas Florestas de Tabuleiros, formação descrita na caracterização da Mata Atlântica meridional como Floresta Tropical Estacional Densa Semidecídua, no norte fluminense e sul do Espírito Santo. O abastecimento da cidade é realizado por captação superficial e a cidade registra alagamentos em episódios de chuvas.

Na parte norte do Vale do Paraíba destaca-se a cidade de Itaperuna, outro centro sub-regional A, atualmente com 101.041 habitantes. Nesta região, juntamente com o litoral, as florestas já apresentam maior deciduidade que na região sul do vale, dominando mais florestas semidecíduas que de encostas. A cidade enfrenta alagamentos em episódios de chuvas volumosas.

A parte a oeste do Vale do rio Paraíba já marca os limites do estado de Minas Gerais, na região conhecida como Zona da Mata mineira. O domínio de Mata Atlântica deste estado está em toda a parte leste, se estendendo ao sul, acompanhando a margem esquerda no rio Grande, até onde este rio passa a demarcar a divisa do estado com São Paulo.

Nesta região ao sul, nas divisas com o estado de São Paulo, encontramos os centros urbanos de maior hierarquia: Pouso Alegre e Varginha, Capitais Regionais C e Poços de Caldas e Lavras, Centros Sub-regionais A. Pouso Alegre conta atualmente com 152.212 habitantes e Varginha com 136.467 habitantes e ambas as cidades não tem conurbações. Estas cidades tem seu abastecimento por captação superficial e registram problemas de alagamentos em episódios de chuvas volumosas. Poços de Caldas (163.742 habitantes) e Lavras (104.761 habitantes) são também centros urbanos sem conurbações e ambas registram alagamentos em eventos de fortes chuvas. Esta região ao sul tem domínio de florestas semidecídua, mais úmida que na parte leste, porém sem grandes distinções visuais, sendo que nesta parte domina Floresta Quente-Temperada Úmida Semidecídua.

Já no leste do estado domina a Floresta Tropical Estacional Densa Semidecídua pela definição adotada neste trabalho. A diferença está nos índices pluviométricos um pouco menores conforme se avança ao norte. Nesta zona temos a cidade de Juiz de Fora, uma capital regional B, símbolo da Zona da Mata Mineira, e os centros sub-regionais A de Manhuaçu, Muriaé, Barbacena, Ubá e Ponte Nova. Juiz de Fora tem 540.756 habitantes e não tem conurbação. A captação para

abastecimento é superficial e suficiente até o momento. A cidade tem grande parte da população em áreas de risco de alagamentos e deslizamentos, sendo estes problemas frequentes na cidade. Manhuaçu (91.886 habitantes), Muriaé (104.108 habitantes), Barbacena (125.317 habitantes), Ubá (103.365 habitantes) e Ponte Nova (57.776) possuem os mesmos problemas urbanos de deslizamentos e alagamentos.

Na região do Vale do Rio Doce está Governador Valadares e Ipatinga, capitais regionais C. Governador Valadares, com uma população de 257.172 e Ipatinga com 227.731 habitantes. A região apresenta uma estação seca marcante, fazendo com que as florestas semidecíduas sejam dominantes. Ambas as cidades contam com abastecimento por captação superficial e registram pontos de risco de alagamentos e deslizamentos, embora em níveis diferentes, sendo em Ipatinga menos grave. Ainda como capital regional C, com população de 137.418 habitantes, distante cerca 130 km ao norte, no Vale do Mucuri, está Teófilo Otoni, também sem conurbações e com as mesmas características ambientais e vulnerabilidades.

A leste da região de Mata Atlântica de Minas Gerais está o estado do Espírito Santo. Neste estado a Mata Atlântica pode ser dividida em parte sul, onde predomina a Floresta Semidecídua, e norte, onde predominam as Florestas de Encosta Sempre-Verdes (Krahl, 2014).

Na parte sul destaca-se a Capital Regional C de Cachoeiro de Itapemirim, com população de 185.784 habitantes. As vulnerabilidades desta cidade são alagamentos e deslizamentos, com uma população exposta ao risco de 8.282 pessoas.

Ao norte do estado estão os Centros Sub-regionais A de Colatina e São Mateus e o centro sub-regional B de Linhares. Colatina (119.992 habitantes) e Linhares (166.786 habitantes) são banhadas pelo rio Doce e dele dependem como destino final de macrodrenagem e registram problemas quando os níveis de água do rio Doce estão altos. São Mateus, mais ao norte, com população de 123.750 habitantes, registra problemas de alagamentos devido à subida de rios.

O bioma Mata Atlântica chega ainda ao estado do Mato Grosso do Sul, na sua porção sul, com formação de Floresta decídua, devido a marcante estação seca. Nesta parte do estado não há cidades de alta hierarquia, mas destacamos Naviraí (50.457 habitantes) e Mundo Novo (19.193), centros de zona A, que apesar da baixa população já registram problemas de alagamentos.

Por fim, a despeito de ser uma região altamente antropizada e ocupada, tem um arranjo populacional muito peculiar, com diversas regiões ainda pouco ocupadas, com cidades isoladas que centralizam serviços e estruturas, outras regiões formadas por aglomerados de pequenas cidades, cuja referência está fora da região, outras que possuem duas ou mais cidades como referência e ainda regiões metropolitanas com diversas cidades de grande porte que rivalizam ou não em importância e também cidades de relativo pequeno porte que possuem hierarquia regional.

Tabela 13 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes no Bioma Mata Atlântica porção meridional

Mata Atlântica meridional	
Quantidade de municípios	2069
Metrópoles	3
Mais de 100 mil habitantes	148
Menos de 20.000 habitantes	1507
Entre 20.000 e 100.000 habitantes	414

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

As projeções das mudanças climáticas apontam aumento de temperatura e de precipitação para este bioma, ainda que relativamente baixo. Com temperaturas mínimas baixas para padrões brasileiros, as cidades da zona costeira da região sul, especialmente as turísticas, podem ser beneficiadas com aumento da temporada de praias, porém, precisam investir em florestas urbanas como regulador térmico. De forma oposta, as cidades costeiras do sudeste devem registrar problemas, pois já registram altos picos de temperatura.

Na zona costeira onde dominam relevos acidentados o aumento de temperatura projetado pelas mudanças climáticas deve modificar a precipitação orográfica, embora não seja possível dimensionar esse fenômeno, somente especular sobre seu funcionamento. De qualquer forma, a alta vulnerabilidade desta região a deslizamentos faz com que qualquer fator que possa alterar a dinâmica natural seja preocupante. Ainda, existe uma grande pressão por moradia nesses lugares devido ao turismo e ocupações espontâneas são muito comuns, aumentando exponencialmente esta vulnerabilidade. Em 18 de abril de 2023 todo o

litoral norte paulista teve um evento de altíssima pluviosidade, sendo registrado em São Sebastião 694 mm em um único final de semana, o que desencadeou deslizamentos e um desastre que ceifou muitas vidas. O mesmo aconteceu nas serras do Rio de Janeiro, em especial na cidade de Petrópolis, onde em fevereiro de 2022 um total de 260 mm causou deslizamentos e a morte de mais de 200 pessoas.

O aumento de temperatura projetado, ainda que possa ser sensível, deverá aumentar os efeitos da ilha de calor dos centros urbanos, em especial naqueles com crescimento e expansão urbana. A verticalização, que pode mudar o regime de ventos, também pode contribuir para o fenômeno.

O aumento de pluviosidade projetado além dos deslizamentos citados, também aumenta a vulnerabilidade a alagamentos, já muito comuns em grande parte das cidades do bioma. Em lugares onde há foz de rios de maior porte isso é ainda mais agravado devido a períodos maiores para escoamento das águas, enquanto que alagamentos de ocorrência urbana de drenagem deficiente podem ter ocorrências de períodos mais curtos, o que requer soluções diferentes.

A despeito destas projeções, o apontamento mais importante é o aumento de eventos extremos, como secas mais prolongadas, secas repentinas e eventos de precipitação extrema. As secas prolongadas, ou extensão do período seco, põe em risco a vegetação, em especial urbana, com fragmentos e espécies isoladas, por ressecamento do solo e rebaixamento do lençol freático. As secas repentinas, “veranicos”, de qualquer extensão põe em sofrimento as espécies vegetais, que podem morrer por embolia ou ter grandes partes ressecadas, ocasionando quedas e acidentes. Os eventos de precipitação extrema em períodos curtos estrangulam a drenagem urbana e quando acompanhadas de ventos causam estragos sérios nas áreas urbanas.

Em centros urbanos destas regiões, em especial em cidades médias, as enchentes e alagamentos advindos de macrodrenagem deficiente são os problemas mais comuns, ainda que em diferentes escalas. Nestes casos as soluções mais utilizadas são os jardins de chuva, que servem como retenção e também desaceleração da energia potencial das águas. Estas soluções já são utilizadas com bons resultados e podem ser implantadas em áreas bastante reduzidas. Parte dos leitos carroçáveis destas cidades podem ser destinados à plantação de árvores, seja por mudança para estacionamentos a 45 graus que permitem espaço entre as vagas,

seja pela extensão das calçadas até o limite da norma, ou mesmo nos limites das ciclovias que vem sendo continuamente implantadas nestas cidades.

Uma boa cobertura vegetal em arborização também auxilia muito neste problema, garantindo redução no tempo para que a chuva atinja o solo. As raízes das árvores também auxiliam na permeabilidade do solo, mesmo nos mínimos espaços não permeáveis dos centros urbanos. A maioria das cidades deste bioma está na área de floresta semidecídua, devido a uma estação mais seca, portanto, as espécies semidecíduas servem bem à arborização urbana nessas cidades e não devem sofrer problemas com estações secas mais longas e também são mais adaptadas às secas relâmpago. Esta é, entretanto, uma questão complicada, pois não é incomum a insatisfação devido à queda de folhas e flores, consideradas por muitos como lixo. Nestes casos cabe ao poder público disponibilizar a possibilidade, orientando quanto aos cuidados a serem tomados, obrigações do contribuinte e as possibilidades existentes para cada caso.

Obviamente este trabalho é árduo e de longo prazo, mas existem mecanismos de incentivo, como IPTU verde e também instrumentos de orientação massiva, como escolas, associações de bairros, reuniões de plano diretor e outros que podem ser criados exatamente com este intuito. Assim, é possível planejar esta arborização para que as projeções de tempestades não venham a derrubar estas árvores causando ainda mais desastres e as árvores não venham a causar qualquer conflito. Espécies de raízes pivotantes, espaço para desenvolvimento pleno de raízes, monitoramento da saúde dos indivíduos e podas controladas quando necessárias são providências que podem minimizar qualquer problema, além, é claro, de limpeza pública.

Figura 146 – Asfalto mostrando que as árvores retardam a chegada da água da chuva ao solo



Fonte: Autor (2022).

No caso dos alagamentos por extravasamentos de rios, é necessário que estes não estejam assoreados e as áreas de preservação permanente e arredores tenham infiltração. Estes planejamentos devem ser feitos em escala de bacia hidrográfica para planejar uma somatória na drenagem evitando gargalos e sobrecarregando as áreas de fundo de vale. Projetos de revitalização de áreas de preservação com formação de parques lineares tem sido uma solução adotada por municípios para mitigar alagamentos. No sítio do WRI, são citados exemplos de SBN neste sentido, neste bioma, como em Estrela, RS, Maringá, PR, São José dos Campos, SP e Raposos, MG. Apesar de louváveis, estes projetos podem ser gentrificadores, com remoção direta de ocupações irregulares ou remoções por valorização imobiliária, o que além da questão social pode induzir ocupações irregulares em outros locais.

Nesta parte da Mata Atlântica não são comuns rios de grandes volumes com cheias e vazantes de longa duração, entretanto, a extensa modificação do solo devido a ocupação antrópica provoca oscilações nos níveis de água maiores que nas condições pristinas. Mesmo que de mais curta duração que rios maiores, estes extravasamentos podem ser bem mais longos que alagamentos advindos de

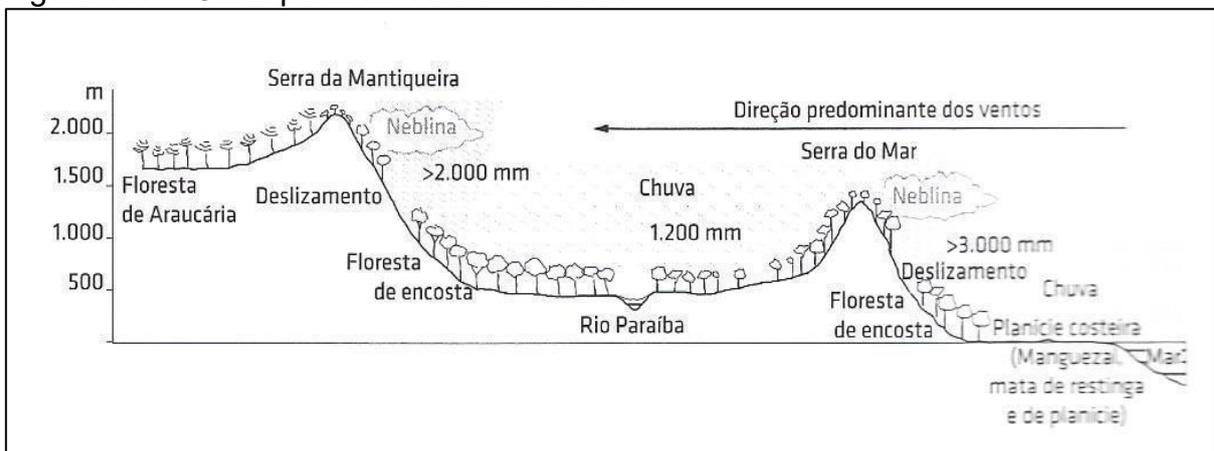
macrodrenagem deficiente, devendo, portanto, esta questão ser tratada em nível de bacia hidrográfica.

Há diversos exemplos de grandes obras de infraestrutura cinza utilizada para desvios de rios, sistemas de bombeamento para “piscinões”, transposições entre muitos outros, entretanto, é preciso entender as causas, pois se esta persistir ou mesmo se agravar, rapidamente as soluções não serão mais suficientes para resolver o problema.

Os problemas de deslizamentos também são frequentes neste bioma, especialmente em áreas de ocupações irregulares, portanto, passíveis de serem mitigados. Nessa mitigação as soluções baseadas na natureza têm papel fundamental, pois o uso de vegetação nestas intervenções já possui técnicas consolidadas, com ou sem combinação de estruturas artificiais.

Em alguns trechos do bioma os deslizamentos são naturais, advindos de elevações geológicas, marcadamente no estado de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. O Vale do Paraíba representa bem esta formação, por ser encravado entre duas cadeias de morros onde há ocorrência de deslizamentos.

Figura 147 – Corte perfil do Vale do Paraíba



Fonte: Coutinho (2016, p 34).

Nas cidades construídas nestas áreas é necessário existir mapeamento de riscos e coibir a ocupação das zonas de risco. As ocupações em patamares, ou seja, com o sistema viário paralelo às curvas de nível, diminuem os riscos nestas áreas em relação à ocupação radial, bem comum especialmente em nas ocupações espontâneas, portanto, este tipo de planejamento precisa ser adotado. Onde o

sistema viário funciona em curva de nível, mesmo os deslizamentos são menos graves.

Figura 148 – Deslizamento na rodovia Dutra, onde a via segue padrão de patamar, próximo à baixada fluminense



Fonte: Autor (2022).

As soluções baseadas na natureza fornecem muitos meios de estabilizar encostas, sendo que o mais comum tem sido a preservação das áreas de topo de morro, transformando-as em parques. Restrições de ocupação por cota também são utilizadas, porém, não representam uma solução para um problema estabelecido, mas uma prevenção.

Muito do crescimento das cidades médias deste bioma se dá por expansão das áreas periurbanas, através de loteamentos fechados. Este fenômeno privatiza grandes áreas e ainda causa interrupção no fluxo do trânsito. Embora mais abastados e com bons índices de qualidade ambiental, áreas verdes e porcentagens de ocupação de terrenos limitadas, a crescente ocupação urbana em gestão privada pode trazer problemas, sendo, portanto, mister que as cidades criem regras específicas para este tipo de ocupação.

Na linha costeira já se observa avanço do nível do mar, com ressacas mais frequentes e eventos de maré que destroem infraestrutura de praia. Diversas soluções tem sido testadas para preservar a faixa de areia das praias, como enrocamentos, grandes movimentações de areia e barreiras artificiais. Há soluções

polêmicas, como afundamento de navios e plantio de corais. Também crescem projetos de alargamento de faixas de areia, com custos bem elevados.

Jardins e vegetação de restinga são soluções mais simples e tem se mostrado eficiente na estabilização de solo e movimentações de areia, além de absorver água doce de infiltração advindos de serviços urbanos de todo tipo, que provocam compactação da areia. Os famosos jardins de Santos são um exemplo exitoso na estabilidade destas áreas, além de constituir área de lazer. Nesta mesma cidade, onde o sistema viário chega até a costa rochosa, se observa frequentes destruição desta infraestrutura.

As faixas de areia de praia são consideravelmente ocupadas no país para lazer, especialmente dentro do ambiente urbano. Esta ocupação pode acarretar prejuízo no movimento das areias da praia, causando erosões, como dito acima. Os jardins ajudam nesta estabilização e em muitas destas praias são plantadas árvores para fornecimento de sombra. A escolha da espécie é muito importante, pois as condições não são muito favoráveis à maioria das espécies. Na região sudeste predomina a *Terminalia catappa*, que se adapta bem a estas condições, entretanto, a diversificação de espécies é necessária, sendo exemplos de espécies nativas desta região a *Laguncularia racemosa* (Mangue branco) e também *Chloroleucon tortum* (Angico branco), para citar apenas duas espécies.

Figura 149 – Uso de *Terminalia catappa* em arborização à beira mar



Fonte: Autor (2022).

Outro problema urbano muito comum às cidades costeiras é o aterramento de mangues para construção de moradias. Apesar das funções ecológicas do mangue em ambiente natural, a função de dissipador de energia das marés é de suma importância para o ambiente urbano, pois auxilia na preservação da infraestrutura. Os enrocamentos que delimitam esses aterros podem sofrer pressão em demasia e também erosões na base. A manutenção da vegetação de mangue nas bordas auxilia na estabilidade destas estruturas.

Figura 150 – Mangue plantado junto ao enrocamento artificial



Fonte: Autor (2022).

No centro sul do país existe possibilidade de aumento de tornados e vendavais, eventos extremos de grande magnitude e destruição. Estes eventos já apresentaram aumento significativo nas últimas duas décadas (Cândido, 2012), mesmo que parte dos registros possa ser por melhoria de sistemas e ampliação de acesso a tecnologias. Fato é que a elevação da temperatura deverá tornar estes eventos mais frequentes. O fenômeno de ilha de calor precisa ser atenuado, com as medidas já citadas, como aumento do verde urbano e quando possível de espelhos d'água. Como mitigação é preciso incentivar soluções arquitetônicas que tornem as construções e infraestrutura antrópica mais resilientes a fortes ventos.

A crescente formação de áreas metropolitanas nesta região do país merece atenção especial, pois exponencializa as ilhas de calor formadas por ocupação urbana. O Estatuto das Metrôpoles traz em seu artigo sétimo a possibilidade de compensação por serviços ambientais, tornando possível que unidades de conservação ou áreas *non aedificandi* sejam remuneradas, porém, esta é apenas

uma possibilidade e pode existir uma resistência dos demais municípios da RM em remunerar esses serviços. Assim, ficará a cargo da conscientização a preservação destas áreas.

O aumento do efeito de ilha de calor nas áreas metropolitanas também pode agravar os eventos extremos, induzindo ou facilitando a formação de grandes sistemas de tempestade, pois a substituição da cobertura natural do solo pelos materiais antrópicos é capaz de induzir intensificação nos movimentos convectivos das parcelas de ar situadas sobre tais áreas (Cândido, 2012). Esse fenômeno merece atenção e além das soluções baseadas na natureza como arborização e criação de espelhos d'água, os chamados jardins verticais podem ter colaboração fundamental considerando a falta de espaços disponíveis, já que o serviço ambiental de redução térmica é preservado nesta solução (Matheus *et al.* 2016). O uso de epífitas na vegetação arbórea também deve ser considerado sempre que isso for possível, pois aumentam a massa verde, especialmente em árvores decíduas e semidecíduas e algumas ainda retém certo volume de água.

4.5.1 A cidade de Florianópolis

A cidade de Florianópolis possui um total de 537.213 habitantes, e somado a São José (270.295 habitantes) e Biguaçu (76.773), com as quais é conurbada, totalizam 884.281 habitantes na região metropolitana. As áreas urbanizadas das cidades são 108,79 km², 43,03 km² e 21,54 km² respectivamente, totalizando 173,36 km². Em relação à população exposta a risco, Florianópolis totaliza 23.105 pessoas nesta condição, São José 7.510 pessoas e Biguaçu não possui dados nas fontes do IBGE.

Essa conurbação se dá na parte continental, pois a cidade de Florianópolis é uma ilha, tendo parte de seu território na área continental. Portanto, a conurbação também está separada por duas pontes paralelas, que interligam a ilha ao continente.

Figura 151 – Imagem mostrando conurbação entre Florianópolis e São José, do lado continental

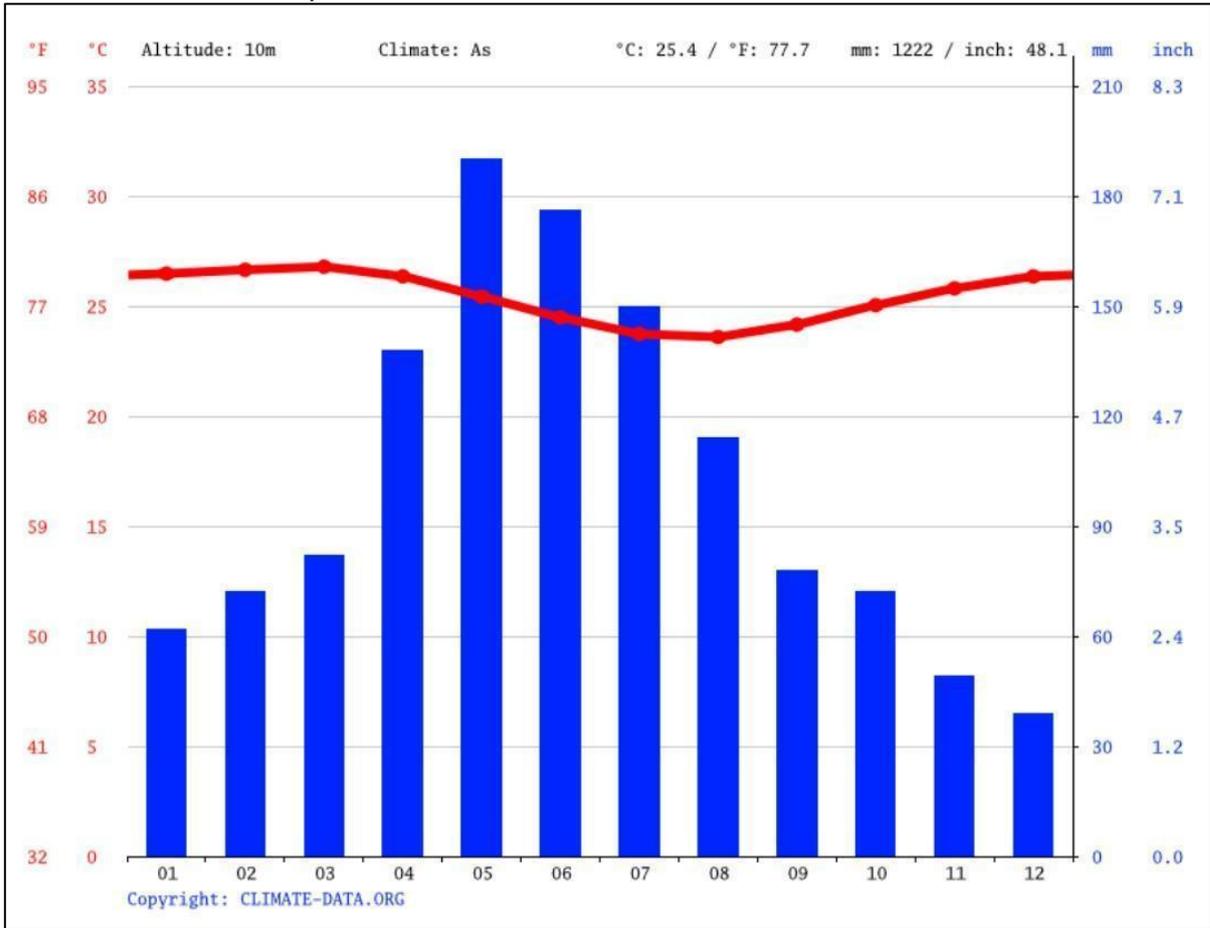


Fonte: Autor (2022).

O clima da cidade é quente e temperado e existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano. Mesmo o mês mais seco ainda registra alta

pluviosidade. De acordo com Köppen e Geiger a classificação do clima é Cfa. Florianópolis tem uma temperatura média de 20.8 °C. 1506 mm é a pluviosidade média anual.

Figura 152 – Gráfico de médias mensais de temperatura e pluviosidade na cidade de Florianópolis



Fonte: Climate-data.org ([2023]).

Figura 153 – Tabela de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), chuva (mm), umidade, dias chuvosos e horas de sol. Data: 1999 - 2019

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	26.5	26.6	26.8	26.4	25.4	24.5	23.7	23.6	24.2	25	25.8	26.3
Temperatura mínima (°C)	24.5	24.7	24.8	24.5	23.8	23	22.3	22.1	22.5	23.4	24	24.4
Temperatura máxima (°C)	29	29.2	29.3	28.5	27.3	26.2	25.4	25.4	26.2	27.3	28.3	29
Chuva (mm)	62	72	82	138	190	176	150	114	78	72	49	39
Umidade(%)	76%	77%	77%	79%	81%	81%	80%	78%	77%	77%	76%	76%
Dias chuvosos (d)	13	13	15	17	18	18	19	18	15	13	10	9
Horas de sol (h)	9.6	9.4	9.1	8.6	8.1	8.0	8.0	8.1	8.3	8.7	9.3	9.7

Fonte: Climate-data.org ([2023]).

Florianópolis é uma cidade turística, portanto, registra aumento populacional significativo nos meses de verão do hemisfério sul, época do turismo na cidade. Essa situação pressiona por infraestrutura urbana e habitação, que precisam ser dimensionadas pelo pico populacional, tornando-se ociosa parte do ano. Considerando que a cidade é uma ilha, e com muitas áreas de fragilidade ambiental, encontrar soluções para aumentar a oferta de serviços urbanos e moradia é um grande desafio.

A cidade reflete bem a complexidade de ecossistemas do bioma Mata Atlântica, com restingas, mangues, dunas e florestas de encosta e os bairros possuem diversas densidades de ocupação. Embora a cidade valorize a qualidade ambiental urbana, a pressão imobiliária é muito forte e os debates sobre os índices de ocupação são intermináveis, não sendo objeto desta tese. Revisões de Plano Diretor e modificações legislativas são comuns na cidade.

A principal questão que causa calorosos debates está na verticalização da cidade. Embora seja o adensamento positivo sobre o impacto na expansão da modificação do solo, este é negativo quando se coloca a necessidade de infraestrutura. Não apenas em Florianópolis, mas em todo o país, a valorização do automóvel privado como principal meio de deslocamento, requer grande quantidade de pistas de rolamento, com material asfáltico, maior responsável por reter e propagar calor nas cidades. Além disso, há necessidade de maior dimensionamento para redes de abastecimento e esgotamento.

Figura 154 – Em diversos mirantes da cidade é possível observar pontos de ocupação em mangue, restinga e morros



Fonte: Autor (2022).

Figura 155 – Extensa área de mangue que sofre pressão de ocupação



Fonte: Autor (2022).

Figura 156 – Ocupação em área de mangue com retificação de córrego



Fonte: Autor (2022).

A irregularidade é marcante na cidade e este é o principal viés pelo qual Florianópolis pode se tornar mais sustentável. A ocupação irregular mais

vultuosa da cidade é o Maciço da Cruz, tanto pelas dimensões quanto pela localização.

Para a urbanização do Maciço já existe projeto, o que significa que a prefeitura tem total conhecimento das dimensões do problema. O maciço está dividido em 16 comunidades, que ocupam uma área de 657 m², de um total de 2.151 m². Para este projeto está reservada uma área de 1.494 m² no topo, que será convertida em Parque, evitando deslizamentos e qualificando o Maciço do ponto de vista ambiental, pois o parque terá também função de lazer.

O projeto prevê recuperação de vegetação, implantação de viveiros de mudas, monitoramento e manutenção e educação ambiental, além de um centro de cursos de formação para viveiros e guias. Atualmente parte da área já possui estrutura e é aproveitada como mirante.

Figura 157 – Vista do Maciço da Cruz pela ponte Hercílio Luz



Fonte: Autor (2022).

Florianópolis conta com espaços verdes na região central que são importantes tanto para áreas de lazer quanto para fornecer serviços ambientais. A reforma da ponte Hercílio Luz garantiu a consolidação do parque da Luz, atualmente importante área verde na região central, que fornece serviços de regulação térmica, biodiversidade, porosidade de solo e acumulação de água pluvial.

Praças arborizadas são valorizadas na região central da cidade, onde aclives e declives fazem com que as abundantes chuvas na cidade ganhem energia potencial. Estes espaços oferecem importante função de atenuar essa energia

potencial, ainda considerando as dificuldades de arborização em regiões centrais das cidades.

Figura 158 – Vista da cidade de Florianópolis pelo mirante da Cruz, área vegetada onde será implantado o parque citado



Fonte: Autor (2022).

Figura 159 – À direita parte interna do Parque da Luz e à esquerda, local de acumulação de água pluvial



Fonte: Autor (2022).

Figura 160 – Praça em área central destinada a lazer que cumpre papel de redução de energia potencial de chuvas, regulação térmica por vegetação e melhoria de circulação de ventos



Fonte: Autor (2022).

Figura 161 – Praça XV, em região central da cidade mostrando densidade arbórea em vista aérea e em nível de solo



Fonte: Autor (2022).

Outra solução baseada na natureza muito propícia para a cidade são os jardins verticais. Este nome genérico permite arborização de fachadas, cercas vivas, muros verdes entre outras soluções individualizadas.

Considerando o bioma e a multiplicidade de ecossistemas da cidade, há condições muito favoráveis para estas soluções, que são muito importantes no controle térmico. O grande número de epífitas próprias da vegetação do bioma e também a distribuição de chuvas ao longo do ano torna esta solução bastante viável, pois requer pouca manutenção, desde que sejam escolhidas espécies adequadas.

Como na maioria das cidades litorâneas ocorre uma distribuição do ambiente construído em linhas paralelas ao mar, em sentido norte-sul como nosso litoral. Esta situação leva a formação de bairros que se tornam núcleos bastante autônomos, como pequenas cidades ou distritos, distribuídas ao longo desta linha costeira.

Assim, cada uma destas unidades precisa manter seus índices de área verde a fim de melhorar a qualidade ambiental local. A autonomia destes núcleos permite reduzir deslocamentos e pressão por infraestrutura. Também é importante manter florestas urbanas entre estes núcleos.

Algumas conclusões acerca da Mata Atlântica meridional merecem destaque.

As mudanças climáticas para a região da Mata Atlântica meridional projetam eventos extremos de temperatura e pluviosidade que tornam as cidades ainda mais vulneráveis, considerando que as maiores fragilidades destes centros urbanos são os alagamentos de drenagem ineficiente e deslizamentos de encostas.

As soluções baseadas na natureza bastante conhecidas e utilizadas para auxílio de drenagem como jardins de chuva, retenção, naturalização de rios entre outras são as ideais para este bioma.

Outras soluções baseadas na natureza que reduzem os materiais urbanos que retém e eliminam calor, como o asfalto, precisam ser encorajados, como troca da área reservada para estacionamento de veículos por materiais alternativos e aumento destas áreas sempre que possível para estacionamento a 45 graus.

Mecanismos de armazenamento de água como cisternas em propriedades privadas para uso posterior e aumento da área de cobertura por árvores podem retardar significativamente o escoamento e a energia potencial das águas das chuvas.

As condições de clima mais ameno em partes do ano coincidentes com o período seco podem favorecer as espécies decíduas, especialmente em calçadas.

O uso de espécies nativas é comum e deve ser encorajado, mas sempre considerando que o clima urbano é diferenciado do entorno.

A rica biodiversidade do bioma deve ser sempre considerada para o uso de espécies. As áreas restritas de espaço podem receber jardins verticais, pois o bioma é rico em epífitas que facilmente se adaptam a estas condições.

A riqueza de lianas também é positiva para planos de aumento de elemento verde nas cidades, especialmente onde não há espaços maiores.

O uso da água deve ser encorajado e lagos de retenção, jardins alagados, piscinões entre outros devem ser transformados em áreas verdes.

4.6 PAMPA E ZONA DE TRANSIÇÃO PAMPA/MATA ATLÂNTICA

Apesar de relativamente uniforme, o bioma possui aspectos importantes a serem caracterizados.

Apesar de ser considerado um bioma pelas divisões do IBGE, muitos autores acreditam que atualmente os chamados campos sulinos não representam verdadeiramente um bioma (Coutinho, 2016). Entretanto, por ainda ser tratado pelo IBGE como bioma e manter esta classificação nas características e descrições dos municípios e esta ser a referência deste trabalho, aqui se mantém esta divisão.

O bioma é típico do estado do Rio Grande do Sul e se caracteriza como amplas planícies e as chamadas coxilhas, em baixa altitude, de 100 a 200 metros. Os campos sulinos podem variar bastante em altura, densidade e número de espécies de flora, com ênfase em Gramíneas e Asteráceas, representando a maior parcela dos indivíduos (Coutinho, 2016).

Próximo ao litoral o bioma é marcado pela presença de lagoas costeiras, muitas vezes de grande porte, juntamente com faixas de restingas. A amplitude térmica do local, considerado como clima subtropical úmido ou por alguns autores como quente-temperado úmido, favorece estas lagoas, permitindo fluxo de água verticalmente devido a alteração na densidade proporcionada pelas alterações na temperatura.

Embora seja um sistema de campos, devido a questões de solo e clima não há impedimento de formação de florestas, o que se verifica em fundos de vale e áreas próximas aos rios, onde se nota uma vegetação robusta. Mesmo podendo abrigar uma vegetação arbórea robusta e alguns autores defenderem que os Pampas não são um bioma, mas uma formação, é preciso destacar que estas formações possuem alta biodiversidade e a transformação em floresta compromete esta biodiversidade (Stalde, 2023).

Não há neste domínio uma estação seca definida, sendo que os índices pluviométricos variam muito pouco ao longo do ano, ao contrário da temperatura, que apresenta grande variabilidade, com estação fria e quente bem demarcadas.

A região também apresenta regime de ventos peculiares, com a presença do chamado Minuano, vento de origem polar, da massa de ar polar atlântica, típica dos meses de inverno.

O bioma Pampa abriga 90 municípios dos 5570 do país (1,62% do total) e a metrópole de Porto Alegre. A região possui 8 cidades médias, com mais de 100.000 habitantes e menos de um milhão (8,89% do total). As cidades entre 20.000 e 100.000 habitantes são 29 (32,22%) e as com menos de 20.000 habitantes são em número de 52, sendo 57,78% do total do bioma.

Este bioma possui somente uma metrópole, Porto Alegre que já conta com quase 1,5 milhão de habitantes. Apesar de sua área metropolitana considerar 34 municípios, a cidade é conturbada apenas com Alvorada, Cachoeirinha, Campo Bom, Canoas, Esteio, Gravataí, Guaíba, Novo Hamburgo, Sapucaia do Sul, São Leopoldo, Viamão, somando mais 2 de milhões de habitantes a esta RM, totalizando mais de 3,5 milhões de habitantes.

Outros centros urbanos de hierarquia destacada neste bioma são a capital regional C de Pelotas e os centros sub-regionais A de Bagé com 117.938 e Uruguaiana, com 117.210 habitantes.

Tabela 14 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes no bioma Pampa

Pampa	
Quantidade de municípios	90
Metrópoles	1
Mais de 100 mil habitantes	8
Menos de 20.000 habitantes	52
Entre 20.000 e 100.000 habitantes	29

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

A zona de transição Pampa/Mata Atlântica possui 138 municípios dos 5570 do país (2,51% do total). Não possui metrópoles. A região possui apenas 5 cidades médias (3,62% do total das cidades da região). As cidades com população entre 20.000 e 100.000 somam 22, representando 15,94% do total e as cidades com menos de 20.000 habitantes são 111, 80,43% do total.

Nesta área de transição as cidades de maior hierarquia urbana são as capitais regionais B de Passo Fundo, com 206.224 habitantes e Santa Maria, com 271.633 habitantes. Ijuí, com 84.726 habitantes é uma Capital Regional C e as cidades de Santa Cruz do Sul, com 133.230, Santa Rosa, com 76.963, Santo Ângelo com 76.917 habitantes e Erechim, com 105.705 habitantes são centros sub-regionais A.

Tabela 15 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.000 e 100.000 habitantes na zona de transição entre a Mata Atlântica e o Pampa

Pampa/Mata Atlântica	
Quantidade de municípios	138
Metrópoles	0
Mais de 100 mil habitantes	5
Menos de 20.000 habitantes	111
Entre 20.000 e 100.000 habitantes	22

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

As projeções para os Pampas são aumento de pluviosidade e temperatura. Entretanto, estas projeções ainda guardam incertezas na sua intensidade. Na região se observa uma intensificação de chuvas em certas épocas, que aumentam também em função do fenômeno El Niño, sendo que o contrário acontece em épocas de La Niña.

Outro fenômeno que merece atenção, mas ainda em fase de observação é a formação de ciclones extratropicais atípicos, que alguns já atribuem às mudanças climáticas. O fenômeno é mais perigoso nas áreas costeiras, devido à formação mais frequente no oceano.

A grande quantidade de barramentos existente na região gera vulnerabilidade em relação a este fenômeno, que aliado a quantidades significativas de pluviosidade em períodos curtos podem causar desastres.

A pluviosidade também causa problemas erosivos no solo e arenização, que já é sentida na região, devido a composição do solo. Esta pluviosidade juntamente com os ventos, aumenta esta vulnerabilidade exponencialmente.

O Pampa possui apenas uma metrópole, Porto Alegre, que embora tenha resiliência urbano-ambiental, já sofre com extremos de temperatura, que deverão ser agravados com as mudanças climáticas. O Guaíba garante certa resiliência climática à cidade por ser um corpo hídrico de grandes dimensões e sua orla tem sido aproveitada como lazer em alguns pontos, entretanto, se observa certa privatização desta orla em tempos recentes. Esta privatização precisa ser combatida a fim de democratizar o lazer e áreas verdes.

Figura 162 – Ocupação da orla do Guaíba por residências de alto padrão



Fonte: Autor (2022).

Figura 163 – Parte da orla do Guaíba transformada em parque



Fonte: Autor (2022).

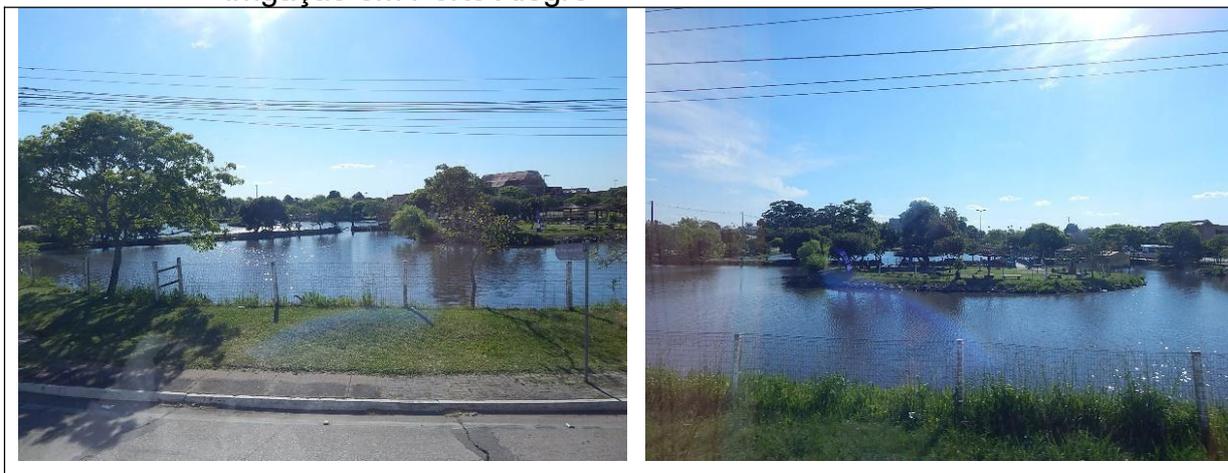
A região se utiliza com frequência de retificação de arroios, usados principalmente na irrigação, em zonas rurais e periurbanas. Existem estruturas que regulam a entrada e saída de água do mar para que a salinidade das águas se mantenha sob controle, como barramentos e eclusas.

Figura 164 – Canais retificados usados para irrigação



Fonte: Autor (2022).

Figura 165 – Espaço de área verde que regula canal condutor de água para irrigação em Porto Alegre



Fonte: Autor (2022).

Tais estruturas podem ser utilizadas nas cidades, inclusive como macrodrenagem aberta e quando possível com jardins aquáticos. Em regiões de temperaturas extremas a água pode ser um elemento auxiliar na regulação térmica e com os canais com vegetação marginal, ainda auxilia na integridade dos solos arenosos e incrementa serviços ambientais.

As variações de temperatura, em especial temperaturas mais baixas, auxiliam no controle do assoreamento dos corpos hídricos pelo efeito de convecção, deixando as águas mais férteis e diminuindo a necessidade de dragagens.

As cidades são arborizadas com espécies mais robustas que a vegetação típica do bioma, formando bosques vistosos em diversas áreas destas cidades, assim, a escolha de espécies de grande absorção de água pode auxiliar no controle das consequências advindas do aumento da pluviosidade prevista.

Entretanto, se deve dar ênfase a espécies nativas, pois a experiência com monocultura de eucalipto nos Pampas não foi bem sucedida, sendo relatada arenização, maior susceptibilidade à queimadas e perda de biodiversidade, além de impactos sociais diversos (Chomenko, 2006).

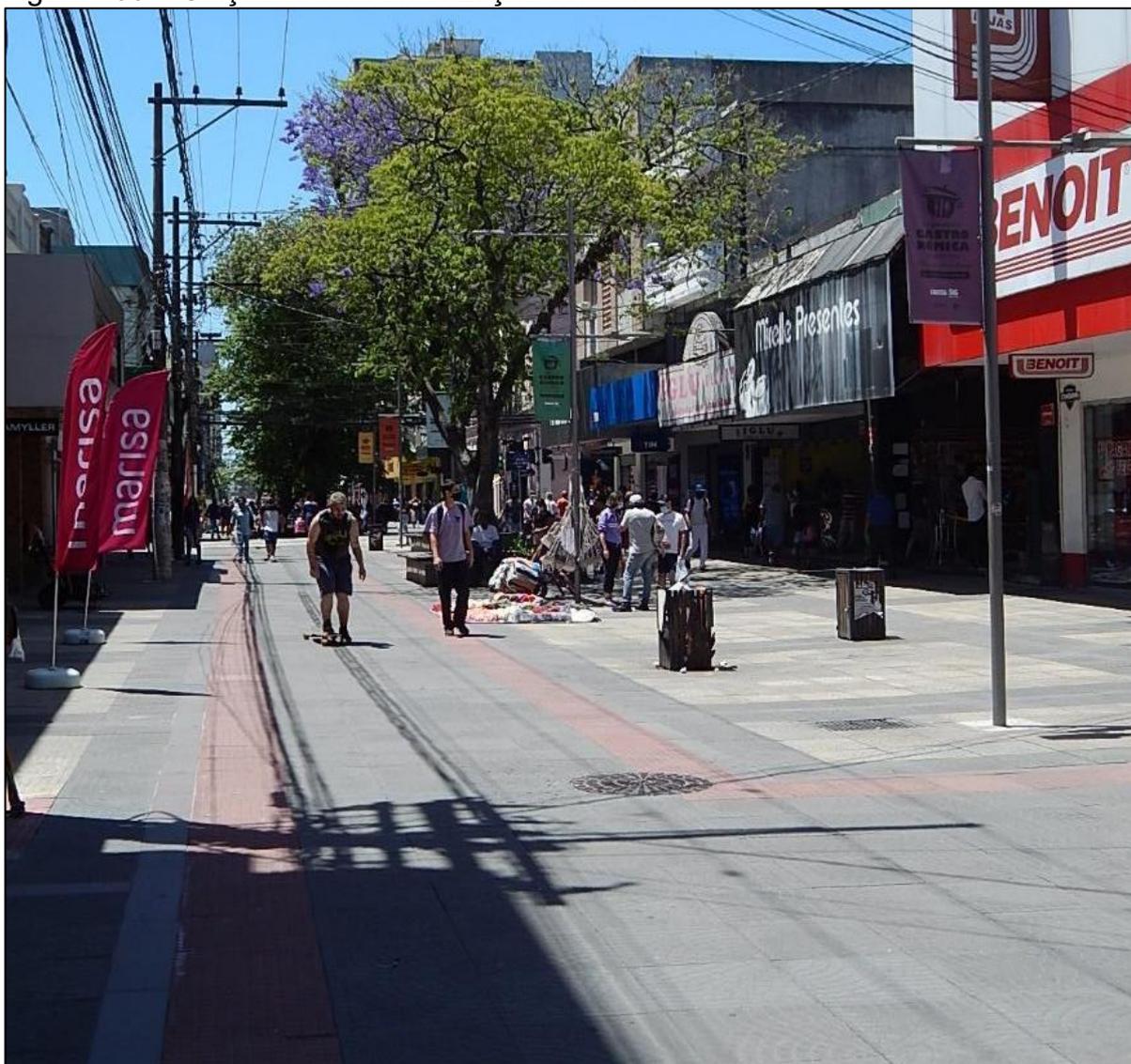
O solo arenoso da região representa uma vulnerabilidade, tanto para uso produtivo com perda de fertilidade como também nos centros urbanos, já que pode limitar o desenvolvimento pleno da vegetação urbana. Por isso, é preciso uma boa escolha de espécies, com raízes fixadoras, para evitar quedas e outros acidentes com árvores urbanas.

4.6.1 A cidade de Pelotas

Pelotas possui 325.689 habitantes segundo Censo 2022 (IBGE), com 79,39 km² de área urbanizada. Há um contingente de 53.470 pessoas expostas a risco, sendo o segundo município do sul do país com maior contingente de população nesta situação, atrás apenas de Blumenau em Santa Catarina (IBGE, 2018).

O centro histórico da cidade foi tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, não estando, portanto, sujeito a mudanças, ao menos na área central tombada. O centro dispõe de uma praça bem arborizada, com lago paisagístico e os calçadões também são arborizados, com árvores na parte central.

Figura 166 – Calçadão com arborização central



Fonte: Autor (2022).

Figura 167 – Lago paisagístico na praça central



Fonte: Autor (2022).

Figura 168 – Praça central da cidade com arborização vistosa

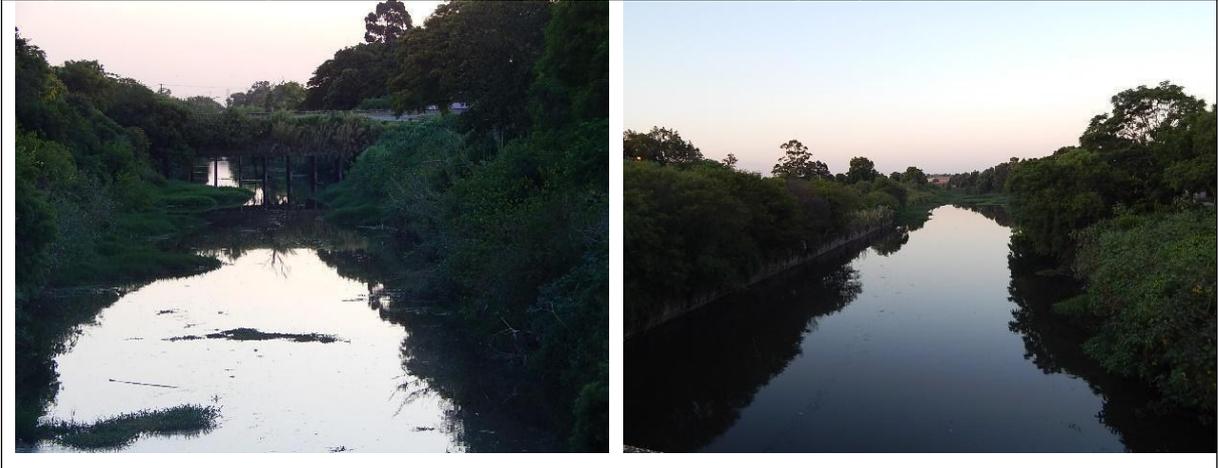


Fonte: Autor (2022).

Atravessando a área urbana da cidade está o canal Santa Bárbara (Figura 169, 170), arroio retificado que liga a barragem de Santa Bárbara até o arroio São Gonçalo (Figura 171), onde deságua. Este canal tem grande parte de suas margens arborizadas e permeáveis, mas se nota algumas áreas e habitações isoladas nas margens ou bem próxima a ela.

O arroio São Gonçalo, por sua vez, margeia o sul da cidade, nos limites do centro comercial, seguindo para desaguar na Lagoa dos Patos. O arroio conta também com ocupações subnormais e irregulares, bem próximas ao centro, as quais se somam ao contingente de áreas de risco do município.

Figura 169 – Margens do canal Santa Bárbara com vegetação



Fonte: Autor (2022).

Figura 170 – Habitação isolada às margens do canal Santa Bárbara à esquerda e habitações bem consolidadas próximas das margens, à direita



Fonte: Autor (2022).

Figura 171 – Ocupações irregulares às margens do arroio São Gonçalo, em região bem próxima ao centro da cidade



Fonte: Autor (2022).

Pelotas conta com um distrito em grande expansão, o distrito de Laranjal. Este distrito, que abriga uma praia de mesmo nome, a Praia do Laranjal, está localizado à beira da Lagoa dos Patos, local de expansão urbana, principalmente por residências de alto padrão, muitas delas inclusive de veraneio. Às margens da Lagoa também surgem outros balneários e praias, impulsionados pelo laranjal e facilidade de acesso da infraestrutura de mobilidade.

Figura 172 – Centro urbano de Pelotas, à esquerda, e distrito de Laranjal, à direita, às margens da Lagoa dos Patos

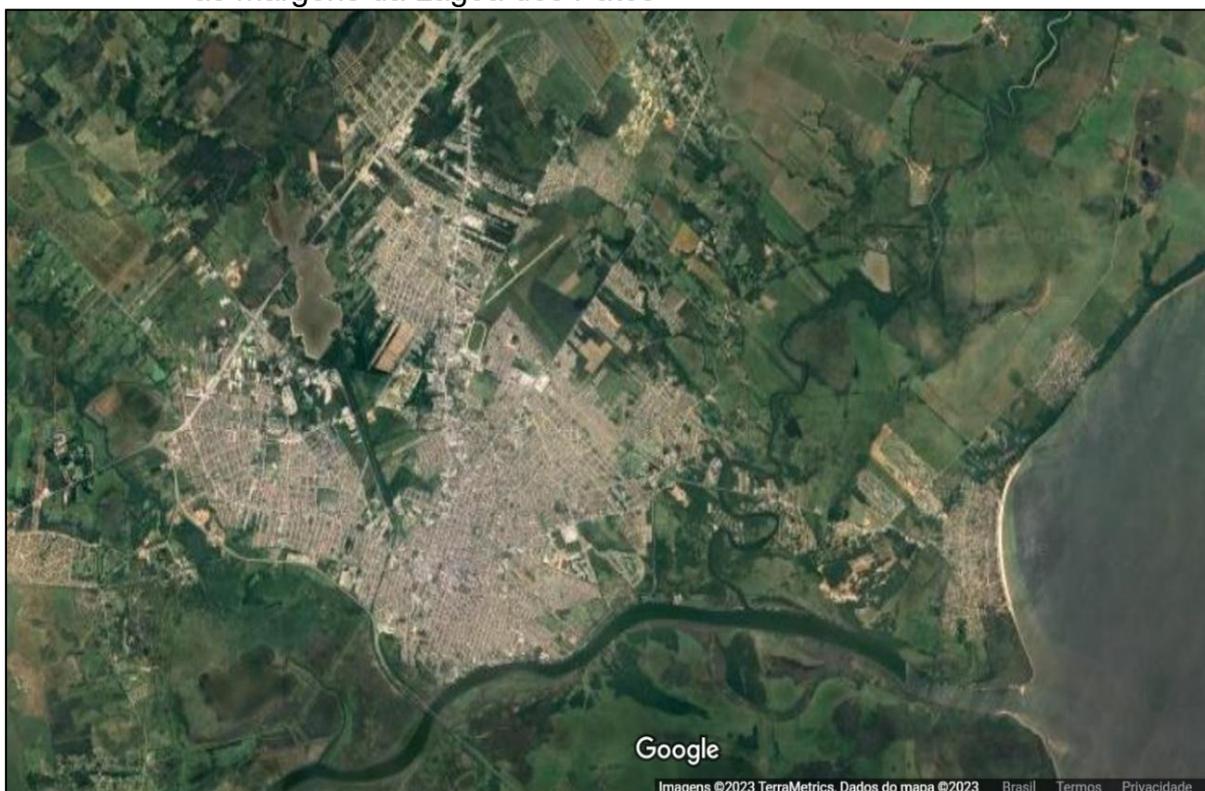


Imagem: Google Maps (2022).

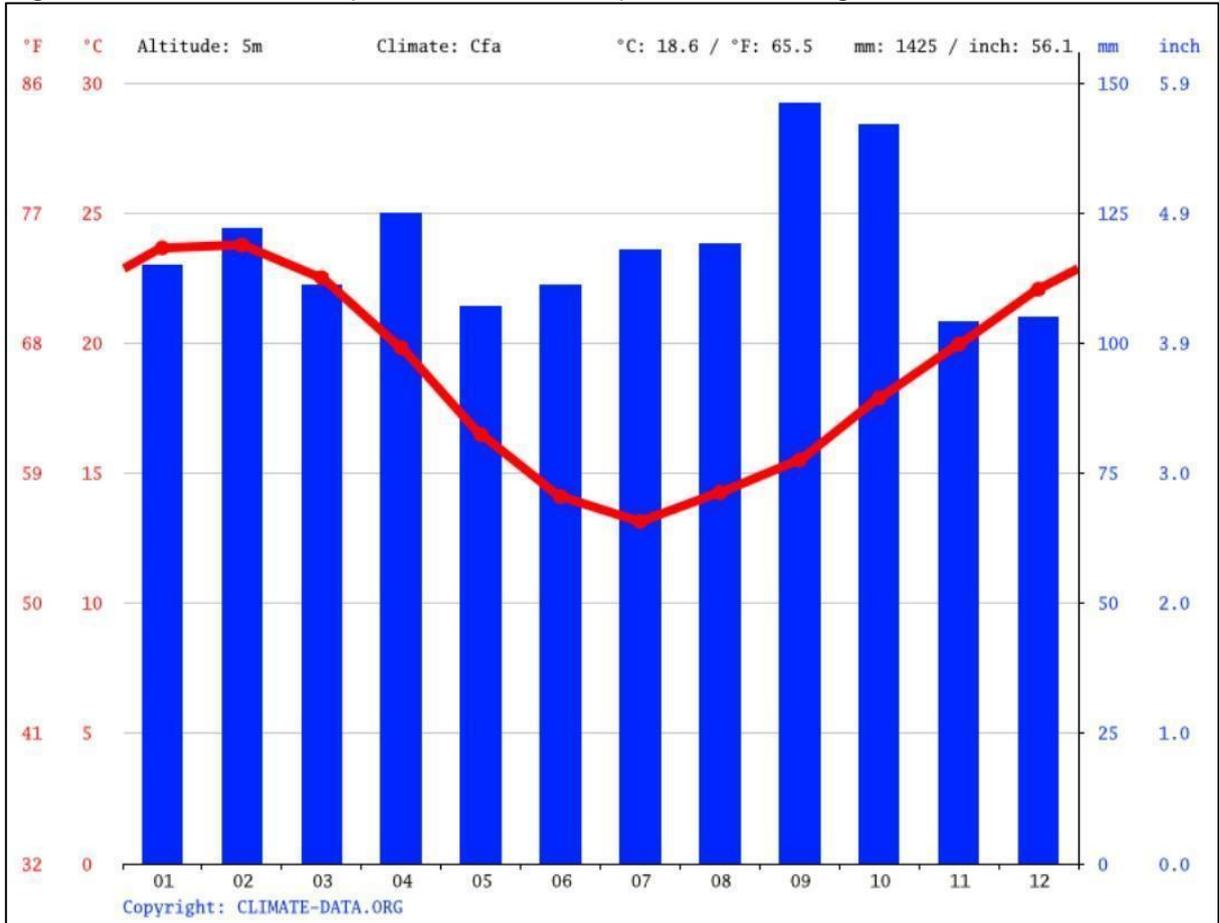
Figura 173 – Vista da ocupação Laranjal do trapiche sobre as águas da Lagoa dos Patos



Fonte: Autor (2022).

O clima em Pelotas é quente e temperado com pluviosidade significativa ao longo do ano. Mesmo o mês mais seco ainda assim tem muita pluviosidade. O clima é classificado como Cfa segundo a Köppen e Geiger. 18.6°C é a temperatura média. A média anual de pluviosidade é de 1425 mm (Climate-data.org).

Figura 174 – Médias de pluviosidade e temperatura ao longo do ano em Pelotas, RS



Fonte: Climate-data.org ([2023]).

Figura 175 – Médias mensais de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), chuva (mm), umidade, dias chuvosos e horas de sol. Data: 1999 – 2019

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	23.7	23.8	22.5	19.8	16.5	14.1	13.1	14.3	15.5	17.9	20	22.1
Temperatura mínima (°C)	21.2	21.3	20.1	17.2	14.1	11.5	10.4	11.4	12.9	15.4	17.1	19.3
Temperatura máxima (°C)	26.6	26.6	25.3	22.8	19.4	17.3	16.5	17.8	18.7	20.9	23.1	25.3
Chuva (mm)	115	122	111	125	107	111	118	119	146	142	104	105
Umidade(%)	75%	76%	77%	76%	79%	81%	80%	80%	79%	78%	74%	74%
Dias chuvosos (d)	10	10	10	8	7	7	7	7	8	9	7	8
Horas de sol (h)	8.7	8.3	7.4	6.9	6.3	6.0	6.3	6.7	6.5	6.9	8.4	9.0

Fonte: Climate-data.org ([2023]).

Embora não se observe diferença significativa nas médias de pluviosidade há grande variação de temperatura durante o ano, com diferença de mais de 10 graus entre o mês mais quente, que é fevereiro com uma temperatura média de 23.8°C e julho, o mês mais frio, com média de 13.1°C.

Ainda ocorrem ondas tanto de frio como de calor que registram temperaturas muito acima ou abaixo das médias para os meses.

Sob o ponto de vista climático, a cidade, e o bioma, são marcados por extremos, especialmente de temperatura ao longo do ano e de eventos extremos em períodos curtos, como vendavais e ondas de calor.

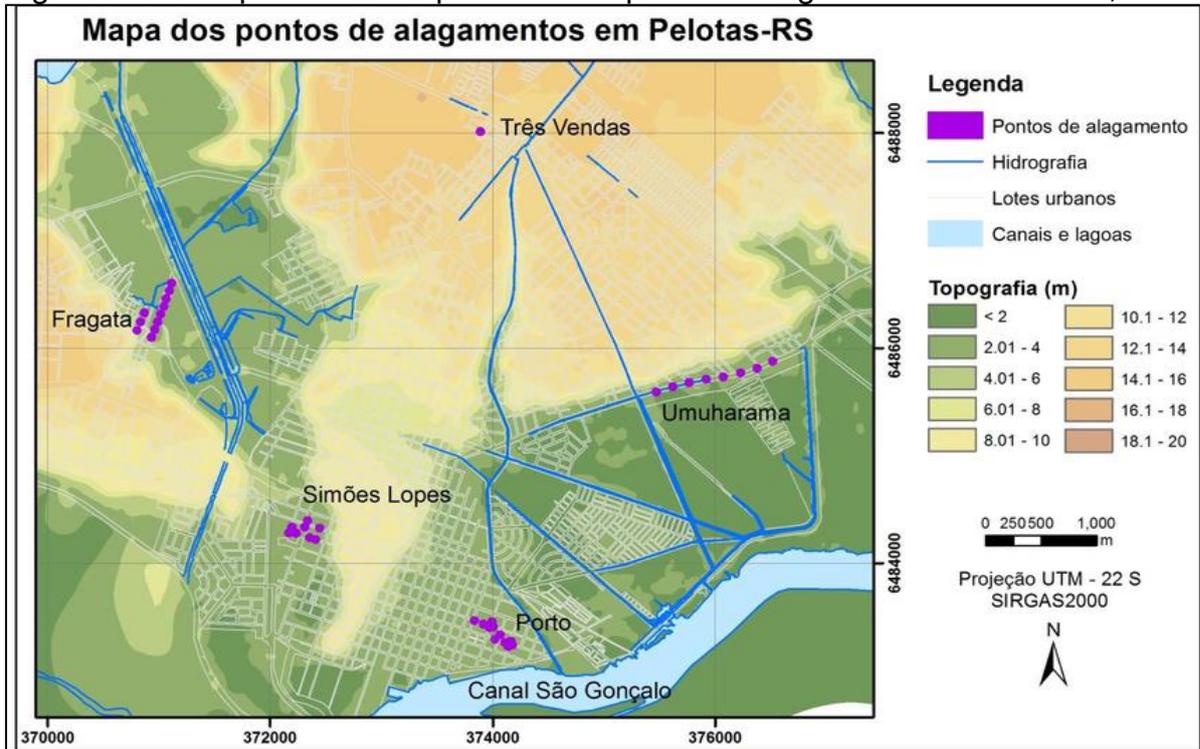
O solo arenoso, a alta pluviosidade e a abundância do sistema fluvial são as principais características da cidade e em diversos aspectos se transformaram em vulnerabilidades. A cidade sofre com alagamentos, que embora não sejam de grandes proporções são de frequência inaceitável.

Tais alagamentos são principalmente em decorrência de retificação de canais e ocupação de espaços de várzeas para urbanização, além de solos com pouca drenagem e sistema de drenagem insuficiente (Sell *et al.* 2015), problemas comuns a maioria dos municípios brasileiros onde existem problemas de alagamentos. Os pontos de alagamentos, entretanto, já são conhecidos (Figuras 176, 177).

As soluções baseadas na natureza para estas questões já são bem conhecidas, como desassoreamento e aprofundamento de canais para aumentar a vazão, vegetação rasteira para preservar a integridade física do canal e vegetação arbórea para diminuir a energia potencial das chuvas. Como se pode observar, a cidade já faz estes procedimentos sempre que possível (Figura 178).

Mesmo havendo soluções implantadas há como melhorá-las e também aperfeiçoá-las e também somar outras soluções. Simples soluções urbanísticas fazem grande diferença, como bacias de retenção de água e dissipação de energia em rotatórias existentes em cruzamento de avenidas e canais artificiais próximos aos existentes, que podem ser facilmente criados em áreas de expansão urbana.

Figura 176 – Mapeamento de pontos susceptíveis a alagamentos em Pelotas, RS



Fonte: Sell *et al.* (2015, p 3).

Figura 177 – Retificação de canais em Pelotas; a) canal Santa Bárbara; b) canalização na avenida Adolfo Fetter; c) canal no distrito Laranjal; d) canal próximo à rodoviária



Fonte: Autor (2022).

Figura 178 – Pontos de alagamento próximos ao centro da cidade, marginais ao canal São Gonçalo



Fonte: Autor (2022).

Para o plantio de árvores há soluções simples, como estacionamento a 45 graus que permitem o plantio em área destinada a estacionamento de veículos, alargamento de calçadas para jardins e espécies arbóreas e naturalização de arroios em ruas com largura que permitam.

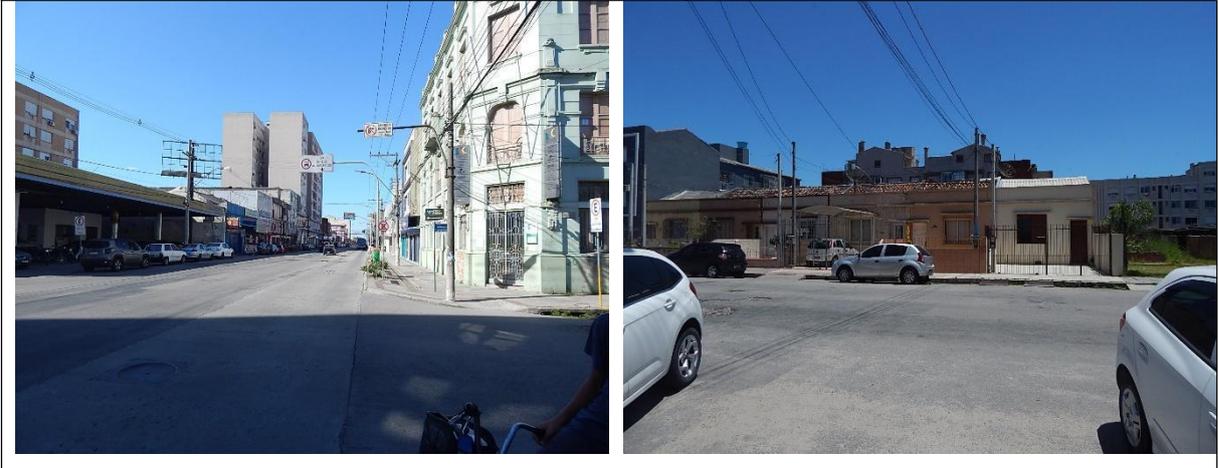
Infelizmente em áreas centrais de cidades o costume foi de aprisionar os corpos hídricos em sessões fechadas e tampadas. Com o crescimento da área urbana e da impermeabilização do solo nas cidades, a vazão deixa de ser suficiente para escoar as águas das chuvas e com uma projeção de acumulados de precipitação mais concentrados em curtos períodos o esperado são alagamentos maiores e mais constantes.

Figura 179 – Área com calçada alargada que poderia receber jardim de chuva ou arborização



Fonte: Autor (2022).

Figura 180 – Diversas ruas já contam com estacionamento a 45 graus ou poderiam ser usadas desta forma para abrigar mais árvores



Fonte: Autor (2022).

A cidade de Pelotas conta com um quantitativo de áreas verdes adequado, porém, sempre há espaço para melhorar, especialmente em corredores e interligações entre áreas verdes, melhorando o fluxo.

A cidade de Pelotas conta com arruamento largo na grande maioria do centro urbano, além de calçadas largas e algumas praças, que podem receber incremento de vegetação. Não há restrição de espécies, já que a cidade tem boa pluviosidade durante todo o ano, minimizando riscos de secas longas ou extremas que poderiam prejudicar a vegetação.

Figura 181 – Praça na região central que poderia receber incremento na arborização à esquerda e ponto de ônibus e calçamento largo, estruturas que também poderiam ter incremento com vegetação



Fonte: Autor (2022).

A rua Marechal Floriano (que posteriormente recebe nome de Avenida Duque de Caxias) já conta com robusta vegetação em seu canteiro central, formando um grande parque linear, garantindo fluxo de espécies. Também garante outros serviços ambientais como proteção da biodiversidade, mitigação do efeito de ilha de calor urbano e redução da poluição atmosférica e acústica, além, é claro, das funções sociais e culturais.

Pelotas deve, portanto, utilizar Soluções baseadas na natureza para reduzir problemas com alagamentos, manter cobertura do solo para evitar erosões e incrementar as áreas verdes com nativas capazes de abrigar a fauna local.

Figura 182 – Área verde na rua Marechal Floriano. Desempenha importantes funções ecológicas, sociais e culturais



Fonte: Autor (2022).

Figura 183- Umidade da região permite desenvolvimento de epífitas



Fonte: Autor (2022).

Figura 184 – Caturrita (*Myiopsitta monachus*), pscitacídeo comum na região que seria muito beneficiada por corredores ecológicos urbanos



Fonte: Autor (2022).

Podemos destacar algumas sugestões para o bioma Pampa.

A região dos Pampas tem inúmeras retificações e desvios de arroios e estas áreas devem servir como áreas de conservação, inclusive nas cidades, o que aumentaria consideravelmente este quantitativo.

A região tem extremos de temperatura e pluviosidade e as projeções de mudanças climáticas devem agravar muito essa característica.

Diversos rios tem cidades ao seu redor e é recomendado que os canais também desviem parte das vazões dos rios que atravessam áreas urbanas, como resposta rápida a eventos de subida destes rios e alagamentos nestas cidades. Estes canais podem ser transformados em áreas de conservação. O porte das cidades, em especial nas áreas de transição, permite adaptação a usos de solo sem grandes custos.

As oscilações térmicas da região favorecem lagoas para retenção de água e jardins alagados, devido a maior oligotrofia proporcionada por estas oscilações.

O solo arenoso da região representa uma vulnerabilidade, tanto para uso produtivo com perda de fertilidade e arenização como também nos centros urbanos, dificultando fixação, portanto é importante escolher as espécies.

Os exemplos ruins de arenização nesta região demonstram a fragilidade dos solos e precisam ser evitados. A recuperação destas áreas degradadas deve ser realizada para melhorar a qualidade ambiental.

Porto Alegre deve ter os extremos de temperatura e pluviosidade agravados, e projetos de acumulação precisam ser encorajados, além de retardar o fluxo das águas pluviais e reduzir sua energia potencial.

4.7 PANTANAL E TRANSIÇÃO PANTANAL COM CERRADO

O Pantanal também é um bioma relativamente uniforme, porém complexo na sua dinâmica.

O Pantanal é um sistema complexo, assim definido por diversos autores, como Ab'Saber (2003). Trata-se de uma enorme planície da região centro-oeste do Brasil, abrangendo parte dos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e estendendo-se por parte do Paraguai e Bolívia.

Por se tratar de uma planície, a hidrografia ganha extrema importância e destaque, formando um leque de canais. Seu principal rio é o Paraguai, que nasce no estado do Mato Grosso e banha além do Brasil, a Bolívia, o Paraguai e a Argentina. Tem como principais afluentes os rios Taquari, Cuiabá, Piquiri e Miranda. O complexo está delimitado ao norte pela Chapada dos Parecis e dos Guimarães e a sudeste pelas serras de Maracaju e Bodoquena.

Por apresentar contato com Cerrado, Amazônia e a região do Chaco, a flora do Pantanal é muito rica e variada, apresentando espécimes e fisionomias semelhantes a estas três. Por tal variedade se considera um sistema complexo inclusive na biota, que abriga regiões de cerradão, florestas estacionais e até cactos em locais de afloramentos rochosos (Coutinho, 2016).

O bioma apresenta fauna e flora riquíssima, estimando-se que seja o bioma de maior concentração de animais por quilômetro quadrado, sendo o principal habitat da sucuri verde, a maior cobra do mundo. Possui uma ictiofauna endêmica importante. Neste sistema destaca-se a variedade de macrófitas, dada a abundância de recursos hídricos e uma alta adaptabilidade a ciclos de cheia e vazante, característica deste sistema.

A adaptação antrópica ao Pantanal se destaca pela criação de gado, cujos rebanhos se movimentam para partes mais altas na época das cheias e para partes baixas na vazante, acompanhando o pulsar das águas. As pastagens naturais crescem em abundância devido a fertilização deixada pelo recuo dos rios.

Há nomenclaturas neste bioma que definem suas características únicas, como os “corixos”, lagoas laterais aos rios formadas pelas cheias, ricas em peixes e os últimos refúgios de fauna nas vazantes. Outra nomenclatura é “chalana”,

embarcação típica da região, de fundo plano própria para navegação nestas condições.

O bioma Pantanal e a zona de transição Cerrado/Pantanal abriga 22 municípios dos 5570 do país (apenas 0,39% do total) e não possui nenhuma metrópole. A região possui 2 cidades médias (9,1% do total das cidades da região). As cidades entre 20.000 e 100.000 habitantes são em número de 7, 31,82% do total. As cidades pequenas, com menos de 20.000 habitantes, são em número de 13 e representam um total de 59,1%.

Tabela 16 – Quantidade de municípios, número de metrópoles, número de municípios com mais de 100.000 habitantes, menos de 20.000 habitantes e entre 20.00 e 100.000 habitantes no bioma Pantanal e na transição com o Cerrado

Pantanal e transição com Cerrado	
Quantidade de municípios	22
Metrópoles	0
Mais de 100 mil habitantes	2
Menos de 20.000 habitantes	13
Entre 20.00 e 100.000 habitantes	7

Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2022).

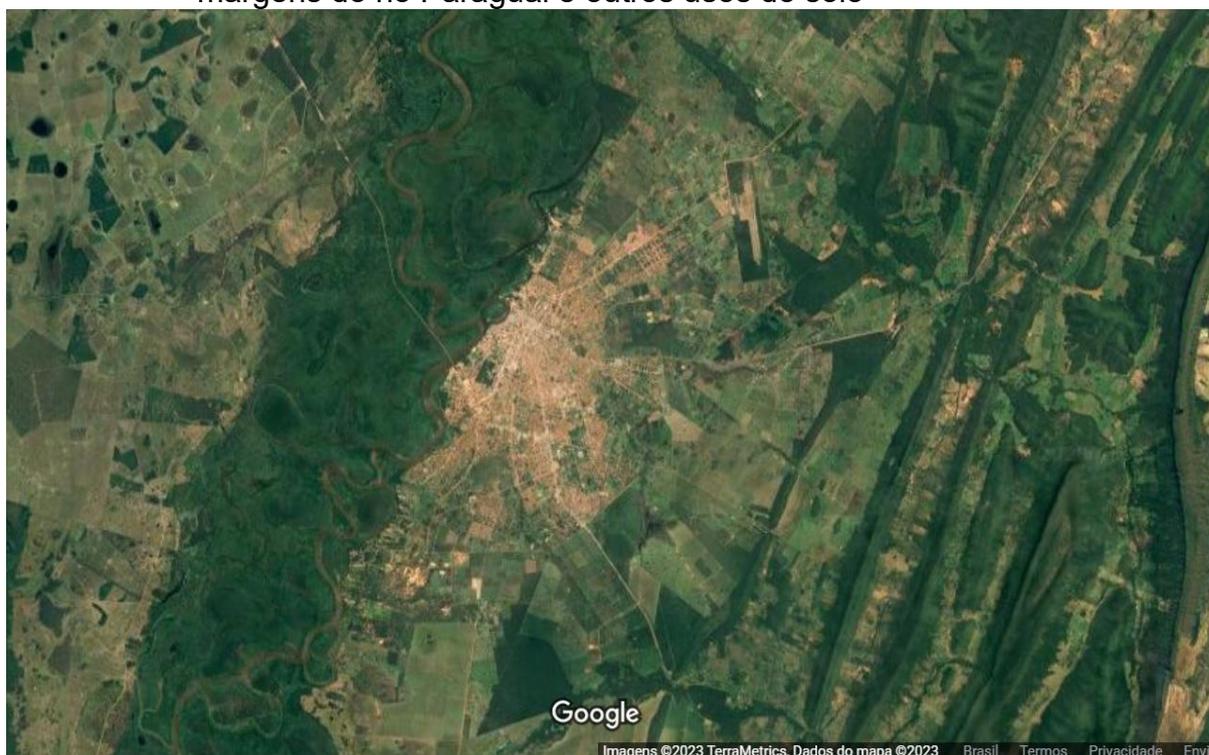
O bioma Pantanal está situado no Brasil exclusivamente nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. No primeiro existem dois centros urbanos que são centros sub-regionais A, as cidades de Rondonópolis com 244.897 habitantes e Cáceres com 89.478 habitantes, pelo censo 2022.

Rondonópolis, apesar de possuir parte de seu território em ambiente pantaneiro, é típico do Cerrado mato-grossense, inclusive com seu desenvolvimento marcado pelo agronegócio.

Já Cáceres está situada no bioma Pantanal, na porção do Alto Pantanal e também dentro da área geográfica da Amazônia Legal (FIGURA 185), sendo chamada por alguns de Pantanal amazônico, sendo a principal cidade do estado neste bioma e portal para o turismo pantaneiro do estado. Cáceres tem sua economia calcada na pecuária, o que é considerado sustentável, já que para a implantação desta atividade há pouca modificação de uso de solo devido a vegetação do bioma ter grandes áreas de pastagens naturais.

No Mato Grosso do Sul não há centros sub-regionais, somente dois centros de zona A, as cidades de Corumbá com 96.268 habitantes e Aquidauana com 46.803 habitantes. Corumbá já teve maior relevância em termos econômicos e referenciais, perdendo espaço com redução da pecuária, do turismo e da importância do porto fluvial. A cidade é conurbada com Ladário e Puerto Suarez e Puerto Quijarro na Bolívia (Prefeitura de Corumbá, 2023).

Figura 185 – Mancha urbana de Cáceres, MT entre áreas preservadas a oeste às margens do rio Paraguai e outros usos do solo



Fonte: Imagem Google Earth (2023).

De tempos em tempos é aventada a possibilidade de ampliação do porto, da retomada da estrada de ferro pantaneira, da melhoria da estrada para a parte central da Bolívia e também do aproveitamento de diversas formas do gás boliviano vindo do gasoduto Brasil-Bolívia, porém não há ainda nada concreto neste sentido, sendo promessas e ideias divulgadas pela mídia e em campanhas eleitorais. O aeroporto da cidade também tem funcionado de forma intermitente.

Aquidauana, também um centro de zona A, assim como Corumbá, já teve maior relevância, muito devido ao trem do Pantanal. Com a ascensão da cidade de Bonito como importante destino turístico, Aquidauana ganhou importância por estar localizada de forma estratégica entre a capital e Bonito, caso também da cidade de

Miranda, considerado um centro de zona B. Ambas as cidades são de pequeno porte, sendo a primeira com 46.803 e a segunda com 25.536, segundo números do censo de 2022.

Outro centro de zona B é a cidade de Coxim, com 32.151 (IBGE, 2023) localizada na parte mais alta da bacia, ainda no estado de Mato Grosso do Sul, sendo um importante polo de pesca esportiva e uma referência da parte setentrional do estado. A fisionomia de Cerrado é bastante marcante neste município, sendo facilmente detectável a área de transição entre o Pantanal e o Cerrado.

Figura 186 – Vegetação de Cerradão às margens do rio Jauru, em Coxim (a). Praias arenosas e vegetação de porte no rio Jauru, em Coxim (b)



Fonte: Autor (2022).

As projeções de mudanças climáticas para o Pantanal são aumento de temperatura e queda de pluviosidade, porém ainda muito incertas, por este bioma apresenta características muito específicas e peculiares, as quais não existem nos modelos de projeção. O aumento de temperatura, entretanto, é certo, mesmo que as projeções para sua variação não o sejam.

A região está na porção de clima tropical do Brasil central com quatro a cinco meses de seca, que se inicia em maio e se estende até outubro, podendo ter variações nos índices (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

As temperaturas são altas o ano todo, mas é suscetível à friagens eventuais, quando frentes frias alcançam esta região, entretanto, permanece por poucos dias.

Em sistemas de cheias e vazantes marcantes em planícies, áreas alagadas, oscilações de temperatura resultam em aumento de vulnerabilidades, sendo a “dequada” uma delas. Este fenômeno é causado pela morte da vegetação aquática

no período da seca, sendo substituída por gramíneas. No período das cheias, ocorre a decomposição de toda esta matéria orgânica, reduzindo drasticamente os índices de oxigênio dissolvido na água.

Embora natural, o fenômeno pode ser agravado por períodos secos mais severos, causando maior mortalidade de macrófitas que o normal. Os períodos mais prolongados de seca também aumentam as queimadas, que produzem mais cinzas e maior mortalidade, agravando ainda mais o problema.

As queimadas estão se tornando frequentes na região, não apenas devido ao prolongamento da estação seca, mas também para acelerar processos de preparação de solo para culturas.

Estas queimadas causam problemas urbanos, como inconveniências cotidianas de sujeira, e principalmente de saúde, aumentando problemas relacionados ao sistema respiratório e reduzindo a qualidade de vida.

Figura 187 - Queimadas em Corumbá na época da seca são comuns e corriqueiras, afetando a qualidade do ar

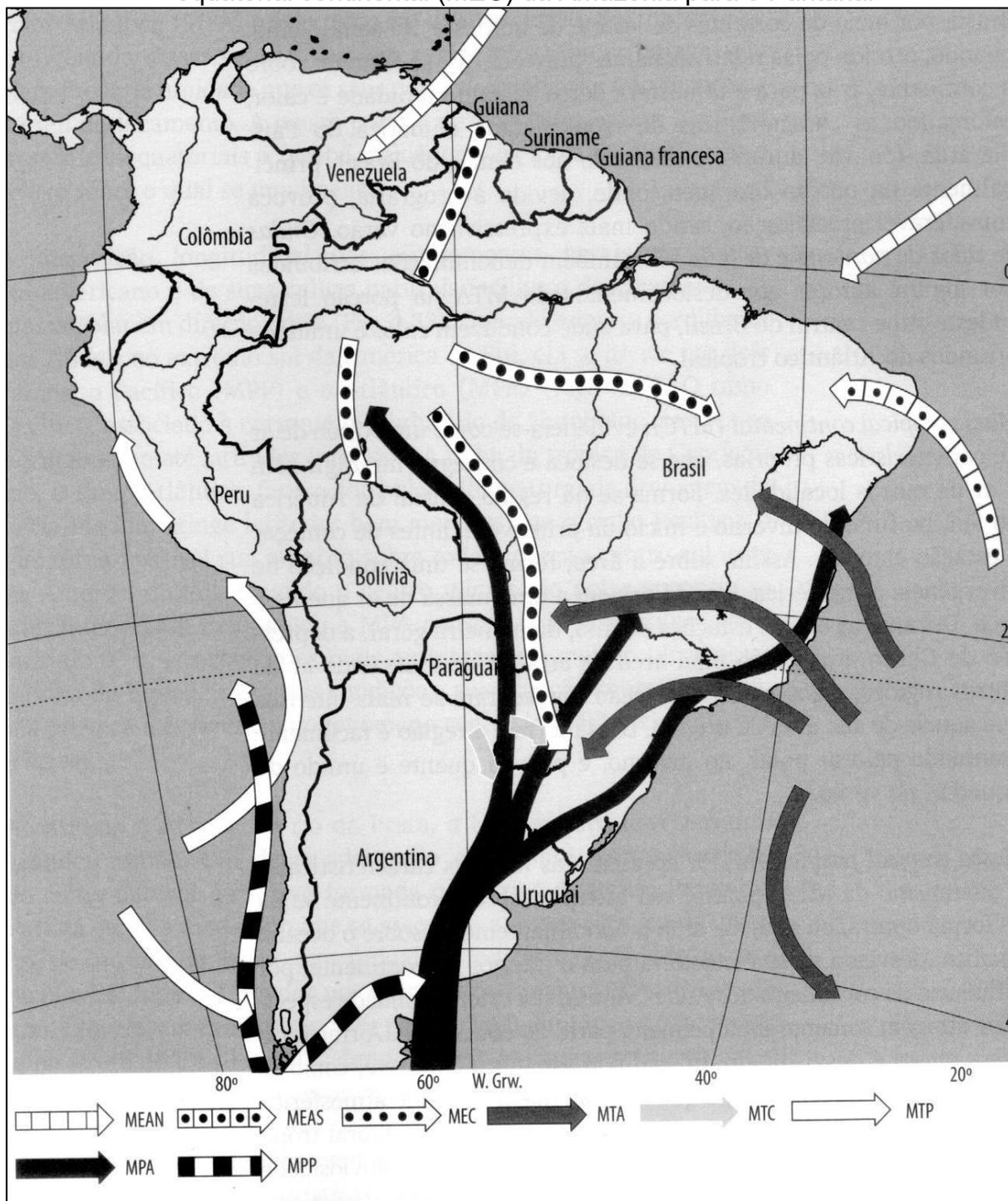


Fonte: Autor (2022).

Além da extensão do período seco já projetado, de forma indireta o Pantanal pode sofrer consequências da perda de umidade da Amazônia por evapotranspiração, reduzindo os chamados “rios voadores”, diminuindo os índices de umidade no bioma.

A Massa de ar equatorial continental (MEC), proveniente da região amazônica atinge a região e é úmida, mesmo sendo continental, pois recebe umidade dos rios e evapotranspiração da floresta, além de alguma umidade oceânica.

Figura 188 – Massas de ar atuantes no Brasil, demonstrando a Massa de ar equatorial continental (MEC) da Amazônia para o Pantanal



Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 21).

O bioma é caracterizado por suas altas temperaturas durante o ano todo, com leve queda durante os meses do inverno do hemisfério sul. As altas temperaturas registradas naturalmente no bioma podem se agravar muito com as projeções das mudanças climáticas.

Para atenuar a temperatura, as árvores e espaços verdes já são conhecidos aliados. Considerando que as cidades neste bioma são de pequeno a médio porte um incremento destes elementos é bastante viável e não exigiria grandes transformações urbanas. Para áreas particulares incentivos como IPTU verde e campanhas de distribuição de mudas e orientação técnica são muito eficazes, mas requerem esforços do poder público.

Uma arborização robusta é capaz de modificar o microclima das cidades deste bioma e por ser uma área de variabilidade comporta grande possibilidade de espécimes vegetais, mesmo com ênfase em espécimes locais.

Outro elemento importante, porém, ainda pouco utilizado para este fim é a água. Em um bioma onde a água representa o ciclo natural da vida a utilização desta como auxiliar no controle da temperatura é muito bem-vinda. Pequenos corpos hídricos artificiais em praças e jardins podem ajudar no controle da temperatura, como regulador térmico, mesmo que em pequena escala. Em cidades onde há orla de rios, o aproveitamento desta orla em áreas verdes com uso antrópico é essencial. As águas também podem auxiliar quando a umidade do ar estiver baixa e na manutenção da vegetação urbana.

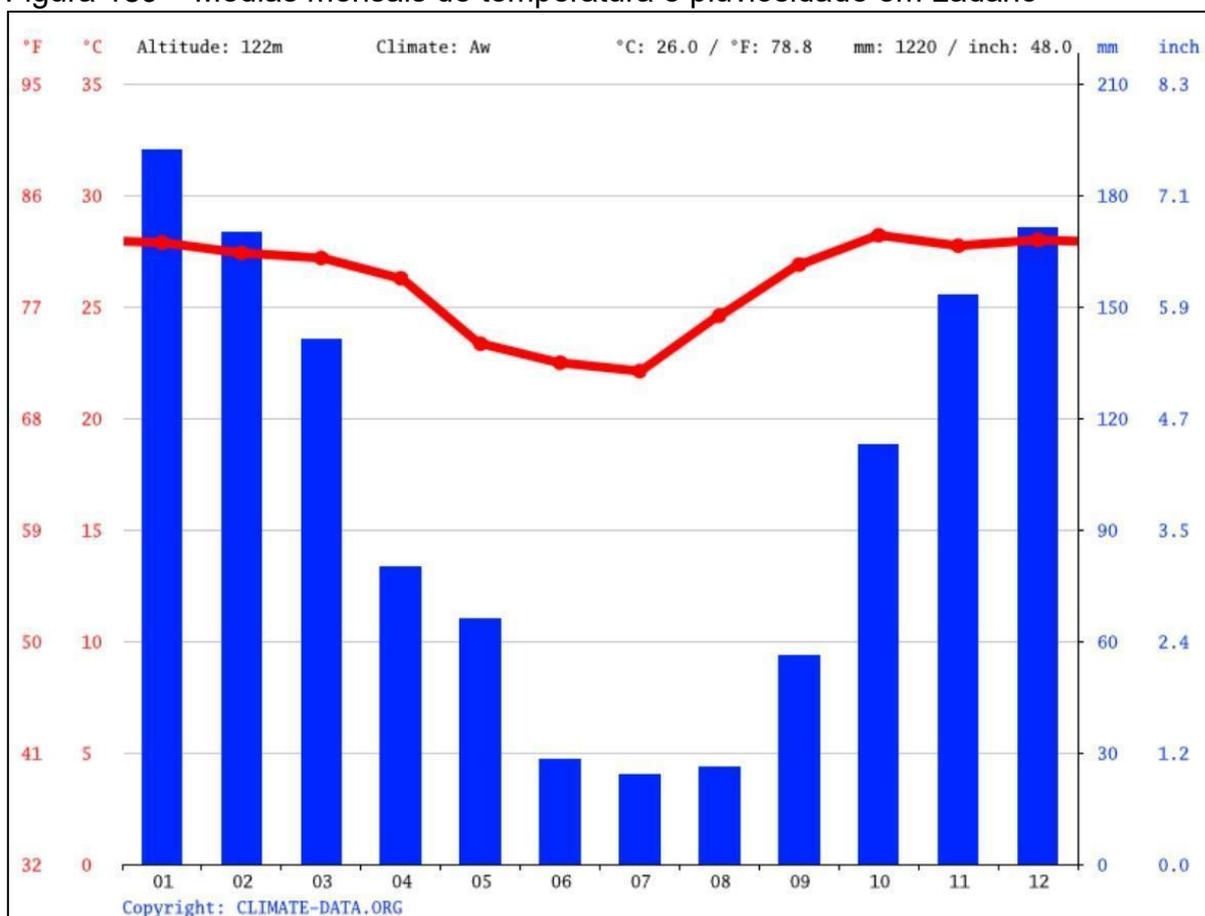
As pulsações de cheia e vazante são longas, portanto, soluções baseadas na natureza que envolvam o aprisionamento temporário de água pluvial não teriam valia, pois os ciclos podem durar meses. Evitar ocupações consolidadas em áreas marginais aos rios é imprescindível aqui e recuperação em escala de bacia para evitar assoreamento dos rios também o é.

4.7.1 As cidades de Ladário e Corumbá

Pelo censo 2022 Corumbá tem uma população de 96.268 pessoas e Ladário 21.522, somando 117.790. Corumbá possui área urbanizada de 23,06 km² e Ladário 5,58 km², baixos índices de densidade. Corumbá faz parte do monitoramento CEMADEN/IBGE sobre áreas de risco e este município abrigava 1.429 pessoas expostas à risco em 2010, risco relacionado a deslizamentos.

Estas cidades apresentam um clima tropical. Chove mais no verão que no inverno. Ladário tem uma temperatura média de 26.0°C e 1220 mm é o valor da pluviosidade média anual.

Figura 189 – Médias mensais de temperatura e pluviosidade em Ladário



Fonte: Climate-data.org ([2023]).

O mês mais seco é julho, com 24 mm médios de precipitação. Com uma média de 192 mm o mês de janeiro é o mês de maior precipitação. A temperatura média do mês de outubro, o mês mais quente do ano, é de 28.2 °C. Em julho, a temperatura média é 22.1 °C. É a temperatura média mais baixa de todo o ano.

Temos então uma situação de variada pluviosidade, com duas estações distintas e pouca variação de temperatura durante o ano, conforme esperado para a região e bioma.

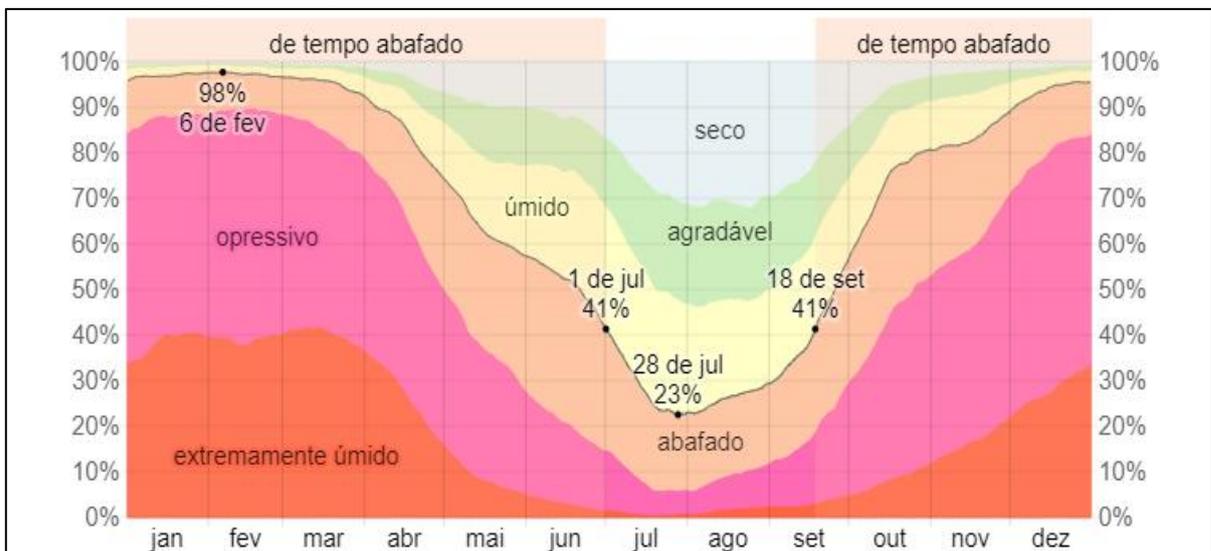
Figura 190 – Médias mensais durante o ano de temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), chuva (mm), umidade, dias chuvosos e horas de sol entre 1999 e 2019

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novem- bro	Dezembro
Temperatura média (°C)	27.9	27.4	27.2	26.3	23.3	22.5	22.1	24.6	26.9	28.2	27.7	28
Temperatura mínima (°C)	24.7	24.4	24	22.6	19.5	18.2	17.3	19	21.5	24	24	24.7
Temperatura máxima (°C)	32	31.3	31.1	30.6	28	27.8	28	31.1	33.1	33.3	32.2	32.2
Chuva (mm)	192	170	141	80	66	28	24	26	56	113	153	171
Umidade(%)	77%	79%	78%	73%	70%	69%	63%	52%	52%	63%	69%	74%
Dias chuvosos (d)	15	14	13	8	6	3	2	3	5	9	12	14
Horas de sol (h)	9.7	9.1	8.8	8.7	8.0	8.3	8.9	9.7	9.9	9.7	9.5	9.9

Fonte: Climate-data.org ([2023]).

A umidade é bastante significativa na região e aliada ao calor constante pode trazer desconforto na maior parte do ano. O gráfico abaixo ilustra os níveis de conforto em umidade em Corumbá, considerando o ponto de orvalho, ou seja,

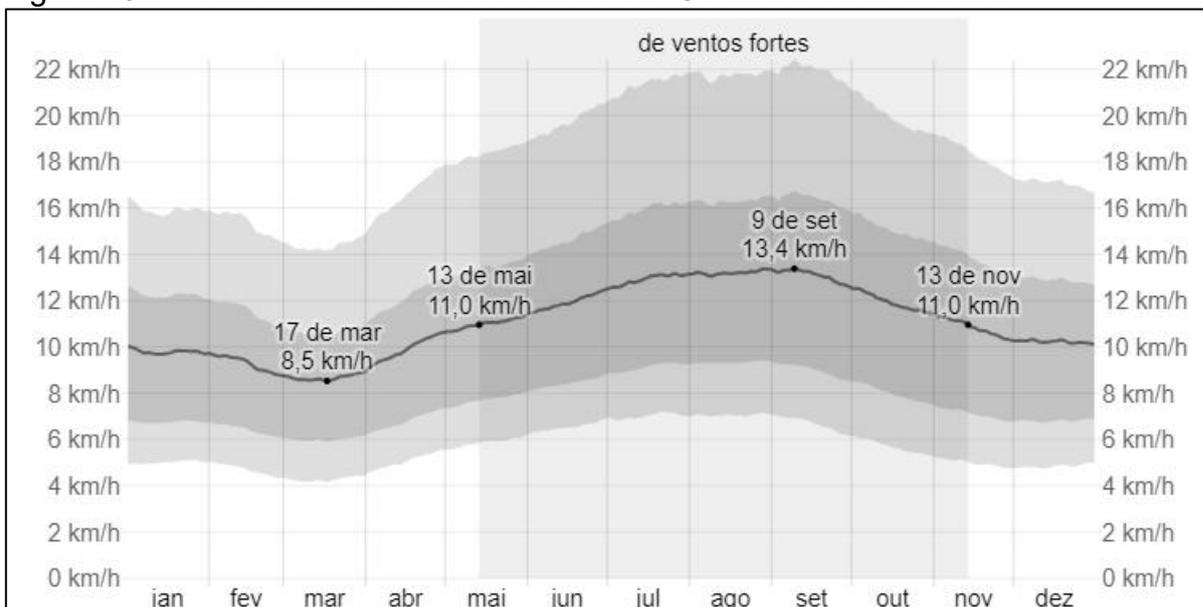
Figura 191 - Níveis de conforto em umidade em Corumbá com referência no ponto de orvalho



Fonte: Weatherspark.com (2022).

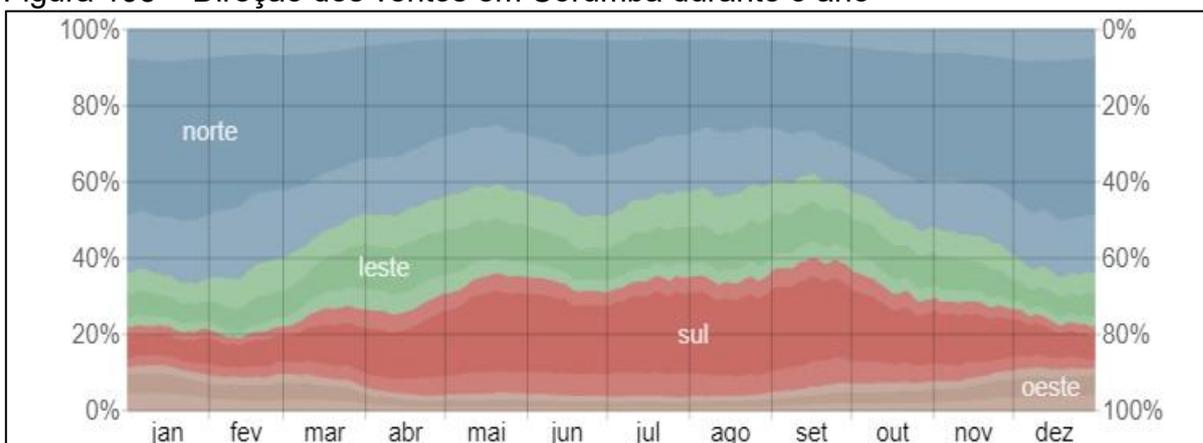
Outro fator climático bastante relevante é o vetor médio dos ventos a 10 metros acima do solo. Há predominância da direção dos ventos no sentido norte, porém com velocidade relativamente baixa durante todo o ano.

Figura 192 – Velocidade média dos ventos em Corumbá durante o ano



Fonte: Weatherspark.com (2022).

Figura 193 – Direção dos ventos em Corumbá durante o ano



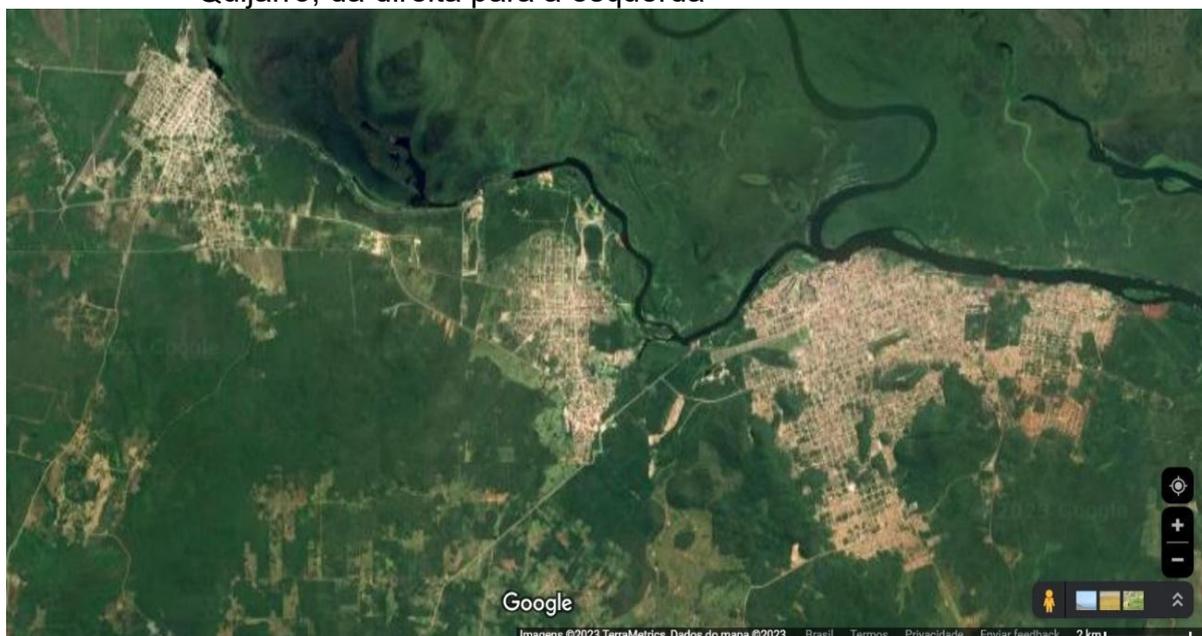
Fonte: Weatherspark.com (2022).

Sob o ponto de vista climático temos uma cidade bastante quente durante todo o ano, com baixo conforto térmico marcado também pela alta umidade durante quase todo o ano, baixa velocidade de vento e predominância deste vindo da direção norte.

Sob a ótica econômica e referencial Corumbá já teve maior relevância, perdendo espaço com redução da pecuária, do turismo e da importância do porto fluvial. Há projeto de construção de um porto nesta cidade, com vistas ao escoamento de produtos agrícolas do estado, porém, bastante distante do centro urbano, cerca de 180 km. Tais infra estruturas podem implicar na formação de centros urbanos isolados que posteriormente podem vir a se tornar centros urbanos independentes. Também se aventa a possibilidade do retorno da estrada de ferro conhecida como trem do Pantanal, que liga a cidade à capital campo Grande, permitindo acesso ainda ao interior do estado de São Paulo e a cidade de Cochabamba na Bolívia, porém ainda nada concreto nesta retomada, não passando por enquanto de especulações e discursos políticos. O aeroporto da cidade também tem funcionado de forma intermitente.

A cidade é próxima e quase conurbada com Ladário e Puerto Suarez e Puerto Quijarro, ambas no país vizinho, Bolívia. Por se tratar de área de segurança internacional a integridade está protegida. Áreas entre as cidades de Corumbá e Ladário são pertencentes à marinha, portanto, também com integridade protegida.

Figura 194 – Proximidade das cidades de Ladário, Corumbá, Puerto Suarez e Puerto Quijarro, da direita para a esquerda



Fonte: Imagem Google Maps (2022).

Uma questão bastante hodierna nestas cidades são as queimadas no entorno que afetam a qualidade do ar durante a estação seca. Embora se tenha observado

redução de focos entre os anos de 2021 e 2022 (CEMTEC, 2023), a quantidade ainda é grande e altera a qualidade do ar na cidade no período das secas.

O entorno das cidades, juntamente com as áreas de marinha e de segurança internacional conferem boa área de floresta urbana nos entornos do centro urbano, e esta influência no centro urbano é positiva, porém ambas as cidades possuem arborização deficiente considerando as altas temperaturas registradas nas cidades.

Figura 195 – Nos limites da área urbana se evidencia presença de árvores



Fonte: Autor (2022).

Figura 196 – Área de segurança internacional entre as cidades de Corumbá e Puerto Quijarro preservada



Fonte: Autor (2022).

Figura 197 – Área pertencente à marinha entre Ladário e Corumbá preservada



Fonte: Autor (2022).

Considerando a versatilidade florística do bioma, o porte e a densidade destas cidades há espaço para implantação de uma arborização robusta, sem interferir em equipamentos urbanos. Calçadas curtas e testadas pequenas são um entrave para arborização em calçadas, mas nestas cidades estes problemas são restritos, portanto, há espaço para arborização (Figura 198).

A preferência deve ser dada a flora do bioma, que por sua versatilidade permite uma gama grande de espécies, para que os serviços se estendam para serviços culturais, de provisão, de regulação e de suporte. Devido ao calor que se estende durante todo o ano, seria recomendado também a preferência por espécies perenes, para que o serviço de regulação térmica seja mantido.

A função de abrigo de aves fornecido pelas árvores também seria valorizada, dado ao aumento de insetos e pragas que deve ocorrer em função dos aumentos de temperatura projetados pelas mudanças climáticas.

Outra função importante seria também como filtro de ar devido a queimadas rotineiras que ocorrem na estação seca, que podem ser estendidas nas décadas vindouras.

Figura 198 – Calçadas e testadas largas permitem incremento da arborização urbana



Fonte: Autor (2022).

Figura 199 – Calçadas e testadas largas permitem incremento da arborização urbana, inclusive com árvores de maior porte



Fonte: Autor (2022).

Figura 200 – Em diversos locais se observa uso de espécies exóticas, *Ficus benjamina*, que atendem a serviços de regulação térmica, mas podem negligenciar outros serviços ambientais importantes e requerem manutenção, sendo alvo de podas agressivas



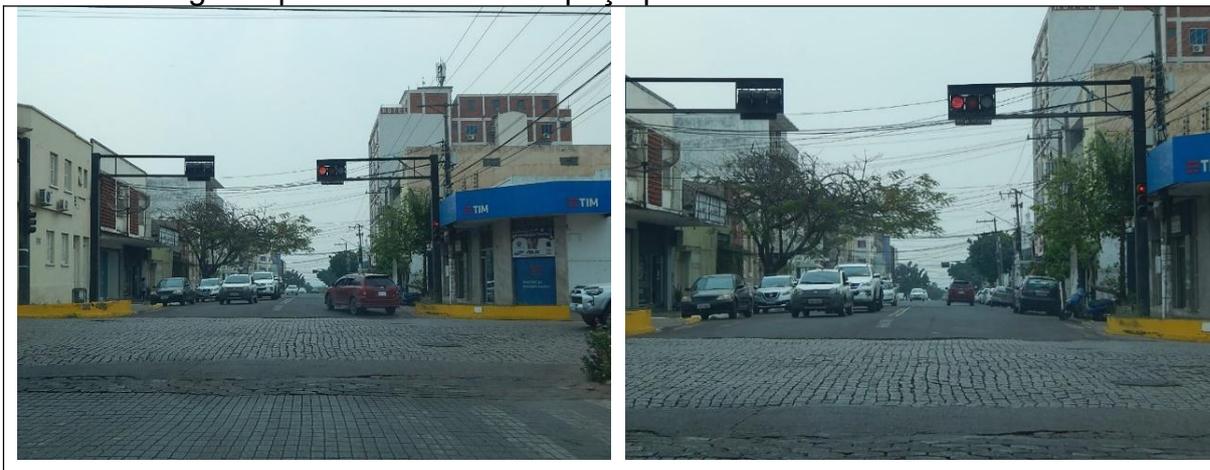
Fonte: Autor (2022).

Figura 201 - Arborização em área central de pista ocupando áreas de estacionamento em 45 graus em Ladário, uma boa solução com espaço para raízes, com farto sombreamento



Fonte: Autor (2022).

Figura 202 - A arborização é escassa, mesmo nas áreas centrais, apesar da largura das calçadas permitir, inclusive com solução de estacionamento a 45 graus para aumento de espaço para o verde urbano



Fonte: Autor (2022).

Figura 203 – O aproveitamento da orla como área de lazer e estrutura turística é insipiente



Fonte: Autor (2022).

Não há nas cidades aproveitamento da orla do rio Paraguai como área verde e lazer. O aproveitamento deste espaço, mesmo com uso temporário, durante o período de vazante, proporciona espaço com brisa de orla.

Embora em Ladário isso não seja possível, pois toda a área da orla do rio Paraguai pertence a marinha e seja área de segurança, em Corumbá há extensas áreas que podem servir a esta finalidade, inclusive como praias. O uso de orla de rios turisticamente em épocas de vazante já é comum no país.

Corumbá tem ainda uma tradição de comemoração das festividades de São João, coincidente com a seca e com participação de barcos, portanto, uma urbanização adequada na orla iria promover ainda mais as festividades.

Figura 204 - Possibilidade de aproveitamento da orla para áreas verdes, ainda que de uso temporário durante o ano



Fonte: Autor (2022).

A urbanização da orla em Corumbá está na parte superior, pois há grande desnível entre a orla e o centro urbano. Entretanto, para uma cidade onde faz tanto calor a orla não abriga quantidade adequada de árvores e também não há jardins alagados ou lagos, tampouco acesso livre à água potável.

Em Corumbá há ainda uma praça central, está com vegetação mais robusta e presença de vegetação local, porém ainda com espécies exóticas e sem elementos hídricos. A praça ganha importância por ser o local onde a verticalização da cidade é mais acentuada, ainda que a verticalização da cidade seja baixa. Processos de verticalização podem aumentar os microclimas urbanos.

Figura 205 - Área da orla urbanizada com pouca vegetação, sem valorização da vegetação local, sem presença de corpos hídricos artificiais paisagísticos e sem acesso livre à água potável



Fonte: Autor (2022).

Figura 206 - Praças arborizadas parcialmente com vegetação nativa



Fonte: Autor (2022).

Outro serviço de valia para as cidades seria a vegetação como elemento filtrante, pois na época seca as queimadas se proliferam. Os anos recentes foram marcados por grandes quantidades de queimadas e tornou a qualidade do ar insustentável.

Ainda que haja uma mudança de postura neste aspecto com melhores mecanismos de fiscalização e punição para inibir a prática e se consiga reduzir drasticamente as queimadas, ainda haverá queimadas naturais na época seca, portanto, uma vegetação como elemento filtrante e resistente a este fenômeno é bem-vinda.

Figura 207 - Queimadas causam grande estrago na qualidade do ar



Fonte: Autor (2022).

Uma vulnerabilidade em Corumbá é o risco a deslizamentos devido a declividade acentuada entre o centro urbano e a orla. Construções irregulares nestes locais e caminhos improvisados para acesso a elas e ao rio retiram vegetação desses locais, acentuando ainda mais o risco.

É preciso urbanizar e regularizar estas habitações e local onde se inserem e o plantio é uma solução baseada na natureza de alta eficácia para este fim. Técnicas e espécies já são bem conhecidas e dominadas e basta aplicar para que os ganhos sejam grandes. Além de qualificar a área, há valorização do local e entorno.

Figura 208 - Áreas em expansão em Corumbá ocupadas irregularmente, com retirada de vegetação e apresentando riscos de deslizamentos



Fonte: Autor (2022).

Os resultados da pesquisa para o bioma Pantanal nos permite fazer alguns destaques importantes.

O porte e densidade das cidades do Pantanal permitem a implantação de uma arborização urbana robusta, sem interferir em equipamentos urbanos.

As cidades bastante horizontalizadas permitem implantação de parques nas áreas periurbanas e corredores verdes interligando estas áreas, o que deve amenizar o calor das cidades, já bastante elevado sem as mudanças climáticas.

A riqueza de macrófitas da região deve ser aproveitada nas cidades, com instalação de jardins alagados. Áreas verdes com presença de corpos hídricos são mais eficientes em prover serviços ambientais.

As projeções de mudanças climáticas para o bioma precisam evoluir para que os planos de adaptação possam ser mais assertivos.

O cuidado com áreas periurbanas e rurais precisa ser constante, pois as cidades sofrem frequentemente com fumaça de queimadas nesta regiões.

5 CONCLUSÕES

As mudanças climáticas têm demonstrado efeito deletério no país, com efeitos diretos nas cidades, aumentando o registro de desastres e eventos extremos de temperatura e pluviosidade, vistos tanto nos noticiários como nos registros oficiais, como os da defesa civil, o que reflete um cenário progressivo de desastres e problemas generalizados nas cidades, para sua estrutura e para o modo de vida urbano. Neste caso, falta ainda uma centralidade nos registros, que permitam comparações ao longo do tempo e entre as diversas regiões, a fim de otimizar pesquisas e indicar exemplos exitosos como inspiração a novos projetos. Deve-se, entretanto, elogiar os existentes, como parceria do IBGE e CEMADEN em mapear nas cidades população em risco de desastres e todos os sítios de internet que divulgam exemplos de soluções baseadas na natureza.

As iniciativas ainda são modestas e os desastres continuam a ser tratados como pontuais, advindos de exceções climáticas. Notícias sempre envolvem eventos comparativos, muitas vezes de décadas passadas e omitem tendências, além de estabelecer médias e acumulados que não fazem sentido estatístico, o que muitas vezes minimizam a frequência dos impactos, mesmo que a intenção seja diferente deste objetivo ou até oposta a ele.

Este cenário leva a concluir que independente das negociações de mitigação e redução de emissões é preciso investir fortemente em adaptação, pois os desastres se tornam mais frequentes e mais devastadores, enquanto que políticas públicas ambientais permissivas seguem dando espaço para aumentar as fragilidades do ambiente, em especial o antropicamente modificado, que possui baixa resiliência.

Em um país como o Brasil, com poucos recursos disponíveis para investimento em novas infraestrutura e com enormes passivos nas já existentes, qualquer alternativa de baixo custo que aumente a resiliência e qualidade ambiental no ambiente urbano deve ser valorizada, e neste sentido, as soluções baseadas na natureza representam um expediente perfeito, pois sua implementação representa um custo muito mais baixo em relação às medidas tradicionais.

Embora as soluções baseadas na natureza sejam a saída que precisamos para transformações rápidas nas cidades para que estas aumentem sua resiliência

às mudanças climáticas, seu uso ainda é incipiente diante da gigantesca possibilidade que representam. O uso de Soluções baseadas na natureza ainda é pontual, restrita a projetos específicos em bairros ou comunidades para soluções específicas, pouco pensadas para a cidade como um todo e muito menos para regiões metropolitanas e neste caso, prejudicada por uma governança em uma instância que ainda é incipiente no país, mas precisa ser fortalecida, pois as questões ambientais transcendem os limites municipais.

As soluções baseadas na natureza utilizadas no país são dirigidas majoritariamente para manejo sustentável de águas urbanas, especialmente para drenagem, que embora seja de extrema importância e lidere os problemas urbanos no país, não é o único e com as projeções de mudanças climáticas de aumento da temperatura a regulação térmica deve se tornar um grande problema, especialmente em um país tropical onde as cidades já apresentam altas temperaturas e o acesso à instrumentos que podem amenizar essa questão é bastante desigual. É importante frisar que apesar de catástrofes relacionadas à enchentes possuírem alto apelo, são as ondas de calor que mais matam pessoas e estas são ainda menos democráticas, castigando mais aqueles que dispõem de poucos recursos.

Como envolvem elementos naturais, o conhecimento da ecologia e biologia do local onde a cidade foi erigida representa o primeiro passo para planejar intervenções urbanas neste sentido. O tipo de vegetação da região e o acesso aos recursos hídricos é o primeiro passo, sendo imprescindíveis para regulação térmica, mas outros elementos também são importantes e devem ser considerados, como a fauna local, que beneficiada pela vegetação e recursos hídricos pode formar cadeias alimentares mais complexas auxiliando no controle de pragas urbanas. O exemplo da cidade de Medellín, na Colômbia, que implantou corredores verdes com arborização e jardins verticais, reduzindo a temperatura em até 2 graus Celsius, trouxe a fauna de volta ao centro urbano, conforme relata a prefeitura da cidade.

Os materiais utilizados na infraestrutura urbana possuem pouco albedo e alta retenção de calor, exacerbando o efeito de ilha de calor. Há diversas soluções para redução destes materiais, desde soluções arquitetônicas até soluções ambientais e precisam ser incentivadas, até por instrumentos legislativos. No caso do asfalto é necessário estabelecer metas de redução das áreas ocupadas por ele, como materiais alternativos nas áreas reservadas a estacionamentos, aumento destas

áreas com vagas a 45 graus alternadas por árvores e aumento de área de sombreamento arbóreo sobre o asfalto sempre que possível.

A rede urbana dos biomas brasileiros difere bastante, assim como diferem os biomas entre si. Como já bem colocado neste trabalho, o estudo da rede urbana está relacionado principalmente a possibilidade de divulgação, modelo e protótipo de soluções baseadas na natureza, pois as cidades de maior centralidade tendem a exercer influência em suas áreas.

A Caatinga concentra centralidade em poucas cidades, o que faz com estas sejam “símbolos do sertão”, tornando sua feição, aparência, cultura e modo de vida uma referência. Isto faz com que soluções baseadas na natureza nestas cidades sejam particularmente de mais fácil divulgação e protótipo de reprodução. Em planos que incluam soluções baseadas na natureza estas podem facilmente ganhar escala de reprodução considerando que a rede urbana na Caatinga tem complexidade dentro do próprio bioma.

No Cerrado há centralidade nas capitais de estado, porém, há um crescimento de cidades médias ligadas ao agronegócio que tem emergido também como centralidades importantes. Essa diversidade e também a grande extensão do bioma faz com que, diferentemente da Caatinga, as referências sejam mais divergentes, o que pode tornar a reprodução de soluções baseadas na natureza mais prejudicada. Em especial o uso da água e sua disponibilidade tem grandes divergências no Cerrado, havendo centralidades importantes em situações de berço de nascentes, águas subterrâneas, mananciais represados e até mesmo rios caudalosos. No Cerrado, onde encontramos estações secas pronunciadas, a água se torna um elemento primordial como solução baseada na natureza. Disponibilizar a água em jardins, praças e qualquer área pública deverá tornar o ambiente muito mais agradável e estes corpos hídricos artificiais podem ainda servir como retenção e disciplinamento das águas em época de chuvas.

Na rede urbana temos a Mata Atlântica da porção sudeste plenamente ocupada e com formação acelerada de regiões metropolitanas devido a conurbação de cidades. Nesta parte do bioma as regiões metropolitanas são o mote das soluções baseadas na natureza. A formação desta rede urbana em aglomerados requer que as soluções sejam pensadas para atender duas ou mais cidades, fazendo com que regiões periurbanas e rurais se tornem muito importantes como

corredores ecológicos e bancos de serviços ambientais, que podem valorizar muito elementos naturais em áreas urbanas mais adensadas.

Na Mata Atlântica setentrional a rede urbana nos mostra uma gigantesca região metropolitana se formando ao longo do litoral e outras centralidades esparsas na área conhecida como Zona da Mata. Nesta grande região metropolitana se formando ao longo do litoral se destaca as fozes de grandes rios, praticamente ausentes na porção meridional, sendo este elemento a ser trabalhado como solução baseada na natureza. A simples preservação destas áreas já fornece grande quantidade de serviços ambientais já exaustivamente descritos neste trabalho, porém, é importante destacar a interação destes corpos hídricos com as regiões de restinga, muito presentes em toda a região, cuja presença ora se torna desejável e ora se torna indesejável devido a dificuldades de interação com infraestrutura urbana.

No Pampa as centralidades estão bem isoladas umas das outras, com poucas conurbações, embora se considerarmos pelas dimensões do bioma as distâncias não são grandes. Com esta conformação, as soluções baseadas na natureza devem ser pensadas localmente e podem facilmente serem reproduzidas nas cidades de menor hierarquia. É preciso pensar também em uma questão contrária a esta contestação, que seriam as obras de disciplinamentos de corpos hídricos, como retificações, eclusas e barramentos, pois neste caso, estas são realizadas pelas cidades maiores, de maior centralidade, e seus efeitos se estendem para as cidades menores.

No Pantanal não há centralidades importantes, o que faz com que as soluções baseadas na natureza sejam únicas nos centros urbanos do bioma. A falta de recursos humanos e logísticos típicas de cidades de menor centralidade precisa ser driblada e instituir políticas públicas que obriguem o uso desta soluções e assim transferir também para executores de obras e serviços, na maioria terceirizados nestes cidades, a obrigação de utilizar soluções baseadas na natureza em seus projetos, planos e obras.

Entende-se que a rede urbana, determinante como via de exemplos de planejamento e protótipo de soluções, muitas vezes transcende o bioma e deve ser observada quando considerada protótipo, pois as divulgações de soluções baseadas na natureza são realizadas através de exemplos a serem seguidos e neste caso, existe a possibilidade de que a rede urbana não respeite diferenças climatológicas e ecológicas importantes na adoção de soluções baseadas na natureza.

A rede urbana também impõe características urbanas peculiares em cada bioma, como regiões metropolitanas, centralidades isoladas e referências urbanas que podem ser bastante incondizentes com centralidades menores que se espelham nos maiores e mais importantes centros urbanos. Mesmo dentro de mesmo bioma, ainda encontramos referências urbanas diferenciadas em termos de ecossistema, fazendo com que a cópia ou inspiração de uma área verde, praça ou obra de infraestrutura seja inaplicável, incondizente ou forneça serviços indesejáveis ou inúteis se copiados em outro ecossistema.

Na Amazônia as cidades pouco aproveitam suas potencialidades locais. As cidades são pouco arborizadas e o uso do abundante recurso hídrico é restrito ou inexistente na área urbana. ainda, as características da floresta natural são pouco aproveitadas, como abundância de epífitas e lianas e as espécies arbóreas típicas são raras de se encontrar nas cidades. A alta informalidade aumenta ainda mais as fragilidades e vulnerabilidades. As longas estações de cheias e vazantes fazem com que as soluções baseadas na natureza para manejo de águas sejam estruturas maiores, envolvendo além de águas pluviais também os corpos hídricos.

A zona de transição da Amazônia em direção à Caatinga, a Mata dos Cocais, precisa de soluções baseadas na natureza que envolvam o manejo de bacia hidrográfica, pois as vulnerabilidades destas cidades estão relacionadas à proximidade das margens de rios. A fragilidade e erodibilidade dos solos requer soluções mais locais.

Já na Caatinga a vulnerabilidade é contrária, a iminente desertificação ronda o bioma. Nas pequenas cidades a agricultura urbana já muito presente pode minimizar efeitos climáticos urbanos, desde que haja disponibilidade de água, o que será possível com planejamento e transposição do rio São Francisco, que também beneficiará todas as demais cidades. Esta transposição pode ser beneficiada com soluções baseadas na natureza a fim de minimizar o déficit hídrico.

O Cerrado possui as cidades mais resilientes devido a áreas verdes que possuem, estando fragilidades relacionadas com o crescimento de cidades médias impulsionadas pelo agronegócio. Estas cidades acabam tendo as mesmas fragilidades das regiões urbanas da Mata Atlântica meridional, relacionadas à drenagem urbana.

Na Mata Atlântica, porção setentrional, as soluções baseadas na natureza devem ser dirigidas para áreas ainda não conurbadas, haja visto o espraiamento das

idades ao longo da costa. Na porção sudeste e sul, as soluções baseadas na natureza clássicas, como jardins de chuva e parques lineares são perfeitas para amenizar as vulnerabilidades relacionadas à drenagem urbana.

Para o Pampa e Pantanal, as cidades devem abrigar arborização mais robusta que campos, dado o efeito de ilha de calor, especialmente no Pantanal. No Pampa as projeções de aumento de pluviosidade devem aumentar a vulnerabilidade a alagamentos e erosões no solo já frágil, portanto, as soluções baseadas na natureza devem ser dirigidas para isso, como aumento da quantidade de canais, já muito usados na região para domar as águas, mesmo em ambiente urbano e vegetação robusta para permeabilidade do solo. soluções mais temporárias como jardins de chuva podem não ser tão eficazes.

Por fim, se observa que a forma de divulgação das soluções baseadas na natureza em exemplos e a desconexão entre os planejamentos urbanos com o bioma e ecossistema no qual os centros urbanos estão inseridos pode interferir de forma negativa na implantação de soluções baseadas na natureza e, portanto, a observância do bioma e ecossistema onde se insere o centro urbano, a rede urbana da qual faz parte, pois esta interfere nos modelos copiados, e as previsões de mudanças climáticas em nível regional e local devem nortear a aplicação de soluções baseadas na natureza mais criativas e localmente adaptadas.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, Aziz. **Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. 8 ed. São Paulo: Ateliê Editorial. 2003. 160 p.
- ADLER, Frederick.; TANNER, C. J. **Ecosistemas urbanos: princípios ecológicos para o ambiente construído**. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2015. 384 p.
- AILER, Joan Martínez. **O ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagem de valoração**. 2. ed. São Paulo: Contexto. 2015. 384 p.
- BELÉM (Município). Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Site da Secretaria Municipal de Meio Ambiente da prefeitura de Belém, [2023]**. Disponível em: <https://www.prefeitura.belém.gov.br/semurb>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- BUENO, Laura Machado de Mello. Cidades e Mudanças Climáticas no Brasil: Planejamento de Medidas ou Estado de Risco?*. **Sustentabilidade em Debate**. Brasília, v. 2, n. 1, p. 81-98, jan./jun. 2011
- CARVALHO, A. A. *et al.* A inviabilidade do ficus (*Ficus benjamina*) para arborização viária. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX, 13. UFRPE: Recife. 2013. **Resumos [...]**. Recife. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ailton-Carvalho/publication/348936396_A_INVIABILIDADE_DO_FICUS_Ficus_Benjamin_a_L_PARA_ARBORIZACAO_VIARIA/links/60180436299bf1b33e3dcef9/A-INVIABILIDADE-DO-FICUS-Ficus-Benjamina-L-PARA-ARBORIZACAO-VIARIA.pdf Acesso em: 16 jun. 2024
- CENTRO DE MONITORAMENTO DO TEMPO E DO CLIMA DO ESTADO DO MS. **Site do CEMTEC, [2018]**. Disponível em: https://www.cemtec.ms.gov.br/wp-content/uploads/2023/02/Boletim-Incendios_2022-1-1.pdf. Acesso em: 20 jul. 2023.
- CHOMENKO, Luiza. **Pampa: Silencioso e desconhecido**. IHU On-Line. Edição nº 190. 2006. Disponível em: <https://www.ihuonline.unisinos.br/media/pdf/IHUOnlineEdicao190.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2023.
- CLIMATE DATA. **Site do Climate data, [2023]**. Dados climáticos para cidades mundiais. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- COE, H.; CARVALHO, C.; SOUZA, L.; SOARES, A. Peculiaridades ecológicas da região de Cabo Frio, RJ. **Revista Tamoios**. Ano IV, nº. 2, 2007. ISSN 1980- 4490.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. **Site do CRPM, [2022]**. Disponível em: <https://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/entidades-vinculadas/cprm>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- CORUMBÁ (Município). **Site da prefeitura de Corumbá©, [2022]**. 2015. Disponível em: <http://www.corumba.ms.gov.br/site/corumba/2/>. Acesso em: 15 fev. 2023.

COUTINHO, Magno Leopoldo. **Biomass brasileiros**. 2. ed. Oficina de textos. São Paulo. 2016, 160 p.

DANIEL, Henrique Cândido. **Tornados e trombas-d'água no Brasil**: modelo de risco e proposta de escala de avaliação de danos. 2012. 210 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, MG, 2012.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ). **Site da GIZ [2022]**. Disponível em: <https://www.giz.de/en/html/index.html>. Acesso em: 10 abr. 2022.

EUROPEAN COMMISSION. **Towards an EU research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities**: Final Report of the Horizon 2020. Bruxelas, Expert Group on Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities, 2015. Disponível em: <https://ec.europa.eu/research/environment/pdf/renaturing/nbs.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2023.

FALCÃO, K. S.; MONTEIRO, F. N. Avaliação fitossociológica em zona de transição cerrado-mata atlântica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, ISSN 2525-3409 | Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2350>. Acesso em: 20 jun. 2022.

GONÇALVES, W.; DE PAIVA, H. N. **Árvores para o ambiente urbano**. Viçosa. Aprenda Fácil. 2017. 217 p.

GOOGLE. **Google Earth website**. <http://earth.google.com/>. 2023.

GOOGLE. **Google maps website**. <http://google.com.br/maps/>. 2022.

GOOGLE. **Google StreetView website**. <http://google.com.br/maps/>. 2023.

GOVERNOS LOCAIS PARA A SUSTENTABILIDADE - ICLEI. **Adaptação baseada em ecossistemas**: oportunidades para políticas públicas em mudanças climáticas. 2ª ed. Curitiba. 2015. Disponível em: https://www.fundacaogrupoibge.org.br/pt/Biblioteca/AbE_2015.pdf. Acesso em: 15 jul. 2023.

GWYNNE, Jhon. *et al.* **Birds of Brazil**: The Pantanal and Cerrado of Central Brazil. Wildlife Conservation Society. New York, NY. Comstock Publishing Associates. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Áreas Urbanizadas do Brasil 2019**. Rio de Janeiro. 2022. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101973>. Acesso em: 15 fev. 2023

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Site do IBGE**. Informações do Censo 2022. Disponível em: <https://ibge.cidades.gov.br>. Acesso em: 15 fev. 2023

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **População em áreas de risco no Brasil**. Rio de Janeiro. 2018. 90 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Regiões de influência das cidades**. Rio de Janeiro: IBGE. 2018. 187 p.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES - IUCN. **Global Standard for Nature-based Solutions**: A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS. 2020. 1 ed. Gland, Switzerland: IUCN. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. Governança Ambiental no Nível Municipal. *In*: LEME, Taciana Neto [org.]. **Governança Ambiental no Brasil**: instituições, atores e políticas públicas. Rio de Janeiro. 2016. Capítulo 6.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Site do IPEA, [2022]**. Disponível em: <http://brasilmetropolitano.ipea.gov.br/#home>. Acesso em: 20 jul. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Eventos extremos de junho de 2022 no Brasil. **Site do INMET [2022]**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/eventos-extremos-de-junho-de-2022-no-brasil>. Acesso em: 06 jul. 2022.

KRAHL, A.; DORIGHETTO, A.; VALSKO, J. Orchidaceae em um fragmento de Floresta Semidecídua de encosta na região sul do Estado do Espírito Santo, Sudeste do Brasil. **Hoehnea** 41(2): 247-268, 2014.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; YOUNG, A.; BARRETO, N. C.; RAMOS, A. M. Trends in extreme rainfall and hydrogeometeorological disasters in the Metropolitan Area of São Paulo: a review. **Annals of the New York Academy of Sciences [...]**. REVIEW. First published: 13 February 2020 <https://doi.org/10.1111/nyas.14307>

MATHEUS, C.; CAETANO, F; MORELLI, D.; LABAKI, L. Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 71-81, jan./mar. 2016. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000100061>. Acesso em 20 jun. 2022

MENDONÇA, Francisco e DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de textos. 2007. 208p.

METEOBLUE. **Site do Meteoblue®, [2012]**. Dados climatológicos gerais. Disponível em: <https://www.meteoblue.com/pt/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - MCTI. **Site do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, [2022]**. Disponível em: <https://adaptabrasil.mcti.gov.br/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Site do Ministério das Cidades, [2022]**. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/competencias/competencias-das-secretarias/competencias-da-secretaria-nacional-de-habitacao>. Acesso em: 15 maio 2022

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Site do Ministério do Meio Ambiente e Mudanças Climáticas, [2022]**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/projetos/a-mudanca-do-clima-e-a-adaptacao-baseada-em-ecossistemas-abe>. Acesso em: 20 jun. 2023

NATAL (Município). Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo -SEMRUB. **Site da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo da prefeitura de Natal, [2017]**. Disponível em: <https://www.natal.rn.gov.br/semurb>. Acesso em: 20 jun. 2023.

NETWORK NATURE. **Site do Network Nature, [2023]**. Disponível em: <https://networknature.eu/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

NUNES, Lucí Hidalgo. **Urbanização e desastres naturais**. São Paulo: Oficina de textos. 2015. 112 p.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - PBMC. **Base Científica das Mudanças Climáticas**. Vol. I. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 p. 2014.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - PBMC. **Mudanças Climáticas e Cidades**. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds)]. PBMC, COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 116 p. 2016.

PINHEIRO, Tiago Cisalpino; GUEDES, Gilvan Ramalho; BARBIERI, Alisson Flávio. Cidades Médias e vulnerabilidade às mudanças climáticas no Brasil: elementos para integração do debate a partir de estudos de caso. **Climacon**. 2015. Disponível em: <https://climacom.mudancasclimaticas.net.br/cidades-medias-e-vulnerabilidade-as-mudancas-climaticas-no-brasil-elementos-para-integracao-do-debate-a-partir-de-estudos-de-caso/>. Acesso em: 15 maio 2022.

PRATES. V. **Um mapa da ideologia no antropoceno**. Barueri, SP: Estação das Letras e Cores. 186p. 2020.

RAMOS, Humberto Martins. **Projeções climáticas regionais em alta resolução: tendências no vento e potencial eólico no nordeste do Brasil**. 2021. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: 10.11606/D.14.2021.tde-04022022-115245. Acesso em: 20 jun. 2023.

SANCHES, F. H. C.; MARTINS, F. R.; CONTI, W. R. P.; CHRISTOFOLETTI R. A. The increase in intensity and frequency of surface air temperature extremes throughout the western South Atlantic coast. **Scientific Reports** volume 13, Article number: 6293, 2023.

SANTOS, M.; HOLANDA, F.; ANTONIO, G.; LINO, J.; SANTOS, T. Contribuição das macrófitas aquáticas no controle de erosão aliadas às técnicas de engenharia natural, na margem direita do baixo São Francisco, Sergipe. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35. 2015. Natal. **Resumos** [...]. Natal: UFRN. 2015.

SANTOS-FILHO, F. S.; ALMEIDA, E. B.; SOARES, C. J. S. Cocais: zona ecotonal natural ou artificial?. **Revista Equador** (UFPI), Vol.1, Nº 1, p. 02 -13. 2013.

SARAH, Kew *et al.* **Strong influence of climate change in uncharacteristic early spring heat in South America**. Scientific report. Disponível em: <https://spiral.imperial.ac.uk/bitstream/10044/1/106753/6/Scientific%20report%20South%20America%20heat%20Sep%202023.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2023.

SELL, B. M. *et al.* Uso de geotecnologias para avaliação qualitativa dos fatores de influência nas regiões críticas de alagamentos na cidade de Pelotas, RS. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21. 2015, Brasília. **Anais** [...]. Brasília. 2015.

SITES USP. Grupo de Interação à Pesquisa em Soluções Baseadas na Natureza. **Projetos na USP**. Dispositivos para remoção de carga poluidora em rios urbanos por meio de biorretenção: avaliação experimental de sua eficiência. Responsável: Maria Cristina S. Pereira. Campus USP/São Paulo: Universidade de São Paulo, USP, 2019. Disponível em: <https://sites.usp.br/gipsbn/solucoes-baseadas-na-natureza/projetos/>. Acesso em: 08 jun. 2019.

SITES USP. Grupo de Interação à Pesquisa em Soluções Baseadas na Natureza. **Projetos na USP** Teto verde na USP: gerenciamento de águas de chuva em São Paulo: o desempenho de tetos vegetados de diferentes profundidades comparados a telhados convencionais de telha cerâmica. Responsável: Lucas Gobatti. Campus USP/São Paulo: Universidade de São Paulo, USP, 2019. Disponível em: <https://sites.usp.br/gipsbn/solucoes-baseadas-na-natureza/projetos/>. Acesso em: 08 jun. 2019.

SILVEIRA, A. L.; PIRES, M. R. S.; COTTA, G. A. Serpentes de uma área de transição entre o cerrado e a mata atlântica no Sudeste do Brasil. **Arquivos do Museu Nacional**. Rio de Janeiro, v. 68, n.1-2, p. 79-110. 2010. Disponível em: [https://xn--publicaes-w3a8m.museunacional.ufrj.br/wp-content/arquivos/Arqs%2068\(1-2\)%20p%2079-110%20Silveira.pdf](https://xn--publicaes-w3a8m.museunacional.ufrj.br/wp-content/arquivos/Arqs%2068(1-2)%20p%2079-110%20Silveira.pdf). Acesso em: 30 jun. 2023.

SOARES, A. *et al.* **Paradox of afforestation in cities in the Brazilian Amazon: An understanding of the composition and floristic similarity of these urban green spaces**. *Urban Forestry & Urban Greening*. Volume 66, December, 2021.

SOUZA, Fabio William de . **Projetos Urbanos para Campo Grande: De Sertão à Capital**. *In*: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE HISTÓRIA, 12. 2014, Aquidauana. 2014. **Resumos**. Aquidauana. 2014.

STAUDE, I. R. *et al.* A. Refocusing biodiversity restoration policy on grasslands. **Restoration Ecology**. doi: 10.1111/rec.13931. p 1-7. 2023.

THE RECONNECT PROJECT. **Site do The Reconnect Project, [2022]**. Disponível em: <http://www.reconnect.eu/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP). **Annual report 2022**. Disponível em: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/41679/Annual_Report_2022.pdf?sequence=3. Acesso em: 20 jun. 2023.

URBAN NATURE ATLAS. **Site do Urban Nature Atlas, [2023]**. Disponível em: <https://una.city/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

VIEIRA, A. F. S. G; LIMA, C. M. R. DE; SILVA, G. M. DA. **Caracterização das voçorocas da área urbana de Rio Preto da Eva (AM)**. Geologia USP. Série Científica, 22(4), 95-107. 2023.

WEATHER SPARK. **Site do Weather Spark, [2022]**. Disponível em: <https://weatherspark.com/>. Acesso em: 15 maio 2022.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Site do WRI, [2023]**. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/>. Acesso em: 15 maio de 2022.

YUAN, X.; WANG, Y.; JI, P.; WU, P.; SHEFFIELD, J; OTKIN, J. A. **A global transition to flash droughts under climate change**. Science. Apr 14;380(6641):187-191. 2023. Disponível em: 10.1126/science.abn6301. Epub 2023 Apr 13. PMID: 37053316. Acesso em 15 maio 2022.