**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ÁREAS VERDES E QUALIDADE TÉRMICA EM AMBIENTES URBANOS:
ESTUDO EM MICROCLIMAS DE MACEIÓ (AL)**

Arqto. RICARDO VICTOR RODRIGUES BARBOSA

Orientador: Prof. Dr. FRANCISCO ARTHUR DA SILVA VECCHIA

SÃO CARLOS
2005

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ÁREAS VERDES E QUALIDADE TÉRMICA EM AMBIENTES URBANOS:
ESTUDO EM MICROCLIMAS DE MACEIÓ (AL)**

Arqto. RICARDO VICTOR RODRIGUES BARBOSA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. FRANCISCO ARTHUR DA SILVA VECCHIA

SÃO CARLOS
2005

B238a Barbosa, Ricardo Victor Rodrigues
 Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos
 : estudo em microclimas de Maceió (AL) / Ricardo Victor
 Rodrigues Barbosa. -- São Carlos, 2005.

 Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São
 Carlos-Universidade de São Paulo, 2005.

 Área: Ciências da Engenharia Ambiental.

 Orientador: Prof. Dr. Francisco Arthur da Silva
 Vecchia.

 1. Clima urbano. 2. Áreas Verdes. 3. Planejamento
 urbano. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Arquiteto e Urbanista **RICARDO VICTOR RODRIGUES BARBOSA**

Dissertação defendida e julgada em 21-10-2005 perante a Comissão Julgadora

Prof. Dr. **FRANCISCO ARTHUR DA SILVA VECCHIA** (Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

aprovado

Prof. Dr. **MAURICIO RORIZ**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADO

Profa. Dra. **SANDRA ELISA CONTRI PITTON**
(UNESP/Rio Claro)

APROVADO

Prof. Associado **EVALDO LUIZ GAETA ESPINDOLA**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da
Engenharia Ambiental

Profa. Titular **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

Dedico este trabalho a duas pessoas fundamentais nessa conquista: à minha mãe, pelo amor e pelas orações constante; e ao Vicente, pelo apoio incondicional em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me concedeu a vida e a força de continuar aprendendo.

Aos meus pais, Wandylma e Ronaldo, pelo apoio em todos os momentos e pelo amor dedicado que me tornou a pessoa que sou hoje.

Às minhas irmãs, Roberta e Renata, pelo carinho sempre presente em suas mensagens e pelo apoio incondicional no trabalho de campo.

Ao Vicente, grande incentivador e responsável por mais esta conquista.

Ao Prof. Dr. Francisco Vecchia, pelo aceite de orientação, confiando no meu trabalho enquanto desbravador nas questões de clima urbano e, acima de tudo, pelos ricos conhecimentos no campo da climatologia geográfica.

Aos Prof. Dr. Maurício Roriz e Dra. Sandra Pitton pelo aceite em participar da banca e contribuição no aprimoramento deste trabalho.

Aos Prof. Dr. Marcelo Pereira e Dr. João Zavattini, pelas notas e observações que contribuíram decisivamente para o desenvolvimento da pesquisa, na fase do exame de qualificação.

A todos os amigos de turma, especialmente aos amigos arqts. Fernando Cardoso, Elisânia Alves e Tatiana Bottari, pelos momentos de alegrias e angústias compartilhadas, fruto da amizade sincera, que tornaram mais leve a minha permanência em São Carlos.

Aos amigos Daniela Modna e Adeildo Cabral, pela amizade franca e pelo apoio incondicional, seja nos incentivos constantes seja na prontidão em auxiliar sempre.

Aos amigos Élio Moroni e Douglas Cardoso, pela convivência e pelo estímulo na superação de obstáculos que a vida nos impõe; e, acima de tudo, pela amizade constante.

À Anna Maria Nunes Benini, pelo carinho sincero dispensado durante todo o tempo em que morei nesta cidade, me “adotando” como membro da família; por suas orações constantes e, ainda, por seu amor aos nordestinos.

À Profa. Dra. Ruth Duarte, por sua paciência e por sua colaboração na correção e revisão ortográfica e gramatical deste e de outros trabalhos.

À Profa. Dra. Gianna Melo Barbirato, do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, pelo empréstimo dos equipamentos, sem os quais não seria possível a realização da parte experimental da presente pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas – FAPAL, por investir no meu projeto de pesquisa e fomentar bolsa de mestrado, especialmente à Vânia Batista Marinho e Luciana Maria de Andrade Mello, pela atenção e apoio sinceros.

Aos inúmeros colaboradores, diretos e indiretos, responsáveis pela conclusão deste trabalho e que não foram mencionados nominalmente neste trabalho, meus agradecimentos e perdão pelo esquecimento.

E, por fim, a todos que utilizaram este trabalho de forma efetiva para o aprimoramento de seu conhecimento acadêmico ou profissional, por tornar esse trabalho útil e não renegá-lo a um simples volume na prateleira da Universidade.

"Quanto mais a cidade cresce, menos as 'condições naturais' são nela respeitadas. Por condições naturais entende-se a presença, em proporção suficiente, de certos elementos indispensáveis aos seres vivos: Sol, espaço, vegetação. Uma expansão sem controle privou as cidades desses alimentos fundamentais de ordem psicológica e fisiológica. O indivíduo que perde contato com a natureza é diminuído e paga caro, com a doença e a decadência, uma ruptura que enfraquece seu corpo e arruína sua sensibilidade, corrompida pelas alegrias ilusórias da cidade"

Le Corbusier

(*A Carta de Atenas*, São Paulo: Hucitec/EDUSP, 1993)

RESUMO

BARBOSA, R. V. R. (2005). *Áreas Verdes e Qualidade Térmica em Ambientes Urbanos: estudo em microclimas de Maceió (AL)*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

O processo de crescimento da cidade, caracterizado pela substituição da cobertura natural do solo pelo ambiente construído, ocasiona profundas transformações ambientais, modificando os ecossistemas existentes e alterando os padrões de percepção do habitante. Notável transformação também ocorre no aspecto climático, devido à alteração das propriedades iniciais do clima. Esse fator, ao ser ignorado pelo processo de “pensar a cidade”, compromete a qualidade ambiental urbana. A partir desse cenário, a presente investigação analisou a influência das áreas verdes no comportamento térmico de ambientes urbanos e elegeu a cidade de Maceió-Al como ecossistema de estudo. Nesse sentido, estudou-se, de forma experimental, nove unidades amostrais urbanas distribuídas ao longo de um transsecto, por meio de monitoramento dos valores higrotérmicos em cada ambiente. A análise foi realizada no período de inverno, em escala de abordagem microclimática, no qual foram tomados três dias típicos experimentais, identificados por meio da abordagem dinâmica do comportamento climático. Constatou-se, portanto, que a vegetação presente nas áreas verdes condiciona a criação de ambientes termicamente favoráveis à saúde, habitabilidade e uso dos espaços urbanos – variáveis da qualidade ambiental –, expressos por meio dos resultados de temperatura e umidade do ar obtidos na investigação experimental.

Palavras-chave: Clima Urbano, Áreas Verdes, Planejamento Urbano.

ABSTRACT

BARBOSA, R. V. R. (2005). *Green Areas and Thermal Quality in Urban Environments: study in microclimates of Maceió (AL)*. M.Sc. Dissertation – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

The city growth is characterized by the change of the natural covering of the ground for the built environment. It causes deep ambient transformations that modifies existing ecosystems and also the standards of perception of the inhabitant. Notable transformation occurs in the climatic aspect due to alteration of the initial properties of the climate as well. This factor when ignored for the process of urban planning it compromises the environmental urban quality. From that situation, the present inquiry has analyzed the influence of the green areas in the thermal urban environment behavior which elected Maceió city as ecosystem of the study. According to that, nine located urban units were studied experimentally throughout an axis, through the register of air temperature and air humidity in each environment. The analysis was carried through winter season, in microclimatic scale, where three typical experimental days had been studied, identified through by the dynamic approach of the climate. Of this form, it was evidenced that the present vegetation in the green areas creates environments with temperature of air favorable to the health, habitability and use of changeable the urban spaces [ambient quality aspects]. It was identified for the results registered in the experimental inquiry.

Key words: Urban Climate, Green Areas, Urban Planning.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 – (I) PRAÇA SÃO PEDRO, EM ROMA (ITÁLIA); (II) PRAÇA MAIOR, EM VALHADOLID, NA ESPANHA.	19
FIGURA 3.2 – JARDINS DO PALÁCIO DE VERSAILLES, PROJETO DE ANDRÉ LÊ NÔTRE. (I) VISTA CENTRAL; (II) VISTA AO NORTE.	19
FIGURA 3.3 – CENTRAL PARK, EM NOVA IORQUE. PARADIGMA URBANÍSTICO DE FREDERICK LAW OLMSTED COM A CRIAÇÃO DOS SISTEMAS DE PEDESTRE E VEÍCULOS INDEPENDENTES ENTRE SI.....	21
FIGURA 3.4 – VISTA AÉREA DE UM TRECHO DE RADBURN EM 1930.	24
FIGURA 3.5 – PROPRIEDADE DA FOLHA. SEGUNDO ROBINETTE, CITADO POR CANTUÁRIA (1995).	32
FIGURA 3.6 – REFLEXÃO RELATIVA, TRANSMISSÃO E ABSORÇÃO DE UMA FOLHA DE CHOUPO (<i>POPULUS DELTOÍDES</i>) EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA DA RADIAÇÃO INCIDENTE. SEGUNDO GATES, CITADO POR LARCHER (1986), P. 51.....	32
FIGURA 4.1 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA CIDADE DE MACEIÓ NO ESTADO DE ALAGOAS E NO BRASIL....	37
FIGURA 4.2 – FORMAS DE RELEVO E HIDROGRAFIA DO SÍTIO URBANO DE MACEIÓ.....	38
FIGURA 4.3 – VISTA PANORÂMICA DA PLANÍCIE LITORÂNEA COM O NÍVEL DO TABULEIRO AO FUNDO.....	39
FIGURA 4.4 – LOTEAMENTOS APROVADOS E REGISTRADOS NA CIDADE DE MACEIÓ ATÉ 2004.....	46
FIGURA 4.5 – OCUPAÇÃO DE ENCOSTAS NO VALE REGINALDO, 2005.	47
FIGURA 4.6 – PRAÇA SINIMBÚ, NO CENTRO, 2005.	48
FIGURA 4.7 – ÁREA VERDE DO CONJUNTO PRATAGY, 2005.	49
FIGURA 4.8 – CONCEPÇÃO DE ÁREA VERDE NO CONJUNTO VATICANO, NO BAIRRO DE MANGABEIRAS.	50
FIGURA 4.9 –LOTEAMENTO STELLA MARIS E A CONCEPÇÃO DE SUA ÁREA VERDE.	51
FIGURA 4.10 – CANTEIRO CENTRAL ARBORIZADO DA AVENIDA DR. SANDOVAL ARROXELAS, NO BAIRRO PONTA VERDE.	52
FIGURA 4.11 – ORLA DA PRAIA DE PONTA VERDE.	53
FIGURA 4.12 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO NORDESTE BRASILEIRO.....	56
FIGURA 4.13 – DOMÍNIO SAZONAL DAS MASSAS DE AR NA AMÉRICA DO SUL.	60
FIGURA 5.1 – LOCALIZAÇÃO DO BAIRRO DA JATIÚCA NA CIDADE DE MACEIÓ E PARCELAMENTO DO BAIRRO.	70
FIGURA 5.2 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO AO LONGO DO TRANSCECTO DELIMITADO... ..	71
FIGURA 5.3 – PERFIL ESQUEMÁTICO DO TRANSCECTO DELIMITADO COM OS NOVE PONTOS DE MONITORAMENTO [SEM ESCALA].	71
FIGURA 5.4 – RUA SOLDADO EDUARDO DOS SANTOS.	72
FIGURA 5.5 – AVENIDA DR. JÚLIO MARQUES LUZ.	73
FIGURA 5.6 – CONJUNTO CASTELO BRANCO.	73
FIGURA 5.7 – AVENIDA DR. ANTÔNIO GOMES DE BARROS.....	74

FIGURA 5.8 – TRAVESSA SANTO AMARO.....	75
FIGURA 5.9 – ÁREA VERDE DO CONJUNTO PRATAGY.	76
FIGURA 5.10 – RUA WALFRIDO ROCHA.....	76
FIGURA 5.11 – ÁREA VERDE DO LOTEAMENTO STELLA MARIS.	77
FIGURA 5.12 – RUA JOSÉ CARNEIRO DA CUNHA SARMENTO.....	78
FIGURA 5.13 – HIGROTERMOMETRO DA MARCA LUTRON E TERMOPAR TIPO K, UTILIZADOS NA INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL NOS PONTOS DE MONITORAMENTO.	79
FIGURA 5.14 – REGISTRO DE DADOS HIGROTÉRMICOS COM O USO DO HIGROTERMÔMETO.	79
FIGURA 5.15 – SENSOR HOBO, MODELO H8, UTILIZADO NA INVESTIGAÇÃO.....	80
FIGURA 5.16 – ÁREA ABERTA DA IGREJA ONDE FOI INSTALADO O DATALLOGGER HOBO, PARA REGISTRO DE REFERÊNCIA.....	80
FIGURA 5.17 –IMAGENS DA AMÉRICA DO SUL CAPTADAS PELO SATÉLITE GOES, NOS DIAS (I) 24/06/05, 18H00 UTC; (II) 25/06/05, 06H00 UTC; (III) 25/06/05, 18H00 UTC; E (IV) 26/06/05, 06H00 UTC.	83
FIGURA 5.18 –IMAGENS DA AMÉRICA DO SUL CAPTADAS PELO SATÉLITE GOES, NOS DIAS (I) 01/07/05, 06H00 UTC; E (II) 18H00 UTC; E NO DIA (III) 02/07/05, 06H00 UTC; E (IV) 18H00 UTC.....	84
FIGURA 5.19 –IMAGENS DA AMÉRICA DO SUL CAPTADAS PELO SATÉLITE GOES, NO DIA 28/06/05, (I) 06H00 UTC; (II) 12H00 UTC, E (III) 18H00 UTC; E (IV) NO DIA 29/06/05, 00H00 UTC.	87
FIGURA 5.20 –IMAGENS DA AMÉRICA DO SUL CAPTADAS PELO SATÉLITE GOES, NO DIA 29/06/05, (I) 06H00 UTC; (II) 12H00 UTC, E (III) 18H00 UTC; E (IV) NO DIA 30/06/05, 00H00 UTC.	89
FIGURA 5.21 –IMAGENS DA AMÉRICA DO SUL CAPTADAS PELO SATÉLITE GOES, NO DIA 30/06/05, (I) 06H00 UTC; (II) 12H00 UTC, E (III) 18H00 UTC; E (IV) NO DIA 01/07/05, 00H00 UTC.	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 – Valores mensais de temperatura média máxima, média mínima e média, de acordo com os dados das Normais Climatológicas de Maceió.....	54
Gráfico 4.2 – Valores mensais de temperatura média máxima e umidade de relativa do ar, de acordo com os dados das Normais Climatológicas de Maceió.....	54
Gráfico 4.3 – Valores mensais de precipitação total e insolação total, de acordo com os dados das Normais Climatológicas de Maceió.	55
Gráfico 5.1 – Valores de temperatura do ar e umidade relativa do período entre 20/06/05 e 02/07/05.....	82
Gráfico 5.2 – Recorte dos dados de temperatura e umidade do ar no período de tropicalização da massa, entre os dias 28 a 30/06/05.	85
Gráfico 5.3 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e de umidade relativa, a cada hora, no dia 28/06/05, na área de estudo.	86
Gráfico 5.4 – Precipitação, a cada hora, no dia 28/06/05, na área de estudo.....	86
Gráfico 5.5 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e de umidade relativa, a cada hora, no dia 29/06/05, na área de estudo.	88
Gráfico 5.6 – Precipitação, a cada hora, no dia 29/06/05, na área de estudo.....	88
Gráfico 5.7 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e de umidade relativa, a cada hora, no dia 30/06/05, na área de estudo.	90
Gráfico 5.8 – Precipitação, a cada hora, no dia 30/06/05, na área de estudo.....	90
Gráfico 6.1 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa, tomados como referência, a cada meia hora, no dia 28/06/05, no bairro da Jatiúca.....	93
Gráfico 6.2 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 28/06/05, às 9h00.	94
Gráfico 6.3 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 28/06/05, às 15h00.	95
Gráfico 6.4 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 28/06/05, às 21h00.	96
Gráfico 6.5 – Comportamento dos valores de temperatura do ar nos pontos de monitoramento, no dia 28/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.	96
Gráfico 6.6 – Comportamento dos valores de umidade relativa do ar (%) nos pontos de monitoramento, no dia 28/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.	97
Gráfico 6.7 – Comportamento dos valores de umidade absoluta do ar (g/m^3) nos pontos de monitoramento, no dia 28/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.	97
Gráfico 6.8 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa, tomados como referência, a cada meia hora, no dia 29/06/05, no bairro da Jatiúca.....	98
Gráfico 6.9 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 29/06/05, às 9h00.	99

Gráfico 6.10 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 29/06/05, às 15h00.....	100
Gráfico 6.11 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 29/06/05, às 21h00.....	100
Gráfico 6.12 – Comportamento dos valores de temperatura do ar nos pontos de monitoramento, no ponto de referência urbana e no aeroporto, no dia 29/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.....	101
Gráfico 6.13 – Comportamento dos valores de umidade relativa do ar (%) nos pontos de monitoramento, no dia 29/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.	102
Gráfico 6.14 – Comportamento dos valores de umidade absoluta do ar (g/m^3) nos pontos de monitoramento, no dia 29/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.	102
Gráfico 6.15 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa, tomados como referência, a cada meia hora, no dia 28/06/05, no bairro da Jatiúca.....	103
Gráfico 6.16 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 30/06/05, às 9h00.....	104
Gráfico 6.17 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 30/06/05, às 15h00.....	105
Gráfico 6.18 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 30/06/05, às 21h00.....	105
Gráfico 6.19 – Comportamento dos valores de temperatura do ar nos pontos de monitoramento, no dia 30/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.	106
Gráfico 6.20 – Comportamento dos valores de umidade relativa do ar (%) nos pontos de monitoramento, no dia 30/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.	107
Gráfico 6.21 – Comportamento dos valores de umidade absoluta do ar (g/m^3) nos pontos de monitoramento, no dia 30/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 0.1 – Evolução da População Brasileira de 1940 a 2000.....	1
Tabela 1.1 – Mudança Média dos Elementos Climáticos Causados pela Urbanização	11
Tabela 3.1 – Quantidade de poeira retida por espécies arbóreas.....	30
Tabela 4.1 – Quantitativo de loteamentos aprovados na cidade de Maceió.....	45
Tabela 4.2 – Normais Climatológicas de Maceió – período 1961-1990.....	55
Tabela 5.1 – Comparativo entre os valores experimentais e estatísticos do mês de junho, em relação ao clima da cidade de Maceió.	92
Tabela 6.1 – Valores higrotérmicos registrados nos pontos de monitoramento nos horários 9h00, 15h00 e 21h00, dia 28/06/05.....	94
Tabela 6.2 – Valores higrotérmicos registrados nos pontos de monitoramento nos horários 9h00, 15h00 e 21h00, dia 29/06/05.....	98
Tabela 6.3 – Valores higrotérmicos registrados nos pontos de monitoramento nos horários 9h00, 15h00 e 21h00, dia 30/06/05.....	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPTEC	–	Centro de Pesquisa Tecnológica
ENOS	–	El Niño – Oscilação Sul
FPA	–	Frente Polar Atlântica
FPP	–	Frente Polar Pacífica
IBGE	–	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	–	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
mA	–	Massa Antártica
mEa	–	Massa Equatorial Atlântica
mEc	–	Massa Equatorial Continental
mEn	–	Massa Equatorial Norte
mEp	–	Massa Equatorial Pacífica
mPa	–	Massa Polar Atlântica
mPp	–	Massa Polar Pacífica
mTa	–	Massa Equatorial Atlântica
mTc	–	Massa Tropical Continental
mTp	–	Massa Tropical Pacífica
NEB	–	Nordeste brasileiro
OMM	–	Organização Mundial de Meteorologia
ONU	–	Organização das Nações Unidas
ZCAS	–	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	–	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE GRÁFICOS.....	viii
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xi
INTRODUÇÃO.....	1

PARTE 1 – REFERENCIAL CONCEITUAL-TEÓRICO

1. O AMBIENTE URBANO	7
1.1. A CIDADE COMO ECOSSISTEMA.....	7
1.2. DICOTOMIA CIDADE X NATUREZA.....	8
1.3. O CLIMA URBANO	9
2. CLIMA E SUAS REPERCUSSÕES NO AMBIENTE CONSTRUÍDO	12
2.1. O ESTUDO DO CLIMA.....	12
2.2. A DICOTOMIA DA ABORDAGEM CLÁSSICA E DINÂMICA DO CLIMA.....	13
2.3. A CLIMATOLOGIA URBANA	14
3. AS ÁREAS VERDES NO AMBIENTE URBANO	17
3.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DAS ÁREAS VERDES URBANAS	18
3.2. CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DAS ÁREAS VERDES NAS CIDADES BRASILEIRAS	26
3.3. OS BENEFÍCIOS DAS ÁREAS VERDES PARA O AMBIENTE URBANO.....	28
4. MACEIÓ – ECOSSISTEMA DE ESTUDO	37
4.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-GEOGRÁFICA.....	37
4.2. O PROCESSO DE EXPANSÃO URBANA	39
4.3. O CENÁRIO ATUAL DA CIDADE	44
4.4. AS ÁREAS VERDES DE MACEIÓ	47
4.5. O PERFIL CLIMÁTICO DE MACEIÓ	53

4.5.1.	A DINÂMICA ATMOSFÉRICA DO NORDESTE BRASILEIRO	56
4.5.2.	A COSTA LESTE DO NEB	59

PARTE 2 – A INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL

5.	MATERIAIS E MÉTODOS	68
5.1.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	68
5.2.	ESCOLHA DAS UNIDADES AMOSTRAIS URBANAS.....	69
5.3.	AS UNIDADES AMOSTRAIS URBANAS	72
5.4.	MONITORAMENTO DAS UNIDADES AMOSTRAIS URBANAS	78
5.5.	PERÍODO DE ANÁLISE.....	81
6.	RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO	93
7.	CONCLUSÃO	108
	RECOMENDAÇÕES	111
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização tem se intensificado desde o final da Revolução Industrial. Em meados do século XIX a população mundial superou o primeiro bilhão de pessoas. Entretanto, menos de 2% habitavam áreas urbanas. Em 1940, aproximadamente cem anos depois, a população mundial já era de 2,3 bilhões de habitantes, dentre os quais 20% residentes em áreas urbanas. Na Europa e os Estados Unidos este percentual já ultrapassava os 50%.

Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas – ONU, no ano 2000 seis bilhões de pessoas habitavam o planeta, dentre as quais aproximadamente 50% do total com residência em áreas urbanas. Nos países considerados desenvolvidos, esse percentual subiu para 75%. Essas estimativas evidenciam que caminhamos em direção a um mundo cada vez mais urbano, no qual deve ser reconhecida a importância de estudos sobre as cidades e os impactos provenientes da expansão urbana nas modificações dos ecossistemas existentes e alterações nos padrões de percepção do habitante urbano.

Constata-se, diante dos fatos, que o panorama brasileiro segue a tendência mundial. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 1970, aproximadamente 56% da população brasileira residia em área urbana; em 1991 esse percentual aumentou para aproximadamente 76%. Informações coletadas no censo de 2000, revelaram que, no Brasil, o processo da explosão demográfica urbana ainda não estagnou. Segundo esse último censo, aproximadamente 79% da população brasileira residiam em áreas urbanas¹, conforme mostra a Tabela 0.1.

Tabela 0.1 – Evolução da População Brasileira de 1940 a 2000.

ANO	TOTAL	URBANA		RURAL	
		população	%	população	%
1940	41.236.315	12.880.182	31,2%	28.356.133	68,8%
1950	51.944.397	18.782.891	36,2%	33.161.506	63,8%
1960	70.070.457	31.303.034	44,7%	38.767.423	55,3%
1970	93.139.037	52.084.984	55,9%	41.054.053	44,1%
1980	119.002.706	80.436.409	67,6%	38.566.297	32,4%
1991	146.825.475	110.990.990	75,6%	35.834.485	24,4%
2000	157.070.163	123.076.831	78,4%	33.993.332	21,6%

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2005.

¹ Dados disponíveis em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censohistorico/1940_1996.shtm

A ocorrência do crescimento demográfico em áreas urbanas, no Brasil, é agravada pela falta de planejamento nos centros urbanos, os quais encontram-se comprometidos, sobretudo com os aspectos afeitos à qualidade de vida do cidadão².

Diante desse cenário, não podemos mais pensar em questões puramente urbanas. As questões ambientais tornaram-se vitais para o desenvolvimento consciente de nossas cidades, o qual se convencionou denominar “desenvolvimento sustentado” do ambiente urbano. Trata-se, agora, de discutir questões urbano-ambientais, dentre as quais o clima exerce papel preponderante.

O modelo de desenvolvimento econômico, atualmente adotado em nosso país, permite características predatórias no meio ambiente, sobretudo no que se refere ao ambiente urbano, onde o “progresso”, a qualquer custo, é tido, erroneamente, como de fundamental importância. Aspectos como salubridade, desempenho energético e conforto humano, transformaram-se em questões de segundo plano, visto que os interesses vigentes giram em torno de questões mais imediatistas. Nesse cenário, os cidadãos além de não participarem do processo, padecem de seus efeitos.

Adequar o ambiente construído ao clima de um determinado local significa criar espaços que possibilitem ao homem melhores condições de conforto. A compreensão de clima e de como este interage com o meio é de fundamental importância para o trabalho dos planejadores urbanos. Isto se deve à necessidade de se definir princípios apropriados à boa gestão do espaço construído, com vistas à produção de ambientes adequados ao conforto, sobretudo no que diz respeito às sensações térmicas.

A cidade de Maceió atravessa intenso crescimento urbano caracterizado, sobretudo, pela expansão horizontal e adensamento vertical, que ocorrem de forma desordenada e evidencia total falta de respeito às condições naturais do meio, com prejuízos ao ambiente urbano e comprometimento da qualidade de vida de seus habitantes.

A não existência de eficiente planejamento urbano e de mais rígidas políticas públicas de fiscalização evidencia a degradação dos ambientes que compõem o mosaico da cidade. O resultado dessa prática é – dentre outros fatores – o *déficit* acentuado na qualidade dos

² Os aspectos afeitos à qualidade de vida urbana, aqui compreendidos, envolvem questões ambientais como saneamento, poluição dos corpos hídricos etc.; Entretanto, diversos outros fatores não se podem ignorados como aspectos sócio-econômicos [criminalidade, educação etc.] e culturais.

espaços verdes da cidade situados, em especial, nas áreas de encostas, nos vales e grotas, nos jardins residenciais, nas praças e parques urbanos e em canteiros centrais.

A constante degradação dos espaços verdes na cidade vincula-se, ainda, a outros fatores de ordem sociais e econômicas, que contribuem para a consolidação do quadro atual. A pressão do mercado imobiliário tem sido fator crucial nesse processo de degradação da qualidade ambiental. Esse segmento de produção construtiva e de comércio propõe aumento na taxa de impermeabilização do solo e redução da largura das calçadas – o que constitui empecilho à existência da vegetação urbana – e sobretudo, à redução no percentual de áreas verdes dos novos loteamentos.

Outro fator que, de forma significativa, tem contribuído para redução do índice de vegetação na malha urbana refere-se aos assentamentos ilegais em áreas de encostas e nos fundos de grotas, com indiscriminada devastação da vegetação nativa, mesmo que essas áreas sejam protegidas pelo Código Florestal Brasileiro – artigo 2 da Lei 4771, de 15/09/65; com as alterações do artigo 2 da Lei 7511 de 07/07/86 e Lei 7803 de 18/07/89 – com conseqüente degradação do meio ambiente urbano.

Esses fatos mostram ser imprescindível maior conscientização dos projetistas e planejadores urbanos quanto à necessidade de reverter a atual tendência dos espaços verdes – existência e qualidade –, a partir da compreensão do papel das áreas vegetadas e sua interface na busca de melhor qualidade de vida urbana.

Diante desse cenário, o presente trabalho propõe acrescentar novos subsídios ao desenvolvimento de estratégias para o planejamento de cidades de clima quente e úmido, de modo que o “pensar a cidade” incorpore o enfoque do comportamento climático em ambientes urbanos e possibilite a obtenção de condições mais favoráveis ao comportamento térmico dos diversos recintos urbanos, com geração de ambientes propícios ao bem-estar de seus habitantes.

Dessa forma, a investigação parte do pressuposto teórico de que as áreas verdes urbanas atuam como elemento mitigador do rigor térmico gerado no ambiente urbano pelas alterações das características naturais do solo e incremento de massa edificada. A partir desse conceito, as áreas vegetadas apresentam valores de temperatura do ar menores que nos ambientes circunvizinhos desprovidos de vegetação.

Nesse sentido, a pesquisa precipuamente objetivou analisar o papel da vegetação e suas relações com as variáveis climáticas no tecido urbano [temperatura e umidade do ar], em cidade de clima quente e úmido. A análise foi feita, em caráter experimental, na cidade de Maceió-Al – ecossistema deste estudo – em escala de abordagem espacial meso e microclimática, por meio de estudo de caso.

BARBOSA (2002) constatou, de modo qualitativo, a influência de áreas verdes sobre condições térmicas em diferentes recintos urbanos na cidade de Maceió. A pesquisa verificou, por meio de investigação experimental durante o período de verão, diferença média de temperatura do ar na ordem de 2,5°C entre um ambiente arborizado e um ambiente circunvizinho desprovido de vegetação. Assim, a presente investigação propôs dar continuidade aos estudos realizados em 2002, com análise do papel da vegetação no comportamento térmico de ambientes urbanos durante o período de inverno.

Dessa forma, propõe-se melhor compreender a importância da presença de áreas verdes em loteamentos e selecionar subsídios para a gestão dos espaços destinados à vegetação existentes na cidade, como praças, parques urbanos e canteiros centrais arborizados, além de outros espaços verdes de proporções maiores dentro dos limites urbanos, como áreas de encostas, vales e grotas que, nos últimos anos, enfrentam acelerado processo de degradação.

Por esse motivo, optou-se por abordar o estudo do comportamento climático em cidades de clima quente e úmido, sob o pouco aplicado enfoque da Climatologia Geográfica, no estudo e na análise de repercussões do clima no ambiente construído. A proposta foi analisar o comportamento do clima urbano e suas repercussões no desempenho térmico dos diversos recintos, por meio da identificação das massas de ar e dos fenômenos atmosféricos que atuam sobre a cidade, para compreender o processo de circulação atmosférica regional que determina o **ritmo climático** da cidade de Maceió, definindo e compreendendo a **gênese do clima** do local.

Para tanto, o trabalho foi estruturado em duas partes. A primeira aborda referências conceitual-teóricas referentes à temática em questão. A segunda se refere à investigação experimental, pautada no estudo de caso.

A primeira parte está subdividida em quatro capítulos. O primeiro capítulo notifica o Estado da Arte no que concerne à abordagem da vegetação enquanto elemento mitigador do

rigor térmico e do fenômeno de ilha de calor na ambiente urbano. O segundo capítulo busca compreender o ambiente urbano, o conceito de cidade como ecossistema e dicotomia entre cidade e natureza e as modificações ambientais provenientes do processo de crescimento urbano.

O terceiro capítulo aborda questões afeitas ao clima e suas repercussões no ambiente urbano, conceitos e a dicotomia entre os paradigmas da abordagem clássica e dinâmica do comportamento climático. O quarto capítulo enfoca as áreas verdes urbanas: conceito, benefícios ambientais das áreas verdes para o ambiente urbano e evolução histórica das áreas verdes no processo de planificação das cidades.

A segunda parte compreende mais cinco capítulos seqüenciados. O quinto capítulo detalha a cidade de Maceió como ecossistema de estudo: caracterização físico-geográfica, processo de expansão urbana, áreas verdes existentes e perfil climático da cidade, sob o enfoque estatístico [Normais Climatológicas] e dinâmica atmosférica da região em estudo.

O sexto capítulo apresenta materiais e métodos adotados para realização da investigação experimental: procedimentos metodológicos e instrumentos utilizados, descrição das unidades amostrais urbanas e justificativa do período de análise.

O sétimo capítulo se refere à análise e discussão dos resultados obtidos por meio da investigação experimental. Por fim, o oitavo capítulo efetiva conclusões pautadas no confronto da hipótese inicial com resultados obtidos e o nono capítulo expõe algumas recomendações para desenvolvimento de pesquisas complementares.

PARTE 1 -
REFERENCIAL CONCEITUAL-TEÓRICO

1. O AMBIENTE URBANO

A cidade é a mais emblemática revelação social do espaço produzido, resultado de uma complexa e transformada realidade cultural e de valores de nosso mundo contemporâneo.

– HACK, 2002, p.90.

1.1. A CIDADE COMO ECOSISTEMA

O meio ambiente se constitui de inúmeros ecossistemas formado por componentes bióticos [organismos providos de vida] e abióticos. Nessa relação, Odum (1988) define ecossistema como “unidade funcional básica na ecologia”, na qual os fatores bióticos e abióticos, que a compõe um determinado meio físico, estabelecem inter-relações de modo influenciar mutuamente suas propriedades, garantindo sua manutenção no planeta.

O homem, enquanto agente ativo do meio que o circunda, modificou o ecossistema natural e criou seu próprio habitat: a cidade. Esse ambiente, embora construído, constitui um ecossistema próprio, produto das ações sociais e econômicas do indivíduo que revela, ainda, os aspectos políticos e culturais, os quais os modelos biológicos não conseguem explicar. Assim, pode-se entender o ambiente urbano como um ecossistema peculiar adaptado às necessidades da espécie humana. O funcionamento do mesmo implica na configuração de um metabolismo próprio, responsável pela maioria das modificações ambientais da cidade.

Fator agravante é que essas modificações ambientais são induzidas de forma rápida e intensa que se traduz na dinâmica urbana e tem por resultado alterações adversas ao meio urbano e à própria sociedade, comprometendo a qualidade de vida e, conseqüentemente, o desenvolvimento sustentado desse ecossistema.

Por muito tempo, o planejamento de cidades ignorou as conseqüências de modificações ambientais que o processo de expansão urbana ocasiona. Considerava-se apenas os aspectos sociais, culturais e econômicos para fins de planejamento. Essa concepção colocou em risco a sustentabilidade do ambiente urbano e impulsionou um novo pensar sobre a cidade.

A busca por melhores condições que propiciem qualidade de vida aos cidadãos é o grande desafio. A temática do desenvolvimento sustentado tem sido alvo de várias discussões e procura estabelecer o equilíbrio do ecossistema urbano, de modo que os impactos da expansão urbana, uma vez inevitáveis, sejam reduzidos a níveis aceitáveis.

Entretanto, compete ao homem, sobretudo aos planejadores e gestores urbanos, adequar a expansão urbana às características do meio físico de modo que os efeitos adversos sejam minimizados. É fato que o planejamento urbano considerando os aspectos ambientais pode minorar os impactos ao meio. Para tanto, os gestores urbanos dispõem de vários instrumentos como Planos Diretores Municipais, Código de Obras, dentre outros instrumentos legais que controlam e disciplinam o parcelamento, o uso e a ocupação do solo urbano.

1.2. DICOTOMIA CIDADE X NATUREZA

A sociedade consolidou, ao longo do tempo, uma visão excludente do ecossistema urbano em relação à natureza. De acordo com essa visão, a dialética cidade x natureza é ainda mais acentuada. Sobre esta temática, Pellegrino (2000) faz um apontamento desse espectro comum onde a cidade aparece como inimiga da natureza:

“De acordo com a visão comum, a natureza começa onde a cidade acaba, como se houvesse um limite intransponível entre a paisagem cultural e a natural (...), ou seja, entre o ambiente construído e a paisagem intocada (...). Assim, nesse contexto, a ‘natureza’ é parte de um mundo separado espacial e funcionalmente.” p.162

Este discurso traduz a prática de planejamento de diversas cidades brasileiras, nas quais a dimensão ambiental é desconsiderada no processo de produção da urbe, ignorando-se os condicionantes ambientais na construção de nossas cidades. Reconhece, nesse contexto, a predominância de uma visão reducionista do fato ambiental, onde o ambiente natural é confinado em “ilhas” de proteção e conservação alocadas na periferia dos centros urbanos, distante de um enfoque sustentável. Como antídoto para essa visão reducionista, Pellegrino (2000) propõe que

“O planejador deve encontrar uma forma de permitir que a paisagem venha a participar para o auto-reconhecimento de seus usuários, e destes, para com o meio ambiente com o qual interagem, incorporando diretrizes ambientalmente desejáveis para a melhoria da habitabilidade da cidade, sua sustentabilidade e da significação de sua imagem.” p.162

Ou seja, o planejamento da cidade deve permitir a inserção do ambiente natural na cidade por meio da criação de áreas verdes dentro da estrutura urbana, centradas em estratégias que as torne útil e atraente para a população, favorecendo, dessa forma, sua apropriação pela sociedade. Apenas desse modo, as áreas verdes poderão desempenhar sua função ecológica.

Os gestores públicos dispõem de instrumentos que podem tornar-se eficazes contra a degradação do ambiente urbano, dentre os quais a política de uso e ocupação do solo, centrada na previsão e avaliação dos impactos, pode reduzir a fragmentação e a degradação ambiental causada pelo processo de expansão urbana.

O grau de desequilíbrio ambiental já consolidado nas cidades brasileiras, sobretudo nas grandes metrópoles, evidencia a necessidade de pensar um novo modelo de desenvolvimento urbano, o qual seja compatibilizado com a capacidade dos ecossistemas naturais – em processo de remodelação de sua paisagem – absorverem os impactos provenientes da urbanização. Visa, dessa forma, manter, da melhor forma possível, a integridade dos processos e ciclos que ocorrem em seu interior, tendo como referência o contexto regional do qual fazem parte.

Nesse sentido, ressalta-se a modificação das condições iniciais do clima decorrente do processo de urbanização e suas conseqüências sobre o bem-estar e a habitabilidade – aspectos da qualidade de vida urbana.

1.3. O CLIMA URBANO

O clima característico deste ecossistema artificial é definido por uma série de alterações climáticas produzidas pelo processo de urbanização. As principais modificações se resumem na substituição da cobertura natural por diversos tipos de pavimentações, bem como a inserção de um sistema de drenagem artificial que permite escoamento rápido das águas pluviais e provoca redução da evaporação e, conseqüentemente, da umidade das superfícies e do ar.

Outro importante fator se refere aos materiais de construção utilizados no meio urbano. Estes possuem propriedades físicas distintas do solo natural, apresentando menor valor de albedo, maior capacidade calorífica e valor mais elevado de condutividade térmica.

Tais características resultam na modificação do balanço da radiação influenciando, sobretudo, a temperatura do ar.

Pode-se ainda destacar o calor gerado pelas diversas atividades humanas na cidade. Isto constitui fator significativo na modificação do balanço de energia. O calor antropogênico, somado aos efeitos já descritos, provoca aumento nos valores de temperatura do ar em relação aos ambientes vizinhos, concorrendo para o surgimento de características climáticas peculiares ao ecossistema urbano.

A mudança nas condições iniciais do clima pelas cidades é decorrente da interferência provocada pela estrutura urbana nas trocas de energia entre a superfície e a atmosfera (ARAÚJO & SANT'ANNA NETO, 2002). Não se deve, com isso, considerar o processo de expansão das áreas urbanas como fator adverso do desenvolvimento sustentado das cidades, mas efetivar a necessidade do crescimento planejado das áreas de expansão urbana, o qual tenha por base as questões urbano-ambientais. Dessa forma, procura-se mitigar o crescimento desordenado e a conseqüente degradação ambiental – produto dessa ação –, comprometendo a qualidade de vida dos habitantes urbanos.

O fenômeno de ilha de calor é o exemplo mais marcante da modificação das condições iniciais do clima pelo processo de urbanização, caracterizado pela modificação do solo e pelo calor antropogênico, o qual inclui todas as atividades humanas inerentes à sua vida na cidade.

Nesse sentido, Landsberg (1981) apresenta as principais modificações provocadas pelo processo de urbanização sobre os diversos elementos e aspectos climáticos em comparação com os valores correspondentes a um ambiente rural [Tabela 1.1].

Tabela 1.1 – Mudança Média dos Elementos Climáticos Causados pela Urbanização

Elemento	Comparação com o entorno rural
Radiação	
Global	15 a 20% menos
Ultravioleta, inverno	30% menos
Ultravioleta, verão	5% menos
Duração do brilho do Sol	5 a 15% menos
Temperatura	
Média anual	0,5 a 1°C mais
Mínimo no inverno (média)	1 a 2°C mais
Dias de maior calor	10% menos
Contaminantes	
Partículas e núcleos de condensação	10 vezes mais
Misturas gasosas	5 a 25 vezes mais
Velocidade do vento	
Média anual	20 a 30% menos
Rajadas de vento máximo	10 a 20% menos
Calmarias	5 a 20% mais
Precipitação	
Totais	5 a 10% mais
Dias com menos de 5mm	10% mais
Quedas de neve	5% menos
Atmosfera	
Cobertura (do Sol)	5 a 10% mais
Nevoeiro, inverno	100% mais
Nevoeiro, verão	30% mais
Umidade relativa	
Inverno	2% menos
verão	8% menos

Fonte: Adaptado de Landsberg, 1981.

2. CLIMA E SUAS REPERCUSSÕES NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

2.1. O ESTUDO DO CLIMA

O interesse do homem pelo estudo do clima e do tempo atmosférico é tão antigo quanto sua curiosidade a respeito de seu meio ambiente. Esse interesse tem origem no modo pelo qual o clima influencia sua forma de abrigo, sua vestimenta, sua alimentação etc. Entretanto, as primeiras compreensões sobre os fenômenos climáticos só surgiram após o quinto século antes de Cristo, cuja precária instrumentação se constituía de primitivos cata-ventos e medidas de chuva (AYOADE, 1998).

Os conhecimentos adquiridos até então foram vigentes até que os gregos começaram a realizar observações meteorológicas, culminando no primeiro estudo sobre o clima conhecido: *Ares, Águas e Lugares*, escrito por Hipócrates, por volta de 400 a.C., seguido de *Meteorológica*, estudo de Aristóteles, escrito por volta de cinquenta anos depois. Contudo, o desenvolvimento expressivo da climatologia só aconteceu no Renascimento, com a invenção do termômetro por Galileu Galilei, em 1593; e com o princípio do barômetro de mercúrio, criado por Torricelli [um dos discípulos de Galileu], em 1643.

A invenção do telégrafo, em 1832, proporcionou outro marco na história da climatologia, visto que permitiu a reunião de dados de tempo de um grande número de observação, minutos após seu registro. Desde então, maiores desenvolvimentos técnicos na instrumentação das observações do tempo e na transmissão e análise de dados meteorológicos permitiram o constante desenvolvimento da ciência climatológica. Os precários instrumentos utilizados no quinto século antes de Cristo foram substituídos por instrumentos com aperfeiçoamento expressivo no tipo e na precisão. A forma de abordagem também tem mudado, principalmente nos últimos trinta anos.

De acordo com Atkinson (1972), a mudança de abordagem da climatologia foi propiciada pela identificação de quatro deficiências elementares: [1] a climatologia tradicional

é essencialmente descritiva e não explicativa; [2] a utilização das médias de registros de 30 anos como parâmetro de análise sugere a idéia de uma atmosfera estática, negligenciando o caráter essencialmente dinâmico dos fenômenos atmosféricos; [3] negligencia as interações climáticas; e [4] o modelo de classificação climática por linhas demarcatórias propicia a idéia errônea de mudanças abruptas do clima, enquanto estas alterações são graduais.

O surgimento da moderna climatologia foi impulsionado, ainda, por dois outros fatores: a climatologia clássica é de pouca utilidade prática para o homem e a melhoria na coleta e análise dos dados. Nesse contexto, Maximilien Sorre apresenta nova abordagem para pesquisa climatológica, apontando que a compreensão da dinâmica inerente aos fenômenos atmosféricos é de fundamental importância para o entendimento do clima e de sua influência sobre o homem.

2.2. A DICOTOMIA DA ABORDAGEM CLÁSSICA E DINÂMICA DO CLIMA

A Organização Mundial de Meteorologia – OMM conceitua clima como *"totality of meteorological elements that, in their usual succession and at a given period, characterise the state of the atmosphere"* (ALLARD, 1998). Essa concepção de clima dá suporte à compilação das Normais Climatológicas, na qual se baseiam as classificações climáticas vigentes.

Entretanto, esse conceito clássico de clima foi proposto pelo meteorologista Julius von Hann³. Morize (1922) transcreve em citação esse conceito, o qual considera que:

“Pela palavra *clima* queremos significar a summa dos phenomenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera em qualquer lugar da superficie terrestre. O que chamamos *tempo* é sómente uma phase na successão dos phenomenos, cujo cyclo completo, reproduzindo-se com maior ou menor regularidade em cada anno, constitue o clima de qualquer localidade”. p.1. [grifo nosso]

Esse conceito clássico compreende clima como estado médio da atmosfera sobre um lugar, fundamentado em parâmetros estatísticos, cujo paradigma é a média de longas séries de observações meteorológicas, a qual Monteiro (1976) caracteriza como *“uma abstração desprovida da realidade”*.

³ HANN, Julius von (1908). *Handbook of Climatology*. Tradução inglesa pelo professor Courcy Ward, London.

Nesse sentido, a climatologia clássica adota caráter essencialmente descritivo, o qual sugere a idéia de uma atmosfera estática, artificial, a qual omite o desenrolar dos fenômenos do tempo e pela qual se distancia do trato da realidade. Dessa forma, se reveste de caráter pouco prático e insuficiente para as pesquisas climatológicas.

Nesse cenário, Sorre⁴, em 1934, propõe a reformulação conceitual de clima para a pesquisa climatológica. O autor conceitua clima como “*a série dos estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual*”. Pautado no novo conceito, Pédélaborde propõe o paradigma do “método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo”, o qual representa avanço sobre a abordagem do estado médio da atmosfera. Entretanto, maior avanço foi dado por Monteiro (1969) ao estabelecer o ritmo⁵ como novo paradigma.

Monteiro (1976) compreende o conceito de ritmo como “*o encadeamento sucessivo e contínuo dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido do retorno aos mesmos estados*” e aplica o conceito sorreano e o novo paradigma na investigação climatológica.

Sorre, além de propor o paradigma do ritmo para abordagem do clima, salienta também que os elementos climáticos devem ser considerados em suas interações [com o homem]. Nesse sentido, Monteiro (1976) complementa que “*o homem, em grau crescente de escala taxonômica, não só cria as menores, como também modifica as pequenas, e altera as entidades espaciais médias do clima*”.

2.3. A CLIMATOLOGIA URBANA

A afirmação de que a cidade possui uma atmosfera peculiar e sensivelmente diferente da atmosfera de seus arredores já é fato aceito e reconhecido pelo homem desde a antiguidade. As primeiras referências sobre o tema são encontradas no início da organização urbana, nas sociedades grega e romana. Hipócrates em sua obra intitulada “*Do Ar, da Água e do Lugar*” já havia desenvolvido algumas considerações acerca dos efeitos do ambiente da urbe sobre a saúde dos cidadãos (GARCÍA, 1999).

⁴ SORRE, Maximilien. (1951). *Les Fondements de la Géographie Humaine*. Paris: Armand Colin.

⁵ Entende-se por ritmo o “*retorno mais ou menos regular dos mesmos estados [de tempo meteorológicos]*” (MONTEIRO, 1976).

Um dos primeiros efeitos provocados pelo processo de urbanização sobre a atmosfera advém das mudanças na composição do ar. O uso generalizado de combustível fóssil em algumas cidades importantes durante a Idade Média se converte na primeira causa de contaminação urbana. Londres, na era medieval, constitui o exemplo mais representativo neste sentido.

Neste contexto, começam a surgir as primeiras pesquisas sobre o tema. John Evelyn, naturalista inglês, escreve em 1661 sua obra "*Fumifugium*", onde expõe uma severa crítica contra o uso do carbono como combustível para a indústria em Londres e descreve numerosos efeitos adversos do HUMO para a saúde humana, das plantas e dos animais. Esta obra pode ser considerada o primeiro tratado sobre contaminação atmosférica urbana (GARCÍA, 1999).

A partir do século XVII, o estabelecimento de observações meteorológicas realizadas com equipamentos constitui um passo decisivo para o futuro nascimento da Climatologia Urbana. A construção de séries regulares e sistemáticas de observações meteorológicas em algumas cidades permitiram detectar as alterações produzidas pelo crescimento da cidade nas condições iniciais do clima. Entretanto, a origem da Climatologia Urbana reside no início do século XIX, com a publicação da obra de Luke Howard intitulada "*The Climate of London Deduced from Meteorological Observations Made in Metropolis and Various Places Around It*"⁶, em 1833.

A obra de Howard surge no início da era Industrial em Londres e aborda o clima da cidade por meio da análise de observações meteorológicas correspondente ao período de 1797 a 1831. A pesquisa evidencia as principais características e adverte sobre algumas alterações no clima, como o aquecimento de algumas áreas da cidade, denominado posteriormente por Manley⁷ de "ilha de calor urbano" [*urban heat island*].

A pesquisa de Howard é consolidada com o trabalho de Chandler, "*The Climate of London*"⁸, realizado em 1965. Neste mesmo período, Emilien Renou desenvolveu pesquisas similares⁹ tendo como objeto de análise o clima da cidade de Paris, onde também foi

⁶ HOWARD, Luke (1833). *The Climate of London deduced from Meteorological Observations Made in the Metropolis and Various Places Around It*. A. Arch., Cornhill, Longman and Co., London, 2ed.

⁷ MANDLEY, G. (1958). On the Frequency of Snowfall in Metropolitan England. *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society*, 84, pp. 70-72.

⁸ CHANDLER, T. J. (1965). *The Climate of London*. Hutchinson, London.

⁹ RENOU, Emilie (1862). Différences de temperature entre Paris et Choisy-le-Roi. *Annuaire Soc. Met. France*, pp.105.

RENOU, Emilie (1868). Différences de temperature entre la ville et la campagne. *Annuaire Soc. Met. France*. pp.83-97.

comprovado o mesmo efeito de aquecimento do ar urbano, com evidencia no contraste térmico registrado entre a temperatura do ar na cidade e nos campos em seus arredores.

Todavia, a origem da moderna Climatologia Urbana data do início do século passado, sucedida pelos estudos de Wilhelm Schmidt sobre o clima de Viena, publicados em 1927, quando inicia-se o uso de veículos automotores na obtenção de dados meteorológicos em diversos pontos na cidade e em seus arredores, por meio de transsectos, permitindo, desta forma, uma maior quantidade de observações e dados meteorológicos em diferentes pontos distribuídos pela cidade e na periferia. Esta metodologia possibilitou o estabelecimento de perfis térmicos detalhados e a delimitação de isolinhas térmicas que reflete a distribuição térmica espacial. Procedimentos bastante utilizados nos recentes estudos do clima urbano.

Após a Segunda Guerra Mundial há um aumento surpreendente na quantidade de pesquisas acerca da temática do clima urbano, especialmente nos Estados Unidos, Japão e Europa, devido à intensificação do processo de crescimento e expansão das áreas urbanas, bem como o crescimento da industrialização.

As primeiras conferências sobre a temática do clima urbano ocorreram no final da década de sessenta (BARBIRATO, 1998). Nas décadas seguintes, surgiram pesquisas de referências sobre a modificação das condições iniciais do clima em áreas urbanas, dentre os quais podemos citar os trabalhos de Landsberg (1981), que desenvolveu compêndios sobre o clima urbano; e Oke (1978), que elaborou a compreensão do clima na camada limite urbana [*Urban Boundary Layer* – UBL].

3. AS ÁREAS VERDES NO AMBIENTE URBANO

Notória dificuldade ao abordarmos a temática *áreas verdes* encontra-se na definição do termo, o qual é usado de forma ampla e sem critérios mais rigorosos de aplicação. A existência de termos análogos e igualmente abrangentes, como *áreas livres*, *espaços abertos*, *sistemas de lazer* etc. dificulta ainda mais a compreensão do espaço em questão. Nesse sentido, a abordagem sobre *áreas verdes* requer prévia definição de seu termo, de forma a delimitar a configuração do espaço urbano em discussão.

Assim, o termo *área verde* [ou *espaços verdes*], aqui compreendido, se refere aos espaços de caráter público que possui a vegetação como elemento estruturante. Esse conceito abrange praças, jardins públicos e parques urbanos, além de canteiros centrais de avenidas, trevos e rotatórias de vias públicas (LIMA et al., 1994).

Definição análoga é utilizada por Saillard *apud* LLardent (1982):

“Espacio público o privado que ofrece con toda seguridad a los usuarios óptimas condiciones, tanto en lo que se refiere a la práctica de los deportes o juegos como paseos, momentos de esparcimiento y reposo, y en el que el elemento fundamental de composición es la vegetación.” p. 57

Cabe esclarecer, entretanto, que os espaços privados aos quais o autor se refere trata-se de amplos jardins ou parques de domínio privado, ou seja, não pertencem ao poder público. Os jardins residenciais não se enquadram no conceito de *áreas verdes*, assim como árvores que acompanham o leito das vias públicas também não se enquadram nesse conceito, todavia, estas últimas, podem ser classificadas na categoria de *arborização urbana*.

Ainda no que se refere à terminologia, Gonçalves (1994) ressalta que o termo *área livre* [ou *espacio libre*] deve ser evitado, por se entender que “livre” expressa áreas fora do processo de urbanização. O termo *espacio abierto*, erroneamente traduzido do termo inglês *open space*, também deve ser evitado, visto sua imprecisão quanto a caracterização da área de modo que qualquer espaço, seja arborizado ou não, pode se configurar em *espacio abierto*.

3.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DAS ÁREAS VERDES URBANAS

As áreas verdes, enquanto elemento do espaço urbano, tem seu surgimento nas cidades do Barroco tardio, em meados do século XVII. É possível, no entanto, encontrar antecedentes do que na atualidade se concebe como espaços verdes nas cidades, nos períodos que precederam a concepção do Barroco.

A concepção do que se tornariam os espaços verdes na trama urbana tem seus primeiros registros nas cidades da Antiguidade Clássica: Grécia e Roma. Nessas cidades, os espaços destinados à presença de vegetação eram reduzidos aos jardins ornamentais que circundavam os palácios e monumentos. Entretanto, estes espaços ainda eram restritos ao domínio do particular.

Nas cidades medievais, o tecido urbano limitado por muros não permitia a existência de parques ou jardins de uso público, sendo exíguos os vestígios de vegetação na malha urbana, os quais eram restritos à hortas e jardins particulares ou em pequenas praças situadas nas proximidades das igrejas. Apenas no fim da Idade Média aparecem os primeiros sinais de evolução do que concebemos por áreas verdes urbanas, os quais se constituíam de pequenos bosques de visuais paisagísticos dentro da cidade.

As cidades renascentistas apresentaram retrocesso na concepção de áreas verdes urbanas. Inspiradas na cultura da Antiguidade Clássica, a urbanística renascentista era caracterizada pelo traçado extremante geométrico e os espaços livres na trama urbana eram concebidos ao redor dos monumentos e edifícios representativos, assim como nas cidades gregas e romanas.

De acordo com Dantas (2004), nesse período houve uma nova forma de percepção dos espaços livres de uso público, sobretudo no que se refere às praças. A autora afirma que *"a praça passa a ser entendida como um recinto ou lugar especial e não apenas um vazio na estrutura urbana"*. Entretanto, a concepção de praça, nesse momento, difere da estrutura de área verde, visto que assume função diferente na morfologia urbana.

Nesse momento do urbano, as praças eram entendidas como componente de enquadramento de prédios e esculturas, além de espaços destinados a festejos e representações populares. Por este motivo, as praças não eram arborizadas, como os jardins

ornamentais da Antiguidade Clássica que as inspiraram. São exemplos representativos dessa urbanística a praça São Pedro, em Roma (Itália), e a praça maior, em Valholid (Espanha).

Figura 3.1 – (i) Praça São Pedro, em Roma (Itália); (ii) Praça Maior, em Valholid, na Espanha.

Dantas (2004) afirma que:

“A atividade urbanística dos séculos XV e XVI consiste, em grande parte, em alterações no interior das velhas cidades que geralmente, modificam muito pouco a estrutura geral. [...] A abertura de algumas ruas novas, com edifícios solenes e uniformes, e sobretudo a criação de novas praças, regulares ou quase regulares, para enquadramento de um monumento destacado, uma estátua para honrar um rei ou um príncipe, ou para representações ou festejos públicos, são os empreendimentos urbanos mais apoiados, que o barroco irá continuar ainda em maior escala”. [grifo nosso]

▪ Século XVIII – Retomada do Ajardinamento na Cidade

O período final do Renascimento é caracterizado pelo desenvolvimento da arte do ajardinamento como exaltação da arquitetura verde. O maior exemplo desse período são os jardins do palácio de Versailles, projetado por Andre Le Nôtre [Figura 3.2].

Figura 3.2 – Jardins do Palácio de Versailles, projeto de André Lê Nôtre. (i) vista central; (ii) vista ao norte.

O gosto pelos jardins se estendeu pelo primeiro período da Idade Barroca, quando os espaços verdes adquiriram grande importância no conjunto da cidade. Entretanto, é somente no Barroco tardio que os parques e jardins são introduzidos no planejamento da cidade e os espaços verdes adquirem caráter de elemento estruturante de ordenação do arranjo urbano. Nesse momento, começa a se pensar em sistemas de espaços livres.

O plano urbanístico de Karlsruhe (Baden), na Alemanha, elaborado pelo arquiteto Betzendorf, em 1715, retrata este momento do planejamento de cidades, onde os espaços verdes começam a conquistar lugar no tecido urbano. A cidade de Karlsruhe se edifica às margens de um bosque e tem a base do seu tecido urbano nos jardins e parques que compõem a malha urbana.

É também no período do Barroco tardio que se generaliza a arborização no ambiente urbano. Llardent (1982) atribui o uso da arborização na cidade, nesse momento, à função primordial de criar ambientes suntuosos e cenográficos. Percebe-se, dessa forma, que o interesse pelos espaços livres de uso público experimenta um grande progresso a partir da segunda metade do século XVIII.

Barcellos (2000), entretanto, expõe outras razões para a retomada do ajardinamento e a arborização das praças européias a partir do século XVIII. O autor mostra que este arquétipo veio como meio de eliminar as barracas de vendedores de rua, bandos de acrobatas e outras formas de comércio e manifestações populares, trazidas pela atividade urbanística dos séculos XV e XVI (DANTAS, 2004), e que passaram a serem consideradas indesejáveis pela burguesia mercantilista da época.

Após a Revolução Industrial, ainda no século XVIII, as cidades começaram a sofrer os efeitos do crescimento acelerado. Diante dessa problemática, a prática de planejamento das cidades a partir do século XIX incorporou as áreas verdes como necessidade de ordem social, na busca de atender às necessidades higiênicas e de recreação.

▪ Início do Século XIX – Período Sanitarista

A preocupação com a higiene e com a saúde públicas ganhou força no início do século XIX e com ela surgiu o aparecimento crescente de praças, parques urbanos, passeios públicos etc. Nesse contexto, se efetuou o plano urbanístico do Barão de Haussman, em Paris, entre 1835 a 1868. O plano priorizou o alargamento das avenidas e a criação de bulevares,

remodelando a velha malha urbana, concebida sobre o paradigma medieval, com um significativo sistema de largas vias arborizadas.

Outra feição da urbanística do século XIX foi pautada no antagonismo *campo x cidade*. Assim, os parques e jardins públicos eram planejados de forma a ocupar grandes áreas, para atender à elevada concentração de cidadãos em contínuo crescimento. Nesse cenário se desenvolveu a concepção do “Park Movement”, surgindo com um novo paradigma de áreas verdes cuja finalidade era proporcionar a fuga da cidade, criando dentro do tecido urbano um ambiente campestre [ou que pudesse lembrar as paisagens do campo].

O arquiteto americano Frederick Law Olmsted foi pioneiro nessa urbanística, com o projeto do Central Park, em Nova Iorque, datado do final da década de 1850. O Plano de Olmsted inova ao propor a criação de dois sistemas independentes: o de pedestre e o de veículos [Figura 3.3].

Figura 3.3 – Central Park, em Nova Iorque. Paradigma urbanístico de Frederick Law Olmsted com a criação dos sistemas de pedestre e veículos independentes entre si.

Entretanto, Olmsted aperfeiçoa a idéia de um grande parque urbano no meio da cidade e propõe a idéia de criação de sistemas de parques que se estende através do sistema viário que determina o interior da cidade, adquirindo um significado de vínculo urbanístico. Esta concepção está presente no Brooklyn Park, também em Nova Iorque.

Dessa forma, a concepção do “Park Movement” é a grande contribuição do urbanismo do século XIX para as áreas verdes. A concepção de um sistema contínuo que constitui o elemento básico de ordenação da cidade produziram efetiva transformação de caráter social na morfologia urbana.

Barcellos (2000) notifica que no ideal dos *parques paisagísticos*,

“os parques são entendidos exclusivamente como espaços livres de grandes dimensões em que predominam os elementos naturais, em cujo interior as massas edificadas da cidade apenas são percebidas de modo atenuado, num difuso pano de fundo.” (p.51)

▪ Final do Século XIX – Explosão Demográfica e os Plano de “Cidade Ideal”

O urbanismo do século XIX é caracterizado pelo surgimento de teorias com vistas a solucionar a problemática da alta densidade populacional nos grandes centros urbanos. Nesse sentido, começam a surgir várias teorias sobre a cidade “ideal”, pautado no desenvolvimento harmônico e integrado com a natureza, dentre as quais duas se destacam: o paradigma da cidade linear e o da cidade-jardim.

A cidade linear foi concebida pelo engenheiro espanhol Arturo Soria y Mata, em 1882. A proposta Soria fundamenta-se nas idéias higienistas e naturalistas em discussão no momento. O modelo da cidade linear se estrutura em um eixo central no qual é disposto o centro cívico-comercial da cidade, intercalado por áreas livres para tráfego de pedestres, e onde se desenvolve o transporte coletivo e toda rede de infra-estrutura da cidade. Perpendicularmente ao eixo central, se desenvolvem as vias secundárias, destinadas à zona residencial. Após a zona residencial, se estabelecem novos eixos de bosques, paralelos ao eixo central, o qual tem a função de servir como transição entre a cidade e o campo.

Nesse ideário, as áreas residenciais eram concebidas por meio de edificações dispersas em meio à vegetação. Apesar do desenvolvimento linear da cidade ser concebido associado ao transporte, não devemos deixar de destacar o sistema de áreas verdes, definidos pelos bosques em direção paralela. O paradigma da cidade linear, entretanto, se limitou ao plano teórico. Sua única aplicação foi a cidade linear de Madrid. Entretanto, a cidade linear foi base de muitas teorias em épocas posteriores.

A cidade-jardim foi proposta pelo sociólogo inglês Ebenezer Howard, exposta em seu livro “*Garden Cities of Tomorrow*”, publicado em 1898. O ponto fundamental da proposta foi a descentralização urbana e a necessidade de conseguir uma simbiose entre campo e cidade. Dessa forma, as cidades-jardim se desenvolveram por meio de cidades satélites, de tamanho e crescimento de população limitadas e controladas e de funcionamento autônomo.

As cidades satélites são separadas da cidade central por zonas de proteção e isolamento, onde se desenvolvem atividades agrícolas. As cidades satélites se desenvolvem obedecendo esquema de planta radial-concêntrica, definidos por zonas distribuídas em formatos anelares. Na parte central é estabelecido o jardim central, seguidos pelo anel de edifícios públicos, parque central anelar, zona de comércio e serviços, anel residencial dividido por grande avenida e, por fim, anel industrial circundado por uma linha férrea periférica.

Entretanto, sob a abordagem das áreas verdes, o modelo de Howard apresenta a mesma falha do modelo de Soria: a falta de interconexão entre as áreas verdes. Dessa forma, apresenta um conjunto de áreas verdes apoiados nos bosques existentes, sem apresentar, portanto, um sistema integrado. Observou-se, contudo, que o paradigma da cidade-jardim teve forte repercussão no pensamento urbanístico das décadas seguintes.

▪ Século XX – Explosão Demográfica e os Plano de “Cidade Ideal”

Na primeira metade do século XX as práticas urbanistas seguiram duas linhas de pensamento: a evolução do paradigma da cidade-jardim e os conceitos racionalistas aplicados ao urbanismo.

Clarence Arthur Perry surge com o conceito de Unidade de Vizinhança, em 1929, em uma das monografias que integram o plano de Nova Iorque, intitulada “*The Neighborhood Unit*”. A estrutura da Unidade de Vizinhança se baseia em uma zona residencial cujas habitações devem estar dentro de limites convenientes de acesso a escola elementar¹⁰, ao tempo que seja reservado uma área referente à 10% da superfície total para zonas verdes destinadas à recreação. Este critério apresentou significativa contribuição para o desenvolvimento de áreas verdes em zonas residenciais.

Perry define, em sua proposta de Unidade de Vizinhança, que os espaços públicos devem compreender “*um sistema de pequenos parques e espaços de recreação, planejados para o encontro de para as necessidades particulares da unidade de vizinhança*”. Outra preocupação que delineia a formulação do arquiteto é a necessidade de reconstrução e preservação das relações de vizinhança nas cidades sob o impacto do desenvolvimento industrial.

¹⁰ Barcellos (2000) notifica que a preocupação de Clarence Perry com o planejamento escolar tem sua origem na experiência profissional do arquiteto com a implantação de escolas.

Concomitantemente às idéias de Perry, Clarence Stein e Henry Wright desenvolveram o plano urbano da cidade de Radburn, em Nova Jersey, datado de 1928. Radburn foi projetada em linhas gerais dentro dos pressupostos da cidade-jardim e se configura como mais um exemplo da evolução das idéias de Howard.

Além das idéias de Howard, os arquitetos americanos Stein e Wright recuperaram a idéia de Olmsted para o Central Park de Nova Iorque, quando cria o sistema de pedestre e o de veículos independentes entre si. Radburn inova ao apresentar esta concepção nas áreas residenciais, onde a parte posterior das habitações se abre para um sistema de áreas livres, destinada à recreação e ao tráfego de pedestre, ficando o tráfego veicular voltados para a parte frontal das habitações.

Figura 3.4 – Vista aérea de um trecho de Radburn em 1930.

Fonte: Newton *apud* Barcellos (2000)

Radburn foi marco do planejamento urbano do século XX, sobretudo na evolução dos sistemas de áreas verdes, cujas concepções foram usadas em planos de diversas cidades ou expansões urbanas, que ficaram conhecidas como as cidades “greenbelts”. As Greenbelts tem o planejamento estabelecido sobre duas bases: a presença da natureza em suas formas mais puras e a obrigatoriedade de atender às necessidades que demandam da vida das crianças, sobretudo espaços de recreação e ensino elementar.

O sistema de espaços livres se desenvolve por toda área residencial de forma contínua, se integrando com as residências. No sentido oposto, este sistema se estende até se integrarem aos parques públicos e a área educacional. Dessa forma, o espaço livre constitui a estrutura básica desse tipo de planejamento.

Até o final da Segunda Guerra as idéias ficaram restritas aos Estados Unidos. Entretanto, com os trabalhos de reconstrução do pós-guerra na Europa, as idéias ganharam grande divulgação, sobretudo na Grã-Bretanha, pela afinidade com as idéias de cidade-jardim.

Em 1934, Frank Lloyd Wright apresenta sua proposta urbanística denominada Broadacre City. A proposta se baseia no critério de que a cidade densa e centralizada está destinada a desaparecer por seu caráter desumanizado. Dessa forma, propõe uma cidade extensiva, diluída no campo. Assim, Wright atinge o extremo da pretensão de fundir a cidade com a natureza até o ponto de fazer desaparecer a primeira. Entretanto, as idéias de Wright permanecem no plano teórico, não tendo nenhuma aplicação prática.

Outra linha de pensamento que marcou o urbanismo do século XX foi o racionalismo. As teorias racionalistas nasceram no campo dos projetos arquitetônicos, quando esses passaram a ser concebido com vistas a obter condições otimizadas de habitabilidade do ponto de vista filosófico, pautado em investigações científicas. Assim, alguns condicionantes tiveram prioridades no projeto urbanístico, sobretudo a orientação do edifício em relação à exposição solar. Estes critérios foram bastante trabalhados na Alemanha, tendo em Gropius seu grande incentivador.

Conseqüentemente o racionalismo se estendeu para o campo do urbanismo de tal modo que suas tendências perduram até os dias atuais. Essa nova escola desaparece com o traçado sinuoso e paisagista próprios da concepção da cidade-jardim.

Os sistemas de áreas verdes, enquanto elemento integrante do planejamento, também tiveram sua evolução na linha racionalista, chegando a soluções adotadas até hoje. As áreas verdes são concebidas por meio do forte contraste com o espaço exterior, seco e desnudo de vegetação, formado pelas edificações e pistas de rolamento.

Llarent (1982) acredita que o racionalismo tem sua origem no conceito de Unidades de Vizinhança, formulado por Perry, entretanto, o movimento foi impulsionado pelos Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna – CIAM. Dentre os vários Congressos celebrados, o de Atenas, realizado em 1933, se reveste de um interesse especial, visto que nesse evento todas as teorias do urbanismo racionalista se desenvolvem plenamente.

O urbanismo racionalista se caracterizou pela implantação de blocos verticais laminares, que possibilitava maior densidade populacional sem abrir mão dos espaços livres.

Breuer e Gropius, entre 1924 e 1929, foram os maiores divulgadores das vantagens desse sistema de edificação, sob o ponto de vista econômico, funcional e higienista. Mas o passo decisivo foi dado por Le Corbusier que desenvolveu uma nova concepção de cidade – a cidade radial – apresentada em 1930 na terceira reunião do CIAM, em Bruxelas.

A proposta de cidade radial se baseia na concentração de edifícios em grandes blocos de forma geométrica, com o qual se obtêm uma grande reserva de área livre destinadas aos espaços verdes e de recreação, base de fomento da vida ao ar livre.

A cidade radial, segundo a definição do próprio criador, intenta ser uma cidade-jardim vertical com traçado baseado no racionalismo cartesiano, podendo ser entendido como um extenso parque no qual se erguem edifícios altos que ocupam uma pequena parte do solo. O zoneamento da cidade radial se propõe a responder aos princípios racionais de eficiência e funcionalidade.

A configuração físico-espacial das áreas verdes nas cidades brasileiras, entretanto, evade ao processo de planejamento da cidade. Exceto nas poucas cidades planejadas, como Brasília, Goiânia etc. Gonçalves (1994) afirma que a configuração das áreas verdes nas cidades brasileiras obedece, portanto, a outras lógicas vigentes.

3.2. CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DAS ÁREAS VERDES NAS CIDADES BRASILEIRAS

De acordo com Gonçalves (1994), a criação e a determinação das áreas verdes nas cidades, usualmente, obedecem a cinco lógicas distintas, a saber: do loteador, do administrador, da política, da paisagística e das sobras.

As áreas verdes só terão sua importância consolidada quando a sociedade se apropriar de seu espaço. Nesse particular, Gonçalves (1994) ressalta que

“(...) interessa não apenas o espaço em si, mas o que nele representa e o que nele se desenvolve, destacando-se aí as relações e meios de produção e consumo, no tocante aos aspectos sociais, econômicos e culturais.” p. 19

Fica evidente, dessa forma, a necessidade das áreas verdes serem atrativas de modo a ter assegurado sua conexão com a dinâmica urbana. De outro modo, essas áreas continuarão ser concebidas como espaços ociosos dentro do arranjo urbano.

A literatura tem apresentado existência e aplicação de prospecções estatísticas pautadas em certos índices básicos como forma de avaliar as áreas verdes, dentre os quais o mais recorrente está relacionado com a quantidade de área por habitante.

O índice de áreas verdes, por si só, é insuficiente enquanto parâmetro de qualidade dos espaços urbanos. O aumento desse índice não implica, necessariamente, na melhoria das condições ambientais na cidade. Gonçalves (1994) notifica que este índice é falho como avaliação à medida que relegam, em segundo plano, aspectos importantes como distribuição espacial e função das áreas verdes na estrutura urbana.

Nesse particular, o autor conclui que

“(...) o índice, em si, não diz muito se não vier acompanhado de uma boa distribuição [espacial] e de uma funcionalidade bem definida para cada local, caracterizando-o qualitativamente quanto aos anseios da população.” p. 29

Além disso, Cavalheiro & Nucci (1998) a falta de critérios precisos para quantificação desse índice não o valida enquanto parâmetro de qualidade de vida urbana.

Estudos realizados por Cavalheiro & Nucci (1998) mostram que a falta de critérios precisos e a divergência quanto à compreensão do termo *área verde* suscita a quantificação equivocada dos índices de áreas verdes apresentados por algumas cidades brasileiras. No ensejo, os autores apresentam o exemplo de Vitória (ES), que considera possuir 95,55 metros quadrados de áreas verdes por habitante. Em relação a esse exemplo, Cavalheiro & Nucci (1998) fazem a seguinte observação:

“(...) Uma análise mais aprofundada nos mostra que 35 m²/hab são Unidades de Conservação, 55,27 m²/hab são áreas verdes particulares, 2,88 m²/hab são arborização de ruas, e sobram, portanto, apenas 2,09 m²/hab de áreas verdes que englobam praças, trevos/canteiros, alamedas e calçadas.” p.284

Os autores ressaltam, ainda, que equívoco semelhante ocorre na determinação do índice de áreas verdes de outras cidades brasileiras, como Maringá (PR) – a qual possuiria índice de 20,6 m²/hab – e Goiânia (GO) – 34,6 m²/hab.

Com relação ao suposto índice médio de 12 m²/hab atribuído à determinação da Organização das Nações Unidas – ONU, Cavalheiro *apud* Gonçalves (1994) não só contesta como desmente a existência desse índice, por meio de resposta a uma carta-consulta vinda da ONU.

A preocupação deve ser centrada na integração dessas áreas à dinâmica urbana, de modo a criar áreas atrativas, de caráter aglutinador, que evidencie a qualidade dos espaços urbanos. Nesse sentido, Pellegrino (2000) ressalta que a configuração espacial das áreas verdes urbanas deve atender a três princípios: concentração, conexão e conservação. A não observância desses princípios no processo de planejamento das áreas verdes urbanas, compromete os benefícios que a vegetação promove ao ambiente da cidade.

3.3. OS BENEFÍCIOS DAS ÁREAS VERDES PARA O AMBIENTE URBANO

As áreas verdes podem apresentar muitos benefícios ao ambiente urbano, por meio de seu elemento estruturador: a vegetação. Llardent (1982) enumera alguns benefícios que a vegetação, inserida no arranjo urbano, pode propiciar às variáveis ambientais urbanas, como temperatura e umidade do ar, ventilação, níveis de ruído, concentração de gás carbônico, concentração de óxido de carbono, dentre outras.

Alguns desses benefícios, entretanto, ainda são discutidos no meio acadêmico quanto a sua real eficiência. O uso da vegetação na redução de níveis de ruído é exemplo de falta de consenso entre os pesquisadores da área. Esse fato, evidencia maior necessidade de estudos que abordem os benefícios da vegetação no ambiente urbano.

Llardent (1982) notifica que o desequilíbrio ambiental causado pela supressão da vegetação no meio urbano pode apresentar conseqüências graves para o indivíduo, como o aumento de doenças, sobretudo as de caráter respiratório. A ocorrência desses indicadores é freqüente nos bairros sem planejamento ou de ocupação espontânea, onde há ausência de áreas verdes que impossibilita a adequada renovação do ar nas camadas mais próxima ao solo e torna o ar insalubre em sua composição.

Outro fator que dificulta, ou mesmo impossibilita, a atuação dos benefícios da vegetação no ambiente urbano é a configuração espacial das áreas verdes sob a lógica da sobra, com visto no item anterior. Dessa forma, as áreas verdes são reduzidas a dimensões mínimas que, geralmente, não oferecem condições de desenvolvimento da vegetação arbórea.

Nesse sentido, Pellegrino (2000), ao discorrer sobre os benefícios ecológicos produzidos por manchas de vegetação, faz uma colocação que a princípio parece óbvia, no

entanto é ignorada, ou talvez esquecida, pelos planejadores do espaço urbano. O autor conclui: *"grandes machas: grandes benefícios; pequenas manchas: pequenos benefícios."*

Dessa forma, estudos têm apontado benefícios da vegetação para o ambiente urbano no intuito de garantir a ocorrência das áreas verdes na cidade. Assim, salientam a importância da vegetação na melhoria da qualidade do ar, assim como sua atuação sobre as condições adversas do clima na cidade.

▪ Vegetação e Poluição Atmosférica

A contaminação atmosférica no meio urbano é causada principalmente por meio da combustão de carbono, óleo, gás natural etc, proveniente de indústrias e veículos automotores, que tem como produto partículas sólidas e gases, sobretudo o gás carbônico (CO_2) – produto da combustão completa – além do óxido de carbono (CO), anidrido sulfuroso (SO_2) e óxido de nitrogênio (NO_2) – produtos da combustão incompleta (LLARDENT, 1982).

O óxido de carbono é o mais nocivo e o mais facilmente encontrado no meio urbano por ser proveniente da combustão dos veículos automotores.

AKBARI *et al.* (1988), em estudo do impacto das ilhas de calor urbano no consumo de energia para resfriamento térmico e emissões de gás carbônico (CO_2), no que se refere à qualidade ambiental urbana, constataram que a arborização urbana é cerca de 15 vezes mais eficiente para consumir CO_2 que a arborização rural.

É irreal afirmar que as áreas verdes são a solução para o problema da poluição atmosférica, visto que sua influência é limitada. Entretanto, não se pode negar seu papel como purificador da atmosfera urbana. Esta função dos vegetais se dá por meio de sua estrutura foliar através de quatro procedimentos: fixação de poeiras e materiais residuais em suspensão no ar; depuração bacteriana; regeneração mediante a função clorofílica; e fixação de gases tóxicos.

A fixação de poeira e materiais residuais em suspensão no ar se processa de duas formas: a primeira é mecânica, na qual as partículas ficam depositadas na superfície foliar. As partículas menores se fixam por meio dos limbos, enquanto as maiores se depositam devido a sua massa. A segunda forma de fixação se produz por efeitos eletrostáticos, nas quais as

partículas finas e pequenas gotas d'água se encontram, em sua maior parte, eletrizadas, podendo ser facilmente captadas por suas superfícies.

A afirmação de Llarent (1982) parte da hipótese de M. Lablokoff¹¹ que entende que o processo de evapotranspiração das plantas favorece a criação de um campo eletrostático nas superfícies foliares criando um pólo de atração para as partículas finas suspensas no ar. Posteriormente, as partículas sedimentadas nas folhas são carregadas quase em sua totalidade pelas chuvas, regenerando a superfície foliar e impedindo a saturação de depósito da folha. Ou estas partículas são eliminadas por meio de poda da copa dos arbustos e árvores.

Llarent (1982) apresenta um dado interessante a este respeito. O autor afirma que um solo gramado retém de três a seis vezes mais partículas do que uma superfície análoga em condições de solo desnudo. Afirma, ainda, que uma árvore retém na ordem de dez vezes mais partículas do que a superfície gramada coberta por sua copa. Essa proporção aumenta na ordem de cinquenta vezes em caso de superfície desnuda.

O mesmo autor apresenta estudo realizado pelo Laboratório de Higiene da cidade de Paris, no qual a instituição pesquisou a quantidade de poeira, em gramas, retida por espécies arbóreas. Para tanto, foram pesquisadas em cinco espécies arbóreas, considerando o intervalo de sedimentação de quinze dias. Os resultados foram compilados na tabela abaixo:

Tabela 3.1 – Quantidade de poeira retida por espécies arbóreas

Espécie arbórea	Gramas de poeira
Folhas de olmo	2,735
Folhas de castanheira	2,295
Folhas de sófora	0,996
Folhas de pterocarya	0,979
Folhas de tilo	0,936

Fonte: Llarent, 1982, p.68.

As plantas também apresentam ação purificadora por depuração bactericida. A captação de bactérias pela superfície foliar obedece ao mesmo princípio da captação de poeiras e materiais em suspensão. Entretanto, a emissão de ozônio pelas folhas favorece a destruição das bactérias sedimentadas pelo poder bactericida do gás (Llarent, 1982).

A emissão de ozônio se dá pelo processo de fotossíntese, quando a planta absorve gás carbônico do ambiente e libera oxigênio e ozônio.

¹¹ Citado em SOULIER, Louis (1968). *Espaces Verts et Urbanisme*. Paris: Centre de Recherches d'Urbanisme.

A vegetação desempenha, ainda, o papel de indicador do nível de contaminação atmosférica, em função de seu grau de sensibilidade. As plantas podem apresentar queimaduras em suas folhas ao absorver gases tóxicos, devido a reações químicas que provoquem esse tipo de lesão no vegetal.

▪ Vegetação e Clima

As plantas são organismos *poiquilotérmicos*¹², ou seja, suas temperaturas tendem a se aproximar da temperatura ambiente (LARCHER, 1986). Entretanto, esta adequação não é precisa e deve ser sempre levado em consideração o balanço de energia do habitat.

A vegetação intervém essencialmente em quatro fatores climáticos: temperatura do ar, umidade do ar, radiação solar e velocidade do ar. Os benefícios da vegetação nas variáveis climáticas ocorrem em escala microclimática.

A influência da vegetação nas condições higrótérmicas dos ambientes urbanos se dá, essencialmente, pela interceptação e captação da energia solar incidente. O maior ou menor grau dessa interceptação depende diretamente do tipo e estrutura da copa.

De acordo com Cantuária (1995), copas esbeltas e leves podem interceptar entre 60-80% de luz solar, enquanto copas esbeltas e densas têm eficiência de aproximadamente 98%. A filtragem da radiação solar pela copa da árvore implica diretamente na temperatura do ar, aceitando-se, como regra geral, o papel da vegetação na atenuação das temperaturas extremas.

A vegetação, entretanto, não absorve toda a radiação solar recebida. Parte da radiação que incide sobre a planta é refletida, parte é absorvida de modo a tornar-se fisiologicamente eficaz, e o restante é irradiado de volta a atmosfera. Nesse sentido, Cantuária (1995) notifica que do ganho total de calor solar, cerca de 30% é refletido, 50% é absorvido e apenas 20% é transmitido de volta para o meio. Não obstante, o percentual transmitido é interceptado pela próxima camada de folhas, de modo que o ganho na superfície do solo é praticamente nulo.

¹² Larcher (1986) notifica que o termo utilizado também pode ser encontrado na literatura com a grafia *pecilotérmicos*.

Figura 3.5 – Propriedade da folha. Segundo Robinette, citado por Cantuária (1995).

Llarden (1982) apresenta informações semelhantes. O autor afirma que a arborização, por meio de suas folhas, absorve em torno de 15 a 35% da radiação solar recebida durante as horas de insolação. Parte dessa energia alcança o solo, em torno de 30 a 50%; e outra parte é refletida para a atmosfera, em torno de 30 a 40%. Salienta-se, entretanto, que a densidade e a textura da copa influem diretamente nestes percentuais.

Larcher (1986), entretanto, afirma que o grau de reflexão, absorção e transmissão aos tecidos vegetais dependem, também, do comprimento de onda da radiação. Nesse sentido, o autor apresenta diagrama baseado em Gates¹³.

UV – Ultravioleta; **RFA** – Radiação Fotossinteticamente Ativa; **IV** – Infravermelho.

Figura 3.6 – Reflexão relativa, transmissão e absorção de uma folha de choupo (*Populus deltóides*) em função do comprimento de onda da radiação incidente. Segundo Gates, citado por Larcher (1986), p. 51.

De acordo com o diagrama apresentado, observa-se que as plantas absorvem pouca radiação infravermelha de limite espectral até 2.000 nm. Entretanto, na escala de comprimentos longos de onda – radiação de calor, comprimentos entre 3.000 nm a 10⁵ nm –, a radiação é quase completamente absorvida, na ordem de 97%.

¹³ GATES, D. M. (1965). Energy, Plants and Ecology. *Ecology*, 46: 1-14.

Cantuária (1995) notifica dados análogos ao apresentado no diagrama de Gates [Figura 3.6]. O autor afirma que na região infravermelha, as folhas refletem 70% da irradiação de incidência perpendicular. Na escala visível, apenas uma média de 6-12% é refletida. A luz verde é mais fortemente refletida (10-20%), ao passo que as luzes laranja e vermelho são menos (3-10%). Na escala ultravioleta, as folhas não refletem mais que 3%. Entretanto, a capacidade de reflexão da luz depende da natureza da superfície da folha.

Quanto à radiação absorvida pela superfície foliar, Cantuária (1995) afirma que sua armazenagem [calor latente] é relativamente pequena. A energia solar absorvida pode ser convertida em calor sensível ou em calor latente. Quando convertida em calor sensível essa energia é transferida para o ar. No caso de conversão em calor latente, essa energia é liberada durante o processo de transpiração da folha denominado *evapotranspiração*.

COSTA (1982) afirma que o efeito atenuador que as plantas desempenham com relação à temperatura do ar advém da transformação da energia solar em energia química latente – na forma de compostos de carbono e hidrogênio, por meio da fotossíntese – que reduz a incidência da luz solar durante o dia, ao mesmo tempo em que, por seu metabolismo, libera calor durante a noite.

No que se refere ao percentual de radiação solar transmitida pela vegetação, Cantuária (1995) salienta que a variação desse percentual depende da estrutura e da espessura foliar. Assim, folhas macias e flexíveis transmitem de 10-20% da radiação solar, enquanto folhas muito finas transmitem até 40%. O autor notifica, ainda, que a transmissão é maior nas faixas de comprimento de onda onde a reflexão é maior, ou seja, no verde e, particularmente, próximo do infravermelho. Dessa forma, sob um dossel de folhas prevalece o espectro vermelho-verde.

Quanto à influência da vegetação sobre a umidade do ar no ambiente urbano, Llarent (1982) notifica que:

“As plantas son elementos esenciaes para combatir la desecación del clima urbano. Emplean para ello el mecanismo conocido como regulación higrométrica, consistente en una emisión de vapor de agua a través de las superficies foliares (...)” p.74

A planta, segundo o mesmo autor, emite vapor d'água ao ambiente por três processos distintos: [a] evaporação física direta das chuvas e regas; [b] transpiração fisiológica das plantas; e [c] por meio da clorovaporização.

A vegetação intercepta e retém no solo a água proveniente das chuvas e das regas. No processo de evaporação física direta, a planta atenua o ressecamento do ar causado pela excessiva impermeabilização do solo encontrado no meio urbano. A conseqüente evaporação da água interceptada pela planta ajuda umedecer o ar, em escala microclimática.

A vegetação também absorve a água diretamente do solo e a emite ao ambiente pelo seu processo de transpiração fisiológica. Esse processo é inversamente proporcional ao grau higrométrico do ambiente.

O processo de transpiração é realizado por meio da regulação estomática. À medida que a água liberada, a quantidade de energia é a mesma necessária para vaporizá-la. Larcher (1982) salienta, entretanto, que o refrescamento por evaporação é particularmente eficaz quando a temperatura do ar for elevada, a umidade baixa e as plantas estiverem bem supridas de água.

O processo de clorovaporização consiste na eliminação de vapor d'água durante a assimilação clorofílica do gás carbônico atmosférico pela ação dos raios solares. Assim, a influência da vegetação na temperatura do ar basicamente pela obstrução da radiação solar, pela absorção de calor para processos fisiológicos e pelo resfriamento de suas folhas durante o período de insolação por meio da evapotranspiração. Nesse sentido, a contribuição da arborização para a formação de microclima diferenciado dependerá da quantidade de massa arbórea presente em uma área, visto que uma árvore isolada é insignificante para modificação do microclima urbano.

Llarent (1982) afirma, ainda, com relação ao papel da vegetação na atenuação do rigor térmico em ambientes urbanos que

“Este efecto positivo se debe en buena medida a que los fenómenos descritos de evaporación-transpiración absorben calorías, con lo que se obtiene una disminución de la temperatura del microclima local en las horas de más calor.” p.76

Além de sua influência na radiação solar, temperatura e umidade do ar, a vegetação influi, ainda, na velocidade e direção do ar. Nesse sentido, as plantas podem exercer função de anteparo aos ventos desagradáveis, além de desempenhar papel no efeito canalizador da ventilação, mediante um planejamento adequado da massa vegetal.

Fica evidente que a vegetação, como elemento do espaço urbano, desempenha diversas funções: ornamental, paisagística, filtragem da poluição atmosférica, atenuação térmica, entre outras. Contudo, a mais significativa delas, para o presente estudo, é o seu uso como fator de modificação do clima em escala meso e microclimática que, de forma positiva, atua no comportamento térmico dos diversos ambientes urbanos, não somente por suas implicações de bem-estar – uma variável a considerar na qualidade ambiental – como também pelo fato de as implicações das trocas térmicas decisivamente repercutirem no desempenho energético da cidade.

MILANO (1988) constatou, entretanto, que, apesar de ser senso comum a importância das áreas verdes no ambiente urbano, é outra a realidade quanto ao planejamento desses espaços. De modo geral, os planos urbanos para áreas verdes são estáticos, fragmentados e não propiciam instrumentos capazes de explorar o potencial da vegetação, quer como elemento de definição do espaço urbano, quer para conquista de espaços climaticamente favoráveis.

Alguns autores afirmam que os benefícios da vegetação na área urbana não se restringem ao estaco onde esta encontra-se inserida. SHASHUA-BAR & HOFFMAN (2000) que analisaram o efeito amenizador em pequenas áreas verdes, como ruas arborizadas, praças e canteiros em avenidas do complexo urbano de Tel-Aviv, Israel, constataram que, em áreas verdes devidamente planejadas de 0,1 hectare, o efeito amenizador pode ser encontrado em até 100 metros além de seus limites. Desse modo, para obtenção do efeito amenizador em áreas vizinhas, a presença de pequenas áreas verdes vegetadas em intervalos proporcionais ao seu dimensionamento é preferível a grandes áreas isoladas na malha urbana.

GARCIA (1999) afirmou que o grau de temperatura entre o parque urbano e seus arredores imediatos é capaz de desencadear o estabelecimento de ligeira brisa com ventos moderados, o que alguns autores denominaram “brisas de parque”. A influência dessas brisas pode ser notada a algumas centenas de metros além dos limites dos parques urbanos, seguindo a direção predominante do vento através de correntes de ar fresco que se estendem para bairros edificados nas proximidades.

O uso da vegetação praticamente não requer significativos avanços tecnológicos. É simples, confiável e possui grande potencial em qualquer parte do mundo. O inteligente e racional uso da vegetação para se obter melhores e mais confortáveis condições microclimáticas é vital para as futuras gerações e, conseqüentemente, para o desenvolvimento da sustentabilidade do ambiente urbano (CANTUÁRIA, 1995).

Além disso, para profissionais que atuam no planejamento da cidade, é de grande importância o conhecimento de parâmetros que quantifiquem benefícios trazidos pela vegetação, a fim de se buscar a melhoria da qualidade de vida, tanto física quanto psíquica, das populações urbanas (BUENO *et al.*, 1997).

No Brasil, trabalhos a respeito do conforto térmico no meio urbano têm aumentado significativamente, face aos debates a respeito da crise energética e da necessidade de racionalização do uso de energia. No entanto, poucos desses trabalhos enfocaram a temática da influência da presença de vegetação nesse processo.

Mediante os benefícios que a vegetação propicia ao meio urbano, ressalta-se que sua maior eficácia é obtida por meio de planejamento adequado das áreas verdes no arranjo da cidade, pautado nas características fisiológicas de cada espécie e nas características ambientais do meio urbano.

4. MACEIÓ – ECOSSISTEMA DE ESTUDO

4.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-GEOGRÁFICA

A cidade de Maceió, capital de Alagoas, está localizada na faixa costeira do Nordeste brasileiro, entre a latitude $9^{\circ}39'57''$ Sul e longitude $35^{\circ}44'07''$ Oeste, desenvolvendo-se sobre uma formação de restinga, apresentando a Leste o Oceano Atlântico e a Oeste a Lagoa Mundaú [Figura 4.1]. O município abrange uma área de unidade territorial de 511km^2 , dos quais aproximadamente 200Km^2 compõem a área urbana.

Figura 4.1 – Localização geográfica da cidade de Maceió no estado de Alagoas e no Brasil.

Em relação ao aspecto geomorfológico, a cidade apresenta-se sob duas formas: [a] a de Planície ou de Baixada Litorânea e Lagunar; e [b] a de Baixo Planalto Sedimentar dos Tabuleiros.

Essas duas formas topológicas conferem três tipos de relevo ao sítio da cidade: [a] o da planície litorânea e lagunar, que se situa a uma altitude entre 2 a 5m acima do nível

do mar e constitui a forma mais baixa do relevo, composta de praias, pontas arenosas triangulares, restingas, terraços eustáticos, recifes e de restos de dunas, sendo propícia à urbanização por apresentar poucas irregularidades em sua topografia; [b] a do terraço do tabuleiro, com altitudes entre 8 a 10m, onde se situa o bairro Centro e onde se deu o primeiro núcleo de ocupação da cidade; e [c] o dos tabuleiros; com topografia irregular, sobretudo o segmento do tecido urbano composto pelos acidentes geográficos que margeiam os rios da bacia do Pratagy e os riachos do Reginaldo e Catolé.

Figura 4.2 – Formas de relevo e hidrografia do sítio urbano de Maceió.

Fonte: Adaptado de Oliveira *apud* Barbirato (1998) [formas de relevo] e Base Cartográfica de Maceió, 2005 [curvas de níveis e hidrografia].

A Figura 4.3 mostra vista panorâmica da planície litorânea com o plano do tabuleiro ao fundo, de forma a evidenciar a visível diferença entre os níveis topográficos do sítio urbano.

Figura 4.3 – Vista panorâmica da planície litorânea com o nível do tabuleiro ao fundo.

As encostas formadas pelos planos da cidade apresentam declividade média variando de 20 a 30%. Entretanto, em algumas partes se verifica declividades superiores a 30% que impossibilitam a ocupação urbana.

Entretanto, os tabuleiros situados ao norte são formados por um amplo baixo-platô sedimentar que se estendem de oeste para leste, sobre o mar, como uma ampla superfície de aplainamento. Sua composição é areno-argilosa, decorrente do processo erosivo ocorrido nas estruturas elevadas do embasamento cristalino, apresentando uma superfície semi-ondulada, com variações de altitude de 45m no alto das falésias, nas proximidades da costa, até 180m nos limiares ocidentais da região urbanizada.

As praias e restingas constituem uma estreita faixa de terra que marca o contato do continente com o oceano. Os recifes se alongam sobremodo de Jaraguá até a praia do Francês, ao sul de Maceió. As pontas arenosas triangulares formadas, sobretudo, pela força dos ventos, localizam-se especialmente na Ponta Verde e na ponta do Jaraguá. As praias emolduram a cidade de Maceió numa extensão de quase 50 Km.

Quanto às dunas, existem apenas as pequenas relíquias nas áreas ocupadas pela empresa Braskem e pela ex-escola de aprendizes de Marinheiros, onde se situa a restinga de Maceió.

4.2. O PROCESSO DE EXPANSÃO URBANA

A ocupação do território alagoano foi motivada pela industrialização da cana-de-açúcar com a fundação de engenhos no interior. A ocupação holandesa ocorrida em meados de 1630 acelerou o processo de povoamento das terras pelos portugueses como forma de

defendê-las. Essa ocupação se deu primeiramente por Porto Calvo, Penedo e Alagoas [atual Marechal Deodoro]. Em seguida, a ocupação das terras avançou pelo vale do rio Mundaú, São Miguel dos Campos e Camaragibe, chegando a Santa Luzia do Norte, nas margens da lagoa Mundaú.

De acordo com alguns historiadores, a partir desse momento foi fundado o engenho Maçayó, às margens do riacho de mesmo nome, dominando toda a costa da baixada litorânea que se estendia do atual bairro de Jaraguá até a enseada da praia de Pajuçara. Esse primitivo engenho, cujos vestígios foram encontrados em 1850 (COSTA, 1939), teria dado início às primeiras aglomerações que viriam formar a cidade de Maceió. Sobre esse engenho, o autor afirma:

“Uma verdade, porém, é inconteste. A célula *mater* do povoado foi o engenho com sua ermida de S. Gonçalo, que existiram na atual praça D. Pedro II. Aí vinham morrer os longos caminhos que serviam à fábrica – o que demandava a lagoa do Norte e o vale do Mundaú e o que, marginando o litoral, conduzia à capital da capitania, por Pôrto Calvo e povoados circunvizinhos, que dêle se iam emancipando [...]” p.12.

Por dois séculos, de 1600 a 1800, Maceió permaneceu como povoado, com sua base econômica esteada na agricultura, cuja ocupação do solo se processava pela crescente implantação dos engenhos no interior, em função da demanda exógena do açúcar. O povoado de Maceió atuava como entreposto de comercialização da cana-de-açúcar, além do algodão, fumo, cereais e madeira. Este período é marcado sócio-espacialmente pelas sesmarias e sócio-economicamente pela produção açucareira, na qual a sociedade era formada por senhores de engenho e escravos.

O impulso das atividades agrícolas e das atividades comerciais aliados às condições topográficas favoráveis à ocupação do solo se firmaram como fatores indutores à expansão do povoado de então.

Em 1815, Maceió foi elevada à categoria de vila. Nesse momento viveu seu segundo período histórico fortalecido pela comercialização do açúcar e de outros produtos de menor peso, citados acima. A área ocupada se expandiu em direção Sudoeste, devido à ligação com os núcleos agrícolas localizados no interior, estabelecendo uma descontinuidade na ocupação do solo. A partir dessa descontinuidade espacial surgiram novos aglomerados nas proximidades da lagoa Mundaú [na época denominada lagoa do Norte]. Dessa forma, o

povoamento urbano se expande, seguindo os arruados formados pelo trânsito dos carros-de-boi que atuavam no intercâmbio comercial.

Em 1816, surgiu o entreposto do Trapiche da Barra alimentado pelo comércio e navegação lacustres sendo efetivamente ativado pela abertura do canal da Levada, em 1840. Com o transporte fluvial se efetivava tanto o abastecimento da zona rural do vale do Mundaú, quanto o escoamento da produção dos engenhos daquele entorno. Nesse período, o Trapiche da Barra conheceu um surto de crescimento fertilizado pela navegação flúvio-lacustre entre os povoados que se estenderam pelo bairro da Levada, quando Maceió já possuía cerca de 5.000 habitantes, ocupando uma área delimitada em sete léguas da costa, cujo núcleo central da cidade é o Largo do Pelourinho [onde atualmente se localiza a praça Dom Pedro II, no bairro do Centro] (MACEIÓ, 1981).

Concomitantemente ao processo de ocupação na área lagunar, surgiu o ancoradouro do Jaraguá, que visava à exportação da produção do açúcar destinados a Recife e Salvador, em substituição ao Porto do Francês. O novo porto deu origem a um comércio crescente que proporcionou ao povoamento notável desenvolvimento econômico. O novo porto do Jaraguá e o entreposto do Trapiche se consolidaram como os dois vetores comerciais da vila de Maceió, naquela época.

Em 1841, houve a consolidação do bairro do Jaraguá enquanto novo núcleo urbano cujo desenvolvimento se deve ao porto e ao comércio na região.

A constituição de Maceió como capital de Alagoas, em 16 de setembro de 1817, favoreceu ao crescimento econômico-demográfico da cidade, que já em 1825 possuía uma população de 8.109 habitantes residentes no centro urbano da cidade. O ritmo desse crescimento estava pautado, sobretudo, no alto fluxo de imigração naquele período (MACEIÓ, 1981).

Nesse momento da história de evolução urbana da cidade de Maceió merece destaque o Plano Urbanístico de Sebastião Francisco de Melo e Póvoas¹⁴, datado de 1820, no qual estavam envolvidos três segmentos espaciais relevantes para a vila de Maceió: [a] o platô imediato [atual bairro do farol]; [b] o centro urbano; e [c] faixa litorânea. O plano captou elementos urbanísticos estruturalmente importantes para Maceió, como a costa litorânea e o

¹⁴ Sebastião Francisco de Melo e Póvoas foi o primeiro governador da província de Alagoas, nomeado em 22 de janeiro de 1819.

platô com a encosta, que deram ritmo à paisagem urbana que se ergue sob o compasso do modo de produção.

Nesse sentido, vale salientar que Maceió não conheceu, em quase toda a sua história, planos urbanos efetivos que dessem uma configuração harmoniosa à ocupação de seu espaço.

Durante a administração do presidente da Província Dr. José Bento da Cunha Figueiredo Júnior, entre 1868 a 1970 (mais ou menos), a cidade de Maceió passou por uma grande fase de melhoramento. José Bento Júnior encontrou o Tesouro em situações folgadas e aproveitou o momento para operar melhorias, não apenas em Maceió como em toda a província. Quanto a administração de José Bento Júnior, COSTA (1939) salienta que “*o seu grande mérito está na aplicação honesta e útil que deu a esse recursos*”, se referindo ao saldo orçamentário do Tesouro. O mesmo autor comenta ainda:

“Em dois anos e nove meses de administração o dr. José Bento fez mais por Alagoas do que todos os seus antecessores, especialmente por Maceió. Sob a sua ação vigorosa e profícua tudo se transformou. (...) Com a retirada do ilustre administrador, a Província volveu ao ramerrão dos governos efêmeros, servidos por presidentes que por aqui passavam rapidamente, presidentes de quinzenas administrativas, alheios em absoluto às necessidades locais (...). E assim foi até o último dia da monarquia. E a República surpreendeu a Maceió quase como a deixara José Bento...” p.182-184.

O período entre 1850 a 1900 marcou uma nova etapa na dinâmica urbana, quando a vila é elevada à categoria de cidade, em 09 de dezembro de 1839, e sede do governo provincial, com a inauguração da nova capital em 16 de dezembro de 1839. Entretanto, sobre o ponto de vista demográfico, em Maceió verifica-se um pequeno crescimento da população nesse período apesar da importância político-administrativa que a cidade assume a partir de então. Esse fato é explicado, em parte, pelo surto do cólera que assolou todo o Estado de Alagoas. Ainda assim, Maceió já possuía uma população de 31.498 habitantes, em 1890.

Em 1851, a construção da ladeira da Catedral simboliza o irromper da expansão urbana além da baixada litorânea para atingir o planalto. Outras ligações importantes na parte baixa da cidade que intensificaram o fluxo de bens, de serviços e de pessoas também produziram impactos expressivos no uso do solo. Podemos citar, naquele momento, as ligações efetuadas entre o Centro e Jaraguá, em 1868, e a conexão do Centro com Trapiche da Barra, em 1878. Tais segmentos favoreceram a ocupação dos espaços descontínuos entre os núcleos, representando, dessa forma, a consolidação dos bairros. Em 1880, percebe-se a

existência dos bairros do Trapiche, Poço, Jaraguá, Levada, Mutange, Bebedouro e Farol, além do Centro.

Em 1900, já se apresenta a formação dos bairros de Mangabeiras, Ponta da Terra e Pajuçara, situados na baixada Norte. Na baixada Sul, apresenta-se o início da ocupação no Pontal da Barra. Naquela época, a baixada litorânea encontrava-se em ritmo expressivo de ocupação, gerado por meio de uma estrutura radiocêntrica, que traduz o partido urbanístico de então, a partir do bairro do Centro, devido aos condicionantes político-administrativo, socioeconômico e espacial.

Entre 1900 e 1940, Maceió passou por um intenso crescimento demográfico, resultado do crescimento vegetativo e pelo fenômeno de imigração já presente. Nesse momento, a cidade já possuía 80.045 habitantes, em 1940. Esse fato implicou no crescimento expressivo do processo de ocupação do espaço urbano, que resultou em adensamento dos bairros da cidade, sobretudo os localizados na baixada litorânea sul e no Centro.

Naquele momento, surgiram as primeiras decisões em termos de planejamento urbano, referenciadas especialmente à administração do prefeito Moreira Lima, a partir de 1927. Neste momento, houve a preocupação com o alargamento das ruas, com o alinhamento, com os espaços aberto etc.

Dessa forma, se pode afirmar que a administração de Moreira Lima foi marcada pela ocorrência de acentuada renovação urbana, sobretudo nos bairros de Jaraguá, Poço, Farol, Trapiche da Barra, Levada, Bebedouro e Centro.

O crescimento demográfico continuou a se desenvolver em proporção geométrica entre 1940 a 1960, atingindo uma população de 160.442 habitantes, em 1960. Espacialmente a população densifica e solidifica ainda mais os bairros da baixada litorânea, alongando sua ocupação entre os bairros do Pontal da Barra até Cruz das Almas. Concomitantemente, a construção da avenida Fernandes Lima impulsiona a ocupação das áreas dos tabuleiros, ultrapassando os limites do bairro do Farol, chegando até o Tabuleiro dos Martins, com a consolidação de diversos bairros a leste e a oeste da avenida.

Entre 1970 e 1980, a abertura e pavimentação das rodovias federais [BR 104, 316 e 101] e estadual [AL 101], contribuíram de forma efetiva para a expansão do centro urbano de Maceió, que possibilitou o aumento do poder de polarização da cidade enquanto capital do

Estado. Nesse período houve a implantação de novas unidades fabris e da Indústria Química de grande porte no bairro do Pontal da Barra [em atividade até os dias atuais], que impactou de forma bastante significativa a vida socioeconômica da cidade. Esse processo gerou uma explosão no índice de ocupação urbana e no surgimento de novos loteamentos, acompanhados de intensa especulação imobiliária. Como efeito adverso desse processo, houve a intensa formação de aglomerados de baixa renda em áreas inadequadas à ocupação.

Nesse período houve uma ampliação intensa do espaço urbano, culminando no processo de conurbação com os municípios de Rio Largo, Satuba, Santa Luzia do Norte e Coqueiro Seco. Entretanto, a urbanização adquiriu uma nova conotação de descontinuidade espacial, conferindo uma deficiência na oferta de infra-estrutura.

Em 1998, a Lei Complementar nº 18 de 19 de novembro, sancionada pelo atual governador do Estado, Ronaldo Lessa, cria Região Metropolitana de Maceió constituída por 11 municípios: Maceió, Barra de Santo Antônio, Barra de São Miguel, Coqueiro Seco, Marechal Deodoro, Messias, Paripueira, Pilar, Rio Largo, Santa Luzia do Norte e Satuba. De acordo com o art. 1º da referida lei, a região metropolitana deve integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum.

4.3. O CENÁRIO ATUAL DA CIDADE

De acordo com os dados do último Censo (IBGE, 2000), o município de Maceió possui uma população de 979.759 habitantes, dos quais 795.804 residem na área urbana. Constatase, diante dessas informações, que o município de Maceió possui população essencialmente urbana, apresentando densidade demográfica de aproximadamente 3,98 hab/Km², que está entre as maiores do país.

A cidade ainda se configura como pólo centralizador do Estado, de forma a atrair população migratória de municípios interiorano com menores oportunidades de emprego. Esse fato tem agravado o contínuo processo de ocupação desordenada do solo urbano, além de favorecer o surgimento de assentamentos ilegais em áreas impróprias à ocupação – algumas delas situadas em áreas de risco, como encostas.

Em 1998, a Prefeitura Municipal realizou processo de re-bairramento da área urbana, com a subdivisão de alguns bairros de grandes dimensões [Tabuleiro dos Martins, por

exemplo] em bairros menores e a transformação dos dois antigos distritos [Ipioca e Fernão Velho] em bairros. Esse trabalho resultou na divisão da área urbana em 50 bairros [incluindo o bairro Centro].

No que se refere ao cenário atual do processo de expansão da manla urbana, nota-se que a tendência de ocupação se direciona ao litoral Norte da cidade, especialmente nos bairros de Riacho Doce e Ipioca, onde se evidencia a valorização imobiliária devido ao incentivo para implantação de hotéis e resorts de grande porte nessa área. Outro região de expansão urbana é nos bairros situados no alto tabuleiro, por meio de conjuntos habitacionais para população de baixa renda, devido ao reduzido preço da terra. Os bairros mais consolidados, na planície litorânea ou na região do tabuleiro mais próxima ao Oceano e lagoa, encontram-se densamente ocupados, embora subsistam vazios urbanos proporcionado pela forte especulação imobiliária, sobretudo nos bairros litorâneos como Ponta Verde e Jatiúca.

Quanto ao cenário referente ao parcelamento do solo urbano, dados da Secretaria Municipal de Controle do Convívio Urbano – SMCCU, registram que Maceió possui 342 loteamentos aprovados entre o período de 1940 a 2004, dentre os quais apenas 119 loteamentos possuem áreas verdes, o que representa um percentual de 34,8% dos loteamentos legais na cidade. Os dados são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Quantitativo de loteamentos aprovados na cidade de Maceió.

período	Loteamentos aprovados	Áreas verdes		valor proporcional
		existente	inexistente	
40-50	20	0	20	0,0%
51-60	96	13	83	13,5%
61-70	80	16	64	20,0%
71-80	58	32	26	55,2%
81-90	42	25	17	59,5%
91-00	37	31	06	83,8%
01-04	09	02	07	22,2%
Total	342	119	223	34,8%

Fonte: Secretaria Municipal de Controle do Convívio Urbano – SMCCU, 2004.

A Figura 4.4 espacializa sobre a base cartográfica da cidade os loteamentos aprovados e registrados na Secretaria Municipal de Controle do Convívio Urbano – SMCCU, em Maceió.

Figura 4.4 – Loteamentos aprovados e registrados na cidade de Maceió até 2004.

Fonte: Coordenadoria de Geoprocessamento, Secretaria Municipal de Controle do Convívio Urbano – SMCCU, 2004.

Observa-se que a maior concentração de loteamentos se localiza na região Sudeste da planície litorânea, sobretudo no bairro da Jatiúca. Outra região de concentração de loteamentos é a parte Noroeste do tabuleiro.

As informações sobre os loteamentos aprovados refletem diretamente na ocorrência de áreas verdes no interior da malha urbana, uma vez que o surgimento de novas áreas verdes se processa por meio do percentual de área da gleba a ser loteada, de acordo com a legislação do uso e parcelamento do solo do município.

4.4. AS ÁREAS VERDES DE MACEIÓ

Analisar e descrever as áreas verdes em Maceió não é tarefa fácil. A falta de registros e catalogações sobre praças, parques, áreas de preservação ambiental e demais áreas destinadas à vegetação na cidade incute em grande empecilho desse propósito. Nesse sentido, qualquer prospecção estatística sobre o percentual de áreas verdes existentes na cidade não é conhecida. Sabe-se, entretanto, que o processo de degradação e conseqüente redução do percentual dessas áreas é crescente e sistemático, a exemplo da ocupação irregular nas áreas de encostas e assentamentos ilegais nas áreas verdes provenientes de loteamentos.

A crescente ocupação dos espaços destinados à vegetação na cidade por assentamentos ilegais reflete, primeiramente, o *déficit* habitacional para populações de baixa renda e a ineficiência das políticas públicas dirigidas a essa questão. Dessa forma, se defronta com um problema social, que tem reflexo direto nas questões ambientais dos espaços da cidade. Nesse contexto, são vários os exemplos a serem citados. A Figura 4.5 mostra o processo sistemático de ocupação das encostas por assentamentos de população de baixa renda.

Figura 4.5 – Ocupação de encostas no vale Reginaldo, 2005.

Além do processo de ocupação de áreas inadequadas, outro fator que contribuiu de forma significativa para o comprometimento de ocorrência dos espaços verdes na cidade é a sistemática de ocupação do solo urbano por loteamentos clandestinos. Esses loteamentos se caracterizam por uma ocupação inadequada do meio físico e pelo desrespeito aos índices mínimos obrigatórios de transferência de espaços livres [previsto na lei federal de parcelamento do solo urbano, nº 6766/79] e ao percentual destinado às áreas verdes [previsto no Código de Obras e Urbanismo do município, Lei nº 5354/04].

Nesse cenário, a cidade de Maceió possui ampla parcela de seu território ocupado sem planejamento, no qual prepondera o parcelamento clandestino do solo. O processo de expansão urbana, dessa forma, se produz sob dois padrões: [a] pelo parcelamento do solo por meio de loteamentos [cidade legal] e [b] por meio da incorporação dessas áreas à cidade pelo processo de regulamentação fundiária [cidade ilegal]. O mapa dos loteamentos aprovados pela Prefeitura Municipal denota esse panorama.

Além do descontrole quanto ao caráter quantitativo das áreas verdes pela gestão municipal, verifica-se também descontrole qualitativo, no que se refere à distribuição espacial dessas áreas no arranjo da cidade, longe de se configurarem como um sistema de áreas verdes urbanas.

Gonçalves (1994) constatou que a produção do espaço destinado ao “verde” na malha urbana obedece a cinco lógicas distintas: do loteador, do administrador, da política, da paisagística e das sobras. Nesse particular, a criação e a alocação das áreas verdes em Maceió não foge a essa regra e a lógica de sua concepção é facilmente perceptível, mesmo que de caráter inconsciente e empírico.

Análise mais detalhada sobre a distribuição espacial das áreas verdes em Maceió permite constatar que as maiores e mais expressivas praças da cidade estão localizadas no bairro do Centro [também centro comercial e administrativo] ou em suas proximidades. Essa distribuição corresponde à lógica da política descrita por Gonçalves (1994). Nesse sentido, as praças atendem a interesses políticos e são usadas, vias de regra, como marco da administração pública.

As praças do Centro também se destacam pela diversidade e pelo porte de sua vegetação arbórea, com uso de *flamboyants* [presente em quase todas as praças do bairro], oitis, casuarina, sombreiro, cássia mortijuga, dentre outras espécies.

Figura 4.6 – Praça Sinimbú, no Centro, 2005.

Entretanto, as condições precárias das praças na cidade – seja pela escassez de massa vegetal, seja pela falta de limpeza e segurança públicas – denota o descaso com as áreas verdes pela administração municipal, fato que tem sido recorrente entre as gestões municipais. A situação é ainda mais agravante nos bairros periféricos e tem suscitado percepção negativa desses espaços pela população, a qual os tem considerado como lugares insalubres e sem atrativo.

O surgimento de novas áreas destinadas à vegetação dentro do arranjo da cidade é basicamente originário do percentual de áreas verdes relativo ao processo de parcelamento do solo urbano. Dispõe a esse respeito legislação de âmbito municipal [Código de Obras e Urbanismo, Lei nº 5354/04], a qual estabelece no seu art. 207 que os projetos de loteamentos devem prever obrigatoriamente a transferência mínima de 35% da área loteável da gleba para o Município, dentre as quais é estabelecido o percentual de 10% para as áreas verdes [§1º] e o restante para o sistema viário [20%] e equipamentos comunitários [5%].

Embora o Código de Urbanismo estabeleça percentual de áreas verdes proporcional à área de parcelamento, a sua urbanização fica a cargo da administração pública que, via de regra, não a executa em curto ou médio prazo, seja pela falta de receita seja pela falta de interesse político. Esse procedimento tem suscitado a “perda” dessas áreas enquanto espaço destinado à vegetação, visto que são, na maioria das vezes, ocupadas por assentamentos ilegais ou se configura como áreas ociosas dentro da malha urbana.

A Figura 4.7 mostra a área verde do conjunto Pratagy, implantado em 1973. Observa-se que a área, embora com alguma vegetação, se configura como espaço ocioso no arranjo urbano.

Figura 4.7 – Área verde do conjunto Pratagy, 2005.

Análise mais apurada das plantas de loteamentos comprova que os espaços destinados às áreas verdes são, usualmente, remanescentes de quadras, com configuração irregular, de modo a obedecer à lógica mercantilista de produção do espaço construído, a qual Gonçalves (1994) define como lógica da sobra. Essa prática do planejamento de áreas verdes contribui para geração de estruturas estanques em meio ao arranjo urbano e se configura como fator negativo à produção de espaços ambientalmente adequados, com vistas apenas aos cumprimentos das exigências legais.

Figura 4.8 – Concepção de área verde no Conjunto Vaticano, no bairro de Mangabeiras.

Sob esse aspecto, Gonçalves (1994) notifica que a legislação apenas estabelece taxas percentuais de áreas verdes em loteamentos, entretanto o autor ressalta que *“essa maleabilidade na determinação da área [verde] em termos percentuais deixa o loteador à vontade para o parcelamento do solo, pois não existem padrões rigorosos que indiquem como distribuí-los”*.

Nesse sentido, evidencia a necessidade de elaboração de critérios mais rigorosos que possam ser traduzidos em política de organização desses espaços, com vistas ao cumprimento de sua função social, como lazer e recreação, além de sua função ambiental, como recarga do aquífero e drenagem urbana, e a melhoria das condições microclimáticas.

O Código de Obras e Urbanismo vigente, aprovado em janeiro de 2004, prevê que áreas verdes terão que apresentar configuração contínua. Essa resolução denota certo interesse, por parte do poder público, em minorar os abusos provenientes da especulação imobiliária em detrimento às áreas verdes urbanas, mas não é suficiente para resolver a problemática das áreas verdes na cidade.

Alguns loteamentos, entretanto, merecem citação pelas felizes implantações de suas áreas verdes. Nesse particular, pode-se citar o loteamento Stella Maris, no bairro da Jatiúca, cuja área verde foi implementada de forma linear, permeando todo loteamento.

Figura 4.9 –Loteamento Stella Maris e a concepção de sua área verde.

A redução das áreas verdes urbanas está vinculada, ainda, a outro fator: a permissividade da legislação. Nesse particular, o Código de Obras e Urbanismo do município, em seu art. 207, permite a doação das áreas verdes para equipamentos comunitários:

§5º – As áreas verdes, vias públicas e aquelas destinadas a equipamentos públicos e comunitários, são consideradas inalienáveis, podendo no entanto serem objetos de convênios e/ou comodatos entre município e empresas, associações e instituições privadas, desde que celebrados visando sua preservação ou utilização para fins de projetos e/ou instalação de equipamentos que sejam de interesse público e aprovado pela Câmara Municipal.

Pautado nesse princípio legal, pode-se citar a redução da praça 13 de maio, situada no bairro do Poço, para as instalações do SESC. A reduzida área da praça ainda cede lugar às instalações para uma estação elevatória da Companhia de Água e Saneamento de Alagoas – CASAL. Outro exemplo dessa permissividade é o Clube dos Sargentos, no bairro de Mangabeiras. A área prevista para a alocação de uma praça atualmente é ocupada pelas instalações do Clube dos Sargentos.

No que se refere a arborização das ruas e avenidas, merece destaque as avenidas: Antônio Gomes de Barros, situada no bairro da Jatiúca; Humberto Guimarães; Desembargador Tenório; Fernandes Lima e a Dr. Sandoval Arroxelas, no bairro da Ponta Verde [Figura 4.10].

Figura 4.10 – Canteiro central arborizado da avenida Dr. Sandoval Arroxelas, no bairro Ponta Verde.

No que concerne à lógica paisagística, descrita por Gonçalves (1994), Maceió possui duas grandes áreas de reserva ecológica inserida na malha urbana: a reserva do IBAMA e o Parque Municipal.

As áreas verdes existentes na cidade compreendem, ainda, as áreas de encostas, vales e grotas, nos quais a presença da vegetação é significativa; canteiros de avenidas, praças e jardins públicos, além dos coqueirais e resquícios de manguezais ainda existentes.

Barcellos (2000) cita, ainda, uma outra modalidade de áreas verdes: os *parques litorâneos*. Segundo o autor, essas áreas são locais para o “*desfrute de vistas panorâmicas que, em essência, são urbanas*”. Nesse sentido, menciona a orla marítima de Maceió, onde o papel das árvores e ajardinamentos é resumido apenas à composição da paisagem.

O autor ressalta, ainda, que os calçadões da orla, enquanto modalidade de parques litorâneos, são intervenções que visam apenas a melhoria da qualidade dos espaços públicos à beira-mar. Essa tipologia de áreas verdes são comuns na maioria das cidades brasileiras litorâneas.

Figura 4.11 – Orla da praia de Ponta Verde.

Em Maceió, a modalidade de *parques litorâneos* – de acordo com definição de Barcellos (2000) – permeia quase todas as praias urbanas e ainda é presente na orla lagunar.

4.5. O PERFIL CLIMÁTICO DE MACEIÓ

De acordo com a classificação climática de Koeppen, a cidade de Maceió caracteriza-se como clima úmido, do tipo Am, considerando fatores como baixa latitude, intensa radiação solar e a proximidade de grandes massas d'água – oceano e lagoa (BARBIRATO, 1998).

A análise das Normais Climatológicas de 1961-1990 (BRASIL, 1992) atribui a Maceió um bom exemplo de constância de nível térmico que caracteriza a Costa Leste do Nordeste brasileiro. A cidade, de clima quente e úmido, apresenta temperatura média anual de 24,8°C, com variação de 26,3°C em fevereiro [quadra seca] e 23,5° em agosto [quadra chuvosa]; média anual das máximas de 28,9°C, com variação entre 30,4°C, também no mês de fevereiro, e 27,0°C, em julho. A média anual das mínimas é de 21,6°C, e varia entre 22,7°, em março, e 20,2°C, em agosto.

O Gráfico 4.1 apresenta a variação mensal da média das máximas, média das mínimas e média, de acordo com as Normais Climatológicas.

Gráfico 4.1 – Valores mensais de temperatura média máxima, média mínima e média, de acordo com os dados das Normais Climatológicas de Maceió.

Os índices estatísticos de umidade relativa do ar revelam a alta umidade na cidade, com média anual de 78,3%, com o mês mais úmido em maio [82,6%, quadra chuvosa] e mês menos úmido em novembro [74,7%, início da quadra seca]. A alta umidade na cidade é proveniente de sua proximidade com o Oceano Atlântico e a presença do complexo lagunar Mundaú-Manguaba. O Gráfico 4.2 apresenta a variação média mensal do índice de umidade relativa do ar.

Gráfico 4.2 – Valores mensais de temperatura média máxima e umidade de relativa do ar, de acordo com os dados das Normais Climatológicas de Maceió.

A média anual de precipitação total é de 2167,7mm, com meses mais chuvosos de abril a julho [quadra chuvosa] e meses mais secos de outubro a janeiro [quadra seca]. A média de insolação total é de 2609,7h/ano, com mês de novembro mais ensolarado [274,7h/mês] e o mês de julho com menor insolação [176,0h/mês]. O Gráfico 4.3 apresenta as médias mensais dos totais de precipitação e insolação.

Gráfico 4.3 – Valores mensais de precipitação total e insolação total, de acordo com os dados das Normais Climatológicas de Maceió.

Devido a grande disponibilidade de energia, a evaporação total anual é elevada e da ordem de 1217,3mm, com oscilação mensal entre 128,7mm, em dezembro [mês com nebulosidade da ordem de 5,5/10], e 72,0mm, em maio [mês com alta nebulosidade – 6,8/10].

A elevada umidade relativa do ar associada à grande disponibilidade de energia solar anual proporciona elevada nebulosidade média mensal durante grande parte do ano, de forma que todos os meses apresentam valores médios superior à 5/10 da abobada celeste. Nos meses da quadra chuvosa, o valor médio é de 6,8/10, enquanto no mês de outubro e novembro a média é de 5,5/10.

A Tabela 4.2 apresenta síntese dos dados climáticos de Maceió, registrados pelas Normais Climatológicas no período 1961 a 1990.

Tabela 4.2 – Normais Climatológicas de Maceió – período 1961-1990

	Temperatura do ar (°C)			Pressão Atmosférica (hPa)	Precipitação total (mm)	Evaporação total (mm)	UR (%)	Insolação total (h)	Neb. (1/10)
	Méd.	Méd. Máx.	Méd. Min.						
J	26,2	30,2	22,4	1005,4	74,8	121,2	75,4	254,2	5,9
F	26,3	30,4	22,6	1005,2	111,0	112,7	76,6	225,7	6,0
M	25,3	30,2	22,7	1004,9	191,0	99,9	78,3	203,0	6,3
A	25,9	29,6	22,5	1005,0	312,6	82,9	81,5	179,4	6,8
M	25,1	28,5	22,0	1006,3	340,7	72,0	82,6	191,8	6,8
J	24,3	27,6	21,3	1008,0	298,3	77,7	79,6	178,6	6,8
J	23,7	27,0	20,5	1008,9	325,1	79,0	82,1	176,0	6,8
A	23,5	27,1	20,2	1009,0	179,0	97,7	79,5	205,2	6,3
S	23,9	27,8	20,7	1008,5	148,4	105,8	77,2	204,6	6,2
O	24,1	29,0	21,2	1007,1	72,7	117,3	76,0	252,4	5,5
N	24,4	29,9	21,6	1005,5	51,9	122,4	74,7	274,7	5,5
D	24,8	30,0	22,0	1004,9	62,1	128,7	75,8	264,2	5,6
ANO	24,8	28,9	21,6	1006,6	2167,7	1217,3	78,3	2609,7	6,2

Fonte: BRASIL, 1992.

Com relação aos ventos dominantes, Maceió está sob influência alternada dos ventos alísios de Sudeste, mais freqüente durante todo o ano, de velocidade fraca a moderada, e os ventos de retorno do Nordeste nos meses mais quentes [janeiro, fevereiro e março]. O valor médio mensal da velocidade de vento é de 2,8m/s, podendo chegar a valores absolutos mais intensos de 10m/s na direção Nordeste (BARBIRATO, 1998).

O exame das Normais Climatológicas sugere, ainda, que a distinção do regime climático na cidade está relacionada com a precipitação, uma vez que a variação nos registros de temperatura e umidade relativa do ar é menos marcante durante os meses do ano. Dessa forma, os dados das Normais revelam que o clima de Maceió é caracterizado pela existência de duas estações bem distintas: seca e chuvosa. A estação seca estende-se de outubro a janeiro [verão] e a chuvosa tem início em abril e estende-se até julho [inverno].

Embora as Normais Climatológicas forneçam um quadro climático de referência, essa classificação não considera a gênese do clima e o encadeamento habitual dos tipos de tempo, proposto por Monteiro (1971), por meio do paradigma do ritmo climático. Dessa forma, se faz necessário entender a dinâmica atmosférica do Nordeste brasileiro, em especial a da Costa Leste, onde se situa o estado de Alagoas, para obter maior fidelidade na análise do clima da cidade e suas repercussões no meio urbano.

4.5.1. A DINÂMICA ATMOSFÉRICA DO NORDESTE BRASILEIRO

A região nordeste do Brasil está situada na faixa tropical, aproximadamente entre a latitude 1°S e 18°S e longitude 35°W e 47°W, compondo uma área aproximada de 16.000.000 Km².

Figura 4.12 – Localização geográfica do Nordeste brasileiro.

O Nordeste do Brasil – NEB é uma região de difícil delineamento climático devido à grande variabilidade de seu regime pluviométrico, tanto espacial como temporal. Esse regime, quando normal, é caracterizado principalmente por uma estação relativamente chuvosa, com chuvas abundantes, e um período muito seco de duração variável, quando as chuvas são raras e pouco intensas.

O ritmo climático do NEB pode ser relacionado com o regime pluviométrico da região, visto que a precipitação, nesta área, caracteriza e influencia o comportamento dos outros elementos, como a temperatura e umidade do ar, direção e velocidade dos ventos e partição de energia disponível. São identificados três regimes principais quanto à distribuição espacial e temporal das precipitações¹⁵:

- a. Norte:** compreende o Estado do Ceará, parte do Rio Grande do Norte, Piauí, Maranhão e oeste da Paraíba e Pernambuco. Nesse regime, os índices máximos de precipitação ocorrem durante o outono, enquanto os índices mínimos são registrados na primavera.
- b. Sul:** abrange o estado da Bahia, sul do Maranhão e Piauí norte de Minas Gerais, noroeste do Espírito Santo e extremo sudoeste de Pernambuco. As maiores precipitações ocorrem durante o verão, quando a massa Equatorial Continental traz umidade e chuva para esses setores do NEB. Os menores índices de precipitação são registrados no inverno.
- c. Costa Leste:** delimita a faixa costeira leste estende-se do Rio Grande do Norte ao sul da Bahia. Neste regime, 50% da precipitação anual ocorre de maio a julho, cujo mês de maio é mais representativo. Assim, a maioria dos eventos de precipitação ocorre durante o outono e inverno, enquanto os menores índices pluviométricos são registrados durante a primavera ou verão.

¹⁵ Tenório *apud* Figueiredo (2002) denomina os três regimes pluviométricos do NEB da seguinte forma: (a) regime Equatorial Marítimo, para as chuvas que afetam a região Norte; (b) regime Tropical Continental, para o regime dominante na região Sul; e (c) regime Tropical Marítimo, para o regime da Costa Leste.

Fonte: Adaptado de BERNARDO (1999).

Além dessas regiões, foram observadas áreas onde ocorrem sobreposições de dois períodos de máxima precipitação: [a] a parte central e nordeste da Bahia, com o período chuvoso entre dezembro e maio; [b] a parte costeira da Bahia, com período de máxima precipitação entre dezembro e março; e [c] uma pequena faixa no extremo leste da Paraíba e Rio Grande do Norte, com período de máxima precipitação entre março e maio.

A variabilidade espacial da precipitação de uma região para outra é bastante significativa, com regiões onde a precipitação média anual é da ordem de 500-700mm, ou menor, como verificado no sertão semi-árido [região norte do NEB], enquanto no litoral norte e leste a precipitação anual é da ordem de 2000mm.

Com relação a esta particularidade do NEB, Lima (1991) comenta:

“As causas da grande variabilidade climática no NEB ainda não são completamente entendidas. [...] Ainda é bastante discutível quais os mecanismos dinâmicos que favorecem a atividade pluviométrica no Litoral Leste do NEB [...]. Isso se deve, provavelmente, à diversidade de sistemas da circulação atmosférica, em várias escalas, que atuam nessa região, influenciando seu regime de chuvas, podendo-se destacar os distúrbios de leste, as linhas de instabilidade associadas à brisa marítima e à terrestre, a Alta Subtropical do Atlântico Sul e os sistemas frontais”. p.04.

Observa-se que a dinâmica climática das regiões Norte e Sul são melhores compreendidas, enquanto a estudos sobre o regime da Costa Leste parece ainda não está completamente compreendido. Figueiredo (2002) afirma que:

“A dinâmica que influencia a atividade pluviométrica em regiões do leste do NEB necessita ainda de muitos estudos e observações que devem se tornar contínuos para que possa delinear um padrão. Essa necessidade aumenta em virtude da diversidade de sistemas da circulação atmosférica que atuam no NEB”. p.01.

De acordo com Bernardo (1999), os mecanismos dinâmicos de grande escala são responsáveis por cerca de 60-70% da precipitação registrada no NEB, enquanto os mecanismos de mesoescala e de microescala completam os totais observados.

Compreende por mecanismos de macroescala os sistemas frontais e a e Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, enquanto brisas marítimas e terrestre, perturbações ondulatórias no campo dos alísios e complexos convectivos são considerados sistemas de mesoescala. Os mecanismos de microescala correspondem às circulações orográficas e pequenas células convectivas.

4.5.2. A COSTA LESTE DO NEB

A Costa Leste compreende a faixa costeira leste do NEB, também conhecida como Zona da Mata, que se estende do Rio Grande do Norte até o sul da Bahia. Esta sub-região apresenta clima quente e úmido, totais pluviométricos elevados [da ordem de 1500-2000mm anuais], chuvas máximas de abril a julho [outono e inverno] e um curto período seco na primavera ou verão.

A Costa Leste do NEB está sob o domínio a massa Equatorial Atlântica – mEA¹⁶ durante todo o ano, conforme estudos realizados por Serra (1942) e Nimer (1979). A figura Figura 4.13 mostra o domínio da mEA sobre a faixa costeira leste nas diferentes estações do ano.

¹⁶ A massa Equatorial Atlântica – mEA também é encontrada na literatura com a denominação massa Tropical marítima – mTm.

Figura 4.13 – Domínio sazonal das Massas de Ar na América do Sul.

Fontes: SERRA (1942) e NIMER (1979)

Com relação às propriedades da mEA, Nimer (1979) descreve:

“A mEA compõe-se de duas correntes, uma inferior fresca e carregada de umidade oriunda da evaporação do oceano, e outra superior quente e seca, de direção idêntica, mas separada por uma inversão de temperatura, a qual não permite o fluxo vertical do vapor, assegurando bom tempo. Entretanto, as suas bordas, no *doldrum* ou no litoral do Brasil, a descontinuidade térmica se eleva bruscamente, permitindo a ascensão conjunta de ambas camadas dos alísios, tornando-se instável, provocando fortes chuvas equatoriais e as da costa leste do continente”. p.10.

Observa-se que a mEA é condicionalmente instável na faixa costeira do Brasil devido ao elevado aquecimento da superfície continental, que provoca a ascensão de suas correntes e a conseqüente quebra da inversão térmica. Deste modo, há penetração da corrente inferior [fresca e úmida] na corrente superior [quente e seca], cujo fenômeno ocasiona tempo instável e bastante nebulosidade nessa região.

Embora haja domínio da mEA sobre a Costa Leste do NEB durante todo o ano, as propriedades desta massa de ar não são as únicas determinantes da dinâmica climática dessa região. O clima da faixa costeira possui uma gênese complexa, definida pela influência de diferentes fenômenos atmosféricos, dentre os quais podemos citar como os mais importantes: [a] linhas de instabilidade; [b] perturbações ondulatórias no campos dos alísios; [c] Zona de Convergência Intertropical; e [d] a Zona de convergência do Atlântico Sul.

Além destes mecanismos atmosféricos, existem outros de caráter menos freqüentes, que dão origem à grande variabilidade interanual do NEB e caracterizam os anos anômalos. Dentre esses, podemos citar: [a] Alta da Bolívia e [b] o fenômeno La Niña.

As linhas de instabilidade são um fenômeno gerado pelo deslocamento de sistemas frontais provenientes do sul. Estes sistemas atmosféricos produzem totais pluviométricos superiores a 50mm por dia e rajadas de vento excedendo a 100km/h. Possuem largura de até 170km, comumente apresentando tempo de duração entre 6-12h (Lima, 1991) e são mais comuns durante o período de abril a julho [quadra chuvosa].

Com relação às linhas de instabilidade, Figueiredo (2002) salienta que “*há um importante decréscimo nas taxas anuais de precipitação na zona costeira, entre 12°S e 10°S*”.

Essa observação reforça a importância das linhas de instabilidade como mecanismo de produção de chuva na Costa Leste, visto que tal fenômeno preferencialmente se forma entre a latitude 10°S e 5°S [costa dos estados de Sergipe, Alagoas e Pernambuco].

As linhas de instabilidade também estão associadas ao desenvolvimento dos distúrbios ondulatórios no campo dos alísios¹⁷. Este fenômeno tem sua formação associada à penetração da massa Polar Atlântica - mPA¹⁸ no sul do NEB, com influência no regime de chuvas, sobretudo na faixa costeira leste. De acordo com Bernardo (1999), essas perturbações chegam a penetrar 300-400km para o interior do continente.

As perturbações ondulatórias no campo dos alísios são um fenômeno produzido pelas linhas de instabilidade, localizadas no litoral do NEB, quando um sistema frontal estaciona sobre o estado do Rio de Janeiro, caracterizando um “reforço” dos alísios. Esse sistema avança sob a forma de frentes tropicais, com formação mais ou menos fixa, persistindo durante dois dias na costa, provocando céu encoberto e chuvas contínuas.

Essas perturbações são dissolvidas quando uma nova frente fria chega a São Paulo ou quando o mesmo sistema frontal avança até o sul da Bahia, acarretando aquecimento na costa do NEB, provocando a frontólise¹⁹ desses distúrbios ondulatórios (NIMER, 1979).

Ferreira (1990) observou que os distúrbios ondulatórios no campo dos alísios ocorreram com maior frequência na costa litorânea nos meses de março a maio [outono] e menor ocorrência no período de dezembro a fevereiro [verão]. Observou, ainda, que no outono as ondas foram mais lentas, com velocidade de propagação de 10 m/s, mais curtas, com comprimento de 4300km, e com duração de aproximadamente de cinco dias. No inverno, as ondas foram mais longas [6900 km], propagando-se a uma velocidade de 13 m/s e com duração aproximada de seis dias.

As perturbações ondulatórias sobre o campo dos alísios se propagam a uma velocidade de 8-10° de longitude por dia sobre o oceano, não tendo condições de se desenvolverem devido à forte inversão térmica sempre presente no campo dos alísios [característica da massa Equatorial Atlântica]. Porém, possui a tendência de se intensificarem quando chegam à costa, devido ao aumento da convergência de umidade e ao contraste térmico entre o continente e o oceano. Se estiverem em fase com a brisa marítima [o que

¹⁷ Os distúrbios ondulatórios no campo dos alísios também são denominados, erroneamente, Ondas de Leste.

¹⁸ A massa Polar Atlântica – mPA também é encontrada na literatura com a denominação massa Polar marítima – mPm.

¹⁹ Frontólise caracteriza a dissipação de sistemas frontais.

ocorre com frequência na Costa Leste] sua intensidade pode ser maior e causar totais pluviométricos superiores a 50mm por dia, com rajadas de vento superiores a 180m/s.

Nas imagens de satélites sobre o oceano, essas perturbações aparecem em forma de linhas ou faixa de nuvens estreitas e alternadas, denominadas “trem de ondas”, de cor cinza-escuro, e posteriormente em aglomerados de cúmulos, de cor cinza-claro.

A Zona de Convergência Intertropical – ZCIT trata-se de uma região de confluência dos ventos alísios de nordeste, oriundos do sistema de alta pressão ou anticiclone subtropical do Hemisfério Norte e dos ventos alísios de sudeste, oriundos da Alta Subtropical do Hemisfério Sul. Por ser uma região de ascensão conjunta do ar é caracterizada por uma zona instável, com chuvas e trovoadas. Suas posições extremas no Hemisfério Sul se dão no término do verão [2°S] e no fim do inverno [14°N].

Quanto à influência da ZCIT na Costa Leste do NEB, Bernardo (1999) salienta:

“Embora atue principalmente sobre o norte do nordeste, quando muito ativa, a ZCIT aumenta o gradiente de pressão entre o equador e os subtrópicos. O gradiente aumentado facilita uma maior penetração de sistemas frontais em latitudes equatoriais que produzem mais chuvas sobre a Costa Leste”. p.07.

A Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS corresponde a uma zona de convergência de umidade criada a partir do posicionamento de sistemas frontais sobre a parte central do continente sul-americano [região entre a latitude 25°S e 15°S], com eixo de inclinação variável, no sentido NW-SE, durante a primavera-verão do hemisfério Sul.

De acordo com Molion (1999), foi constatado que em alguns anos a ZCAS migra mais para o Norte, em direção ao equador. Nesses anos anômalos, a ZCAS constitui-se no mecanismo dinâmico mais importante para a produção de chuvas sobre a Costa Leste do NEB, que apresenta seus quatro meses mais chuvosos nesse período [abril-julho]. Segundo o autor, 60% a 70% das chuvas que caem no período mais úmido [abril a julho] são ocasionados pelo deslocamento da Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS, alimentada pela convergência de umidade dos alísios, para sobre o leste do NEB.

Outro importante fenômeno responsável por precipitação na Costa Leste do NEB é a Alta da Bolívia. Seu posicionamento sobre o leste da Amazônia durante os meses de abril e maio e seu posterior deslocamento para noroeste daquela região em junho e julho é fator

principal para ancorar a ZCAS e a convergência de umidade sobre o leste do NEB [zona costeira] e produzir um inverno chuvoso nessa região. Entretanto, em anos em que, durante abril-julho, seu posicionamento fica mais para o oeste e mais para o sul de sua posição normal, a ZCAS fica estacionária sobre o sul do NEB e a Costa Leste apresenta uma estação chuvosa com baixos índices pluviométricos.

Quanto a este fenômeno, Bernardo (1999), conclui:

“O posicionamento da Alta da Bolívia é, portanto, um fator de grande escala decisivo para o inverno da Costa Leste, mesmo em anos anômalos em que o fenômeno ENOS [El Niño - Oscilação Sul] está presente”. p.14.

Com relação à influência do fenômeno La Niña [fenômeno caracterizado pelo resfriamento anormal das águas do Pacífico Centro-oeste], as frentes frias penetram nas latitudes baixas mais frequentemente, sobretudo no litoral da Bahia, Sergipe e Alagoas, provocando chuvas acima da média. Entretanto, em anos de El Niño – Oscilação Sul – ENOS nos índices pluviométricos da Costa Leste, Kane *apud* Bernardo (1999) afirma que a Costa Leste e a região sul do NEB parece não apresentar correlação significativa com o fenômeno.

Com relação aos ventos dominantes na Costa Leste do NEB, sabe-se que o ciclo da pressão está bastante relacionado com a velocidade e direção dos ventos. Podemos identificar cinco tipos de ventos atuantes na faixa costeira leste: (a) nordeste, (b) leste, (c) sudeste, (d) brisa marítima e (e) brisa terrestre ou terral.

- a. Ventos de Nordeste:** esses ventos atuam no período de outubro-novembro a janeiro-fevereiro, quando há o enfraquecimento da zona de Alta do Atlântico Sul, e caracteriza-se pela intensidade do fluxo. Seu predomínio é durante o dia, diminuindo a intensidade pela noite.
- b. Ventos de Leste:** antecipam os ventos de sudeste e atuam de acordo com o recuo do equador térmico [ZCIT], proveniente do fortalecimento das zonas de Alta do Atlântico Sul.
- c. Ventos de Sudeste:** são provenientes dos ventos alísios. Sua atuação se dá entre abril até agosto-setembro e caracteriza-se por mudanças súbitas de golfadas de ar, o que indicam emissões intermitente de “restos” dos sistemas frontais atuantes nas latitudes médias do Brasil, denominadas de perturbações ondulatórias no campo dos alísios.

- d. **Brisa marítima:** são ventos de menor escala, proveniente das diferenças locais de pressão que é estabelecida pelo gradiente térmico entre o oceano e o continente. Sopram durante o dia, quando o continente mais aquecido determina menor pressão sob a orla. Essa está freqüentemente em fase com os alísios.
- e. **Brisa terrestre ou terral:** sobram durante a madrugada, quando o oceano, ao liberar calor, provoca uma região de menor pressão sobre o mar. Esses ventos são mais perceptíveis durante a primavera-verão, quando os alísios de sudeste estão mais fracos devido ao enfraquecimento do centro de ação do Atlântico Sul. São conhecidos por levar os jangadeiros para o alto mar.

Bernardo (1999) salienta que a pressão local diária, em escala microclimática, responsável pelo estabelecimento das brisas marítima e terrestre é bastante significativa, apresentando amplitudes diárias de 15hPa.

Quanto à influência das brisas, o terral gera uma circulação da terra para o mar com movimentos ascendentes, gerando a formação de nuvens, havendo a precipitação próxima a orla marítima se seus topos atingirem uma altura adequada, usualmente 3 a 4 km de altitude. Entretanto, Bernardo (1999) salienta com relação à influência da brisa terrestre sobre as precipitações que *"as brisas, por si só, são mecanismos que produzem chuvas leves e de curta duração. É um mecanismo sempre presente em todo litoral nordestino"*.

Dessa forma, podemos concluir que a dinâmica do clima da Costa Leste do NEB [onde se insere o estado de Alagoas] está associada ao ritmo pluviométrico da região, definido por uma quadra chuvosa, de abril a julho, e uma quadra seca, de outubro a janeiro.

A quadra seca ocorre durante o verão do hemisfério sul, quando há máxima radiação solar incidente e a pressão atmosférica registra os mínimos valores do ciclo anual. Entretanto, vale salientar que esses mínimos de pressão atmosférica são devido ao aquecimento do continente associado ao deslocamento para sudeste do anticiclone do Atlântico Sul, concomitante ao deslocamento da ZCIT para sua posição mais ao sul [2°S]. Porém, o fato das pressões diminuírem não se traduz em aumento de precipitação.

Pode-se concluir, ainda, que os mecanismos dinâmicos mais importantes responsáveis pela precipitação são os sistemas frontais, associados à convergência de umidade transportada do Atlântico Sul pelos ventos alísios, identificada pela ZCAS.

Dessa forma, podemos afirmar que a cidade de Maceió possui ritmo climático sazonal, definido a partir das duas estações: (a) seca [de outubro a janeiro] e (b) chuvosa [de abril a julho].

Na quadra chuvosa há a predominância da massa Equatorial Atlântida – mEA, com predominância da ventilação sudeste [com súbitas mudanças de direção] provenientes da Alta Subtropical do Atlântico Sul, que traz umidade oriunda da ZCAS. O ritmo climático desse período é definido pela frequência de formação das linhas de instabilidade próxima a costa e entradas intermitentes de perturbações no campo dos alísios que acarreta mau tempo, céu encoberto e chuvas contínuas.

Na quadra seca também há a predominância da massa Equatorial Atlântica, contudo esta se encontra mais quente devido ao avanço da ZCIT para sua posição mais ao Sul, possibilitando a penetração dos ventos quentes de nordeste, provenientes do anticiclone dos Açores. O ritmo climático desse período é definido pela pouca frequência de formação de linhas de instabilidade próximas à costa, de forma a favorecer condições de céu claro com pouca ou nenhuma nebulosidade e o conseqüente aumento da incidência da radiação solar. Nesse período observa-se, também, o incremento das brisas terrestres que favorece as precipitações locais de curta duração durante a madrugada.

PARTE 2 –
A INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento da presente investigação compreenderam cinco etapas distintas. A primeira etapa consistiu no levantamento de dados na forma conceitual-teórica por meio de pesquisa bibliográfica, a qual fundamenta a primeira parte deste trabalho. Nessa etapa, procurou abordar aspectos teóricos sobre a problemática urbana e sua relação com o clima local; a concepção de clima urbano e sua análise por meio do paradigma preconizado por Monteiro (1973) – o ritmo climático; o papel das áreas verdes na cidade e os benefícios ambientais advindos de sua presença na malha urbana; e, por fim, caracterização da cidade de Maceió, que permitiu traçar perfil fiel do ecossistema de estudo da investigação experimental.

Essa etapa abarcou, ainda, a compreensão da gênese do clima de Maceió, por meio da abordagem dinâmica do comportamento climático, subsidiado pela identificação das massas de ar e dos fenômenos atmosféricos da Costa Leste no NEB, correlacionando-os com os dados fornecidos pelas Normais Climatológicas de 1961 a 1990.

A segunda etapa consistiu na realização de observações em campo, com apoio da base cartográfica da cidade, de forma que fosse possível identificar áreas verdes na malha urbana com presença significativa de vegetação, assim como áreas propícias ao desenvolvimento do fenômeno de ilha de calor urbano, onde as feições iniciais do clima fossem alteradas por atributos da morfologia urbana. Esse procedimento objetivou subsidiar a escolha de unidades amostrais urbanas significativas para identificação da influência das áreas verdes nas características higrótérmicas dos recintos urbanos.

A terceira etapa objetivou o monitoramento das unidades amostrais urbanas, definidas na fase anterior, com registros de valores de temperatura e umidade do ar, por meio de termômetros digitais da Lutron, modelo LM 8000, previamente aferidos.

A quarta etapa da pesquisa consistiu na definição do período de análise, com vistas a identificar os episódios representativos do fato climático de inverno, de forma a alcançar melhor precisão e representatividade dos resultados obtidos por meio de investigação experimental.

A última etapa consistiu na análise e discussão dos resultados obtidos, com vistas a confirmação da hipótese levantada sobre o papel da vegetação urbana como elemento atenuador do rigor térmico em ambientes urbanos.

5.2. ESCOLHA DAS UNIDADES AMOSTRAIS URBANAS

A partir de observações em campo, realizadas por meio de percursos em diferentes bairros da cidade com auxílio da base cartográfica da malha urbana, procurou-se estabelecer unidades amostrais em áreas verdes com presença significativa de vegetação e áreas propícias ao desenvolvimento do fenômeno de ilha de calor urbano, que fossem representativas na identificação da influência das áreas verdes nas características higrótérmicas dos recintos urbanos.

Observou-se que esse estudo é complexo, visto que diversos fatores afetam os elementos climáticos a serem observados, como morfologia e estrutura urbanas, densidade populacional e de edificações, topografia do sítio, intensidade do fluxo de veículos e pedestres, entre outros fatores geradores de calor.

Para superação desse obstáculo, optou-se por adotar a metodologia usada por SHASHUA-BAR & HOFFMAN (2000), cuja análise do comportamento térmico dos espaços com presença de vegetação foi obtida por meio de dados coletados no recinto em estudo e sua correlação com um ponto de referência, sem presença de vegetação e estrutura urbana similar, determinado a uma proximidade de 50 a 100 metros do recinto em análise.

Dessa forma, foram definidas unidades amostrais urbanas ao longo de transsecto, as quais não superassem distância superior a 200m e, ainda assim, pudessem apresentar morfologia e estrutura urbanas distintas entre si.

Com apoio da base cartográfica da cidade e as observações em campo, optou-se por delimitar o transsecto no bairro da Jatiúca, seguindo o traçado da rua Soldado Eduardo dos Santos em direção ao Loteamento Stella Maris. Esse traçado possibilitou a definição de nove

unidades amostrais urbanas com diferentes aspectos de uso e ocupação do solo, altura e densidade das edificações circundantes, relação entre quantidade de massa edificada e massa arbórea e fluxo de veículos, além de proporcionar a investigação de três áreas verdes, de conformação variada, e uma área entre prédios de considerável vegetação.

Outro fator indutor a escolha do bairro da Jatiúca para a investigação experimental deve-se ao fato que a região é foco da atual especulação imobiliária, com forte tendência à verticalização de suas construções. Além disso, o bairro localiza-se na planície litorânea, de geomorfologia plana e cota de embasamento de 6,00m acima do nível do mar.

Figura 5.1 – Localização do bairro da Jatiúca na cidade de Maceió e parcelamento do bairro.
Fonte: Coordenadoria de Geoprocessamento, Secretaria Municipal do Controle do Convívio Urbano, 2004.

Mediante essas considerações, foi estabelecido um ponto de monitoramento para cada unidade amostral. A Figura 5.2 mostra o transsecto definido e as unidades amostrais urbanas ao longo do eixo.

Figura 5.2 – Localização dos pontos de monitoramento ao longo do transsecto delimitado.

O transsecto delimitado corta transversalmente três áreas verdes [pontos 4, 6 e 8] e uma área arborizada entre edifícios de um conjunto habitacional [ponto 3]. A Figura 5.3 apresenta perfil esquemático do transsecto com a localização dos nove pontos de monitoramento.

Figura 5.3 – Perfil esquemático do transsecto delimitado com os nove pontos de monitoramento [sem escala].

5.3. AS UNIDADES AMOSTRAIS URBANAS

▪ PONTO 1 – RUA SOLDADO EDUARDO DOS SANTOS

A rua Soldado Eduardo dos Santos é via de ligação entre os bairros da Jatiúca e Ponta Verde. Trata-se de via com intenso fluxo de veículos, sendo, ainda, corredor de transporte coletivo. O uso do solo é misto, com forte expansão do comércio. A ocupação dos lotes pela edificação é quase total, com reduzido recuo frontal e ausência de recuo nas laterais. As edificações circundantes possuem até dois pavimentos, com exceção de duas edificações residenciais com quatro pavimentos. Ao longo da rua não há vazios urbanos e observa-se pouca vegetação arbórea nas calçadas. A pista de rolamento possui largura de 8 metros e os passeios apresentam 4 metros de largura em ambos os lados.

A Figura 5.4 evidencia a configuração urbana da rua Soldado Eduardo dos Santos.

Figura 5.4 – Rua Soldado Eduardo dos Santos.

▪ PONTO 2 – AVENIDA DR. JÚLIO MARQUES LUZ

A Avenida Dr. Júlio Marques Luz é importante via de ligação entre a parte alta da cidade e a orla marítima. Dessa forma, apresenta intenso tráfego de veículos durante todo o dia, sendo, também, corredor de transporte coletivo. O uso do solo é predominantemente comercial, com poucas residências. Os edifícios ocupam toda a área do lote, com ausência de recuos seja frontal seja laterais, e possuem altura máxima de dois pavimentos, com exceção de um edifício residencial com quatro pavimentos. Constata-se, ainda, a ausência de vazios urbanos e presença de vegetação arbórea. A pista de rolamento possui 10 metros de largura e os passeios apresentam 3,50 metros de largura em ambos os lados.

A Figura 5.5 ilustra a configuração urbana da Avenida Dr. Júlio Marques Luz.

Figura 5.5 – Avenida Dr. Júlio Marques Luz.

▪ **PONTO 3 – CONJUNTO CASTELO BRANCO**

O Conjunto Castelo Branco foi construído em 1970, destinado à população de classe média baixa. Os edifícios são compostos em blocos geminados de quatro pavimentos. Essa configuração favorece a existência de espaços livres de uso comum entre blocos, os quais apresentam significativa vegetação arbórea, como mostra a Figura 5.6.

Figura 5.6 – Conjunto Castelo Branco.

Para o fragmento do conjunto escolhido como unidade amostral urbana, os espaços arborizados entre os blocos apresentam largura de 30 metros, em solo nu, com algumas gramíneas espaçadas e está margeado pelas travessa Santo Amaro e rua Dr. Aristeu Lopes. Ambas as vias apresentam tráfego reduzido de veículos e pedestre.

▪ **PONTO 4 – AVENIDA DR. ANTÔNIO GOMES DE BARROS**

A Avenida Dr. Antônio Gomes de Barros se diferencia das demais vias do bairro devido à presença de canteiro central bastante arborizado. Trata-se de via de ligação entre a orla marítima e o shopping. Dessa forma, apresenta intenso tráfego de veículos e pedestres, além de ser corredor de transporte coletivo.

O uso do solo é misto, com tendência crescente à comercialização. As edificações circundantes são predominantemente horizontais de até dois pavimentos, com exceção do Conjunto Castelo Branco que margeia a avenida em um dos lados. Cada pista de rolagem e o canteiro central apresentam 7 metros de largura, totalizando 21 metros entre calçadas. O passeio dos lotes do Conjunto Pratagy [a direita da Figura 5.7] possui 4 metros de largura. O passeio do lado esquerdo da avenida é integrado com a área de uso comum do Conjunto Castelo Branco, o qual apresenta 24 metros de largura, para o fragmento escolhido como unidade amostral urbana.

Figura 5.7 – Avenida Dr. Antônio Gomes de Barros.

▪ **PONTO 5 – TRAVESSA SANTO AMARO**

A travessa Santo Amaro é uma das vias do Conjunto Pratagy, implantado em 1973, e interliga o Conjunto Castelo Branco e a Avenida Dr. Antônio Gomes de Barros ao loteamento Stella Maris. Trata-se de uma via de tráfego local, com fluxo moderado, seja de veículos seja de pedestre. O uso do solo apresenta predominância residencial, com exceção de alguns pontos de pequeno comércio.

Por se tratar de uma via transversal, encontra-se circundada pelas laterais das edificações, as quais não apresentam recuos. A travessa apresenta pista de rolamento com largura de 8,50 metros e passeios estreitos com 1,50 metros, que dificulta a presença de vegetação arbórea.

Figura 5.8 – Travessa Santo Amaro.

▪ **PONTO 6 – ÁREA VERDE DO CONJUNTO PRATAGY**

A área verde do Conjunto Pratygy se diferencia das demais áreas verdes devido à sua extensão [aproximadamente 745 metros] e sua largura [com variação entre 30 metros, em sua faixa mais larga, a 18 metros]. Outro fator relevante é o porte da vegetação arbórea presente ao longo de toda área. Entretanto, evidencia-se a falta de critérios de planejamento e ausência de urbanização, apesar da implantação do conjunto datar de 1973.

A área verde é margeada por pelas avenidas Luiz Ramanho de Castro e Empresário Carlos da Silva Nogueira. Ambas avenidas possuem considerável tráfego de veículos, por ser uma das vias de interligação entre a orla da praia da Jatiúca ao Shopping Center, embora não seja corredor de transporte coletivo.

O uso do solo é predominantemente residencial, com presença de edificações de até dois pavimentos, para o fragmento escolhido como unidade amostral urbana. Nota-se, entretanto, a presença de alguns prédios com mais de oito pavimentos ao longo da área verde, resultado da crescente especulação imobiliária na região.

O fragmento da área verde escolhido apresenta 30 metros de largura, com solo coberto por gramíneas, e circundado por pista de rolagem com 7,50 metros de cada lado. A Figura 5.9 ilustra a configuração urbana da área verde do Conjunto Pratygy.

Figura 5.9 – Área verde do Conjunto Pratygy.

▪ **PONTO 7 – RUA WALFRIDO ROCHA**

A rua Walfrido Rocha é uma das vias do loteamento Stella Maris. O loteamento se diferencia dos demais no bairro por conceber ruas sem saídas, terminadas em *cul-de-sac*. Dessa forma, a rua apresenta baixo tráfego de veículos.

O uso do solo é de predominância residencial, com edificações de até dois pavimentos. Existe, entretanto, pequenos comércios e serviços, como boutiques e academias de ginástica. As edificações circundantes possuem recuos frontais e laterais e nota-se, ainda, a existência de vazios urbanos. A pista de rolamento apresenta 6 metros de largura, circundada por passeios com 2,70 metros, de ambos os lados.

A rua se caracteriza, também, pela ausência de vegetação arbórea, apesar da largura dos passeios. A Figura 5.10 ilustra a configuração urbana da rua Walfrido Rocha.

Figura 5.10 – Rua Walfrido Rocha.

▪ PONTO 8 – ÁREA VERDE DO LOTEAMENTO STELLA MARIS

A área verde do loteamento Stella Maris assinala área exclusiva à circulação de pedestres, concebendo uma faixa de aproximadamente 1,3 km, a qual liga a orla marítima da Jatiúca a Avenida Dona Constança, nas proximidades do Shopping Center.

A área verde é concebida por meio da interrupção das vias do loteamento por *cul-de-sac*, o que aumenta seu potencial como área de lazer e recreação para população. Nota-se, entretanto, a falta de urbanização e critério de planejamento da vegetação arbórea, apesar do loteamento datar de 1976.

Em meados de 2004, deu início a urbanização no trecho da área verde que margeia a orla marítima. Entretanto, o fragmento escolhido como unidade amostral urbana encontra-se próximo a Avenida Dona Constança, fora, portanto, do trecho urbanizado.

O uso do solo é predominantemente residencial, de edificações com até dois pavimentos. Entretanto, nota-se forte tendência ao surgimento de edifícios com mais de oito pavimentos ao longo da área verde, o que evidencia a crescente especulação imobiliária na região.

A área verde apresenta largura de 50 metros, com solo nu devido ao tráfego de pedestres e presença de gramíneas nas laterais. A vegetação arbórea é pontual, não se estendendo ao longo da área verde. A Figura 5.11 mostra a configuração urbana dessa unidade amostral urbana.

Figura 5.11 – Área verde do loteamento Stella Maris.

▪ PONTO 9 – RUA JOSÉ CARNEIRO DA CUNHA SARMENTO

Assim como a rua Walfrido Rocha, a rua José Carneiro da Cunha é uma das vias do loteamento Stella Maris e apresenta baixo tráfego de veículos. O uso do solo é residencial em sua totalidade, todavia, com presença de edifícios de até quatro pavimentos do tipo pilotis. As demais edificações circundantes possuem recuos frontais e laterais e nota-se, ainda, a existência de vazios urbanos. A pista de rolamento apresenta 6 metros de largura, circundada por passeios com 2,70 metros, de ambos os lados.

A rua se diferencia das demais do loteamento pela presença de vegetação arbórea. A Figura 5.12 mostra sua configuração urbana.

Figura 5.12 – Rua José Carneiro da Cunha Sarmento.

5.4. MONITORAMENTO DAS UNIDADES AMOSTRAIS URBANAS

Após a definição das unidades amostrais urbanas foi realizado monitoramento dos valores higrotérmicos nos pontos determinados. Esse procedimento consistiu na terceira etapa da pesquisa e pauta-se em Monteiro (1976) ao afirmar que *"a pesquisa do clima da cidade implica obrigatoriamente em observação complementar fixa permanente, bem como o trabalho de campo com observações móveis e episódicas."*

Dessa forma, a investigação experimental objetivou analisar o comportamento térmico de ambientes urbanos durante o inverno, quando as temperaturas médias das máximas são menos elevadas, visto que se procurou dar continuidade a investigação realizada por BARBOSA (2002). Assim, o monitoramento dos dados higrotérmicos, nas unidades amostrais urbanas, foram realizados durante 20 dias [entre os dias 11 e 30] do mês de junho, período característico da quadra chuvosa na Costa Leste do NEB.

Os registros dos dados de temperatura e de umidade relativa do ar foram efetuados com uso de termômetros digitais da Lutron, modelo LM 8000, previamente aferidos, nos nove pontos descritos no item anterior. Para registro de umidade relativa o equipamento apresenta faixa de 10 a 95%, com resolução de 0,1% e precisão de $\pm 4\%$, se umidade relativa menor que 70%, e 1,2%, se maior ou igual a 70%. Para registro de temperatura do ar foram usados termopares tipo K, de fabricação da Fluke, com faixa de temperatura de 0 a 50°C, com precisão de $\pm 0,7^\circ\text{C}$. Os termopares foram conectados ao termômetro digital, como mostra a Figura 5.13.

Os registros das variáveis térmicas e higrométricas nos pontos de monitoramento foram tomados simultaneamente, nos horários: 9h00, 15h00 e 21h00. Esses horários coincidem com os indicados pela OMM para registro nas estações meteorológicas e são suficientes para abranger o universo temporal que representa as variáveis higrotérmicas ao longo do dia na cidade, visto a reduzida amplitude térmica diária.

Foram tomados, ainda, alguns cuidados quanto ao uso do equipamento durante a coleta dos dados, de modo a não comprometer a aferição dos registros. Assim, os instrumentos foram locados a 1,50m do solo, objetivando o registro dos dados na altura dos usuários urbano, protegidos da insolação direta e guardando a distância mínima de 1,50m dos muros das edificações circunvizinhas, para evitar a influência de radiação. A Figura 5.14 ilustra o uso do equipamento durante o período de monitoramento.

Figura 5.13 – Higrotermometro da marca Lutron e termopar tipo K, utilizados na investigação experimental nos pontos de monitoramento.

Figura 5.14 – Registro de dados higrotérmicos com o uso do higrotermômetro.

Com os dados coletados nos pontos monitorados, foi criado um banco de dados com os valores higrotérmicos registrados nas unidades amostrais urbanas, de forma a possibilitar a análise das diferenças de temperatura e de umidade do ar ao longo do transsecto, nos horários de registro.

Os valores de referência foram obtidos com registros automáticos de dados de temperatura e de umidade do ar – relativa e absoluta, por meio de *datalogger* Hobo, modelo H8, de fabricação da Onset Corporation, com intervalo de registros de dados a cada hora.

O sensor Hobo possui dois canais [temperatura e umidade do ar], com faixa de temperatura de -20°C a $+70^{\circ}\text{C}$, e faixa de precisão de $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$ a 20°C , resolução de $0,4^{\circ}\text{C}$ a 20°C . Para registro de umidade relativa o sensor apresenta faixa de 25% a 95% RH a 25°C , precisão de $\pm 5\%$ e faixa de operação de $+5^{\circ}\text{C}$ a $+50^{\circ}\text{C}$.

Figura 5.15 – Sensor HOBO, modelo H8, utilizado na investigação.

O equipamento foi instalado em área aberta de uma igreja, localizada no loteamento Stella Maris, próximo ao transsecto definido.

Figura 5.16 – Área aberta da igreja onde foi instalado o datalogger Hobo, para registro de referência.

5.5. PERÍODO DE ANÁLISE

A quarta etapa da pesquisa consistiu na definição do período de análise. Nesta etapa foi fundamental a compreensão do ritmo climático da cidade, com vistas a identificar os episódios representativos do fato climático de inverno. A identificação dos episódios tem por fito maior precisão e representatividade dos resultados obtidos por meio de investigação experimental.

Assim, levou-se em consideração na caracterização do ritmo climático observação diária dos elementos climáticos, considerando o paradigma rítmico, preconizado por Monteiro (1971), o qual considera que:

“o ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo.” [grifo nosso].

Baseado neste princípio, observou-se que o ritmo climático do período de inverno, em Maceió, é definido pelas freqüentes formações de linhas de instabilidade próxima à costa e entradas intermitentes de perturbações no campo dos alísios, como descrito no item 5.4.2. A ocorrência desses fenômenos, que avança sob a forma de frentes tropicais, confere atmosfera instável, com elevada nebulosidade, chuvas contínuas e baixa amplitude térmica diária e está inter-relacionada com o domínio de sistemas frontais sobre a região do Sudeste brasileiro.

O mau tempo atribuído pela entrada das perturbações no campo dos alísios tem duração média de dois dias (BERNARDO, 1999). Após esse período, as condições meteorológicas retornam gradualmente as condições iniciais da mEA, caracterizada pela estabilidade atmosférica, até a formação de novas linhas de instabilidade na costa. A alternância entre condições estáveis da mEa e a formação das linhas de instabilidade e avanço de novas perturbações ondulatórias no campo dos alísios assinala a sucessão habitual dos tipos de tempo no inverno.

Com o intuito de identificar a dinâmica atmosférica na cidade de Maceió, no período em análise, foram usadas as observações meteorológicas da estação climática do Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares, cedidas pelo Serviço de Proteção ao Vôo – SPV, Divisão de Meteorologia do Ministério da Aeronáutica.

O aeroporto se localiza a latitude 9°31'S e 35°47'W e altitude 117 metros acima do nível do mar, na região do Tabuleiro e as observações meteorológicas são registrados por estação automática, SEM 2 A, de fabricação da HOBECO, com sensores de vento – força e direção – localizados a 10 metros de altura e sensores de temperatura e umidade do ar dispostos a 2 metros de altura do solo. Existe, ainda, instrumentação convencional composta de abrigo meteorológico, com termômetro de bulbo seco e de bulbo úmido, localizado ao lado da pista de pouso e decolagem; barômetro aneróide e barômetro de cuba de mercúrio, localizados dentro do escritório do setor de meteorologia, e um pluviógrafo próximo à torre de controle.

De posse dos registros meteorológicos foi possível identificar a dinâmica atmosférica regional do mês de junho de 2005. O período de recorte adotado para análise da investigação experimental se caracteriza pela fase em que a mEa apresenta suas características habituais, no qual a atmosfera adquire as características climáticas locais, com céu claro e elevação nos valores de temperatura do ar. O Gráfico 5.1 mostra o comportamento dos valores de temperatura e umidade relativa do ar entre os dias 20 de junho a 02 de julho de 2005.

Gráfico 5.1 – Valores de temperatura do ar e umidade relativa do período entre 20/06/05 e 02/07/05.

De acordo com o Gráfico 5.1, pode-se perceber que a atuação de perturbações ondulatórias no campo dos alísios ocorre em dois momentos: [1] no dia 25 de junho, quando a amplitude térmica fica em 3,1°C, com a máxima diária de 25,6°C e a mínima de 22,5°C; e umidade média de 84,2%; e [2] no dia 01 de julho, quando apresenta amplitude térmica de 4,2°C, com máxima de 26,0°C e mínima de 21,7°C e umidade relativa média de 78,7%.

A Figura 5.17 mostra imagens da América do Sul captadas pelo satélite GOES entre os dias 24 e 26 de junho de 2005, nas quais observa-se o estado da atmosfera na Costa Leste do NEB. É possível visualizar a formação de linhas de instabilidade na Costa Leste do NEB, proveniente do avanço do sistema frontal em direção ao Sul da Bahia.

Figura 5.17 –Imagens da América do Sul captadas pelo satélite GOES, nos dias (i) 24/06/05, 18h00 UTC; (ii) 25/06/05, 06h00 UTC; (iii) 25/06/05, 18h00 UTC; e (iv) 26/06/05, 06h00 UTC.

Fonte: INPE (2005)²⁰

²⁰ Disponível em: <http://satellite.cptec.inpe.br>

A Figura 5.18 mostra imagens da América do Sul captadas pelo satélite GOES entre os dias 01 e 02 de julho de 2005, nas quais observa-se o estado da atmosférica com nova formação de linhas de instabilidade na Costa Leste do NEB, provocando chuva e alta nebulosidade.

Figura 5.18 –Imagens da América do Sul captadas pelo satélite GOES, nos dias (i) 01/07/05, 06h00 UTC; e (ii) 18h00 UTC; e no dia (iii) 02/07/05, 06h00 UTC; e (iv) 18h00 UTC.

Fonte: INPE (2005)

A partir desse exame foram tomados os dias 28, 29 e 30 de junho, cujos valores de temperatura máxima diária, temperatura mínima diária e temperatura média diária permitem adotá-los como dias representativos de inverno, para o mês de junho, pautado nos valores das Normais Climatológicas de 1961 a 1990 como referência de análise.

O Gráfico 5.2 apresenta o recorte do comportamento higrotérmico para a fase em que a mEa apresenta suas condições iniciais – caracterizada pela estabilidade atmosférica – entre os episódios de perturbações ondulatórias no campo dos alísios ocorridos em 25 de junho e em 01 de julho de 2005.

Gráfico 5.2 – Recorte dos dados de temperatura e umidade do ar no período de tropicalização da massa, entre os dias 28 a 30/06/05.

Os três dias selecionados foram analisados separadamente, de modo possibilitar a avaliação do comportamento dos elementos fundamentais do clima em "*unidades de tempo cronológico diário*", como preconiza Monteiro (1971).

- Dia 28 de Junho de 2005

O Gráfico 5.3 apresenta o comportamento dos valores de temperatura e de umidade relativa do ar para o dia 28 de junho e os correlaciona com as médias das máximas, médias das mínimas e médias diárias dos valores de temperatura do ar, de acordo com as Normais Climatológicas de 1961 a 1990.

Gráfico 5.3 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e de umidade relativa, a cada hora, no dia 28/06/05, na área de estudo.

De acordo com os dados registrados pelo SPV, o dia 28 de junho apresentou máxima de 28,2°C e mínima de 21,2°C, para os valores de temperatura do ar. Esses valores são bastante similares à média das máximas [27,6°C] e média das mínimas [21,3°C] apontadas pelas Normais Climatológicas.

A média diária da temperatura do ar foi de 24,4°C, com amplitude térmica de 7,0°C. Esses valores também são compatíveis com a média estatística, a qual correspondem 24,3°C e 6,3°C para média diária e amplitude térmica, respectivamente.

A média diária dos índices de umidade relativa do ar apresentada no dia 28 [88,3%] indica que esse dia foi mais úmido que a média estatística [79,6%]. Esse resultado se deve ocorrência de precipitação no final do dia, como mostra o Gráfico 5.4.

Gráfico 5.4 – Precipitação, a cada hora, no dia 28/06/05, na área de estudo.

A Figura 5.19 mostra o comportamento atmosférico da Costa Leste do NEB no dia 28 de junho de 2005. Observa-se que nesse dia a região da Costa Leste onde está localizado o Estado de Alagoas apresenta atmosfera estável.

Figura 5.19 –Imagens da América do Sul captadas pelo satélite GOES, no dia 28/06/05, (i) 06h00 UTC; (ii) 12h00 UTC, e (iii) 18h00 UTC; e (iv) no dia 29/06/05, 00h00 UTC.

Fonte: INPE (2005)

▪ Dia 29 de Junho de 2005

O Gráfico 5.5 apresenta o comportamento dos valores de temperatura e de umidade relativa do ar para o dia 29 de junho e os compara com as médias das máximas, médias das mínimas e médias diárias dos valores de temperatura do ar, de acordo com as Normais Climatológicas.

Gráfico 5.5 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e de umidade relativa, a cada hora, no dia 29/06/05, na área de estudo.

Os registros mostram que o dia 29 de junho apresentou máxima de 28,4°C e mínima de 22,2°C, para os valores de temperatura do ar. Esses dados evidenciam que esse dia foi um pouco mais quente que o habitual apontado pelas Normais Climatológicas. Apresenta, portanto, uma diferença de 0,8°C, com relação à média das máximas, e 0,9°C, com relação à média das mínimas. Entretanto, a média diária foi de 24,7°C, com amplitude térmica de 6,2°C. Ou seja, próximo aos valores estatísticos, que apontam 24,3°C e 6,3°C para a média diária e amplitude térmica, respectivamente. A média diária dos índices de umidade relativa do ar apresentada no dia 29 [79,7%] esteve próxima ao índice apontado pelas Normais Climatológicas [79,6%], com ocorrência de precipitação apenas durante a madrugada e céu claro durante todo o dia. O Gráfico 5.6 mostra a precipitação ocorrida no dia 29, de acordo com os registros do SPV.

Gráfico 5.6 – Precipitação, a cada hora, no dia 29/06/05, na área de estudo.

A Figura 5.20 mostra o comportamento atmosférico da Costa Leste do NEB no dia 29 de junho de 2005, que apresenta atmosfera estável, com baixa nebulosidade.

Figura 5.20 –Imagens da América do Sul captadas pelo satélite GOES, no dia 29/06/05, (i) 06h00 UTC; (ii) 12h00 UTC, e (iii) 18h00 UTC; e (iv) no dia 30/06/05, 00h00 UTC.

Fonte: INPE (2005)

▪ Dia 30 de Junho de 2005

O Gráfico 5.7 apresenta o comportamento dos valores de temperatura e de umidade relativa do ar para o dia 30 de junho e os correlaciona com as médias das máximas, médias das mínimas e médias diárias dos valores de temperatura do ar, de acordo com as Normais Climatológicas.

Gráfico 5.7 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e de umidade relativa, a cada hora, no dia 30/06/05, na área de estudo.

Os dados registrados durante o dia 30 de junho revela máxima de 28,2°C e mínima de 21,6°C, para os valores de temperatura do ar. Esses valores apontam que o dia 30 também foi mais quente que o habitual, apontado pelas médias estatísticas. Entretanto, a média diária foi de 24,5°C, com amplitude térmica de 6,6°C. Ou seja, próximo aos valores apontados pelas Normais Climatológicas [24,3°C e 6,3°C para média diária e amplitude térmica, respectivamente]. A média diária dos índices de umidade relativa do ar também esteve próxima à média estatística. O índice médio registrado pelo SPV foi de 83,6% de umidade relativa do ar, um pouco superior à média de 79,6%, apontada pelas Normais Climatológicas.

O Gráfico 5.8 apresenta a ausência de precipitação durante todo o dia, com ocorrência de pouca precipitação no início da noite.

Gráfico 5.8 – Precipitação, a cada hora, no dia 30/06/05, na área de estudo.

A Figura 5.20 mostra o comportamento atmosférico da Costa Leste do NEB no dia 29 de junho de 2005, que apresenta atmosfera estável e antecede a entrada das perturbações ondulatórias no campo dos alísios, que ocorre no dia seguinte.

Figura 5.21 –Imagens da América do Sul captadas pelo satélite GOES, no dia 30/06/05, (i) 06h00 UTC; (ii) 12h00 UTC, e (iii) 18h00 UTC; e (iv) no dia 01/07/05, 00h00 UTC.

Fonte: INPE (2005)

A tabela abaixo compara os valores das Normais Climatológicas de 1960-1990 com os valores de temperatura do ar, registrados pelo SPV, nos dias analisados.

Tabela 5.1 – Comparativo entre os valores experimentais e estatísticos do mês de junho, em relação ao clima da cidade de Maceió.

	Normais Climatológicas 1961-1990	28/06/2005	29/06/2005	30/06/2005
t mín.	21,3 °C	21,2 °C	22,2 °C	21,6 °C
t méd.	24,3 °C	24,4 °C	24,7 °C	24,5 °C
t máx.	27,6 °C	28,2 °C	28,4 °C	28,2 °C
Δt	6,3 °C	7,0 °C	6,2 °C	6,6 °C

Fonte: Normais Climatológicas de 1961-1990 e Serviço de Proteção ao Vôo, Ministério da Aeronáutica.

De acordo com a análise realizada, se observou que o dia 29 pode ser tomado como mais adequado para análise comparativa do comportamento térmico de unidades amostrais urbanas e, dessa forma, se caracteriza dentro do conceito de dia típico experimental, de acordo com Vecchia (2005). Entretanto, para a presente investigação, optou-se por analisar o comportamento térmico nos três dias, visto que o período de 28 a 30 de junho se enquadra no comportamento de dias representativos de inverno.

Por fim, a última etapa do procedimento metodológico consistiu na análise e na discussão dos resultados obtidos, com vistas a compreender e identificar o papel das áreas verdes urbanas como elemento de amenização do estresse térmico na cidade, e, dessa forma, favorecendo a qualidade térmica dos espaços urbanos.

6. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Os gráficos a seguir apresentam os resultados obtidos por meio do monitoramento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar nas unidades amostrais urbanas, nos dias 28 a 30 de junho de 2005. Os resultados apresentam os registros nos horários 9h00, 15h00 e 21h00.

▪ Dia 28 de Junho de 2005

O Gráfico 6.1 mostra o comportamento higrotérmico no bairro da Jatiúca, tomados a cada meia hora, no dia 28 de junho de 2005.

Gráfico 6.1 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa, tomados como referência, a cada meia hora, no dia 28/06/05, no bairro da Jatiúca.

A Tabela 6.1 mostra o resultado do monitoramento das nove unidades amostrais urbanas, no dia 28 de junho de 2005.

Tabela 6.1 – Valores higrotérmicos registrados nos pontos de monitoramento nos horários 9h00, 15h00 e 21h00, dia 28/06/05.

	9h00			15h00			21h00			
	tbs (°C)	UR (%)	Abs (g/m ³)	tbs (°C)	UR (%)	Abs (g/m ³)	tbs (°C)	UR (%)	Abs (g/m ³)	Δt (°C)
1	29,2	56,1	16,4	32,1	58,6	20,0	27,1	71,7	18,6	5,0
2	31,0	51,9	16,7	31,1	58,7	19,0	27,2	72,8	19,0	3,9
3	28,0	59,0	16,1	28,9	61,3	17,6	27,0	72,9	18,8	2,0
4	28,7	55,8	15,8	29,2	61,4	17,9	26,7	71,6	18,2	2,6
5	29,5	55,9	16,6	29,4	64,6	19,1	26,6	73,0	18,5	2,8
6	28,5	55,9	15,7	29,7	59,9	18,0	26,6	71,0	18,0	3,1
7	29,0	59,2	17,1	30,1	60,8	18,6	26,7	72,2	18,4	3,4
8	28,0	61,4	16,8	29,9	59,3	18,0	26,7	69,4	17,6	3,2
9	29,5	60,8	18,0	31,2	55,3	18,0	27,0	69,9	18,1	4,2
A	27,5	67,0	17,8	26,1	78,0	19,2	22,9	98,0	20,1	7,0
R	27,9	64,7	17,6	28,3	71,4	19,8	24,4	89,9	20,1	5,5

tbs – temperatura de bulbo seco;

UR – umidade relativa do ar;

Abs – umidade absoluta do ar,

A – dados da estação do Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares;

R – dados de referência, obtidos por meio de sensor Hobo no bairro da Jatiúca,

Δt – diferença de temperatura entre os valores registrados às 15h00 e 21h00 nos pontos de monitorados e amplitude térmica diária para os dados da estação do aeroporto e os dados de referência do bairro de Jatiúca.

O Gráfico 6.2 mostra o comportamento dos valores de temperatura do ar ao longo do transsecto, no horário de 9h00.

Gráfico 6.2 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 28/06/05, às 9h00.

No horário de 9h00 já é possível observar diferença nos valores de temperatura do ar entre os pontos monitorados. O Gráfico 6.2 mostra que os pontos de monitoramento com presença de vegetação apresentam menor aquecimento, enquanto os demais pontos apresentam tendência de valores de temperatura do ar mais elevados.

O valor mínimo absoluto de temperatura do ar, do período monitorado, foi registrado nos pontos 3 e 8 [28,0°C] e o valor máximo absoluto foi registrado no ponto 2 [31,0°C]. Esse resultado apresenta diferença térmica de 3°C entre os três pontos.

O acentuado aquecimento no ponto 2 pode ser justificado pela densidade de sua estrutura urbana e pelo intenso tráfego de veículos desde o início da manhã, enquanto o ponto 3 trata-se de uma área entre prédios com bastante vegetação arbórea, que propicia significativo sombreamento durante o dia. O ponto 8 se constitui de uma área verde bastante arborizada, também com significativo percentual de sombreamento.

Os demais pontos vegetados apresentaram valores de temperatura do ar com pequena diferença entre si. Dentre esses pontos, a máxima absoluta não ultrapassou o valor de 28,7°C, registrado no ponto 4. Salienta-se, entretanto, que o ponto 4 corresponde ao canteiro central da avenida Dr. Antônio Gomes de Barros.

Em contrapartida, os pontos sem presença de vegetação apresentaram grande diferença entre si com relação aos valores de temperatura do ar registrados. Esse fato denota a influência da estrutura urbana no comportamento térmico dos recintos urbanos.

O Gráfico 6.3 apresenta o comportamento dos valores de temperatura do ar nas nove unidades amostrais urbanas, no horário de 15h00.

Gráfico 6.3 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 28/06/05, às 15h00.

O Gráfico 6.3 permite observar que as áreas verdes apresentaram menor aquecimento durante o período vespertino. O valor mínimo absoluto de temperatura do ar foi novamente registrado no ponto 3 [28,9°C], enquanto a máxima absoluta foi registrada no ponto 1 [32,1°C]. Esse resultado denota diferença térmica de 3,2°C entre os dois pontos.

Notou-se, ainda, reduzido aquecimento nos pontos 5 e 7, em relação aos demais pontos sem vegetação. Interessante observar que ambos os pontos estão localizados em unidades amostrais intercaladas entre áreas verdes. Esse fato sugere a influência da vegetação

nos valores de temperatura do ar nos ambientes circunvizinhos. Em contrapartida, os pontos 1, 2 e 9 apresentaram intenso aquecimento do ar.

O Gráfico 6.4 apresenta o comportamento dos valores de temperatura do ar nos pontos monitorados, no horário de 21h00.

Gráfico 6.4 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 28/06/05, às 21h00.

O Gráfico 6.4 permite observar que no período noturno os valores de temperatura do ar são semelhantes em todos os pontos monitorados, apresentando pequenas diferenças térmicas. A diferença nos valores de temperatura do ar entre os pontos não ultrapassou o valor de 0,5°C, entre o ponto 2 [27,2°C] e os pontos 5 e 6 [ambos com 26,6°C]. Esse fato sugere que a influência da vegetação no comportamento térmico dos ambientes está diretamente relacionada com o potencial de sombreamento arbóreo e, também, a perda de calor.

O Gráfico 6.5 apresenta o comportamento dos valores de temperatura do ar por meio dos dados registrados nas nove unidades amostrais urbanas, no ponto de referência urbana e no aeroporto, nos três horários adotados para investigação.

Gráfico 6.5 – Comportamento dos valores de temperatura do ar nos pontos de monitoramento, no dia 28/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.

As maiores variações de temperatura do ar entre os horários de 15h00 [horário de maior aquecimento do ar] e 21h00 [horário de menor aquecimento do ar] foram observadas no ponto 1, 2 e 9. Esse fato sugere que a ausência de vegetação aliada à densidade de construção e ao intenso tráfego de veículos durante o horário comercial contribuíram para o resultado obtido.

Os índices de umidade relativa do ar e os valores de umidade absoluta correspondente registrados nas nove unidades amostrais urbanas são apresentados no Gráfico 6.8 e Gráfico 6.7, respectivamente.

Gráfico 6.6 – Comportamento dos valores de umidade relativa do ar (%) nos pontos de monitoramento, no dia 28/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.

Gráfico 6.7 – Comportamento dos valores de umidade absoluta do ar (g/m^3) nos pontos de monitoramento, no dia 28/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.

Os resultados mostram que, em todos os horários, os valores de umidade relativa e de umidade absoluta observados não apresentam diferenças significativas entre os nove pontos monitorados.

A maior diferença de umidade relativa entre os pontos é da ordem de 9,5%, entre o ponto 8 [61,4%] e ponto 2 [51,9%], às 9h00. Em valores absolutos a diferença observada foi de $2,3\text{g/m}^3$, entre o ponto 9 [$18,0\text{g/m}^3$] e o ponto 7 [$15,7\text{g/m}^3$], no mesmo horário.

▪ Dia 29 de Junho de 2005

O Gráfico 6.8 mostra o comportamento higrotérmico no bairro da Jatiúca, tomados a cada meia hora, no dia 29 de junho de 2005, e sua correlação com a média das máximas, média das mínimas e média diária das Normais Climatológicas, para o mês de junho.

Gráfico 6.8 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa, tomados como referência, a cada meia hora, no dia 29/06/05, no bairro da Jatiúca.

A Tabela 6.2 mostra o resultado do monitoramento das nove unidades amostrais urbanas, no dia 29 de junho de 2005.

Tabela 6.2 – Valores higrotérmicos registrados nos pontos de monitoramento nos horários 9h00, 15h00 e 21h00, dia 29/06/05.

	9h00			15h00			21h00			
	tbs (°C)	UR (%)	Abs (g/m ³)	tbs (°C)	UR (%)	Abs (g/m ³)	tbs (°C)	UR (%)	Abs (g/m ³)	Δt (°C)
1	29,9	46,6	14,1	31,5	52,9	17,5	26,7	67,6	17,2	4,8
2	30,9	47,0	15,0	30,5	54,7	17,1	26,8	67,6	17,3	3,8
3	28,0	53,3	14,6	28,2	56,6	15,6	26,4	69,5	17,4	1,8
4	28,6	55,2	15,6	28,7	55,9	15,9	27,0	69,5	18,0	1,8
5	29,1	49,9	14,5	29,0	56,0	16,2	26,3	71,2	17,7	2,7
6	28,0	50,0	13,7	28,9	54,7	15,7	26,7	67,2	17,1	2,2
7	28,9	50,9	14,6	28,4	55,3	15,4	26,2	69,3	17,1	2,3
8	27,6	50,1	13,4	28,2	55,1	15,2	26,2	68,0	16,8	2,0
9	30,2	46,8	14,4	29,4	53,2	15,7	26,2	66,8	16,5	3,2
A	26,5	70,0	17,6	27,2	62,0	16,2	22,8	91,0	18,6	6,2
R	27,5	56,3	15,0	27,5	52,0	13,8	25,2	70,3	16,4	4,3

tbs – temperatura de bulbo seco;

UR – umidade relativa do ar;

Abs – umidade absoluta do ar;

A – dados da estação do Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares;

R – dados de referência, obtidos por meio de sensor Hobo no bairro da Jatiúca,

Δt – diferença de temperatura entre os valores registrados às 15h00 e 21h00 nos pontos de monitorados e amplitude térmica diária para os dados da estação do aeroporto e os dados de referência do bairro de Jatiúca.

O Gráfico 6.9 apresenta o comportamento dos valores de temperatura do ar ao longo do transsecto delimitado, no horário de 9h00.

Gráfico 6.9 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 29/06/05, às 9h00.

A análise do Gráfico 6.9 permite observar que no início da manhã já se verifica diferença entre os pontos monitorados. Os espaços vegetados apresentaram valores de temperatura do ar menos elevados em comparação com os ambientes sem vegetação. O ponto 8 apresentou menor aquecimento [27,6°C], enquanto no ponto 2 observou-se notável elevação da temperatura do ar [30,9°C], o que estabeleceu uma diferença térmica de 3,3°C entre os dois pontos.

O acentuado aquecimento no ponto 2 pode ser justificado por sua estrutura urbana bastante adensada e pelo intenso tráfego de veículos desde o início da manhã, enquanto o ponto 8 se constitui de uma área arborizada, com significativo percentual de sombreamento.

Os demais pontos vegetados apresentaram valores de temperatura do ar equivalentes ao ponto 8, sem ultrapassar o valor de 28,6°C, registrado no ponto 4. Entretanto, os pontos sem vegetação apresentaram valores de temperatura do ar bastante distintos, o que denotou a influência da morfologia na caracterização térmica dos ambientes urbanos.

Novamente notou-se reduzido aquecimento nos pontos 5 e 7, em relação aos demais pontos sem presença de vegetação. Observou-se, ainda, a mesma tendência observada no dia anterior com relação ao intenso aquecimento do ar apresentado nos pontos 1, 2 e 9. Esse fato sugere a influência da vegetação nos valores de temperatura do ar nos ambientes circunvizinhos.

O

Gráfico 6.10 apresenta o comportamento dos valores de temperatura do ar nas nove unidades amostrais urbanas, no horário de 15h00.

Gráfico 6.10 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 29/06/05, às 15h00.

Gráfico 6.10 se pode observar que as áreas verdes apresentaram menor aquecimento durante o período vespertino. O ponto 8 continuou a apresentar o menor valor de temperatura do ar [28,2°C] dentre os pontos monitorados, enquanto o ponto 1 apresentou maior aquecimento nesse horário [31,5°C]. Esse resultado apresenta gradiente térmico de 3,3°C, entre os dois pontos.

Constatou-se, ainda, que os espaços vegetados continuaram a apresentar os menores valores de temperatura do ar ao longo do transecto e que nos pontos 5 e 7 se manteve, no horário vespertino, a tendência observada às 9h00.

Essa constatação sugere a confirmação do pressuposto de que a influência da vegetação, enquanto elemento atenuador do rigor térmico nos ambientes urbanos, não se limita ao espaço no qual está inserida, conforme o planejamento das áreas verdes.

O Gráfico 6.11 apresenta o comportamento dos valores de temperatura do ar nos pontos monitorados, no horário de 21h00.

Gráfico 6.11 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 29/06/05, às 21h00.

A análise do Gráfico 6.12 mostra que durante a noite há uma tendência de estabilização dos valores de temperatura do ar em todas as unidades amostrais. Observou-se, dessa forma, que o gradiente térmico entre os espaços vegetados e os sem vegetação é de apenas 0,8°C.

Observou-se, ainda, as áreas verdes localizadas nos pontos 4 e 6 apresentaram valores de temperatura do ar pouco mais elevados em relação aos registrados nos pontos 5 e 7, nesse horário. O fato sugere que nas áreas com presença significativa de vegetação a perda de calor é mais lenta que os demais ambientes urbanos.

O Gráfico 6.12 apresenta o comportamento dos valores de temperatura do ar por meio dos dados registrados nas nove unidades amostrais urbanas, no ponto de referência urbana e no aeroporto, nos três horários adotados para investigação.

Gráfico 6.12 – Comportamento dos valores de temperatura do ar nos pontos de monitoramento, no ponto de referência urbana e no aeroporto, no dia 29/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.

Observou-se que as maiores diferenças de temperatura do ar foram registradas nos pontos sem vegetação. O ponto 1 apresentou oscilação de 4,8°C, entre os horários de 15h00 e 21h00, enquanto que nas áreas vegetadas a oscilação observada foi de 1,8°C [pontos 3 e 4], 2,2°C [ponto 6] e 2,0°C [ponto 8]. O fato revela a influência da vegetação na redução da oscilação térmica diária.

Os índices de umidade relativa do ar e os valores de umidade absoluta correspondente registrados nas nove unidades amostrais urbanas são apresentados no Gráfico 6.13 e Gráfico 6.14, respectivamente.

Gráfico 6.13 – Comportamento dos valores de umidade relativa do ar (%) nos pontos de monitoramento, no dia 29/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.

Gráfico 6.14 – Comportamento dos valores de umidade absoluta do ar (g/m^3) nos pontos de monitoramento, no dia 29/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.

Os resultados seguiram a tendência do dia anterior. Observou-se que, em todos os horários, os valores de umidade relativa e de umidade absoluta não apresentam diferenças significativas entre os nove pontos monitorados.

A maior diferença de umidade relativa observada entre os pontos é da ordem de 8,6%, entre o ponto 4 [55,2%] e ponto 1 [46,6%], às 9h00. Nos demais horários a diferença entre os pontos não ultrapassou 4,4%.

Em valores absolutos a maior diferença observada também foi de $2,3\text{g}/\text{m}^3$, entre o ponto 1 [$17,5\text{g}/\text{m}^3$] e o ponto 8 [$15,2\text{g}/\text{m}^3$], às 15h00.

- Dia 30 de Junho de 2005

O Gráfico 6.15 mostra o comportamento higrotérmico no bairro da Jatiúca, tomados a cada meia hora, no dia 30 de junho de 2005.

Gráfico 6.15 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa, tomados como referência, a cada meia hora, no dia 28/06/05, no bairro da Jatiúca.

A Tabela 6.3 mostra o resultado do monitoramento das nove unidades amostrais urbanas, no dia 30 de junho de 2005.

Tabela 6.3 – Valores higrotérmicos registrados nos pontos de monitoramento nos horários 9h00, 15h00 e 21h00, dia 30/06/05.

	9h00			15h00			21h00			
	tbs (°C)	UR (%)	Abs (g/m ³)	tbs (°C)	UR (%)	Abs (g/m ³)	tbs (°C)	UR (%)	Abs (g/m ³)	Δt (°C)
1	29,3	52,1	15,3	30,6	58,4	18,4	27,8	61,0	16,5	2,8
2	30,6	50,4	15,9	30,6	57,4	18,1	27,9	61,6	16,7	2,6
3	28,1	55,4	15,2	29,0	60,2	17,4	27,6	62,6	16,7	1,3
4	28,6	54,3	15,3	29,1	59,9	17,4	27,9	61,9	16,8	1,2
5	29,8	53,6	16,2	29,3	58,9	17,3	27,9	63,5	17,3	1,4
6	28,9	54,1	15,5	29,2	59,2	17,3	27,2	60,9	15,9	2,0
7	29,3	56,0	16,4	29,2	61,3	17,9	27,0	62,2	16,1	2,2
8	28,1	58,3	16,0	28,4	61,5	17,2	27,3	60,7	16,0	1,1
9	29,1	56,7	16,5	29,7	61,3	18,4	28,2	60,6	16,7	1,5
A	26,1	74,0	18,2	27,6	68,0	18,2	23,9	84,0	18,2	6,2
R	27,5	65,8	17,5	27,9	64,0	17,4	25,9	68,4	16,6	5,1

tbs – temperatura de bulbo seco;

UR – umidade relativa do ar;

Abs – umidade absoluta do ar;

A – dados da estação do Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares;

R – dados de referência, obtidos por meio de sensor Hobo no bairro da Jatiúca,

Δt – diferença de temperatura entre os valores registrados às 15h00 e 21h00 nos pontos de monitorados e amplitude térmica diária para os dados da estação do aeroporto e os dados de referência do bairro de Jatiúca.

O Gráfico 6.16 apresenta o comportamento dos valores de temperatura do ar ao longo do transsecto delimitado, no horário de 9h00.

Gráfico 6.16 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 30/06/05, às 9h00.

O

Gráfico **6.16** mostra a discrepância nos valores de temperatura do ar entre os pontos monitorados já no horário da manhã. De modo geral, os pontos com presença de vegetação apresentaram menores valores de temperatura do ar, enquanto os pontos sem presença de vegetação apresentaram maior aquecimento.

A máxima e a mínima dos valores de temperatura do ar registrados nesse horário, seguiram a tendências dos dois dias anteriores. O valor mínimo absoluto de temperatura do ar foi registrado nos pontos 3 e 8 [28,1°C] e o valor máximo absoluto foi registrado no ponto 2 [30,6°C]. Entretanto, a diferença térmica registrada entre os pontos foi de 2,6°C, pouco menor que a observada nos dias 28 e 29.

Os demais pontos vegetados apresentaram valores de temperatura do ar com pouca diferença entre si. Dentre esses pontos, a máxima absoluta não ultrapassou o valor de 28,9°C, registrado no ponto 6. Em contrapartida, os pontos sem presença de vegetação apresentaram grande discrepância entre si com relação aos valores de temperatura do ar registrados. Fato que denota, mais uma vez, a influência da estrutura urbana no comportamento térmico dos recintos urbanos.

O Gráfico 6.17 apresenta o comportamento dos valores de temperatura do ar nas nove unidades amostrais urbanas, no horário de 15h00.

Gráfico 6.17 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 30/06/05, às 15h00.

A análise do Gráfico 6.17 novamente permite observar que as áreas verdes apresentaram valores de temperatura do ar menores que nos ambientes sem presença de vegetação. O valor mínimo absoluto foi registrado no ponto 8 [28,4°C], enquanto a máxima absoluta foi registrada nos pontos 1 e 2 [30,6°C]. Esse resultado mostra diferença térmica de 2,2°C entre os pontos.

Os pontos localizados em áreas verdes apresentam pouca diferença entre si, com valores de temperatura do ar bastante homogêneos. Nesse cenário, observa-se, ainda, que os pontos 5 e 7 apresentaram valores de temperatura do ar bastante similares aos registrados nas áreas verdes nesse horário.

O Gráfico 6.18 apresenta o comportamento dos valores de temperatura do ar nos pontos monitorados, no horário de 21h00.

Gráfico 6.18 – Comportamento dos valores de temperatura do ar e umidade relativa nos pontos de monitoramento, no dia 30/06/05, às 21h00.

Os pontos monitorados apresentaram temperaturas do ar mais elevadas que nas duas noites anteriores. Esse fato pode ser justificado pelo prenúncio da atuação de linhas de instabilidade, provenientes do avanço de sistemas frontais no Sudeste brasileiro.

Dessa forma, observou-se diferença térmica de $1,2^{\circ}\text{C}$ entre o ponto 7 [$27,0^{\circ}\text{C}$] e o ponto 9 [$28,2^{\circ}\text{C}$]. Os pontos 6, 7 e 8 apresentaram menores valores de temperatura do ar. Os demais pontos apresentaram valores de temperatura do ar bastante homogêneos.

O Gráfico 6.19 apresenta o comportamento dos valores de temperatura do ar por meio dos dados registrados nas nove unidades amostrais urbanas, no ponto de referência urbana e no aeroporto, nos três horários adotados para investigação.

Gráfico 6.19 – Comportamento dos valores de temperatura do ar nos pontos de monitoramento, no dia 30/06/05, às 09h00, 15h00 e 21h00.

As maiores variações de temperatura do ar entre os horários de 15h00 [horário de maior aquecimento do ar] e 21h00 [horário de menor aquecimento do ar] foram novamente observadas no ponto 1 e 2. Esse registro reforça o pressuposto de que a ausência de vegetação aliada à densidade de construção e ao intenso tráfego de veículos durante o horário comercial contribuíram para o resultado obtido.

As menores variações foram registradas nos pontos 3, 4 e 8 [áreas verdes]. Dessa forma, pode-se observar, mais uma vez, que a perda de calor por meio da radiação noturna, após o pôr-do-sol, é proporcional ao acúmulo de calor durante o dia.

Os índices de umidade relativa do ar e os valores de umidade absoluta correspondente registrados nas nove unidades amostrais urbanas são apresentados no

Gráfico 6.20 e Gráfico 6.21, respectivamente.

Gráfico 6.20 – Comportamento dos valores de umidade relativa do ar (%) nos pontos de monitoramento, no dia 30/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.

Gráfico 6.21 – Comportamento dos valores de umidade absoluta do ar (g/m^3) nos pontos de monitoramento, no dia 30/06/05, às 9h00, 15h00 e 21h00.

Os resultados apresentam resultados menores que os observados nos dias anteriores, entretanto seguindo a mesma tendência. A maior diferença de umidade relativa observada entre os pontos é da ordem de 7,9%, entre o ponto 8 [58,3%] e ponto 2 [50,4%], às 9h00. Nos demais horários a diferença entre os pontos não ultrapassou 4,1%.

Em valores absolutos a maior diferença observada também foi de $1,3\text{g}/\text{m}^3$, entre o ponto 9 [$16,5\text{g}/\text{m}^3$] e o ponto 3 [$15,2\text{ g}/\text{m}^3$], às 9h00; e entre os pontos 1 e 9 [$18,4\text{g}/\text{m}^3$] e o ponto 8 [$17,2\text{ g}/\text{m}^3$], às 15h00.

Os resultados obtidos pela investigação experimental atendem aos objetivos estabelecidos para a pesquisa, confirmando a hipótese de que áreas verdes, por meio da vegetação, atuam como elemento atenuador do rigor térmico em ambientes urbanos.

7. CONCLUSÃO

PARTE I

O estudo das áreas verdes na cidade evidencia o processo sistemático de degradação desses espaços devido ao padrão de ocupação do solo pelos, sobretudo pelos loteamentos clandestinos, assentamentos ilegais e ocupação das encostas, fatos que culminam na carência de áreas verdes no arranjo urbano. Nesse cenário, urge a necessidade de compreensão da realidade quanto ao estabelecimento de estratégias que modifiquem esse panorama e tendências atuais.

Observou-se, dessa forma, a importância de legislação que obrigue a urbanização das áreas verdes de modo a coibir a sua invasão por assentamentos ilegais. Essa concepção apresentaria avanço na legislação municipal o estabelecimento de coeficiente mínimo de vegetação arbórea nas áreas verdes.

Mediante a ocupação das áreas verdes originárias do percentual de áreas verdes relativo ao processo de parcelamento do solo urbano, representaria avanço na legislação municipal referente ao parcelamento do solo urbano, no que diz respeito às áreas verdes a responsabilização do empreendedor pela implantação e consolidação da urbanização das áreas verdes.

Observou-se, ainda, a falta de critérios para implantação das áreas verdes. Esses critérios devem atender a interesses ambientais e paisagísticos. A implantação de áreas verdes pode constituir uma forma de estabelecer destinação para áreas impróprias à ocupação urbana, a exemplo das áreas sujeitas à inundações ou áreas de risco geotécnico. Outro aspecto que deve ser considerado é sua integração com outras áreas, de forma a estabelecer um sistema, evitando estruturas estanques no arranjo da cidade.

PARTE II

A investigação experimental constatou a influência das áreas verdes urbanas no comportamento térmico dos ambientes monitorados, durante o período de inverno. A vegetação presente nessas áreas atuou como elemento atenuador do rigor térmico nos ambientes, comprovado de modo quantitativo por meio de monitoramento de unidades amostrais urbanas, com morfologia e estrutura distintas entre si, apoiada na comparação dos dados obtidos em ambientes vegetados e sem vegetação.

Os resultados apresentados pela análise higrotérmica das unidades amostrais urbanas demonstraram diferenças significativas nos valores de temperatura do ar, para o período analisado. Observou-se diferença térmica na ordem de 3,3°C [em valores absolutos], correlacionando os valores de temperatura do ar registrados na área verde do loteamento Stella Maris e na avenida Julio Marques Luz, no horário de 9h00, e a mesma diferença de temperatura do ar registrada na mesma área verde em relação aos valores registrados na rua Soldado Eduardo dos Santos, às 15h00.

Constatou-se, ainda, que no período noturno todas as unidades amostrais urbanas apresentaram pouca diferença nos valores de temperatura do ar. O que indica que a influência da vegetação no comportamento térmico dos recintos urbanos durante à noite é insignificante. Esse fato sugere a confirmação do pressuposto de que a influência da vegetação nas condições térmicas dos ambientes urbanos é provida essencialmente pelo fator do sombreamento das superfícies que a arborização propicia e vai ao encontro da afirmação de OKE (1989) que analisou as modificações climáticas em ambiente urbano e constatou que em pequenos espaços verdes o efeito atenuador é obtido, especialmente, por meio do sombreamento oriundo de espécies arbóreas.

Nesse sentido, SHASHUA-BAR & HOFFMAN (2000), que analisaram o efeito atenuador do rigor térmico urbano em pequenas áreas verdes, também afirmaram que aproximadamente 80% do potencial das áreas verdes na redução dos valores de temperatura do ar se deve ao sombreamento arbóreo.

Foi observado, também, que as unidades amostrais urbanas com presença de vegetação apresentaram valores de temperatura do ar bastante similares entre si, nos horários monitorados, embora possuíssem estruturas distintas. Esse fato sugere que a vegetação

arbórea atua na atenuação do rigor térmico urbano mesmo em áreas propícias à formação de ilhas de calor, devido ao sombreamento das superfícies e conseqüente redução do albedo.

Para efeito de conclusão quanto à análise do comportamento higrométrico nas unidades amostrais urbanas, tomou-se como referência os registros de umidade absoluta do ar, visto que os índices de umidade relativa tratam-se de índice relativo, como o termo explicita. Nesse sentido, observou-se que os ambientes amostrais com vegetação não apresentaram diferença considerável quanto aos valores de umidade absoluta do ar. Essa constatação vai de encontro com pressuposto encontrado na literatura quanto ao efeito do processo de evapotranspiração dos vegetais na umidificação do ambiente urbano.

Embora os resultados obtidos na investigação experimental tenham se limitado a apenas três dias, a amostragem foi considerada satisfatória para os objetivos da pesquisa, visto que foram tomados dias típicos experimentais para o período de inverno, pautado na compreensão da sucessão habitual de tipos de tempo [ritmo climático] e na identificação de episódio representativo para o período de quadra chuvosa da Costa Leste do NEB.

Sabe-se, entretanto, que a presente investigação não esgota o tema estudado, visto a gama de ambientes urbanos que constituem o mosaico de microclimas em Maceió e a peculiaridade de cada caso, de forma a considerar fatores como estrutura urbana, porte e distribuição espacial das áreas verdes, dentre outros.

Conclui-se, portanto, que é necessário mudar o tratamento que projetistas e planejadores urbanos dispensam às áreas verdes da cidade, considerando apenas valores estéticos e de lazer. As áreas verdes devem ser consideradas, também, sob a proeminência do uso consciente da vegetação na busca de melhor qualidade térmica urbana.

Para tanto, é necessário que a prática do “pensar a cidade” incorpore, efetivamente em seu escopo, os aspectos climáticos, de forma que atributos do clima urbano sejam traduzidos em critérios de planejamento. Só então se podem delinear espaços que considerem, dentre outros aspectos afeitos à questão do clima na cidade, a influência dos espaços verdes na obtenção de melhores condições térmicas, favoráveis ao bem-estar de seus habitantes.

RECOMENDAÇÕES

Salienta-se, entretanto, que a abordagem do tema proposto permite inúmeras outras propostas de pesquisa. O reconhecimento da importância do estudo do Clima Urbano nas soluções de problemas inerentes ao planejamento urbano, ao conforto ambiental e ao desempenho energético, deve divulgar o problema e fornecer elementos para que seja dada maior atenção a essa área do conhecimento científico.

Dessa forma, são sugeridas algumas recomendações que visam à continuidade da presente pesquisa:

- Analisar e discutir o comportamento térmico de diferentes áreas verdes de acordo com seu porte e disposição no arranjo urbano;
- Empregar metodologia utilizada nesta investigação em outras unidades amostrais urbanas de Maceió ou de outros ecossistemas urbanos;
- Analisar a influência das áreas verdes urbanas em outras escalas de abordagem climática;
- Identificar e analisar o processo de evapotranspiração dos vegetais nas condições higrométricas dos ambientes urbanos, de acordo com porte, dimensão e disposição das áreas vegetadas inseridas na área urbana, como parques e bosques.
- Monitorar diferentes áreas verdes ao longo de vários episódios representativos, por meio de registro automático de dados, e correlacionar o comportamento higrotérmico entre as diferentes estações do ano;
- Propor projetos de regulamentação e de estruturação de áreas verdes urbanas a partir de critérios afeitos às questões do clima da cidade;
- Analisar a influência das áreas verdes no processo de valorização do solo urbano e a relação custo/benefício desses espaços para o poder público e a sociedade;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKBARI, H.; HUANG, J.; MARTIEN, P.; ROSENFELD, A.; TAHA, H. (1988). *The Impact of Summer Heat Island on Cooling Energy Consumption and CO₂ Emission*. Berkeley: UC.
- ALLARD, Francis (1998). *Natural Ventilation in Buildings: a design handbook*. London: James & James Ltd.
- ARAÚJO, Ronaldo Rodrigues & SANT'ANNA NETO, João Lima (2002). O processo de urbanização na produção do clima urbano de São Luiz – MA. In: *O clima das cidades brasileiras*. João Lima Sant'Anna Neto (org) – Presidente Prudente: [s.n.].
- AYOADE, J. O. (1998). *Introdução a Climatologia para os Trópicos*. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- BARBIRATO, G. M.; BARBOSA, R. V. R.; FERNANDES, E. F.; MORAES, C. S. (2002). Análise de Perfis Térmicos Urbanos em Maceió-Alagoas. In: XI ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS. Maceió, *Caderno de Resumos*.
- BARBIRATO, Gianna Melo (1998). *Aplicação de Modelo de Balanço de Energia para Análise do Ambiente Térmico Urbano de Maceió-Al*. São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos–EESC-USP, 1998. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Curso de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo.
- BARBOSA, Ricardo Victor Rodrigues (2002). *Vegetação Urbana: avaliação de seu desempenho térmico em recintos urbanos de Maceió-Al*. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2002. Monografia (Trabalho Final de Graduação). Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Alagoas.
- BARCELLOS, Vicente Quintella (2000). *Os Parques: velas idéias e novas experiências*. Paisagem e Ambiente: Ensaios. São Paulo: FAUUSP, n.13, p.29-48, dez.
- BERNARDO, Sergio de Oliveira (1999). *Clima e suas anomalias para a cidade de Maceió*. 122p. Monografia (TCC) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 1999.
- BRASIL (1992). Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (Departamento Nacional de Meteorologia). *Normais Climatológicas (1961-1990)*. Brasília: DNMET.

BUENO, C. L.; LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F. (1997) Caracterização das Espécies Arbóreas e sua Contribuição para o Conforto Térmico Urbano do Sub-Distrito de Barão Geraldo, Campinas. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO: ANTAC, Salvador, *Anais...* p.93-96.

CANTUÁRIA, G. A. C. (1995). *Microclimatic Impact of Vegetation on Building Surfaces*. Londres, 1995. Dissertação de Mestrado – Environment and Energy Studies Programme: Architectural Association Graduate School.

CAVALCANTE, E. S.; VELOSO, M. F. D. (2001). A Influência das Áreas Livres no Microclima Local: um estudo das praças do conjunto habitacional Ponta Negra em Natal-RN. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Pedro, *Anais...* [CD ROM].

CAVALHEIRO, F. & NUCCI, J. C. (1998). *Espaços Livres e Qualidade de Vida Urbana*. Paisagem e Ambiente: Ensaios. São Paulo: FAUUSP, n.11, p.277-288, dez.

CHANDLER, T. J. (1965). *The Climate of London*. London: Hutchinson.

COSTA, Craveiro (1939). *Maceió*. José Olympio: Rio de Janeiro.

COSTA, E. C. (1982). *Arquitetura Ecológica: condicionamento térmico natural*. São Paulo: Edgar Blücher.

DANTAS, Ana Cláudia de Miranda (2004). *Cidades renascentistas*. Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arg000/esp253.asp>> acesso em 11 de maio de 2005.

FIGUEIREDO, José Otávio Gouveia de Rolemborg (2002). *Distribuição espacial da pluviometria em Alagoas com ênfase à variabilidade causada pelos padrões de temperatura da superfície do mar*. 134p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 2002. (MET–UFAL–MS–010)

GARCIA, M. C. M. (1999). *Climatología Urbana: textos docents 160*. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.

GIVONI, Baruch. (1976). *Man, Climate and Architecture*. London: Applied Science Publishers.

GOMEZ, F.; GAJA, E.; REIG, A. (1998). Vegetation and Climatic Changes in a City. *Ecological Engineering*, v.10, p. 355-360.

GONÇALVES, Wantuelfer (1994). *Padrões de Assentamento de Áreas Verdes Municipais: Uma visão crítica*. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1994.

HACK, Lucy Pinto (2000). O Clima Urbano de Petrópolis-RJ: análise dos impactos ambientais das chuvas de verão nas áreas de riscos e nas inundações. In: SANT'ANNA NETO, João Lima & ZAVATINI, João Afonso. *Variabilidade e Mudanças Climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas*. Maringá: Eduem.

KAWAI, C. S. (1980). *Vegetação e Conforto Ambiental*. São Paulo, 1980. Monografia (Curso de Especialização em Paisagismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo.

KOENGSBERGER, O.H. et al. (1977). *Viviendas y Edificios en Zonas Cálidas y Tropicales*. Madrid: Paraninfo.

LANDSBERG, H.E. (1981). *The Urban Climate*. New York: Academic Press.

LARCHER, Walter (1986). *Ecofisiologia Vegetal*. Tradução de Antonio de Pádua Danesi, Hildegard T. Buckup; revisão técnica e notas de Antonio Lamberti. São Paulo: EPU.

LIMA, A. M. L. P.; CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J.C.; SOUZA, M. A. L. B.; FIALHO, N. O.; DEL PICCHIA, P. C. D. Problemas de Utilização na Conceituação de Termos como Espaços Livres, Áreas Verdes e Correlatos. In: II CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, São Luiz, *Anais...*, 1994.

LIMA, Marley Cavalcante (1991). *Variabilidade da precipitação no Litoral Leste da região Nordeste do Brasil*. 159p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1991. (INPE-5283-TDI/453).

LLARDENT, Luis Rodríguez-Avial (1982). *Zonas Verdes y Espacios Libres en la Ciudad*. Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local.

MACEIÓ, Prefeitura Municipal. Coordenação Municipal de Planejamento (1981). *Plano de Desenvolvimento de Maceió*. v.01 (diagnóstico e prognóstico). Maceió.

MAGALHÃES, A. O.; LIMA, M. A. (1999). Cobertura Vegetal e Clima Urbano em Fortaleza-CE. In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO: ANTAC, Fortaleza, *Anais...* [CD ROM].

MILANO, M. S. (1988) *Avaliação Quali-Quantitativa e Manejo da Arborização Urbana: exemplo de Mariguá-PR*. Curitiba: UFPR, 1988. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Paraná.

MONTEIRO, Carlos Augusto de F. (1969) A Frente Polar e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. São Paulo:IGEOG, Universidade de São Paulo (Série Teses e Monografias, 1).

MONTEIRO, Carlos Augusto de F. (1971) Análise rítmica em climatologia. *Climatologia*, São Paulo, n.1.

MONTEIRO, Carlos Augusto de F. (1973) *A dinâmica Climática e as Chuvas do Estado de São Paulo: estudo geográfico sob a forma de atlas*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia.

MONTEIRO, Carlos Augusto de F. (1976) *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo:IGEOG, Universidade de São Paulo (Série Teses e Monografias, 25).

Morize, Henrique (1922). *Contribuição ao Estudo do Clima do Brasil*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional.

NASCIMENTO, C. C. (1993). *Clima e morfologia urbana em Belém*. Brasília: Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília

NIMER, Edmon (1979). *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE.

Odum, Eugene Pleasants (1988). *Ecologia*. Rio de Janeiro: Ed Guanabara.

OKE, T. R. (1989) *The Micrometeorology of the Urban Forest*, J. Phil. R. Sec. Land. B 324, p.335-349.

OKE, T.R. (1996) *Boundary Layer Climates*. New York: Routledge.

- PELLEGRINO, Paulo R. M. (2000). *Pode-se Planejar a Paisagem?*. Paisagem e Ambiente: Ensaios. São Paulo: FAUUSP, n.13, p.159-179, dez.
- RIBEIRO, Maria Eliana Jubé (2000). *Goiânia: Os planos, a cidade e o sistema de áreas verdes*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000.
- ROSENFELD, A. H.; AKBARI, H.; BRETZ, S.; FISHMAN, B. L.; KURN, D. M.; SAILOR, D.; TAHA, H. (1995). Mitigation of Urban Heat Island: materials, utility programs, updates. *Energy and Buildings*, v.22, p.255-265.
- SAITO, I.; ISHIHARA, O.; KATAYAMA, T. (1990). Study of the Effect of Green Areas on the Thermal Environment in an Urban Area. *Energy and Buildings*, v.15-16, p.443-446.
- SANT'ANNA NETO, João Lima & ZAVATINI, João Afonso (2000). *Variabilidade e Mudanças Climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas*. Maringá: Eduem.
- SANT'ANNA NETO, João Lima & ZAVATINI, João Afonso (2000). *Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas*. Maringá: Eduem.
- SANT'ANNA NETO, João Lima (2002). *O clima das cidades brasileiras*. João Lima Sant'Anna Neto (org) – Presidente Prudente: [s.n.].
- SERRA, Adalberto (1942). *As massas de ar da América do Sul*. Rio de Janeiro: Serviço de Meteorologia.
- SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. E. (2000). Vegetation as a Climatic Component in the Design of a Urban Street: An Empirical Model for Predicting the Cooling Effect of Urban Green Areas with Trees. *Energy and Buildings*, v.31, p. 221-235.
- SILVA, A. G. (2000). *Avaliação da Arborização no Perímetro Urbano de Cajuri-MG pelo Método do Quadro Sintético*. Viçosa, 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.
- SILVA, Luis Octávio da (1993). *Subsídios para Formulação de uma Política para Áreas Verdes no Município de São Paulo*. In: SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo, Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. A Questão Ambiental Urbana: Cidade de São Paulo. São Paulo: A Secretaria, 1993.

SPIRN, A. W. (1995). *O Jardim de Granito: a natureza no desenho da cidade*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

VECCHIA, Francisco Arthur da Silva (1997). *Clima e Ambiente Construído: A abordagem dinâmica aplicada ao Conforto Humano*. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – FFLCH-USP, 1997. Tese (Doutorado em Ciências). Curso de Pós-Graduação em Ciências com ênfase em Geografia – Universidade de São Paulo.

VECCHIA, Francisco Arthur da Silva (2005). Avaliação do Comportamento Térmico de Coberturas Verdes Leves (CVLs). In: CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA PLANEJAMENTO URBANO REGIONAL INTEGRADO SUSTENTÁVEL, I. *Anais...* São Carlos: USP.

VIDAL, R.D.M. (1992). *Influência da Morfologia Urbana nas Alterações da Temperatura do Ar na Cidade de Natal/RN*. In: I ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DE CONFORTO AMBIENTAL, João Pessoa: UFPB.