

A CIDADE
COMO UM SISTEMA COMPLEXO:
TRANSFORMAÇÕES MORFOLÓGICAS
E CLIMÁTICAS EM MACEIÓ

EVELINE MARIA DE ATHAYDE ALMEIDA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO – FAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO – PPGAU
DOUTORADO CIDADES

EVELINE MARIA DE ATHAYDE ALMEIDA

TESE DE DOUTORADO

**A CIDADE COMO UM SISTEMA COMPLEXO:
TRANSFORMAÇÕES MORFOLÓGICAS E CLIMÁTICAS EM MACEIÓ**

Maceió
2019

EVELINE MARIA DE ATHAYDE ALMEIDA

TESE DE DOUTORADO

**A CIDADE COMO UM SISTEMA COMPLEXO:
TRANSFORMAÇÕES MORFOLÓGICAS E CLIMÁTICAS EM MACEIÓ**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e urbanismo, da Universidade Federal de Alagoas – Doutorado Cidades como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadores: Prof^a. Dr^a. Gianna Melo Barbirato
Prof. Dr. Ricardo Victor
Rodrigues Barbosa
Linha de Pesquisa: Tecnologias

Maceió
2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale – CRB4 - 661

A447c Almeida, Eveline Maria de Athayde.

A cidade como um sistema complexo: transformações morfológicas e climáticas em Maceió / Eveline Maria de Athayde Almeida. – 2020.
210 f.: il.

Orientadores: Gianna Melo Barbirato e Ricardo Victor Rodrigues.
Tese (doutorado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) –
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2020.

Bibliografia: f. 198-210.

1. Arquitetura urbana. 2. Cidades – Sistemas complexos. 3. Climatologia urbana – Maceió (AL). 4. Mudanças climáticas. I. Título.

CDU: 711.28:551.58

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO – FAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO – PPGAU
DOUTORADO CIDADES

Eveline Maria de Athayde Almeida

TESE DE DOUTORADO

**A CIDADE COMO UM SISTEMA COMPLEXO:
TRANSFORMAÇÕES MORFOLÓGICAS E CLIMÁTICAS EM MACEIÓ**

Tese aprovada em: 16/12/2019

BANCA EXAMINADORA



Prof^ª. Dr^ª. Gianna Melo Barbirato
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL (ORIENTADORA)



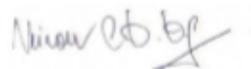
Prof. Dr. Ricardo Victor Rodrigues Barbosa
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL (ORIENTADOR)



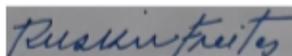
Prof. Dr. Leonardo Salazar Bittencourt
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL (MEMBRO INTERNO)



Prof. Dr. Walter Matias Lima
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL (MEMBRO INTERNO)



Prof. Dr. Neison Cabral Ferreira Freire
Fundação Joaquim Nabuco – FUNDAJ (MEMBRO EXTERNO)



Prof. Dr. Ruskin Marinho de Freitas
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (MEMBRO EXTERNO)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida boa e feliz.

Aos meus pais, Eraldo e Marluce, por todo amor dedicado a mim e por tudo que sou.

Ao meu irmão, Júnior, pela companhia leal e divertida desde a infância, quando éramos (e ainda somos) Pinky e Cérebro.

À Professora Gianna Barbirato, pela orientação cheia de amor, sabedoria, discernimento, entusiasmo, incentivo, girafas, os melhores abraços, e a coragem de me deixar ser livre.

Ao Professor Walter Matias, por me ensinar a enxergar além do óbvio.

Aos professores Leonardo Bittencourt e Gabriela Restaino, por me apresentarem Morin.

Aos Avaliadores Externos Ruskin Freitas e Neison Feire, pela disponibilidade e contribuições tão generosas.

Ao Professor Ricardo Victor, pela gentileza e generosidade em aceitar concluir a orientação desta tese.

À amiga-irmã Lu, pela amizade, cumplicidade e nossos planos mirabolantes.

Às amigas Adri, Beloca, Carlina, Carolzinha e Manu, pelas conversas inspiradoras que nos fazem seguir sempre em frente. Avante!

À Débora Almeida, pelo apoio imenso, dedicação e empenho na confecção das Cartas-imagens.

Ao Arquiteto Tácio Rodrigues e a Engenheira Bruna Rodrigues, pela disponibilidade e gentileza em ceder mapas e arquivos do geoprocessamento da Prefeitura Municipal de Maceió que foram de fundamental importância para a realização deste trabalho.

À FAU, onde me tornei arquiteta e urbanista, mestre e doutora.

Ao CESMAC, pela oportunidade de ser professora, profissão que me faz acreditar em dias melhores.

A todos que torceram, rezaram, incentivaram e tornaram esta caminhada mais leve.

Gratidão!

[...] Quem nasce aqui, e respira desde a infância um aroma de açúcar, vento, peixe e maresia, sente que o oceano próximo cola em todas as coisas e seres um transparente selo azul.

Lêdo Ivo

RESUMO

A forma urbana é construída através do tempo e no espaço em um sistema dinâmico que envolve política, economia, meio ambiente, cultura e muitas outras conexões. O estudo fragmentado da cidade pode ter uma conotação de análise, em que, ao fracionar-se o todo, tem-se um entendimento de partes isoladas. Muitos estudos sobre a cidade evidenciaram a estreita relação entre crescimento e alterações climáticas urbanas. Neste sentido, o presente trabalho buscou uma perspectiva diferente de abordagem da cidade, que trata da investigação da cidade de Maceió quanto às transformações morfológicas e climáticas ao longo do tempo pela ótica dos sistemas complexos, tendo como foco as inter-relações entre estas transformações. O estudo é conduzido pela abordagem do Pensamento Complexo de Edgar Morin e na Teoria Sistêmica, e assumiu uma característica de não linearidade, tanto na escrita quanto nas etapas metodológicas que se desenvolveram na medida em que as pesquisas avançaram. Posteriormente, optou-se pela definição de um percurso que evidenciasse transformações morfológicas urbanas significativas no contexto histórico e atual da cidade. Este, inicia-se na parte alta da cidade, desce até o bairro do Centro, segue para a planície lagunar e vai até o litoral sul da cidade, margeia a orla marítima, o bairro histórico de Jaraguá, avança até as orlas dos bairros de Pajuçara, Ponta Verde, Jatiúca e finaliza no bairro de Cruz das Almas, chegando ao litoral norte. Após a pesquisa sobre dados históricos da cidade, consulta em mapas, fotografias e a observação das transformações *in loco*, utilizaram-se, ainda, dados obtidos por meio de sensoriamento remoto, de NDVI e temperatura de superfície para os anos de 1990, 2006 e 2018, além de dados de temperatura de superfície obtidos em 51 pontos ao longo do percurso, com a finalidade comparar as transformações urbanas observadas com os dados obtidos nesse espaço de tempo de quase três décadas. A visão de que as inter-relações entre espaço, tempo e alterações do clima urbano são intensas é o que ampara a presente pesquisa, no sentido de conduzir o estudo pelo viés da Teoria da Complexidade. Os resultados obtidos evidenciaram a influência da evolução e ordenação urbana da cidade na formação de um clima diferenciado. No entanto, a abordagem complexa do estudo permitiu estabelecer conexões mais aprofundadas entre clima urbano, morfologia e a linha do tempo.

Palavras-chave: Sistema Complexo. Pensamento Complexo. Urbanismo. Clima Urbano. Maceió.

ABSTRACT

The urban form is built through time and at in of space into a dynamic system that involves politics, economics, the environment, culture and many other connections. The fragmented study of the city may have a connotation of analysis, at the which, by fractioning the whole, one there is understanding of the isolated parts. Many studies about the city have evidenced the close relationship between growth and urban climate changes. In this sense, the present work sought a differents perspective of approach of the city that trats with the investigation of the city of Maceió regarding the morphological and climatic transformations over time from althrough the otics of complex systems by having as focus in interrelationships between these transformations. The study is conducted by Edgar Morin's Complex Thinking approach and in Systemic Theory, and has assumed a nonlinearity characteristic, both in writing and in the methodological steps that developed as researchs has advanced. Subsequently, were opted by the definition of a route that the evidenced urban morphological significant transformations in the historical and current context of the city. This one, start in the upper part of the city, goes down to the Centro neighborhood, follow to lagoon plain and go to until the south coast of the city, does margin with the maritime fringe, the historic neighborhood of Jaraguá, advances until fringe of the neighborhoods of the Pajuçara, Ponta Verde, Jatiúca and finishes in the Cruz das Almas neighborhood, reaching the north coast. After the researching about historical city data querie in maps, photographs and the observation of the transformations In loco, data obtained by remote sensing, NDVI and surface temperature for the years 1990, 2006 and 2006 were also used. 2018, in addition to surface temperature data obtained at 51 points along the way, with the purpose of comparing the observed urban transformations with the data obtained in this space of time span of almost three decades. The view that the interrelationships between space, time and change of the urban climate are intense is what support the present research, in the sense of conducting the study through the bias of the Complexity Theory. The results obtained evidenced the influence the evolution and urban ordering of the city in the formation of a differentiated climate. However, the study's complex approach allowed for to establish connections more deepened between urban climate, morphology and the the timeline.

Keywords: Complex System. Complex thinking. Urbanism. Urban climate. Maceió.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de rede neural artificial.....	38
Figura 2	Os 4 primeiros níveis da Ilha de Koch.....	42
Figura 3	Extensão relativa de uma linha fractal.....	44
Figura 4	Primeira representação da cidade da geometria pura.....	46
Figura 5	Plano de Mileto e Priene, respectivamente.....	47
Figura 6	Plano urbanístico de Brasília e de Chandigarh.....	48
Figura 7	Esquema da Teoria dos Lugares Centrais.....	49
Figura 8	Rede urbana (Brasil, 2007).....	51
Figura 9	Esquematização do Sistema Clima Urbano (SCU).....	55
Figura 10	Formas urbanas simplificadas.....	60
Figura 11	Zonas climáticas locais.....	62
Figura 12	Princípio da geral do mapa de tipologias de quadras urbanas.....	62
Figura 13	Tipologias urbanas e correspondente zona climática local.....	63
Figura 14	Área de construção entre Bangalore e Mysore (1972 e 1998, respectivamente).....	65
Figura 15	Distribuição da população urbana mundial.....	67
Figura 16	Gráfico população urbana e rural brasileira.....	68
Figura 17	Esquema comparativo entre cidades dispersas e cidades compactas.....	73
Figura 18	Vista aérea de Paris e Barcelona, respectivamente.....	75
Figura 19	Levittown, NY, EUA (década de 1950).....	77
Figura 20	Conjunto residencial Benedito Bentes (Maceió, 1986).....	78
Figura 21	Localização de Maceió no território brasileiro.....	84
Figura 22	Geomorfologia do município de Maceió.....	86
Figura 23	Classificação climática de Koppen.....	87
Figura 24	Gráfico da temperatura anual – Maceió (normais climatológicas 1981-2010).....	88
Figura 25	Gráfico da umidade relativa anual – Maceió (normais climatológicas 1981-2010).....	89
Figura 26	Frequência e velocidade por direção dos ventos para Maceió.....	89

Figura 27	Gráfico da precipitação anual – Maceió (normais climatológicas 1981-2010).....	90
Figura 28	Nebulosidade e probabilidade do tipo de céu para Maceió.....	91
Figura 29	Gráfico da insolação anual – Maceió (normais climatológicas 1981-2010).....	91
Figura 30	Gráfico da irradiação solar difusa e direta para Maceió.....	92
Figura 31	Mapa climático de Maceió.....	93
Figura 32	Capela N. S. dos Prazeres: início da ocupação de Maceió.....	95
Figura 33	Carta marinha de Maceió (1803).....	96
Figura 34	Maceió: plantas de Melo Póvoas (1820) e de Carlos Mornay (1841), respectivamente.....	97
Figura 35	Mancha da ocupação urbana de Maceió (1940).....	98
Figura 36	Eixos estruturantes de Maceió (início do século XX).....	99
Figura 37	Evolução urbana de Maceió até 1980.....	100
Figura 38	Hotel Luxor e Tribunal Regional do Trabalho (década de 1970 e 2019, respectivamente).....	101
Figura 39	Localização da Braskem entre a Laguna Mundaú e o Oceano Atlântico.....	102
Figura 40	Orla da praia no Pontal da Barra.....	102
Figura 41	Riacho Salgadinho.....	103
Figura 42	Divisão de Maceió por bairros (1980).....	104
Figura 43	Divisão de Maceió por bairros (2005).....	105
Figura 44	Divisão territorial de Maceió: zona urbana e zona rural.....	106
Figura 45	Densidade demográfica de Maceió por bairros.....	107
Figura 46	Mapa de áreas verdes de Maceió.....	107
Figura 47	Percurso.....	109
Figura 48	Vista do Mirante Santa Teresinha.....	110
Figura 49	Final da ladeira dos Martírios – vista do Centro.....	112
Figura 50	Início da Rua do Comércio – Centro.....	112
Figura 51	Rua do Livramento, vista do Edifício Breda – Centro.....	114
Figura 52	Praça Deodoro – Centro.....	114
Figura 53	Vista aérea do Centro – horizontalidade e verticalidade.....	115
Figura 54	Rua Cirilo de Castro.....	115

Figura 55	Vista aérea do bairro da Levada e Laguna Mundaú – densidade e horizontalidade.....	116
Figura 56	Assentamentos subnormais à beira da Laguna Mundaú	116
Figura 57	Rua Cabo Reis e Rua Prof. Teonilo Gama, respectivamente.....	117
Figura 58	Rua Cabo Reis – morfologia adensada.....	117
Figura 59	Final da Rua Teonilo Gama – Avenida Assis Chateaubriand.....	118
Figura 60	Proposta inicial do condomínio Via Costeira.....	118
Figura 61	Avenida Assis Chateaubriand e três torres do condomínio Via Costeira.....	119
Figura 62	Avenida Assis Chateaubriand.....	119
Figura 63	Sede abandonada do Tribunal de Contas da União.....	120
Figura 64	Conjunto Vila dos Pescadores.....	120
Figura 65	Antigos hotéis Luxor e Beira Mar (atualmente edifícios do TRT e novos edifícios de escritório), respectivamente.....	121
Figura 66	Primeiros edifícios residenciais de Maceió e Museu Théo Brandão, respectivamente.....	121
Figura 67	Porto de Jaraguá.....	122
Figura 68	Vista do centro de Maceió.....	122
Figura 69	Armazéns da Rua Sá e Albuquerque – Jaraguá.....	123
Figura 70	Rua Sá e Albuquerque – Jaraguá.....	124
Figura 71	Praça Dois Leões.....	124
Figura 72	Orla da Praia de Pajuçara.....	125
Figura 73	Edifícios verticais na Orla de Pajuçara.....	125
Figura 74	Calçadão arborizado da Orla da Praia de Pajuçara.....	126
Figura 75	Adensamento e verticalização no bairro de Ponta Verde.....	126
Figura 76	Orla do bairro de Ponta Verde.....	127
Figura 77	Área de abrangência da iluminação do farol de auxílio à navegação.....	128
Figura 78	Orla do bairro de Pajuçara desde o bairro de Ponta Verde.....	129
Figura 79	Verticalidade e horizontalidade em Pajuçara e Ponta da Terra....	129
Figura 80	Orla do bairro de Ponta Verde em direção ao bairro de Jatiúca...	130
Figura 81	Início da Avenida Júlio Marques Luz – verticalização.....	130

Figura 82	Avenida Dr. Júlio Marques Luz – vegetação pontual e rugosidade.....	131
Figura 83	Canteiro central da Avenida Dr. Antônio Gomes de Barros.....	132
Figura 84	Conjunto Castelo Branco – Jatiúca.....	132
Figura 85	Maceió Shopping – Jatiúca.....	133
Figura 86	Anúncio do loteamento Stella Maris na Gazeta de Alagoas (1980).....	134
Figura 87	Corredor Vera Arruda divide o loteamento Stella Maris.....	135
Figura 88	Falta de infraestrutura no início do Corredor Vera Arruda, loteamento Stella Maris – Jatiúca.....	135
Figura 89	Início do Corredor Vera Arruda, loteamento Stella Maris – Jatiúca.....	136
Figura 90	Parte central do Corredor Vera Arruda, loteamento Stella Maris – Jatiúca.....	136
Figura 91	Trecho mais antigo do Corredor Vera Arruda, loteamento Stella Maris – Jatiúca.....	137
Figura 92	Corredor Vera Arruda e Praia de Jatiúca.....	137
Figura 93	Orla da Praia de Jatiúca.....	138
Figura 94	Lagoa da Anta.....	138
Figura 95	Vista do bairro de Cruz das Almas e litoral norte de Maceió.....	139
Figura 96	Praça Ganga Zumba, no bairro de Cruz das Almas.....	139
Figura 97	Vista do bairro de Cruz das Almas.....	140
Figura 98	Vista aérea do início do bairro de Ponta Grossa (2002).....	142
Figura 99	Vista aérea do início do bairro de Ponta Grossa (2017).....	142
Figura 100	Vista aérea do início da Avenida Júlio Marques Luz (2002).....	143
Figura 101	Vista aérea do início da Avenida Júlio Marques Luz (2018).....	143
Figura 102	Vista aérea do loteamento Stella Maris (2002).....	144
Figura 103	Vista aérea do loteamento Stella Maris (2018).....	144
Figura 104	Vista aérea do bairro de Cruz das Almas (2002).....	145
Figura 105	Vista aérea do bairro de Cruz das Almas (2018).....	145
Figura 106	Linha do tempo com morfologia urbana do percurso.....	146
Figura 107	Geração de imagens em sensoriamento remoto.....	148
Figura 108	Localização da cidade de Maceió em composição RGB (1990)...	155

Figura 109	Localização da cidade de Maceió em composição RGB (2006)...	155
Figura 110	Localização da cidade de Maceió em composição RGB (2018)...	156
Figura 111	Fluxograma das etapas de processamento de dados para NDVI	157
Figura 112	Mapa do índice NDVI em Maceió (1990, 2006, 2018, respectivamente).....	164
Figura 112a	Área ampliada no percurso contendo os pontos de controle em Maceió-AL (1990).....	166
Figura 112b	Área ampliada no percurso contendo os pontos de controle em Maceió-AL (2006).....	167
Figura 112c	Área ampliada no percurso contendo os pontos de controle em Maceió-AL (2018).....	168
Figura 113	Mapa de temperatura de superfície em Maceió (1990, 2006, 2018, respectivamente).....	170
Figura 113a	Área ampliada do percurso contendo os pontos de controle em Maceió (1990).....	171
Figura 113b	Área ampliada do percurso contendo os pontos de controle em Maceió (2006).....	172
Figura 113c	Área ampliada do percurso contendo os pontos de controle em Maceió (2018).....	173
Figura 114	Mapas temáticos de uso e ocupação de Maceió (1990, 2006, 2018, respectivamente).....	175
Figura 114a	Mapa temático de uso e ocupação de Maceió, ampliado no centro urbano, elaborado a partir da imagem 5 TM (11/06/1990)	176
Figura 114b	Mapa temático de uso e ocupação de Maceió, ampliado no centro urbano, elaborado a partir da imagem 5 TM (26/08/2006).....	177
Figura 114c	Mapa temático de uso e ocupação de Maceió, ampliado no centro urbano, elaborado a partir da imagem 5 TM (23/05/2018).....	178
Figura 115	Gráfico comparativo de áreas de Maceió em km ² (1990, 2006, 2018, respectivamente).....	179
Figura 116	Termômetro infravermelho digital com mira à laser.....	181
Figura 117	Diversidade: materiais de superfícies e condições de insolação e sombreamento.....	182
Figura 118	Mapa com indicação dos pontos de medição.....	183

Figura 119	Mapa de classificação supervisionada com locação de pontos de medição.....	184
Figura 120	Gráfico de temperatura de superfície.....	185
Figura 121	Gráfico de temperatura de superfície dos materiais expostos ao Sol e à sombra.....	186
Figura 122	Ponto 28: Canteiro da Av. Sílvio Carlos Vianna.....	186
Figura 123	Diferença de temperatura entre materiais no Ponto 38.....	187
Figura 124	Ponto 38: Av. Dr. Antônio Gomes de Barros.....	187
Figura 125	Canteiro central da Avenida Dr. Antônio Gomes de Barros.....	188
Figura 126	Corredor Vera Arruda.....	189
Figura 127	Reunião de moradores no bairro do Dique Estrada.....	190
Figura 128	Praça Ganga Zumba.....	191

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Característica da aplicação de redes neurais.....	39
Quadro 2	Atributos bioclimatizantes da forma urbana.....	66
Quadro 3	Correlações entre densidade urbana, vantagens e problemas...	71
Quadro 4	Interpretações da dispersão urbana.....	79
Quadro 5	Imagens de satélite com menor incidência de nuvens entre 1988 e 2019.....	153
Quadro 6	Horário de passagem dos satélites no ponto 67, órbita 214.....	181
Quadro 7	Pontos de medição.....	183

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Categorias metodológicas de indicadores da morfologia urbana.....	64
Tabela 2	Normais climatológicas para o período de 1981-2010.....	87
Tabela 3	Descrição das bandas do Mapeador Temático (TM) do Landsat 5.....	157
Tabela 4	Dados estatísticos de NDVI (1990, 2006, 2018).....	169
Tabela 5	Dados estatísticos de temperatura de superfície (em Celsius) (1990, 2006, 2018).....	174
Tabela 6	Áreas em km ² das classes temáticas em Maceió (2000, 2006, 2018).....	179
Tabela 7	Tabulação cruzada de áreas de Maceió.....	179

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 ANTES DA CIDADE, A COMPLEXIDADE	24
2.1 O Pensamento Complexo	25
2.2 A Teoria Sistêmica	28
2.3 Complexidade e cidade: além de Edgar Morin	30
2.4 A Cidade como um Sistema Complexo	33
2.4.1 Redes neurais artificiais e o fluxo de interações	38
2.4.2 Fractais e os padrões espaciais	40
2.4.2.1 Cidades: geometria fractal, morfologia e complexidade	43
2.5 Perspectiva sistêmica sobre mudanças climáticas no ambiente urbano	51
3 MORFOLOGIA URBANA	58
3.1 Morfologia urbana: definições e metodologias de análise	58
3.2 Morfologia das cidades contemporâneas: densidade, compacidade e dispersão	66
3.2.1 Densidade urbana	70
3.2.2 Cidade compacta	74
3.2.3 Cidade dispersa	76
4 MACEIÓ COMPLEXA	82
4.1 O método	82
4.2 Morfologia natural	83
4.3 Perfil climático	86
4.3.1 Temperatura	88
4.3.2 Umidade relativa	88
4.3.3 Ventos.....	89
4.3.4 Precipitação	90
4.3.5 Nebulosidade	90
4.3.6 Insolação.....	91
4.3.7 Mapa climático	92
4.4 Expansão urbana: histórico e contemporaneidade	94
4.5 Densidade	105
4.6 O percurso	108

4.7 Transformações morfológicas e clima urbano	140
4.7.1 As transformações morfológicas do percurso.....	141
4.7.2 Sensoriamento remoto: conceitos básicos	147
4.7.2.1 Classificação supervisionada	149
4.7.2.2 Temperatura de superfície	150
4.7.2.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	151
4.7.3 Metodologia para o processamento digital de imagens	152
4.7.4 Área de estudo.....	154
4.7.5 Processamento digital de imagens.....	156
4.7.5.1 Processamento digital de imagens para o TM Landsat 5	157
4.7.5.2 Processamento das imagens para o OLI Landsat 8	159
4.7.6 Classificação supervisionada de imagens	161
4.8 Resultados	162
4.8.1 Mapas de NDVI (1990, 2006 e 2018)	162
4.8.1.1 Dados estatísticos	169
4.8.2 Mapas de temperatura da superfície	169
4.8.2.1 Dados estatísticos	174
4.8.3 Mapas de classificação supervisionada	174
4.8.4 Medições ao longo do percurso	180
5 CONCLUSÃO	192
REFERÊNCIAS	198

1

Quanto a mim, não posso,
dadas as tendências variadas do meu espírito,
contentar-me com uma única maneira de pensar.
(GOETHE *apud* BERTRAM, 1988)

INTRODUÇÃO

A cidade surge na medida em que o homem deixa de ser nômade. Segundo Benevolo (2003), a Arqueologia relata que, por milhares de anos, o homem coletou alimentos e procurou abrigo no ambiente natural e hostil, sem modificá-lo substancialmente. Há cerca de 10.000 anos, época neolítica, o planeta passou pela última transformação profunda do ambiente natural: a fusão das geleiras. Nesse período, os habitantes passaram a cultivar e produzir seu próprio alimento, criar animais e estabelecer moradia, fazendo surgir as primeiras aldeias.

Há cerca de 5.000 anos, era possível produzir alimentos para um longo período; há produção excedente, que pode manter aquele que não produz, mas que pode prestar serviços, como: artesãos, mercadores e sacerdotes. O excedente transforma a aldeia em cidade e surgem dois grupos sociais contrastantes: dominantes e subalternos. Ambas as classes dependem e mantêm umas às outras. A sociedade se torna capaz de evoluir e projetar sua evolução (BENEVOLO, 2003).

Sendo assim, a cidade surge da necessidade dos assentamentos permanentes; do desenvolvimento da agricultura; da abertura de canais de irrigação e drenagem; da descoberta do uso do metal para produção de armas e ferramentas; do incremento do comércio; da necessidade de um centro administrativo, da divisão do trabalho e, conseqüentemente, da criação de leis; do transporte de mercadorias e deslocamento entre regiões em busca de produtos estrangeiros. A cidade já nasceu complexa.

As primeiras configurações de cidade surgiram no Oriente Próximo: Mesopotâmia, Egito, Índia, China. Até as cidades contemporâneas, como conhecemos hoje, muitos núcleos urbanos se desenvolveram: cidades da Grécia,

Roma, cidades europeias na Idade Média, cidades colonizadas pelos europeus ao redor do mundo, as cidades pós-Revolução Industrial e a cidade moderna.

No Brasil, como em boa parte do mundo colonizado pelo europeus, as cidades surgiram no litoral. A colonização portuguesa deu início ao surgimento das primeiras cidades brasileiras, estas têm sua origem no modelo adaptado da cidade europeia portuguesa. Como bem argumenta Santos (2005, p. 17) sobre o início das cidades brasileiras: “No começo, a ‘cidade’ era bem mais uma emanção do poder longínquo, uma vontade de marcar presença num país distante.”

De modo geral, é a partir do século XVIII que a urbanização se desenvolve no Brasil, mas apenas no século XIX atingiu a maturidade, e foi preciso mais um século para adquirir as características com as quais a conhecemos hoje (SANTOS, 2005).

A intensificação do crescimento urbano nas cidades brasileiras aconteceu no século XX, quando a população aumentou, consideravelmente, devido à acentuada migração do campo para a cidade. Este fato trouxe a necessidade de novas moradias e, conseqüentemente, mais equipamentos urbanos, vias, transporte público; sendo estes novos aspectos responsáveis pelas alterações da forma urbana até os dias atuais.

Neste contexto, Medeiros (2006) afirma que a cidade é um elemento físico, objeto concreto por excelência. É tátil: pedra, tijolo, aço – como o são as pessoas e os edifícios. É feição, rascunho e desenho. Ponto, reta e plano: geometria. É articulação, conexão, integração, dinamismo – topologia. Tal afirmação corrobora para a necessidade de olhar a cidade como um todo de partes que se interligam e se complementam, como um sistema complexo.

É importante enfatizar, ainda, que a forma urbana é construída através do tempo e do espaço em um sistema dinâmico que envolve política, economia, meio ambiente, cultura e tantas outras relações indissociáveis. Desse modo, o estudo fragmentado da cidade pode ter uma conotação de análise, onde ao fracionar a cidade tem-se um entendimento de partes isoladas e não da complexidade do todo.

Uma questão importante nos estudos sobre a cidade, ao longo do tempo e ao redor do mundo, é o fato inequívoco de sempre se evidenciar a relação entre crescimento e alterações climáticas urbanas. O surgimento de uma condição climática diferenciada nas cidades em relação ao seu entorno é definido como clima urbano. Condição esta, que desde o século XIX, é investigada por Luke Howard. No primeiro

livro sobre climatologia urbana, *Climate of London*, de 1818¹, Howard descreve estudos durante 25 anos de observação da cidade, onde afirmou que o clima de Londres era distinto do seu entorno rural.

Bem antes do século XIX, assentamentos humanos primitivos já demonstravam que sua implantação observava as condições naturais de insolação, ventilação e características gerais do clima. O traçado das ruas poderia proteger dos ventos no inverno, ou promover sombreamento nos climas quentes, permitindo tirar partido da forma da cidade para garantir um melhor aproveitamento das características climáticas naturais para o conforto dos usuários.

Atualmente, cada vez mais se têm intensificado as pesquisas dedicadas à climatologia urbana, assim como novas tecnologias têm permitido estudos mais abrangentes e precisos. A difusão do sensoriamento remoto, o surgimento de *softwares*, que possibilitam criar cenários futuros e executar simulações cada vez mais confiáveis, oferece a possibilidade de planejar uma cidade mais confortável e mais adaptada às condições naturais; ou pelo menos deveria.

Uma constatação pouco animadora sobre a climatologia urbana é a frequente identificação de problemas e poucas soluções na prática, pelo menos na maioria das cidades brasileiras. Particularmente, em Maceió, parece haver um descompasso entre os pesquisadores e os gestores planejadores, de modo que muitas decisões que poderão afetar o futuro da cidade não passam pela esfera do conforto ambiental. Talvez seja preciso buscar outras formas de compreensão da cidade e do fenômeno urbano, buscando interconexões e diálogo interdisciplinar.

Surgem então, inicialmente, duas questões a respeito de Maceió que são o ponto de partida para o presente estudo: que influência tem as mudanças climáticas na evolução e ordenação urbana de Maceió? Ou, que influência tem a evolução e ordenação urbana nas mudanças climáticas em Maceió? Outros questionamentos reforçam o caráter complexo do estudo: é possível ordenar uma cidade de modo a torná-la mais confortável? Que outras conexões fazem parte da relação clima e

¹ A primeira edição do livro *Climate of London* foi publicada em dois volumes, sendo o primeiro deles em 1818. A segunda edição, ampliada, foi publicada em 1833 e compreendia três volumes. O primeiro volume é particularmente significativo, pois contém descrições e análises de Howard de elementos meteorológicos que compõem o clima. No entanto, a maior riqueza de dados está na segunda edição. Esta última contém dados coletados por ele na cidade de Londres e no entorno durante um período de 25 anos: de 1806 a 1830.

cidade? É possível reverter processos estabelecidos? É possível responder tais questões? Como?

Desse modo, faz-se necessário refletir sobre o estudo da cidade e se libertar da perspectiva evolucionista linear, do pensamento racionalista que há tempos não responde questões complexas. Como defende Limena (2001), é essencial recuperar a dimensão antropológica do espaço; perceber os atributos ligados à historicidade; chamar a atenção para a paisagem urbana como conjunto, como contexto formado por elementos múltiplos com a possibilidade de leituras menos fragmentárias.

Ao buscar uma nova perspectiva de abordagem da cidade, no sentido de ter um novo olhar pesquisador, é interessante recorrer a Foucault (1971, p. 17):

É preciso abandonar essas sínteses já feitas, esses agrupamentos que se admitem antes de qualquer exame, esses laços cuja validade é admitida ao início do jogo; destruir as formas e as forças obscuras pelas quais temos o hábito de ligar entre si os pensamentos dos homens e seus discursos; aceitar que só se trata, em primeira instância, de um conjunto de acontecimentos dispersos.

Vale observar, portanto, que a essência da observação de Luke Howard continua sendo a mesma neste estudo: a cidade e sua relação com o clima. Contudo, é importante que ambos os lados, pesquisadores e planejadores, enxerguem esta relação como um sistema complexo e dinâmico, com sua estrutura física e suas conexões.

Sendo assim, esta tese tem como objetivo principal investigar a cidade de Maceió quanto às relações entre suas transformações morfológicas e climáticas ao longo do tempo, pela ótica dos sistemas complexos.

O estudo é conduzido pela abordagem do Pensamento Complexo e advém de uma inquietação recorrente nos estudos sobre fenômenos urbanos, que têm buscado na Teoria da Complexidade respostas para as transformações morfológicas, ambientais, culturais e sociais que as cidades vêm passando. Fato que reforça a premissa de que a compreensão da cidade não pode ser advinda de estudos isolados e descontextualizados.

Assim, este trabalho parte da hipótese que o estudo da cidade como um sistema complexo reflete a própria natureza da cidade, sendo as transformações morfológicas e climáticas urbanas temas inter-relacionados, que levam à reflexão transdisciplinar para quem constrói, estuda e vive a cidade.

A tese é embasada no Pensamento Complexo e na Teoria dos Sistemas, e optou-se pelo método de estudo dialético², sendo este “o caminho que melhor permite a compreensão de uma realidade dinâmica” (CASTANHO, 1996, p. 15). Portanto, nessa abordagem o conhecimento não é neutro, o pesquisador está inserido no contexto como sujeito. O pesquisador quer não apenas conhecer a realidade, mas contribuir para sua transformação, enquanto sujeito pensante (ZEN; SGARBI, 2018). Desse modo, a tese assumiu uma característica de não linearidade, tanto na escrita quanto na metodologia, que se desenvolveu na medida em que as pesquisas, bibliográficas e de campo, avançaram.

Contudo, inicialmente, houve a necessidade de definir etapas metodológicas a serem cumpridas e estas foram definidas da seguinte forma: estudo a respeito do Pensamento Complexo; investigação sobre metodologias de análise da forma urbana; pesquisa histórica e morfológica acerca de Maceió; coleta de dados climáticos; discussão a respeito da relação entre transformações morfológicas e climáticas.

Desse modo, a metodologia ocorreu em paralelo ao desenvolvimento da tese e foi consolidada na etapa final, onde a definição de um percurso, e não de um recorte espacial, reflete a complexidade das conexões estudadas.

Em seguida, a ordem dos conteúdos gerou cinco seções, incluindo esta introdução. Na **Seção 2 – Antes da cidade, a complexidade**, a investigação buscou a compreensão acerca do Pensamento Complexo, da Teoria Sistêmica e da relação dos sistemas complexos com as transformações morfológicas das cidades e mudanças climáticas.

Em seguida, a **Seção 3 – Morfologia urbana** aborda o estudo da morfologia urbana e este trouxe definições, metodologias de análise e o entendimento de conceitos como densidade, compacidade e dispersão, que ampliaram o arcabouço teórico-metodológico.

Posteriormente, na **Seção 4 – Maceió complexa**, o objeto de estudo – Maceió, foi investigado quanto às características climáticas e morfológicas, história, evolução e ordenamento urbano, a fim de definir mais precisamente a metodologia de estudo pela ótica da cidade como um sistema complexo. Nesta mesma seção, finalmente, é

² O método dialético, tal como proposto por Hegel e Marx, é justamente uma tentativa de pensar o mundo integrando as diferentes esferas contraditórias do real. Pressupõe-se que pensar dialeticamente seja pensar por contradições e que ao separar as diferentes esferas da realidade tem-se um empobrecimento da percepção do real por perder-se a totalidade (ZAGO, 2013, p. 111).

delineado o método de abordagem da tese, onde investiga, relaciona e discute dados anteriormente coletados. Neste sentido, optou-se pela definição de um percurso, e não de um recorte, que evidenciasse transformações morfológicas urbanas significativas no contexto histórico e atual da cidade. A definição do percurso foi inspirada na atitude de um *flanêur*³, e este inicia na parte alta da cidade, no Mirante Santa Terezinha, localizado no bairro do Farol, desce até o centro da cidade, segue para a Laguna Mundaú, chega até o litoral sul da cidade margeando a orla marítima, até o bairro de Cruz das Almas, sendo este o primeiro bairro do chamado litoral norte da cidade, atualmente uma área de grande especulação imobiliária. Ainda nesta seção, foram estudados dados obtidos através de sensoriamento remoto e dados físicos coletados ao longo do percurso, gerando mapas de Classificação Supervisionada, NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)⁴ e temperatura de superfície para os anos de 1990, 2006 e 2018. Foram aferidos, também, valores de temperatura de superfície em 51 pontos do percurso. Além de pesquisas no amplo arcabouço teórico da climatologia urbana desenvolvida ao longo de décadas em Maceió.

Por fim, o propósito do estudo perpassa pela discussão a respeito das inter-relações entre a morfologia urbana, o clima urbano e a linha do tempo. A visão de que estas inter-relações estão ligadas aos aspectos naturais, às decisões políticas e às atividades socioeconômicas, é o que ampara a pesquisa no sentido de confirmar o estudo espaço-temporal pelo viés da Teoria da Complexidade.

³ Em tradução livre, *flanêur*, adjetivo derivado do verbo francês *flâner*, significa passear no sentido de passar o tempo. O *flanêur* era uma figura típica do cenário urbano da Paris do século XIX. Carregava vários significados: o errante, o malandro, o explorador urbano, o conhecedor da rua. Walter Benjamin, baseado na poesia de Charles Baudelaire, fez dessa figura um objeto de interesse acadêmico no século XX. Segundo Benjamin, o *flanêur* tornou-se um símbolo importante para estudiosos, artistas e escritores. De acordo com Passos *et al.* (2003), a curiosa figura do *flanêur* é um observador da vida urbana que ao vagar pela cidade, apreende cada detalhe, não existe sem a multidão, mas não se confunde com ela.

⁴ Índice de Vegetação da Diferença Normalizada.

2

Complexidade é o desafio e não a resposta.
(MORIN, 2005)

ANTES DA CIDADE, A COMPLEXIDADE

A presente seção versa sobre a compreensão do Pensamento Complexo abordado, essencialmente, por Edgar Morin⁵. Pensamento que ampara esta tese, e a conduz até a visão da cidade como um sistema complexo. Para tal estudo, foi necessário refletir e discutir, também, sobre Teoria Sistêmica e os sistemas complexos, assim como a complexidade em relação ao estudo da cidade.

Como afirma Brandão (2014), a complexidade contraposta à simplificação e à certeza cartesiana é pauta desde meados do século XX até hoje. No entanto, a escolha pelo trabalho de Edgar Morin como eixo norteador desta tese, deve-se ao fato de que o autor destaca-se com pressupostos de caráter transdisciplinar, definindo métodos e critérios mais amplos com os quais ele acredita que se deve trabalhar, sendo referência constante em discussões, livros e teses que tratam do tema.

É importante também discutir a complexidade, ampliando o olhar para outras perspectivas teóricas. Brandão (2014) elenca outros autores que já abordaram o tema da complexidade relacionado à cidade e que em algum ou vários pontos concordam com Morin, como: Jacobs (1992), Choay (1998), Venturi (2004), Santos (2008), Le Moigne (2010), Sanssen (2010), Koolhas (2011). Estes serão discutidos mais adiante.

⁵ Edgar Morin é o pseudônimo de Edgar Nahoum, um dos mais proeminentes autores que discorrem sobre a complexidade. Formado em Direito, História e Geografia, realizou estudos em Filosofia, Sociologia e Epistemologia. É pesquisador emérito do Centre National de La Recherche Scientifique (CNRS). Autor de mais de 30 livros, entre suas várias obras, é destaque neste trabalho, *Introdução ao Pensamento Complexo*.

2.1 O Pensamento Complexo

Morin (2012) afirma que o Pensamento Complexo é aquele que religa o que foi artificialmente separado. O autor refere-se ao axioma latino *sparsa colligo*, que quer dizer “religo o que está disperso” para explicar um fundamento do Pensamento Complexo. Religar o que está disperso está no sentido metafórico do que na verdade nunca foi separado, mas apenas visto como separado (BRANDÃO, 2014).

Outra definição do Pensamento Complexo é que este trata com a incerteza e é capaz de conceber a organização e reunir (*complexus*: aquilo que é tecido conjuntamente), de contextualizar, de globalizar, mas, ao mesmo tempo, capaz de reconhecer o singular, o individual, o concreto (MORIN; LE MOIGNE, 2000).

Sendo assim, o Pensamento Complexo é uma maneira de pensar o mundo através da visão do todo e sua relação entre as partes. É ir além do pensamento cartesiano, que fragmenta o conhecimento e pode levar a análises descontextualizadas.

A ideia do Pensamento Complexo emerge da necessidade de uma mudança de paradigma, no sentido de transgredir de um pensamento fragmentado, baseado na ideia de um mundo mecanicista e de certezas absolutas para um olhar mais interessado em desafios, conexões, indagações, do que apenas em respostas.

Inicialmente, em seu livro *Introdução ao Pensamento Complexo* (2005), Edgar Morin adverte sobre a necessidade de dissipar duas ilusões: acreditar que a complexidade conduz à eliminação da simplicidade; e confundir os conceitos de complexidade e de completude. A complexidade surge onde o pensamento simplificador falha, mas integra em si tudo que põe ordem, clareza e distinção do conhecimento, ou seja, aproxima do real. Enquanto a simplicidade de pensamento desintegra a complexidade do real. Por outro lado, a complexidade aspira ao conhecimento multidimensional, mas reconhece que o conhecimento completo é impossível.

O Pensamento Complexo também é animado por uma tensão permanente entre a aspiração a um saber não fragmentado, não compartimentado, não redutor, e o reconhecimento do inacabado e da incompletude de qualquer conhecimento. Esta tensão animou toda a minha vida (MORIN, 2005, p. 7).

Morin (2005) discute, também, o que chama de *inteligência cega*. Ele define o termo como uma tendência recorrente que os pesquisadores têm de ambicionar que as pesquisas sejam exatas, simétricas e conclusivas. Afirma que é preciso uma tomada de consciência radical, com a finalidade de entender a complexidade e extinguir a inteligência cega, decorrência da separação, redução e abstração, presentes no pensamento até o século XX, e que ressoam até hoje.

A inteligência cega paralisa e não possibilita que ciências como Física, Biologia e Antropologia possam dialogar, trocar informações e favorecer o avanço do conhecimento profundo. Para Morin (2005), o propósito é sensibilizar para as enormes lacunas do pensamento, e compreender que um pensamento mutilador conduz, necessariamente, a ações mutiladoras.

O autor discute, ainda, a Teoria dos Sistemas, o Sistema Aberto e o Fechado, bases para a complexidade, além da relação entre equilíbrio e desequilíbrio, que tem como principal função a manutenção do sistema. O Sistema Aberto é a possibilidade de troca constante com o exterior, se equilibrando em um eterno desequilíbrio. Em oposição, conceber um objeto ou entidade como Sistema Fechado tem uma visão de mundo classificadora, analítica, reducionista, numa casualidade unilinear (MORIN, 2005).

Outro ponto do Pensamento Complexo é sobre a importância de que a pesquisa possa se utilizar de teoria, metodologia, epistemologia, sendo abertas para trocas e manter-se coerentes. Este conceito é chamado *Scienza Nuova*⁶ e deverá sempre estar incorporado à unidade, diversidade, rupturas, assim como ao acaso, o individual, o acidente, enfim, todos os componentes presentes no universo, mas excluídos pela ciência clássica.

Uma questão central para o entendimento e apropriação do Pensamento Complexo é a desmistificação. A complexidade não está apenas na ciência, mas na vida cotidiana. O paradigma da simplicidade é conhecer para entender a complexidade. A ordem e a desordem convivem. Há uma necessidade dos fenômenos desordenados para a manutenção da ordem.

⁶ *Scienza Nuova* é a principal obra do filósofo italiano Giambattista Vico, publicado na primeira edição, em 1725, em uma edição revisada, em 1730, e com modificações posteriores, em 1744. Vico mostra a sua concepção de uma ciência propriamente humana na base da certeza de que existe a possibilidade de assumir o "fato", isto é, o que é feito ou produzido, como "verdadeiro", em controvérsia com o racionalismo científico e metafísico cartesiano. A *scienza nuova* não exclui a ciência clássica com seus princípios de ordem, separabilidade e lógica, vai além destes.

Para reforçar o entendimento da complexidade do cotidiano, do real, o autor enxerga a necessidade de definir macro-conceitos destacando que “nas coisas mais importantes, os conceitos não se definem pelas suas fronteiras, mas a partir de seu núcleo” (MORIN, 2005, p. 72). Os três princípios do macro-conceitos são: Princípio Dialógico, que garante a sobrevivência e ao mesmo tempo a reprodução para a continuidade da espécie; Princípio de Recursão Organizacional, no qual o Sistema Aberto permite que produtor e produto sejam um só; Princípio Holográfico, no qual a mais infinitesimal parte contém todos os elementos do todo. Conclui que a complexidade não afasta a clareza, a ordem e o determinismo, mas considera que os mesmos são insuficientes na pesquisa do universo.

Para um melhor entendimento, Morin (2005, p. 85) faz uma analogia entre a complexidade e a tapeçaria:

Ela comporta fios de linho, de seda, de algodão e de lã de várias cores. Para conhecer esta tapeçaria seria interessante conhecer as leis e os princípios relativos a cada um desses tipos de fio. Entretanto, a soma dos conhecimentos sobre cada um desses tipos de fio componentes da tapeçaria é insuficiente para se conhecer esta nova realidade que é o tecido, isto é, as qualidades e propriedades próprias desta textura, como, além disso, é incapaz de nos ajudar a conhecer sua forma e sua configuração.

Dentre tantos conceitos, reflexões e analogias, Morin (2005) apresenta algumas etapas para a compreensão da complexidade: o todo é mais que a soma das partes, pois existe a interação com o contexto e a reação desta interação; o todo é menor que a soma das partes, isto se dá quando cada uma das partes não consegue atuar em seu pleno potencial, e a conclusão de que o todo pode ser mais ou menos a soma das partes dentro da organização e papéis que se apresentam. A bem da verdade, a relação entre o todo e as partes é indissociável. Mas, muito mutável quanto aos objetos ou as relações.

Ainda sobre o todo e as partes, na discussão sobre a *Epistemologia da Complexidade*, conclui-se, dentre outras questões, que a aspiração à totalidade é uma busca intensa da verdade, e o entendimento da impossibilidade da totalidade já é uma verdade muito importante, pois “a totalidade é simultaneamente verdade e não verdade” (MORIN, 2005, p. 97).

Por outro lado, é conveniente ressaltar que o Pensamento Complexo não é o oposto ao pensamento simplificado, mas o incorpora. O paradigma da complexidade pode ser descrito de modo tão simples quanto o da simplicidade, enquanto o último

impõe separar e reduzir, o da complexidade preconiza reunir, ainda que se possa distinguir. São complementares, concorrentes e antagônicos. Pensamento Complexo é essencialmente o pensamento que incorpora a incerteza e é capaz de conceber a organização.

Morin faz uma reflexão a respeito da razão, dos recomeços da sociedade, da interconexão e intercomunicação das sociedades e das culturas, da era da barbárie das ideias, do não esgotamento da história e da ciência e dos fenômenos sociais diversos, sobre isso, afirma: “devemos compreender esses fenômenos e não nos espantarmos com eles” (MORIN, 2005, p. 120).

Por fim, sobre o desenvolvimento da ciência, o autor afirma que esta se baseia, ao mesmo tempo, em consenso e conflito, e em quatro aspectos dependentes e interdependentes: a racionalidade, o empirismo, a imaginação e a verificação e conclui dizendo: “tudo isso para dizer que o cerne da complexidade é a impossibilidade de homogeneizar e de reduzir, é a questão do *unitas multiplex*⁷” (MORIN, 2005, p. 107). Assim, o pesquisador precisa se distanciar do mundo exterior e de seu próprio conhecimento, enxergar a Complexidade na relação entre o simples e o complexo, dado seu caráter antagônico e complementar.

“O que o Pensamento Complexo pode fazer é dar, a cada um, um memento, um lembrete avisando: ‘Não esqueça que a realidade é mutante, não esqueça que o novo pode surgir e, de todo modo, vai surgir’ ” (MORIN, 2005, p. 76).

2.2 A Teoria Sistêmica

O Pensamento Complexo, estudado anteriormente, vislumbra um caminho a ser trilhado, que na verdade iniciou há muito tempo. Edgar Morin organiza o pensamento a respeito da complexidade e discorre suas ideias apoiado nas relações entre o todo e as partes, conexões, rupturas, definições que já faziam parte do arcabouço teórico do Pensamento Sistêmico.

Antes de chegar à Teoria Sistêmica, o Pensamento Sistêmico ganhou notoriedade ainda na primeira metade do século XX, entre as décadas de 1930 e 1940. No entanto, o processo de transição do pensamento mecanicista para o

⁷ *Unitas Multiplex*: Uno e Múltiplo. Remete à complexidade, implica diversidade, conexões, cruzamentos, diferenças e transdisciplinaridade.

sistêmico já estava ocorrendo de forma não linear, há muitos séculos, em diversas áreas do conhecimento.

Foi apenas nos séculos XVI e XVII, devido à Revolução Científica proporcionada pelas descobertas da Física, Astronomia e Matemática, que a visão medieval cedeu lugar ao entendimento de que o mundo seria como uma máquina, regido por leis matemáticas exatas. O método analítico, um dos símbolos dessa Revolução, foi criado por Descartes e consistia no pressuposto de que, quebrando os fenômenos complexos em partes, se poderia compreender o comportamento do todo a partir das propriedades das partes (GOMES *et al.*, 2014).

No século XX, surge a Teoria Organísmica⁸ oposta ao Mecanicismo e foi uma forte influência na formulação do Pensamento Sistêmico. Na mesma época surge a Ecologia, que emerge da Escola Organísmica da Biologia, e que estuda as comunidades de organismos com o foco nas relações que os interligam.

O surgimento da Física Quântica, em 1920, contrariaria o Pensamento Newtoniano da Física Clássica, que defendia que todos os fenômenos físicos poderiam ser reduzidos às propriedades de partículas materiais rígidas e sólidas. Já a Física Quântica demonstra que os objetos materiais sólidos se dissolvem no nível subatômico e as partículas subatômicas são interconexões que não se podem decompor em unidades elementares que existem de forma independente: estas só podem ser entendidas nas inter-relações. Sendo assim, é o todo que determina o comportamento das partes (GOMES *et al.*, 2014).

Na mesma década de 1920, na Alemanha, surge a Psicologia da Gestalt. Max Wertheimer e Wolfgang Köhler reconhecem a existência de totalidades irreduzíveis como aspecto-chave da percepção, afirmando que totalidades exibem qualidades que estão ausentes em suas partes. Momento em que o filósofo Christian Von Ehrenfels afirma, também, que o todo é maior do que a soma das partes, princípio da Teoria Sistêmica.

A Teoria Geral dos Sistemas⁹ é formulada, em 1940, pelo biólogo austríaco Ludwig Von Bertalanffy. Uma teoria interdisciplinar que propõe princípios e modelos

⁸ A Teoria Organísmica foi criada pelo neurofisiologista Kurt Goldstein como modelo de referência teórica para a Gestalt Terapia, sendo esta, uma abordagem psicoterapêutica fundada por Fritz e Laura Perls, na década de 1940. Possui uma vasta bagagem teórica fundamentada na fenomenologia, no existencialismo dialógico, no Holismo e na Teoria de Campo (YONTEF, 1998).

⁹ A Teoria Geral dos Sistemas também é conhecida por Teoria Sistêmica. Contudo, elas são diferentes, visto que a Teoria Geral dos Sistemas é mais ampla e abarca todas as áreas do conhecimento (Física, Química, entre outras). Já a Teoria Sistêmica está mais voltada para a área da Psicologia. Para fins

gerais para todas as ciências, de maneira que as descobertas podem ser compartilhadas e utilizadas por diversos campos do conhecimento. A partir da Teoria Geral dos Sistemas estes diversos campos começaram a abordar seus estudos como sistemas.

Vasconcellos (2010) afirma que Bertalanffy conceituou sistema como um complexo de elementos em estado de interação ou relação entre os componentes, que os tornam elementos mutuamente interdependentes e caracterizam o sistema, diferenciando-o do aglomerado de partes independentes.

Medeiros (2006) fala dessas novas concepções como resultado da transição pós-moderna. Tais concepções e teorias se afastaram de um entendimento de mundo mecanicista, filiado às descobertas de Descartes e Newton, e à imagem da Revolução Industrial. Assim, remetem a uma visão holística, ecológica, sustentável e sistêmica.

O entendimento holístico da realidade, ao longo do século XX, passou a ser conhecido como sistêmico, implicando o entendimento do sistema como um conjunto de partes que se relacionam, e deste relacionamento resultam clarezas sobre a realidade (MEDEIROS, 2006).

Batty e Longley (1994) expuseram a inquietação a respeito da complexidade e diversidade dos Sistemas, por tratarem o universo simultaneamente em muitos níveis, reforçando a tendência do estudo das cidades enquanto sistemas complexos.

O estudo e reflexão sobre Pensamento Complexo, Teoria Sistêmica e outros conceitos relacionados pretendem construir arcabouço teórico que possa amparar o estudo da cidade com um olhar menos fragmentado. Considerar a cidade como um sistema complexo reforça a ideia da cidade como organismo vivo que transforma, é transformada, cresce, evolui, regride, vive.

2.3 Complexidade e cidade: além de Edgar Morin

A complexidade como proposta de um novo paradigma para o desenvolvimento do conhecimento na contemporaneidade permeia diversas disciplinas como Filosofia, Epistemologia, Biologia, Matemática, Pedagogia, Meteorologia, Sociologia, Economia, Psicologia, Ciências da Computação, e tantas outras. No campo da

práticos, elas são utilizadas como sinônimos, o que não se mostra errôneo, mas faz-se essa ressalva para fins didáticos e de esclarecimento (COSTA, 2010).

Arquitetura e do Urbanismo, a complexidade também conduz estudos cada vez mais significativos para reflexões a respeito da dinâmica urbana, e decisões de planejamento em cidades cada vez mais complexas.

Brandão (2014) em sua tese *O urbanismo e a complexidade moriniana: um exercício epistemológico*, afirma que a bibliografia de Morin analisa, tanto as transformações científicas como o pensamento sobre este conhecimento na evolução humana nos dois últimos séculos. Aponta os traços positivos e negativos do conhecimento e utiliza-se do pensamento científico para estabelecer a base dos seus conceitos.

A autora analisa, também, os conceitos da complexidade urbanística, a partir de algumas das transversalidades de conceitos que, de alguma forma, estariam presentes no Pensamento Complexo moriniano, como discutiremos a seguir.

Jacobs (1992) avalia que nos anos de 1960 já havia o indicativo que as cidades são um problema de complexidade organizada; apresentam uma série de situações variadas, cujos problemas ou segmentos são inter-relacionados. A evolução das cidades apresenta um processo complexo de crescimento em várias dimensões.

Venturi (2004) afirma que uma arquitetura de complexidade e contradição tem uma obrigação especial em relação ao todo: sua verdade deve estar na sua totalidade ou em suas implicações de totalidade. Além disso, Venturi pontua, também, a possível característica autoritária da ordem e a percepção da incerteza e da incompletude, quando nos aponta a cidade sempre em movimento.

O trabalho de Secchi (2006) apresenta convergências com o pensamento de Morin, no sentido que reconhece a imprevisibilidade, acredita no trabalho cada vez mais partilhado, não admite ter uma única solução e sim trabalhar com alternativas. Parte da desordem para a organização, para que a ordem se estabeleça. Pondera que “a cidade contemporânea está repleta de políticas muitas vezes contraditórias entre si, de dispositivos, frequentemente obsoletos e de fatos desprovidos de projeto” (SECCHI, 2006, p. 144).

Santos (2008) apresenta características urbanas a serem trabalhadas pela complexidade, a partir de uma perspectiva da inserção de cidades periféricas no processo de mundialização.

Santos (2008) e Secchi (2006) definem as características da cidade global, ligadas às possibilidades de um saber transnacional, e ele sinaliza que é nestes

espaços que, a parte mais fraca dos habitantes, ainda tem a possibilidade de fazer política ou de fazer história, considerando as contradições e contraposições geradas.

Sassen (2010) realiza um estudo sobre as cidades globais, Nova York, Londres e Tóquio, que pode destacar perspectivas de uma análise das cidades que reproduzem seus modelos a partir dos fluxos estabelecidos pelo processo globalizado, tema presente na obra de Edgar Morin (BRANDÃO, 2014). O trabalho de Sassen alinha-se à complexidade de Morin pela constatação de características contemporâneas que diferem dos valores estabelecidos pela modernidade para a organização das cidades.

Morin (2011) associa a complexidade não só à incerteza, mas à imprevisibilidade, à incapacidade de estabelecer uma ordem absoluta e de evitar contradições, assim como na evolução das cidades, do mesmo modo que Le Moigne (2010) lembra que a imprevisibilidade essencial ou incerteza é a característica mais geral que associamos à complexidade.

Segundo Somol (2013, p. 90), a contribuição de Rem Koolhaas está na sua visão da Arquitetura como “uma disciplina estabelecida por rupturas, e não por continuidades”. Essa ruptura, para ele, se estabelece pela dimensão da metrópole, sua urbanização e globalização. De sua abordagem surge a concepção de uma realidade complexa da cidade contemporânea, ligada aos pressupostos da globalização, que modificam a inserção da arquitetura no urbano e que determinam tendências futuras da Arquitetura e do Urbanismo. A aproximação de Koolhaas com a Teoria da Complexidade está entre as rupturas que estabelece com a Arquitetura Modernista e seus pressupostos de complexidade.

Diversos trabalhos, que tratam da ligação entre urbanismo e a complexidade de Morin, foram discutidos por Brandão (2014), e estes podem se constituir numa alternativa nestes tempos de contemporaneidade complexa. Porém, esta tarefa precisa ser coletiva, ou seja, reunir disciplinas e atores que possam continuar este caminho, de forma a encontrar as ligações conjuntas e pertinência dos princípios estabelecidos por Morin, para fazer face às complexidades urbanísticas atuais. “não se trata apenas de nos interrogarmos sobre nossos conhecimentos, precisamos nos interrogar sobre nosso entendimento” (MORIN, 2008, p. 64).

O processo de Secchi, os editos de Choay e a nova transdisciplinaridade de Morin convergem, de uma forma geral, para as mesmas questões, ou seja, partem da dúvida ou da informação como ponto de partida, requerem a participação integrada dos vários atores; e, para a conclusão dos trabalhos, necessitam da interação entre as partes, estabelecendo a possibilidade de reabertura do processo (BRANDÃO, 2014, p. 107).

Secchi (2006) ressalta que as cidades são distintas. Desta forma, a pretensão de estudar a cidade, trabalha com três diferentes aspectos: incompletude, complexidade e a possibilidade de transformação, tendo em mente suas variações no espaço e no tempo. Do mesmo modo, Attali (2011) entende que a cidade deixou de ser o objeto ou o fim; se transformou na condição, no dado inicial, quer dizer, o meio a partir do qual se forma a ação urbana.

Finalmente, Morin afirma que a nossa necessidade histórica é encontrar um método capaz de detectar as ligações, as articulações, as implicações, as interdependências e as complexidades. “É certo que nos falta o método à partida; mas, pelo menos, podemos dispor do antimétodo, onde a ignorância, a incerteza e a confusão se tornam virtudes” (MORIN, 2008, p.28).

O estudo da cidade como organismo vivo, dinâmico e complexo, as inter-relações, ligações, conexões, o todo e as partes, é o que coloca os autores acima citados em convergência com o Pensamento Complexo de Edgar Morin. Assim como o estudo das transformações morfológicas e climáticas da cidade vista como um sistema complexo, é o que pretende ser a contribuição desta tese.

2.4 A cidade como um sistema complexo

O conceito de cidade, como qualquer conceito, é um produto construído ao longo do tempo. É uma ferramenta conceitual que sofre pressões de reformulação a cada momento em que grandes transformações estruturam uma nova época (ARAÚJO, 2007). A morfologia urbana é, portanto, o estudo da produção da forma urbana no tempo.

Seguindo este raciocínio pode-se ponderar que a cidade é uma soma de tempos, que revela de forma coletiva, decisões individuais. As relações humanas, a cultura, o comércio, a economia, a política influenciam e desenham a morfologia urbana assim como as características naturais despertam as transformações iniciais

do espaço enquanto forma; estas relações se desenvolvem em um contexto espacial que se transforma, seguindo necessidades de adaptação ao tempo e ao espaço.

O ambiente construído constitui um elemento de um complexo de experiência urbana que há muito é um recipiente vital para se forjarem novas sensibilidades culturais. A aparência de uma cidade e o modo como os seus espaços se organizam formam uma base material a partir da qual é possível pensar, avaliar e realizar uma gama de possíveis sensações e práticas sociais (HARVEY, 2008, p.197).

Neste sentido, o estudo das cidades tem identificado um campo fértil de experiências no tempo e no espaço que vai além das teorias e da busca por respostas. Aliás, há muito mais reflexões, conexões, Pensamento Sistêmico do que perguntas. Este novo olhar sobre as ciências parece ter surgido como uma grande saída: o equilíbrio desejado entre a diversidade e a fragmentação da cidade e a necessidade metodológica do rigor científico (BATTY; LONGLEY, 1994).

A proposta de estudar a cidade como um processo e não analisá-la como objeto permite transcender a análise fragmentada para um estudo do todo e da relação entre as partes que compõem o sistema. A observação das cidades como sistemas complexos evidencia as conexões entre os vários componentes da cidade para identificar novas relações importantes na organização urbana e na dinâmica que pode, também, habilitar soluções mais bem-sucedidas e sustentáveis (BETTENCOURT, 2013).

Carvalho (2015) lembra que a Física Clássica newtoniana estabelecia uma correspondência direta entre causa e efeito. Cronologicamente, a Física Clássica refere-se às pesquisas realizadas até o final do século XIX, antes da Teoria Quântica e da Relatividade presentes na Física Moderna, a partir do século XX. As três leis de Newton, formuladas em meados do século XVII, relacionam as forças exercidas sobre um corpo com o seu movimento, e são suficientes para descrever completamente, e de forma determinista, a dinâmica de qualquer Sistema Clássico a partir de uma perspectiva mecanicista¹⁰ da visão do universo. Tal ênfase nas partes foi chamada de Mecanicista Reducionista ou Atomística¹¹; a ênfase no todo, de Holística¹²,

¹⁰ O Mecanicismo é uma doutrina filosófica que entende a natureza a partir de sua submissão aos processos mecânicos; corrente ideológica que analisa a natureza como uma máquina.

¹¹ A Atomística é o estudo do átomo e suas propriedades.

¹² Holística é um adjetivo relacionado ao holismo. Que busca entender os fenômenos ou a realidade por completo, e não somente como resultado da união de suas partes; que analisa e entende algo por inteiro.

Organísmica ou Ecológica. Na ciência do século XX, a Perspectiva Holística tornou-se conhecida como *Sistêmica*.

Esta concepção Mecanicista perdura até hoje em muitos aspectos da vida contemporânea e especialmente na ciência, fato que fragmenta o conhecimento e sustenta uma visão equivocada de que muitos sistemas podem ser analisados como peças separadas, descartando suas conexões e relações com subsistemas.

Ainda no século XX, o método reducionista foi questionado quanto à validade absoluta de seus pressupostos. Tais questionamentos adentram o século XXI e Foster, Kay e Roe (2001) argumentaram que, na Física, a Mecânica Quântica¹³ demonstrou que, no nível micro, a previsibilidade e o perfeito conhecimento dos fenômenos são impossíveis de serem atingidos. Já no nível macro, a Ecologia e a Cibernética¹⁴ revelaram as limitações do tratamento de sistemas complexos de forma linear (LEITE, 2004).

No entanto, Pigliucci (2000) destaca que o Reduccionismo, apesar das limitações, foi o centro de algumas das mais importantes descobertas científicas; cita, como exemplo, as partículas, na Física, e as moléculas, na Biologia. Outrossim, o perceptível aumento das interações e do fluxo de informações nos sistemas carecem de instrumentos mais eficazes para intervir no novo ambiente, já que o Reduccionismo se atém, apenas, à análise das partes isoladas.

Diante das novas possibilidades tecnológicas, filosóficas e sociais é necessário estudar a cidade sob a ótica de novos ângulos, através da ação conjunta de diferentes profissionais e agentes sociais. O mundo apresenta-se, pois, como um complicado tecido de eventos, nas quais conexões de diferentes espécies se alternam, se sobrepõem ou se confinam e, desse modo, determinam a contextura do todo (GARBER, 1978).

De acordo com Batty e Torrens (2005), um sistema complexo é uma entidade que apresenta uma coerência reconhecível, mas cujos elementos, interações e

¹³ Mecânica Quântica é a parte da Física (mais particularmente, da Física Moderna) que estuda o movimento das partículas muito pequenas. A Mecânica Quântica é a que descreve o movimento de Sistemas nos quais os efeitos quânticos são relevantes. A escala que regula em geral a manifestação dos efeitos quânticos é o raio de Bohr.

¹⁴ A Teoria da Cibernética é, também, chamada de "Ciência da Correção". O termo Cibernética origina-se da palavra grega *kybernetes*, que significa piloto, condutor. Desta forma, tal teoria apresenta uma tendência mecanicista por sua associação com máquinas ou sistemas artificiais. A preocupação era com a construção de sistemas que reproduzissem os mecanismos de funcionamento de sistemas vivos, isto é, ele propôs a construção dos chamados autômatos simuladores de vida ou máquinas Cibernéticas (VASCONCELLOS, 2010).

dinâmicas geram estruturas e admitem surpresas que não podem ser definidas *a priori*. Muitos elementos heterogêneos e autônomos interagem em nível local e dão origem às propriedades globais do sistema, podendo ser comparado ao que acontece na dinâmica diária de uma cidade. Estas propriedades, que são chamadas de emergentes (HOLLAND, 1995), retroalimentam o sistema e afetam seu nível local, que por sua vez, interfere na emergência das propriedades globais e assim por diante.

O Pensamento Sistêmico mostra que os sistemas vivos não podem ser compreendidos por meio da análise. As partes só podem ser entendidas dentro do contexto do todo maior. Desse modo, o Pensamento Sistêmico é contextual, uma vez que explicar elementos considerando o seu contexto significa explicá-las considerando o seu meio ambiente e as conexões com este.

Os fluxos de pessoas, mercadorias, serviços, informação, cultura e tantos outros aspectos urbanos interagem no espaço geométrico de ocupação humana e suas relações de vizinhança e proximidade se retroalimentam configurando um sistema complexo. A cidade é um sistema complexo, assim como a sociedade que nela vive. Um sistema complexo pode ser definido como sendo constituído por muitos componentes independentes que interagem localmente produzindo um comportamento geral organizado e bem definido independente da estrutura interna dos componentes (PALAZZO, 2004).

A dificuldade de êxito de algumas propostas de planejamento urbano, muitas vezes, advém da natureza complexa das cidades, que segundo Bettencourt (2013) são sistemas de interação de pessoas e organizações sociais distribuídas em espaços densamente construídos, servidos por infraestruturas e administrados por organizações políticas e sociais. Projetos de melhoria das cidades que não contemplam estas várias dimensões têm sido frustrantes, assim como análises isoladas têm se mostrado superficiais e muito fragmentadas.

A definição de cidades como sistemas complexos perpassa por características que as definem como tal. Carvalho (2015) estuda o contexto urbano pela ótica dos sistemas complexos da seguinte forma:

1. A cidade é um Sistema Dinâmico: as cidades se transformam a todo instante e em ritmo acelerado: na infraestrutura, na configuração da paisagem, na dinâmica da ocupação territorial, nas manifestações sociais e culturais. A cidade é dinâmica, no sentido físico e político.

2. A cidade é um Sistema Aberto: as cidades sofrem influência econômica, ambiental e de políticas públicas em escala local. Sofrem ainda influência das esferas estadual, federal e até internacional (escala global). A influência vem de modelos de gestão importados de outras cidades ou ainda impactos que as cidades sofrem relacionados às ações de seus vizinhos, em áreas limítrofes, por exemplo.

3. As cidades são e possuem subsistemas: embora tenham sua individualidade, os subsistemas (segurança, educação, saúde, transporte, meio ambiente entre outros) não devem ser trabalhados de forma individual, devem-se considerar interpelações que fazem a soma dos subsistemas que compõem um sistema maior e mais complexo.

4. As cidades apresentam comportamento não linear em sua dinâmica: logo, nenhuma cidade é igual à outra. As cidades reagem de forma particular aos diferentes fatores a que são expostas. Por suas configurações políticas, socioeconômicas, ambientais e culturais tornam-se sistemas únicos. O fato de não reagirem de forma linear aos agentes que são expostos dificulta o processo de predição de seu comportamento.

5. As cidades são Sistemas Adaptativos: Aprendem com os eventos passados. Sofrem influência no hoje do que foi feito no ontem, sobretudo na esfera estrutural e política. São capazes de se adaptarem às novas demandas e usos.

6. As cidades são auto organizadas: criam um padrão geométrico de distribuição do fenômeno facilmente identificável. O padrão de ocupação das cidades no meio ambiente é diferente de tudo o mais na natureza. É densamente agrupado e impactante nas diversas escalas de estudo.

O processo de crescimento urbano é de difícil apreensão pela quantidade elevada de fatores presentes na cidade e na paisagem, suas discretas interinfluências e seus diferentes horizontes temporais, o que indicam que estudos, com este propósito, tenham suporte a partir da Teoria de Sistemas, Estudos de Modelagem, Teorias de Complexidade e de Auto-Organização, direcionadas para as questões da cidade (POLIDORI, 2004). As principais constatações, assim como, suas implicações para as políticas públicas, revelam as limitações da abordagem dos sistemas complexos de forma linear.

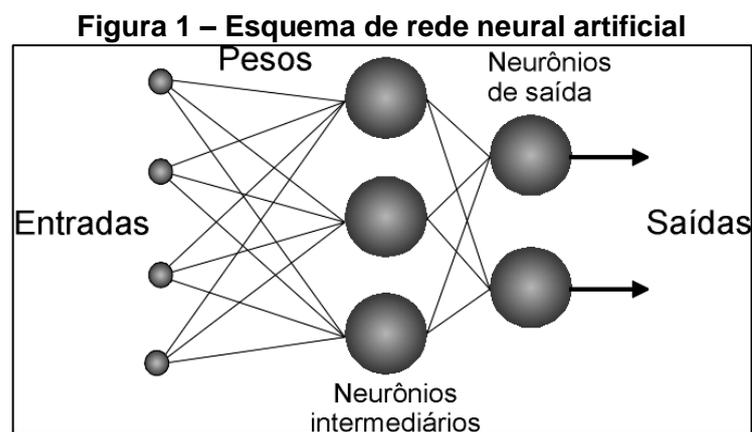
Cada cidade é uma concentração de população e capital (habitação, produção, fornecimento de água, transporte e infraestrutura), que compreende um sistema

complexo com aspectos sociais, econômicos e ambientais. Cada um desses aspectos tem suas próprias regras de comportamento e evolução, mas cada um está intimamente ligado aos outros.

Desse modo, o entendimento do ambiente urbano como um sistema complexo pode ser melhor compreendido através de alguns conceitos sobre sistemas complexos, assim como a relação desses conceitos com a dinâmica das cidades, como por exemplo: redes neurais artificiais, quando se referem ao fluxo de interações; e fractais, nos padrões espaciais.

2.4.1 Redes neurais artificiais e o fluxo de interações

Segundo Spatti e Flauzino (2010), redes neurais artificiais são modelos computacionais inspirados no sistema nervoso de seres vivos. Baseados em informações, possuem a capacidade de aquisição e manutenção do conhecimento. Podem ser definidas como conjuntos de unidade de processamento, caracterizadas por neurônios (artificiais), que são interligados por um grande número de interconexões (pesos), sendo estas representadas por vetores/matrizes (Figura 1).



Fonte: Cérebro & Mente (2018).¹⁵

Como definem Braga, Carvalho e Ludermir (2011), a estrutura individual dos neurônios artificiais, a topologia de suas conexões e o comportamento semelhante ao neurônio humano forma a base para o estudo das redes neurais artificiais, suas características e suas aplicações (Quadro 01).

¹⁵ Disponível em: <http://www.cerebromente.org.br/n05/tecnologia/rna.htm>. Acesso em: set. 2018.

Quadro 1 – Características da aplicação de redes neurais

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO
Adaptação por experiência	São ajustadas a partir da apresentação sucessiva de exemplos (padrões, amostras, medidas) relacionados ao comportamento do processo, possibilitando a aquisição do conhecimento por experimentação.
Capacidade de aprendizado	Por intermédio da aplicação de um método de treinamento da rede, essa é capaz de generalizar o conhecimento adquirido, possibilitando estimar soluções que eram até então desconhecidas.
Habilidade de generalização	Após o processo de treinamento da rede, essa é capaz de generalizar o conhecimento adquirido, possibilitando estimar soluções que eram até então desconhecidas.
Organização de dados	A rede é capaz de realizar sua organização interna visando possibilitar o agrupamento de padrões que apresentam particularidades em comum
Tolerância a falhas	Devido ao elevado nível de interconexões entre os neurônios artificiais, a rede neural torna-se um sistema tolerante a falhas quando parte de sua estrutura interna é sensivelmente corrompida.
Armazenamento distribuído	O conhecimento a respeito do comportamento de determinado processo dentro da arquitetura neural é realizada de forma distribuída entre as diversas sinapses de seus neurônios artificiais, permitindo então um incremento da robustez da arquitetura frente a eventuais neurônios que se tornaram inoperantes.
Facilidade de prototipagem	A implementação da maioria das arquiteturas neurais pode ser facilmente, dependendo da especificidade da aplicação, prototipada em hardware ou em software, pois, após o processo de treinamento, os seus resultados são normalmente obtidos por algumas operações matemáticas elementares.

Fonte: Silva, Spatti e Flauzino (2010), adaptado pela autora.

As redes neurais artificiais são um sistema complexo também utilizado para o estudo das cidades, (principalmente no que se refere ao planejamento dos sistemas de transportes). Estas utilizam dados medidos diretamente de um processo em estudo representando o fenômeno em condições reais. São capazes de lidar com problemas não lineares, resolver situações não vistas em seu processo de treinamento (ajuste do modelo), obter as relações entre atributos de entrada e saída como uma função entre esses parâmetros, na qual parâmetros de entrada são mapeados em parâmetros de saída (ZÁRATE *et al.*, 2008). Carvalho (2015) ressalta que a estrutura neural artificial adquire conhecimentos através da experiência.

Os sistemas complexos permitiram que as visões e abordagens a respeito da cidade fossem mais flexíveis e relacionados à complexidade e dinâmica da natureza. Os estudos a respeito das redes neurais enfocam a relação do ambiente urbano com as relações de fluxo e vizinhança, assim como poderão criar cenários futuros de expansão através de simulações e interpolações a partir de uma amostra representativa (ZÁRATE, 2008).

No ambiente urbano, as redes neurais artificiais podem também identificar as inter-relações de fluxos de pessoas e transportes e intensificar conexões no tecido urbano. Assim como, também, podem interpolar dados climáticos para alcançar uma boa estimativa das condições climáticas de uma determinada região.

Zárate (2008) afirma que para a obtenção de um modelo neural capaz de estimar dados climáticos é necessária uma amostra de dados representativa. A partir de um mapeamento climatológico, a representação neural é capaz de estimar os dados climáticos, a partir das coordenadas geográficas e da altitude de uma localidade qualquer.

Os estudos baseados nas redes neurais artificiais podem ser muito úteis para localidades que por algum motivo não têm dados climáticos completos, ou ainda para realizar simulações com cenários futuros.

2.4.2 Fractais e os padrões espaciais

Outra abordagem complexa seria o estudo das cidades através da geometria fractal, que trata de um estudo não linear, que não se encaixa na geometria euclidiana¹⁶, mas que encontra similaridade no processo de formação e expansão das cidades.

Falar de multiplicidade de escalas e de fragmentação é falar de fractais, também conhecidos como a *Expressão Geométrica da Complexidade* (SOBREIRA, 2003), assim como falar de cidade é também falar de Geometria, Escala, Fragmentação e Complexidade.

Michel Barnsley (*apud* JANOS, 2008, p. IX) sobre *geometria fractal* diz:

A geometria fractal fará com que você veja as coisas diferentes. É perigoso ler mais. Você arrisca perder a visão infantil de nuvens, florestas, flores, galáxias, folhas, penas, rochas, montanhas, torrentes de água, tijolos e muito mais. Nunca mais você interpretará estes objetos da mesma forma.

O termo fractal foi criado pelo matemático francês Benoit Mandelbrot para designar um objeto geométrico que nunca perde a sua estrutura (NIEDERMEYER; KOEFENDER; ROOS, 2009). Fractal significa auto semelhante. A geometria fractal estuda as propriedades e comportamentos de figuras mais complexas que a geometria euclidiana abrange, descreve situações que não podem ser descritas pela

¹⁶ A geometria euclidiana tem sua base em axiomas e postulados. Axiomas são verdades incontestáveis aplicadas a todas as ciências e os postulados eram verdades sobre um determinado tema (neste caso, a geometria) e foi assim também usado por Euclides. Ao todo, são dez proposições que utilizam os conceitos de ponto, intermediação e congruência. Toda geometria que satisfaz a todos eles é considerada euclidiana. É clara nas demonstrações de proposições mais complexas a partir das mais simples. É um perfeito retrato do caráter abstrato e dedutivo da Matemática grega (MOL, 2013).

geometria euclidiana. O objeto é composto por partes reduzidas com forma semelhantes à dele próprio. O nome deriva do latim *fractus*, que significa quebrado ou fraturado.

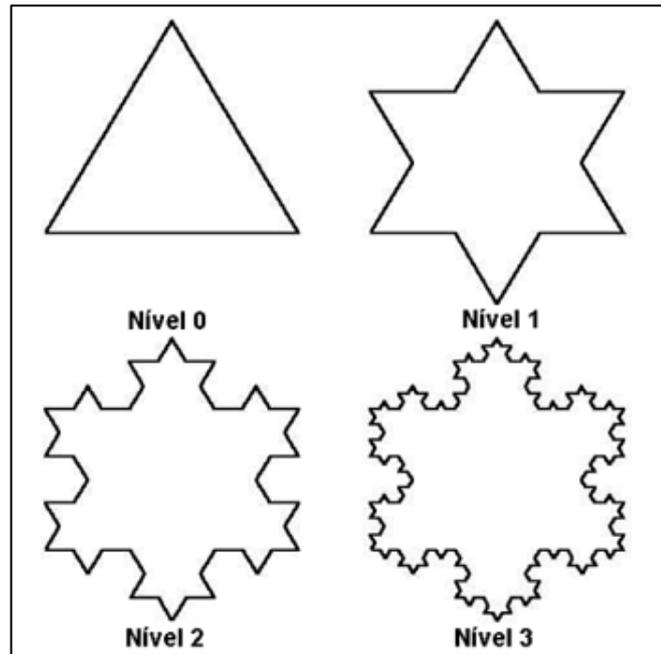
Várias estruturas naturais são do tipo fractal, são igualmente complexas no detalhe e na forma global, como as linhas costeiras, cadeias de montanhas e ramificações de arbustos, por exemplo. A dimensão de um fractal não é necessariamente um número inteiro, podendo ter dimensão fracionária. É também conceituado como a *Geometria da Teoria do Caos*, que segundo Sobreira (2003), é uma das derivações (ou fonte) da complexidade enquanto ciência.

Eglash (1999) afirma que os fractais trouxeram às ciências não apenas padrões geométricos intrigantes, mas desafios aos conceitos tradicionais de espaço. Questões como o infinito ou a dimensão relativa vieram desafiar uma ciência até então construída sobre bases determinísticas e exatas. Um dos primeiros fractais a serem escritos é a Ilha de Koch¹⁷ (Figura 2), derivada da Linha de Koch¹⁸, que se trata de uma figura (triângulo equilátero) que se repete infinitas vezes tornando seu comprimento infinito e com limites finitos, um paradoxo fundamental para a compreensão dos fractais (SOBREIRA, 2003).

¹⁷ A Ilha de Koch foi criada pelo matemático sueco Helge Von Koch em 1906 e é um dos exemplos de fractais mais simples. A figura é obtida através de um procedimento semelhante ao usado para criar a linha de Koch, mas em vez de começar com um único segmento começa-se com um triângulo equilátero (EGLASH, 1999).

¹⁸ A Linha de Koch é uma figura geométrica que nos será útil para definir a Ilha de Koch. Começa com um segmento de reta horizontal, com uma unidade de comprimento. Em seguida, divide-se este segmento em três partes iguais e substitui a parte do meio por outros dois segmentos correspondendo a dois lados de um triângulo equilátero (EGLASH, 1999).

Figura 2 – Os 4 primeiros níveis da Ilha de Koch



Fonte: Sobreira (2003), adaptado de Eglash (1999).

As cidades têm uma estrutura fractal bem distinta, em que suas funções são auto similares em muitas ordens ou escalas. A ideia de bairros, distritos e setores dentro das cidades; o conceito de diferentes ordens de rede de transporte; a ordenação de cidades na hierarquia central que espelha a dependência econômica do local sobre o global e vice-versa; todos fornecem exemplos de estrutura que formam os pilares da Geografia Urbana e da Economia Espacial (BATTY; LONGLEY, 1994).

Já no final do século passado Batty e Longley (1994) afirmam que nossa visão das cidades está mudando. Há pouco mais de 100 anos, as cidades eram entendidas e planejadas como artefatos físicos com preocupação predominante por sua arquitetura e estética. Até a década de 1960, o ponto de vista físico permanecia central, apesar de uma mudança gradual das preocupações estéticas para a eficiência locacional.

Após um século de esforço sustentado em sua compreensão, nosso conhecimento ainda é parcial e fragmentário, baseado em um caleidoscópio de pontos de vista e ideologias. O que, no entanto, é amplamente aceito, talvez um pouco relutante por alguns, é que as cidades são espelhos e microcosmos da sociedade e da cultura em geral, com cada ponto de vista contribuindo com algo para o entendimento deles.

Batty (2007) avalia que, da mesma forma que os ramos das árvores, os pulmões, os corais e outras estruturas naturais, a cidade precisa, por um lado, crescer, mas por outro lado precisa absorver “alimento”, por meio do máximo possível de superfície de exposição a esse “alimento”. Seu “alimento” são os parques, as áreas verdes, os corpos d’água, enfim, aquilo que dá qualidade de vida a seus moradores. Ao crescer, sem deixar esses interstícios, a cidade atinge um limite de crescimento a partir do qual fica estagnada.

Ainda Segundo Batty, simuladores de fractais permitem desenvolver modelos paramétricos que nos ajudam a perceber o que faz com que uma cidade “morra”, como uma planta sufocada, e que estratégias espaciais podem torná-la mais “viçosa”.

2.4.2.1 Cidades: geometria fractal, morfologia e complexidade

Inicialmente, a configuração espacial de uma cidade, ainda que planejada, segue e se adapta a forma do sítio natural. Suas características intrínsecas são naturais: o relevo, a vegetação, massas d’água; os elementos climáticos: temperatura, umidade, precipitações, ventos. No entanto, na medida em que a cidade expande, as características naturais são alteradas em menor ou maior escala e, em consequência, podem surgir problemas urbanos de ordem física e espacial.

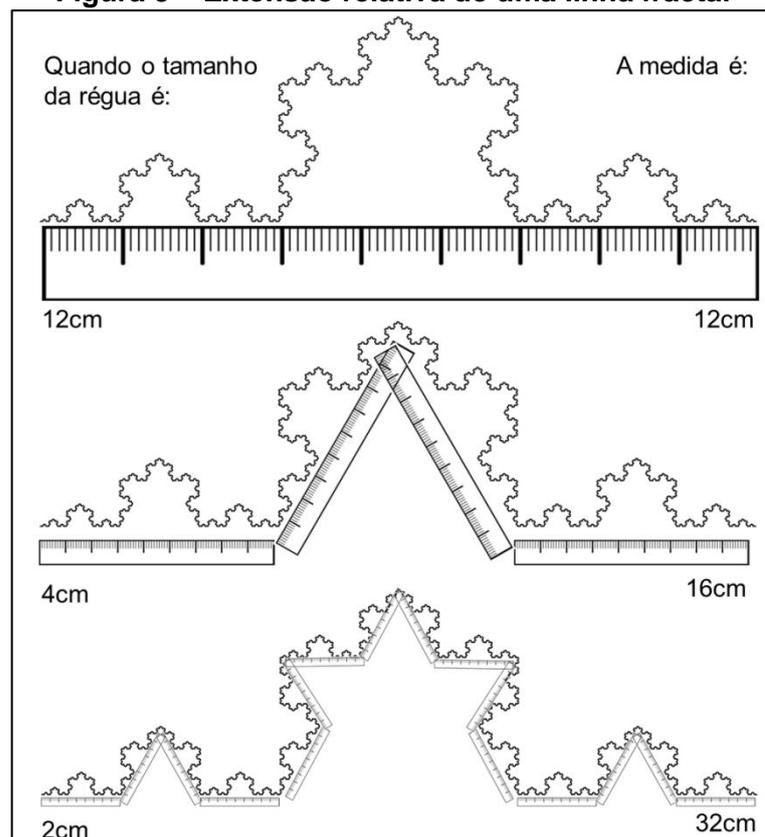
Porém, ainda não há um consenso sobre a importância da forma, geometria e configuração que qualifiquem uma cidade. Por outro lado, os processos sociais, econômicos, políticos e culturais também têm sua parcela de influência na configuração do ambiente urbano e, conseqüentemente, nas alterações climáticas em longo prazo. O fato é que estas transformações interferem em todos os sentidos na construção e expansão das cidades, tornando seu estudo complexo e multifacetado, tanto no espaço como no tempo.

A aplicação de teorias fractais às cidades é pertinente já que mesmo as cidades planejadas apresentam áreas de crescimento orgânico e espontâneo que fogem do controle do planejador e apresentam propriedades geométricas complexas, que não podem ser estudadas pelas ferramentas de análise da cidade planejada, o que reforça o argumento de que as cidades são, por natureza, estruturas fractais.

Batty e Longley (1994) descrevem como os objetos fractais apresentam, em sua geometria, certos enigmas básicos. O exemplo clássico é o litoral. As costas

nunca são retas, nem se torcem e giram de tal maneira que encerram completamente o espaço. Mas em um nível intuitivo, elas são algo mais do que a linha reta que tem uma dimensão euclidiana. Embora os litorais e o terreno sejam fractais no espaço familiar do espaço-tempo, os fractais existem em dimensões superiores, no espaço matemático, onde sua visualização só faz sentido para abstrair a análise. Para linhas de costa, por exemplo, isso significa que seu comprimento na dimensão linear é infinito, embora a área que eles demarcam seja delimitada. Como exemplo análogo, ao que acontece no litoral, é possível utilizar a Curva de Koch¹⁹ (Figura 3).

Figura 3 – Extensão relativa de uma linha fractal



Fonte: Eglash (1999), adaptado pela autora.

As cidades orgânicas, quando vistas em forma de plano, se assemelham a crescimento celular, tecendo dentro e fora da paisagem, seguindo de perto o terreno e outras características naturais, incorporando a tecnologia do movimento através das principais rotas de transporte, como teias de aranha ou formas semelhantes a árvores

¹⁹ Helge Von Koch (1870 – 1924), matemático sueco, que em 1904 a 1906 introduziu uma curva que hoje recebe o seu nome. A Curva de Koch é uma curva geométrica e um dos primeiros fractais a serem descritos. Tem comprimento infinito, pois a cada passo o comprimento da curva é $\frac{4}{3}$ do comprimento do passo anterior.

focadas em centros que geralmente contêm a origem do crescimento. Em contraste, cidades planejadas exibem uma geometria de linhas retas, curvas suaves, construídas sobre uma direção direta que só pode ser imposta de cima, incorporando algum sentido do controle direto do homem sobre a natureza através da tecnologia (BATTY; LONGLEY, 1994).

De maneira geral, pensar as cidades como sistemas de complexidade organizada cuja geometria traz uma complexidade de escala e forma faz com que os teóricos e planejadores urbanos possam aproximar um pouco mais a visão de mundo do que se vê como a "verdadeira realidade" das formas e de como as cidades se desenvolvem e devem ser desenvolvidas. Podem começar a traçar as várias concepções mutáveis de como o espaço e o tempo foram abstraídos em toda a extensão da história humana, a abstração e a simplificação se manifestam na forma como usamos a Matemática para retratar ordem e regularidade, a maneira como concebemos o tempo como um fluxo contínuo e a maneira como percebemos o espaço como composto de geometrias simples (BATTY; LONGLEY, 1994).

A morfologia das cidades deve ser compreendida pela sua forma, processo e escala, padrões estáticos e dinâmicos; e isso permite mapear a abordagem de compreensão da forma urbana sobre a nova geometria fractal irregular que aproxima-se da visão de que as cidades são organismos complexos, evoluindo e mudando de acordo com as regras e condições locais que manifestam uma ordem mais global em muitas escalas e tempos.

Desde os primeiros registros escritos, há evidências de que o homem sempre percebeu o mundo através de abstrações poderosas de simplificação que buscam os princípios e a ordem subjacente nas suas experiências e percepções.

Há cerca de dez mil anos, as primeiras cidades surgiram quando o homem deixou de ser nômade e passou para uma sociedade com economia baseada na agricultura excedente. As primeiras cidades mostram evidências de ruas retas, de usos ordenados da terra separados entre si, de vistas e monumentos associados à exibição e simplicidade visual de poder político e econômico em complexos de templos e palácios, de rotas radiantes de lugares centrais e de hierarquias bem desenvolvidas, sistemas de ofícios consistentes com economias agrícolas e de mercado elaboradas.

Um exemplo dessa simplicidade visual está contido em um dos primeiros planos de cidades conhecidos que representa a forma de um acampamento militar

assírio (Figura 4) e a segregação de seus usos da terra em 2000 a.C. (KOSTOF, 1991).

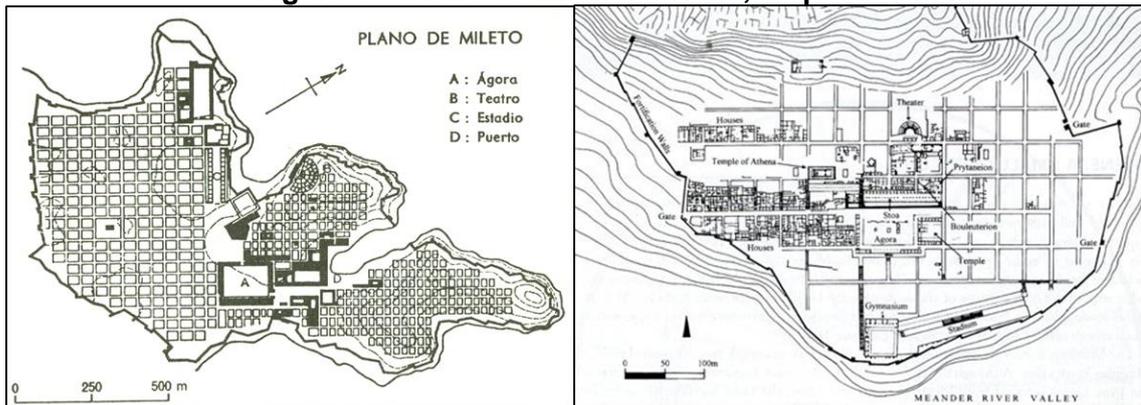
Figura 4 – Primeira representação da cidade da geometria pura



Fonte: Kostof (1991).

Os gregos e romanos deixaram um legado de cidades planejadas, em grande parte, por seus esforços em colonizar o mundo conhecido, e é lá que os primeiros exemplos de planos regulares baseados na forma de grelha aparecem como em Mileto e Priene (Figura 5), à medida que a tecnologia se desenvolvia em maior escala, essa geometria se impôs à paisagem mais ampla, por meio de estradas, e outras barreiras criadas pelo homem, bem como através do cultivo agrícola em grande escala.

Figura 5 – Plano de Mileto e Priene, respectivamente



Fonte: Batty e Longley (1994), adaptado pela autora.

Apesar dos planos urbanísticos gregos e romanos, a distinção entre formas de assentamento urbano "regulares planejadas" e "irregulares orgânicas" apareceu pela primeira vez, confirmando a vocação de expansão espontânea das cidades.

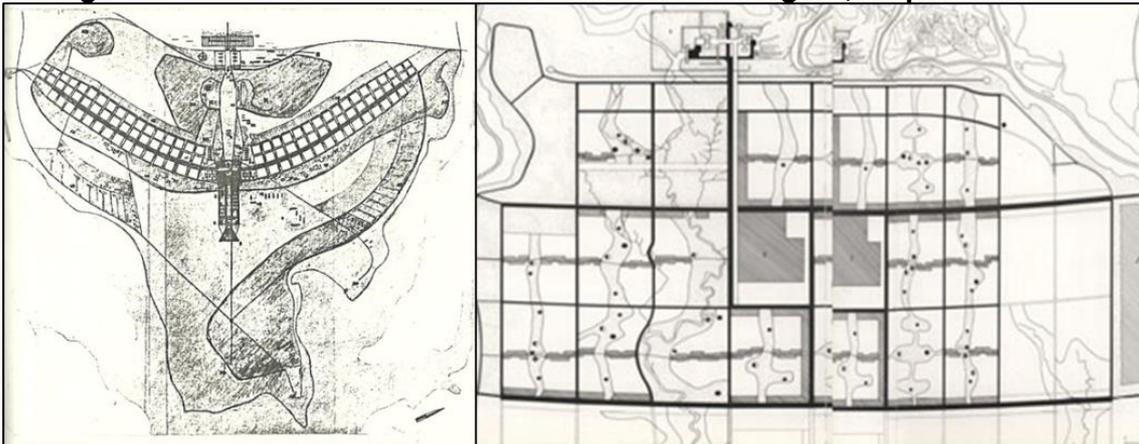
Ao longo dos séculos, as cidades surgiram e se desenvolveram com base na geometria euclidiana²⁰ e na mecânica de Newton²¹. Grande parte da ciência de Newton e de seus contemporâneos estava profundamente enraizada na noção de uma geometria perfeita. No entanto, não foi a mecânica estabelecida por suas ideias, mas a Matemática que ele formou para apresentar sua ciência, que reforçou a visão de Euclides, e ainda é nossa visão de mundo convencional da geometria.

No final do século XIX, o mundo estava prestes a repensar a ciência, lançando uma dúvida sobre nossas habilidades antigas e talvez superficiais para simplificar, através da abstração imediata e intuitiva. No século XX, apesar das cidades ainda serem planejadas seguindo bases da geometria pura, como Brasília e Chandigarh, na Índia (Figura 6), o estudo das cidades começa a ampliar os horizontes da investigação, assim como a investigação no campo da Física, Matemática e outras ciências que pareciam consolidadas e seus pressupostos inabaláveis.

²⁰ A geometria euclidiana dominou de forma absoluta até o século XIX. É a geometria sobre planos ou objetos em três dimensões baseados nos postulados de Euclides de Alexandria (330 - 277 a.C.).

²¹ Isaac Newton (1643-1727) desenvolveu três leis básicas para a compreensão do movimento dos corpos. Primeira Lei – Um corpo permanece em repouso ou continua a se mover num movimento retilíneo uniforme e na mesma direção se todas as forças agindo sobre ele estão em equilíbrio. Segunda Lei – A aceleração de um corpo é proporcional a força resultante agindo sobre ele e tem a mesma direção desta força. Terceira Lei – As forças de ação e reação entre dois corpos que interagem são iguais em módulo e direção, e são opostas no sentido. Essa é a Terceira Lei de Newton em sua versão fraca. A versão forte da lei assegura que essas forças de interação ocorrem ao longo da linha que une as duas partículas que interagem entre si.

Figura 6 – Plano urbanístico de Brasília e de Chandigarh, respectivamente



Fonte: MDC - Revista de Arquitetura e urbanismo²²; Blogspot UNICAMP²³, adaptado pela autora.

Na década de 1920, a percepção de Albert Einstein²⁴ a respeito da concepção de um universo dinâmico revelou que o contínuo espaço-temporal não podia mais ser tratado como o molde absoluto dentro do qual o universo existia, se os observadores vissem a mesma coisa em posições diferentes no tempo e no espaço. Isso representou a primeira quebra de paradigma da visão de um universo estático, pensamento que dominou a suposição científica desde a Pré-História e, como tal, representou o maior desafio para a compreensão intuitiva do universo pelo homem até o momento.

Ao longo do século XX, as mudanças na visão de mundo tiveram efeitos bastante profundos na abordagem científica do espaço; a ideia de visualizar fenômenos tornou-se fundamental. Porém, no estudo das cidades, mantiveram-se as abordagens sociais e artísticas separadas, exceto através do pragmatismo da Geografia, o que inibiu, de certa forma, o desenvolvimento de uma Teoria dos Sistemas das Cidades, que é uma síntese relevante do processo social e da forma espacial (SOBREIRA, 2003).

Neste sentido pragmático, Walter Christaller²⁵ publicou a *Teoria das localidades centrais*, a partir de sua tese de doutorado, *Os lugares centrais no sul da Alemanha*,

²² Disponível em: <https://mdc.arq.br/2011/02/17/da-insustentabilidade-do-plano-piloto/>. Acesso em: jan. 2018.

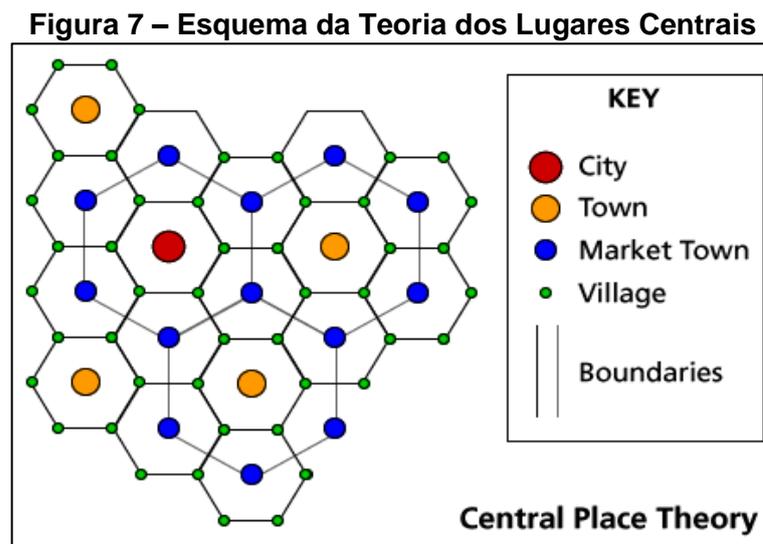
²³ Disponível em: <http://chandigarh-unicamp.blogspot.com.br/p/projeto.html>. Acesso em: jan. 2018.

²⁴ Albert Einstein (1789 – 1955), físico-teórico alemão que desenvolveu a Teoria da Relatividade, um dos pilares da física moderna. Conhecido, principalmente, por sua fórmula de equivalência massa-energia, $E=mc^2$. Na década de 20, Einstein lançou a nova ciência da cosmologia. Suas equações diziam que o universo era dinâmico, ora expandindo, ora contraindo, contradizendo teorias prévias de que o universo era estático, que ele mesmo endossava.

²⁵ Geógrafo alemão, Walter Christaller publicou sua tese de doutorado, intitulada *Os lugares centrais no Sul da Alemanha*, em 1933.

que se constituiu uma das contribuições fundamentais para os estudos de rede urbana e uma das mais importantes e tradicionais temáticas da Geografia (DEOLINDO, 2014). A teoria partiu de um questionamento: por que há cidades de diferentes tamanhos e por que elas estão distribuídas como estão? Christaller buscou demonstrar que a distribuição das cidades pelo espaço não era aleatória e desordenada, mas que havia uma regularidade e uma hierarquia em sua disposição, relacionadas ao papel econômico que desempenham.

Sua hipótese era de que a partir das zonas de influência econômica das localidades, cuja centralidade seria determinada pelo nível de complexidade dos produtos e serviços ali ofertados e do alcance desses mercados, a rede urbana se constituía. Estes produtos e serviços foram classificados na ordem superior ou inferior, menos aos mais especializados. A classificação também definiu os aglomerados. Segundo Deolindo (2014), Christaller categorizou os aglomerados como aldeias, vilas, cidades pequenas, cidades médias e metrópoles (Figura 7), e demonstrou como cada uma exercia no conjunto da rede urbana funções das menos às mais complexas, de acordo com seu grau de especialização.



Fonte: AP Human Geography²⁶.

Segundo Christaller (1966), são três os princípios que podem determinar essa hierarquia, com ênfase sobre a questão econômica, a logística e a gestão do território:

1. Princípio de mercado – centros de primeira ordem fornecem serviços de primeira ordem e assim por diante. Quanto maior a ordem dos bens e serviços,

²⁶ Disponível em: <http://aphgatgphs08.wikifoundry.com/photo/4632504/>-. Acesso em: set. 2019.

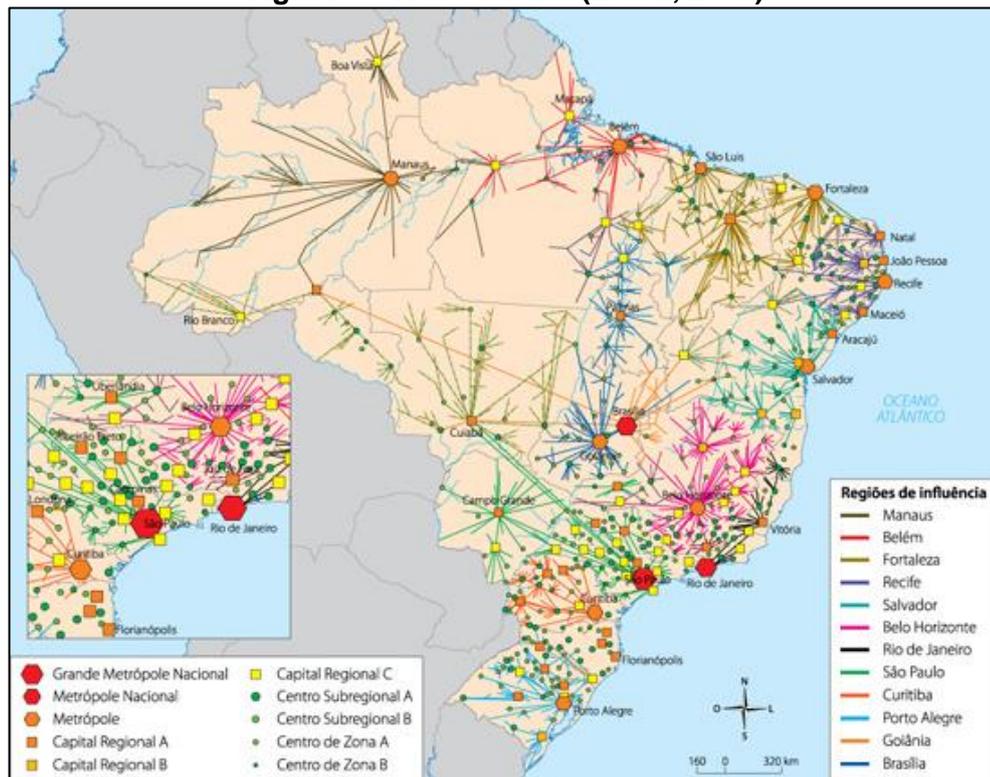
maior é a área servida, ou seja, os mercados das cidades de mais alta ordem são mais abrangentes. Em consequência, poucas cidades cumprem essa função e, o número de metrópoles é muito menor do que de centros regionais.

2. Princípio de transporte – para otimizar a economia no transporte entre lugares centrais, organiza-se uma rede mais eficiente de estradas a ligar essas cidades. Os centros de baixa ordem ficam a uma distância de média para grande, dessas rotas principais.

3. Princípio administrativo – lugares centrais secundários se organizam em torno de um lugar central principal que exerce sobre os demais seu poder político e administrativo.

Ainda hoje essa classificação inspira a categorização de centros urbanos em vários países, inclusive no Brasil. A Teoria dos Lugares Centrais fundamenta um dos mais importantes estudos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), *Regiões de influência das cidades*. O instituto já realizou cinco edições do estudo: 1960, 1972, 1987, 1993 e 2007 (Figura 8).

Figura 8 – Rede urbana (Brasil, 2007)



Fonte: IBGE (2007).

Esses estudos procuraram definir os níveis de hierarquia urbana e identificar as regiões de influência das cidades através de questionários que investigam os centros que atraem consumidores de várias partes do país com a oferta de determinados bens e serviços.

Dessa forma, estas teorias e estudos demonstram a complexidade urbana e suas relações em vários níveis: espacial, político, econômico, cultural. Sendo que, a forma da cidade modifica-se constantemente para se adaptar às transformações, por consequência, as características naturais também sofrem alterações.

Dado o exposto, é possível observar que dentre as características urbanas alteradas e discutidas em vários trabalhos, o clima urbano é, talvez, uma das disciplinas menos discutidas nesse universo da complexidade das relações urbanas.

2.5 Perspectiva sistêmica sobre mudanças climáticas no ambiente urbano

Relacionar as alterações climáticas às transformações morfológicas das cidades implica estudar estas alterações com a perspectiva inicial da cidade como sistema complexo. De outra forma, a partir do atual modelo de planejamento e gestão urbana, de grande parte das cidades, as soluções fragmentadas e imediatistas para

os problemas climáticos das cidades serão cada vez mais dispendiosas e pouco eficientes.

Desde o século XIX, os estudos a respeito da climatologia urbana percorrem um longo caminho, associando mudanças climáticas à forma das cidades. Como dito anteriormente, os primeiros estudos surgiram na Europa, onde o pioneiro Luke Howard, já em 1818, publicou um estudo sobre o clima de Londres; o mesmo observou pela primeira vez diferenças de temperatura entre o meio rural e o urbano. Em 1855, Émilien Renou também publicou trabalho importante sobre alterações climáticas de temperatura e ventilação em Paris (LANDSBERG, 1981).

Em 1904, a edição de abertura da primeira revista de planejamento do mundo, a alemã *Der Städtebau*²⁷, incluía umidade, temperatura, qualidade do ar e ventilação entre os muitos fatores técnicos a serem considerados (COLLINS; COLLINS, 1986).

O século XX prometia maior aprofundamento nos estudos de clima urbano com novas tecnologias inseridas para o funcionamento das cidades; energia limpa, transportes menos poluentes, além de novas perspectivas para o planejamento urbano mais consciente e racional.

Porém, Hebbert e Jankovic (2013) afirmam que as primeiras iniciativas de incorporar a consideração climática ao planejamento urbano foram muito superficiais e limitadas a generalizações sobre padrões climáticos regionais e ventos predominantes (EGLI, 1951; HILBERSEIMER, 1944; TAYLOR, 1950). No entanto, Albert Kratzer, em 1956, publica um estudo que faz relação entre a forma construída e a camada limite urbana, sendo esta última muito importante nos estudos de Oke (1984) até hoje, enfatizando o caráter artificial do clima urbano e denominado como um produto, não intencional, da ação humana.

Posteriormente, os estudos foram se disseminando e em meados do século XX já havia a consciência do caráter complexo e dinâmico das mudanças climáticas. Sorre (1955) descreve o clima como uma série de estados atmosféricos sobre um lugar em sua sucessão habitual. Descrição que, para Hebbert e Jankovic (2013), contempla a dinâmica da atmosfera e a ideia de ritmo.

No final dos anos 1960 e início dos 1970, a intensificação do crescimento industrial e urbano, e a conseqüente degradação do meio ambiente despertou uma consciência ambiental, fato que contribuiu para um aumento do interesse e do número

²⁷ Desenvolvimento urbano.

de trabalhos sobre a atmosfera urbana, especialmente sobre a poluição do ar (OKE, 1984). Houve uma grande ênfase no estudo dos processos atmosféricos e na construção de modelos, a partir da contribuição dos meteorologistas.

No Brasil, os primeiros estudos sobre clima urbano iniciaram na década de 1970, por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro²⁸. Para Monteiro (1976), o ritmo, descrito por Sorre em sua definição de clima, representou o novo paradigma conceitual, em substituição ao uso das médias e chegou-se a climatologia dinâmica, que tem como propósito entender o clima através das características da realidade, e não mais, através de abstrações Matemáticas, que em diversos momentos nortearam as pesquisas climáticas.

Monteiro (1976) afirma ainda que, dentro da perspectiva sistêmica, é possível tecer análises, tanto através do raciocínio lógico dedutivo²⁹ quanto com o indutivo³⁰, sendo possível entender os fenômenos do clima urbano, tanto partindo de elementos particulares, para se chegar a conclusões generalizadas sobre a realidade urbana, como também partindo de premissas gerais para chegar às conclusões específicas.

Monteiro (1976) buscou, na Teoria Geral dos Sistemas de Ludwig von Bertalanffy, o embasamento para o Sistema Clima Urbano (SCU) na sua tese de doutorado. Segundo o autor, o SCU é um Sistema Aberto que admite uma visão sistêmica, com três canais de percepção do clima urbano (Figura 9). O primeiro canal, denominado Conforto Térmico, trata dos componentes termodinâmicos do clima de forma integrada. Este canal inicial se desenvolve a partir da coparticipação natureza-homem e perpassa por toda a estrutura do SCU. No segundo canal, denominado Qualidade do Ar, são discutidos os aspectos físico-químicos do SCU e a questão da condição do ar no ambiente urbano. Este canal ressalta a responsabilidade humana, pois parte das atividades antrópicas desenvolvidas na cidade. No terceiro canal, denominado Impacto Meteorológico, são abordados fenômenos, como tempestades, furacões, aguaceiros e outros, que, ao atingirem intensidades elevadas, são capazes

²⁸ Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro é um dos principais geógrafos e climatologistas brasileiros. Sua tese de livre-docência, *Teoria e clima urbano* (1975), é um marco nos estudos da climatologia geográfica, que procura explicar do ponto de vista teórico, como a ação humana afeta o tempo e o clima em diferentes escalas, através da urbanização, industrialização, poluição, práticas agrícolas e pecuárias.

²⁹ No raciocínio lógico dedutivo, as premissas sofrem interferências das generalizações, pois os fatos são analisados de maneira minuciosa. O raciocínio dedutivo faz do conhecimento geral um conhecimento específico, já que ele permite que se aprofunde nos argumentos.

³⁰ O raciocínio lógico indutivo é pautado por premissas particulares que são direcionadas para concluir algo de maneira universal. A conclusão é maior que as premissas, pois os fatos podem ser explicados a partir de observações simples.

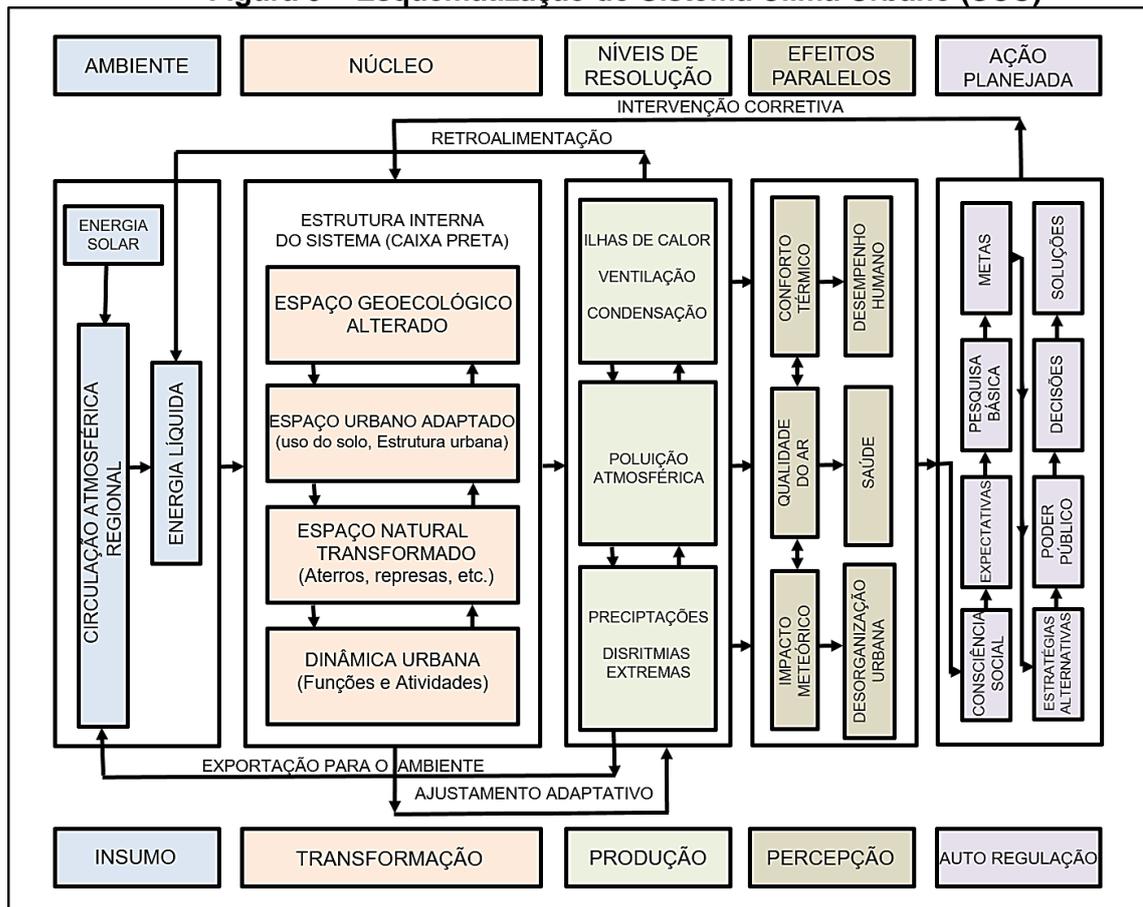
de comprometer a integridade física e social da cidade (MENDONÇA; MONTEIRO, 2002).

Segundo Ugeda Júnior e Amorim (2016), uma contribuição importante do trabalho de Monteiro, em 1976, foi organizar uma síntese feita por Landsberg³¹ para iniciar a caracterização do clima urbano:

- a) O clima urbano é a modificação substancial de um clima local, não sendo possível ainda identificar sobre o ponto de concentração populacional ou densidade de edificações em que essa notável mudança principia;
- b) Admite-se que o crescimento urbano tende a acentuar ou eliminar as diferenças causadas pela posição ou sítio;
- c) Da comparação entre a cidade e o campo circundante emergiram os seguintes fatos fundamentais:
 - c1) A cidade modifica o clima através de alterações na superfície do espaço urbano;
 - c2) A cidade produz um aumento de calor, complementada por modificações na ventilação na umidade e até na precipitação, que tende a ser mais acentuada;
 - c3) A maior influência manifesta-se através da alteração na própria composição da atmosfera, atingindo condições adversas na maioria dos casos. A poluição atmosférica representa, no presente, o problema básico da climatologia das modernas cidades industrializadas.

³¹ LANDSBERG, H. E. The climate of towns. *In*: THOMAS, W. E. **Mans role in changing the face of earth**. 1970. p. 584-606.

Figura 9 – Esquemática do Sistema Clima Urbano (SCU)



Fonte: Monteiro (2003), adaptado pela autora.

Masson *et al.* (2014) afirmam que interações complexas entre a cidade e o clima levam a vários desafios científicos, como por exemplo: estudar esses processos de interação requer uma forte abordagem interdisciplinar; a modelagem numérica é uma ferramenta essencial para a compreensão global do sistema da cidade e dos processos subjacentes, que operam em diferentes escalas tempo-espaciais; a abordagem de modelagem sistêmica deve vincular modelos projetados para diferentes propósitos (modelos climáticos urbanos e de planejamento). Isto requer uma ampla compreensão das informações trocadas entre os próprios modelos e das ligações entre cenários e modelos.

Desde os primeiros estudos até os dias de hoje houve transformações significativas, tanto do ponto de vista teórico e metodológico no olhar investigativo sobre a cidade como também e, principalmente, do ponto de vista técnico e das representações espaciais. Destacam-se a evolução dos instrumentos e sua popularização, que implicaram em melhorias nas condições das técnicas de

aquisição, tratamento e análise de dados, além dos avanços no sensoriamento remoto e técnicas de representação espacial.

Os avanços identificados estão ligados a questões técnicas, que demonstraram mudanças significativas nos últimos 40 anos. Esses avanços têm permitido uma compreensão mais detalhada da dinâmica do clima urbano, tanto na sua dimensão espacial, como temporal. Destacam-se as possibilidades futuras da aplicação da modelagem espacial aos estudos do clima urbano, aparentando ser uma importante frente de trabalho que deve ser enfrentada. Associado a ela está a produção de imagens termais de alta resolução espacial, através de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). Esta técnica pode permitir avanços significativos para o entendimento das dinâmicas da superfície e sua relação com a atmosfera.

Ugeda Júnior e Amorim (2016) destacam, ainda, que, além de todos os fatores elencados desde os estudos de Sorre, adiciona-se mais um ao escopo das pesquisas na área de clima urbano: a produção do espaço urbano, no sentido de processo, que, assim como outros fatores, também não ocorre de maneira homogênea em todas as cidades. A intensidade da ocupação do solo, o nível de verticalização, a vegetação urbana, os tipos de materiais construtivos, o uso do solo, a intensidade do tráfego, enfim, todos os elementos que são inerentes ao espaço urbano se diferenciam, não só entre uma cidade e outra, mas também entre os bairros da mesma cidade, e entre a cidade e o campo. Cada cidade é, por natureza, um sistema complexo e seu clima característico, resultado dessa dinâmica e interações.

No entanto, Torres (2017) faz uma reflexão importante sobre os estudos de clima urbano no Brasil. A autora identifica que a maior parte dos estudos nesta área fundamenta-se, principalmente, na abordagem descritiva de modelos empíricos. Grande parte dos trabalhos dispensa pouca atenção à abordagem das capacidades exploratórias ou de simulação futura, com o objetivo de construir um conjunto de informações para o planejamento urbano. Poucas pesquisas têm o estudo da forma urbana como precedente ao estudo das mudanças climáticas no contexto urbano.

Por outro lado, a aplicação da climatologia ao planejamento urbano é um dos objetivos apontados pela maioria dos pesquisadores da área. A constatação da falta de aplicação é também muito recorrente, sendo requerida, em geral, a adequação climática dos modelos de ocupação arquitetônica e urbana (OLGAY, 1963; GIVONI, 1998), explicitando os prejuízos das práticas atuais, caracterizados pela total desconsideração das condições ambientais locais dos conjuntos edificados urbanos.

Como destacam Torres (2017) e Assis (2005), as análises sobre adequação climática são baseadas em análises isoladas, qualitativas e genéricas.

Já no final do século passado, Batty e Longley (1994) afirmam que nossa visão das cidades está mudando. Há pouco mais de 100 anos, as cidades eram entendidas e planejadas como artefatos físicos, com preocupação predominante por sua arquitetura e estética. Até a década de 1960, o ponto de vista físico permanecia central, apesar de uma mudança gradual das preocupações estéticas para a eficiência locacional.

Depois de mais de um século de esforço, grande parte do nosso conhecimento sobre a cidade ainda é parcial e fragmentário, baseado em um caleidoscópio de pesquisas, muitas vezes isoladas, pontos de vista e ideologias.

3

A forma de uma cidade muda mais depressa, lamentavelmente, que o coração de um mortal.

(BAUDELAIRE *apud* LE GOFF, 1988, p.143).

MORFOLOGIA URBANA

Nesta seção transcorre a discussão de três características que definem e moldam o objeto cidade: a forma, o clima e o tempo. As conexões entre estes elementos de discussão são a base para a construção da presente tese, onde se apoiam as hipóteses de transformação da cidade e ratificam sua complexidade.

3.1 Morfologia urbana: definições e metodologias de análise

Dentre outras definições, a palavra morfologia significa o estudo das formas que a matéria pode tomar; aparência externa de um ser vivo. A morfologia da cidade, por sua vez, se encaixa em ambas as definições. A cidade é, essencialmente, forma e vida que se transforma diariamente como um ser vivo.

Neste sentido, Morin (2012) acredita que vivemos um tempo de metamorfose, e esta metamorfose precisa ter uma ebulição criativa. Considera, também, que esse processo já começou, sem que tenhamos plena consciência. A metamorfose da cidade está nas alterações da sua forma, da sua mobilidade, da sua paisagem e, conseqüentemente, na modificação do clima urbano. A ebulição criativa que precisamos ter está na mudança de perspectiva dos estudos urbanos que precisam estudar a cidade em movimento e metamorfose constante.

Vale ressaltar que, segundo Kestler (2006), o termo “morfologia” foi primeiramente utilizado por Goethe³² no texto *Zur Morphologie*³³, em 1817. O termo é definido como estudo das formas que a matéria pode tomar, ciência que se ocupa

³² Johann Wolfgang Von Goethe (1749-1832) foi um poeta alemão. A partir do estudo da botânica, Goethe adentrou o campo da morfologia (estudo das formas que a matéria pode tomar), ciência, aliás, batizada por ele (KESTLER, 2006).

³³ Sobre morfologia.

com a forma, a formação e a transformação dos seres. Morfologia é, portanto, o estudo da forma e processo, forma e crescimento, forma e função. É na amplitude deste conceito sobre morfologia, que o presente estudo sobre a cidade de Maceió trilhou sua investigação acerca do sistema complexo que é a cidade.

Portanto, se quisermos introduzir uma Morfologia, não devemos falar de forma; se, pelo contrário, usarmos a palavra, então temos de tomá-la em qualquer dos casos apenas como ideia [...] O que está formado, transforma-se de novo imediatamente e nós temos, se quisermos de algum modo chegar à intuição viva da Natureza, de nos mantermos tão móveis e plásticos como o exemplo que ela nos propõe [...] (GOETHE, 1998, p. 55-56 *apud* KESTLER, 2006, p. 47).

Martins (2014) define que pensar a evolução da cidade através da adaptabilidade de sua forma construída a um conjunto de objetivos e critérios, requer uma compreensão do repertório significativo das formas existentes. Assim, torna-se possível modificar, adaptar um sistema de formas, decompô-lo em partes, mas conservando sua forma global, o que, segundo Salat (2011), constitui uma forma de permanência e resiliência³⁴.

O crescimento progressivo da cidade, a partir de adições e subtrações sucessivas de seus elementos, pode conduzir, através de um processo de seleção e mutação, a uma condição de adaptabilidade ao meio físico. Entretanto, um crescimento excessivamente acelerado e sem planejamento, ou com intervenções inapropriadas, seja no que se refere ao seu meio físico, estrutural, climático ou social pode progressivamente degradar a qualidade ambiental de uma cidade (MARTINS, 2014).

Nesta etapa do trabalho faz-se necessário explorar um repertório de formas urbanas, métodos de estudo e abordagens. A fim de se construir um arcabouço teórico que fundamente o enfoque metodológico proposto: transformações morfológicas e o clima urbano. Martins (2014) evidencia que o estudo da morfologia urbana constitui um instrumento poderoso no entendimento e no planejamento da cidade e, interage

³⁴ Resiliência é um conceito nascido da transdisciplinaridade. O termo foi empregado nos anos 1960 no domínio da Física. No final do século XX, a questão foi estudada no campo da Ecologia para definir a durabilidade ou a persistência de um ecossistema complexo. Holling (1973) define resiliência como sendo a capacidade de um ecossistema, de uma população ou de uma espécie para recuperar seu funcionamento e um desenvolvimento normal depois de sofrer uma grande perturbação. Em tal entendimento, a noção de sistema é essencial para a resiliência, uma vez que são os sistemas complexos que estão sujeitos a contínuas mudanças espaciais e temporais de seu ambiente. A resiliência urbana concerne, diretamente, a objetivos ecológicos (reduzir, reutilizar, reciclar) e sugere outras interações (reparar, reconceber, reagrupar, repensar) (FARIAS, 2017).

com uma ampla gama de disciplinas. No urbanismo, o estudo da morfologia aparece, principalmente, como um método de análise, chave para se detectar princípios, regras e tipos inerentes ao traçado da cidade, o que é fundamental para futuras intervenções urbanas (DEL RIO, 2000).

Outro conceito importante para a compreensão da abordagem morfológica é o de tipo, este como objeto síntese de um conjunto de atributos, estudos sistemáticos, para definir diferentes categorias, ou ainda como metodologia de projeto. Portanto, os conceitos de tipologia e tipo são instrumentos importantes para o estudo da morfologia urbana, uma vez que reconhecem conjuntos de formas baseados em vários critérios e permitem identificar tipos oferecendo uma articulação lógica (MARTINS, 2014).

Sendo assim, as análises “tipo-morfológicas”, propostas por Martins (2014), realizadas adiante, servirão para agregar temáticas mais complexas, como análise climática, atributos da forma urbana, parâmetros urbanísticos, desenho urbano.

Alguns exemplos encontrados podem exemplificar análises tipo-morfológicas. Martin e March (1972), motivados pela procura de uma tipologia que apresentasse o melhor potencial para construir em relação ao melhor aproveitamento do solo urbano, investigaram diferentes geometrias, e chegaram a seis tipos principais comumente encontradas nas cidades europeias: pavilhões, barras, geminadas, edifícios geminados com pátio, pavilhões com pátio e pátios (Figura 10).

Figura 10 – Formas urbanas simplificadas



Fonte: Martins (2014).

Outro exemplo importante e mais recente, dessa vez relacionado aos estudos em clima urbano é o de Stewart e Oke (2012). Os mesmos propõem zoneamento climático local de acordo com modelos genéricos de forma urbana caracterizados por atributos “morfoclimáticos”. Os autores desenvolveram uma classificação baseada no clima de sítios urbanos e rurais, que se aplica universalmente e sendo de fácil compreensão e aplicação nos estudos de clima, que relacionam morfologia urbana e ilhas de calor.

Existem dois objetivos principais nesta classificação: 1) facilitar documentação consistente dos dados do sítio e, assim, melhorar a base para comparações entre

locais; e 2) fornecer um protocolo objetivo para medir a magnitude do efeito da ilha de calor em qualquer cidade.

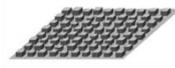
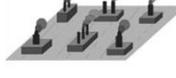
Stewart e Oke (2012) afirmam que os termos urbano e rural, sozinhos, não são suficientes para descrever um sítio e seus arredores locais. Sendo assim, o universo para a nova classificação é "paisagem", que foi definida como escala local com características físicas e/ou culturais, que foram moldadas pela física e/ou agentes culturais. O universo paisagem é dividido de acordo com as propriedades que influenciam a temperatura, ou seja, a estrutura da superfície (altura e espaçamento de edifícios e árvores) e cobertura da superfície (permeável ou impermeável). A estrutura da superfície afeta o clima local através da sua modificação do fluxo de ar, calor atmosférico de ondas curtas e radiação de onda longa, enquanto a cobertura de superfície modifica o albedo, a umidade disponibilidade, e aquecimento do solo.

Desse modo, a classificação é feita por classes a emergir da divisão lógica do universo paisagem e são chamadas de *Local Climate Zones* (LCZs – Zonas Climáticas Locais). O nome é apropriado, porque as classes são locais em escala, climáticas na natureza, e zonas na representação. São 17 LCZs padrão, sendo 15, definidas pela estrutura da superfície e cobertura, e 2 por materiais de construção e emissões de calor antropogênicas (Figura 11).

O sistema LCZ é genérico e pode não capturar as peculiaridades de cada sítio urbano e rural. Sua visão da paisagem é altamente reducionista, e, como todas as classificações, seus poderes descritivos e explicativos são limitados. LCZs representam uma composição simples de edifícios, vias, vegetação, tipos de solo, rochas e água, dispostos uniformemente em 17 padrões, facilmente reconhecíveis (Figura 11).

É possível antever probabilidades através da classificação LCZ. A metodologia pode revelar a influência das características das estruturas de superfícies e cobertura do solo e relacionar às tendências de temperatura em longo prazo. Por outro lado, em locais onde registros históricos de temperatura não estão disponíveis, pode-se analisar as LCZs da área para inferir as tendências de temperatura no passado.

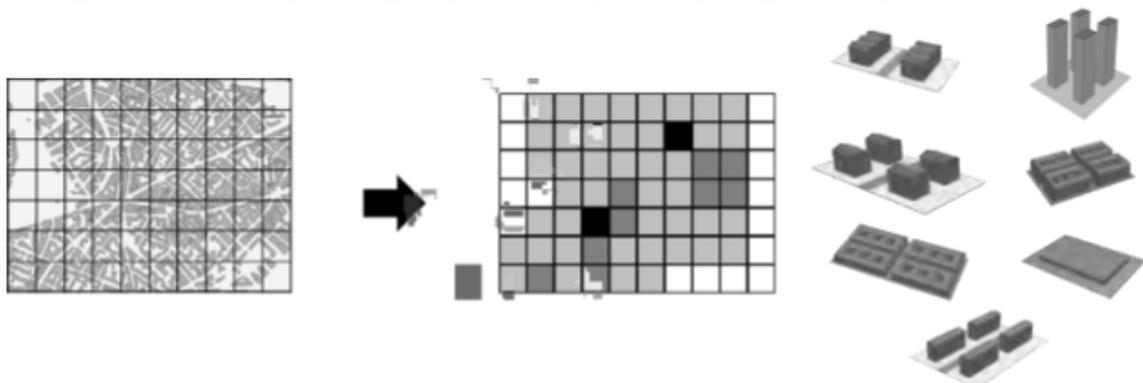
Figura 11 – Zonas Climáticas Locais (LCZ)

TIPOS CONSTRUTIVOS					
1. Arranha-céus compacto 	2. Altura média compacto 	3. Altura Baixa compacto 	4. Arranha-céus Aberto 	5. Altura Média Aberto 	
6. Altura baixa Aberto 	7. Construção Leve altura baixa 	8. Grandes edifícios altura baixa 	9. Construção esparsa 	10. Indústria pesada 	
TIPOS DE COBERTURA DO SOLO					
A. Árvores densas 	B. Árvores esparsas 	C. Arbusto, matagal 	D. Plantas rasteiras 	E. Rocha nua ou pavimentada 	
F. Solo nu ou areia 	G. Água 	PROPRIEDADES VARIÁVEIS DA COBERTURA DA TERRA			
		b. árvores sem folhas	s. cobertura de neve	d. terra seca	w. solo molhado

Fonte: Stewart e Oke (2012), adaptado pela autora.

No estudo de Bonhomme, Masson e Aldolphe (2012), os autores utilizaram os conceitos de tipologia e forma para elaborar uma ferramenta que gera automaticamente mapas tipológicos de quadras urbanas – GENIUS (*Generator of Interactive Urban blocks*). A partir de dados urbanos georeferenciados, o aplicativo trata, classifica e, por meio de métodos estatísticos, obtém um novo mapa contendo polígonos representando sete tipologias de quadras urbanas distintas (Figura 12).

Figura 12 – Princípio da geração do mapa de tipologias de quadras urbanas



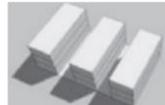
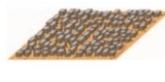
Fonte: Bonhomme, Masson e Aldolphe (2012), adaptado por Martins (2014).

O GENIUS faz parte de um projeto de pesquisa que realiza estudos sobre o efeito das mudanças climáticas, demanda e produção energética das tipologias de

quadra urbana até 2100 na região de Paris. O modelo é alimentado com previsões meteorológicas, socioeconômicas e ambientais (MASSON *et al.*, 2012).

Bonhomme (2012; 2013) propôs sete tipologias urbanas típicas que podem ser encontradas na maioria das cidades europeias: descendente baixo, baixo crescimento contínuo, descolamento médio, altura contínua, arranha-céus, centro antigo e edifício industrial. Os resultados sugeriram uma expansão para dez tipologias urbanas (Figura 13), que podem ser combinados com a “série construída” da classificação LCZ de Stewart e Oke (TORNAY *et al.*, 2017).

Figura 13 – Tipologias urbanas e correspondente zona climática local

GENIUS	LCZ CORRESPONDENTE	GENIUS	LCZ CORRESPONDENTE
Casas baixas isoladas 	Construção esparsa 	Descontínua média altura 	Altura Média Aberta 
Casas baixas semi-isoladas 	Altura baixa Aberto 	Contínua baixa altura 	Altura média compacta 
Descontínua baixa altura 	Altura baixa Aberto 	Arranha-céu 	Arranha-céus compacto e aberto 
Contínua baixa altura 	Altura baixa compacto 	Extensa de baixa altura 	Grandes edifícios altura baixa Indústria pesada 
Altura Média isolada 	Altura Média Aberto 	Construção informal 	Construção Leve altura baixa 

Fonte: Tornay *et al.* (2017), adaptado pela autora.

Existem muitos outros trabalhos na literatura que se propõem a medir e analisar padrões espaciais que caracterizam a forma urbana. A partir do século XXI, os estudos têm se intensificado e aprimorado, no sentido das análises serem mais objetivas e precisas. A aplicação dessas metodologias tem um grande potencial na caracterização da forma da cidade, mas apenas recentemente que estes índices foram utilizados para analisar e classificar a forma urbana de modo mais sistemático (ADOLPHE *et al.*, 2002).

Dentro dos estudos a respeito da forma urbana, podemos distinguir: os tipos, que caracterizam as tipologias e alguns estudos que foram descritos anteriormente; e os indicadores, que como afirma Martins (2014), traduzem os dados em uma informação sucinta para que possa ser facilmente compreendida, como também permitem simplificar cenários com consistência. Os indicadores tornam mais acessíveis os dados de uma cidade, sendo mais difundidos e assimilados por pesquisadores, planejadores e comunidade.

Benzerzour (2004) resumiu em três categorias principais de indicadores orientados para análise ambiental da morfologia construída (Tabela 1). Sendo a categoria de indicadores Morfoclimático mais adequada para identificação da forma urbana da cidade de Maceió.

Tabela 1 – Categorias metodológicas de indicadores da morfologia urbana

CATEGORIA DE INDICADORES	CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS REFERÊNCIAS
MORFOENERGÉTICOS	Morfoclimático	Tratam de identificar no contexto construído o que poderia influenciar um conjunto de fenômenos climáticos. Traduzindo-se, portanto, em grande número de indicadores. (GROLEAU; MARENNE, 1995) (AIT-AMEUR, 2002) (ADOLPHE, 2001)
	Físico-morfológico	Caracterizam apenas a influência sobre os fenômenos físicos e climatológicos, muitas vezes, em grande escala. (BOTTEMA, 1997) (GRIMMOND; OKE, 1999)
	Relacionam os diversos aspectos da morfologia urbana ao consumo e produção de energia nas cidades, não necessariamente passando pela interação entre morfologia e modificações físico climáticas locais. (SALAT, 2011) (ADOLPHE, CHATELETE et al, 2002)	
MORFO-FÍSICO-SENSÍVEIS	Destinam-se a caracterizar o que é percebido pelos usuários dos espaços urbanos, enquanto a caracterização da interação entre o físico e o construído não é um fim em si (não quantificáveis). (AUGOYERD, 1995) (BOUSSOUALIM, 2002) (LEVY, 1992)	
MORFOLÓGICOS-GRÁFICOS	São indicadores que podem ser usados para descrever uma interação entre o físico e o construído, mas não exclusivamente. A principal característica desta categoria de indicadores é estar baseada na definição geométrica e representação gráfica tornando-os mais explícitos do que as categorias anteriores (e.g DEM – Digital Elevation Model). (TELLER, 1999) (BENZERZOUR, 2004)	

Benzerzour (2004), adaptado pela autora.

Martins (2014) ainda reforça que o conceito e aplicação de indicadores para a morfologia urbana não é recente. A autora faz uma cronologia interessante sobre o uso de indicadores para estudo da morfologia urbana descrita e ampliada a seguir.

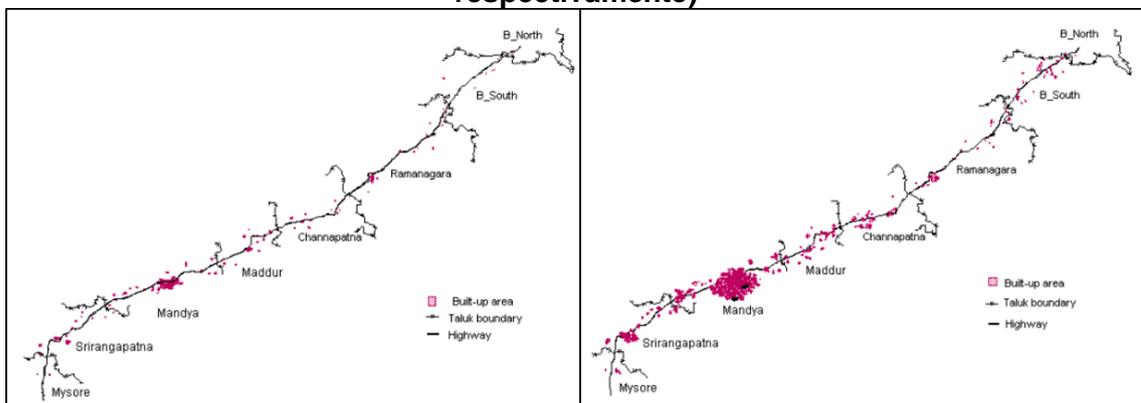
Torrens e Alberti (2000) distinguiram a forma urbana através de uma série de indicadores para densidade, acessibilidade, dispersão e características do edifício, tendo por base a análise de imagens obtidas por sensoriamento remoto.

Sudhira *et al.* (2003) reafirmam a importância da compreensão do fenômeno de urbanização e da análise dos padrões da forma urbana, através do sensoriamento remoto para entender as necessidades atuais e futuras de uma região. Esses estudos

desempenham um papel fundamental no planejamento, especialmente quando os recursos são escassos.

O conhecimento prévio de padrões de expansão e sua tendência ajudaria a promover o desenvolvimento do planejamento das necessidades básicas de uma região. Isso requer dados espaciais e estatísticos para um período de tempo diferente; dados temporais adquiridos remotamente de uma região, juntamente com os dados históricos (como padrões de crescimento populacional etc.), ajudariam a descobrir os padrões e tendências de crescimento e expansão. O estudo de 2003 demonstra o crescimento regional num seguimento entre duas importantes cidades da Índia através de análise de dados de sensoriamento remoto, em 1972 e 1998 (Figura 14).

Figura 14 – Área de construção entre Bangalore e Mysore (1972 e 1998, respectivamente)



Fonte: Sudhira *et al.* (2003), adaptado pela autora.

Além da relação entre morfologia e clima urbano, Ewing *et al.* (2002) criaram um índice baseado em quatro indicadores principais: densidade residencial, heterogeneidade no uso do solo, importância das atividades e acessibilidade, a fim de medir o impacto do espalhamento da cidade no transporte e mobilidade urbana.

Bem antes disso, destacaria aqui os estudos de Oliveira (1988), o qual observou que a forma urbana possui características que são indicadores do clima urbano e desenvolveu um método qualitativo de avaliação por meio de análise dos atributos bioclimatizantes da forma urbana quanto à tipologia e ao sítio (Quadro 2). O método é muito utilizado em trabalhos na área de clima urbano desenvolvidos no Brasil até hoje, e tem o objetivo de auxiliar pesquisadores e planejadores urbanos nas decisões sobre intervenções, expansões, zoneamentos e até previsão de cenários futuros quando os atributos são observados juntamente com a legislação urbanística.

Quadro 2 – Atributos bioclimatizantes da forma urbana

ATRIBUTOS BIOCLIMATIZANTES DA FORMA URBANA	
QUANTO AO SÍTIO	QUANTO À TIPOLOGIA URBANA
Relevo – Declividade (acentuada, pouco acentuada)	Formato – Horizontalidade / Verticalidade
Relevo – Orientação (favorável ou desfavorável à penetração dos ventos predominantes locais)	Formato – Densidade / Ocupação do solo
Relevo – Conformação geométrica (sítio plano, côncavo ou Convexo)	Formato – Orientação do sol
Relevo – Altura relativa (verificação da altitude)	Rugosidade – Diversidade de alturas
Solo - Natureza	Rugosidade - Fragmentação
	Porosidade – Tipo de trama
	Porosidade – Orientação dos ventos
	Porosidade – Continuidade da trama
	Presença/Ausência de vegetação urbana

Fonte: Oliveira (1988), adaptado pela autora.

Um indicador morfológico isolado não caracteriza adequadamente as características da forma urbana, nem sua condição climática dada a complexidade e dinâmica de uma cidade. Portanto, é importante observar que os estudos acima citados tendem a análises fragmentadas, o que contraria o cerne desta tese, mas que não diminuem sua importância. Porém, faz-se necessária a compreensão destes estudos, com vistas à articulação dos indicadores morfológicos e a observação das peculiaridades de cada contexto.

3.2 Morfologia das cidades contemporâneas: densidade, compacidade, dispersão

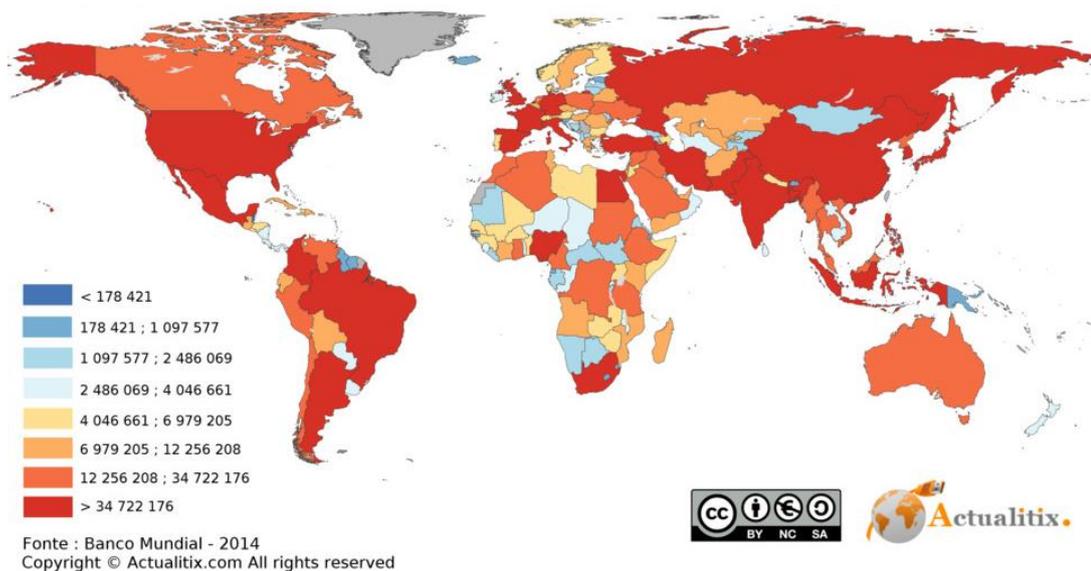
Há um grande consenso que a vida urbana se tornou o modo predominante de viver desde o século XX. Em contrapartida, parece que a própria cidade, no século XXI, se dividiu em dois processos: continuidade e descontinuidade, concentração e dispersão (SECHI, 2009).

Na relação homem e natureza, as cidades são o resultado cumulativo adquirido através do tempo, é constituída de uma paisagem cultural que está ligada ao meio urbano e torna-se cada vez mais artificial e complexa (SANTOS, 2012). A organização espacial das cidades é, por natureza, complexa. O crescimento territorial é um dos fatores dessa complexidade, relacionado à quantidade de elementos da estrutura urbana e como estes se dispõem no espaço urbano.

É fato que a expansão urbana está relacionada ao crescimento populacional, como também à migração do meio rural para o urbano que se intensificou a partir da primeira metade do século XX, em boa parte do mundo. Em 1900, somente um décimo da população mundial vivia em cidades. Nos anos 2000, metade da população era urbana, e, em um prazo de 30 anos, tal proporção será de, no mínimo, 75% dos habitantes. Grosso modo, o crescimento da população urbana global e os padrões ineficientes de moradia estão acelerando a taxa de aumento da poluição (ROGERS; GUMUCHDJIAN, 2008).

A cidade avançou no século XX com a progressiva transição do campo para a cidade. Cerca de 54% da população mundial vive em áreas urbanas, e esse percentual tende a aumentar para 66% até 2050 (ONU, 2014). O mesmo relatório de 2014 revelou que a população urbana, ao nível mundial, tem crescido rapidamente, passando de 746 milhões na década de 1950 para 3,9 bilhões em 2014. Sendo a Ásia, apesar do baixo nível de urbanização, com a maior porcentagem da população nos centros urbanos, seguida pelo continente Europeu e a América Latina (Figura 15).

Figura 15 – Distribuição da população urbana mundial



Fonte: Banco Mundial³⁵ (2014).

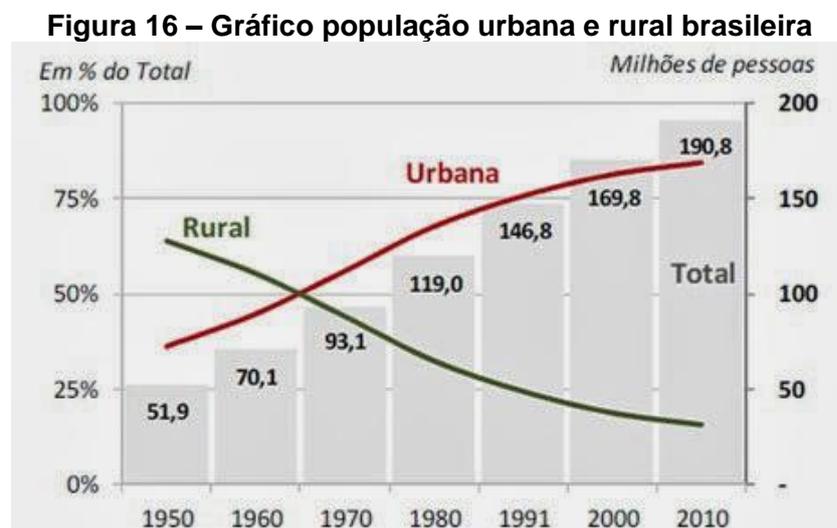
Há quase uma década, Morin (2012) advertia que os problemas demográficos que afetam o planejamento das cidades que devemos pensar e projetar, precisam ser colocados sob dois aspectos: o crescimento da população mundial e os fluxos

³⁵ Disponível em: <https://pt.actualitix.com/pais/wld/populacao-urbano.php>. Acesso em: out. 2018.

migratórios. O autor chamava atenção para alguns problemas que podem aumentar os fluxos migratórios, tais como o agravamento das condições de vida nas zonas sujeitas à desertificação, à rarefação e à poluição da água, às inundações e, muito provavelmente, à exacerbação dos conflitos no Oriente Médio e na Ásia. Fatos que estão acontecendo com muita frequência e volume preocupante.

Atualmente, os processos migratórios, do meio rural para o urbano se intensificam e as cidades continuam a crescer, na maioria das vezes, de forma desordenada, seguindo padrões da especulação imobiliária, e conseqüentemente observa-se o surgimento de novas centralidades. Assim como os processos de migração internacional também se intensificaram, coincidindo com a crise do neoliberalismo mundial, guerras, fome, perseguições políticas e religiosas, o que fez com que muitas pessoas migrassem de seus países de origem, em grande parte do leste europeu e África, principalmente para os Estados Unidos, Canadá, Japão, Austrália e às nações da União Europeia.

No Brasil, o maior crescimento populacional urbano aconteceu entre as décadas de 1940 e 1980. Segundo Santos (2005), a taxa de urbanização em 1940 era de 26,35% e em 1980 chegou a 68,86%. De acordo com dados do IBGE (2010), a maior parte da população brasileira vive em áreas urbanas, 84,72%. Tal percentual aumentará para aproximadamente 91%, em 2050, enquanto que 15,28% vivem em áreas rurais (UN, 2015) (Figura 16). A região com maior percentual de população urbana é o Sudeste, com 93,14%. A região Nordeste é a que conta com o maior percentual de habitantes vivendo em áreas rurais: 26,88%.



Fonte: IBGE (2010).

Os processos de crescimento populacional acarretam em demandas significativas em infraestrutura, transporte e, principalmente, moradia. A cidade é alterada em diversos aspectos: populacionais, sociais, econômicos, paisagísticos e territoriais. Santoro (2012) afirma que o crescimento territorial e o crescimento populacional são dimensões distintas, mas que estão relacionadas. Os aspectos populacionais contribuem para o crescimento territorial das cidades em duas dimensões: horizontal e vertical. Ou seja, enquanto processo, a cidade é modificada, essencialmente, em sua morfologia.

De maneira geral, Santos *et al.* (2018) afirmam que o processo de urbanização no Brasil acontece de forma mais intensa a partir do século XX, segundo a tendência mundial. Tal crescimento foi impulsionado pelos avanços e mudanças advindos da Revolução Industrial incentivada pelo presidente Vargas a partir da década de 1930. A expansão, nessa época, é mais evidente nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, onde a população era, predominantemente, rural e começa a migrar para os centros urbanos. Em 1970, estes estados já possuíam uma população predominantemente urbana. No Nordeste, este processo acontece um pouco depois e, só em 1980, alguns estados começam a apresentar uma população predominantemente urbana (JAPIASSÚ, 2015).

Santoro (2012) pontua que o fenômeno da expansão urbana no Brasil pode ser dividido em três momentos. O primeiro, entre 1930 e 1950, onde se dá no contexto da industrialização, como política econômica, e se caracteriza pela ausência de controle sobre o crescimento das cidades, como forma de criar um exército de reserva de mão de obra para baratear custos e facilitar a expansão industrial.

Em um segundo momento, entre as décadas de 1960 e 1980, no período da ditadura militar (1964-1985), tem como principal traço o descompasso entre a produção de casas e a produção da cidade: ao mesmo tempo em que as políticas habitacionais receberam muito investimento por intermédio do Banco Nacional da Habitação (BNH), a infraestrutura urbana não recebia a mesma atenção. Período também marcado pelo surgimento de diversas leis para tratar da expansão urbana.

Vale ressaltar que, entre 1940 e 1980, a população urbana brasileira mais que sextuplicou, passando de 13 para 80 milhões. Fato que produziu, dada a intensa velocidade do processo e ao escasso investimento em infraestrutura urbana efetuado. Um intenso quadro de carências em termos de más condições de habitação,

deficiência de água encanada, rede e tratamento de esgoto, iluminação pública insuficiente, pavimentação e transporte precários (LEAL, 1990; SANTORO, 2012).

O terceiro momento, que vai da redemocratização, meados da década de 1970 e 1980, até os dias de hoje, se define pela criação de novas regulações e instituições, como o Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/01) que estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem-estar coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental. Porém, encarrega a maior responsabilidade sobre o tema aos municípios. É nesse contexto que ocorre a flexibilização do parcelamento do solo, que permite que áreas sem equipamentos urbanos mínimos sejam definidas como áreas urbanas, com aparato jurídico que se contrapõe a normas federais (SANTORO, 2012).

Secchi (2006) considera que, embora a fragmentação e a dispersão da cidade contemporânea já se caracterizem como uma resposta aos problemas instituídos pela cidade moderna, não se configuram como sua evolução. Para tal, é importante uma resposta plural. Trabalhar com a dúvida, exploração, a experimentação, projetos mais abertos e de mecanismos mais articulados.

Como panorama geral, é possível observar que a urbanização brasileira cresceu e cresce com a força dos movimentos migratórios do campo para cidade, programas habitacionais para suprir a necessidade de moradia de uma população cada vez maior, e agressiva especulação imobiliária, resultando, como afirma Leal (1990) em uma irregular ocupação do espaço urbano e com altas densidades e vazios significativos. As cidades se encontram em um complexo dilema entre compacidade nos centros urbanos e áreas de alta especulação imobiliária, e dispersão, fazendo surgir novas centralidades nas áreas periféricas.

3.2.1 Densidade urbana

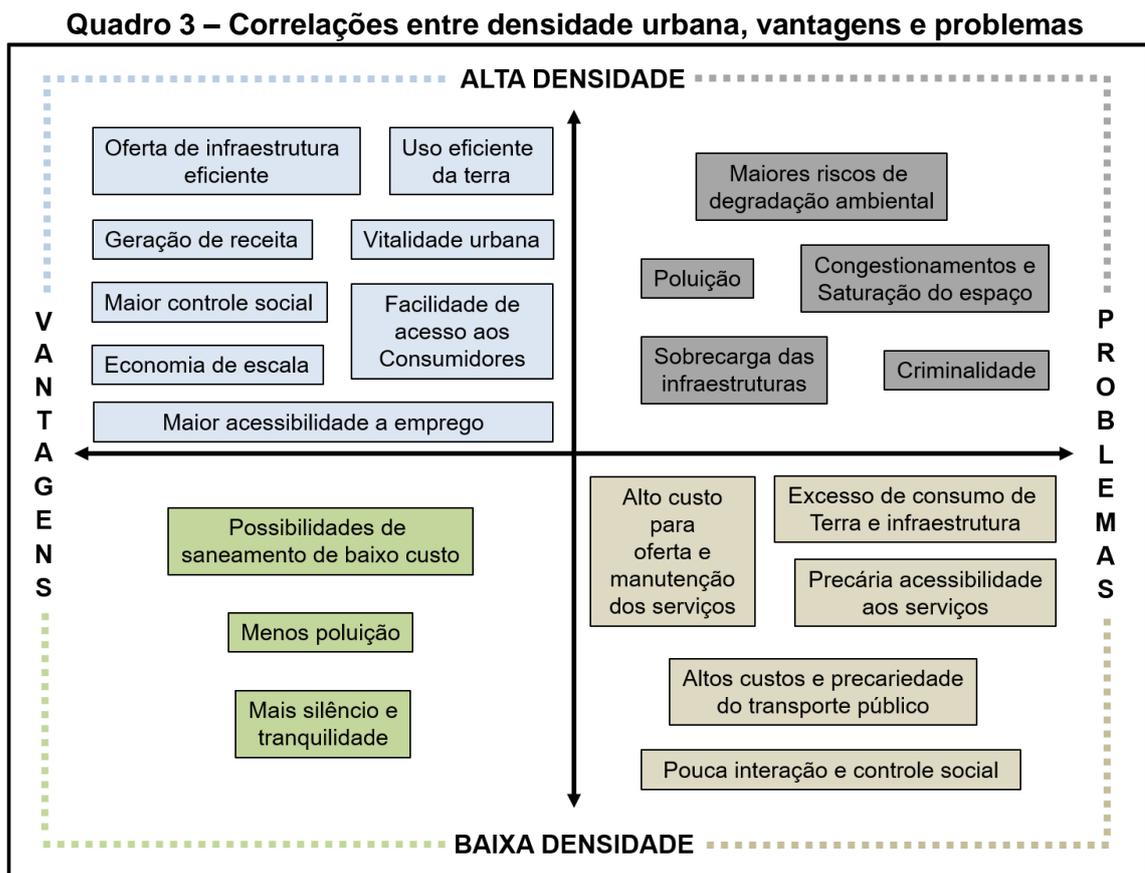
Uma alta concentração de pessoas e atividades ocupando um espaço definido pode levar a uma situação onde as vantagens da compacidade urbana podem desaparecer com alta densidade, conurbações, problemas nos transportes, abastecimento de água e energia ineficientes.

Nesse contexto, é importante caracterizar os espaços quanto à densidade, uma vez que este conceito pode ser entendido como um importante instrumento de planejamento e gestão urbana e um parâmetro de avaliação de qualidade ambiental

das cidades. Além disso, o conceito de densidade sempre esteve presente nas discussões sobre crescimento populacional e, conseqüentemente, adensamento urbano e verticalização, são temas importantes para o estudo das cidades.

Porém, é preciso ressaltar que a densidade em si não é o problema principal, e sim a falta de infraestrutura para acompanhar o crescimento das cidades e das populações. A cidade cresce mais rápido do que o planejamento urbano e na maioria dos casos, parece haver sempre uma dívida da infraestrutura disponível para com a população.

A densidade, em um conceito geral, é definida como a relação entre o número de habitantes de um determinado lugar e a área onde eles vivem. Como resultado, é possível informar o grau de concentração da população, variando conforme a intensidade de uso e ocupação do solo (ACIOLY; DAVDSON, 1998). Os autores apontam correlações entre as vantagens e desvantagens em relação à densidade urbana, que influenciam diretamente na qualidade dos espaços e, conseqüentemente, na qualidade de vida da população, sendo estas correlações muito importantes para o planejamento e gestão urbana (Quadro 3).



Fonte: Acioly e Davdson (1998), adaptado pela autora (2019).

O autor apresenta ainda duas formas de valores expressos referente à densidade urbana:

- Densidade bruta – relação entre o número total de habitantes e o total de área onde a população mora, trabalha, circula e utiliza para recreação (áreas de assentamentos, ruas e acessos, espaços públicos etc.);
- Densidade líquida – relação entre a população residencial e a área líquida na qual se reside (cálculo utilizado somente para áreas alocadas de uso residencial).

Porém, a discussão sobre a densidade urbana vai além da relação entre o número de habitantes e o espaço disponível, mas de que maneira o espaço se arranja para receber esta população.

Leite, Longo e Guerra (2015) afirmam que o economista Paul Krugman³⁶ acredita que o crescimento das grandes metrópoles será o modelo econômico de desenvolvimento do século XXI. O mesmo defende um modelo de cidade com maiores densidades urbanas baseado em uma tese aparentemente simples, que assenta em três pilares:

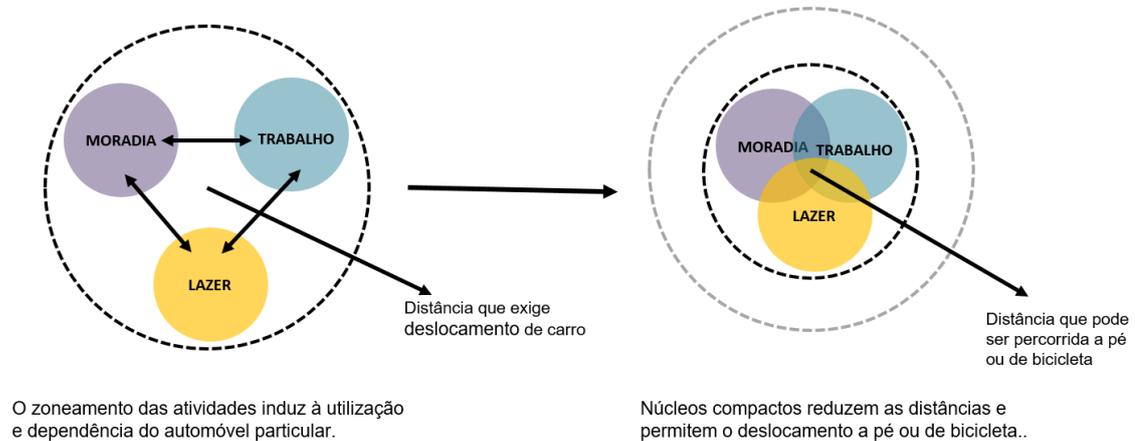
- a) Otimização de recursos: maiores densidades urbanas potencializam as infraestruturas urbanas, as ruas e sistemas de transportes, redes de cabos e fibras ou equipamentos públicos; cidades mais compactas desperdiçam menos investimentos públicos e aproximam as pessoas e suas necessidades urbanas;
- b) Inovação: grandes densidades urbanas propiciam concentração de diversidade que geram inovação e oportunidades únicas (seja em termos de conhecimento, cultura ou desenvolvimento econômico);
- c) Sustentabilidade: maiores densidades determinam menores consumos (principalmente de recursos energéticos) *per capita* e menor produção (de resíduos a emissões de gases de efeito estufa); ou seja, cidades compactas são mais sustentáveis.

Os três pilares da tese de Krugman corroboram com o pensamento de vários pesquisadores que apostam na densidade urbana como modelo ideal econômico-urbano. Jan Gehl (2013) e Chakrabarti (2014) demonstram ser possível a coexistência entre a qualidade de vida e o grande adensamento, e revelam a indissociabilidade de ambos: neste século, as cidades com melhor performance certamente serão as

³⁶ Paul Krugman é economista e vencedor do Prêmio Nobel de Economia de 2008.

idades compactas, pois reúnem de forma equilibrada o adensamento, a adequada oferta de infraestruturas e a proximidade entre os locais de moradia, trabalho e lazer. Na mesma linha de pensamento, Rogers (2001) já estudava as vantagens das cidades compactas (Figura 17).

Figura 17 – Esquema comparativo entre cidades dispersas e cidades compactas



Fonte: Rogers (2001), adaptado pela autora.

Por outro lado, Jacobs (2009, p. 230) pondera quanto à densidade ideal de uma cidade:

Quais densidades habitacionais urbanas seriam adequadas? A resposta é parecida com a que Lincoln deu à pergunta: ‘Qual deve ser o comprimento das pernas de um homem?’ Suficiente para alcançar o chão, respondeu Lincoln. Da mesma maneira, densidades habitacionais urbanas adequadas são uma questão de funcionalidade. As densidades são muito baixas, ou muito altas, quando impedem a diversidade urbana, em vez de a promover. Essa falta de funcionalidade é a razão de serem muito baixas ou muito altas.

Pescatori (2014) afirma que o século XX foi a era da urbanização, estendida intensivamente pelo território global. Nunca antes houve tantas cidades nem tantas pessoas vivendo nelas. A intensidade e extensão da urbanização, e os problemas ambientais, sociais e econômicos dela derivados ou a ela associados, indicam a necessidade de se encontrar uma versão equilibrada de urbanização, localizada entre o direcionamento veloz rumo a uma “aglomeração colossal e informe” e as tentativas de frear a descaracterização da cidade por meio da “reconstrução da cidade antiga”, como afirma Lefebvre (1991, p. 105):

Desde o começo da urbanização, há mais de 10.000 anos atrás, a formação do espaço da cidade pode ter seguido dois caminhos diferentes, um mais densamente aglomerado, projetado com permanência e continuidade em mente, e investido de formas monumentais que ajudam a centralizar a política, economia e cultura urbanas; o outro mais disperso, aglomerado ao redor de múltiplos nós, e aberto o suficiente para permitir o reassentamento de residências em novas áreas ao invés de reconstruir nos mesmos sítios (SOJA, 2000, p. 54).

Lefebvre (1991) refere-se a um possível equilíbrio de caráter multidimensional, que demandaria uma reformulação das bases da sociedade e aos aspectos físicos, espaciais das novas cidades. Aspectos que são centrais ao debate contemporâneo que buscam compreender a cidade atual, e propor alternativas possíveis. Neste debate se localizam dois paradigmas: o da cidade dispersa e o da cidade compacta e suas derivações.

3.2.2 Cidade compacta

O primeiro processo, a formação da cidade compacta, parece ser um lugar de encontro, de convívio com as diferenças e, também, um espaço onde o crescimento pode tornar-se incontrolável e trazer poluição, escassez de recursos, congestionamento de tráfego e violência, a ponto de abrir a possibilidade de que a cidade pode perder a qualidade que a torna atrativa e desejável como um lugar para viver (WALL, 2017).

Em 1973, o matemático norte-americano George Dantzig e o arquiteto Thomas L. Saaty utilizaram, pela primeira vez, o termo cidade compacta para descrever um modelo de urbanização no livro *The compact city: plan for a live able urban environment*, onde argumentavam pelo adensamento urbano para a utilização mais racional dos recursos naturais. Alguns trabalhos foram publicados sobre o tema nos anos seguintes, mas foi após a publicação do *Relatório Brundtland*, em 1987, e dos desdobramentos mundiais do debate sobre o meio ambiente, que surgiram inúmeras interpretações sobre a compactação urbana, desenhando a versão contemporânea deste paradigma (PESCATORI, 2014).

Este modelo de cidade é aquele que possui elevada densidade construída e muitas vezes, edificações justapostas, constituindo tecido urbano bastante compacto. Essas são características principais da maior parte dos centros antigos de muitas cidades, tal como aquelas do período colonial que existem nas regiões centrais de

algumas cidades brasileiras, ou as cidades medievais e as cidades funcionalistas no contexto europeu, que apresentam uma tipologia urbana marcada pela alta densidade tanto de construções como da população (MARTINS, 2014).

No final do século XIX, a alta densidade populacional, a aglomeração e a excessiva compacidade das cidades industrializadas eram consideradas a causa da degradação urbana (HALL, 1995).

As primeiras fábricas, pré-Revolução Industrial, não estavam dentro das cidades, mas sim próximas de fontes de recursos e energia nas áreas rurais. A partir deste momento, foi desenvolvida uma relação totalmente simbiótica e expansiva entre processos de urbanização e industrialização nunca antes atingidos, muito parecidos com os efeitos propulsores das primeiras cidades no desenvolvimento da agricultura (SOJA, 2000).

No contexto pós-industrial, os códigos urbanos e de posturas e de obras criaram regras de recuo, de insolação e ventilação – ao nível do edifício e da cidade, e regras para circulação urbana. Os principais planos implantados para responder aos problemas criados desses novos condicionantes, podem ser caracterizados como planos de reformas e de expansão, a exemplo de Paris e Barcelona (Figura 18).

Figura 18 – Vista área de Paris e Barcelona, respectivamente



Fonte: Google imagens (2018), adaptado pela autora.

Na reforma de Haussmann, em Paris, e no Plano de Cerdá, em Barcelona, foram consideradas a elevada densidade existente, com outro tipo de configuração espacial. A primeira experiência, essencialmente higienista, propunha uma maior porosidade do traçado com a abertura de vias e alargamento de outras. No caso da expansão de Cerdá, em Barcelona, as mesmas características da reforma de Paris foram consideradas e a elevada densidade existente foi mantida. Dessa vez, com

quadras regulares que se repetiam, sistema viário hierarquizado e tipologias construídas que facilitavam a contínua expansão do tecido urbano.

Mumford (1982) defendia a cidade compacta e propunha que a expansão urbana deveria ser contida e que as cidades deveriam estabelecer limites populacionais, a partir dos quais outras cidades seriam construídas. No final do século XX e início do século XXI, este debate foi retomado sob outra perspectiva.

O foco nas questões ambientais relacionadas à urbanização, os processos de expansão urbana e de transformação da cidade passaram a ser analisados, também, segundo parâmetros e índices de impacto ambiental, devido ao aumento de pesquisas que relacionam a forma da cidade e à qualidade ambiental, sustentabilidade e mobilidade urbana.

Sobre a paisagem da cidade compacta, Freitas (2008, p. 168) observa que:

Ao longo da história, foi predominantemente associada a aspectos negativos, devido a problemas sanitários e ambientais, como na Idade Média e na Cidade Industrial. Hoje essa mesma paisagem pode ser vista como a mais eficiente forma urbana, sendo até mesmo apontada como um fator de conservação ambiental.

Os principais argumentos em defesa da forma compacta das cidades são sobre deslocamentos residência-trabalho, e a escala humana também é privilegiada pela possibilidade de encontros sem grandes deslocamentos. Sendo assim, a alta densidade diversificaria os usos e incentivaria deslocamentos de bicicleta e caminhadas, o que traria benefícios à saúde e à cidade no sentido de menor consumo de energia, menos emissão de poluentes e mais saúde física e mental (FREITAS, 2008).

3.2.3 Cidade dispersa

Em um segundo momento do processo de construção das cidades, o aumento populacional modificou a configuração espacial dos espaços urbanos a partir da revolução industrial, que passou a não comportar uma alta densidade. A relação entre o número de habitantes e o espaço por eles ocupado tornou-se um aspecto extremamente importante. Para alguns planejadores, a melhor solução era a de inibir o êxodo rural e reduzir a densidade da cidade, construindo habitações unifamiliares espalhadas em subúrbios, o que fez surgir as cidades dispersas (MARTINS, 2014).

O paradigma da cidade dispersa retrata uma realidade que não se restringe ao contexto brasileiro, mas é global: a expansão rápida e ampla das áreas urbanizadas contribui para a dispersão dos tecidos urbanos. Segundo Pescatori (2014), este fenômeno tem sido estudado no exterior e no Brasil, sendo reconhecida por muitos pesquisadores como irreversível e global.

A designação dispersão urbana é equivalente ao *urbans prawl*, do inglês e *étalement urbain*, do francês. Esse termo explica a expansão horizontalizada, espalhada, e não compacta, do tecido urbano. Trata-se da extensão da configuração do tecido urbano (malha, ambiente construído, vias etc.), conformando núcleos urbanos dispersos e territorialmente descontínuos do conjunto urbano principal, os subúrbios (SILVA, 2013).

São exemplos de dispersão urbana, grandes conjuntos residenciais, geralmente localizados em áreas afastadas dos centros das cidades, como Levittown (Figura 19), um dos primeiros subúrbios norte-americanos implantado em Nova Iorque, na década de 1950, e em Maceió, o Conjunto Benedito Bentes (Figura 20), na década de 1980.

Figura 19 – Levittown, NY, EUA (década de 1950)



Fonte: Cinema Guild³⁷ (2019).

³⁷ Disponível em: <http://store.cinemaguild.com/nontheatrical/product/1323.html>. Acesso em: set. 2018.

Figura 20 – Conjunto Residencial Benedito Bentes, Maceió-AL (1986)



Fonte: Site Repórter Maceió³⁸ (2018).

No final da década de 1960, o arquiteto e urbanista Melvin Webber fez uma interpretação dos impactos das evoluções tecnológicas do transporte e da comunicação na urbanização. Estas novas tecnologias permitiram a completa desvinculação entre o transporte e a comunicação, e expandiram a escala da sociedade urbana para outra dimensão que é "cada vez mais independente da cidade", num processo que reduziu a importância do lugar, enquanto amplia a segregação espacial de diferentes grupos sociais:

[...] a muito difundida disponibilidade de transporte aéreo comercial e de comunicação telefônica global permitiu que uma classe de pessoas afluentes vivesse em qualquer lugar – em subúrbios, em distritos rurais, no alto de montanhas, por exemplo – e ainda assim permanecesse “urbana”, participando completamente da vida intelectual, profissional e econômica. Ao mesmo tempo, foram exatamente as populações pobres que ficaram presas no interior das cidades, desprovidas de acesso às tecnologias que estão ficando cada vez mais “rurais”, no sentido de que eles são não-participantes dos assuntos da comunidade global (WEBBER, 1968, p. 470).

Em diferentes momentos históricos, a técnica viabiliza transformações na forma que o homem ocupa o território. No final do século XIX, o transporte, comunicações, materiais, vão viabilizar a suburbanização. No final do século XX, o transporte, com a

³⁸ Disponível em: <https://www.reportermaceio.com.br/benedito-bentes/>. Acesso em: out. 2018.

ampliação do acesso ao automóvel, avião, comunicação, vão viabilizar a hiper suburbanização – a dispersão urbana (PESCATORI, 2014).

[...] implantação de sistemas de transporte urbano, primeiramente por trilhos (bondes e trens suburbanos, seguidos pelo metrô) e depois, o de matriz automotiva (ônibus, carros, caminhões, motos etc.), geraram condições técnicas e funcionais para uma cidade mais expandida (SPOSITO, 2010, p. 72).

Botelho (2012) categoriza em seis pontos as explicações sobre as causas da dispersão urbana contemporânea (Quadro 4).

Quadro 4 – Interpretações da dispersão urbana

VIÉS EXPLICATIVO	ENTENDIMENTO DA DISPERSÃO
Naturalista	Consequência natural do crescimento das cidades quando adquirem certo grau de maturidade e afluência.
Tecnicista	Possibilitada pela maior mobilidade urbana e por avanços tecnológicos nos meios de transporte e nas comunicações.
Culturalista	Devido ao sentimento antiurbano, ligado ao ferrenho individualismo e à busca por vizinhanças homogêneas, dominante em algumas sociedades, notadamente as anglo-saxônicas.
Economicista	Resposta ao efeito direto da falta de regulação predominante do modo de produção capitalista e do crescimento urbano.
Estatista	O Estado é o agente fundamental para compreender a dispersão, uma vez que ela é produzida por meio de uma série de ações e decisões, algumas vezes contraditórias entre si.
Liberal	Seria o efeito da escolha individual e racional de membros e agentes da sociedade.

Fonte: Nascimento Júnior (2017), adaptado pela autora.

Ojima e Marandola Jr. (2016) qualificam a urbanização dispersa em duas dimensões: autossegregação e periferização. A primeira se dá como possibilidade financeira e econômica de condições de localidade e moradia, baseada no poder de decisão e da escolha no uso da cidade em espaços fechados ou em condomínios murados. A segunda dimensão se caracteriza na qualificação de áreas habitadas por população com baixos rendimentos, nas quais o acesso aos terrenos e à moradia, muitas vezes é uma imposição sobre quais lugares onde a população mais pobre deve morar.

Medeiros (2006) enfatiza que as centralidades se deslocam e, em consequência, os grupamentos urbanos se tornam estruturas imensas além-controle. É processo que, inclusive, define novas formas de articulação urbana: Londres se

consolida desta maneira, Recife também. A cidade segue acompanhando as estradas intercidades, vilas e aldeias, formando uma entidade só. Instala-se a megalópole.

Desse modo, é fato que a compreensão de cidade dispersa possui várias dimensões: territorial, temporal, social, econômica, ambiental. Alguns pesquisadores afirmam que esta última pode revelar um lado positivo da dispersão, quando este permite que a cidade tenha um melhor desempenho do ponto de vista do conforto ambiental. Uma vez que pode ter um melhor desempenho térmico e energético devido à maior permeabilidade do solo, facilidade de penetração dos ventos, disponibilidade de áreas livres e vegetadas e pouca interferência entre as habitações.

Limonad (2007) coloca que a dispersão urbana tem sido combatida em defesa do meio ambiente e como um meio de otimizar investimentos e poupar recursos financeiros, mas questiona se este combate não ocorreria simplesmente porque a urbanização dispersa configura um desvio em relação aos padrões conhecidos e consagrados de crescimento urbano. Secchi (2009) argumenta que existe na sociedade uma vontade reprimida por dispersar, instigada pela idealização da vida suburbana. A dispersão responde, então, a uma multiplicidade de desejos, de expectativas, de imaginários cotidianos, e de disponibilidades de tempo e recursos financeiros, que permitem ou impõem a ocupação de áreas não consolidadas.

Porém, em muitos casos, a dispersão pode ser sinônimo de segregação urbana. Interações não lineares são capazes de gerar padrões espaciais globais inesperados e não intuitivos (SCHELLING, 1971). A moradia em subúrbios pode ser, para alguns, uma opção por moradia tranquila ou mais barata. Mas, na realidade, muitas vezes, é imposta por um sistema complexo de decisões políticas e programas de moradia com propostas em áreas de baixo custo de terra e cada vez mais distantes dos centros urbanos.

A segregação urbana vai além da questão da moradia distante dos centros, propostas e alternativas para as cidades do “amanhã”; são marcadas pela proliferação de parques temáticos, de experiências urbanas que tendem ao isolamento de grupos, como os condomínios fechados, hotéis e shopping centers (LIMENA, 2001).

Rueda (2010) observa que as conexões no sistema urbano das cidades difusas se realizam através das redes viárias, as quais promovem a dispersão urbana. O produto desse formato urbano é segregado e que separa socialmente a população. A locomoção com o uso de transporte em grandes distâncias implica em transtornos, como: congestionamentos, emissão de gases, ruídos, acidentes e aumento do tempo

no transporte de pessoas, serviços, materiais e mercadorias. As soluções consistem no aumento do sistema viário, o que agrava a dispersão territorial e o consumo de energia.

Já na cidade compacta, o transporte público pode ser mais racional e eficiente, o que reduz o número de veículos e melhora o tráfego das ruas. Este modelo não causa tantos impactos como os observados nas cidades difusas.

Enquanto na cidade compacta as distâncias menores são mais eficientes quanto à mobilidade urbana, a cidade dispersa pode oferecer mais ventilação, espaços livres para áreas verdes, distância entre áreas residenciais e centros muito adensados e verticalizados. Porém, de acordo com os estudos acima citados, não foi possível mensurar a influência da compactidade e dispersão como fator determinante de alterações climáticas locais.

O planejamento urbano é fator decisivo para uma cidade mais confortável, seja dispersa ou compacta. Do ponto de vista climático urbano, o desempenho deste vai depender de muitos fatores, além da configuração espacial da cidade, como espaçamento entre edifícios, áreas verdes, materiais de revestimento, tráfego, e características climáticas naturais.

4

Viver em ti é sempre flutuar,
Nas águas turvas da lagoa morna,
Ante os murmúrios lânguidos do mar,
Sob esse coqueiral que a tudo adorna.
(LIMA, 1990, p.23)

MACEIÓ COMPLEXA

Nesta seção delinea-se o método de abordagem do presente estudo, bem como o estudo multidimensional acerca da cidade de Maceió. A base teórica do método foi amparada na Teoria do Pensamento Complexo, na Teoria Sistêmica; e em estudos sobre análises morfológicas e climáticas urbanas, assim como o estudo das características naturais, históricas, sociais, e climáticas da cidade conduziram a tese na busca por um conhecimento menos fragmentado.

Neste sentido, o estudo transcorre pelas características naturais da cidade e pela história até a contemporaneidade, assim como perpassa pelas transformações morfológicas urbanas ao longo do tempo.

4.1 O método

Castells (1983) relata que a problemática em relação aos estudos na área de Urbanismo está no fato de raramente estes ultrapassarem a intenção físico-descritiva da forma urbana. Quando avança, torna-se estudo mais sociológico, historiográfico, geográfico, político, que arquitetônico. Para a análise morfológica, iniciativas que lidam apenas com Geografia Física não são recomendadas, pois se passa a investigar apenas dimensões quantificáveis de áreas, concentrações e detalhamentos, tendendo-se a um processo descritivo.

Neste sentido, e na intenção de conduzir um estudo em que a cidade não seja apenas objeto de análise, o Pensamento Complexo de Edgar Morin é a lente pela qual, neste estudo, é possível enxergar a cidade como um sistema. O território, a paisagem, as conexões espaciais e temporais, e os indivíduos são partes de um todo, um sistema complexo.

Sendo assim, o método de estudo escolhido foi o dialético, que amparado nas reflexões acerca do Pensamento Complexo, desenvolveu-se de maneira pluridisciplinar. As etapas metodológicas definidas no início da pesquisa, e que foram cumpridas até aqui, serviram de base para determinar a metodologia nesta etapa do trabalho após as pesquisas bibliográficas e documentais.

Nesta etapa de desenvolvimento da tese, o estudo das características naturais da cidade serve para o entendimento do sítio como espaço inicial de ocupação urbana e como estas características naturais moldam a forma da cidade desde seus primeiros núcleos de povoamento até hoje.

Em paralelo ao embasamento acerca da cidade, foi necessário ampliar a visão além da pesquisa documental e observar a cidade *in loco*. Porém, com a impossibilidade de percorrer a cidade inteira, foi definido um percurso que pudesse traçar um perfil histórico e morfoclimático da cidade que será detalhado posteriormente.

No dilema entre estudar o todo, a cidade; e as partes, o percurso, que contempla alguns bairros, foi preciso recorrer a Morin (2005), quando ressalta que um dos primeiros passos para construir um Pensamento Complexo é se livrar da ilusão da completude. “A totalidade é a não verdade” (MORIN, 2005). Sendo assim, o percurso adotado não contempla a cidade inteira, mas consegue traçar uma linha do tempo desde o início da ocupação da cidade até a percepção do está por vir.

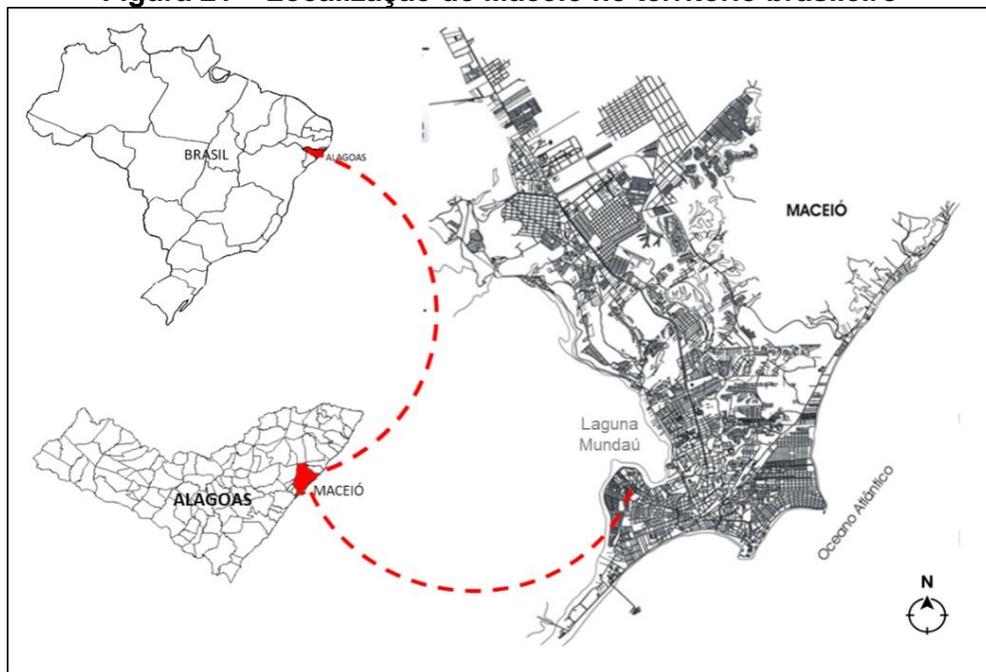
Na sequência, foram elaborados mapas com dados do NDVI e temperatura de superfície, para os anos de 1990, 2006 e 2018 através de sensoriamento remoto. Posteriormente, viu-se a necessidade de coletar dados de temperatura de superfície ao longo do percurso para que estes pudessem confirmar os obtidos nas pesquisas de sensoriamento remoto. Finalmente, a intenção de correlacionar as transformações morfológicas com alterações climáticas urbanas resultou na última etapa do presente trabalho.

4.2 Morfologia Natural

A cidade de Maceió, capital do estado de Alagoas, está situada no litoral do Nordeste brasileiro entre a latitude 9°39' sul da linha do Equador e longitude 35°44' oeste do meridiano de Greenwich. A cidade abrange uma área de 509,5km², sendo aproximadamente 200km² de área urbana, onde reside a maioria da população de

cerca de 1.012.382 habitantes (IBGE, 2018). Tem como limites físicos a Laguna Mundaú, o Oceano Atlântico, grotas e encostas localizadas a nordeste da cidade, sendo estas características naturais limitantes para ocupação da cidade (Figura 21) (MACEIÓ, 2005).

Figura 21 – Localização de Maceió no território brasileiro



Fonte: Autora (2019).

Segundo Lima (1990), no que diz respeito à morfologia natural, Maceió é a “cidade restinga”, dada a sua situação numa faixa arenosa, que transformou um estuário em lagoa.

A cidade é construída, a partir de um “terraço de erosão marinha”, esculpido na extremidade do tabuleiro, saliente na parte norte oriental da “calha” aberta para o mar, que se estende, continuado por uma faixa arenosa, a cruzar a “boca” de um rio, da direção de sudoeste. Apresenta do lado leste a praia em forma de “crescente”, e do lado da lagoa, a oeste, uma ponta arenosa à vasa de ilhas de mangues. A cidade também ocupa o alto do tabuleiro ao norte.

Assim, a posição de Maceió é na parte centro-leste do litoral de Alagoas e no extremo oriental da área das lagoas Mundaú e Manguaba; tem ao norte terras dos municípios de Maceió e Satuba; a oeste, municípios de Pilar e Marechal Deodoro (este também ao sul), a leste fica o Oceano Atlântico.

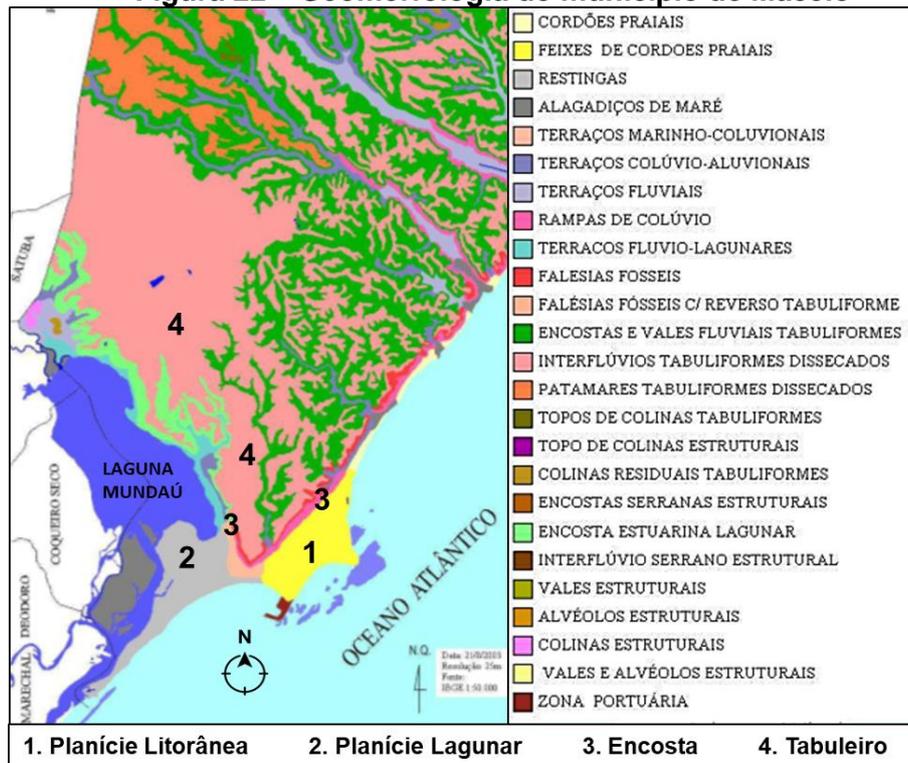
No Relatório de Avaliação Ambiental (RAA, 1999) consta da existência de três níveis topográficos em Maceió:

Nível 1 – A Planície ou Baixada Litorânea encontra-se a uma altitude que varia de 2m a 4m acima do nível do mar composta de: terraços eustáticos, pontas triangulares imitando tómbulos (como Ponta Verde e Ponta da capitania, onde situa-se o porto de Maceió), da praia do terraço da Pajuçara e da restinga. Este nível estende-se por todo litoral e margem lagunar. Nele estão localizados os bairros da Levada, Ponta Grossa, Prado, Trapiche, Jaraguá, Pajuçara, Ponta Verde, Ponta da terra, Jatiúca, Cruz das Almas e toda área de expansão urbana na zona norte da cidade.

Nível 2 – É formado por um terraço estrutural cortado na base do tabuleiro, com altitude entre 6m e 10m acima do nível do mar, onde está localizado o centro da cidade.

Nível 3 – Formado por tabuleiros com altitude entre 40m (na borda – baixo planalto também conhecido como alto da Jacutinga) e 80m acima do nível do mar (Cidade Universitária), cuja estrutura geológica é caracterizada por tabuleiros terciários, que se estendem nas proximidades do mar com suas falésias, fósseis e ribanceiras voltadas para os vales dos riachos e lagoas, pela incisão destes em sua estrutura que avançam até 30km para o interior do continente; e por rochas do embasamento cristalino que se encontram na metade ocidental no município sob os tabuleiros que compreendem a formação de barreiras. A outra metade, em direção ao oceano, é um bloco afundado, parte da bacia sedimentar de Alagoas. Este nível também compreende uma área de expansão urbana, denominada Tabuleiro do Martins (Figura 22).

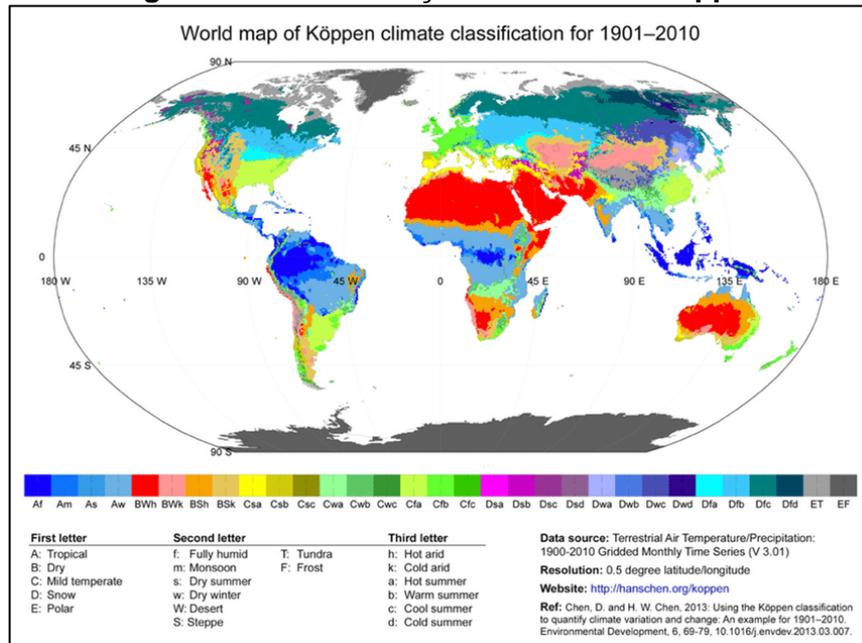
Figura 22 – Geomorfologia do município de Maceió



Fonte: LGA-IGDEMA-UFAL (2004), adaptado pela autora.

4.3 Perfil climático

Quanto ao clima da cidade, é caracterizado como quente e úmido do tipo As', de acordo com a classificação de Köppen (1936) (Figura 23), com pequena variação de temperatura e umidade, tanto diariamente quanto ao longo do ano. Possui duas estações climáticas, verão e inverno. Sendo o verão caracterizado com altas temperaturas e baixa pluviosidade com ocorrência de chuvas passageiras. No entanto, o inverno, possui alto índice pluviométrico e temperaturas um pouco mais baixas que no verão. Sendo assim, o que distingue mais especificamente estas duas estações não é o aumento ou diminuição dos valores das temperaturas e sim a incidência de chuvas ou não.

Figura 23 – Classificação climática de Köppen

Fonte: Site Reaseach gate³⁹ (2013).

É possível observar o perfil climático da cidade, mais detalhadamente, através dos dados das normais climatológicas para Maceió para o período de 1981-2010 (Tabela 2).

Tabela 2 – Normais climatológicas para o período de 1981-2010

MÊS	Temperatura Média (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Precipitação (mm)	Umidade Relativa (%)	Insolação (h)
Janeiro	26,0	31,0	21,4	83,0	75,9	241,4
Fevereiro	26,2	31,4	21,8	72,9	74,2	218,6
Março	26,5	31,5	22,1	117,4	74,9	206,6
Abril	26,0	30,6	21,8	207,5	77,8	202,5
Maiο	25,1	29,5	21,2	296,9	81,1	198,5
Junho	24,1	28,3	20,3	353,8	82,6	162,8
Julho	23,5	27,6	19,7	262,2	82,8	169,2
Agosto	23,5	27,6	19,7	201,5	81,9	180,6
Setembro	24,1	28,4	19,9	120,2	78,7	190,2
Outubro	25,1	29,9	20,3	61,6	76,1	220,4
Novembro	25,6	30,8	20,9	46,9	74,1	247,9
Dezembro	26,0	31,2	21,1	40,5	73,9	257,5
Anual	25,4	29,8	20,9	1867,4	77,8	2499,2

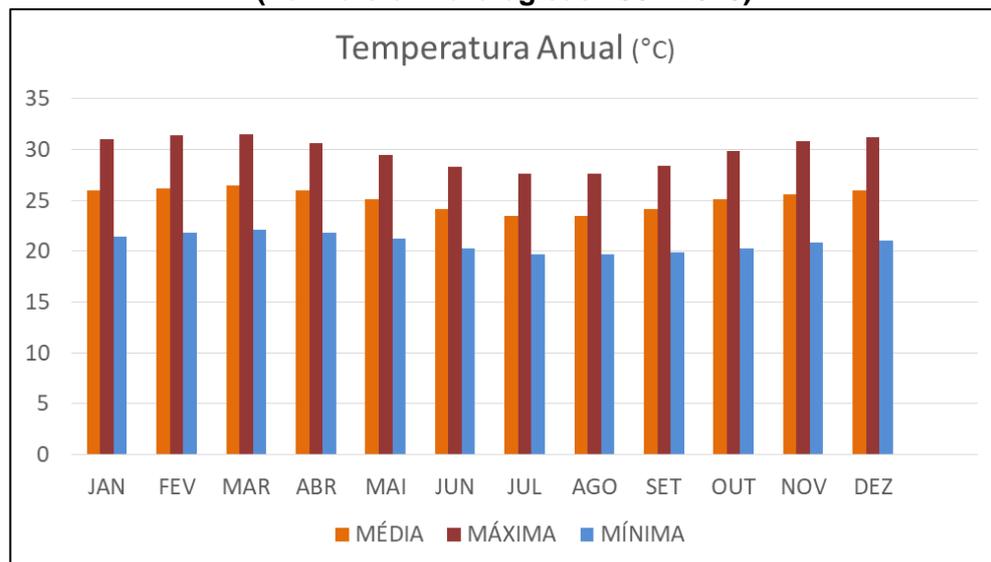
Fonte: INMET (2019).

³⁹ Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/World-Map-of-Koepfen-Climate-Classification-for-1901-2010-Chen-Chen-2013_fig1_314497533. Acesso em: out. 2018.

4.3.1 Temperatura

A cidade apresenta pequena variação térmica diária, anual e sazonal com média anual de 25,4°C e variação média anual de 3°C (Figura 24). A estabilidade na temperatura diária e anual e alta umidade ocorrem por influência da presença das grandes massas d'água, Laguna Mundaú e Oceano Atlântico, e riachos que cortam a cidade.

Figura 24 – Gráfico da temperatura anual – Maceió (normais climatológicas 1981-2010)

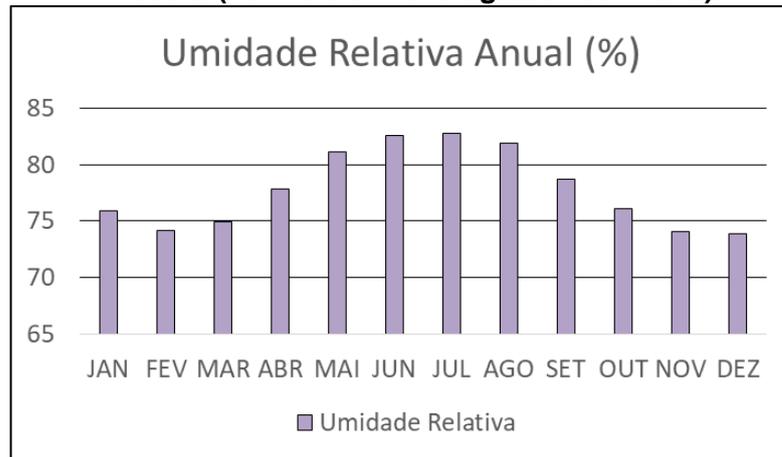


Fonte: INMET(2019), adaptado pela autora (2019).

4.3.2 Umidade relativa

Maceió apresenta um alto índice de umidade relativa do ar. Dados das Normais Climatológicas (1981-2010) mostram que a umidade relativa média anual é de 77,8%. Em julho apresenta seu pico, quando chega a uma média mensal de 82,8%, enquanto dezembro apresenta menor média: 73,9% (Figura 25). É possível observar que a umidade relativa não tem uma variação significativa ao longo do ano, trazendo altos valores, mesmo na estação seca, devido à proximidade das grandes massas d'água citadas acima.

Figura 25 – Gráfico da Umidade Relativa anual – Maceió (normais climatológicas 1981-2010)

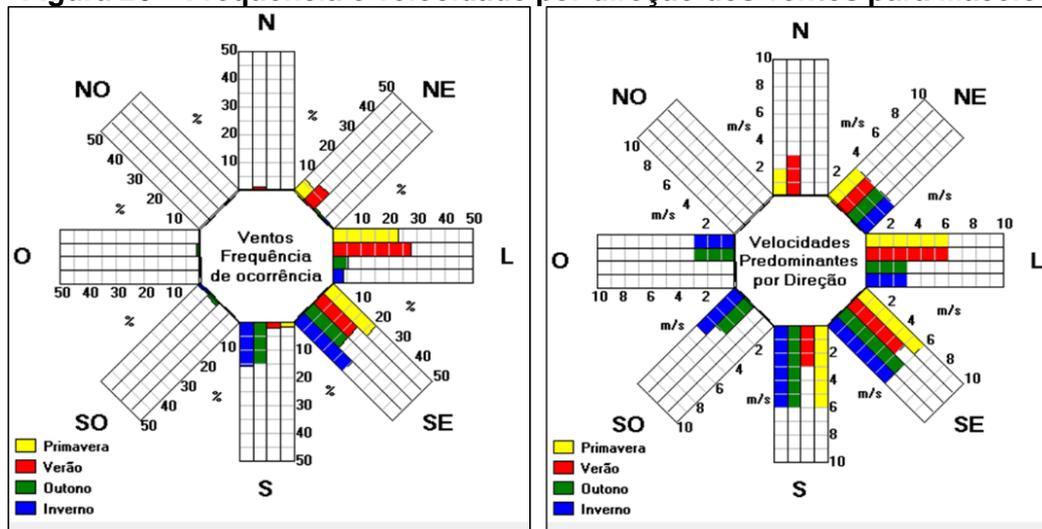


Fonte: INMET (2019), adaptado pela autora (2019).

4.3.3 Ventos

Os ventos que incidem mais frequentemente na cidade são provenientes do quadrante leste, sendo os ventos alísios SE mais constantes durante o ano e os ventos de NE predominantes nos meses mais quentes (janeiro, fevereiro e março). A velocidade média anual dos ventos é de 2,8m/s (Figura 26).

Figura 26 – Frequência e velocidade por direção dos ventos para Maceió

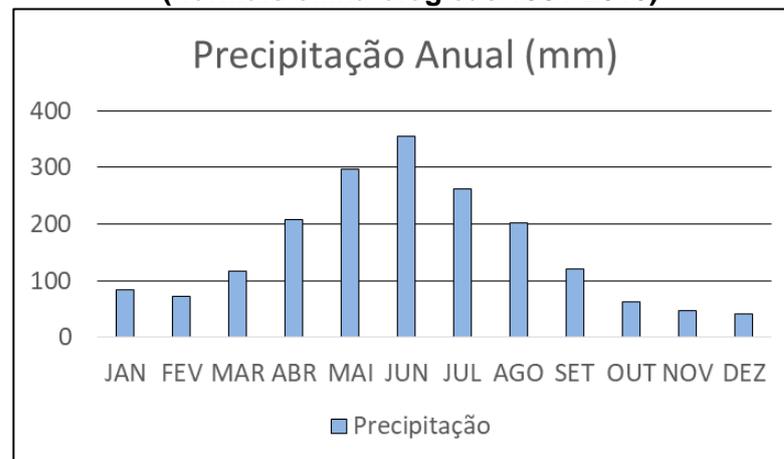


Fonte: Programa AnalisisSol-Air (2019).

4.3.4 Precipitação

A precipitação anual é de 1.867,4mm. Aproximadamente 60% da precipitação de todo o ano concentra-se entre os meses de abril e julho (Quadra Chuvosa) (Figura 27).

Figura 27 – Gráfico da precipitação anual – Maceió (normais climatológicas 1981-2010)



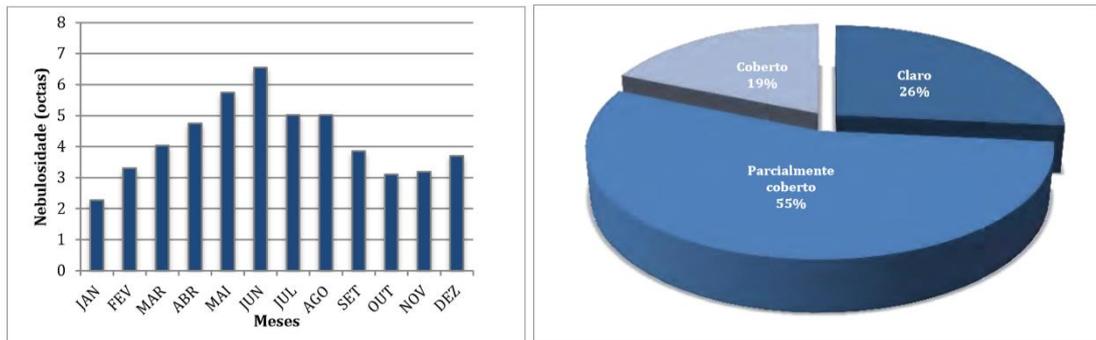
Fonte: INMET(2019), adaptado pela autora (2019).

4.3.5 Nebulosidade

A condição típica do céu é parcialmente nublado com raras ocorrências de céu claro. A nebulosidade apresenta média mensal em uma taxa 1:10. A nebulosidade é maior entre os meses de abril a julho, coincidindo com o mesmo período da estação chuvosa; contudo ela é também considerável durante todo o ano (Figura 28). Quando comparada à insolação, a nebulosidade exibe uma curva com uma tendência inversa (INMET, 2019).

A nebulosidade (ou cobertura total de nuvens) do céu de Maceió é maior no mesmo período em que ocorre maior concentração pluviométrica, de abril a julho, porém com valores consideravelmente significativos, também, ao longo de todo ano (MARTINS, 2014).

Figura 28 – Nebulosidade e probabilidade do tipo de céu para Maceió

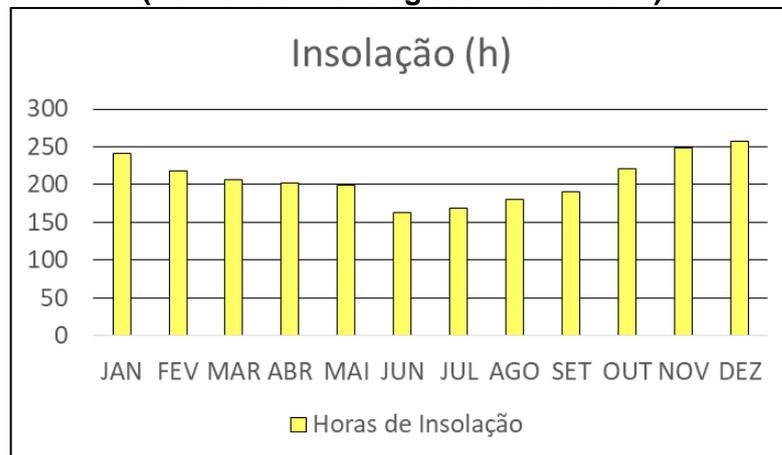


Fonte: Ano climático Metonorm (2012), adaptado por Martins (2014).

4.3.6 Insolação

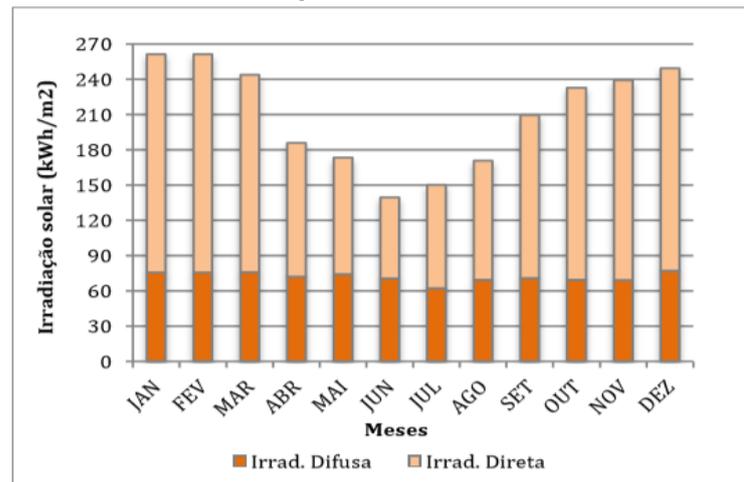
Devido à alta nebulosidade e precipitação, principalmente nos meses de maio a agosto, a irradiação direta, neste período, poder ser menor quando comparada à maior irradiação mensal ao longo de um ano, verificada nos meses de novembro a janeiro, onde se observa um comportamento sempre uniforme da irradiação difusa ao longo do ano (Figuras 29 e 30). Este comportamento pode estar associado ao tipo de céu na região, que é caracterizado por ser parcialmente coberto de nuvens (MARTINS; 2014).

Figura 29 – Gráfico da insolação anual – Maceió (normais climatológicas – 1981-2010)



Fonte: INMET (2019), adaptado pela autora (2019).

Figura 30 – Gráfico da irradiação solar difusa e direta para Maceió

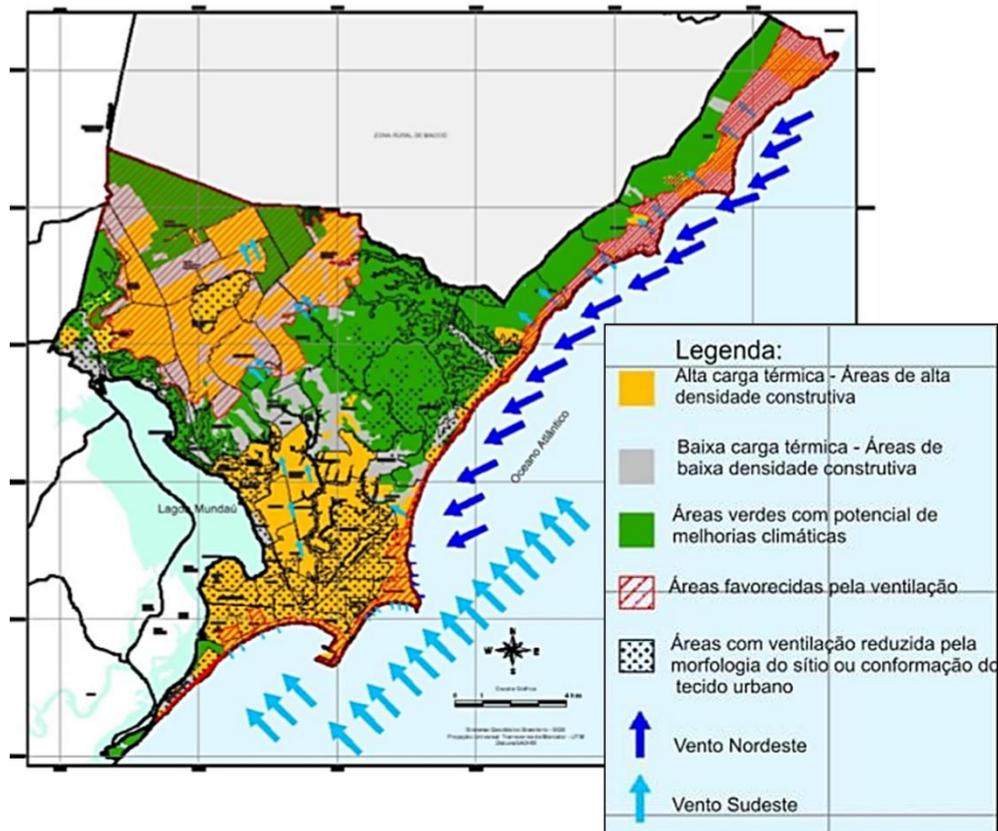


Fonte: Ano climático Metonorm (2012), adaptado por Martins (2014).

4.3.7 Mapa climático

Segundo Melo e Barbirato (2011), no mapa climático de Maceió (Figura 31), é possível observar que as áreas favorecidas pela ventilação na cidade situam-se na porção com cotas mais altas do município, onde a topografia é um elemento favorável à circulação do ar na cidade, visto que Maceió apresenta uma conformação aberta aos ventos predominantes na região.

Figura 31 – Mapa climático de Maceió



Fonte: Melo e Barbirato (2011), adaptado pela autora (2019).

As autoras analisaram, ainda, que na planície litorânea, áreas de maior penetração de vento são aquelas onde efeitos de canalização do ar estão presentes nas vias, em virtude do arranjo construtivo de malha ortogonal, com incidência dos ventos paralelo à direção das vias. A ventilação nesta área atua na redução dos efeitos térmicos resultantes da alta densidade construtiva. As zonas de ventilação reduzida são encontradas em áreas de maior carga térmica, na planície litorânea, lagunar e áreas onde topografia local configura vales que dificultam a penetração dos ventos. Essas áreas são agravadas pelo traçado urbano desfavorável a circulação dos ventos no espaço urbano, disposição das edificações, que na maioria das vezes ocupa todo o lote, baixa porosidade e rugosidade (MELO; BARBIRATO, 2011).

No tabuleiro, a conformação côncava do sítio e o traçado irregular das vias configuram uma área com características de ventilação reduzida. A influência positiva dos espaços verdes na cidade ameniza os efeitos da radiação solar sobre o ambiente, configurando áreas importantes sob o ponto de vista climático. No entanto, se apresenta de forma concentrada no território urbano de Maceió, onde deveria ser

distribuída sobre áreas de maior densidade, carga térmica e carente de ventilação na cidade (MELO; BARBIRATO, 2011).

Maceió possui características naturais muito importantes do ponto de vista morfológico, que definiram sua ocupação inicial e que sempre irão interferir na expansão da cidade. A ocupação às margens do oceano e da Laguna Mundaú e nas áreas de grotas e encostas está ligada a fatores econômicos, comerciais, logísticos, como também de subsistência e moradia, quer seja por necessidade ou escolha, como será possível observar nos itens posteriores.

4.4 Expansão urbana: histórico e contemporaneidade

A povoação inicial de Maceió surgiu no final do século XVIII em um local de topografia acidentada, do mesmo modo que muitas cidades portuguesas escolhiam seus sítios. Possuía próximo um porto natural e de fácil acesso, banhado por lagoas e riachos e fontes de água potável, e graças a sua topografia particular constituía um local de defesa. No espaço onde hoje corresponde ao centro da cidade, mais precisamente na Praça Dom Pedro II, a povoação de Maceió se desenvolveu em torno de um engenho de açúcar. A construção da Igreja de Nossa Senhora dos Prazeres (Figura 32), provavelmente da mesma época do engenho, estava localizada no ponto mais alto da povoação e também marca o início da cidade de Maceió (COSTA, 1939).

A capela primitiva, a capelinha de S. Gonçalo, que, reconstruída ou aumentada, sob a invocação de Nossa Senhora dos Prazeres, chegou a 1850, quando foi demolida, para em seu lugar construir-se a atual catedral, pertencera ao proprietário do engenho. E devia ser contemporânea da fábrica tradicional, pois era costume, ao lado do engenho, construir-se uma ermida (COSTA, 1939, p. 11).

Figura 32 – Capela N. S. dos Prazeres: início da ocupação de Maceió



Fonte: Arquivo fotográfico do Instituto Histórico de Alagoas.

Por outro lado, segundo Manoel Sant'Ana (1970), a cidade de Maceió surgiu de um povoado de pescadores, no bairro de Jaraguá, próximo ao porto. O autor afirma ainda que o referido engenho de açúcar moeu apenas duas vezes e logo foi desativado.

Sendo assim, Carvalho (2007) afirma que alguns historiadores sustentam que, enquanto a povoação iniciava nas cotas mais elevadas, já havia pequenas vilas de pescadores instaladas na planície litorânea.

Do mesmo modo, afirma Simões (2017), que os primeiros núcleos urbanos maceioenses surgem no final do século XVIII, formados por dois povoados, o da Aldeia de Pescadores, ancoradouro natural que permitia melhor abrigo de barcos e carga e descarga de mercadorias; e no entorno do Engenho Massayó, importante engenho de açúcar – atuais áreas dos bairros do Jaraguá e do Centro, respectivamente.

Em um segundo momento, no século XIX, observa-se o desenvolvimento do eixo de expansão urbana em direção ao bairro do Bebedouro, devido ao seu estratégico posicionamento que o ligava à cidade de Marechal Deodoro, antiga capital alagoana e principal centro de transações, através da Laguna Mundaú. Esse crescimento deu-se pela construção da linha do trem e estradas adjacentes, que ligavam Bebedouro, Centro e Jaraguá, bairros igualmente importantes para a cidade de Maceió, e permitia a existência da rota de escoamento e comércio da cana-de-açúcar, principal atividade econômica da época na região. Ao redor desses três

distritos formam-se áreas suburbanas que constituem um esboço inicial dos atuais bairros de Maceió.

Cavalcanti (1998) considera que a dinâmica do desenvolvimento inicial de Maceió se encontra assentada no século XIX, quando se consolida enquanto capital da Província e, de 1839 a 1930, acelera seu ritmo de expansão urbana, ocorrendo reformas significativas em seu espaço físico. Faria (2012) acrescenta que a cidade surgiu a partir de um pequeno povoado que se desenvolveu em função das dinâmicas econômicas e portuárias. “O ancoradouro criara o comércio, e o comércio dilatando o povoamento, operava o desenvolvimento econômico e demográfico” (COSTA, 1939, p. 21).

Maceió já configurava um núcleo portuário em 1803, como mostra a primeira planta de povoação (Figura 33). O porto, propriamente dito, foi estabelecido no bairro de Jaraguá em 1815, e foi responsável pelo desenvolvimento dos bairros de Jaraguá e Centro. As atividades portuárias foram de suma importância para o desenvolvimento da cidade até a década de 1970 (CAVALCANTI, 1998).

Figura 33 – Carta marinha de Maceió (1803)



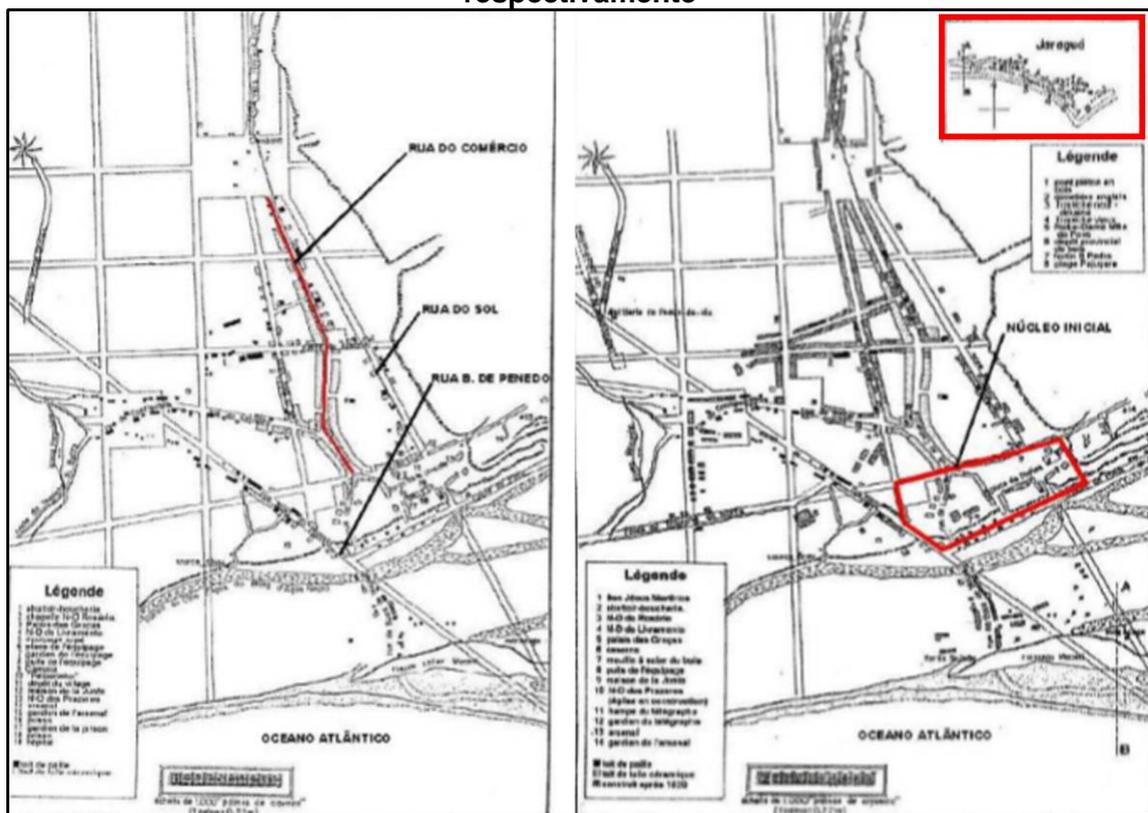
Fonte: Cavalcanti (1998).

Desde 1820 que o crescimento da cidade se conduziu em movimento a partir de dois eixos diagonais já existentes na vila: da Rua do Sol e da Rua Barão de Penedo, conectando-se ao porto. Num segundo período havia aumento significativo na quantidade de construções, o aumento da população de Jaraguá, onde negócios,

bancos e casa de comércio exportador, armazéns de depósito, mercadorias (CARVALHO, 2007).

Maceió veio a se tornar a capital da Província de Alagoas em 9 de dezembro de 1839; o crescimento demográfico já se destacava desde a década anterior, com quase 10.000 habitantes. Em 1941, o engenheiro Carlos Mornay atualizou a planta de Melo Póvoas, elaborada em 1820 (Figura 34), e acrescentou o bairro de Jaraguá, além de novas edificações e alterações no traçado (CARVALHO, 2007).

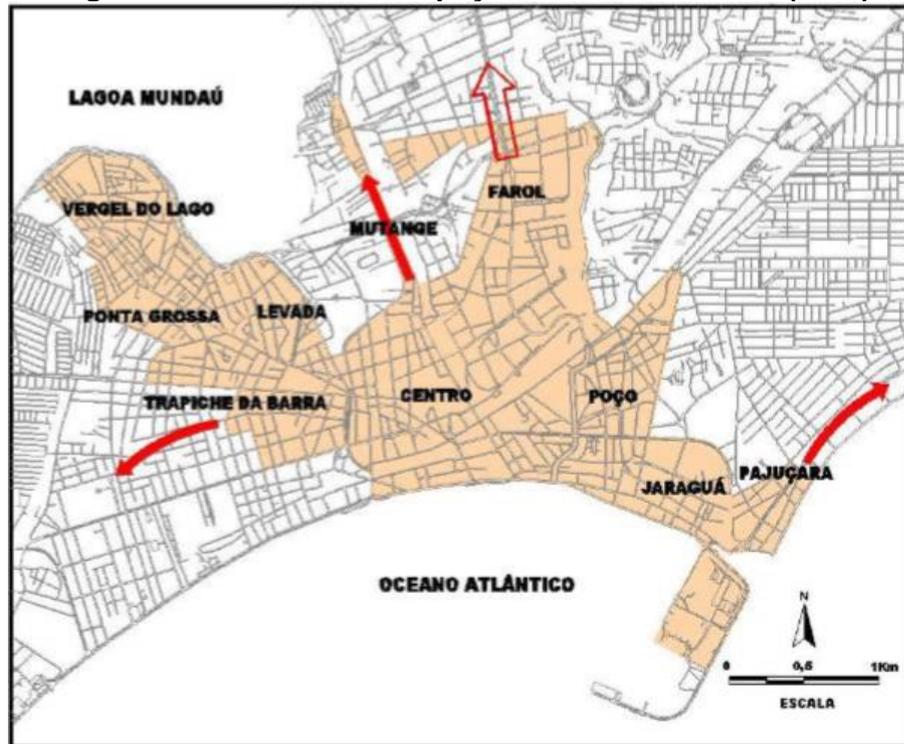
Figura 34 – Maceió: plantas de Melo Póvoas (1820) e de Carlos Mornay (1841), respectivamente



Fonte: Cavalcanti (1998), adaptado pela autora.

Segundo Cavalcanti (1998), entre 1820 e 1841 houve um aumento no número de edificações e redução no número de construções com cobertura de palha. Fato que demonstrou uma melhoria nas condições físicas da vila (Figura 35). Em 1851, a construção da ladeira da Catedral marca o início da expansão urbana além da planície litorânea em direção ao planalto (CARVALHO, 2007). As primeiras povoações da parte alta da cidade, o platô, surgem apenas no final do século XIX, no entanto só se consolidam no século XX, com a instalação de bangalôs para aristocracia da cidade nas bordas do planalto Jacutinga, hoje bairro do Farol (JAPIASSÚ, 2015).

Figura 35 – Mancha da ocupação urbana de Maceió (1940)



Fonte: MAPLAN (2000), adaptado por Carvalho (2007).

Outras conexões importantes surgiram no traçado urbano, o que trouxe movimento no fluxo de pessoas e mercadorias entre bairros. Três eram os eixos estruturantes principais: a linha ferroviária, eixo da Avenida General Hermes, que era utilizada para ligação entre os bairros de Bebedouro e Fernão Velho e o porto de Jaraguá; Avenida Siqueira Campos, que ligava Jaraguá ao porto do Trapiche; e AL101 Norte (Figura 36), principal ligação entre Alagoas e Pernambuco, onde surgiram alguns povoados, hoje bairros do litoral norte (CARVALHO, 2007; JAPIASSÚ, 2015).

Figura 36 – Eixos estruturantes de Maceió (início do século XX)



Fonte: Autora (2019).

É possível observar, então, que a ocupação urbana de Maceió iniciou pelos bairros do Jaraguá e Centro, e mais tarde dirigiu-se para os bairros da Levada, Bebedouro e Fernão Velho, portanto teve sua ocupação iniciada na área central da planície litorânea e na planície lagunar (JAPIASSÚ, 2015).

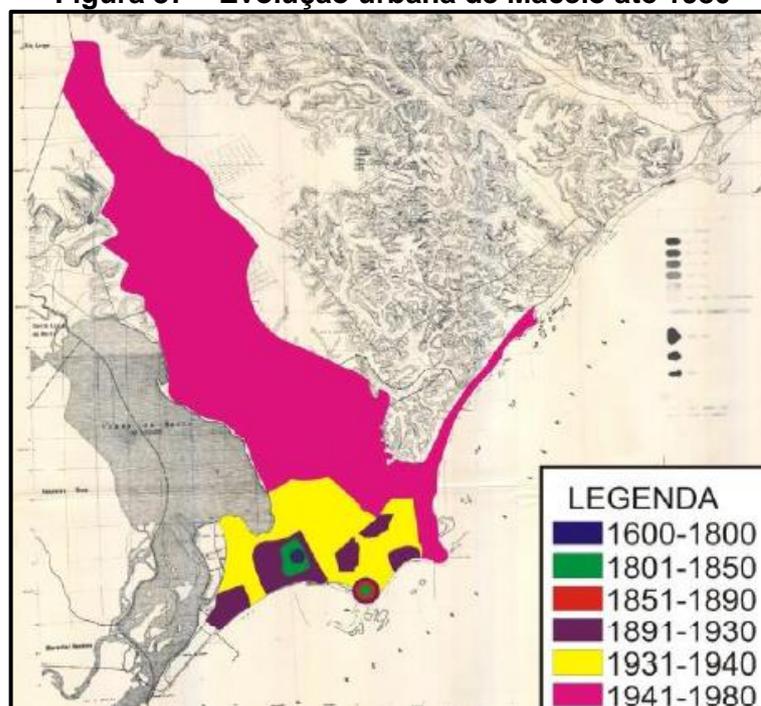
As primeiras décadas do século XX foram marcadas pelo período republicano, o qual apresentou o retorno do crescimento demográfico, em virtude do desenvolvimento econômico (DIEGUES JÚNIOR, 1939). A construção da Avenida Fernandes Lima, na década de 1940, interligou a área central da capital com bairros mais distantes, e o seu prolongamento, Avenida Durval de Góes Monteiro, facilitou o acesso às cidades circunvizinhas, como Rio Largo.

Na década de 1950, Maceió passa por modificações urbanísticas com o aumento da migração de pessoas do interior: cerca de 154% (MACEIÓ, 1981). Nessa época, a população da capital chega a 121 mil habitantes e com esse crescimento populacional chega também problemas relacionados a uso e ocupação do solo. Foi nesse período que a cidade se expandiu com o traçado mais ortogonal, direcionando para outros bairros como Pajuçara, Mangabeiras, Planalto da Jacutinga. Percebe-se

ainda que a cidade de Maceió não possuía nenhuma lei de organização do uso e ocupação do solo, nem fiscalização/planejamento por um órgão responsável pelo seu crescimento e desenvolvimento (CARVALHO, 2007).

Em 1957, o município elaborou o primeiro Código de Posturas, Urbanismo e Edificações, na Lei Municipal nº 575/1957 (MACEIÓ, 2005), sendo os primeiros parâmetros para o uso e ocupação do solo. Posteriormente, a expansão foi intensificada com a implantação do distrito industrial, em 1960, e mais tarde, em 1970, com a implantação da Universidade Federal de Alagoas. Nesta mesma época, a cidade também crescia na direção norte da planície litorânea. A expansão da orla marítima acontecia nos bairros de Pajuçara, Ponta Verde, Jatiúca e Cruz das Almas (Figura 37) (CARVALHO, 2007; JAPIASSÚ, 2015).

Figura 37 – Evolução urbana de Maceió até 1980



Fonte: Japiassú (2015).

É importante pontuar, que nas décadas de 1950 e 1960, o crescimento da planície litorânea foi intensificado com o surgimento de loteamentos nesta área, configurando uma nova área de expansão residencial da classe média, a exemplo do loteamento Álvaro Otacílio, situado do bairro de Ponta Verde, 649 lotes de 15m x 30m distribuídos em 40 quadras (MACEIÓ, 2005). No final da década de 1960 foi implantado o residencial Jardim Beira Mar, no bairro de Cruz das Almas, primeiro empreendimento financiado pelo Banco Nacional de Habitação (BNH).

Na década de 1970, aconteceu o crescimento da rede hoteleira, impulsionado pela excelente fase do turismo em Maceió, fato que favoreceu a urbanização da área que abrangia os bairros da Levada, Prado, Centro e Trapiche da Barra e, posteriormente, os bairros de Pajuçara, Ponta Verde e Jatiúca com a abertura da avenida que liga o bairro de Ponta Verde à chamada lagoa da Anta no bairro de Jatiúca, hoje denominada Avenida Álvaro Otacílio (VASCONCELOS, 2016). Os hotéis começavam a ser implantados no litoral sul da cidade, na Avenida da Paz, com os hotéis Beira Mar, em 1975, e Luxor, em 1976 (Figura 38), seguindo na direção norte com o Hotel Ponta Verde, Hotel Alteza, em 1979 (Hoje denominado Hotel Jatiúca) (MARTINS, 2006).

**Figura 38 – Hotel Luxor e Tribunal Regional do Trabalho
(Década de 1970 e 2019, respectivamente)**



Fonte: Autora (2019).

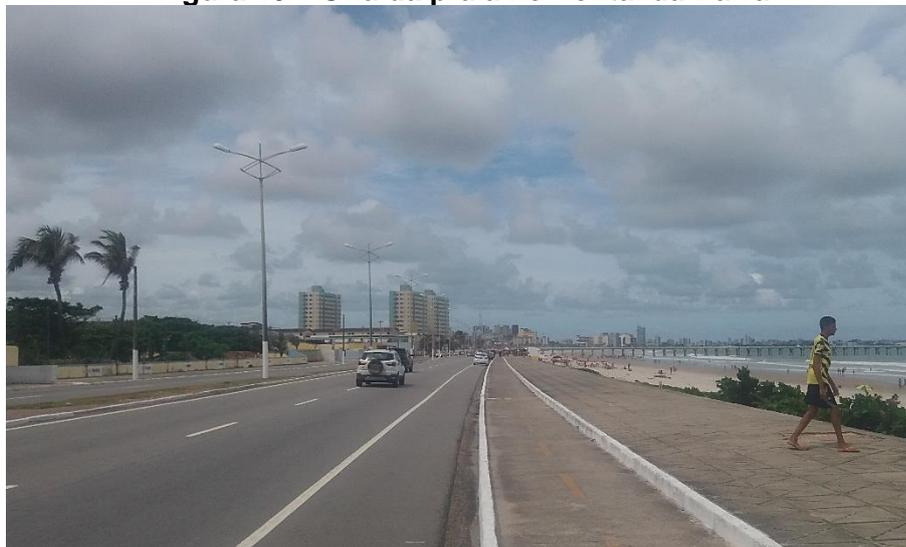
Porém, a implantação, em 1977, da Salgema Indústrias Químicas Ltda, atualmente Braskem (Figura 39), impôs-se como barreira física e sanitária, na praia do Pontal da Barra, este fato fez com que o crescimento fosse desacelerado no sentido do litoral sul da cidade (LOPES, 2018), fechando todos os hotéis e não mais atraindo empreendimentos imobiliários, deixando uma área de forte potencial paisagístico desvalorizada na cidade até hoje (Figura 40).

Figura 39 – Localização da Braskem entre a Laguna Mundaú e o Oceano Atlântico



Fonte: Google Earth, adaptado pela autora (2019).

Figura 40 – Orla da praia no Pontal da Barra



Fonte: Autora (2019).

Além da implantação da referida indústria química no Pontal da Barra, a construção do emissário submarino no Trapiche da Barra e a presença do Riacho Salgadinho (Figura 41), poluído decorrente da falta de esgotamento sanitário na ocupação da Bacia do Reginaldo, colaboraram para a degradação e a desvalorização do litoral sul da cidade. Assim, o fator de crescimento aconteceu na direção norte da planície litorânea (Figura 043).

Figura 41 – Riacho Salgadinho

Fonte: Gazetaweb⁴⁰ (2019).

Na década de 1980, os bairros de Ponta Verde e Jatiúca iniciaram um processo mais intenso de crescimento e desenvolvimento: a abertura de vias, urbanização da orla, implantação de infraestrutura, o incentivo do Estado e do setor imobiliário estimularam a ocupação e, conseqüente verticalização, assim como, a implantação de shoppings, escolas, faculdades, na década de 1990, transformaram os bairros em áreas de grande especulação imobiliária “estimulada pelo crescimento da demanda dos setores de média e alta renda, e pela proximidade com o único espaço de lazer natural que a cidade dispõe: a praia (CAVALCANTI; LINS, 2003).

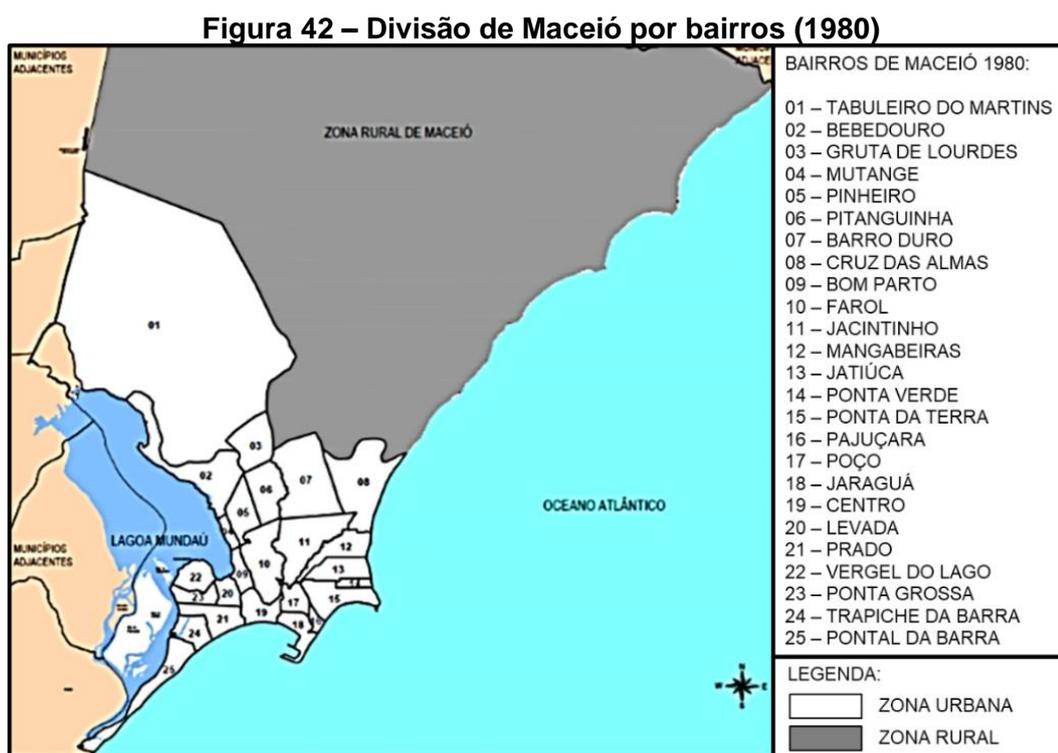
No ano de 1987, é inaugurado o Matsubara Hotel, na Praia de Cruz das Almas, o primeiro cinco estrelas do Estado. Em 1990, foi inaugurado outro hotel cinco estrelas, dessa vez o Meliá Maceió Bouble Reverse Flat (hoje denominado Maceió Atlantic Suítes). A partir de então, a maior parte da hotelaria em Maceió está localizada no trecho de orla que vai do Porto de Maceió a Cruz das Almas (MARTINS, 2006). Um fato importante a ser destacado é que, tais empreendimentos verticalizaram boa parte da orla da cidade, do mesmo modo que atraíram investimentos em infraestrutura e, em conseqüência, valorizaram o preço da terra.

Cruz das Almas, sendo o primeiro bairro do litoral norte, demonstra transformações significativas em sua morfologia nos últimos anos, o que configura

⁴⁰ Disponível em: http://gazetaweb.globo.com/porta/noticia/2018/04/especial-salgadinho---incompleta_53810.php. Acesso em: out. 2018.

uma área em expansão, juntamente com os bairros seguintes de Jacarecica, Guaxuma, Garça Torta, Riacho Doce, Pescaria e Ipioca (Figura 43).

Apesar do alto índice de crescimento populacional, só em 1981, Maceió teve seu primeiro Plano Diretor, denominado *Plano de Desenvolvimento de Maceió*, onde a cidade era dividida em 25 bairros (Figura 42). Este permaneceu em vigor até a aprovação do *Plano Diretor de Maceió*, em 2005, pela Lei Municipal nº 5.486/05 (MACEIÓ, 2005).



Fonte: Maceió (1981), adaptado pela autora.

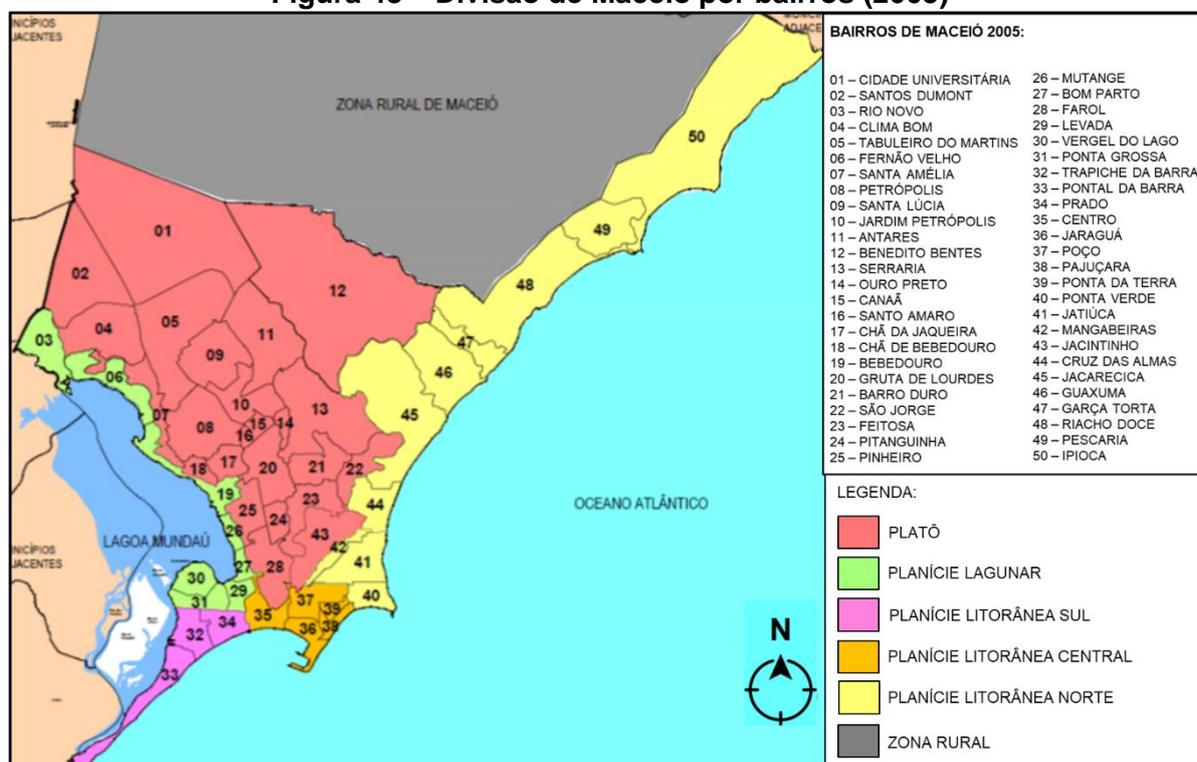
Em 1998 houve a modificação do perímetro urbano da cidade com a Lei Municipal nº 4.687/98. Fato que acarretou no aumento do número de bairros na cidade, que chegou a 50, na época do *Plano Diretor de 2005* (Figura 43), sendo o dobro do existente na década de 1980.

Atualmente, a cidade está dividida em 50 bairros (Figura 43), distribuídos em 8 regiões administrativas e apresenta um crescimento horizontal e vertical que percorre a planície litorânea de forma mais incisiva há muitas décadas, especialmente, nos bairros de Pajuçara, Ponta Verde e Jatiúca, bairros muito adensados e com poucas áreas livres.

Neste contexto, Santos *et al.* (2016) observam que a cidade de Maceió, nos últimos anos, tem passado por uma intensificação no seu processo de expansão

urbana, nos limites entre o urbano e o rural e na direção do litoral Norte. A implantação de uma universidade, um shopping de grande porte, a abertura da Avenida Josefa de Melo, que liga Cruz das Almas ao Barro Duro, têm atraído construtoras e incorporadoras e incentivado propostas de edifícios residenciais.

Figura 43 – Divisão de Maceió por bairros (2005)



Fonte: Japiassú (2015), adaptado pela autora.

4.5 Densidade

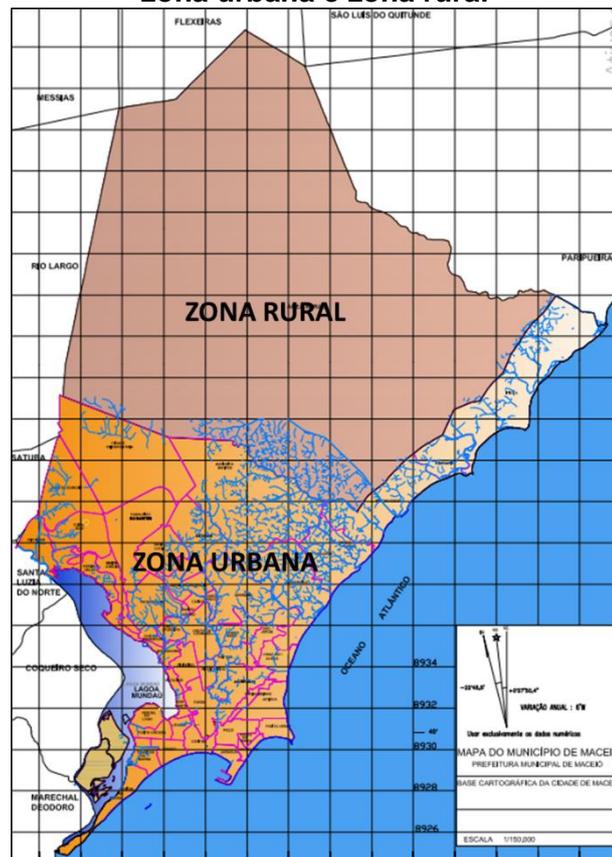
A maior parte do território do município de Maceió é essencialmente urbana. A proporção entre a área urbana e rural é inversamente proporcional ao seu contingente populacional, o que determina uma alta densidade populacional na zona urbana.

Em 1970, Maceió já tinha mais de 95% da sua população na área urbana. Na década de 1980, a população urbana era de 98,2% e os bairros com maior crescimento eram Barro Duro, Gruta de Lourdes, Tabuleiro do Martins, Jacintinho, Pinheiro, Pitanguinha e na planície litorânea: Ponta Verde, Jatiúca, Mangabeiras e Cruz das Almas (JAPIASSÚ, 2015).

A cidade tem, segundo o último Censo Demográfico do IBGE (2010), cerca de 932.748 habitantes. Porém, o mesmo Instituto estima que, em 2019, a população já é de cerca de 1.018.948 habitantes. Destes, pouco mais de mil habitantes residem na

zona rural da capital. Quanto ao número de domicílios, a zona urbana contava, em 2010, com 273.715 unidades, enquanto a zona rural, com 208. Os referidos dados mostram uma diferença quantitativa bastante considerável, e a diferença é ainda maior em relação a densidade, uma vez que a zona urbana corresponde a apenas 37,40% do território (Figura 44).

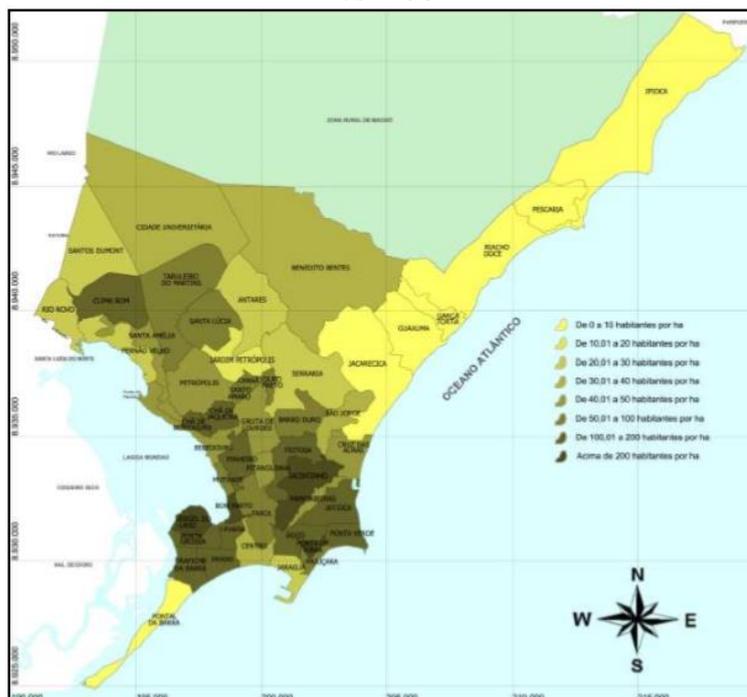
Figura 44 – Divisão territorial de Maceió: zona urbana e zona rural



Fonte: Base Cartográfica da Prefeitura de Maceió, adaptada pela autora.

No mapa de densidade demográfica de Maceió por bairros (Figura 45), é possível constatar que grande parte dos bairros com maiores índices populacionais (tons de verde escuro) está na planície litorânea e os com menores índices também (tons de amarelo claro). Porém, estes últimos correspondem ao litoral norte, que configura a área de maior especulação imobiliária atualmente e onde o gabarito dos edifícios propostos é maior do que em qualquer área da cidade, chegando a 20 pavimentos.

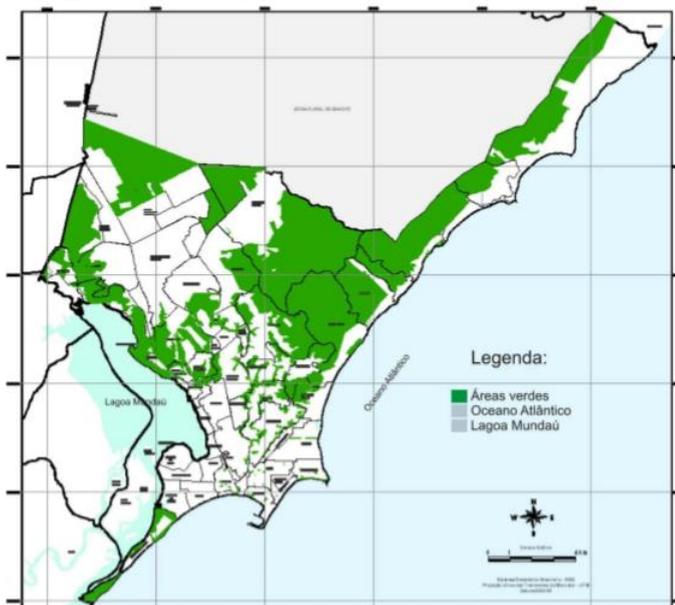
Figura 45 – Densidade demográfica de Maceió por bairros



Fonte: Silva (2011).

A alta densidade demográfica na zona urbana implica em uma alta densidade de domicílios e, conseqüentemente, de áreas antropizadas. A densidade territorial corresponde às áreas com menos áreas verdes (Figura 46), fato que demonstra a pouca preocupação em conservar ou criar áreas arborizadas na medida em que a cidade expande.

Figura 46 – Mapa de áreas verdes de Maceió



Fonte: Melo (2009).

Nesta etapa da elaboração da tese, após a construção do arcabouço teórico e pesquisas a respeito da história, características naturais e evolução urbana de Maceió, viu-se a necessidade de explorar a cidade e, finalmente, relacionar as transformações urbanas e as alterações microclimáticas pela ótica do Pensamento Complexo. Descobrir o que a cidade pode relevar, além dos dados históricos e estatísticos e investigar as conexões entre cidade e complexidade.

4.6 O percurso

Após o estudo morfológico e climático da cidade de Maceió, assim como sua história e ordenação urbana, pode ser definido o percurso de análise em uma fração da cidade.

Para Morin (2008), a palavra método significa caminhada e para a complexidade, é preciso aceitar caminhar sem um caminho, fazer o caminho enquanto se caminha. Ou seja, tornar cíclico o conhecimento, não num círculo, mas numa espiral, na qual “o retorno ao começo é precisamente o que afasta do começo” (MORIN, 2008, p. 36).

A intenção de não fragmentar o conhecimento, e sim observar as conexões e estudar a natureza da cidade, levou à decisão de não eleger uma fração urbana ou um recorte. O estudo de partes isoladas da cidade fragmentaria os conteúdos e distanciaria o estudo de todo o Pensamento Complexo, no qual foi embasada a tese.

Ao mesmo tempo, o desejo de perceber a cidade e enxergar as conexões estudadas nas seções anteriores levou à necessidade de definir um percurso que se desenvolvesse por áreas que pudessem evidenciar transformações morfológicas e entender as alterações climáticas, o crescimento, a especulação imobiliária, a degradação, o esquecimento, a monotonia, a dinamicidade, a vida no contexto urbano.

Como declara Morin (2008), o trabalho com a complexidade visa tentar iluminar os múltiplos aspectos dos fenômenos, e tentar apreender as mutáveis relações, de forma que se possa religar sempre.

Se transpusermos esta reflexão para o urbanismo, poderemos examinar a possibilidade de abordar os múltiplos aspectos dos fenômenos urbanos e tentar religá-los. Isto inclui, de forma enfática o sujeito, ou ainda, estabelece a ênfase na atividade do sujeito (BRANDÃO, 2014, p. 12).

Sendo assim, a definição do percurso aconteceu naturalmente com o avanço das pesquisas nas bases teóricas e após o estudo histórico e morfológico da ocupação urbana de Maceió, seguindo o desejo de caminhar pela cidade, observar, se deixar levar pela história, suas certezas e suas controvérsias, como um *flâneur*.

Almeida e Duarte (2017) descrevem que em *Passagens*, texto de Benjamin (2006), é possível perceber a cidade como parcela de uma realidade ainda a ser interpretada pelo transeunte. Reconhece-se, na atual paisagem urbana de Maceió, a distância que se interpõe entre a historiografia e as transformações consolidadas, a partir de um crescimento fragmentado e que parece não contemplar características importantes do passado. São os pequenos objetos, os fragmentos e suas abstrações, que despertam o olhar do *flâneur*.

A perspectiva de observação da cidade como um *flâneur*, que se deixa levar pelo caminho, pela história nas entrelinhas da paisagem, é uma oportunidade de mergulhar no passado, como também no cenário atual e ainda vislumbrar um futuro de possibilidades.

Desse modo, o percurso é iniciado em um ponto alto, o Mirante de Santa Terezinha, no bairro do Farol, e percorre 12 bairros, sendo o último Cruz das Almas no litoral norte da cidade (Figura 47).

Figura 47 – Percurso



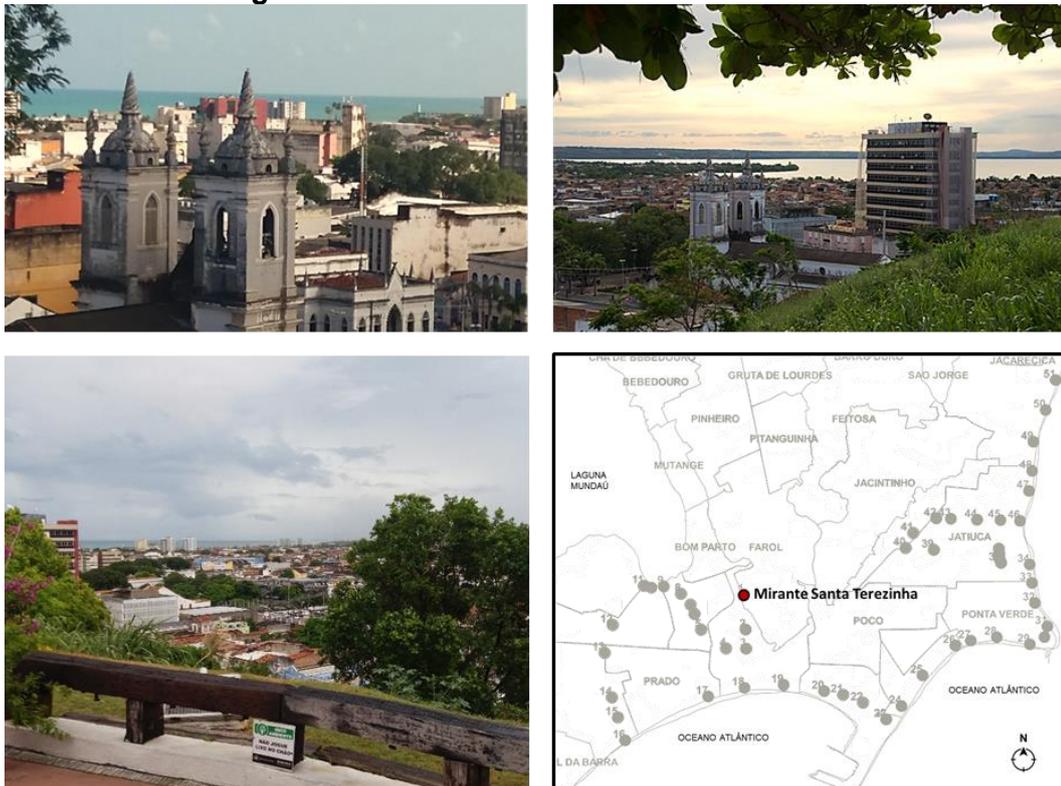
Fonte: Autora (2019).

É importante esclarecer que posteriormente, ao percorrer o caminho, a postura do *flâneur* foi alternando com a postura de pesquisadora. O desejo inicial de um trajeto não definido foi sendo substituído pelo anseio de visitar espaços estudados anteriormente; curiosidade em observar novos espaços, ou que se modificaram morfologicamente nos últimos anos; e a necessidade de observar espaços urbanos com morfologia, aspectos naturais e sociais bem distintos.

O percurso foi refeito e dessa vez o olhar de pesquisadora se sobrepôs totalmente ao de um *flâneur*, já que foram coletados dados de temperatura de superfície e observados materiais de revestimento e outras características que qualificam o espaço. Dados que serão melhor discutidos mais adiante.

A escolha pelo mirante surge do desejo de avistar a cidade de um ponto elevado, de onde, inicialmente, pudesse observar os limites naturais da ocupação urbana, as transformações mais significativas no traçado e a história que se desenha rotineiramente há cerca de dois séculos. Deste ponto, é possível observar elementos importantes que compõem a paisagem: o mar, a laguna Mundaú, o bairro do Centro (Figura 48). A paisagem é revelada como na definição de Santos (2002), “transtemporal”, pois junta objetos passados e presentes em uma construção transversal.

Figura 48 – Vista do Mirante Santa Terezinha



Fonte: Autora (2018).

Santos (2002) estabelece a necessidade de distinção entre espaço e paisagem. O autor afirma que paisagem e espaço não são sinônimos.

A paisagem é um conjunto de formas que, num dado momento, exprime as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza. O espaço são as formas mais a vida que as anima (SANTOS, 2002, p. 103).

"A paisagem é história congelada, mas participa da história viva. São suas formas que realizam, no espaço, as funções sociais" (SANTOS, 2002, p. 107). Desse modo, observar Maceió do mirante é observar sua paisagem, caminhar pela cidade é experimentar seu espaço.

Ao avistar o Centro percebe-se que este já está consolidado há várias décadas e não há transformações morfológicas significativas nos últimos anos. Porém, é onde a história da arquitetura e do urbanismo da cidade começou e, ainda, estão presentes na dinâmica de hoje. É possível compreender a complexidade da relação tempo-espaço-paisagem na imagem das torres da Igreja dos Martírios, que se mostram como um passado sempre presente, entre o espaço denso e dinâmico do centro da cidade e a presença atemporal da laguna e do mar.

É preciso sair da paisagem e experimentar o espaço. Descer a ladeira dos Martírios em direção ao Centro da cidade é um exercício de observação da paisagem, que aos poucos se transforma em espaço (Figura 49). A presença natural da laguna dá lugar a uma imagem mais edificada, e faz a transição do platô para planície central. A mudança dos parâmetros de densidade urbana e morfologia natural são percebidas na medida em que se adentra na malha urbana do Centro. Assim como é possível experimentar a mudança do microclima mais ameno de uma cota mais alta, na borda da encosta sem obstáculos ao vento, para uma malha urbana densa, compacta e de mesma altura como na Rua do Comércio.

Figura 49 – Final da ladeira dos Martírios – Vista do Centro



Fonte: Autora (2018).

O padrão de vias estreitas que se estendem com edificações geminadas nas duas faces da rua revelam resquícios de traçado urbano colonial, forma que termina por criar um padrão típico dos centros na maioria das cidades brasileiras influenciadas pela colonização portuguesa (Figura 50).

Figura 50 – Início da Rua do Comércio – Centro



Fonte: Autora (2018).

O calor, a pouca ventilação e a sensação de desconforto térmico fazem buscar respostas no trabalho de Monteiro (1976), onde o mesmo pressupõe vários elementos que caracterizam a participação urbana no desempenho do SCU. O autor acrescenta, ainda, que sendo variada e heterogênea a produção urbana, faz-se imprescindível uma simplificação classificatória que deve ser constituída através de canais de

percepção humana. O estudo propõe três canais de percepção humana⁴¹, com o objetivo de enquadrar os elementos climáticos em uma estrutura analítica: Conforto Térmico, Qualidade do Ar e Impactos Meteorológicos.

É a percepção humana associada ao sistema de valores de cada sociedade, que dará o devido tom aos elementos climáticos, avaliando o que é, e o que não é aceitável (MONTEIRO, 1976). Lamas (2004) completa que, a forma urbana, corpo ou materialização da cidade são capazes de determinar a vida humana em comunidade. Durante todo o percurso foi possível correlacionar as sensações com o clima urbano através dos canais de percepção, conforme o trabalho de Monteiro (1976).

A altura das edificações do bairro do Centro apresenta modificações na medida em que adentra a malha urbana. Edifícios com características modernistas (Figura 051), erguidos na primeira metade do século XX, surgem, rompendo com a proporção anteriormente encontrada, característica fundamental do movimento moderno.

A forma dos edifícios verticais também promove sombreamento no período da tarde, amenizando a insolação direta em algumas áreas (Figura 51). Porém, de maneira geral, a área apresenta pouca porosidade, por se tratar de um bairro bastante adensado, com edificações ocupando, em sua maioria, todo o lote e com variações de altura pontuais, o que dificulta a penetração dos ventos e torna a área do centro de comércio e serviços bastante desconfortável.

⁴¹ 1. Conforto Térmico – Engloba componentes termodinâmicos que em suas relações, se expressam através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção. É um filtro perceptivo bastante significativo, pois afeta a todos, permanentemente.

2. Qualidade do Ar – A poluição é um dos males do século, e talvez aquele que, por seus efeitos mais dramáticos, atraia mais atenção. Associada às outras formas de poluição (água, solo etc.), a do ar é uma das mais decisivas na qualidade ambiente urbana.

3. Impactos Meteorológicos – Aqui estão agrupadas todas aquelas formas meteorológicas, hídricas (chuva, neve, nevoeiros), mecânicas, (tornados) e elétricas (tempestades) que, assumindo, eventualmente, manifestações de intensidade, são capazes de causar impacto na vida da cidade, perturbando ou desorganizando a circulação e serviços (MONTEIRO, 1976, p. 100).

Figura 51 – Rua do Livramento, vista do Edifício Breda – Centro



Fonte: Autora (2019).

No entanto, as primeiras edificações de maior porte, como Teatro Deodoro, Academia Alagoana de Letras e prédio do Tribunal de Justiça de Alagoas são exemplares do período áureo do Ecletismo em Maceió no final do século XIX e início do século XX.

Para fazer de Maceió uma capital, buscou-se o que havia de mais novo no mundo europeu, e então, o ‘aformoseamento’ da nova cidade foi conduzido de acordo com os padrões da Arquitetura Eclética, por ser esta a tendência que vigorava na Europa, com ascendência na França (PEREIRA; FERRARE, 2012, p. 6).

Ainda no bairro do Centro, as praças surgem como espaço de encontro e desafogo da malha densa. A Praça Deodoro (Figura 52) é um exemplo. A vegetação robusta por conta das árvores centenárias cria um microclima mais ameno, devido ao sombreamento e maior facilidade para chegada dos ventos.

Figura 52 – Praça Deodoro – Centro



Fonte: Autora (2019).

O Centro é um espaço múltiplo de sensações, de densidade, horizontalidade e verticalidade (Figura 53), história e microclima. O movimento das pessoas, o barulho, os odores, conferem ao espaço uma natureza complexa, como um organismo vivo.

Figura 53 – Vista aérea do Centro – horizontalidade e verticalidade



Fonte: Autora (2019).

Da Praça Deodoro seguindo no sentido do bairro da Levada pela Rua Cirilo de Castro, vários armazéns denotam a importância da rua para o mercado próximo. As edificações continuam geminadas, assim como o traçado segue denso e horizontal até a orla lagunar (Figura 54).

Figura 54 – Rua Cirilo de Castro



Fonte: Autora (2018).



A orla da Laguna Mundaú é um espaço de moradia; grande parte destas configura assentamentos subnormais (Figura 55). A laguna é um importante ecossistema e significa, também, subsistência através da retirada e venda do sururu⁴²,

⁴² O sururu (*Mytella charruana*) é um molusco bivalve (inserido entre duas conchas) da ordem *Mytiloidea*, popularmente conhecido no Nordeste do Brasil (SILVA *et al.*, 2015).

para um número significativo de habitantes que se encontram em situação econômica difícil.

Figura 55 – Vista aérea do bairro da Levada e Laguna Mundaú – densidade e horizontalidade – Av. Senador Rui Palmeira



Fonte: PJM Drones (2018)⁴³.

Porém, os bairros que margeiam a laguna estão muito degradados e cada vez mais moradias impedem a visão da paisagem lagunar (Figura 56). As habitações disputam espaço com muito lixo e animais, como cavalos e porcos, que são criados livremente nas ruas.

Figura 56 – Assentamentos subnormais à beira da Laguna Mundaú - Av. Senador Rui Palmeira



Fonte: Autora (2019).

⁴³ Disponível em <https://www.picbon.com/tag/portalcadeal>. Acesso em: set. 2018.

O percurso segue uma pequena parte da laguna e adentra o continente pela Rua Cabo Reis, que se estende até o Oceano Atlântico na outra extremidade, compreendendo as ruas José Pimentel Leite Passos e Prof. Teonilo Gama, importante via de acesso para os bairros do Trapiche da Barra e Ponta Grossa, marcada pela intensa presença de residências, comércio e serviços (Figura 57).

Figura 57 – Rua Cabo Reis e Rua Prof. Teonilo Gama, respectivamente



Fonte: PJM Drones (2018)⁴⁴, adaptado pela autora.

Toda a extensão da via configura uma ocupação bastante adensada, horizontal e vegetação escassa (Figura 58). A área não indica possibilidade de crescimento ou mudança no uso e ocupação do solo, uma vez que é carente de infraestrutura, espaços e equipamentos de lazer. A forma urbana é exatamente a mesma há mais de uma década, quando mapeada por Almeida (2006).

Figura 58 – Rua Cabo Reis – morfologia adensada



Fonte: Autora (2018).

⁴⁴ Disponível em: <https://www.youtube.com/channel/UC5XypoND3jHZbpD0e-OUd7g/videos>. Acesso em: set. 2018.

O final desta etapa do percurso é o encontro da Rua Prof. Teonilo Gama com a Avenida Assis Chateaubriand, orla da Praia do Sobral (Figura 59), uma área de grande potencial paisagístico, mas que se encontra degradada desde a implantação da indústria petroquímica e posterior locação de um emissário submarino⁴⁵.

Figura 59 – Final da Rua Prof. Teonilo Gama – Avenida Assis Chateaubriand



Fonte: Autora (2018).

A área apresenta, em sua maioria, edificações de pequeno porte e algumas residências de grande porte, remanescentes da época em que o litoral sul da cidade configurava uma área de expansão até a década de 1970. Alguns edifícios residenciais novos surgiram nos últimos anos em uma tentativa de revitalizar a área e trazer investimentos e posterior desenvolvimento (Figura 60 e 61), porém, até agora, não tem surtido o efeito desejado pelos empreendedores. A proposta inicial do projeto do Condomínio Via Costeira era construir cinco torres de 12 pavimentos cada, porém apenas três foram construídas devido à baixa procura pelos imóveis.

Figura 60 – Proposta inicial do condomínio Via Costeira



Fonte: Expoimovel⁴⁶, adaptado pela autora (2019).

⁴⁵ Tubulação para lançamento de esgoto sanitário no mar.

⁴⁶ Disponível em: <https://www.expoimovel.com/imovel/apartamentos-comprar-vender-trapiche-da-barra-maceio-alagoas/307309>. Acesso em: set. 2018.

Figura 61 – Avenida Assis Chateaubriand e três torres do condomínio Via Costeira



Fonte: Autora (2019).

A área é favorecida pelos ventos Sudeste, como mostra o mapa climático de Maceió (Figura 31); estes têm pouca influência na Rua Cabo Reis, que se estende no interior do continente. A ventilação é percebida nas quadras da Rua Prof. Teonilo Gama, que estão mais próximas ao mar e pelo fato de estarem abertas na direção dos ventos. Obviamente, a ventilação incide mais fortemente na orla, porém, a vegetação escassa, praticamente inexistente, torna o caminho sem sombreamento, sendo esta etapa do percurso extremamente desconfortável pela insolação e pela paisagem hostil (Figura 62).

Figura 62 – Avenida Assis Chateaubriand



Fonte: Autora (2019).

A área não recebe incentivo para seu desenvolvimento e conta com infraestrutura precária. Em frente à orla, na esquina da Rua Teonilo Gama, encontra-

se o prédio do Tribunal de Contas da União, hoje desativado e abandonado, um símbolo do descaso com a área (Figura 63).

Figura 63 – Sede abandonada do Tribunal de Contas da União – Av. Assis Chateaubriand



Fonte: Autora (2018).

Assim como o Conjunto Vila dos Pescadores (Figura 64), que demonstra a pouca importância com a qualidade de vida dos moradores e com a paisagem urbana por parte do poder público. Sem manutenção, os edifícios que compõem o referido conjunto foram inaugurados há pouco mais de sete anos, em 2012, e já se encontram descaracterizados e deteriorados, comprovando a falta de interesse em desenvolver a área.

Figura 64 – Conjunto Vila dos Pescadores



Fonte: Autora (2018).

O percurso segue pela orla em direção ao Centro e se depara mais uma vez com vestígios de uma época de desenvolvimento da região sul da cidade: os edifícios dos primeiros hotéis de grande porte implantados na orla de Maceió e que hoje funcionam como repartições públicas (Figura 65). Alguns edifícios verticais de escritórios surgem na paisagem, aproveitando a proximidade da área com o centro de comércio e serviços.

Figura 65 – Antigos hotéis Luxor e Beira Mar (atualmente edifícios do TRT e novos edifícios de escritórios), respectivamente



Fonte: Autora (2019).

Outros edifícios importantes que fazem parte da morfologia urbana e da história da arquitetura de Maceió pontuam o percurso até chegar ao bairro histórico de Jaraguá, sendo eles, os primeiros edifícios verticais residenciais da cidade e o museu Théo Brandão, exemplares da arquitetura moderna e do ecletismo, respectivamente (Figura 66).

Figura 66 – Primeiros edifícios residenciais de Maceió e Museu Theo Brandão, respectivamente



Fonte: Autora (2019).

A paisagem que acompanha o percurso neste trajeto, entre a Avenida Assis Chateaubriand e o bairro de Jaraguá, é carregada de história da arquitetura, mas também de abandono, apesar de configurar um espaço vivo no cotidiano da cidade.

A singularidade da paisagem portuária traz à tona a memória de tudo o que o porto de Jaraguá representa para a cidade, desde quando esta era apenas uma vila de pescadores. A exportação de produtos regionais e importação de produtos manufaturados, as primeiras atividades bancárias, os primeiros traçados urbanos, o desenvolvimentos econômico e social, o ecletismo, a expansão, tudo iniciou com o porto (Figura 67).

Figura 67 – Porto de Jaraguá



Fonte: Autora (2019).

E é do porto que é possível avistar o continente e todas as transformações que este iniciou: a vista do mar para o continente revela uma síntese da história de Maceió, sua arquitetura, sua morfologia densa e diversificada, a atividade de pesca, o mar e o céu que tanto caracterizam a cidade (Figura 68).

Figura 68 – Vista do Centro de Maceió

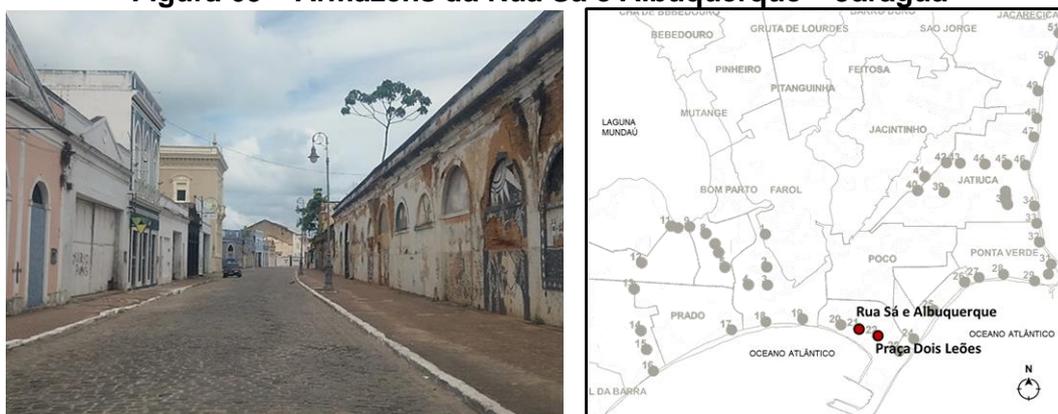


Fonte: Toni Cavalcante⁴⁷ (2015).

⁴⁷ Disponível em: <http://alagoasbytonicavalcante.blogspot.com/>. Acesso em: set. 2018.

Na sequência, o bairro de Jaraguá tem grande potencial histórico e cultural. Sua morfologia é marcada por edifícios históricos de grande porte, como a Associação Comercial e o Museu da Imagem e do Som de Alagoas (MISA), e grandes armazéns, também chamados de trapiches⁴⁸ (Figura 69). A evasão de moradores do bairro fez com que o uso residencial praticamente desaparecesse e as atividades se restringissem ao comércio, serviço e bancária. Há cerca de duas décadas passou por um processo de revitalização com a implantação de bares, boates e fez com que tivesse uma vida noturna restabelecida, porém por pouco tempo.

Figura 69 – Armazéns da Rua Sá e Albuquerque – Jaraguá



Fonte: Autora (2019).

O percurso continua ao longo da Rua Sá e Albuquerque (Figura 70), as construções ocupam todo o lote e têm gabarito horizontal, bastante homogêneo com exemplares do ecletismo. A inexistência de vegetação e a morfologia pouco porosa deixa a rua desconfortável pela insolação e pouca ventilação.

⁴⁸ Armazém ou depósito de mercadoria. Resquícios do auge da atividade portuária em Jaraguá.

Figura 70 – Rua Sá e Albuquerque – Jaraguá



Fonte: Autora (2019).

A vegetação está concentrada na Praça Dois Leões (Figura 71) a qual configura um espaço de descanso para os transeuntes, por apresentar áreas sombreadas pela vegetação de grande porte e receber os ventos Sudeste, através das ruas perpendiculares a estes que estão nos limites laterais.

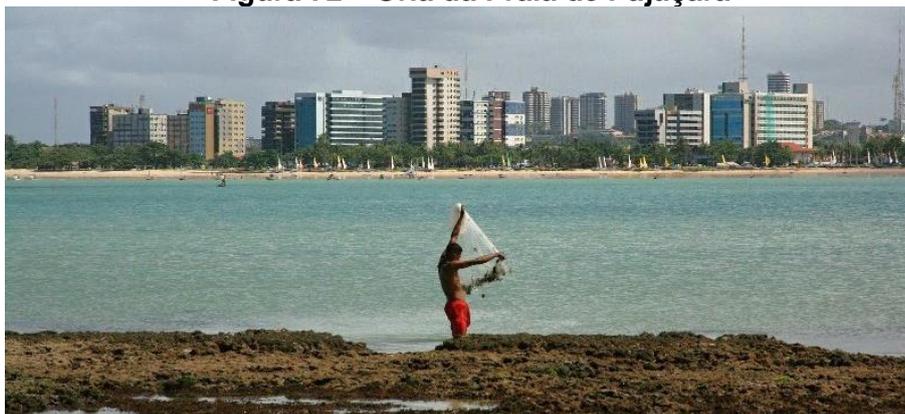
Figura 71 – Praça Dois Leões – Jaraguá



Fonte: Autora (2019).

Saindo de Jaraguá, o bairro de Pajuçara, é também um dos primeiros núcleos de povoamento da cidade e apresenta uma morfologia bastante diversificada: malha densa e com diversidade de padrões de ocupação. Inicialmente ocupado por pescadores, o bairro foi se desenvolvendo e iniciou um processo de verticalização com o incremento do turismo na cidade, uma vez que também margeia o Oceano Atlântico (Figura 72).

Figura 72 – Orla da Praia de Pajuçara



Fonte: Toni Cavalcante⁴⁹ (2016).

Quanto às alturas das edificações, também variam bastante entre horizontal e vertical. Sendo o primeiro dos bairros percorridos com número significativo de edifícios verticais na faixa das primeiras quadras da Orla (Figura 73). Nas quadras posteriores a forma horizontal ainda é muito presente.

Figura 73 – Edifícios verticais na Orla da Praia de Pajuçara

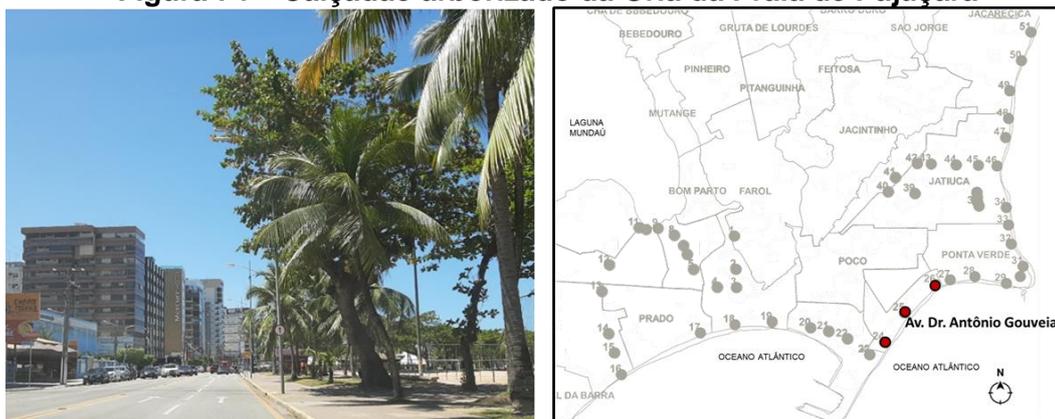


Fonte: Autora (2019).

Boa parte do calçadão da orla é arborizado, com coqueiros e amendoeiras, fato que promove áreas de sombreamento que configuram espaços de permanência (Figura 74).

⁴⁹ Disponível em: <http://alagoasbytonicavalcante.blogspot.com/>. Acesso em: out. 2018.

Figura 74 – Calçadão arborizado da Orla da Praia de Pajuçara



Fonte: Autora (2019).

Posteriormente, surge o bairro de Ponta Verde que, segundo Lopes (2017), é um dos mais verticalizados da capital, e hoje, conta com poucas áreas livres para expansão (Figura 75). O bairro, principalmente, a orla marítima recebe infraestrutura, como incentivo à moradia e desenvolvimento de atividades comerciais e hoteleiras desde 1970 quando foi iniciado o processo de ocupação da área (VASCONCELOS, 2016).

Figura 75 – Adensamento e verticalização no bairro de Ponta Verde



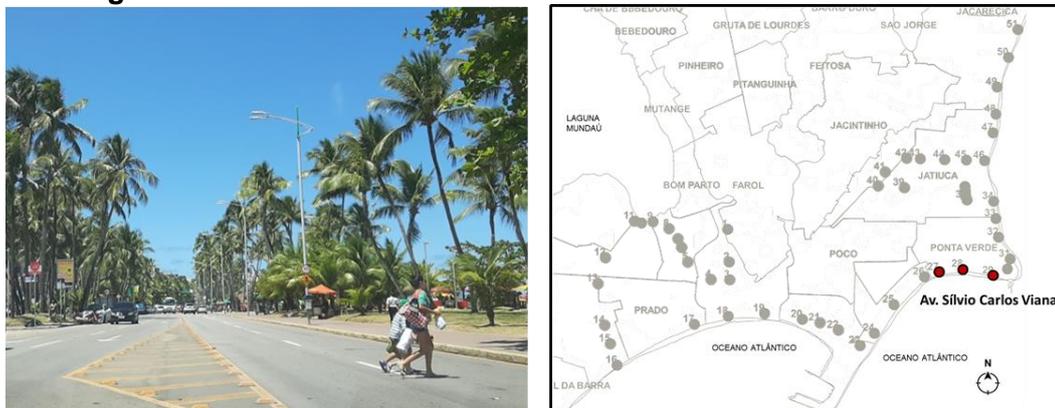
Fonte: skyscrapercity⁵⁰ (2017).

A introdução de mais coqueiros no canteiro central da Praia de Ponta Verde, nos últimos anos, promoveu uma área de sombreamento. Além de criar uma paisagem singular, do ponto de vista estético, permite que a Prefeitura promova atividades de lazer fechando este trecho da Orla com o Projeto Rua Fechada aos domingos, onde a população pode desfrutar do espaço sem a interferência de veículos

⁵⁰Disponível em: <https://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1442484>. Acesso em: set. 2018.

(Figura 76). À sombra do coqueiral é possível permanecer em conforto térmico, devido ao sombreamento e a ventilação.

Figura 76 – Orla do bairro de Ponta Verde – Av. Sílvio Carlos Viana

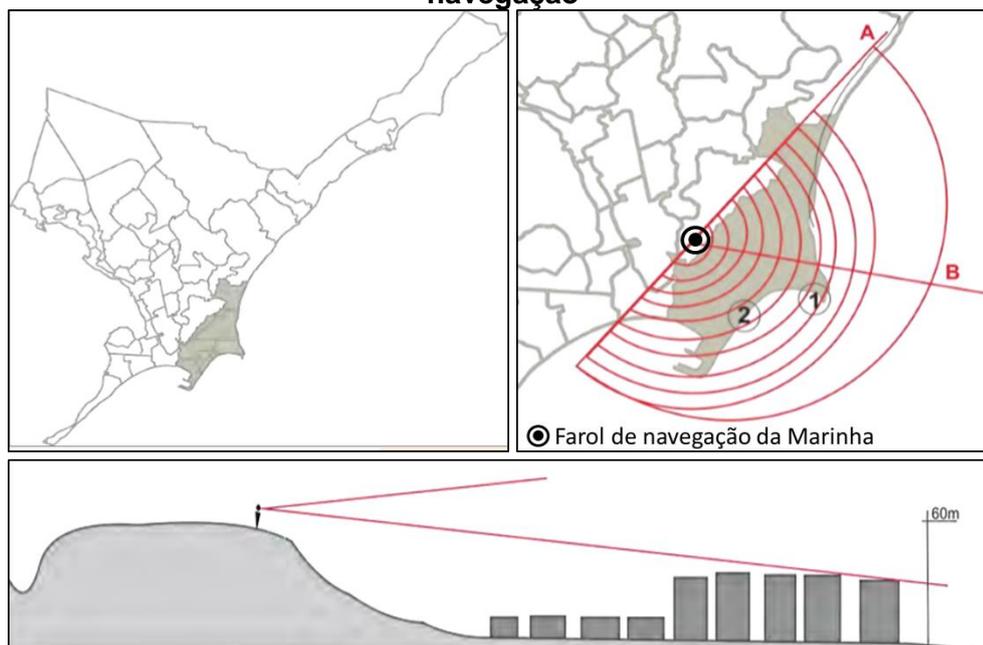


Fonte: Autora (2019).

Maceió tem uma configuração de Costa que sempre é possível avistar outros pontos da orla, outros bairros. Característica que permite refletir e comparar ocupações urbanas. Pajuçara e Ponta Verde possuem ocupações semelhantes nas primeiras quadras da orla, com edifícios verticais e arborização. O gabarito dos edifícios é também semelhante, pela peculiaridade de na época da verticalização de tais bairros, obedecia aos limites verticais do cone do Farol⁵¹, de auxílio à navegação, pertencente à marinha (Figura 77), fato que configurou as orlas marítimas de Pajuçara, Ponta verde e Jatiúca com altura homogênea (Figura 078). As alturas variam entre 20m e 34,80m, ou seja, entre cinco e onze pavimentos, dependendo da localização do edifício em relação ao farol. Os edifícios localizados nestes bairros não deveriam atrapalhar a luz emitida pelo farol para localização dos navios em alto mar. Cada arco, representado no mapa, possui uma cota que corresponde à altura máxima que poderá atingir uma edificação naquela área (Figura 77). A altura permitida é reduzida conforme a proximidade com a linha costeira, formando um cone. Percebe-se, entretanto, que a linha costeira é interceptada em pontos diferentes por vários arcos, o que corresponde a limitações diferentes para a altura das construções a beira-mar (CRUZ, 2011).

⁵¹ Um dos principais condicionantes urbanísticos que definiu o gabarito de vários bairros situados na baixada litorânea de Maceió, é o farol da marinha. O farol, de auxílio à navegação, localiza-se em território militar, no bairro do Jacintinho, a uma cota de 55m em relação ao nível do mar. Sua distância horizontal à linha da costa é variável devido aos recortes do litoral (MARTINS, 2014).

Figura 77 – Área de abrangência da iluminação do farol de auxílio à navegação



Fonte: Cruz (2011), adaptado pela autora.

As jangadas, vistas na Orla de Pajuçara, revelam a vocação do bairro para as atividades pesqueiras (Figura 78), porém, os habitantes nativos do bairro foram aos poucos mudando de bairro num processo de gentrificação. Inicialmente, as casas eram provisórias, de veraneio, mais tarde foram sendo ocupadas, permanentemente, pelas classes médias e altas (DIÉGUES JÚNIOR, 1939).

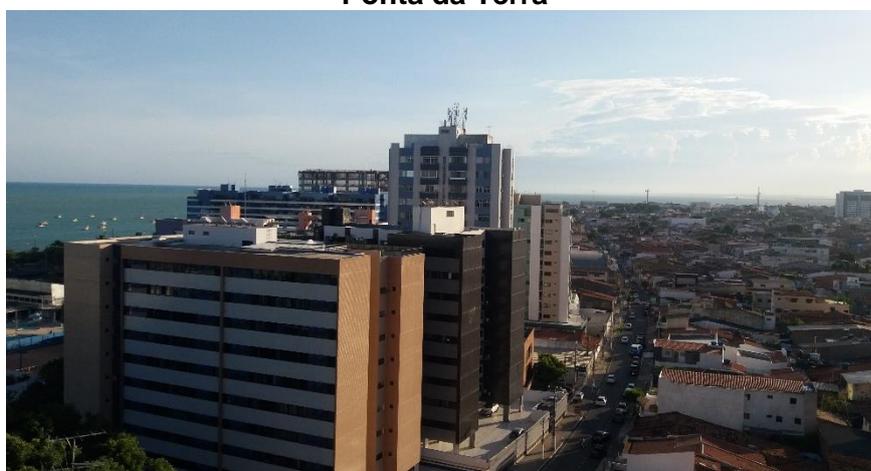
Figura 78 – Orla do bairro de Pajuçara desde o bairro de Ponta Verde



Fonte: Autora (2019).

Os pescadores que moravam nessa área foram expulsos para o bairro de Ponta da Terra (SILVA, 2011). O bairro de pescadores deu lugar a redes hoteleiras e edifícios residenciais, os quais foram responsáveis pela verticalização da Orla. A imagem a seguir mostra a morfologia urbana transformada pela migração dos pescadores da Orla de Pajuçara para o interior do continente, o bairro de Ponta da Terra (Figura 79).

Figura 79 – Verticalidade e horizontalidade em Pajuçara e Ponta da Terra



Fonte: Autora (2019).

Seguindo a orla, em direção ao bairro de Jatiúca, é possível perceber a continuidade do padrão adensado e verticalizado do bairro anterior (Figura 80), com a orla também dotada de infraestrutura e em grande parte verticalizada com edifícios residenciais e hotéis. A vegetação segue o calçadão, mas um pouco mais distante do

percurso do pedestre, e não protege da insolação em vários pontos. A sensação de desconforto só é amenizada no começo da manhã e final da tarde, pela altura solar baixa e não pela morfologia do espaço urbano em questão.

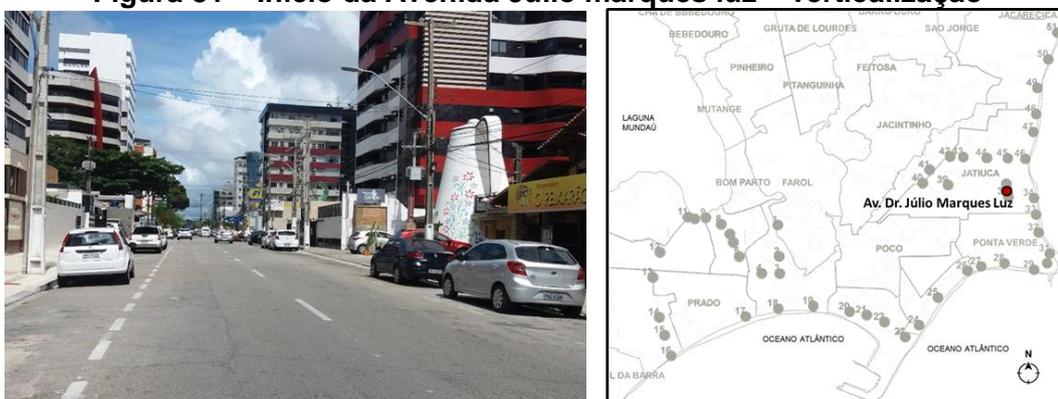
Figura 80 – Orla do bairro de Ponta Verde em direção ao bairro de Jatiúca – Av. Álvaro Otacílio



Fonte: Autora (2019).

O percurso se distancia da orla e entra na Avenida Júlio Marques Luz (conhecida popularmente como Avenida Jatiúca), por se tratar de um eixo bastante importante desde o início da ocupação do bairro na década de 1970. Observa-se, nas primeiras quadras, a presença mais incisiva de edifícios verticais, em sua maioria, residenciais, principalmente na última década (Figura 81).

Figura 81 – Início da Avenida Júlio Marques Luz – verticalização



Fonte: Autora (2018).

A avenida possui pouca vegetação que se apresenta de maneira esparsa e muito pontual (Figura 82), assim como sua orientação Leste-Oeste expõe as fachadas de ambos os lados à insolação intensa na maior parte das horas do dia. Pouca vegetação aliada à insolação torna a avenida desconfortável para os transeuntes. A

malha urbana é densa, com muitas edificações ocupando todo o lote, característica que deixa o tecido urbano menos poroso. Os edifícios verticais apresentam recuos e deixam a avenida e quadras imediatamente ao redor com mais rugosidade.

Figura 82 – Avenida Dr. Júlio Marques Luz – vegetação pontual e rugosidade



Fonte: Autora (2018).

Na medida em que adentra o continente, o uso predominante é o de comércio e serviços e os exemplares verticais ficam mais espaçados, dando lugar a configuração horizontal e contígua dos edifícios.

Em busca de padrões morfológicos mais diversificados o percurso não vai até o fim da avenida e segue em direção Avenida Dr. Antônio Gomes de Barros. Esta, diferente da Av. Júlio Marques Luz, possui canteiro central bastante arborizado que configura um percurso sombreado, com menos insolação e temperaturas mais amenas, bastante utilizado pelos moradores e transeuntes do bairro (Figura 83).

Figura 83 – Canteiro central da Avenida Dr. Antônio Gomes De Barros



Fonte: Autora (2019).

A Avenida Dr. Antônio Gomes de Barros estende-se até a avenida D. Constança. Só existem edifícios verticais na primeira quadra dela. O restante do percurso é marcado por edificações horizontais, em sua maioria de comércio e serviços. O conjunto residencial Castelo Branco é um marco inicial da avenida nos anos 1960, o mesmo conta com edifícios de apartamentos com dois pavimentos e casas, construídas pela Companhia de Habitação (COHAB). A vegetação margeia a avenida e não tem muita influência para o sombreamento dos edifícios, que atualmente não têm mais uma característica uniforme, devido a reformas e ampliações por conta dos moradores. Além disso, parte da área comum abriga comércio irregular (Figura 84).

Figura 84 – Conjunto Castelo Branco – Jatiúca



Fonte: Autora (2019).

O percurso segue pelo canteiro central da Avenida Dr. Antônio Gomes de Barros em direção à Avenida D. Constança; o padrão morfológico predominante é o

horizontal. A sensação térmica é bastante agradável, devido ao sombreamento e ventilação.

Na Avenida D. Constança, a morfologia urbana muda a configuração do espaço com grandes volumes edificados de um supermercado e um shopping (Figura 85), o primeiro da cidade, inaugurado na década de 1990, o qual contribuiu para o incentivo à moradia no bairro de Jatiúca e adjacentes. A área edificada e de estacionamento dos empreendimentos modificou uma grande área do bairro, quanto ao uso do solo e substituição de materiais de superfície. Os empreendimentos não possuem arborização.

Figura 85 – Maceió Shopping – Jatiúca



Fonte: Maceió Shopping⁵² (2018).

Na mesma época da implantação do shopping, o processo de ocupação do loteamento Stella Maris é impulsionado. O loteamento tinha a promessa, no início dos anos de 1980, de promover a moradia de uma casa de praia dentro da cidade. Com área de lazer, perto da praia e pouco mais de 3km do centro da cidade. As ruas sem saída faziam parte da proposta de tranquilidade (Figura 86).

⁵² Disponível em: <https://www.maceioshopping.com/o-shopping/>. Acesso em: set. 2018.

Figura 86 – Anúncio do loteamento Stella Maris na Gazeta de Alagoas (1980)

O Loteamento Stella Maris está totalmente pronto. Entre e seja feliz.

O Stella Maris é o único loteamento à beira-mar que fica no coração de Maceió.
Fica que está sempre, ao mesmo tempo, uma casa de cidade e de praia. O Stella Maris foi implantado na Praia de Junqueira, o melhor e mais seguro dos pontos da cidade.
O Stella Maris é o único loteamento à beira-mar que fica no coração de Maceió. Fica que está sempre, ao mesmo tempo, uma casa de cidade e de praia. O Stella Maris foi implantado na Praia de Junqueira, o melhor e mais seguro dos pontos da cidade.

Este é o Stella Maris. Lugar de vida boa, fácil e tranqüila. Onde tudo está pronto.
Compre e saiba os detalhes do projeto do Stella Maris. A posição e tamanho dos lotes. As ruas e os pavimentos, as áreas secundárias e principais, as áreas verdes e de lazer, o centro comercial. Busque! Para ficar sabendo que tudo isso está pronto, procure. Vá até o Stella Maris, veja, veja, veja. Veja a água, galerias pluviais e luz. Basta chegar, escolher e fazer construir a sua vida.

A garantia de seu investimento começa com este nome: Grupo N.G.C.
O Loteamento Stella Maris foi desenvolvido a partir de estudos profundos dos melhores especialistas para a implantação de um projeto de urbanização, a partir de um plano de cidade, de vida, a funcionalidade da área, devida, o Loteamento Stella Maris nasceu para ser uma nova cidade dentro da cidade. É a melhor ideia da cidade e da praia. É um projeto de cidade na praia e vice-versa.
O Grupo N.G.C. empreendedores do Loteamento Stella Maris com recursos próprios e longos estudos, é a melhor alternativa de cidade e a melhor alternativa para viver, investir e ganhar.

IMOBILIÁRIA DEBIA LTDA.
IMOBILIÁRIA NOGUEIRA LTDA.
IMOBILIÁRIA NOGUEIRA GATTO LTDA.

Seja proprietário no Stella Maris. A Esquema tem muitos planos e facilidades para isso. Vendas abertas.

Fonte: Gazeta de Alagoas (apud SANTOS; ALBUQUERQUE, 2016).

Porém, logo os edifícios residenciais verticais começaram a surgir, inicialmente com três pavimentos, e hoje contam com mais de dez pavimentos (Figura 087), fato que deixou o bairro bastante denso quanto ao número de edificações e de habitantes, e tem ocasionado problemas no loteamento quanto ao trânsito intenso, abastecimento d'água e energia e rede de esgoto insuficientes. Sendo uma área com alta densidade populacional, atraiu muitos empreendimentos de comércio, serviços, supermercados, escolas e seus amplos estacionamentos, o que acabou por diminuir a quantidade de área verde.

O Corredor Vera Arruda divide o loteamento e configura a área de lazer prometida desde o início de sua implantação e só executada, metade da extensão, no início dos anos 2000. Hoje, construtoras propõem terminar a implantação do corredor em troca de benefícios com a Prefeitura na modalidade de outorga onerosa.

É através do Corredor Vera Arruda (Figura 87) que o percurso atravessa o bairro de Jatiúca passando pelo loteamento Stella Maris, onde é visível o adensamento e verticalização.

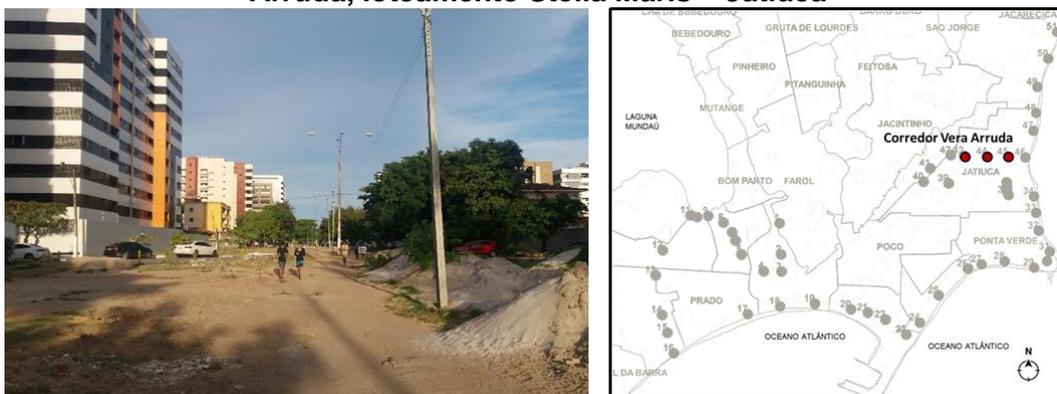
Figura 87 – Corredor Vera Arruda divide o loteamento Stella Maris



Fonte: PJM Drones⁵³ (2018), adaptada pela autora.

O início do percurso no Corredor é marcado pela total falta de infraestrutura (Figura 88), que agora, depois de muita especulação imobiliária, as construtoras começaram a pavimentar e prover de equipamentos urbanos, como bancos, iluminação, quadras.

Figura 88 – Falta de infraestrutura no início do Corredor Vera Arruda, loteamento Stella Maris – Jatiúca



Fonte: Autora (2019).

Na sequência, surge a etapa construída mais recentemente, entregue em 2018, que dota o espaço de infraestrutura de esporte e lazer. O espaço foi bem recebido pela comunidade e tem atraído moradores diariamente (Figura 89). A orientação no sentido leste-oeste e a vegetação mais concentrada nas laterais deixam o espaço desconfortável em alguns pontos, em grande parte do dia, devido à insolação.

⁵³ Disponível em: <https://www.youtube.com/channel/UC5XypoND3jHZbpD0e-OUd7g/videos>. Acesso em: set. 2019.

Figura 89 – Início do Corredor Vera Arruda, loteamento Stella Maris – Jatiúca



Fonte: Autora (2019).

A extensão do Corredor, que fica na parte central e foi concluída em 2016, é a mais desconfortável. A área não possui vegetação de grande porte, apresenta uma grande área pavimentada, infraestrutura precária e a configuração no sentido leste-oeste deixa o espaço bastante desconfortável e pouco atrativo (Figura 90).

Figura 90 – Parte central do Corredor Vera Arruda, loteamento Stella Maris – Jatiúca



Fonte: Autora (2019).

Hoje, a primeira etapa construída do Corredor, em meados da década de 2000, apresenta algumas áreas com vegetação de grande porte que promovem o sombreamento, deixando espaço mais utilizável (Figura 91).

Figura 91 – Trecho mais antigo do Corredor Vera Arruda, loteamento Stella Maris – Jatiúca



Fonte: Autora (2019).

O corredor despenda no final da praia de Jatiúca (Figura 092), onde a vegetação é esparsa novamente e só é possível aproveitar o espaço no início da manhã ou no final da tarde, devido à insolação.

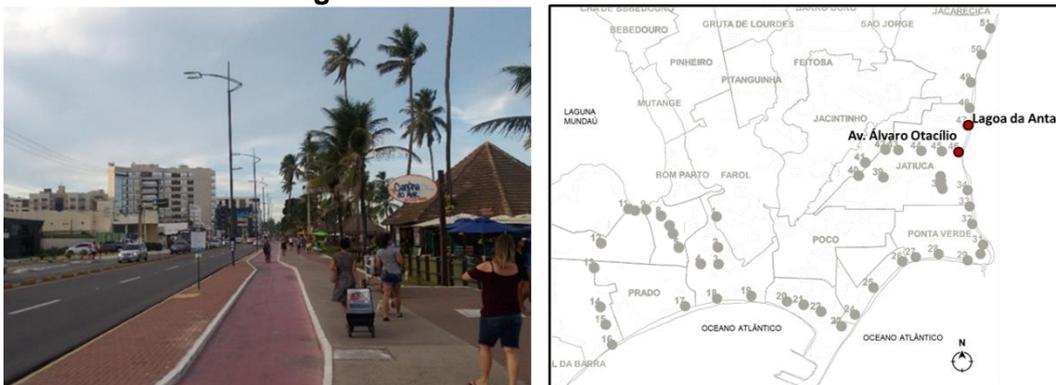
Figura 92 – Corredor Vera Arruda e Praia de Jatiúca



Fonte: Autora (2019).

O percurso segue pela orla de Jatiúca (Figura 93) em direção ao bairro de Cruz das Almas, considerado o primeiro bairro do litoral norte.

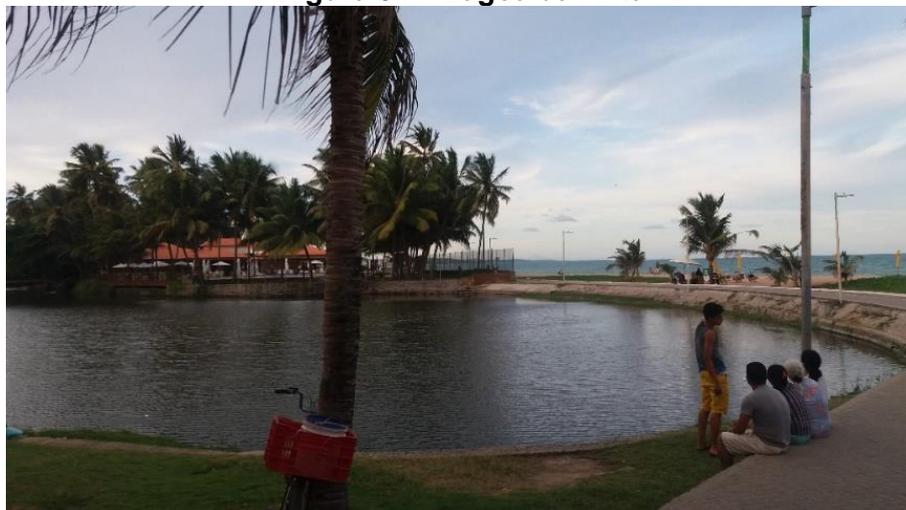
Figura 93 – Orla da Praia de Jatiúca



Fonte: Autora (2019).

O bairro inicia com a presença do Hotel Jatiúca que se interpõe entre o mar e a Lagoa da Anta, espaço muito utilizado pelos locais para contemplação e prática de pesca (Figura 94).

Figura 94 – Lagoa da Anta



Fonte: Autora (2019).

A orla estende-se para o norte com uma ocupação diversificada de residências horizontais, alguns edifícios verticais já construídos e habitados e as novas estruturas com até 20 pavimentos (Figura 95), que se erguem na paisagem de forma imperativa. É possível avistar, também, outros empreendimentos que surgem nos bairros posteriores que compõem o litoral norte. A costa, antes vista como paisagem natural, hoje já conta com a presença de edifícios verticais que marcam a paisagem de forma bastante contundente.

Figura 95 – Vista do bairro de Cruz das Almas e litoral norte de Maceió



Fonte: Autora (2019).

O bairro de Cruz das Almas tem recebido empreendimentos de grande porte e infraestrutura, pois é uma alternativa de expansão vertical, uma vez que os bairros de Pajuçara, Ponta Verde e Jatiúca já se encontram bastante adensados e com áreas livres escassas. Porém, a revitalização da orla parece não contemplar o conforto ambiental. A Praça Ganga Zumba é um exemplo de espaço sem a menor possibilidade de utilização durante os horários de insolação. A mesma possui vegetação de pequeno porte, e, portanto, ausência de áreas sombreadas (Figura 96).

Figura 96 – Praça Ganga Zumba, bairro de Cruz das Almas



Fonte: Autora (2019).



O percurso segue pela Orla de Cruz das Almas pela faixa de areia para se distanciar um pouco das edificações e ter uma visão mais completa da área, com os edifícios e seu entorno. O percurso termina de onde é possível observar os primeiros edifícios verticais que se impõem a paisagem, além de Cruz das Almas anunciando uma orla bastante verticalizada que está por vir no litoral norte (Figura 97).

Figura 97 – Vista do bairro de Cruz das Almas



Fonte: Autora (2019).

O caminho traçado pelo percurso perpassa por diferentes espaços, com realidades urbanas bem distintas. Tanto no que diz respeito ao uso e ocupação do solo, como em relação à horizontalidade e verticalidade, adensamento, expansão, estagnação, memória, investimento, descaso, presente e futuro. O percurso Inicia com uma visão da Laguna Mundaú e do mar ao fundo e tem-se uma sensação de fotografia, de imagem do passado, de paisagem; e termina com o litoral norte, tão cheio de perspectivas, sendo mais espaço que apenas paisagem.

4.7 Transformações morfológicas e clima urbano

A complexidade é o diálogo entre ordem/desordem/organização (MORIN, 2011). E esse diálogo é também o que conecta e constrói a cidade. Visto por essa ótica, o percurso revelou muitas interações, realidades e perspectivas diferentes e que se mostram aparentemente dispersas.

Para Morin (*apud* BRANDÃO, 2014, p. 13), a complexidade, “à primeira vista, pode traduzir-se pela grande quantidade de interações e interferências. E a cidade é pródiga nessas interligações.”. No entanto, alerta que a complexidade também compreende incertezas, indeterminações, fenômenos aleatórios. Só não pode ser reduzida ao aleatório, para que o acaso não se torne ignorância.

“Junte o que está completo e o que não está, o que concorda e o que discorda, o que está em harmonia e o que está em desarmonia” (HERÁCLITO *apud* MORIN, 2008, p. 19). Esta definição dialógica permite também organizar as percepções do percurso, dados, imagens, a fim de demonstrar a visão da cidade como um sistema complexo.

A complexa relação entre forma urbana e clima, de tão fácil percepção *in loco*, necessita de um olhar mais aprofundado, onde as conexões investigadas, desde o

início da pesquisa, se mostrem mais claras e permitam traçar um paralelo entre a cidade, a percepção desta e a realidade que conecta as transformações morfológicas e o clima urbano.

4.7.1 As transformações morfológicas do percurso

Os bairros são ao mesmo tempo sistemas complexos em si, que compõem outro sistema complexo que é a cidade. Cada bairro ou sistema tem uma ocupação urbana distinta, advinda da sua formação inicial, das relações econômicas, culturais, características naturais e fatores aleatórios. Em consequência, a expansão e ocupação da cidade ocorrem de maneira e em tempos diferentes.

Neste item, primeiramente, serão pontuadas as características e transformações morfológicas mais significativas encontradas ao longo do percurso, ocorridas no espaço de tempo entre 2002 e 2018 (espaço de tempo com imagens disponíveis no *Google Earth*). Posteriormente, estas características e transformações urbanas serão correlacionadas e embasarão o entendimento das transformações climáticas.

O Centro, de morfologia consolidada permanece sem muitas transformações, assim como os bairros da Levada, Vergel do Lago, Trapiche e o litoral sul. Sem infraestrutura e isolados física e socialmente, praticamente não apresentam alterações em sua morfologia (Figuras 98 e 99).

Figura 98 – Vista aérea do início do bairro de Ponta Grossa (2002)



Fonte: Google Earth (2018).

Figura 99 – Vista aérea do início do bairro de Ponta Grossa (2017)



Fonte: Google Earth (2018).

O litoral norte, especialmente o bairro de Cruz das Almas, atrai cada vez mais investimentos. O bairro configura uma área de expansão em que o poder público e a construção civil apostam atualmente, uma vez que grande parte da planície litorânea, que compreende os bairros de Pajuçara, Ponta Verde e Jatiúca já dispõem de menos espaços vazios para expansão.

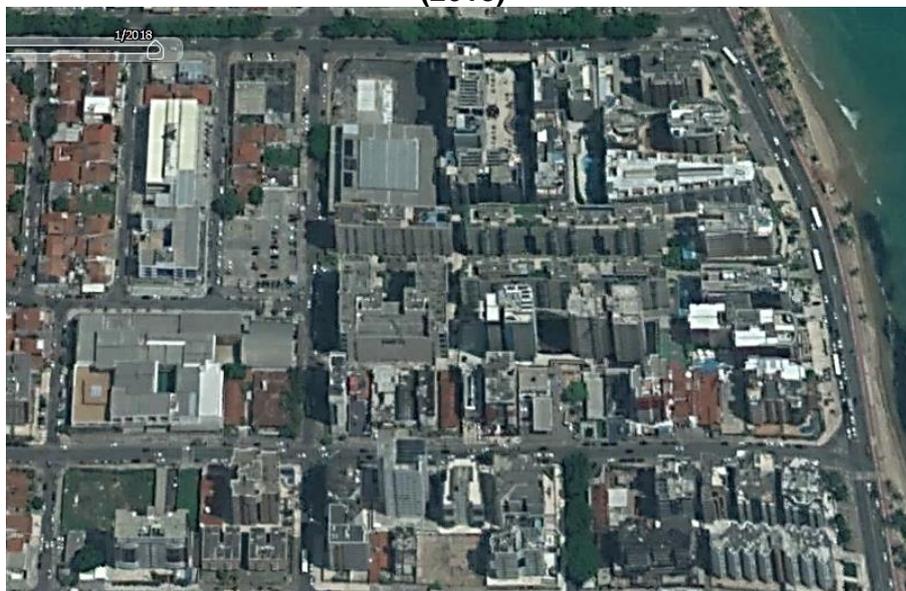
De maneira geral, a substituição dos revestimentos naturais e vegetação por construções e grandes áreas pavimentadas é a característica que mais se sobressai em relação às transformações da forma urbana. As imagens a seguir, das primeiras quadras na Avenida Júlio Marques Luz e quadras subjacentes, demonstram, claramente, essas transformações nas últimas décadas (Figura 100 e Figura 101).

Figura 100 – Vista aérea do início da Avenida Júlio Marques Luz (2002)



Fonte: Google Earth (2018).

Figura 101 – Vista aérea do início da Avenida Júlio Marques Luz (2018)



Fonte: Google Earth (2018).

No loteamento Stella Maris, situado no bairro de Jatiúca, as transformações morfológicas acontecem em relação à substituição de residências horizontais por edifícios residenciais verticais. O bairro, e principalmente o loteamento, verticalizou consideravelmente nos últimos anos, como podemos observar nas imagens a seguir (Figuras 102 e 103).

Figura 102 – Vista aérea do loteamento Stella Maris (2002)

Fonte: Google Earth (2018).

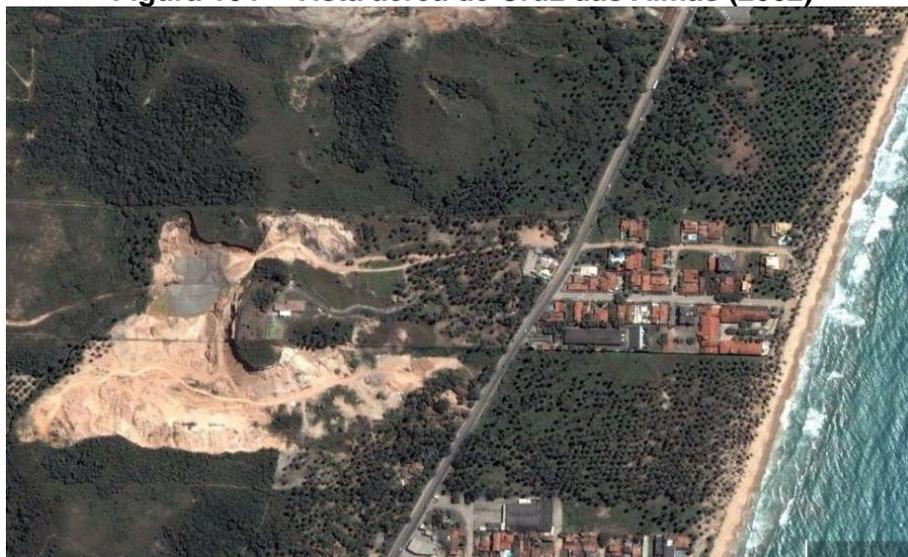
Figura 103 – Vista aérea do loteamento Stella Maris (2018)

Fonte: Google Earth (2018).

Os edifícios cada vez mais próximos da faixa litorânea e a preocupação das construtoras e imobiliárias com o aumento do gabarito dos edifícios, nas discussões para elaboração do novo Plano Diretor da cidade, demonstram a pouca ou nenhuma preocupação com o meio ambiente, com o clima urbano, ou com a promoção de um cenário futuro mais sustentável para o litoral norte e para toda a cidade.

A construção de shoppings, magazines, universidades, supermercados no litoral norte devastaram áreas extensas de vegetação nativa. Áreas que foram substituídas por grandes estacionamentos e construções de grande porte, e obviamente têm impacto no clima urbano (Figuras 104 e 105). Até mesmo condomínios residenciais, que vendem uma imagem paradisíaca, retiram a vegetação nativa e vendem espaços quase inóspitos com a propaganda paradisíaca que remete a refúgio e natureza.

Figura 104 – Vista aérea de Cruz das Almas (2002)



Fonte: Google Earth (2018).

Figura 105 – Vista aérea de Cruz das Almas (2018)



Fonte: Google Earth (2018).

Por fim, é possível traçar um perfil da cidade que revela transformações morfológicas, principalmente, no que diz respeito à verticalização cada vez mais presente na cidade (Figura 106).

Figura 106 – Linha do tempo com morfologia urbana do percurso



Fonte: Autora (2019).

Neste contexto, Brandão (2014) descreve que a modernidade se utilizou de conceitos universais, que excluíam o sujeito, e as propostas se mantinham separadas das demandas dos habitantes. Esta sensação ainda está presente em Maceió. O mesmo autor revela ainda que quando a contemporaneidade passa a considerar o sujeito como parte integrante do objeto, os conceitos tendem à complexidade e, talvez, seja justamente este ponto de não incluir os habitantes nas decisões, que afaste a cidade do conceito de complexidade. A cidade ainda é pensada como bairros e lotes isolados. A compreensão de complexidade urbana é, em parte, negada.

Neste sentido, Morin (2012, p. 327) acredita que para uma reflexão efetiva sobre o presente e o futuro, para um “urbanismo reflexivo”, é preciso trabalhar de modo conjunto, é preciso desenvolver possibilidades transdisciplinares.

Do mesmo modo, no caminho da pesquisa dialética, as sínteses são constituídas numa relação de articulação, porque a realidade contém contradições e se desenvolve trabalhos em diálogo com a práxis de pesquisas que discutem a realidade concreta (ZEN; SGARBI, 2018). Sendo assim, a metodologia, inicialmente, pretendia utilizar apenas dados de sensoriamento remoto para estudar a relação entre as transformações morfológicas e climáticas urbanas. Todavia, a escolha pelo método dialético induziu a percepção de muitas diferenças em relação ao conforto ambiental e à forma urbana, e viu-se a necessidade de coletar dados de temperatura de superfície, em alguns pontos do percurso, para que estes fossem comparados com dados de sensoriamento remoto e com as sensações percebidas.

Desta forma, neste item serão analisados ainda os dados obtidos através de sensoriamento remoto e dados coletados em campo para posterior discussão e correlação. Para tanto, será necessário esclarecer alguns conceitos.

4.7.2 Sensoriamento remoto: conceitos básicos

Lillesand e Kiefer (2000) definem que sensoriamento remoto é a ciência ou arte de obter informação sobre um objeto (alvo), área ou fenômeno, através da análise de dados adquiridos por um dispositivo (sensor) que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno sob investigação.

A definição de Novo (2010) completa que sensoriamento remoto é a utilização conjunta de sensores, equipamentos, aeronaves, espaçonaves, com objetivo de estudar o ambiente terrestre, através do registro e da análise das interações entre a

radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta em suas mais diversas manifestações.

Antes do advento dos satélites de sensoriamento remoto, o uso de fotografias aéreas era muito comum e até hoje essas fotografias são utilizadas para muitas aplicações. Em 1970, o primeiro satélite não tripulado para levantamento de recursos naturais, foi lançado; o primeiro da série LANDSAT; iniciava-se uma nova era, uma evolução do sensoriamento remoto.

A resolução espacial era uma das principais limitações, e não possibilitava o uso das imagens em aplicações que requeriam escalas de grande detalhe, como por exemplo, em áreas urbanas. No entanto, nas últimas décadas, os sensores transportados pelos satélites lançados, cada vez mais superam as limitações das primeiras imagens geradas a nível orbital.

Para Meneses e Netto (2001), a quantidade e qualidade da radiação eletromagnética refletida e/ou emitida pelos objetos terrestres, resultam das interações entre a radiação e estes objetos (Figura 107). Essas interações são determinadas pelas propriedades físico-químicas e biológicas de tais objetos e podem ser identificadas nos dados de sensores remotos. Portanto, a radiação eletromagnética refletida e/ou emitida pelos objetos da superfície é à base de dados para todo o processo de sua identificação, pois ela permite quantificar a energia espectral refletida e/ou emitida por estes, e assim avaliar suas principais características. Os sensores remotos são ferramentas indispensáveis para a realização de mapeamento e de monitoramento de recursos naturais.

Figura 107 – Geração de imagens em sensoriamento remoto



Fonte: Florenzano (2011).

Desta forma, o sensoriamento remoto tem proporcionado avanços significativos no estudo do clima urbano, não apenas pela melhoria da resolução espacial das imagens termais, mas também pela aplicação das imagens de alta resolução espacial à compreensão da complexidade do espaço urbano, tais como, na definição do uso e ocupação do solo, na identificação dos materiais construtivos e suas respostas espectrais, e no papel da vegetação. Destaca-se, também, a produção de dados primários no âmbito do sensoriamento remoto, notadamente, através da produção de imagens através do uso de VANTs.

A principal vantagem de se utilizar o sensoriamento remoto é sua capacidade de permitir a visualização de temperaturas em grandes áreas. Entretanto, é possível obter apenas uma vista panorâmica de temperaturas superficiais, sem que seja viável, por exemplo, se obter as temperaturas de paredes e sob a vegetação (AMORIM, 2015).

Atualmente, existe um grande número de satélites em órbita ao redor da Terra. Estes obtêm imagens com características distintas, que dependem tanto do satélite quanto do sensor. O Brasil recebe as imagens dos satélites de sensoriamento remoto para todo o território brasileiro e boa parte da América do Sul, através de uma antena de recepção localizada no centro geométrico da América do Sul, em Cuiabá-MT. Existem hoje vários satélites de sensoriamento remoto pertencentes a diversos países e que é possível acessar imagens gratuitamente⁵⁴ no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do United States Geological Survey (USGS), entre outros.

Para o presente estudo foram analisados dados de Classificação Supervisionada, Temperatura de Superfície e NDVI. Dados que serão conceituados a seguir para melhor compreensão.

4.7.2.1 Classificação supervisionada

A classificação de imagens de satélite tem como principal objetivo classificar automaticamente os pixels de uma imagem em classes de cobertura do solo (LILLESAND; KIEFER; CHIPMAN, 2008). O uso de métodos estatísticos vinculados à

⁵⁴ Sites do INPE: <http://www.inpe.br/> eUSGS: <https://www.usgs.gov/>.

busca de padrões espaciais e outras técnicas favorecem a automação do processo de extração de informações.

Para realizar a classificação são utilizados algoritmos, os quais são divididos em função da presença, ou não, de uma fase de treinamento, pela qual o usuário fornece amostras referentes a pixels representativos para cada uma das classes de interesse. Os *softwares* de processamento de imagens de sensoriamento remoto separam os classificadores em não supervisionados e supervisionados (VALE *et al.*, 2018).

A classificação não supervisionada é quase que totalmente automatizada pelo computador e demanda pouca ou nenhuma participação do analista no processo de classificação da imagem. Nessa modalidade o analista especifica alguns parâmetros que o computador irá usar para descobrir padrões que são inerentes aos dados.

A classificação supervisionada requer que o analista tenha um conhecimento prévio das classes presentes na imagem. O analista treina o algoritmo para poder distinguir as classes uma das outras, baseando-se em regras estatísticas previamente estabelecidas (VENTURIERI, 2007) e a área da imagem identificada como representativa de uma das classes a ser analisada é chamada de treinamento. Em ambos os métodos podem ser identificadas diversas classes, como: água, solo exposto, vegetação, nuvem, sombra de nuvem.

4.7.2.2 Temperatura de superfície

Nos estudos de climatologia urbana, o sensoriamento remoto, através de dados de temperatura da superfície e do mapeamento da vegetação, tem sido usado com grande frequência. A temperatura de superfície é de primordial importância para o estudo da climatologia urbana (VOOGT; OKE, 2003).

No que se refere aos estudos de sensoriamento remoto aplicados ao clima urbano, Dorigon e Amorim (2014) destacam aqueles que se utilizam de dados espectrais localizados na região do infravermelho termal, como nos satélites Landsat 5 e 8 utilizados neste estudo. De acordo com Coltri (2006), um alvo da superfície terrestre recebe radiação eletromagnética proveniente do Sol e, dependendo da sua composição, cor, forma e propriedade, parte dessa energia será refletida e absorvida. Assim, afirma-se que, satélites com sensor infravermelho termal mensuram a radiação

do topo da atmosfera, sendo que estes podem ser convertidos em temperatura aparente da superfície.

Para obter a temperatura da superfície terrestre através de imagens orbitais da região termal, é necessário utilizar técnicas de correção dos efeitos atmosféricos sobre as medidas de temperatura. A banda termal, assim como as demais bandas das imagens de satélite, é representada através de uma imagem composta por uma matriz de pixels em tons de cinza. Cada um dos pixels que compõe a imagem tem um número digital (ou DN – número digital de cada pixel) associado. Para a transformação dessa resposta em temperatura de superfície, precisamos utilizar modelos de conversão do DN em valores de temperatura (DORIGON; AMORIM, 2014).

Nichol (1996) afirma que o sensoriamento remoto termal, tem a vantagem de proporcionar em tempo sincronizado um significativo volume de dados de temperatura para uma área específica ou para uma cidade inteira.

Os dados de temperatura da superfície sobrepostos com as informações de uso e ocupação do solo configuram um indicador importante para a análise de qualidade ambiental urbana (LIMA; AMORIM, 2011), assim como podem indicar, também, a relação entre áreas de crescimento na cidade e modificação da temperatura, substituição de solo natural ou vegetação por pavimentação.

4.7.2.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

A vegetação tem um papel fundamental na paisagem urbana. A mesma influencia o clima urbano, o conforto térmico e a qualidade ambiental. Deste modo, o estudo de dados de vegetação é muito importante para pesquisas que têm a cidade como objeto de estudo sob qualquer enfoque.

Almeida *et al.* (2015) afirmam que, desde a década 1970, dados provenientes de satélites, têm sido usados para obter índices de vegetação, além de outros dados. Atualmente, dentre as diversificadas técnicas de processamento de imagens, que possibilitam a exploração dos dados de sensores remotos, destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o qual permite identificar a presença de vegetação e caracterizar sua distribuição espacial e sua evolução no decorrer do tempo (LOBATO *et al.*, 2010).

O índice promove a compreensão dos impactos de mudanças de cobertura em relação à temperatura de superfície terrestre, como também proporciona uma medida da quantidade de vegetação ou condição dentro de um pixel (ORHAN, 2014).

O NDVI é uma aplicação dos processos de realce por operações matemáticas entre bandas de sensores de satélites (MELO *et al.*, 2011). Foi proposto por Rouse *et al.* (1973), a partir da normalização do Índice de Vegetação da Razão Simples para o intervalo de -1 a +1. A normalização consiste numa relação entre as medidas espectrais de duas bandas, a infravermelho próximo e a vermelha (PONZONI; SHIMABUKURO, 2012).

Os dados de NDVI associados aos dados termais mostram características muito relevantes para se entender os processos e as dinâmicas envolvidos na alteração das condições climáticas urbanas. Além disso, esses dados estão diretamente relacionados, e são analisados conjuntamente em grande parte das pesquisas (DORIGON; AMORIM, 2014).

4.7.3 Metodologia para o processamento digital de imagens

A proposta inicial era de verificar as transformações microclimáticas na cidade de Maceió e compará-las com as transformações morfológicas ao longo de 30 anos AP, tempo em que as transformações foram mais consistentes na cidade. Porém, a coleta de dados revelou que não seria possível trabalhar as imagens do ano de 1988, devido à baixa qualidade destas em relação à alta quantidade de nuvens presentes. Sendo assim, o ano de 1990 seria o mais próximo para o estudo dos dados de sensoriamento remoto. Posteriormente, verificou-se, ainda, a possibilidade utilizar imagens de 2019, não obtendo sucesso na busca novamente. Portanto, o estudo compreende 28 anos, entre 1990 e 2018 (Quadro 05).

Quadro 05 – Imagens de satélite com menor incidência de nuvens entre 1988 e 2019

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990	X	X	X	X	X	11.06	X	X	X	X	X	X
1991	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	05.11	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	03.09	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	28.02	X	X	X	20.06	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	26.08	X	X	X	X
2017	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2018	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2018	X	X	X	X	23.08	X	X	X	X	X	X	14.12
2019	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-
IMAGENS COM POUCA INCIDÊNCIA DE NUVENS												
MELHORES IMAGENS PARA ANÁLISE NA ÁREA DE ESTUDO												

Fonte: Autora (2019).

Contudo, Macedo Neto (2014) adverte que existem algumas limitações no emprego do sensoriamento remoto orbital para análise de espaços intraurbanos, principalmente, quando se utiliza imagens com média resolução espacial, como é o caso do sensor TM do Landsat 5. Devido à existência de uma imensa variedade de materiais, torna-se praticamente impossível computar os dados de temperatura para cada material.

É importante esclarecer que os dados de temperatura da superfície obtidos por intermédio de imagens de satélite não correspondem a uma média aritmética das temperaturas de todos os objetos e alvos presentes. É possível computar a temperatura de determinada área, por meio da transformação dos tons de cinza das imagens termais em valores de temperatura da superfície, baseando-se, para isso, na aplicação de um algoritmo. Porém, alguns fatores podem alterar a precisão das informações de temperatura da superfície coletada por sensores remotos orbitais como: a influência da atmosfera, a emissividade dos materiais, a morfologia urbana e o próprio tratamento digital da imagem (MACEDO NETO, 2014).

Herold *et al.* (2004) revelaram as limitações do sensoriamento remoto de média resolução espectral para o mapeamento detalhado de materiais urbanos e suas condições ao coletar medidas espectrais para alvos urbanos. Áreas urbanas podem apresentar dificuldades para computar a temperatura de superfície, utilizando-se de imagens digitais, devido à grande variação espectral contidas em uma imagem de sensor remoto orbital (ESTEVES, 2006).

A obtenção de dados derivados de equipamentos portáteis, como Termômetro Infravermelho digital com mira a laser, para medições *in loco* podem ser mais indicados pela confiabilidade do valor real dos dados. Porém, é impossível aferir dados em macro escala, ou áreas de difícil acesso. Contudo, Lombardo (1985) justifica o emprego da técnica de sensoriamento remoto, uma vez que a espacialização de dados obtidos *in loco* não apresenta a adequação quanto à compreensão do fenômeno. A representação dos valores não informa a real extensão deles, mas sim a extensão da variação entre aqueles coletados, resultando numa forte generalização.

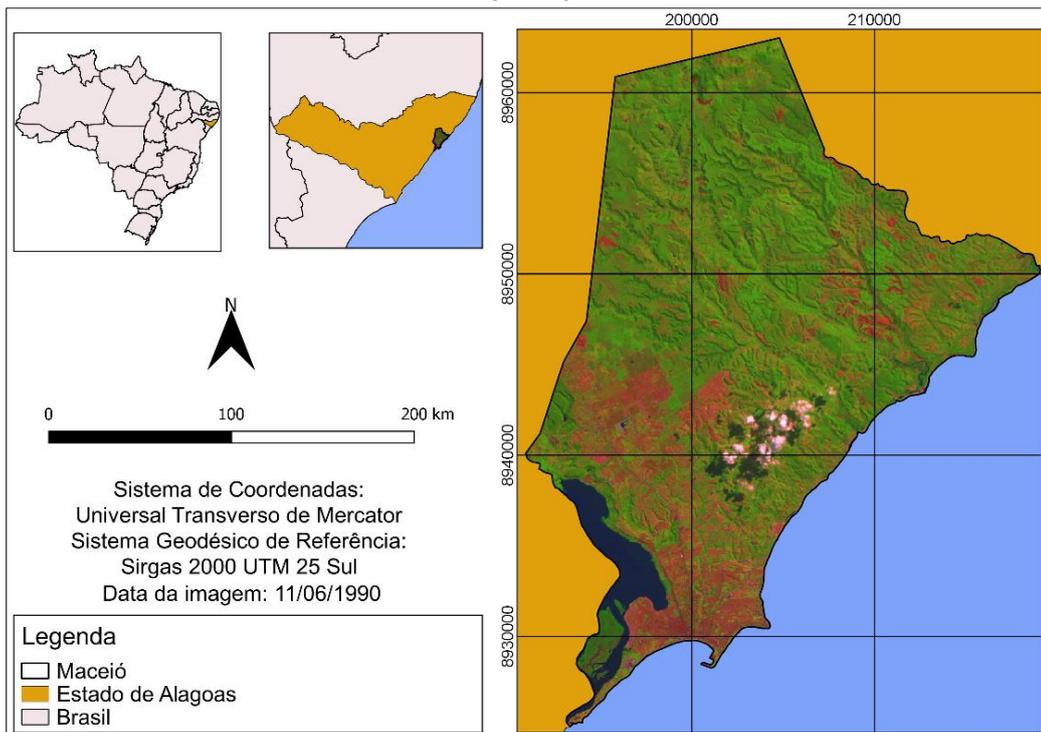
Deste modo, após a obtenção de dados, através de técnicas de sensoriamento remoto, serão apresentados dados de temperatura de superfície obtidos na pesquisa de campo em vários pontos da extensão do percurso.

4.7.4 Área de estudo

As imagens obtidas através de sensoriamento remoto compreendem o município de Maceió em toda a sua extensão rural e urbana. Porém, o estudo se deteve, mais especificamente, na zona urbana onde foi definido o percurso.

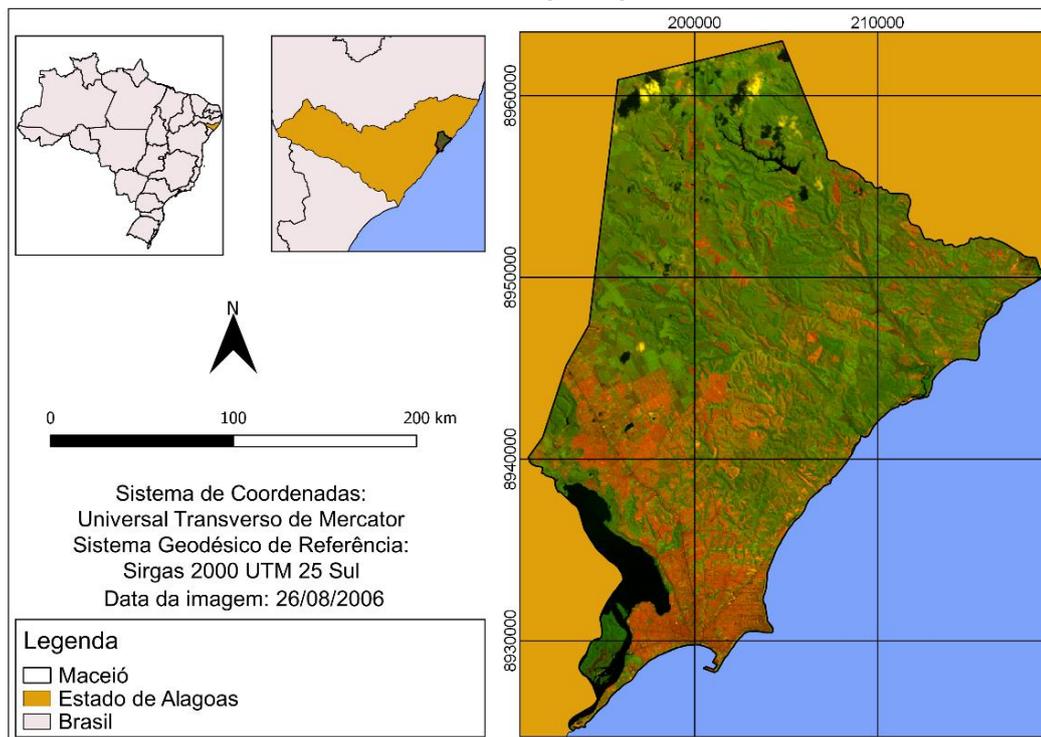
Sendo assim, as figuras 103, 104 e 105 correspondem às imagens capturadas por satélite em 1990, 2006 e 2018, respectivamente, que, posteriormente, foram tratadas e analisadas em relação à classificação supervisionada, temperatura de superfície e NDVI.

Figura 108 – Localização da cidade de Maceió em composição RGB 543 (1990)



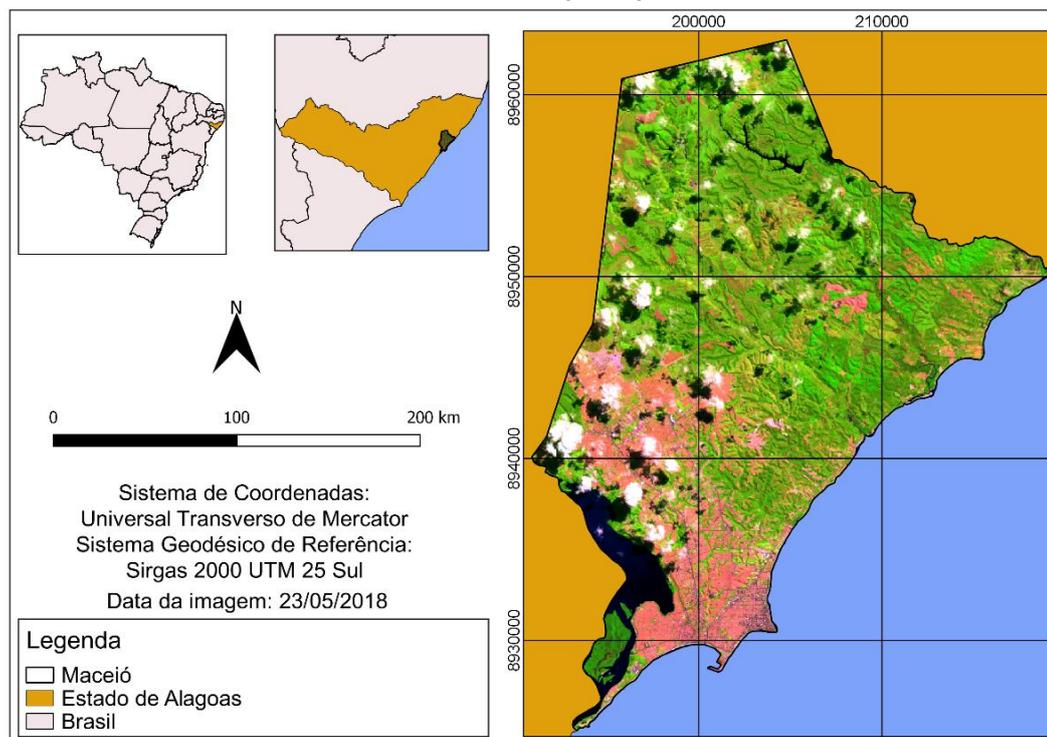
Fonte: Autora (2019).

Figura 109 – Localização da cidade de Maceió em composição RGB 543 (2006)



Fonte: Autora (2019).

Figura 110 – Localização da cidade de Maceió em composição RGB 654 (2018)

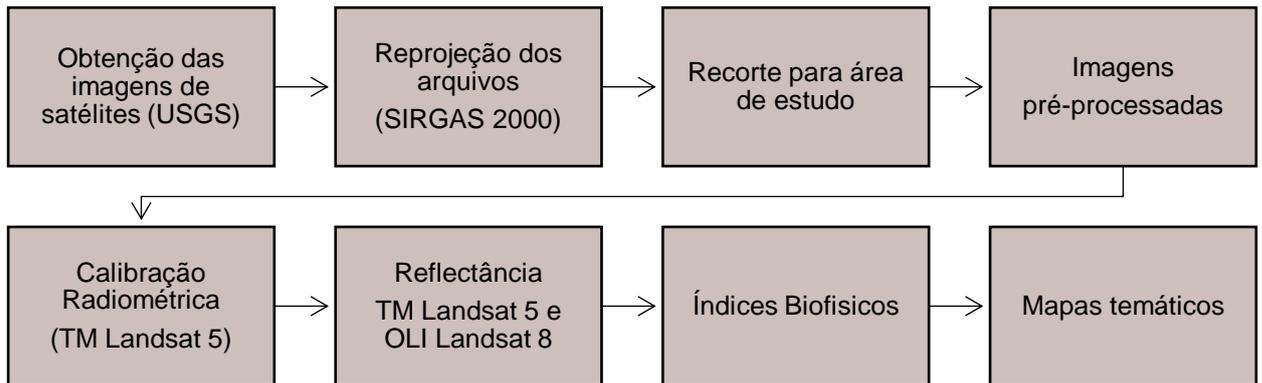


Fonte: Autora (2019).

4.7.5 Processamento digital de imagens

Foram utilizadas imagens referentes aos dias 11 de junho de 1990 e 26 de agosto de 2006, do satélite *Land Remote Sensing Satellite* (Landsat 5), sensor *Thematic Mapper* (TM), órbita 214 e ponto 67, e a imagem datada 23 de maio de 2018, do satélite *Land Remote Sensing Satellite* (Landsat 8), sensor *Operational Lander Imager* composta por bandas espectrais adquiridas gratuitamente através do site do *United States Geological Survey* (USGS).

As imagens orbitais e os arquivos vetoriais foram reprojatados para o Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), UTM fuso 25 Sul. Depois da aquisição da imagem, foi realizado o processamento, considerando o recorte da cena, conforme a área de interesse. Para obtenção dos parâmetros físicos, utilizou-se a ferramenta “Calculadora Raster” do software QGIS versão 2.18.16. A Figura 111, a seguir, demonstra o fluxograma das etapas de processamento de imagens.

Figura 111 – Fluxograma das etapas de processamento de dados para NDVI

Fonte: Autora (2019).

4.7.5.1 Processamento das imagens para o TM Landsat 5

O primeiro procedimento foi a calibração radiométrica proposta por Markham e Baker (1987), descrita pela equação:

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

Onde: $L_{\lambda i}$ = radiância espectral de cada banda ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$); “a” e “b” = radiâncias espectrais mínimas e máximas; ND = número digital (valor entre 0 e 255); i = cada banda do TM Landsat 5, conforme a Tabela 03 descritos os coeficientes utilizados para determinação dos parâmetros físicos.

Tabela 03 – Descrição das bandas do Mapeador Temático (TM) do Landsat 5

BANDAS	COMPRIMENTO DE ONDA (UM)	COEFICIENTES DE CALIBRAÇÃO ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$)				IRRADIÂNCIA ESPECTRAL NO TOPO DA ATMOSFERA – $K_{\lambda i}$ ($Wm^{-2} \mu m^{-1}$)
		a desde 1994)	b 01/03/1994 a 04/05/2003	b 05/05/2003 a 01/04/2007	b depois de 02/04/2007	
1 (azul)	0,452 – 0,518	-1,52	152,10	193,0	169,0	1983
2 (verde)	0,528 – 0,609	-2,84	296,81	365,0	333,0	1796
3 (vermelho)	0,626 – 0,693	-1,17	204,30	264,0	264,0	1536
4 (IV-próximo)	0,776 – 0,904	-1,51	206,20	221,0	221,0	1031
5 (IV-médio)	1,567 – 1,784	-0,37	27,19	30,2	30,2	220
6 (IV-termal)	10,450 – 12,420	1,2378	15,303	15,303	15,303	-
7 (IV-médio)	2,097 – 2,349	-0,15	14,38	16,5	16,5	83,44

Fonte: Adaptado de Chander *et al.* (2009).

Obs.: com os intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima – a; radiância máxima – b) e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA)

Em seguida determinou-se a reflectância espectral monocromática para cada banda ($\rho_{\lambda i}$), que é fornecida em função da radiância espectral ($L_{\lambda i}$), irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($k_{\lambda i}$), do ângulo zenital solar (Z), do quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA) e, E é o ângulo de elevação do Sol nos metadados da imagem.

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi L_{\lambda i}}{k_{\lambda i} \cos Z d_r} \quad (2)$$

$$\cos Z = \cos\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \quad (3)$$

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{DSA 2\pi}{365}\right) \quad (4)$$

A obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), conforme a equação proposta por Rouse *et al.* (1973), apresenta uma variação entre -1 e 1. Os valores positivos e mais próximos de 1 constituem superfícies verdes com maior vigor, enquanto que os valores negativos equivalem a água ou nuvens. Solos descobertos e rochas refletem na faixa do vermelho e infravermelho próximo quase na mesma proporção, conseqüentemente, o NDVI se aproxima de 0.

O NDVI, sendo o indicador que detecta a taxa de umidade na vegetação, e que foi avaliado pixel a pixel através da razão entre a diferença das reflectâncias das faixas do infravermelho próximo (ρ_{IV}) e vermelho (ρ_V) com a soma das mesmas, bandas 4 e 3 do TM Landsat 5, respectivamente, para o cálculo do índice NDVI (Equação 5),

$$NDVI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + \rho_V)} \quad (5)$$

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) é um índice definido pela Equação 6, que considera os efeitos do solo exposto nas imagens analisadas, para ajuste do NDVI quando a superfície não está completamente coberta pela vegetação.

$$SAVI = \frac{(1 + L_s)(\rho_4 - \rho_3)}{(L_s + \rho_4 + \rho_3)} \quad (6)$$

Onde: L_s é uma constante denominada de fator de ajuste do índice SAVI, podendo assumir valores de 0,25 a 1 dependendo da cobertura do solo.

Conforme Huete (1988), um valor para L_s de 0,25 é indicado para vegetação densa e de 0,5 para vegetação com densidade intermediária, quando o valor de L_s for 1 para vegetação com baixa densidade. Se o valor do SAVI for igual a 0, seus valores tornam-se igual aos valores do NDVI. Portanto o valor de L_s mais utilizado é 0,5.

O Índice de Área Foliar (IAF) é um índice biofísico definido pela razão entre a área foliar de uma vegetação por unidade de área utilizada por esta vegetação, sendo um indicador da biomassa de cada pixel da imagem, computado pela seguinte Equação 7empírica (ALLEN, 2002):

$$IAF = \frac{\ln\left(\frac{0,69-SAVI}{0,59}\right)}{0,91} \quad (7)$$

A emissividade (ϵ_{nb}) de cada pixel na banda termal do espectro eletromagnético (*narrowband*- 10,4 a 12,5 μm) foi obtida em função do Índice de Área Foliar (IAF) conforme (ALLEN *et al.*, 2002):

$$\epsilon_{nb} = 0,97 + 0,0033xIAF \quad (8)$$

A equação acima é válida para $IAF < 3,0$. Para valores de $IAF > 3,0$ considerou-se $\epsilon_{nb} = 0,98$.

Com a obtenção do cálculo da radiância espectral (L_6) e da emissividade da banda termal (ϵ_{nb}) determinou-se a Temperatura da Superfície, T_s (K), usando o modelo matemático proposto por Markham e Barker (1987):

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\epsilon_{nb}K_1}{L_{\lambda,6}} + 1\right)} \quad (9)$$

Em que $K_1=607,76 \text{ Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$ e $K_2=1260,56 \text{ Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$.

4.7.5.2 Processamento das imagens para o OLI Landsat 8

O processamento das imagens Landsat 8 OLI se deu em conformidade com Ruhoff, Silva e Rocha (2015): para conversão dos valores quantizados e calibrados (ND) do sistema sensor Landsat 8 OLI para reflectância espectral, utilizou-se coeficientes radiométricos disponibilizados no arquivo de metadados das imagens USGS (2019).

A reflectância planetária no topo da atmosfera ($\rho'\lambda$) foi calculada a partir da Equação 10.

$$\rho'\lambda = M\rho * Q_{cal} + A\rho \quad (10)$$

Em que $\rho'\lambda$ não apresenta correção para o ângulo solar. $M\rho$ corresponde ao fator multiplicativo de reescalonamento para cada banda (disponível nos metadados da imagem), Q_{cal} o número digital para cada pixel e $A\rho$ corresponde ao fator aditivo de reescalonamento para cada banda (disponível nos metadados da imagem). Para correção da reflectância em função do ângulo solar e da distância astronômica Terra-Sol (d) foi usada a Equação 11.

$$\rho\lambda = \frac{\rho'\lambda}{\cos(\theta_{sz}) \frac{1}{d^2}} = \frac{\rho'\lambda}{\sin(\theta_{se}) \frac{1}{d^2}} \quad (11)$$

Em que $\rho\lambda$ corresponde a reflectância planetária no topo da atmosfera corrigida, θ_{se} corresponde ao ângulo de elevação solar (disponível nos metadados da imagem) e θ_{sz} corresponde ao ângulo zenital solar local (calculado a partir de $\theta_{sz} = 90^\circ - \theta_{se}$).

O cálculo do NDVI se deu em conformidade com a Equação 5 utilizando as bandas ρ_{RED} e ρ_{NIR} , que para o sensor OLI Landsat 8 correspondem as bandas 4 e 5 resultantes da reflectância corrigida pela Equação 5. Da mesma maneira para o índice SAVI análogo a Equação 6. Consecutivamente para a determinação de IAF foi utilizada a Equação 7 para as bandas do Landsat 8.

A temperatura de superfície para o Landsat 8 foi realizado a partir da conversão dos níveis de cinza da banda 10 em radiância espectral (TOA) através da Equação 12 (USGS,2019).

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL \quad (12)$$

Onde:

$L\lambda$ = Radiância espectral ($W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$)

M_L = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda ($3,3420 \times 10^{-04}$)

Q_{cal} = Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza (DN)

A_L = Fator aditivo de redimensionamento da banda (0,1000)

Para processamento da Temperatura da Superfície (TempSup) em Kelvin, são utilizadas a radiância espectral da banda termal ($L\lambda_{10}$) e a emissividade de cada pixel no domínio espectral da banda termal.

$$\text{Temp}_{\text{sup}} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\epsilon_{\text{NB}} * K_1}{L_{\lambda 10}} + 1\right)} \quad (13)$$

As constantes de calibração da banda 10 termal do Landsat 8 foram obtidas no arquivo de metadados disponibilizados pelo site do USGS, onde K1 equivale a 774,89 W/ m²srµm e K2 equivale a 1321,08 K.

As temperaturas resultantes foram convertidas para graus Celsius (°C) com a subtração do valor da temperatura do ponto de congelamento da água ao nível do mar, que equivale a 273,15 K.

4.7.6 Classificação supervisionada de imagens

A classificação de imagens multiespectrais realizada no *software* SPRING, permitiu identificar os elementos urbanos, que correspondem à vegetação, solos expostos, água e áreas antropizadas encontrados nas imagens captadas, enfatizando-se área urbana de Maceió-AL. O comparativo entre as três imagens possibilitou identificar a dinâmica espaço-temporal das áreas com presença vegetativa, e urbanizadas em 28 anos, determinando, quantitativamente, suas áreas respectivas, nos anos de 1990, 2006 e 2018.

O classificador por máxima verossimilhança (MaxVer) foi utilizado para o presente e considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Portanto, assume que todas as bandas têm distribuição normal e calcula a probabilidade de um dado pixel pertencer a uma classe específica (INPE, 2017), gerando assim mapas temáticos para análise do dinamismo de determinada porção da superfície terrestre.

De acordo com Meneses (2012), o classificador por máxima verossimilhança é um classificador mais eficiente, porque as classes de treinamento são utilizadas para estimar a forma da distribuição dos pixels contidos em cada classe no espaço de n bandas, como também a localização do centro de cada classe.

Na classificação de máxima verossimilhança, cada pixel é destinado à classe que tem a mais alta probabilidade, isto é, a máxima verossimilhança. Isso significa que para um pixel na posição x do espaço multiespectral, um conjunto de probabilidades são computadas e que dão as possibilidades relativas do pixel

pertencer a cada classe disponível ($p(x|\omega_i)$). Segundo Richard e Jia (2006), a classificação de um ponto x é realizada de acordo com:

$$x \in \omega_i \text{ se } p(x|\omega_i)p(\omega_i) > p(x|\omega_j)p(\omega_j)$$

Em que a probabilidade $p(x|\omega_i)$ dá a possibilidade de x pertencer à classe ω_i e $p(\omega_i)$ e a probabilidade de a classe ocorrer na imagem, que de fato é conhecida das áreas de treinamento. Tantas quanto forem as classes de treinamento selecionadas, tantas serão $p(x|\omega_i)$. Todos os pixels serão classificados, a menos que seja definido um limiar. Assim, tem-se que:

$$p(x|\omega_i)p(\omega_i) > p(x|\omega_i)p(\omega_i) \text{ e } p(x|\omega_j)p(\omega_j) > \text{limiar}$$

A necessidade de se usar um limiar é quando ocorrem situações ruins de classificação. Essas situações surgem se as classes espectrais se sobrepõem ou se conhecendo que existem outras classes, não há, contudo, suficientes áreas de treinamento para estimar com confiança os parâmetros de suas distribuições. Aplica-se o limiar para estabelecer um limite para o processo de decisão de separação (MENESES, 2012).

4.8 Resultados

Os resultados serão discutidos a partir da correlação entre os elementos observados no percurso e que já foram descritos anteriormente, dados de sensoriamento remoto, através de cartas-imagem, e os valores de temperatura de superfície coletados *in loco*.

4.8.1 Mapas de NDVI (1990, 2006 e 2018)⁵⁵

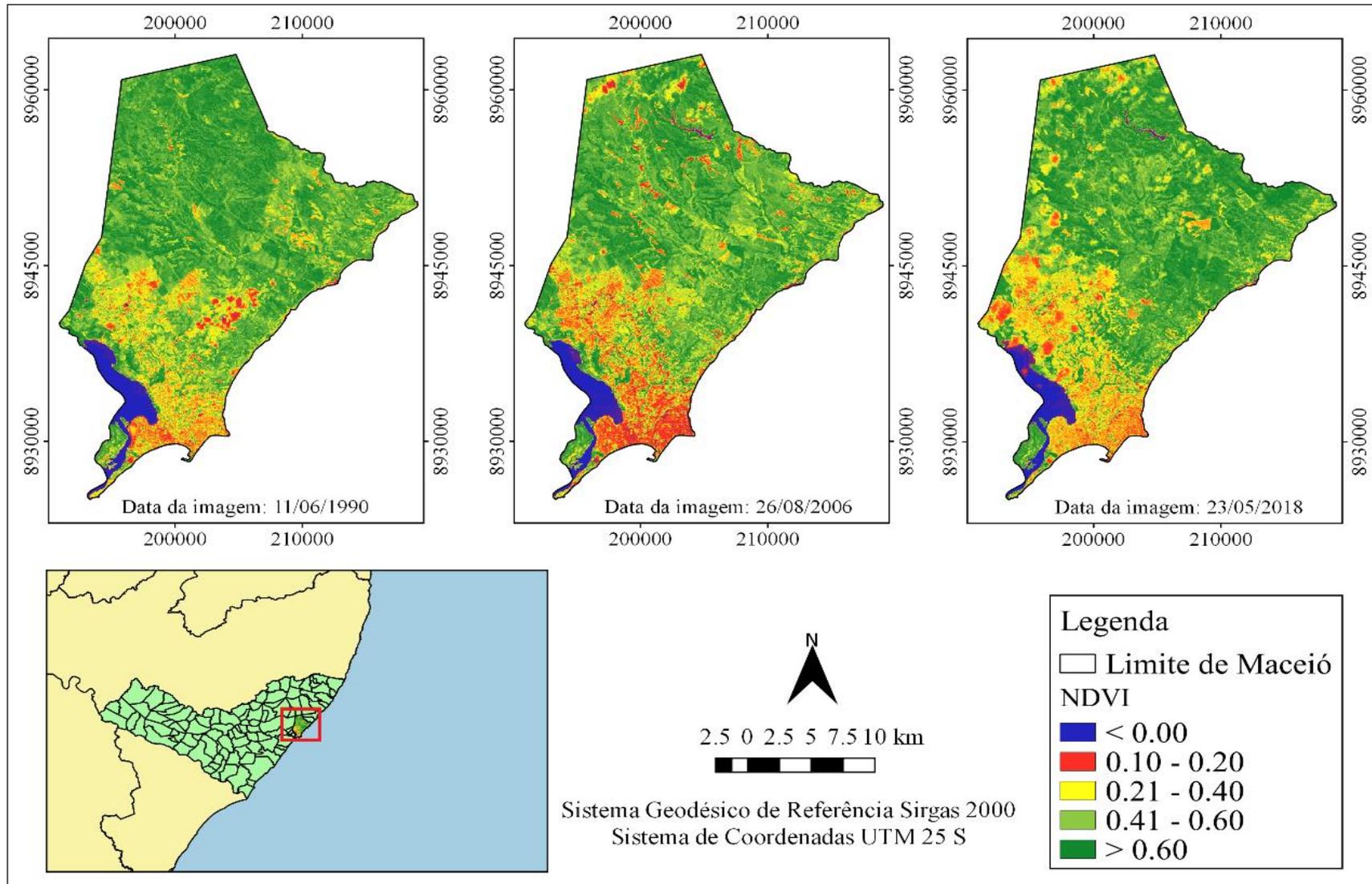
De maneira geral, os resultados apontaram que os valores mais altos de NDVI, que indicam a presença de vegetação mais densa, correspondem à zona rural da cidade. Enquanto que na zona urbana, os maiores valores correspondem a áreas espessas dentro da malha urbana. Os menores valores correspondem a solo exposto e às áreas densamente ocupadas. Observa-se, também, que as áreas com menores

⁵⁵ Em Anexo, as Cartas Imagem estão dispostas em uma escala maior para melhor visualização.

índices cresceram nestes últimos 28 anos e começam a aparecer na zona rural, o que indica o surgimento de novas áreas antropizadas (Figura 112).

Valores de NDVI maiores que 0,6 estão associados à vegetação extremamente pronunciada, e de 0,3 a 0,6, a cobertura vegetal pouco densa e área disposta de forma adjunta às regiões verdes (LIU; MING, 2000).

Figura 112 – Mapa do índice NDVI em Maceió (1990, 2006, 2018, respectivamente)

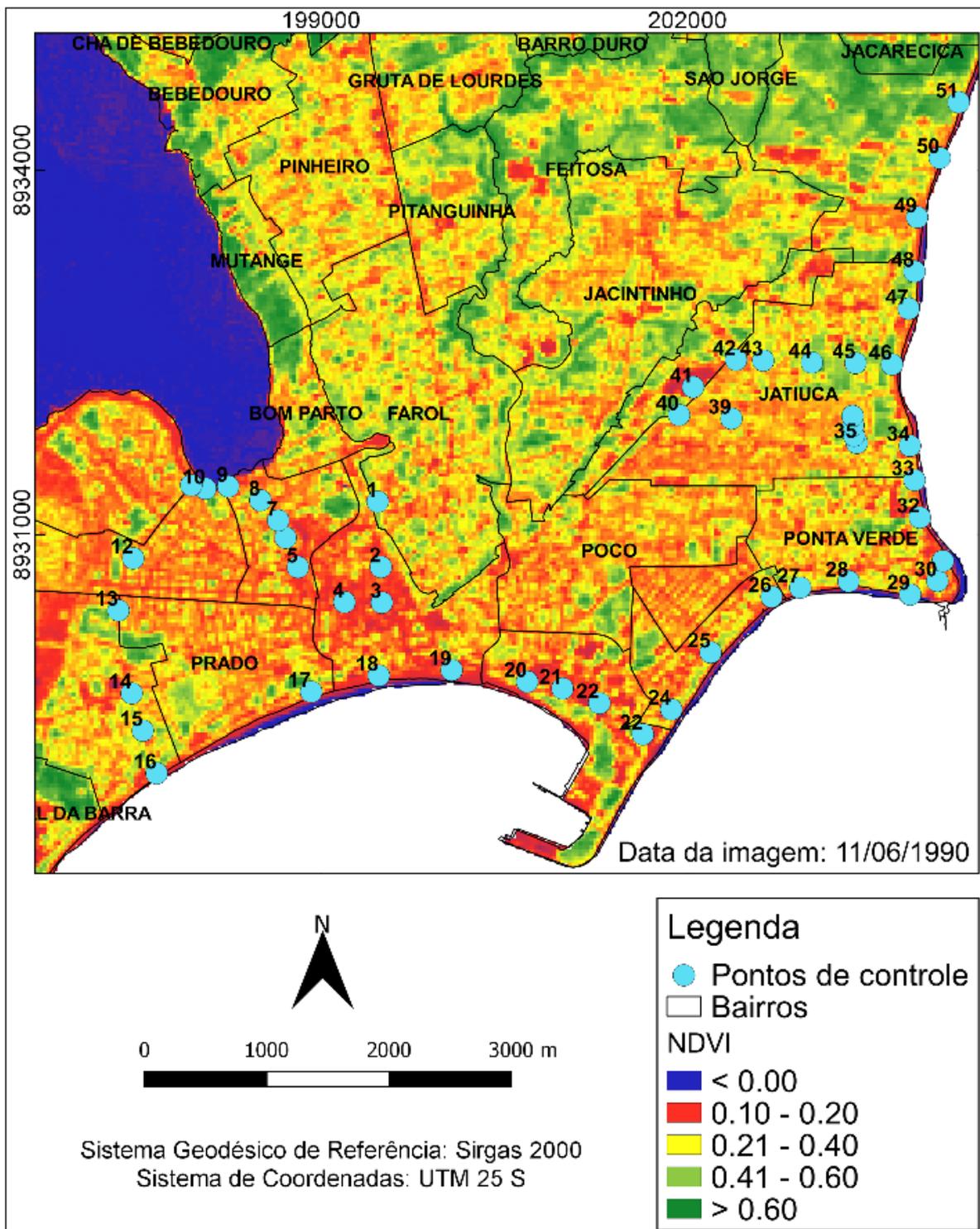


Fonte: Autora (2019).

Em relação aos índices encontrados, ao longo do percurso, foram, em sua maioria, baixos, o que comprova a inter-relação entre NDVI e o crescimento da cidade. Grande parte dos pontos de coleta estão em bairros já densamente consolidados, e apresentam cada vez menos áreas vegetadas. Os índices apontam, ainda, que os valores diminuíram nestes últimos anos na direção do litoral norte, a partir do bairro de Ponta Verde (Figuras 112a, 112b e 112c).

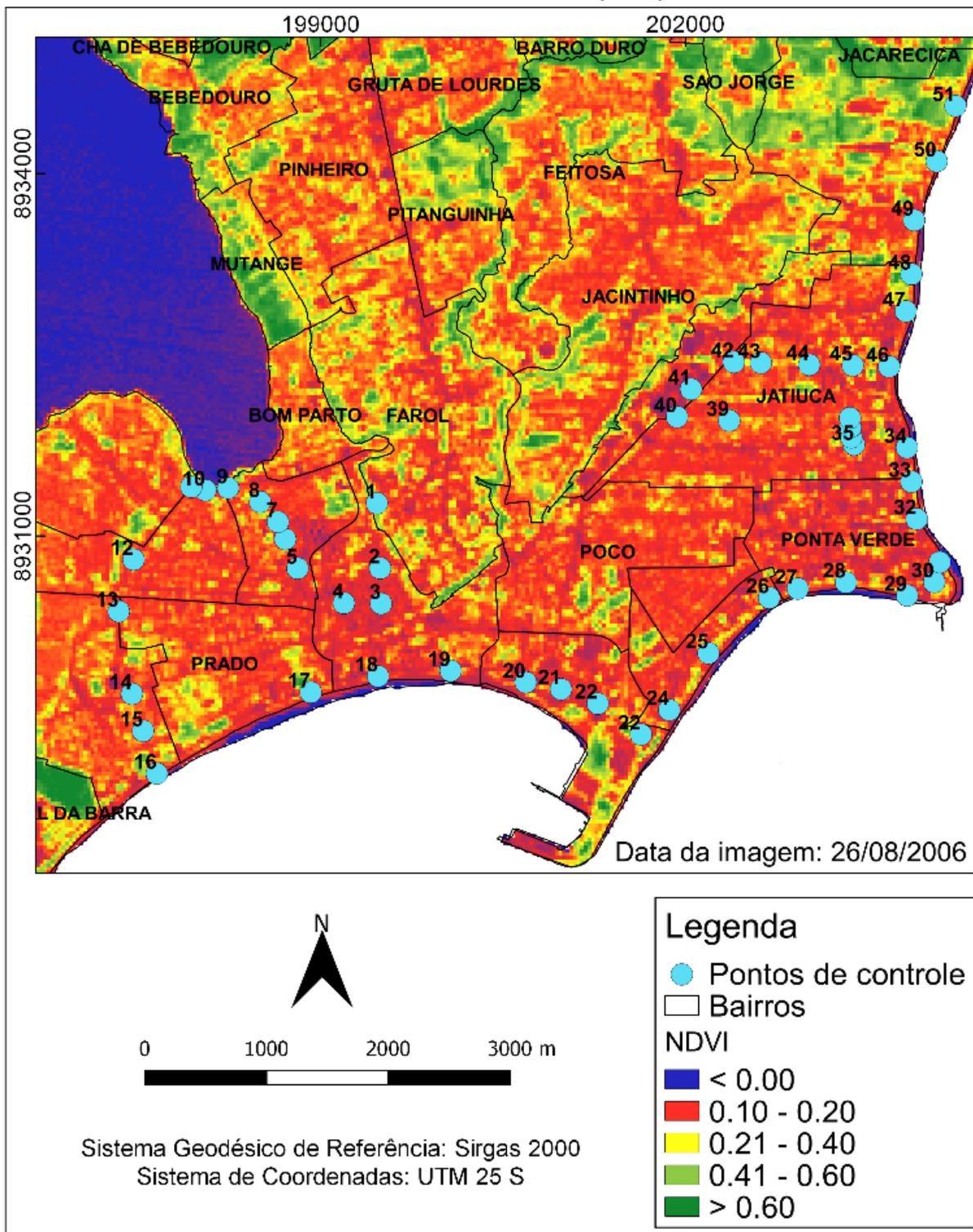
Os pontos 50 e 51, últimos pontos do percurso, apresentam uma grande diminuição no Índice de vegetação entre os anos de 1990 e 2018 (Figuras 112a e 112c) e correspondem às áreas que foram mais alteradas com a implantação de shopping, universidade, magazines e supermercados, empreendimentos que demandaram a implantação de grandes áreas pavimentadas para estacionamento.

Figura 112a – Área ampliada no percurso contendo os pontos de controle em Maceió-AL (1990)



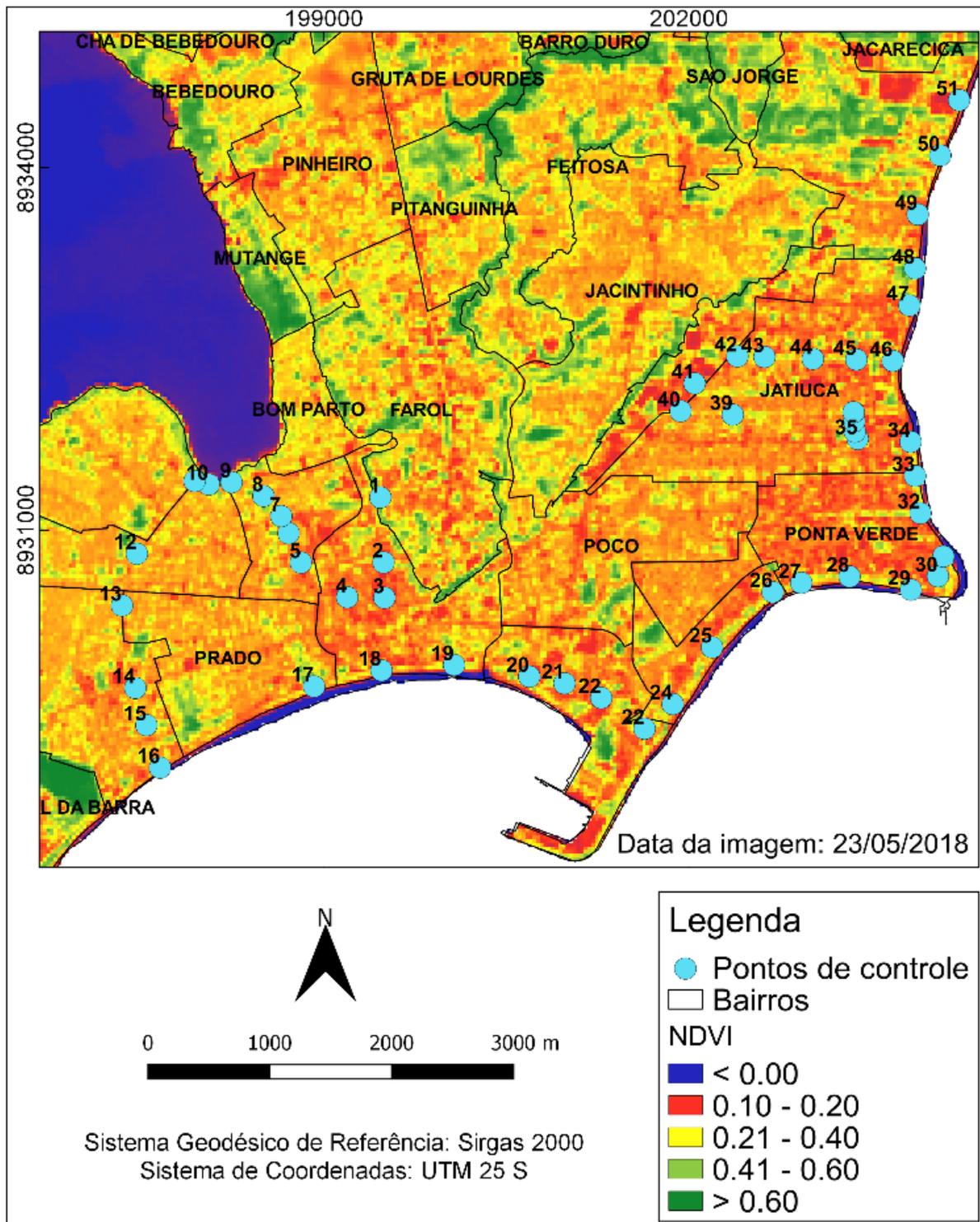
Fonte: Autora (2019).

Figura 112b – Área ampliada no percurso contendo os pontos de controle em Maceió-AL (2006)



Fonte: Autora (2019).

Figura 112c – Área ampliada no percurso contendo os pontos de controle em Maceió-AL (2018)



Fonte: Autora (2019).

4.8.1.1 Dados estatísticos

Tabela 04 – Dados estatísticos de NDVI nos anos 1990, 2006 e 2018

Imagem	Máximo	Médio	Mínimo	Desvio Padrão (σ)
11/06/1990	0,835	0,594	-0,351	0,208
26/08/2006	0,772	0,488	-0,421	0,218
23/05/2018	0,866	0,542	-0,629	0,299

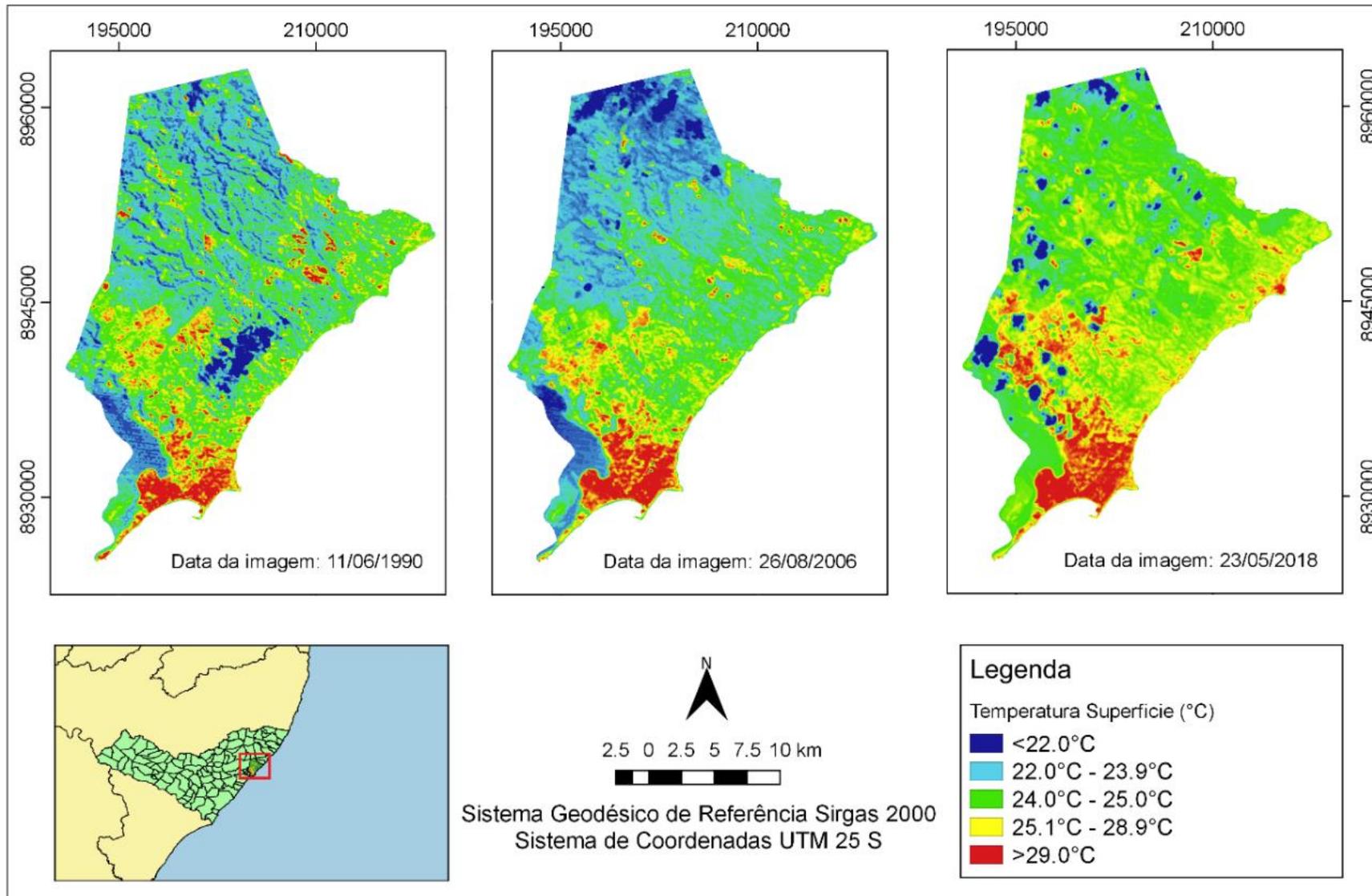
Fonte: Autora (2019).

4.8.2 Mapas de temperatura da superfície

Assim como os valores de NDVI, os valores de temperatura de superfície, também, foram mais altos na área urbana e correspondem às áreas mais densamente edificadas (Figura 113). Toda extensão do percurso é marcada por temperaturas de superfície elevadas, principalmente, à medida que se afasta do litoral, em direção ao interior do continente. Na direção norte já é perceptível uma mudança nos mapas de temperatura entre 1990, 2006 e 2018 (Figuras 113a, 113b e 113c), o que é justificado pelo crescimento da área em número de empreendimentos e consequente substituição de áreas com cobertura natural por áreas pavimentadas.

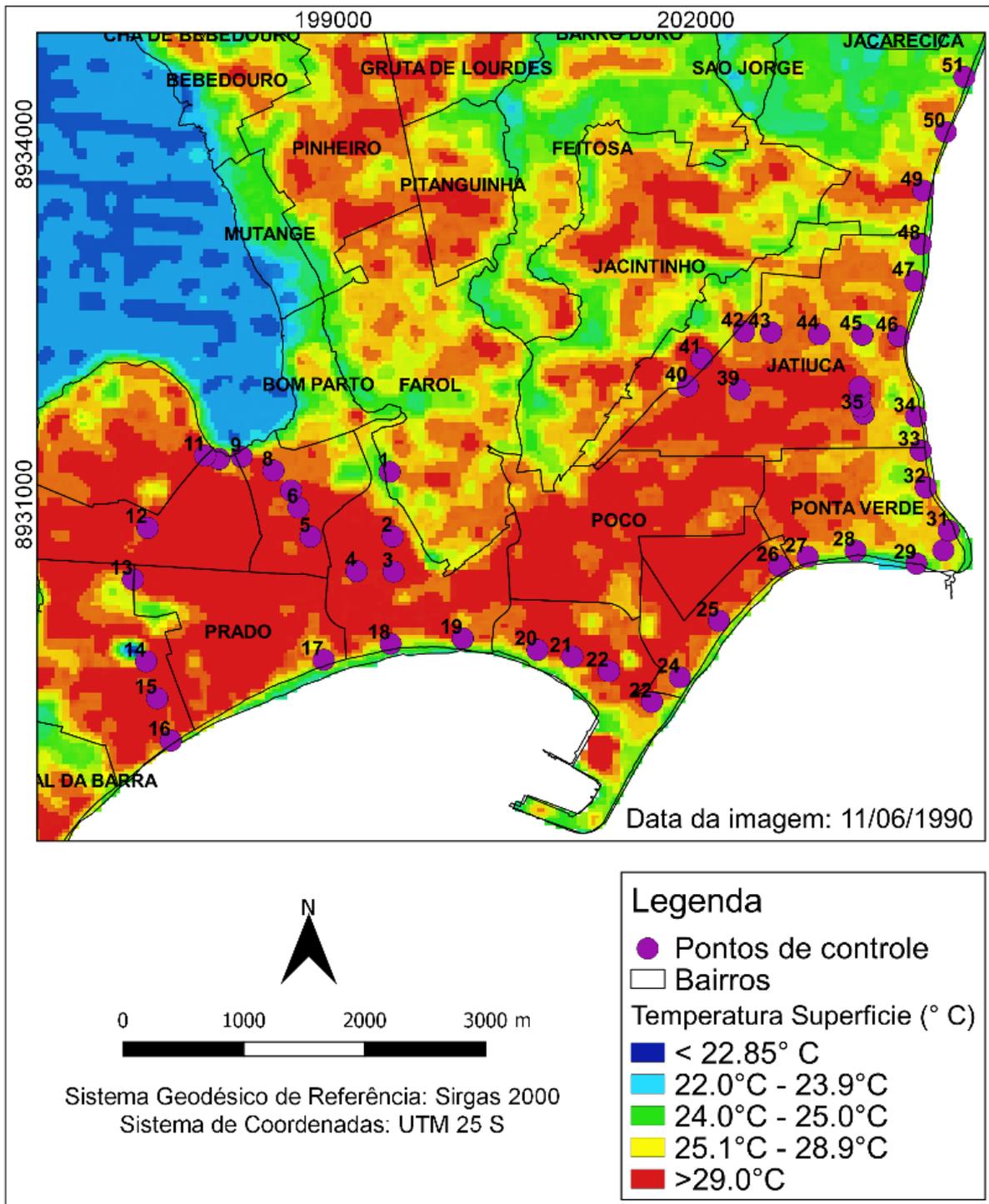
Um fato observado é a não criação de novas áreas verdes nas áreas centrais da cidade, ou mesmo nas áreas de expansão. A inserção de praças, parques e incentivo à arborização urbana seria importante para a qualidade de vida na cidade, uma vez que a maior presença de vegetação corresponde a um índice melhor de NDVI, o que favorece a diminuição de temperatura de superfície, em decorrência da baixa incidência de radiação solar que chega à superfície.

Figura 113 – Mapa de temperatura de superfície de Maceió (1990, 2006, 2018, respectivamente)



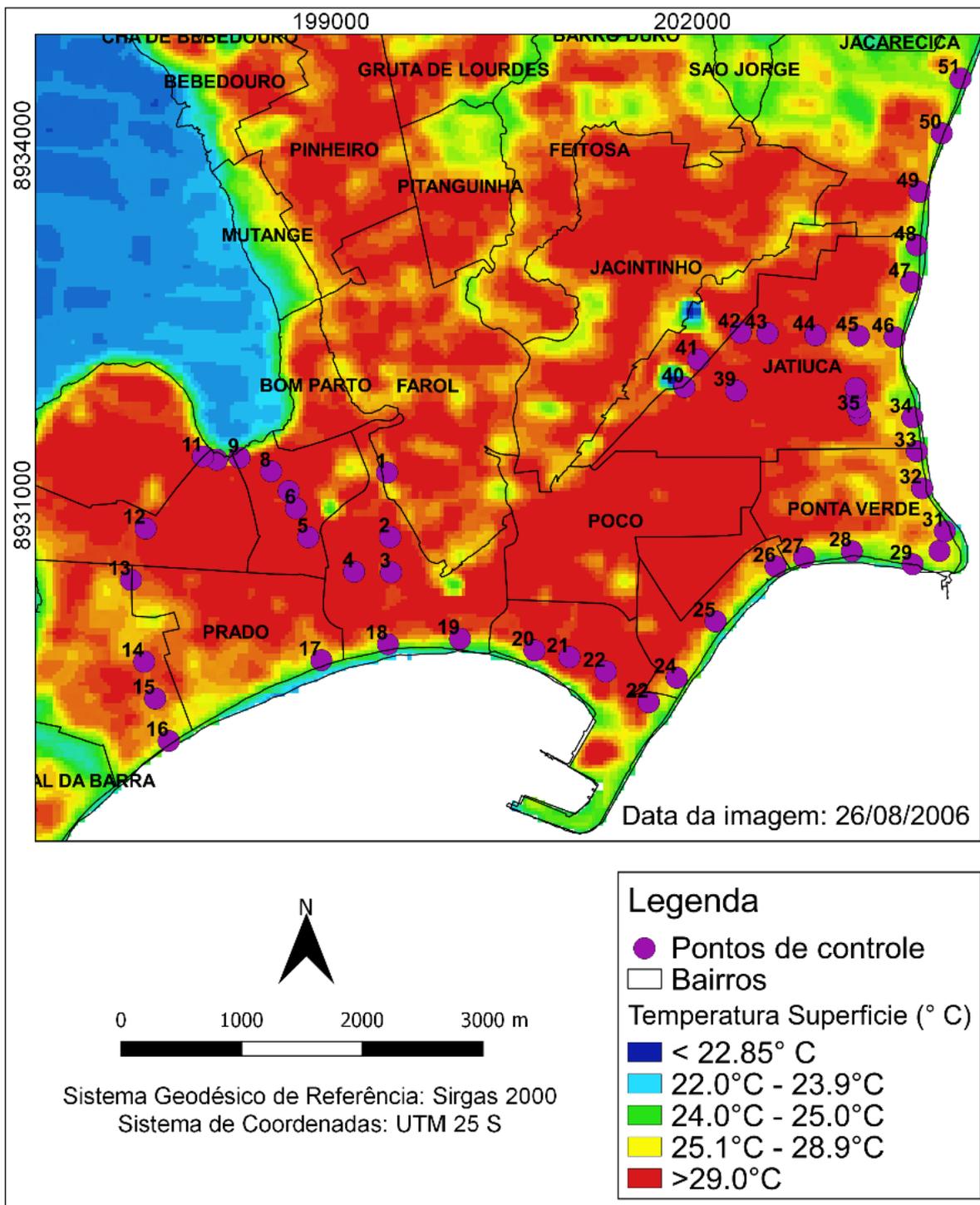
Fonte: Autora (2019).

Figura 113a – Área ampliada no percurso contendo os pontos de controle em Maceió-AL (1990)



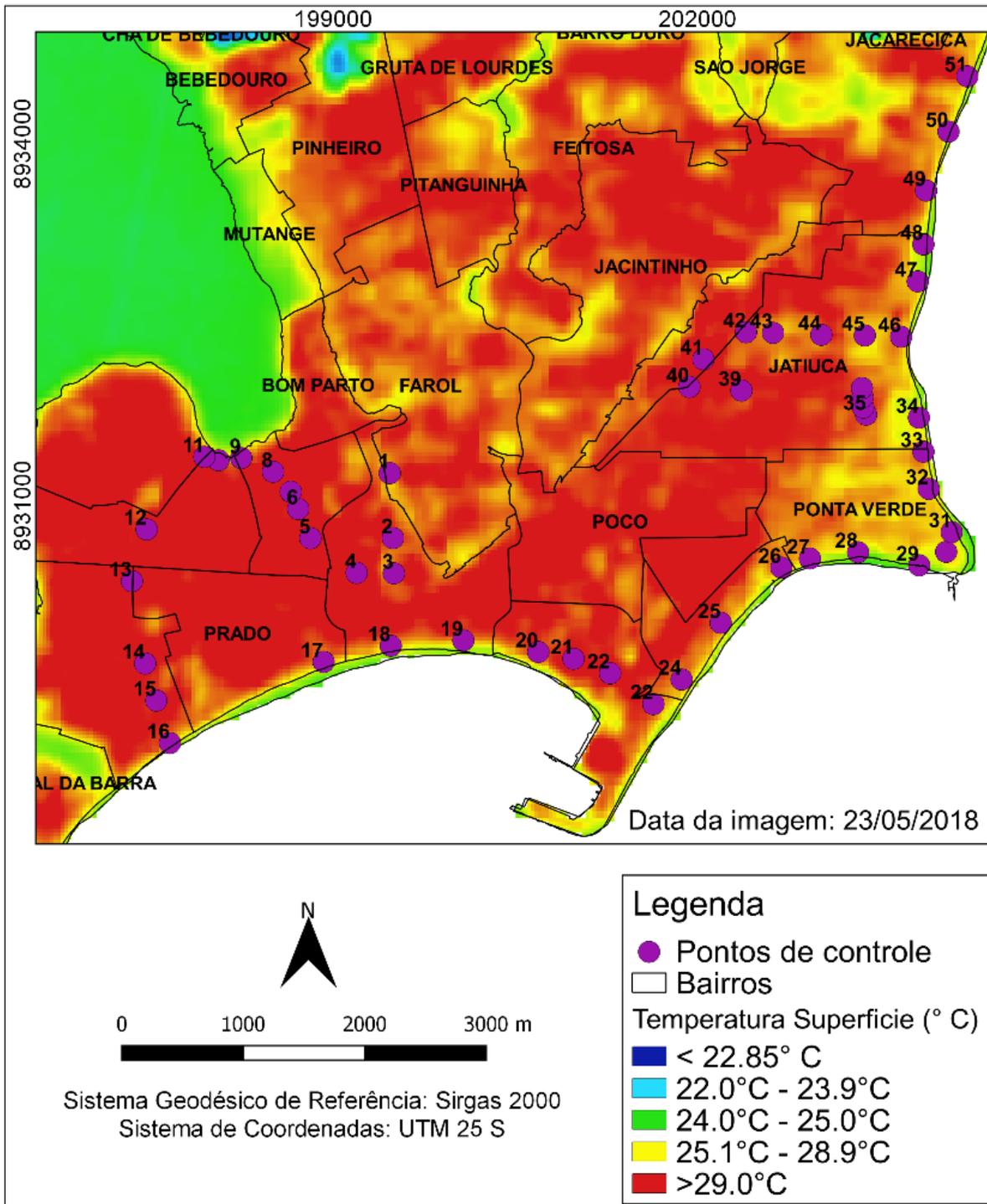
Fonte: Autora (2019).

Figura 113b – Área ampliada no percurso contendo os pontos de controle em Maceió-AL (2006)



Fonte: Autora (2019).

Figura 113c – Área ampliada no percurso contendo os pontos de controle em Maceió-AL (2018)



Fonte: Autora (2019).

4.8.2.1 Dados estatísticos

Tabela 05 – Dados estatísticos de temperatura de superfície (em Celsius) nos anos 1990, 2006 e 2018

Imagem	Máximo (°C)	Médio (°C)	Mínimo (°C)	Desvio Padrão (°C)
11/06/1990	28,70	24,35	18,00	1,10
26/08/2006	33,20	26,50	12,00	2,15
23/05/2018	32,10	26,00	15,60	2,30

Fonte: Autora (2019).

Os dados da Tabela 05 podem ser validados quando comparados aos valores das Normais Climatológicas para o período de 1981-2010 (Tabela 02).

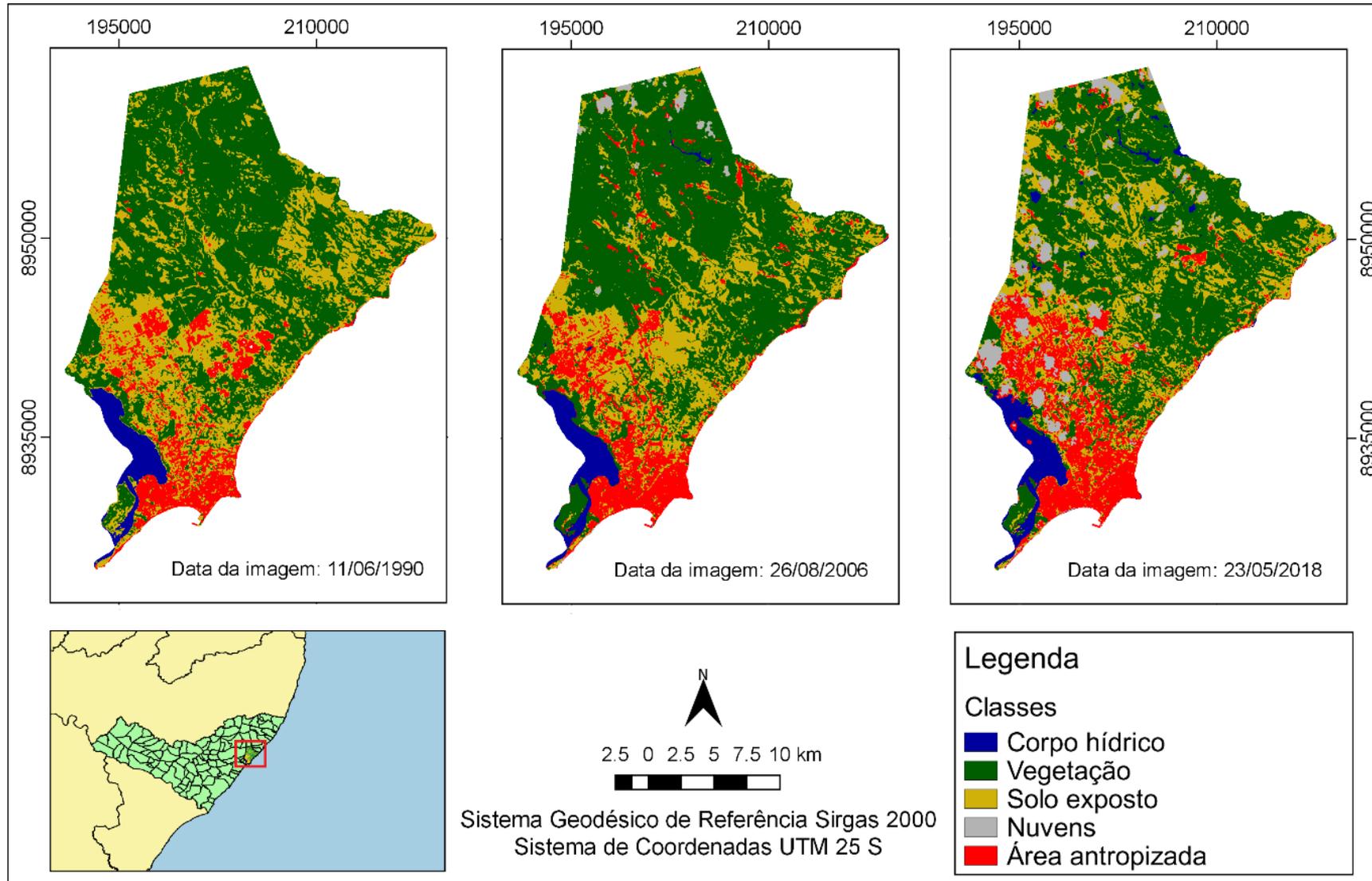
4.8.3 Mapas de classificação supervisionada

Para melhor compreensão do processo evolutivo da urbanização da cidade, a Figura 114 apresenta as áreas dos objetos urbanos, detectados pelos satélites Landsat 5 e Landsat 8, e classificados a partir de georeferenciamento das imagens.

A classificação da imagem permitiu visualizar que, em 1990, a cidade de Maceió dispunha de maior quantidade de áreas verdes que, no ano de 2006, e conseqüentemente, em 2018, quando grande parcela dessa vegetação passa a ser substituída por construções ou solos expostos. O curso dessa urbanização estendeu-se, principalmente, para as zonas leste e sul, uma vez que a região central da cidade já se apresentava densamente construída.

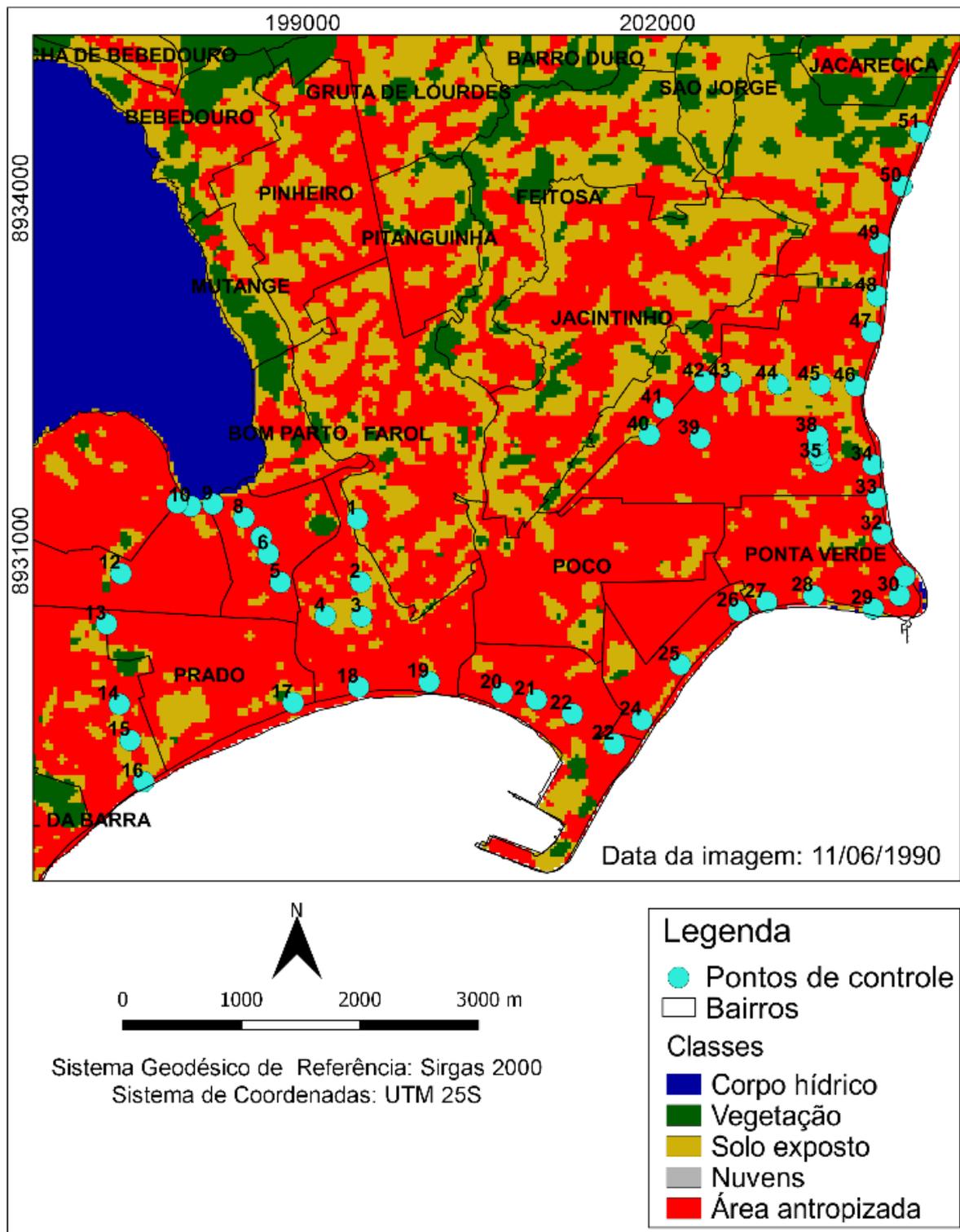
O crescimento de áreas antropizadas nesses 28 anos (Figura 114), confirma os dados de NDVI e temperatura de superfície. A maioria dos pontos do percurso está em áreas bastante antropizadas desde 1990. A maior alteração observada na classificação supervisionada no percurso está, no litoral norte, onde os Pontos 50 e 51 demonstram alterações significativas (Figuras 114a, 114b e 114c).

Figura 114 – Mapas temáticos de uso e ocupação de Maceió (1990, 2006, 2018, respectivamente)



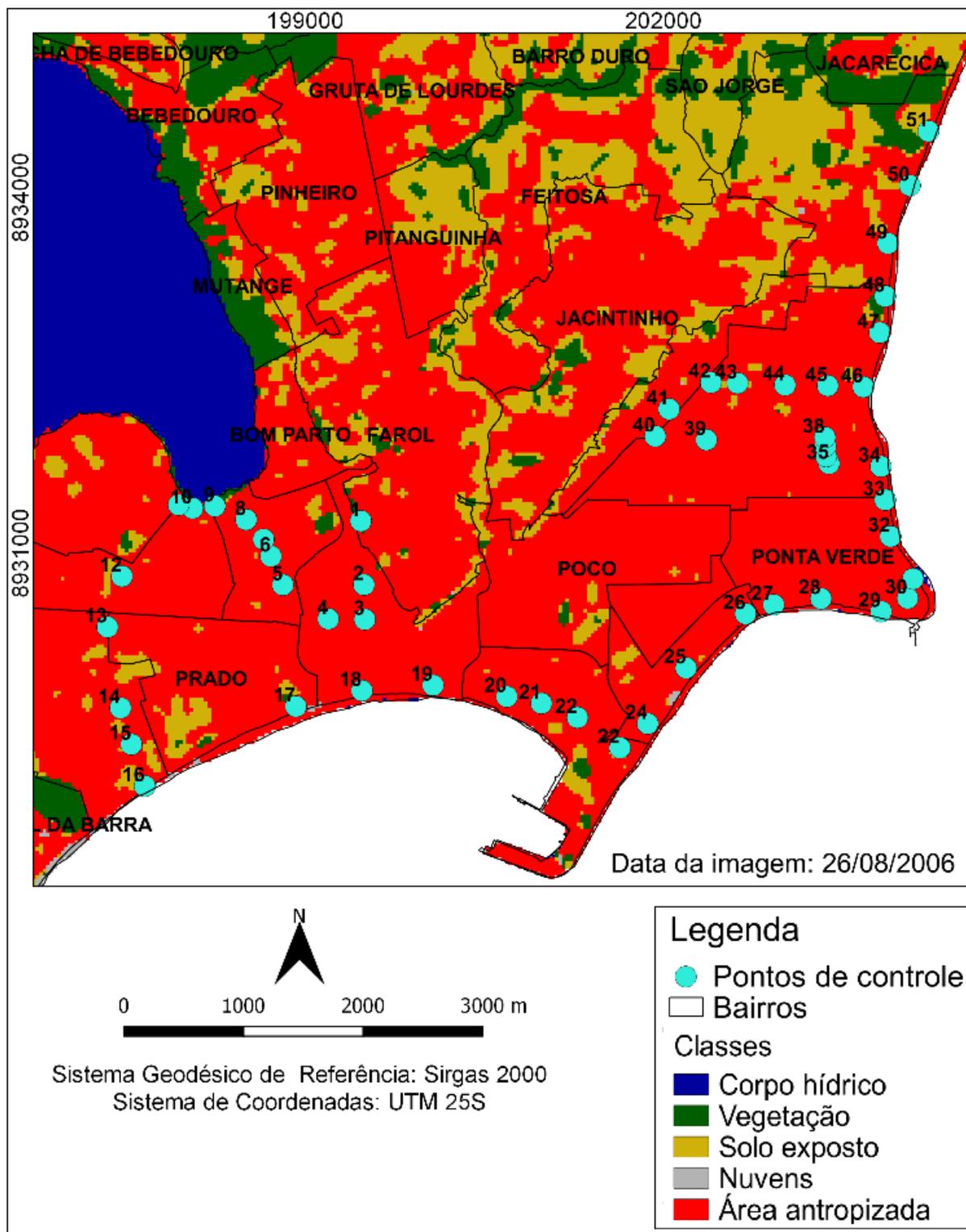
Fonte: Autora (2019).

Figura 114a – Mapa temático de uso e ocupação de Maceió ampliado no centro urbano, elaborado partir de imagem Landsat 5 TM (11/06/1990)



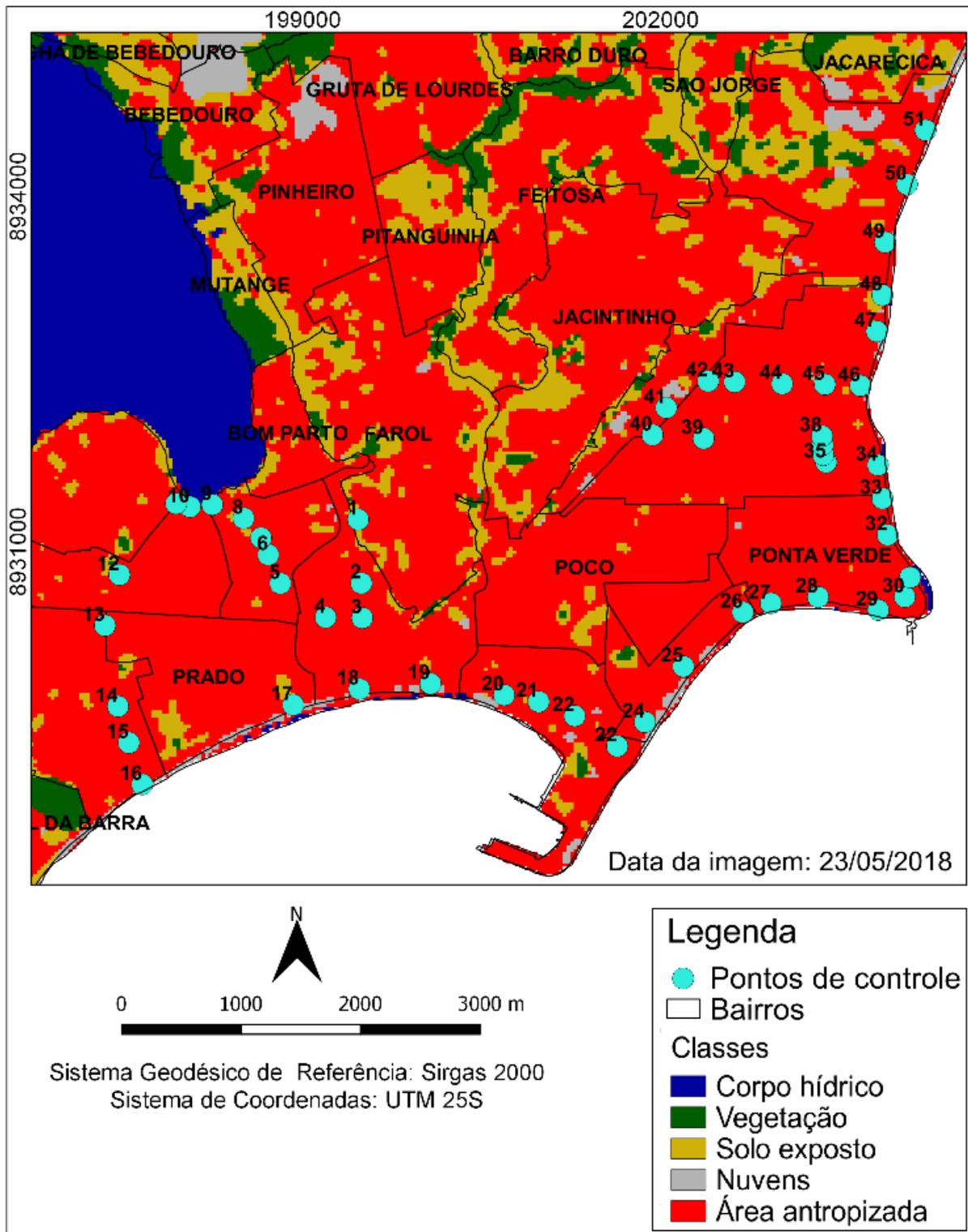
Fonte: Autora (2019).

Figura 114b – Mapa temático de uso e ocupação de Maceió ampliado no centro urbano, elaborado a partir de imagem Landsat 5 TM (26/08/2006)



Fonte: Autora (2019)

Figura 114c – Mapa temático de uso e ocupação de Maceió ampliado no centro urbano, elaborado a partir de imagem Landsat 5 TM (23/05/2018)

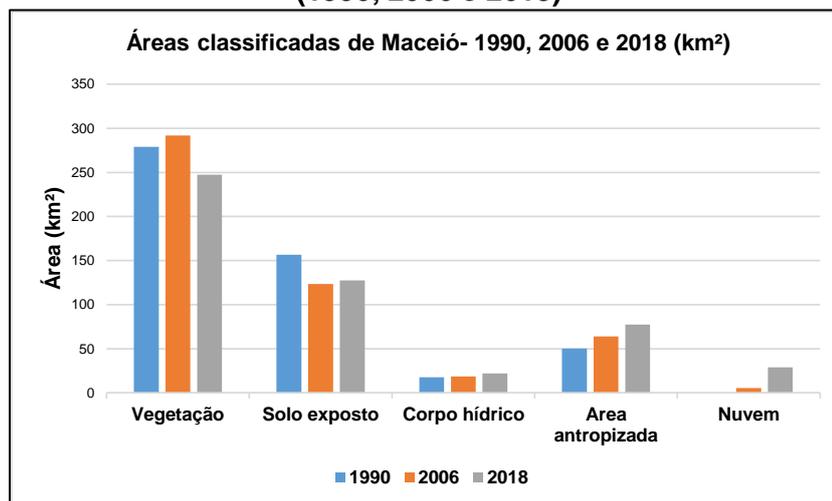


Fonte: Autora (2019).

Tabela 06 – Áreas em km² das classes temáticas em Maceió (2000, 2006 e 2018)

Classes temáticas	Maceió (1990) /km ²	Maceió (2006) /km ²	Maceió (2018) /km ²
Vegetação	278,92	291,97	247,53
Solo Exposto	156,63	123,49	127,61
Corpo hídrico	17,74	18,65	22,01
Áreas antropizadas	50,11	63,87	77,35
Nuvem/Sombra	0	5,49	28,86
TOTAL	503,4	503,4	503,4

Fonte: Elaborada pela autora a partir de processamento de imagens orbitais.

Figura 115 – Gráfico comparativo de áreas de Maceió em km² (1990, 2006 e 2018)

Fonte: Autora (2019).

Ao cruzar as classes de 1990 e 2018, foi obtida a tabulação cruzada entre as elas, conforme podemos observar na Tabela 07. Esta tabela mostra, nas linhas, as áreas em 2018 e, nas colunas, as áreas originais em 1990. Através da tabela pode-se destacar mudanças significativas em duas fisionomias: o solo exposto e as áreas antropizadas.

Tabela 07 – Tabulação cruzada de áreas de Maceió

Classes	Corpo hídrico	Vegetação	Solo exposto	Área antropizada
Corpo hídrico	16,64	3,63	1,58	0,14
Vegetação	0,02	185,58	56,64	5,25
Solo	0,03	62,92	56,82	7,80
Nuvem	0,24	16,74	9,35	2,53
Área Antropizada	0,82	9,98	32,22	34,30

Fonte: Elaborada pela autora a partir de processamento de imagens orbitais.

Obs.: linhas com as áreas em km² das classes temáticas em 2018 e colunas com as respectivas áreas originais em 1990.

Para as áreas com solo exposto, em 2018 (127,57 km²), 62,92 km² eram áreas com vegetação em 1990, embora 56,64 km² de áreas com solo exposto em 1990 tenham se convertido em vegetação em 2018. Esta análise demonstra compensação nas mudanças dessa classe entre as duas datas.

Todavia, foi observado que as mudanças com significância ocorreram na classe que representa áreas antropizadas, onde 9,98 km² dessas áreas, em 2018, correspondiam a áreas de vegetação, em 1990.

A técnica de classificação supervisionada possui grau de incerteza quanto à acurácia dos cálculos de áreas, posteriores à análise de Matriz de Confusão. Tal afirmativa está interligada no que concerne à resposta espectral de alvos, como agricultura de subsistência e a vegetação podem ser muito semelhantes em termos de suas respectivas respostas espectrais nos sensores orbitais (FREIRE *et al.*, 2018).

Embora o desempenho médio entre as classes de 2018 tenha sido de 90,83%, a de 2006 foi de 95,46% e 1990 com 92,38%, a Matriz de Confusão descreve que, para as áreas com solo exposto, houve uma confusão de 9,17% com áreas antropizadas em 2018, sendo o maior entre os demais anos, em 2006 foi 4,54% e 7,62% em 1990.

4.8.4 Medições ao longo do percurso

Os dados adquiridos, através de sensoriamento remoto, apresentados no item anterior, confirmaram as características físicas e climáticas urbanas percebidas ao longo do percurso. Essas percepções incentivaram a necessidade de obter dados *in loco*, para que os valores fossem comparados.

A coleta de dados de temperatura de superfície foi realizada nos mesmos horários da passagem dos satélites Landsat 5 e 8 (órbita 214, ponto 67), cujas imagens foram utilizadas para estimar a temperatura de superfície do solo. O horário de passagem, relativamente preciso, pode ser estimado com base nas cenas disponíveis, sendo os horários aproximados entre 11:50h e 12:38h, hora local (GMT-3h) (Quadro 06).

Quadro 06 – Horário de passagem dos satélites no ponto 67, órbita 214

DATA	HORÁRIO	SATÉLITE
11.06.1990	11:50:02.65 h	Landsat 5
26.08.2006	12:23:25.47 h	Landsat 5
23.05.2018	12:38:46.59 h	Landsat 8

Fonte: Autora (2019).

Sendo assim, as medições ocorreram em dias não consecutivos, mas mantendo a mesma condição de céu claro nos dias 31.08.2019, 02.09.2019, 03.09.2019, 05.09.2019 e 09.09.2019, no intervalo entre 11: 50h e 12:40h.

Para aferição da temperatura de superfície utilizou-se um Termômetro Infravermelho digital com mira a laser, modelo TI-550, marca *Instrutherm* (Figura 108). O equipamento opera na faixa de 8 μ m até 14 μ m, com emissividade ajustada em 0.95.

Figura 116 – Termômetro infravermelho digital com mira a laser

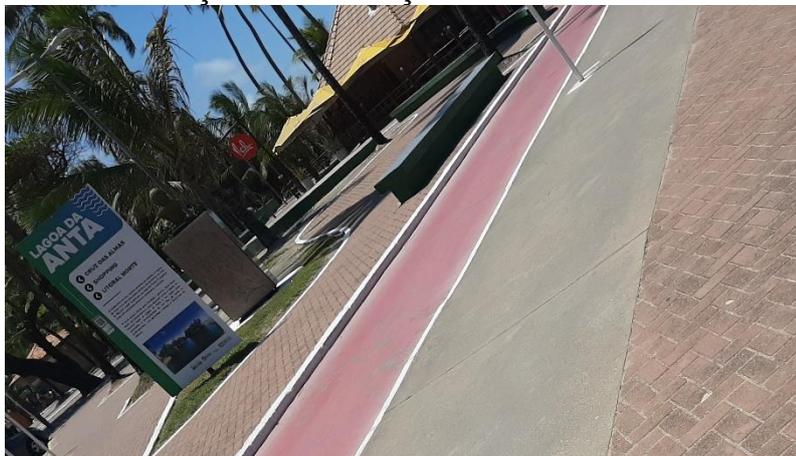


Fonte: Autora (2019).

Em princípio haveria uma medição em cada ponto escolhido. No entanto, muitos pontos apresentavam condições diversas de materiais e exposição, ou não, ao Sol no entorno imediato. Desse modo, cada ponto foi configurado com um raio de

medição de cerca de 2m, onde havia diversidade de superfícies e condições, como por exemplo, o ponto situado na Orla de Jatiúca, que apresenta diversos materiais expostos ao Sol, ou não (Figura 117).

Figura 117 – Diversidade: materiais de superfícies e condições de insolação e sombreamento

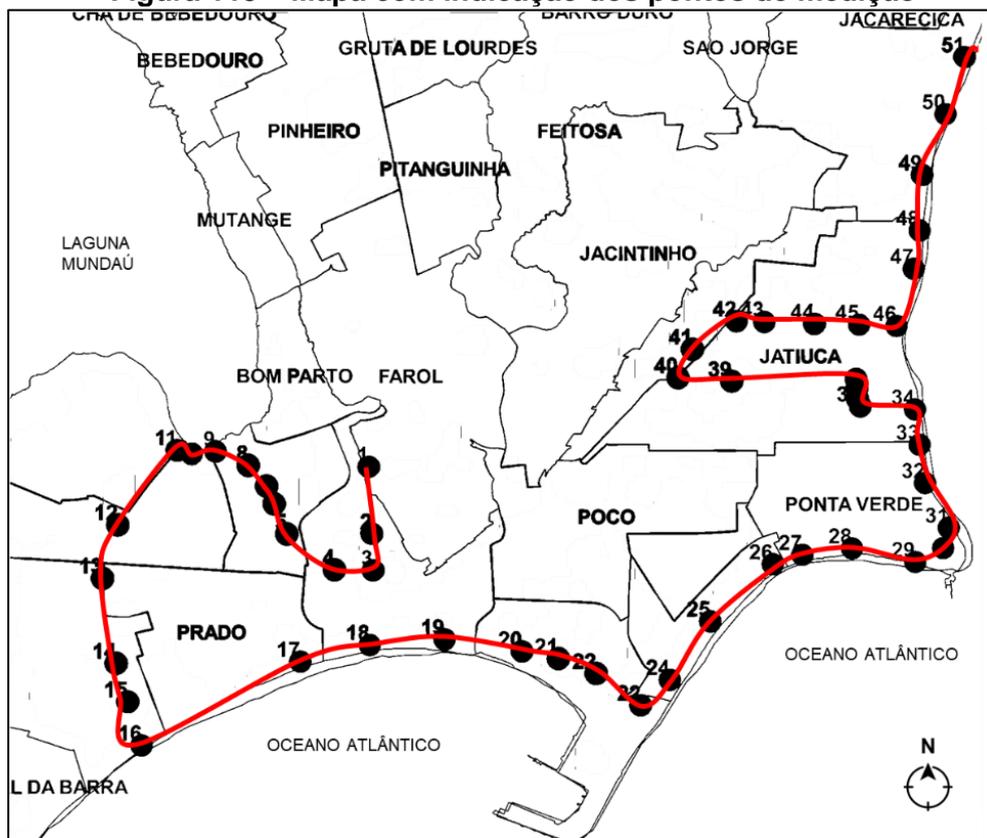


Fonte: Autora (2019).

Portanto, foi observado o comportamento térmico de alguns materiais de superfície, utilizados na pavimentação superficial do solo, os quais foram identificados quantitativamente, em oito tipos de material, sendo de superfícies com cobertura natural, como vegetação e solo exposto, e também outros materiais, como asfalto, concreto, cimento, piso intertravado, piso cerâmico e pedra portuguesa.

A seleção de 51 pontos (Figura 118), no percurso (Quadro 07), evidenciou as condições morfológicas e climáticas já descritas anteriormente.

Figura 118 – Mapa com indicação dos pontos de medição



Fonte: Autora (2019).

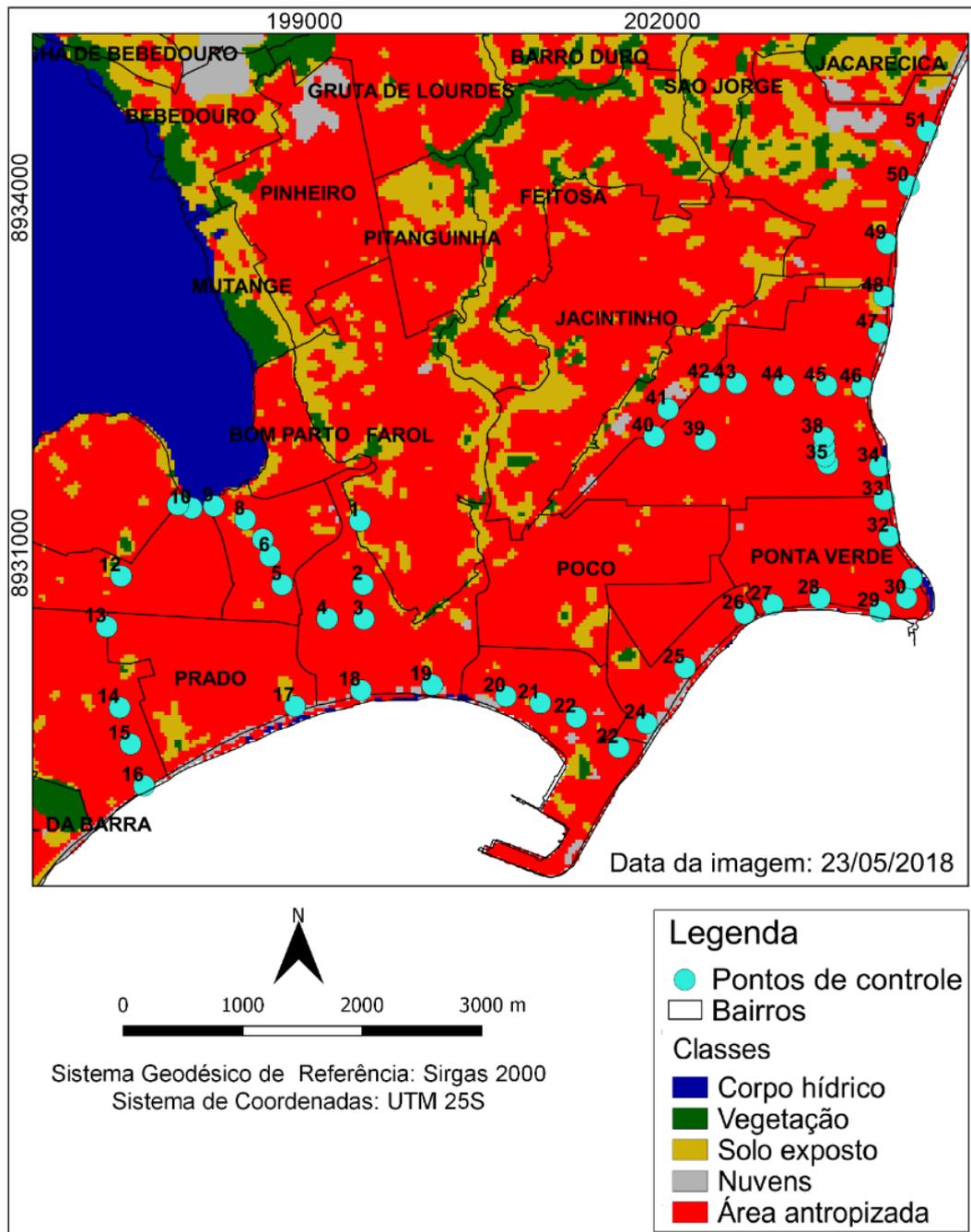
Quadro 07 – Pontos de medição

PTO.	TOPONÍMIA	PTO.	TOPONÍMIA
01	MIRANTE SANTA TEREZINHA	27	AV. SÍLVIO CARLOS VIANA 1 – INÍCIO
02	RUA DO COMÉRCIO	28	AV. SÍLVIO CARLOS VIANA 2 – CANTEIRO
03	RUA DO LIVRAMENTO / RUA BOA VISTA	29	AV. SÍLVIO CARLOS VIANA 3 – EU AMO MACEIÓ
04	PRAÇA DEODORO	30	RUA FRANCISCO LARANJEIRAS
05	RUA CORONEL CAHET	31	AV. ÁLVARO OTACÍLIO
06	RUA CIRILO DE CASTRO	32	AV. ÁLVARO OTACÍLIO / AV. SANDOVAL – ACADEMIA
07	ROTATÓRIA DO TERMINAL DA LEVADA	33	AV. ÁLVARO OTACÍLIO – MERCADO DO PEIXE
08	AV. CELESTE BEZERRA	34	AV. ÁLVARO OTACÍLIO / AV. DR. JÚLIO MARQUES LUZ
09	AV. SENADOR RUI PALMEIRA – CANTEIRO	35	AV. DR. JÚLIO MARQUES LUZ – IFAL
10	AV. SENADOR RUI PALMEIRA	36	AV. PIO XII
11	AV. SENADOR RUI PALMEIRA / RUA CABO REIS	37	RUA DEP. LUIZ GONZAGA COUTINHO
12	RUA CABO REIS 1	38	AV. DR. ANTÔNIO G. DE BARROS 1 – CANTEIRO
13	RUA CABO REIS 2	39	AV. DR. ANTÔNIO G. DE BARROS 2 – CONJ. CASTELO BRANCO
14	RUA CABO REIS / AV. SIQUEIRA CAMPOS	40	AV. DR. ANTÔNIO G. DE BARROS 3 / AV. D. CONSTANÇA
15	RUA PROF. TEONILÓ GAMA	41	AV. D. CONSTANÇA – ESTAC. MACEIÓ SHOPPING
16	AV. ASSIS CHATEAUBRIAND 1	42	IGREJA DE SÃO LUCAS
17	AV. ASSIS CHATEAUBRIAND 2	43	CORREDOR VERA ARRUDA 1
18	AV. DA PAZ	44	CORREDOR VERA ARRUDA 2
19	AV. DA PAZ 2 – MUSEU THÉO BRANDÃO	45	CORREDOR VERA ARRUDA 3
20	PRAÇA MARCÍLIO DIAS	46	AV. ÁLVARO OTACÍLIO – ACADEMIA
21	RUA SÁ E ALBUQUERQUE	47	LAGOA DA ANTA
22	PRAÇA DOIS LEÕES	48	CICLOVIA – HOTEL JATIÚCA
22	RUA SAMPAIO MARQUES	49	PRAÇA GANGA ZUMBA
24	AV. DR. ANTÔNIO GOUVEIA 1	50	PRAIA DE CRUZ DAS ALMAS 1 – FAIXA DE AREIA
25	AV. DR. ANTÔNIO GOUVEIA 2 – PÇ. MULTIEVENTOS	51	PRAIA DE CRUZ DAS ALMAS 2 – CALÇADÃO
26	AV. DR. ANTÔNIO GOUVEIA 3 – ESTAC. FEIRINHA		

Fonte: Autora (2019).

Os valores de temperatura de superfície, obtidos através das medições *in loco*, ratificaram os dados de sensoriamento remoto, apesar dos valores diferirem, devido aos aspectos peculiares de cada técnica explicitados no item anterior. O percurso foi delineado através de áreas já consolidadas da cidade e, portanto, muito antropizadas (Figura 119).

Figura 119 – Mapa de classificação supervisionada com locação dos pontos de medição

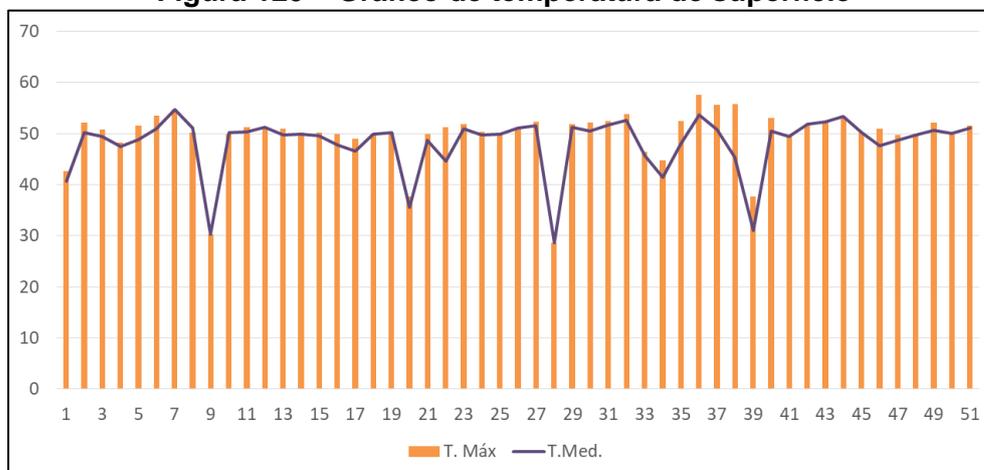


Fonte: Autora (2019).

Os referidos dados de temperatura de superfície variaram bastante em função dos materiais de cobertura do solo e da condição de estarem expostas, ou não, ao Sol. Os materiais com maior valor de temperatura foram o asfalto, o cimento e o concreto, enquanto o solo coberto com vegetação apresentou menores temperaturas, como esperado.

No Gráfico de temperatura de superfície (Figura 120) observa-se que o percurso apresentou temperaturas de superfície bastante elevadas, atingindo mais de 50°C. Valores que podem ser explicados pelo horário das medições, entre 11:50h e 12:40h, e pelas características de alguns materiais de cobertura do solo, como por exemplo, o asfalto e o concreto, que possuem alta capacidade calorífica, acumulando calor durante o dia e liberando à noite (MACEDO NETO, 2014). As temperaturas mais baixas nos pontos 09, 20, 28 e 39 correspondem às áreas sombreadas.

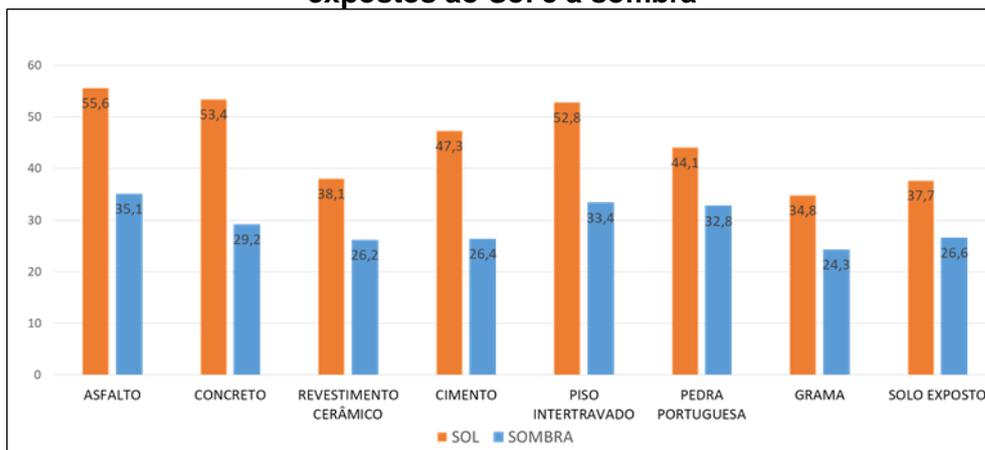
Figura 120 – Gráfico de temperatura de superfície



Fonte: Autora (2019).

O Gráfico a seguir (Figura 121) apresenta valores de temperatura de superfície dos diversos materiais encontrados e a comparação destes quando expostos ao Sol ou à sombra. Sendo assim, o sombreamento das superfícies configurou-se como a característica mais importante para obtenção de temperaturas amenas.

Figura 121 – Gráfico de Temperatura de superfície dos materiais expostos ao Sol e à sombra



Fonte: Autora (2019).

O sombreamento promovido pelas árvores protege o solo da radiação de ondas curtas. Assim como, pelo processo da fotossíntese, a vegetação absorve a radiação solar e o CO₂ da camada de ar subjacente; este processo, através da evapotranspiração, umidifica o ambiente e refresca o entorno imediato. Tendo em vista os valores encontrados e relacionando-os com o NDVI, é possível confirmar a redução dos valores de temperatura em áreas com influência da vegetação de duas maneiras: solo coberto de grama e sombreamento pela projeção de árvores, como no Ponto 28, onde obteve-se a menor média de temperatura do percurso 24,3°C com solo revestido com grama e à sombra (Figura 122).

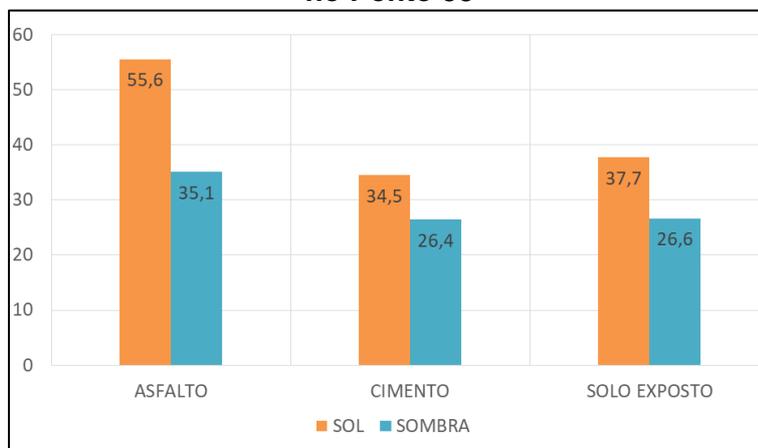
Figura 122 – Ponto 28: Canteiro da Av. Sílvio Carlos Viana



Fonte: Autora (2019).

No entanto, é importante destacar que no ponto 38 (Figura 124), ocorreu a maior diferença de temperatura. Esta chegou a quase 20°C entre superfícies cobertas por asfalto quando exposto ao Sol, em comparação ao asfalto sombreado (Figura 123).

Figura 123 – Diferença de temperatura entre materiais no Ponto 38



Fonte: Autora (2019).

Figura 124 – Ponto 38: Av. Dr. Antônio Gomes de Barros



Fonte: Autora (2019).

É importante refletir que a formação de um clima urbano diferenciado do entorno natural da cidade nem sempre tem uma característica negativa. Em climas adversos, por calor ou frio, já foi constatado que, alterações intencionais causadas pela construção da cidade podem minimizar os impactos causados à qualidade de vida. Sendo possível, por exemplo, diminuir a velocidade do vento e alcançar

temperaturas mais confortáveis (UGEDA JÚNIOR, AMORIM; 2016). Porém, essas alterações precisam ser intencionais.

O bairro de Jatiúca apresenta duas situações opostas, o canteiro central da Avenida Dr. Antônio Gomes de Barros é um exemplo de que é possível oferecer áreas confortáveis com planejamento adequado. Sombreado por árvores de grande porte, os moradores e transeuntes utilizam o canteiro para se locomoverem dentro do bairro por quase 2km (Figura 125).

Figura 125 – Canteiro Central da Av. Dr. Antônio Gomes de Barros



Fonte: Autora (2019).

Bem diferente, o Corredor Vera Arruda que corta o loteamento Stella Maris, é pouco utilizado durante os horários de incidência solar. Na mesma orientação do canteiro descrito anteriormente (leste-oeste), o corredor concentra a vegetação um pouco mais densa nas laterais e apenas em alguns pontos, tornando a maior parte do caminho desconfortável (Figura 126).

Figura 126 – Corredor Vera Arruda

Fonte: Autora (2019).

Verificou-se, de maneira geral, que em muitos pontos a ventilação é constante e contribuiu para a sensação de conforto térmico. Porém, a malha urbana densa, não disposta de maneira a captar os ventos do quadrante leste, e a ausência de recuos em alguns pontos também colaboraram para o desconforto. Com alto índice de insolação o ano inteiro, a cidade conta com poucas áreas sombreadas na malha urbana, o que pode influenciar no pouco uso do espaço urbano para locomoção a pé, ou bicicleta e, conseqüente aumento do uso do automóvel.

Um fato observado, nos pontos próximos à Laguna Mundaú, é que as habitações improvisadas e desconfortáveis terminam por incentivar os moradores a utilizar os espaços públicos sombreados, infelizmente, sem qualquer infraestrutura. Por várias vezes, durante a coleta de dados, observou-se a reunião de moradores fora de suas residências, desenvolvendo atividades domésticas como costura, reparo de redes de pesca, cata de sururu, ou simplesmente conversando (Figura 127).

Figura 127 – Reunião de Moradores no bairro do Dique Estrada



Fonte: Autora (2019).

Os dados da classificação supervisionada e NDVI demonstram que a expansão da cidade tem relação direta com a diminuição da cobertura vegetal, um fato pouco animador, uma vez que a cidade apresenta expansão imobiliária e não há indícios de novas áreas verdes ou incremento das existentes por parte da Prefeitura. As construtoras e incorporadoras, por sua vez, também demonstram em seus projetos pouca preocupação na criação de parques, reservas ou pelo menos manutenção do que já existe. As iniciativas, ainda, são muito tímidas e pontuais, geralmente associadas ao benefício dos próprios empreendimentos.

As intervenções urbanas recentes, muitas vezes, demonstraram, também, essa falta de preocupação com o clima urbano, como por exemplo, a Praça Ganga Zumba no bairro de Cruz das Almas (Figura 128), que foi relocada a contragosto dos moradores e é uma área totalmente sem sombreamento, com altos valores de temperatura de superfície (49,3°C) e que não possui a característica elementar de praça como espaço de encontro.

Figura 128 – Praça Ganga Zumba

Fonte: Autora (2019).

Wang *et al.* (2018) confirma que a temperatura de superfície é uma característica relacionada com o uso e cobertura do solo, pois essas condições determinam os fluxos de calor sensível e latente. O autor ainda destaca a influência da vegetação nesse processo, já registrada nos estudos de clima urbano, e evidenciada pela existência de correlação com o clima e o microclima local.

Dado o exposto, ficou evidente a conexão entre vegetação e o desempenho do clima urbano. Fato este já esperado. Dentre todas as transformações morfológicas observadas, a substituição da vegetação por materiais, como concreto e asfalto, é a que mais interfere na formação de um clima urbano desconfortável em relação aos altos valores de temperatura de superfície.

Como em um sistema complexo, pode-se observar diversas interações entre a população e a cidade a partir do clima urbano. Uma dessas interações observadas neste estudo é a utilização ou não dos espaços públicos para locomoção, esporte, lazer e as condições de conforto.

5

A ciência não é o reino da certeza.
(MORIN, 1997, p. 13)

CONCLUSÃO

Maceió é um sistema complexo. E como todo sistema complexo é um conjunto de elementos que se relacionam entre si, em várias dimensões e escalas. As pessoas, a história, a cultura interagem com a forma, com o clima e com o tempo. As pessoas, a todo instante, individualmente, criam a cidade coletivamente. A história e a cultura são o plano de fundo das transformações diárias ao longo de séculos. Já a forma, o clima e o tempo revelam conexões e evidenciam a complexidade dos sistemas que constroem a cidade.

Ao estudar a cidade de Maceió, quanto às relações entre suas transformações morfológicas e climáticas ao longo do tempo, pôde-se refletir sobre a complexidade das relações entre tempo e clima.

Sobre a forma da cidade, Lamas (2004) assegura que o desenho urbano exige o domínio profundo de duas áreas de conhecimento: o processo de formação da cidade, que é histórico e cultural; e a reflexão sobre a forma urbana enquanto objetivo do urbanismo, ou melhor, enquanto corpo ou materialização da cidade é capaz de determinar a vida humana em comunidade.

Sobre o clima, acredita-se que as alterações que configuram o clima urbano surgem devido à forma como a cidade é construída, devido aos interesses sociais e econômicos que direcionam a produção do espaço urbano. O clima urbano surge na própria organização cultural de nossas sociedades, que elegem diversas premissas (morais, sociais, econômicas e técnicas) que julgam mais importantes do que a qualidade de vida. Mesmo que ainda exista um longo caminho de pesquisa para que todos os argumentos necessários para a consolidação dessa afirmação sejam

alcançados, ela se manifesta de forma cada vez mais evidente (UGEDA JÚNIOR; AMORIM, 2016).

Sobre o tempo, Araújo (2007) afirma que não é mais mensurável somente sob o ponto de vista histórico, cumulativo. Acrescente-se a este raciocínio que a contração do espaço e do tempo depende da velocidade, a qual não é acessível a todos da mesma forma, de modo que o tempo não é igual para todos.

É importante reforçar que a noção de tempo e espaço é diversa, ainda que no mesmo espaço de tempo, e na mesma cidade. A percepção de que o tempo não é linear e de que a cidade é uma metamorfose diária reforça a premissa do clima urbano como característica temporária e não como resultado.

O tempo no Mirante Santa Terezinha é observador, o passado está ali. Mas, é também no mirante que o tempo real e diário do pôr do sol nos lembra do agora, assim como a sucessão de tempos é revelada nos edifícios de vários estilos e épocas que compõem a paisagem.

No bairro do Centro, o passado distante é um tempo vivo, onde a dinâmica do comércio e das relações sociais acontece independente da morfologia urbana consolidada. A Laguna Mundaú vista do mirante, não é a mesma do Vergel do Lago, a laguna do mirante é limite geográfico, é paisagem; a do Vergel é espaço de abandono e subsistência. É onde a cidade revela a face das diferenças sociais e do descaso do poder público.

No bairro do Trapiche da Barra, o tempo parece ter parado na década de 1970, com a chegada da indústria química, com tudo que representou e ainda representa para aquela área. A paisagem é quase hostil e a visão do crescimento na direção norte distancia ainda mais as duas realidades.

Jaraguá vive em dois tempos passados, o da boemia e o da revitalização passageira. O movimento diurno contrasta com o abandono noturno do bairro onde a cidade começou.

O tempo da planície litorânea parece ser sempre o agora, uma sucessão de transformações morfológicas, econômicas e sociais que apontam sempre para o futuro, embora este seja um tempo que não existe.

Neste contexto temporal, as medições *in loco* trouxeram a noção de tempo para o presente, para o agora das percepções e sensações imediatas da pesquisa de campo. Em paralelo, a pesquisa em nível orbital ampliou a visão da cidade a uma

escala macro, e foi possível fazer correlações entre os dados de temperatura de superfície e as transformações encontradas na classificação supervisionada. Assim, a conexão entre crescimento populacional, expansão urbana, alterações morfológicas e mudanças microclimáticas, é uma realidade concreta. Desse modo, a discussão que o presente estudo pretendeu levantar não é sobre estes fatos, inúmeras vezes comprovados, mas sobre a complexidade de suas conexões.

Portanto, a influência da evolução e ordenação urbana da cidade na formação de um clima diferenciado é clara, confirmando a hipótese formulada na presente tese. É um resultado esperado, próprio do entendimento do conceito de clima urbano. Ao contrário, a influência das mudanças climáticas locais pouco interfere na evolução e ordenação urbana da cidade. As áreas mais valorizadas da cidade, onde acontecem os maiores investimentos e, conseqüentemente, onde o valor do metro quadrado é mais elevado, coincidem com áreas urbanas extremamente desconfortáveis. A valoração imobiliária acontece na contramão do conforto ambiental. Os investimentos em infraestrutura urbana almejam muito mais um cenário para o incremento da especulação imobiliária que a qualidade de vida da população.

A cidade para pessoas, a cidade inclusiva, a cidade igualitária, a cidade acessível e tantas outras cidades que sonhamos parecem não inserir o conforto ambiental nas discussões. Estudos sobre mudanças climáticas, poluição das cidades ocorrem em outra esfera, mais global. No entanto, é o conforto ambiental que possibilita que a cidade seja habitável e usufruída igualmente pelos habitantes.

Os estudos urbanos a respeito da cidade de Maceió, como na maioria das cidades brasileiras, apresentam a questão climática urbana pouco discutida, num sentido mais profundo e complexo. Assim como os diversos trabalhos encontrados discutem, de modo fragmentado, os problemas e o futuro das cidades. O atual *Código de urbanismo e edificações de Maceió (2007)* é muito mais um instrumento para cumprimento de normas, que um documento que vise o bem-estar da cidade. A definição de recuos, taxas de ocupação, índices de aproveitamento, taxa de permeabilidade, não fazem nenhuma menção a respeito da ventilação intraurbana, índices de vegetação, valores de temperatura, ou qualquer parâmetro climático urbano.

Nas últimas décadas, em Maceió, bairros inteiros têm sofrido modificações substanciais no uso e ocupação do solo, gerando discussões muito restritas apenas

no ambiente acadêmico, que não chegam a influenciar, na prática, nenhuma ação por parte dos órgãos municipais no sentido de melhoria das condições microclimáticas da cidade. Este fato demonstra que as pesquisas desenvolvidas no ambiente acadêmico há décadas, mais especificamente na área de clima urbano, não chegam a influenciar as decisões políticas sobre a cidade, e estas refletem nas questões climáticas.

Todavia, é importante propor ações mais pontuais e específicas para obtenção de um clima urbano mais ameno. No presente estudo, de todos os dados coletados e estudados, ficou claro que a vegetação foi o elemento que mais interferiu nos valores de temperatura de superfície. O sombreamento aliado às superfícies vegetadas apontaram para uma diminuição de temperatura bastante significativa. Nos climas quentes e úmidos, como é o caso de Maceió, a vegetação é de extrema importância para qualidade de vida da cidade. No entanto, observou-se que não houve nenhum aumento nos índices de vegetação em Maceió, nas últimas três décadas, pelo contrário foi constatado uma diminuição nas áreas verdes.

Muitas pesquisas demonstram que é possível reverter índices de conforto ambiental estabelecidos. Segundo Stone (2012), três principais estratégias precisam ser consideradas para mitigar o aquecimento nos grandes centros urbanos: plantio de árvores e planejamento de novas configurações com o uso da vegetação (teto verde, parede verde, jardins ao longo da altura dos edifícios (*sky gardens*)); aumento do albedo, incorporando técnicas para menor aquecimento das coberturas ou substituição do revestimento por materiais mais refletivos; e implementação de programas de eficiência energética com o compromisso de reduzir as emissões de gases do efeito estufa. Estas estratégias seriam facilmente incorporadas às normas e diretrizes do Plano Diretor e Código Municipal de Maceió.

Por outro lado, a inserção da Filosofia em um estudo de clima urbano ampliou a visão do que é conforto, do que é cidade, do que é o tempo, e qual a relação entre estes. Assim como estudar a cidade como um sistema complexo trouxe a oportunidade de refletir sobre as inúmeras conexões que resultam na formação de um clima característico, o clima urbano. Neste sentido, a importância da contribuição de Edgar Morin está em despertar o olhar para compreensão mais ampla em relação ao todo e as partes; livrar-se da ilusão da totalidade; compreender que a ciência é consenso e conflito; aceitar que o Pensamento Complexo incorpora a incerteza; e que

a complexidade é mutável quanto aos objetos e as relações, do mesmo modo que a cidade.

Seguindo a essência do Pensamento Complexo, é preciso estabelecer conexões. Neste caso, entre a pesquisa acadêmica, os habitantes e os órgãos públicos para a construção de uma cidade mais justa e ambientalmente confortável. O trabalho acadêmico precisa estar nas discussões sobre a cidade, precisa ser pauta nas discussões entre os habitantes. Um papel importante da universidade, além de produzir o conhecimento, é compartilhá-lo de forma clara para que o acesso e o entendimento sejam amplos e irrestritos. O produto das pesquisas, sejam artigos ou monografias, precisa estar nos órgãos públicos. Assim como os técnicos precisam estar mais próximos da comunidade acadêmica estabelecendo e fortalecendo conexões entre a cidade real e a cidade que buscamos.

Sendo assim, a contribuição desta tese está em ajustar o olhar na pesquisa científica, principalmente, quando se trata de estudos urbanos. Inicialmente, tomar distância do foco, clima urbano, permitiu descobrir uma cidade repleta de atributos e possibilidades. As dimensões social, ambiental e histórica estão entrelaçadas e permitiram embasar a construção do Pensamento Complexo a respeito da cidade de Maceió.

A cidade mutável, complexa, de tantos contrastes e conflitos foi revelada em uma sucessão de paisagens e realidades ao longo do percurso. Fato que aguçou a percepção de que a sensação de estar em conforto relacionada apenas aos valores de temperatura, umidade, ventilação é muito restrita. Infraestrutura, dignidade, segurança, sensação de pertencimento e cidadania são parâmetros de conforto não mensuráveis, mas tão importantes quanto qualquer outro parâmetro que foi possível medir.

Desse modo, vale refletir, que a busca por espaços amenos é própria do instinto animal, tão natural que talvez não precisasse de pesquisas para comprovar o óbvio. Mas, nada parece óbvio quando se trata de relações de poder. De fato, essas relações têm moldado a cidade, quando determinam onde e como serão investidos recursos, quais serão as áreas de expansão da cidade, de acordo com interesses econômicos de algumas classes, o quanto serão verticalizadas, devastadas, poluídas. Em última instância, determinam a qualidade de vida e ambiental.

O clima nos iguala. O clima urbano é um reflexo das transformações da forma urbana e não nos diferencia enquanto habitantes. As áreas periféricas, abandonadas, estagnadas, apresentaram valores de temperatura de superfície bastante semelhantes e tão elevados quanto os bairros mais bem estruturados e economicamente mais valorizados. O desconforto é o mesmo. Ter condições de amenizar o desconforto é o que, infelizmente, nos distingue.

Desse modo, a sensação de estar em desconforto vai muito além de graus, metros por segundo ou porcentagem. Projetar uma cidade, é projetar uma sensação, ou várias sensações. Sentir a cidade pode ser muito prazeroso; sentir o vento, experimentar a sombra de uma árvore, aproveitar a luz do sol. Projetar a sensação é um caminho para projetar a cidade pensando nas pessoas e em como estas podem usufruir dos espaços urbanos em todas as suas dimensões.

Entretanto, as mudanças microclimáticas são decorrentes das transformações substanciais do espaço no tempo. Agentes urbanos como densidade populacional, demanda por habitação e serviços, especulação imobiliária, diminuição de áreas verdes, surgimento de grandes áreas pavimentadas, interferem na formação de um clima urbano característico, o que faz parte do processo de transformação da cidade, mas não é o final deste processo. O clima urbano é uma síntese temporária, uma vez que a cidade está sempre em transformação. O presente estudo buscou conectar os vários processos, que compõem a natureza de uma cidade, a fim de entender a relação entre as transformações morfológicas e climáticas ao longo do tempo.

Enfim, o Pensamento Complexo acende a perspectiva de estudar a cidade como um organismo vivo e dinâmico, com suas conexões que levantam questionamentos e discussões, mas que não anseia por ser conclusivo. A cidade em constante movimento é um paradigma diário aberto a novas reflexões.

REFERÊNCIAS

ACIOLLY, C.; DAVIDSON, F. **Densidade urbana**: um instrumento de planejamento e gestão urbana. Rio de Janeiro: Mandad, 1998.

ADOLPHE, L. *et al.* **SAGA Cités versun systém ed'Aide la gestion des ambiances urbaines**. MENRT. Toulouse. 2002.

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL Surface energy balance algorithm for land – Advanced training and users manual – Idaho implementation, version 1.0**, 2002.

ALMEIDA, A. J. P. *et al.* Relação entre o índice de vegetação e a temperatura de superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE 2015.

ALMEIDA, E. M. A.; DUARTE, A. G. Fragmentos da memória: a evolução urbana nos 200 anos de história em Maceió, Alagoas. **Anais do 1º Simpósio Científico ICOMOS Brasil**. Belo Horizonte, 2017.

ALMEIDA, E. M. A. **A configuração urbana e sua relação com os microclimas**: estudo de frações urbanas na cidade de Maceió. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

AMORIM, M. C. C. T. Clima urbano: concepções teóricas, metodologias, aplicações e perspectivas. **Revista Equador**, v. 4, p. 49-66, 2015.

ARAÚJO, R. A. **A cidade sou eu?** 2007. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ASSIS, E. S. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. **ENCAC**, Maceió, 2005.

ASSIS, E. S. Aplicações da climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros. **Revista de Urbanismo e Arquitetura**, v. 7, n. 1.

BATTY, M. **Planning support systems**: progress, predictions, and speculations on the shape of things to come. 2007. Disponível em: <http://www.casa.ucl.ac.uk/publications/workingPaperDetail.asp?ID=122>. Acesso em: 02 jun. 2019.

BATTY, M.; LONGLEY, P. **Fractal cities**. Londres: Academic Press Limited, 1994.

BATTY, M.; TORRENS, P. M. Modelling and prediction in a complex world. **Futures**, v. 37, n. 7, p. 745-766, 2005.

BAUDELAIRE, C. **As flores do mal**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2012.

- BAUDELAIRE, C. **Paraísos artificiais**. Porto Alegre: I & pm, 2011.
- BENEVOLO, L. **História da cidade**. 3. ed. 2. São Paulo: Perspectiva, 2003.
- BENJAMIN, W. O flâneur. *In: Obras escolhidas III. Charles Baudelaire: um lírico no auge do capitalismo*. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 1994, p. 185-236.
- BENJAMIN, Walter. **Passagens**. Belo Horizonte: UFMG, 2006.
- BENZERZOUR, M. **Transformations urbaines et variations du microclimat: application au centre-ancien de Nantes et proposition d'un indicateur "morpho-climatique"**. Ecole polytechnique de l'Université de Nantes. Nantes. 2004.
- BETTENCOURT, L. The origins of scaling in cities. **Science**, v. 340, p. 1.438-1.441, jul. 2013.
- BONHOMME, M. **Contribution à la génération des bases de données multi-escalaires et évolutives pour une approche pluridisciplinaire de l'énergétique urbaine**. Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse. Toulouse, 2013.
- BONHOMME, M.; MASSON, V.; ADOLPHE, L. The block generator: A tool for classification and evolution of urban typologies to assess environmental performances at the city scale. **PLEA - Passive and Low Energy Architecture**. Lima, Peru: [s.n.]. p. 1-6, 2012.
- BOTELHO, A. Capital volátil, cidade dispersa, espaço segregado: algumas notas sobre a dinâmica do urbano contemporâneo. **Cadernos Metrôpole**, São Paulo, v. 14, n. 28, p. 297-315, jul./dez. 2012.
- BRAGA, A. P.; CARVALHO, A. P. L. F. de; LUDERMIR, T. B. **Redes neurais artificiais: teoria e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- BRANDÃO, M. B. A. **O urbanismo e a complexidade moriniana: um exercício epistemológico**. 2014. Tese (Doutorado em Urbanismo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- CASTANHO, S. E. M. Atualidade do método dialético. **Revista da Faculdade de Educação PUCAMP**, Campinas. V.1. n. 1, p. 13-21, 1996.
- CASTRO, M. L. A.; CASTRO, R. O. Autômatos celulares: implementações de Von Neumann, Conway e Wolfram. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 89-106, 2008.
- CARVALHO, G. A. **Contribuições metodológicas ao planejamento urbano: comparação de métodos de análise multivariada e Modelos de Simulação da paisagem urbana – aplicações na Regional Pampulha - Belo Horizonte**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CARVALHO, M. L. S. **A evolução do parcelamento do solo na cidade de Maceió entre 1950 e 1970: uma análise dos bairros do Farol, Pinheiro, Pitanguinha e Gruta**

de Lourdes. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

CASTELLS, M. **A questão urbana**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.

CAVALCANTI, V. R. **La production de L'espace à Maceió (1800 – 1930)**. Paris. Tese de doutorado, Institut D'étude Du Developpement Economique et Social, Pantheon-Sorbonne, Université de Paris, 1998.

CAVALCANTI, V. R.; LINS, R. D. B. **“Vazios” urbanos de Maceió: fronteiras e interstícios da urbanização**. Projeto de Pesquisa. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2003.

CHAKRABARTI, V. **A Country of cities**. Londres. New York: Metropolitan Books, 2014.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. **Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors**. Remote Sensing of Environment, v.113, p. 893-903, 2009.

CHRISTALLER, W. **Central places in Southern Germany**. New Jersey: Prentice Hall, 1966.

CLARKE, K.; HOPPEN, S.; GAYDOS, L. **A self-modifying automaton modelo of historical urbanization in the San Francisco Bay area**. Environment and Planning B, London, n. 24, p. 247-261, 1997.

COLLINS, G. R. Lo Sviluppodella Pianificazione Lineare. *In*: SORIA Y MATA, A. **La Città Lineare**. Milão: Alberto Mondadori, 1968, p. 13-85.

COLLINS, G. R.; COLLINS, Christiane C. **Camillo Sitte and the birth of modern city planning**. 2. ed. New York: Random House; Rizzoli, 1986.

COLOMBERT, M. **Contribution à l'analyse de la prise en compte du clima turbaindans les different moyensd'interventionsur la ville**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) - Université Paris, Paris.

COSTA, C. **Maceió**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio, 1939.

CRUZ, J. M. **Sustentabilidade do ambiente construído: conservação de energia através do uso da ventilação natural como forma de refrigeração passiva do ambiente urbano**. Dissertação (mestrado em Arquitetura), Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2001, 220f.

DEL RIO, V. **Introdução ao desenho urbano no processo de planejamento**. 5. ed. São Paulo: Pini, 2000.

DEOLINDO, J. S. Contribuições da teoria das localidades centrais para o estudo da mídia no espaço. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Sociedade Brasileira de

- Estudos Interdisciplinares da Comunicação. **XXXVII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação**. Foz do Iguaçu, 2014.
- DIEGUES JÚNIOR, M. Evolução urbana e social de Maceió no período republicano. *In*: COSTA, Craveiro. **Maceió**. Maceió: Cata-vento, 1939.
- EGLASH, R. **African fractals**: modern computing and indigenous design. London: Rutgers University, 1999.
- EGLI, E. **Dieneue Stadt in Landschaftund Klima**: climate and town districts — consequences and demands. Verlagfür Architektur AG, Erlenbach-Zürich, 1951.
- EWING, R.; PENDALL, R.; CHEN, D. Measuring sprawl and its impact. **Sprawl and Health**, 2002.
- FARIA, G. M. G. Maceió, 1820-1841: planta cadastral e plano urbanístico. Uma modalidade de configuração do tecido espacial. **Anais: Seminário da História da Cidade e do Urbanismo**, v. 8, n. 2, 2012.
- FARIAS, J. A. Resiliência: um bom conceito para o projeto e a reforma urbana? **Anais: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional**. São Paulo, 22 a 26 de maio de 2017.
- FOSTER, J.; KAY, J.; ROE, P. Teaching complexity and systems thinking to engineers. **4th UICEE Annual Conference on engineering education**. Bangkok, Thailand, p. 1-10, Feb. 2001.
- FOUCAULT, M. Sobre a arqueologia das ciências: resposta ao círculo epistemológico. *In*: FOUCAULT, Michel *et al.* **Estruturalismo e teoria da linguagem**. Petrópolis: Vozes, 1971. (Coleção Epistemologia e Pensamento Contemporâneo, 1).
- FREITAS, R. M. **Entre mitos e limites**: as possibilidades do adensamento construtivo face à qualidade de vida no ambiente urbano. Recife: UFPE, 2008. 270p.
- GARBER, D. Massachusetts. Science and certainty in Descartes. *In*: HOOKER, Michel (Org.). **Descartes**. Baltimore: John Hopkins University. 1978.
- GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- GOETHE, J. W. Von. **Brief. Tagebcher, Gesprache**. Berlin: Mathias Bertram; Directmedia Publishing. 1988. (DigitaleBibliothek: werke; 10) CD-Rom.
- GOMES *et al.* As origens do Pensamento Sistêmico: das partes para o todo. **Pensando famílias**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, dez. 2014.
- GEHL, J. **Cidades para pessoas**. São Paulo: Perspectiva, 2013.

- GREMONINI, L.; VICENTINI, E. Autômatos celulares: revisão bibliográfica e exemplos de implementações. **Revista Eletrônica Lato Sensu – UNICENTRO**, ed. 6, 2008.
- HALL, P. **Cidades do amanhã**. São Paulo: Perspectiva, 1995.
- HALL, P. **Cities of tomorrow**. An intellectual history of urban planning and design in the twentieth century. Londres: Basil Blackwell, 1990.
- HARVEY, D. **Condição pós-moderna**. São Paulo: Loyola, 2008.
- HEBBERT, M.; JANKOVIC, V. Cities and climate change: the precedents and why they matter. **Urban Studies**, v. 50, n. 7, p. 1332–1347, 2013.
- HILBERSEIMER, L. **The new city: principles of planning**. Chicago: Paul Theobald, 1944.
- HOLLAND, J. H. **Hidden Order: how adaptation builds complexity**. Cambridge, Massachusetts: Perseus books, 1995.
- HOLLING, C.S. Resilience and stability of ecological systems. *In: Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 4, 1973, p. 1-23.
- HOWARD, L. **The climate of London deduced from meteorological observations made in the metropolis and at various places around it**. Londres: 1833.
- IBGE. **Censo Demográfico, 2010**.
- IBGE. **População estimada, 2018**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al/maceio.html?>
- JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.
- JANOS, M. **Geometria fractal**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- JAPIASSÚ, L. A. T. **Expansão urbana de Maceió, Alagoas: Caracterização do processo de crescimento Territorial urbano em face do plano de Desenvolvimento – de 1980 a 2000**. 2015. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió.
- KESTLER, I. M. F. Johann Wolfgang von Goethe: arte e natureza, poesia e ciência. **História, Ciências, Saúde**. Manguinhos, v. 13 (suplemento), p. 39-54, outubro 2006.
- KOOHAAS, Rem. **Três textos sobre a cidade. Grandeza ou o problema do grande, A cidade genérica, Espaço-lixo**. Barcelona: Gustavo Gili, 2010.
- KÖPPEN, W. **Das geographische system der Klimate**. Berlin: Kraus-Thomson, 1936.

- KOSTOF, S. **The city shaped: urban patterns and meanings through history.** Londres: Thames and Hudson, 1991.
- KRATZER, P. A. **The climate of cities.** Braunschweig: Viewegand Sohn, 1956. 83p.
- LEITE, Carlos. **Cidades sustentáveis, cidades inteligentes.** Desenvolvimento sustentável num planeta urbano, 2012.
- LAMAS, J. M. R. G. **Morfologia Urbana e desenho da cidade.** Porto: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004. 590p.
- LANDSBERG, H. E. **The urban climate.** New York: Academic Press, 1981.
- LANDSBERG, H. E. The climate of towns. *In*: THOMAS, W. E. (ec.). **Mans role in changing the face of earth,** 1970.
- LEAL, E. P. B. **Evolução urbana e a questão da habitação no Brasil: 1964-1988.** 1990. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Estadual Paulista, Assis.
- LEFEBVRE, H. **O direito à cidade.** São Paulo: Moraes, 1991.
- LE GOFF, J. **Por amor às cidades.** São Paulo: Unesp, 1998.
- LEITE, M. S. A. **Proposta de uma modelagem de referência para representar sistemas complexos.** 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) . Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. Remote sensing and image interpretation. 6. ed. Hoboken, NJ: John Wiley& Sons, 2008.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation.** 4 th ed. John Wiley & Sons, 2000. 721p.
- LIMA, I. F. **Maceió a cidade restinga: contribuição ao estudo geomorfológico do litoral alagoano.** Maceió. Edufal, 1990.
- LIMENA, M. Cidades complexas no século XXI. Ciência, técnica e arte. **São Paulo em perspectiva,** v. 15, n. 3, 2001.
- LIMONAD, E. Urbanização dispersa mais uma forma de expressão urbana? **Formação,** Presidente Prudente, n. 14, v. 1, p. 31-45, 2007. Disponível em: <http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/viewFile/705/728>. Acesso em: 13 jul. 2015.
- LIU, Y. Modelling urban development with GIS and cellular automata. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- LIU, W.; SETO, K. C. **Using the ART-MMAP neural network to model and predict urban growth: a spatio temporal data mining approach.** London: Environment and Planning B, 2008.

LOPES, B. L. S. **As novas tipologias de edifícios residenciais verticais do litoral norte de Maceió: o caso dos condomínios clube**. 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

MACEDO NETO, R. X. **Temperatura da superfície nos materiais de pavimentação: uma contribuição ao desenvolvimento urbano**. 2015. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Urbano). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

MACEIÓ. Lei Municipal nº 5.486/05, 30 de dezembro de 2005. Plano Diretor de Maceió – Institui o Plano Diretor do Município de Maceió, estabelece diretrizes gerais de política de desenvolvimento urbano e dá outras providências. *In: Diário Oficial do Município de Maceió*, Maceió, 30 dez. 2005.

MACEIÓ. **Plano de Desenvolvimento de Maceió**. COMPLAN, 1981, v. I.

MACEIÓ. Prefeitura Municipal. **Plano de Desenvolvimento de Maceió**. Diagnóstico e Prognóstico. 1981, v. 1.

MACEIÓ. Código Municipal de Maceió. Lei Municipal nº 575, de 26 de novembro de 1957. Câmara Municipal de Maceió. *In: Diário Oficial do Município de Maceió* (dias 19, 21 e 29 de dezembro de 1957).

MANDELBROT, B. Fractais: uma forma de arte a bem da ciência. *In: PARENTE, A.* (Org.). **Imagem máquina: a era das tecnologias do virtual**. Rio de Janeiro: 34, 1993. p. 195-200.

MARKHAM, B. L.; BARKER, L. L. Thematic mapper band pass solar exo atmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, n. 3, p. 517-523, 1987.

MARTIN, L.; MARCH, L. **Urban space and structures**. Cambridge: University Press, 1972, v. 1.

MARTINS, T. **De condicionantes solares a oportunidades de desenho urbano: otimização de tipo-morfologias urbanas em contexto de clima tropical**. 2014. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MARTINS, A. A. C. **Motivação, expectativa, experiência, satisfação ou desatisfação dos turistas com o produto turístico destino: estudo sobre a área da grande Maceió – Alagoas – BR**. 2006. Tese (Doutorado em Administração). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MASSON, V. *et al.* Solar panels reduce both global warming and urban heat island. **Front Environ Sci**, v. 2, p. 1-10. Disponível em <http://journal.frontiersin.org/article/103389/fenvs>. 2014. Acesso em: 30 jan. 2019.

MASSON, V. *et al.* Modélisation urbaine et stratégies d'adaptation au changement climatique pour anticiper la demande et la production énergétique (MUSCADE).

Références, La modélisation intégrée de la ville, v. 1, p. 174-184, set. 2012.

MEDEIROS, V. A. S. **Urbis Brasilia e ou sobre cidades do Brasil**: inserindo assentamentos urbanos do país em investigações configuracionais comparativas. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, Brasília. 2006.

MELO, J. D.; BARBIRATO, G. M. Informações para o planejamento a partir da caracterização climática urbana: estudo em Maceió-AL. **XI ENCAC, VII ELACAC**, Búzios, 2011.

MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2002.

MENESES; NETTO (Orgs). **Sensoriamento remoto**: reflectância dos alvos naturais. Brasília: UnB/Embrapa Cerrados, 2001. 262p.

MIRANDA, E. E.; GOMES, E. G.; GUIMARÃES, M. Mapeamento e estimativa da área urbanizada do Brasil com base em imagens orbitais e modelos estatísticos. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*, Goiânia, 2005.

MOL, R. S. **Introdução à história da Matemática**. Belo Horizonte: CAED-UFMG, 2013. 138p.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MONTEIRO, C. A. de F. **O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo**. São Paulo: USP/ Igeog, 1976. (Série Teses e Monografias, 28).

MORIN, E. **La voie; pour l'avenir de l'humanité**. Paris: Librairie Arthème Fayard/Pluriel, 2012.

MORIN, E. **O método 1**: a natureza da natureza. Porto Alegre: Sulina, 2008.

MORIN, E. **Introdução ao Pensamento Complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2005.

MORIN, E. Complexidade e liberdade. **Thot**. São Paulo, n. 67, nov. 1997.

MUMFORD, L. **A cidade na História**: suas origens, transformações e perspectivas. São Paulo: Martins Fontes, 1982.

NASCIMENTO, D. S. C. **Obtenção da zona de conforto utilizando redes neurais artificiais**. Tese. Ouro preto, 2016. 152f.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. Urbanização e cidade dispersa: implicações da produção do espaço urbano no Brasil, em Moçambique e na Austrália. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 21, n. 2, p. 550-569, agosto. 2017. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/125392>>. doi: 10.11606/issn.2179-0892. geosp.2017.125392.

- NEVES, R. P. O. **Vida artificial em ambientes virtuais**: uma plataforma experimental em realidade virtual para estudos dos seres vivos e da dinâmica da vida. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Eletrônicos). Politécnica, USP, São Paulo.
- NIEDERMEYER; KOEFENDER; ROOS. Geometria fractal e ensino de Matemática. **X Encontro Gaúcho de Educação Matemática**, Ijuí/RS, 02 a 05 jun. 2009.
- NOGUEIRA, R. E. **Cartografia**: representação, comunicação e visualização de dados espaciais. 3. ed. Florianópolis: UFSC, 2009.
- OJIMA, R.; MARANDOLA JR., E. (Orgs.). **Dispersão urbana e mobilidade populacional**: implicações para o planejamento urbano e regional. São Paulo: Blucher, 2016.
- OKE, T.R. Methods in urban climatology. *In: Applied Climatology*. Schrift: Zürcher Geograph., v. 14, n. 19-29, 1984.
- OLGYAY, V. **Design with climate**. New Jersey: Princeton University, 1968.
- OLIVEIRA, P. M. P. **Cidade apropriada ao clima**: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano. Brasília, 1988. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, Brasília.
- OLIVEIRA, P. M. P. Metodologia do desenho urbano considerando os atributos bioclimatizantes da forma urbana e permitindo o controle do conforto ambiental, do consumo energético e dos impactos ambientais. *In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 1993, São Paulo. **Anais do ENTAC 93 - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. São Paulo: ANTAC/EPUSP/IPT/UFRGS/UFSC, v. 2, p. 1.001-1.013, 1993.
- ONU. **Perspectivas da urbanização mundial**. Nova York, 2014. (World Urbanization Prospects).
- PÁDUA, F. L. C.; VIEIRA Newton José. **Autômatos celulares**: teoria e aplicações. Programa de Pós Graduação DCC, UFMG, 2004.
- PALAZZO, L. A. M. **Complexidade, caos e auto-organização**. Universidade Católica de Pelotas, 2004. Acesso em 18 de janeiro de 2019. Disponível em: http://algor.dcc.ufla.br/~monserrat/isc/Complexidade_caos_autoorganizacao.html.
- PASSOS, F. *et al.* O novo flâneur. **Eclética**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 17, jul./dez. 2003. Disponível em: <puc-riodigital.com.puc-rio.br/media/2%20-%20o%20novo%20fl%C3%A2neur.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2019.
- PEDROSA, B. M.; CÂMARA, G. Modelagem dinâmica e geoprocessamento. *In: DRUCK, S. et al. Análise espacial de dados geográficos*. Brasília: EMBRAPA, 2004.

PEREIRA, M. A. B.; FERRARE, J. O. P. “Casas para Viajantes” em fins do século XIX, início do XX em Maceió: “hotéis ecléticos” no centro da cidade. *In: Anais XXIV Congresso Pan-americano de Arquitetos*. Maceió, 2012.

PESCATORI, C. O paradigma da cidade compacta no debate urbanístico contemporâneo. "VI Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Bogotá, junio 2014". Barcelona: DUOT, 2014.

PIGLIUCCI, M. Chaos and Complexity: should we be skeptical? *In: Skeptic*. v. 8, n. 3, p. 62-64, 2000.

POLIDORI, M. **Crescimento urbano e ambiente**: um estudo exploratório sobre as transformações e o futuro da cidade. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PORTUGALI, J. “**Self-organization and the city.**” Berlin: Springer, 2000.

ROGERS, R.; GUMUCHDJIAN, P. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona: Gustavo Gilli, 2001.

ROUSE, J.W. *et al.* Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Prog. Rep. RSC 1978-1. **Remote Sensing Cent.**, Texas A & M. Univ., College Station, 1973.

RUHOFF, A. L.; NOVO, B. B. S.; ROCHA, H. R. da. Determinação da irradiância solar no topo da atmosfera para cálculo do albedo e balanço de energia a partir de imagens LANDSAT 8 OLI. *In: Anais Online XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR*, João Pessoa-PB, Brasil, INPE, p. 4.496-4.502, 2015.

SALAT, S. **Les et les formes**. Sur L'urbanisme durable. Paris: CSTB, v. 1, 2011.

SANT'ANA, M. M. **Contribuição à História do açúcar em Alagoas**. Recife: IAA; Museu do Açúcar, 1970.

SANTORO, P. F. **Planejar a expansão urbana**: dilemas e perspectivas. São Paulo. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SANTOS, C. G. *et al.* A expansão urbana da região metropolitana de Maceió-AL, Brasil: uma análise socioespacial sobre a disseminação de empreendimentos residenciais fechados. **Anais do 8º Congresso Luso Brasileiro para o planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – Pluris**. Coimbra, 2018.

SANTOS, C. G. *et al.* Expansão urbana do bairro de Cruz das Almas, Maceió/AL: uma mudança do espaço urbano e do estilo de vida de seus moradores. **Anais do 7º Congresso Luso Brasileiro para o planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – Pluris**. Maceió, 2016.

SANTOS, S. S.; ALBUQUERQUE, A. A. A influência do mercado na configuração da geografia urbana de Maceió: 1965-1985. **Anais do 4º GeoAlagoas – Simpósio sobre as geotecnologias e geoinformação no Estado de Alagoas**. Maceió, 2016.

SANTOS, L. S. Expansão urbana, mercado imobiliário e conflitos de terra no Sertão Carioca (1940-1964). **Confluente**, v. 4, n. 1, p. 263-281, Departamento di Lingue e Letterature Straniere Moderne, Università di Bologna, 2012.

SANTOS, M. **A natureza do espaço. Técnica e tempo. Razão e emoção**. Edusp - Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. São Paulo: Edusp, 2005.

SCHELLING, T. C. On the ecology of micromotives. **The Public Interest**, v. 25, p. 61-98, 1971.

SECCHI, B. **A cidade do século vinte**. São Paulo: Perspectiva, 2009.

SILVA, E. T. **Estrutura urbana e mobilidade espacial nas metrópoles**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013.

SILVA *et al.* Qualidade parasitológica e condições higiênico-sanitárias de sururu (*Mytella charruana*) e alface (*Lactuca sativa*) comercializados em um mercado público de Maceió-AL. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**. v. 36, n. 4, p. 525-529, 2015.

SILVA, J. D. N. **Urbanização e Saúde em Maceió, AL: o caso dos bairros do Vergel do Lago, Jacintinho e Benedito Bentes**. 2011. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

SILVA, I. N. DA; SPATTI, D. H.; FLAUZINO, R. A. **Redes Neurais Artificiais para engenharia e ciências aplicadas**. São Paulo: Artliber, 2010.

SIMÕES, L. **Maceió 200 anos**. Maceió: Instituto Arnon de Mello, 2017.

SOBREIRA, F. J. A. **A lógica da diversidade**. Complexidade e dinâmica em assentamentos espontâneos. 2003. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Pernambuco.

SOJA, E. W. **Post metropolis critical studies of cities and regions**. Malden (Mass.): Blackwell Publ, 2000.

SORRE, M. **Fundamentos biológicos de la geografía humana: ensayos de una ecología del hombre**. Barcelona: Editorial Juventud, 1955.

SPOSITO, M. E. B. Segregação sócio-espacial e dispersão urbana. *In*: VASCONCELOS, Pedro de Almeida; CORRÊA, Roberto Lobato; PINTAUDI, Silvana Maria (Orgs.). **A cidade contemporânea: segregação espacial**. São Paulo: Contexto, 2010.

- STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of American Meteorological Society**, n. 93, p. 1.879-1.900, 2012.
- SUDHIRA, H. S. *et al.* 2003. Urban growth analyses using spatial and temporal data. **Indian Journal of Remote Sensing**, v. 31, n. 4, Dec 2003.
- TAYLOR, E. G. R. Climate in relation to planning. Town and country. **Planning Textbook, Architectural Press**, London: J. Tyrwhitt, 1950.
- TORNAY, N. *et al.* GENIUS: a methodology to define a detailed description of buildings for urban climate and building energy consumption simulations. **Urban Climate**, v. 20, p. 75-93, 2017.
- TORRENS, P. M.; ALBERTI, M. Measurements prawl. **Working paper**, n. 27, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, 2000.
- TORRES, S. C. **Forma e conforto: estratégias para (re)pensar o adensamento construtivo urbano a partir dos parâmetros urbanísticos integrados à abordagem bioclimática.** Tese (Doutorado em Arquitetura e urbanismo). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.
- UGEDA Júnior, J. C.; AMORIM, M. Reflexões acerca do sistema clima urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnica. **Revista do Departamento de Geografia Universidade de São Paulo**, v. Especial, 2016.
- UMBELINO, G.; BARBIERI, A.; DAVIS, C. Autômatos celulares aplicados à simulação da expansão urbana na RMBH entre 2010 e 2030. **XIX Encontro Nacional de Estudos Populacionais**, ABEP, São Pedro/SP – Brasil, 19, p. 2014.
- UN - UNITED NATIONS. **World urbanization prospects: the 2014 revision.** New York: Department of Economic and Social Affairs, 2015.
- USGS. UNITED STATES GEOLOGIC SURVERY. **Catálogo USGS.** 2018. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: jan. 2019.
- VALE, J. R. B. *et al.* Análise comparativa de métodos de classificação supervisionada aplicada ao mapeamento da cobertura do solo no município de Medicilândia, Pará. Inerespaço. **Revista de Geografia e Interdisciplinaridade.** Grajaú/MA. v. 4, n. 13, p. 26-44, jan./abr. 2018.
- VASCONCELOS, D. A. L; ARAÚJO, L. M, RAMOS, S. P. A turistificação de Maceió-Alagoas-Brasil: uma breve perspectiva histórico-espacial. **Anais do 7º Congresso Luso Brasileiro para o planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável– Pluris.** Maceió, 2016.
- VASCONCELLOS, M. J. E. de. **Pensamento Sistêmico: o novo paradigma da ciência.** 9. ed. Campinas: Papyrus, 2010.
- VENTURIEIRI, A. **Introdução às técnicas de sensoriamento remoto.** Belém: UFPA, 2007.

WAGNER, D. Cellular automata and geographic information systems. **Environment and Planning B**, London, p. 219-234, 1997.

WALL, M. Resenha periódica. Uma janela sobre as cidades do Brasil. A cidade dispersa no Brasil. O caso de São Luís do Maranhão. **Planum. The Journal of Urbanism**, n. 34, v. 1, 2017.

WEBBER, M. M. The Post-City Age. **Daedalus**, v. 97, n. 4, p. 1.091-1.110, 1968.

WHITE, R.; ENGELEN, G.; ULJEE, I. The use of constrained cellular automata for high-resolution modeling of urban land use dynamics. **Environment and Planning B**, v. 24, p. 323-343, 1997.

WHITE, R.; ENGELEN, G. Urban system dynamics and cellular automata: fractal structures between order and chaos. **Chaos. Solitons and Fractals**, v. 4, p. 563-583, 1994.

WOLFRAN, S. Theory and applications of cellular automata. *In*: **World Scientific**, Singapore, 1986.

YONTEF, G. M. **Processo, diálogo e awareness**: ensaios em Gestalt-terapia. São Paulo: Summus, 1998.

ZAGO, Luis Henrique. O método dialético e a análise do real. **Kriterion**, Belo Horizonte, v. 54, n. 127, p. 109-124, 2013.

ZÁRATE, L. E.; DIAS, S. M.; SONG, M. A. J. Fcann: a new approach for extraction and representation of know ledge from antrained via formal concept analysis. **Neurocomputing**, v. 71, p. 2.670-2.684, 2008.

ZEN, E. T.; SGARBI, A. D. O método dialético na história do pensamento filosófico ocidental. **Kinesis**, Vol. X, nº 22, p.79-96, 2018.